



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA

Het Volkerak-Zoommeer

De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm

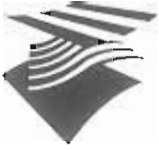
M. Tosserams
E.H.R.R. Lammens
M. Platteeuw

RIZA rapport: 2000.024

2e ex.

C22008-2e ex.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA



Rijkswaterstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling
Documentaire
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Het Volkerak-Zoommeer

De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm

M. Tosserams, E.H.R.R. Lammens en M. Platteeuw

Lelystad, juni 2000

RIZA rapport: 2000.024
ISBN 9036953219

Voorwoord

Dit rapport is het eindproduct van het project "Integratie ecologische kennis Volkerak-Zoommeer", dat door het RIZA in opdracht van de directie Zeeland van Rijkswaterstaat, afdeling Integraal Waterbeheer (AXW), is uitgevoerd. Sedert de totstandkoming van het zoetwatersysteem Volkerak-Zoommeer, met de afsluiting van de Philipsdam in 1987, is aan de ecologische veranderingen binnen het systeem veel aandacht besteed. Vanuit verschillende kaders is gekeken naar de gevolgen van de afsluiting op waterkwaliteit, aquatisch ecologische processen en oever- en vegetatie-ontwikkeling. Een geïntegreerd overzicht van de ecologische ontwikkelingen in het gehele bekken ontbrak echter. Om een overzicht te krijgen van alles wat er heeft gespeeld en nog speelt, was het nodig om een hele boekenkast "leeg" te lezen. In dit rapport hebben de auteurs gepoogd de meest relevante ecologische ontwikkelingen op een inzichtelijke manier samen te vatten en te ordenen.

Het werk binnen RIZA is verricht door de auteurs en een aantal medewerkers die basisgegevens leverden of bewerkten, te weten: R.M. Kouer, H.A. van Manen en J.J.G. Zwolsman. Inhoudelijk commentaar op het conceptrapport werd geleverd door P.C.M. Boers, mw. F.I. Kappers en A.J. Rimmelzwaal.

Dankzij regelmatig overleg met de opdrachtgever, in de personen van mw. S.M.P. Verheijden, A.P.M.A. Vonck en A. van der Wees, alsmede de ondersteuning en kritisch commentaar van R. van Oers en J.V. Witter van het Hoogheemraadschap West-Brabant en de drie oeverbeherende instanties (Staatsbosbeheer, Stichting het Zeeuws Landschap en Vereniging Natuurmonumenten), is de waarde van het rapport toegenomen. Dit stelde de auteurs namelijk in staat om, in aanvulling op en als logisch gevolg van de geconstateerde ontwikkelingen, ook een blik in de toekomst te werpen met betrekking tot zin en onzin van gestelde streefbeelden, eventuele knelpunten en mogelijke maatregelenpakketten.

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

Samenvatting 9

Summary 15

1	Inleiding	21
1.1	Aanleiding	21
1.2	Doelstelling en afbakening	21
1.2.1	Doelstelling	21
1.2.2	Afbakening	22
1.3	Leeswijzer	22
2	Het Volkerak-Zoommeer	23
2.1	Onstaansgeschiedenis	23
2.2	Gebiedsbeschrijving	23
2.2.1	Watersysteem	23
2.2.2	Buitendijkse gronden	26
2.3	Doelstelling en streefbeelden water- en natuurbeheer	27
2.3.1	Beleidskader	27
2.3.2	Doelstelling waterbeheer en streefbeeld natuur en landschap	28
2.3.3	Doelstelling oeverinrichtingsplan Volkerak-Zoommeer	30
2.3.4	Doelstelling natuurbeheer van de buitendijkse gronden	31
3	De ontwikkeling van het watersysteem	33
3.1	Waterhuishouding	33
3.1.1	Waterbalans	33
3.1.2	Waterpeil	34
3.2	Waterkwaliteit	35
3.2.1	Chlorideconcentratie	35
3.2.2	Fosfaat en stikstof	36
3.2.3	Doorzicht	38
3.2.4	Microverontreinigingen	38
3.3	Ecotoxicologie	43
3.3.1	Toxische stoffen in Aal en Driehoeksmossel	43
3.3.2	Bioassays en veldwaarnemingen	44
3.4	Ontwikkeling fyto- en zoöplankton	44
3.4.1	Fytoplankton	44
3.4.2	Zoöplankton	47
3.5	Waterplanten	48
3.6	Fauna	50
3.6.1	Macrofauna	50
3.6.2	Vissen	52
3.6.3	Vogels op en in het water	55
3.7	Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling	61
3.7.1	Integratie	61

3.7.2	Invloed van menselijk gebruik op de ontwikkeling van het watersysteem	67
3.7.3	Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van het watersysteem	68
4	De ontwikkeling van de eilandjes en planten	71
4.1	Locatie en morfologie	71
4.2	Bodemeigenschappen en ontziltling	72
4.3	Vegetatie-ontwikkeling	73
4.3.1	Waterplanten	73
4.3.2	Overige vegetatie	73
4.4	Fauna	75
4.4.1	Macrofauna	75
4.4.2	Vissen	76
4.4.3	Vogels	76
4.5	Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling	78
4.5.1	Integratie	78
4.5.2	Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de eilanden	80
5	De ontwikkeling van de oeverzone	83
5.1	Morfologie en inrichting van de oevergebieden	83
5.2	Bodemeigenschappen van de oevergebieden	83
5.3	Vegetatie ontwikkeling	86
5.3.1	Veranderingen per bodemtype	88
5.3.2	Successiereeks PQ's	89
5.3.3	Ontwikkeling van helofyten	90
5.4	Fauna	92
5.4.1	Macrofauna	92
5.4.2	Vissen	94
5.4.3	Vogels	94
5.5	Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling	98
5.5.1	Integratie	98
5.5.2	Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de oeverzone	102
6	De ontwikkeling van de buitendijkse gronden	105
6.1	Morfologie en inrichtingsaspecten	105
6.2	Bodemeigenschappen van de buitendijkse gronden	105
6.2.1	Chloridegehalte	106
6.3	Vegetatie-ontwikkeling	107
6.3.1	Algemeen	107
6.3.2	Veranderingen per bodemtype	109
6.3.3	Successiereeks PQ's	110
6.4	Fauna	110
6.4.1	Vlinders	110
6.4.2	Vogels	111
6.4.3	Zoogdieren	113
6.5	Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling	114
6.5.1	Integratie	114
6.5.2	Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de buitendijkse gebieden	119

7	De ecologische ontwikkeling in relatie tot de streefbeelden	123
7.1	Het watersysteem en de oeverzone	123
7.2	De vooroeververdedigingen en eilanden	126
7.2.1	Vooroeververdedigingen	126
7.2.2	Eilanden	126
7.3	Buitendijkse gronden	130
7.4	Conclusies	131

8	Stuurbaarheid van de ecologische ontwikkeling	133
8.1	Knelpunten	133
8.2	Waterkwaliteitsproblematiek	134
8.2.1	Oorzaken	134
8.2.2	Maatregelen	136
8.2.3	Conclusies	139
8.3	Waterpeildynamiek	142
8.4	Inrichting en beheer	144
8.4.1	Ecotoopontwikkeling	145
8.4.2	Differentiatie van het streefbeeld	146
8.5	Streefbeeld: Vasthouden of loslaten?	148
8.6	Tot slot	148

Literatuur 151

Lijst van genoemde soorten 161

Colofon 166

Samenvatting

Inleiding

Het Volkerak-Zoommeer is in 1987 ontstaan door de voltooiing van de Oesterdam en de Philipsdam. Hierdoor veranderde dit van oorsprong zoute getijdengebied in een zoetwatermeer met een vast waterpeil van NAP 0 m. De morfologie van het Volkerakmeer is nog typisch voor een getijdesysteem. Het meer bestaat uit een geul met een relatief steil talud. Deze geul wordt omgeven door een ondiepere zone met een geleidelijker verlopend talud, de vooroever. Het totale oppervlak van het Volkerakmeer bedraagt ongeveer 6000 ha. Driekwart van dit oppervlak wordt ingenomen door water, het overige areaal wordt ingenomen door de voormalige schorren en drooggevalen, slikken en platen. Het totale gebied van het Zoommeer en de Eendracht bestrijkt een oppervlak van ruwweg 2000 ha. Tien procent van dit oppervlak bestaat uit drooggevalen gronden. Verschillende Brabantse rivieren monden uit in het Volkerak-Zoommeer. De Mark/Dintel en de Steenbergse Vliet voeren hun water af op het Volkerakmeer en de Zoom op het Zoommeer. Het stroomgebied van deze rivieren beslaat een totaal oppervlak van 165.000 ha, waarvan het overgrote deel bestaat uit landbouwgebied.

Doelstellingen beheer

De doelstelling van het waterbeheer voor het Volkerak-Zoommeer is het creëren en handhaven van een duurzaam, gezond functionerend watersysteem, waarin de eraan toegekende functies optimaal tot hun recht kunnen komen. In het Volkerak-Zoommeer zijn de belangrijkste functies: natuur in de oevergebieden en het ondiepe water en scheepvaart voor het diepe water.

Direct na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer trad er als gevolg van het stagnante waterpeil op grote schaal oeverafslag van de buitendijkse gronden op. Om de hoeveelheid landverlies als gevolg van de erosie te beperken en de land-water overgang optimaal te ontwikkelen, werd voor het gehele bekken een plan opgesteld voor aan te leggen oevervoorzieningen. Dit plan omvatte, naast de aanleg van vooroeververdedigingen en het uitdiepen van aangezande krekken, ook de inrichting van de oeverzone middels het opspuiten van eilandjes. De belangrijkste doelstellingen van het inrichtingsplan waren: het voorkomen van erosie van het achterliggende land, een bijdrage leveren aan het bereiken van het natuurstreefbeeld en het vergroten van de natuurwaarde voor het gehele Volkerak-Zoommeer.

De doelstelling voor het natuurbeheer van de buitendijkse gronden is gericht op 'het zich zo natuurlijk en volledig mogelijk laten ontwikkelen van ter plaatse thuishorende levensgemeenschappen van bos, halfopen landschap, moeras, grazig gebied en ondiep water in zo groot mogelijke beheerseenheden'.

Gebied van internationale betekenis

Voor de afsluiting was het Krammer-Volkerak van internationale betekenis voor diverse vogelsoorten. Ook na de afsluiting hield het Volkerak-Zoommeer deze betekenis. In 1995 is het Volkerakmeer dan ook opgeno-

men in de lijst van "wetlands" en is het aangewezen als speciale beschermingszone in het kader van de EU-Vogelrichtlijn. In maart 2000 is ook het Zoommeer in dit kader aangewezen.

Ecologische ontwikkeling van het watersysteem

Het spreekt voor zich dat de afsluiting van dit oorspronkelijk estuariene gebied belangrijke effecten had op de ontwikkeling van het ecosysteem. Ten aanzien van de ecologische ontwikkeling van het watersysteem kunnen grofweg drie perioden onderscheiden worden. De eerste periode van 1987-1990 kan gekarakteriseerd worden als een koloniatiefase waarin de echte zoute dier- en plantensoorten verdwijnen en langzaam maar zeker plaats maken voor zoete soorten. Opvallend was in deze periode met name de ontwikkeling naar een helder watersysteem.

Mede als gevolg van de achterblijvende kolonisatie van het meer door witvis kon er in deze beginperiode een populatie grote watervlooien tot ontwikkeling komen. Deze populatie groot zoöplankton oefende een grote begrazingsdruk uit op het aanwezige fytoplankton. Hierdoor werd in 1990, ondanks de relatief hoge nutriëntengehaltes, een doorzicht bereikt van gemiddeld 3,2 m. Mede als gevolg van de ontwikkeling in het doorzicht verliep ook de ontwikkeling van het totale areaal waterplanten voorspoedig. De verandering in de samenstelling van de vogelpopulatie die in deze beginperiode optrad, weerspiegelde in grote lijnen de ontwikkelingen die in het watersysteem plaatsvonden. De echte 'zoute' soorten namen geleidelijk in aantal af en maakten plaats voor soorten die karakteristiek zijn voor een zoet watersysteem.

De periode van 1990 tot 1996 wordt gekarakteriseerd door een toename van de vispopulatie en een geleidelijke afname van het gemiddelde doorzicht. Vanaf 1994 treedt blauwalgenbloei op gedurende de zomerperiode. Als gevolg van de zich sterk ontwikkelende witvispopulatie nam de predatiedruk op het zoöplankton sterk toe. De grote watervlooien maakten plaats voor kleinere soorten die het fytoplankton minder efficiënt begraasden. Door deze ontwikkeling nam het chlorofyl-gehalte toe en daalde het doorzicht. Tot 1996 werd de afname van het doorzicht dan ook vrijwel volledig veroorzaakt door het stijgende chlorofyl-gehalte. De visstand in het Volkerak-Zoommeer wordt vanaf 1990 meer en meer gedomineerd door een bodemwoelende vispopulatie met als belangrijkste soort de Brasem. De populatie roofvis bleef sterk achter, waardoor de verhouding tussen roofvis en de overige vissoorten steeds kleiner werd. Door het verminderde doorzicht nam het totale areaal waterplanten af. De aantallen vis- en macrofauna-etende watervogels namen gedurende deze tweede fase verder toe.

De laatste fase in de ontwikkeling van het watersysteem in het Volkerak-Zoommeer start in 1996. Gedurende de laatste jaren wordt een versnelde vertroebeling van het watersysteem waargenomen. Het totaal fosfaatgehalte stijgt weer en de jaarlijks terugkerende periode met blauwalgenbloei houdt langer aan. Opvallend is dat, in tegenstelling tot de tweede fase, de afname in het doorzicht niet langer alleen verklaard kan worden door een toename van het chlorofyl-gehalte. Ondanks een lager gemiddeld chlorofyl-gehalte neemt het doorzicht in versneld tempo af. Mogelijke verklaring hiervoor is een toename van de hoeveelheid zwevende stof. De ontwikkeling naar een door bodemwoelende soorten gedomineerde visstand zet door, terwijl de ontwikkeling van de roofvispopulatie sterk achter blijft.

Ecologische ontwikkeling van de eilanden

In de periode 1989 tot 1999 is een veertigtal eilandjes aangelegd in het Volkerak-Zoommeer met een totaal oppervlak van 120 ha. Door de aanleg van de eilandjes is de 'zachte oeverlengte' in het gebied verdubbeld. De eilanden bestaan overwegend uit zandig sediment en op het merendeel van de eilanden wordt een natuurlijke ontwikkeling nagestreefd. In het ondiepe water rond de eilanden vond al snel ontwikkeling en uitbreiding van het areaal waterplanten plaats. Opvallend is dat de ontwikkeling van oeverplanten in de omgeving van de eilanden achter blijft bij de verwachting. De ondiep-watergebieden rond de eilanden vormen een belangrijk rust- en foerageergebied voor verschillende vogelsoorten. De ecologische ontwikkeling die op de meeste eilanden plaatsvindt, kan worden gekarakteriseerd als natuurlijk.

De ecologische toestand van de eilanden is sterk afhankelijk van de leeftijd van het eiland. De eerste jaren na aanleg worden gedomineerd door pionierstadia van flora en fauna. Zo ontstaan er door de geringe, laagblijvende open begroeiing en de afwezigheid van predatoren -uitgezonderd roofvogels- ideale omstandigheden voor kale-grondbroeders. Na enkele jaren vindt er als gevolg van de vegetatiesuccessie een verschuiving plaats van pioniersoorten naar koloniebroedende meeuwen. Op de oudere eilanden vindt struweel- en bosvorming plaats en hier worden dan ook met name typische bossoorten aangetroffen.

Ecologische ontwikkeling van de oeverzone

De oeverzone in het Volkerak-Zoommeer bestaat uit grof- en fijnzandig sediment en uit laag en vlak slik. Het beheer van de oevergebieden is in handen van een viertal beherende instanties en varieert van 'niets doen' tot extensieve begrazing.

De ontwikkeling op de zandige delen wordt gekenmerkt door een relatief snelle ontziltling van de bodem. Hierdoor werd de vegetatie, met name op de grofzandige delen, al in het eerste jaar na de afsluiting gedomineerd door de zoete pioniersoorten. Nadien verliep de vegetatiesuccessie op deze delen via grasland naar Duinrietvegetatie en afhankelijk van het beheer vond plaatselijk struweel- en bosvorming plaats in de oeverzone. De ontwikkeling van de vogelstand was in grote lijnen een afspiegeling van de ontwikkeling van de vegetatie.

Op de laaggelegen, vlakke slikkige gebieden vond aanvankelijk oeverafslag plaats maar deze stopte nagenoeg na aanleg van de vooroeververdedigingen. Kenmerkend voor dit sedimenttype was en is de relatief trage ontziltling van het bodemprofiel. De vegetatie bestaat dan ook nog altijd overwegend uit zoute pioniersoorten, terwijl hier en daar trage uitbreiding van 'landriet' plaatsvindt. In de beginfase na de afsluiting werden de 'zoute' steltlopers vervangen door 'zoete' steltlopers. Ook is juist dit deel van de oever van belang voor kale-grondbroeders en weidevogels.

Met name in het ondiepe water tussen de waterlijn en de vooroeververdedigingen ontstonden al snel ideale omstandigheden voor de ontwikkeling van waterplanten. Deze ontwikkeling resulteerde in een hoge diversiteit aan macrofaunasoorten. Hierdoor vormden deze gebieden al snel een belangrijk paai- en opgroei gebied voor vissen en zijn ze een belangrijk foerageergebied voor diverse vis- en vogelsoorten. Daarnaast vormen de luwe gebieden achter de vooroeververdedigingen een geschikt rustgebied voor vogels.

Net als in de oevergebieden rond de eilanden bleef ook langs de rest van de oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer de ontwikkeling van oevervegetatie achter. Langs het merendeel van de oevers ontwikkelde zich een hoog opgaande ruigtevegetatie. Uit onderzoek is inmiddels gebleken dat vooral het gebrek aan waterpeildynamiek in combinatie met begrazing door vee en/of watervogels en het vaak nog hoge zoutgehalte van de bodem belemmerende factoren zijn voor de vestiging en uitbreiding van het areaal in het water staande oevervegetatie.

Ecologische ontwikkeling op de buitendijkse gronden

Het totaal areaal buitendijkse gronden bedraagt ongeveer 2000 ha. Het sedimenttype van de meest noordelijk gelegen gebieden, de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten, is zandig met klei diep in het profiel. Het sedimenttype van de zuidelijk gelegen gebieden, de Slikken van de Heen en de Dintelse Gorzen, is klei op zand. De Krammerse Slikken en Hellegatsplaten worden vanaf 1992 begraasd en op de Slikken van de Heen en de Dintelse Gorzen vindt 'geen beheer' of begrazing plaats.

De ontwikkeling van de vegetatie op de voormalige schorgebieden wordt sterk gestuurd door de ontziltingssnelheid van de bodem en het gevoerde beheer. Op de noordelijk gelegen gebieden met klei diep in het profiel is de ontziltingssnelheid van de bodem, in tegenstelling tot de zuidelijke gebieden met klei op zand, relatief gering en worden nog op vrij grote schaal zilte pioniersituaties aangetroffen. De floristische waarden van de voormalige schorgebieden zijn plaatselijk hoog -duinvalleigemeenschap-. Waar geen begrazing plaatsvindt, kan hier en daar bos- en struweelvorming plaatsvinden. De ontwikkeling van de vogel- en kleine zoogdierpopulatie is afhankelijk van de vegetatiesuccessie. De samenhang van de verschillende buitendijkse gebieden binnen het Volkerak-Zoommeer is goed, maar de gebieden liggen wel geïsoleerd ten opzichte van het achterland, wat de kolonisationsnelheid van sommige soorten plant en dier beïnvloedt.

De ecologische ontwikkeling in relatie tot de geformuleerde streefbeelden

Voor wat betreft de buitendijkse gronden kan geconcludeerd worden dat de ontwikkeling van de verschillende deelgebieden redelijk op de in het streefbeeld geformuleerde koers ligt.

Ten aanzien van de eilanden en platen kan gesteld worden dat de aanleg in belangrijke mate heeft bijgedragen aan de afname van de oevererosie. Daarnaast vormen de eilanden en platen met name in de beginjaren een waardevol toegevoegde element - met name de functie voor kale-grondbroeders - voor de totale natuurwaarde van het Volkerak-Zoommeer. Dit toegevoegde element verdwijnt echter naarmate de vegetatieontwikkeling op de eilanden voortschrijdt.

De oeverzone is voor de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer van groot belang. Met name de oevervegetatie-ontwikkeling blijft achter bij het streefbeeld.

Ten aanzien van de ecologische ontwikkeling in het water kan worden geconcludeerd dat het watersysteem in versneld tempo van het geformuleerde streefbeeld afbeweegt en dat de ecologische ontwikkeling in de richting gaat van een stabiel troebel watersysteem.

Knelpunten en mogelijke maatregelen

Belangrijke knelpunten met betrekking tot de ecologische ontwikkeling van het watersysteem zijn de slechte waterkwaliteit en het gebrek aan hydrodynamiek. Het meest belangrijke is ongetwijfeld de waterkwaliteit. De voortgaande belasting met nutriënten is de belangrijkste oorzaak van de ontwikkeling van het watersysteem in de richting van een stabiele troebele toestand. Daarnaast vormt ook de belasting met microverontreinigingen ten aanzien van een aantal stoffen in toenemende mate een bedreiging voor de duurzame ontwikkeling van het watersysteem.

Een ander knelpunt in de ontwikkeling van het watersysteem en de oevergebieden vormt het gebrek aan waterpeildynamiek. Mede als gevolg van de abrupte overgang van water naar land blijft de ontwikkeling van oevervegetatie achter. Daarnaast maken de ecologisch waardevolle pioniersituaties hier geleidelijk plaats voor algemener voorkomende, hoog opgaande ruigtevegetatie.

Ervan uitgaande dat wordt vastgehouden aan de doelstelling van een helder watersysteem zal er in de eerste plaats een substantiële vermindering van de aanvoer van nutriënten en microverontreinigingen moeten plaatsvinden. Om de ontwikkeling in de richting van een helder watersysteem te stimuleren kan, in aanvulling op de maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit, gedacht worden aan een visstandsbeheer waarbij met name grote Brasem en grote Snoekbaars bevestigd worden.

Ter vergroting van het ecologisch potentieel van het Volkerak-Zoommeer is daarnaast het toelaten van meer waterpeildynamiek van belang. Door het herstel van de geleidelijke overgang van water naar land worden nieuwe habitats voor flora en fauna gecreëerd en zullen er geregeld pioniersituaties blijven ontstaan langs de oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer. In combinatie met een betere afstemming tussen de water- en oeverbeherende instanties kunnen daarnaast ook de mogelijkheden voor oeverplantenontwikkeling worden vergroot.

Tot slot

Sommige maatregelen zijn eenvoudig, andere zijn zeer ingrijpend en vergen aanzienlijke beheersinspanningen. Succes kan echter bij geen van de afzonderlijke maatregelen gegarandeerd worden. De uitdaging is nu om, op basis van de ontwikkelingen die in het Volkerak-Zoommeer plaatsvinden, een integraal maatregelenpakket samen te stellen dat uitzicht biedt op de realisatie van de langere-termijndoelstellingen. De bouwstenen voor een dergelijk pakket zouden moeten worden gevonden in maatregelen die betrekking hebben op de aspecten waterkwaliteit, peildynamiek, inrichting en beheer. Uitwerking van een dergelijk maatregelenpakket zou kunnen plaatsvinden binnen een samenhangend inrichtings- en beheersplan voor het gehele stroomgebied van het Volkerak-Zoommeer, dat gedragen wordt door alle betrokken instanties. Hierbij dient met het oog op recente ontwikkelingen ten aanzien van klimaatverandering zoveel mogelijk rekening te worden gehouden met de visie- en ideeënvorming ten aanzien van de ontwikkeling van de gehele Zeeuwse Delta op de langere termijn.

Summary

Introduction

Lake Volkerak-Zoommeer was created in 1987 by the construction of the Oesterdam and the Philipsdam. As a result the area changed from a salt-water and tidal estuary into a freshwater lake with a fixed water table at 0 m NAP (Dutch Ordinance Level). The morphology of lake Volkerakmeer still has the typical characteristics of a tidal system. The lake consists of a gully with a relatively steep slope. This gully is surrounded by a shallow-water area with a more gradual slope. The total surface area of lake Volkerakmeer amounts to about 6000 ha. Three quarters of this area consists of water, the remainder consists of former salt marshes, inter-tidal flats and sand banks. The total surface area of lake Zoommeer covers about 2000 ha, ten percent of which consists of former inter-tidal zones, which fell permanently dry after enclosure. Several smaller streams from the Brabant hinterland flow into lake Volkerak-Zoommeer. The rivers Mark/Dintel and Steenbergse Vliet flow into lake Volkerakmeer and the river Zoom flows into lake Zoommeer. The catchment area of these rivers covers about 165,000 ha, the bulk of which consists of agricultural land.

Management aims

The long-term aim of water management for lake Volkerak-Zoommeer is to create and maintain a sustainable, healthy operating water system, with optimal properties for the assigned functions. The most important functions assigned to lake Volkerak-Zoommeer are: nature in the shallow-water zone and on the former inter-tidal flats and commercial shipping for the deeper water.

Immediately after the endikement of lake Volkerak-Zoommeer, the constant water table caused large-scale erosion of the natural shores. To reduce the amount of land-loss caused by this erosion, a plan was adopted for shore protection measures along the shores of the entire basin. Apart from the construction of offshore rockfill dams and the excavation of creeks, artificial islands were made in the riparian zone. The most important aims of the plan were: the prevention of erosion of the land, a contribution to the achievement of the proposed targets for nature and the enhancement of the natural values for the entire lake Volkerak-Zoommeer.

The nature management goals for the terrestrial areas focus on the 'development, as natural and complete as possible, of indigenous life communities of forest, half-open landscape, marshland, short-grazed area and shallow waters'.

Area of international importance

Before the endikement, the estuarine Krammer-Volkerak was of international importance for several species of birds. After the endikement, lake Volkerak-Zoommeer maintained this position. In 1995 lake Volkerakmeer was, therefore, added to the list of wetlands and has been designated as Special Protected Area within the framework of the EU Bird Directive. In March 2000 this status has also been assigned to lake Zoommeer.

Ecological development of the water system

Evidently, the endikement of this former estuarine area has had marked effects on the development of the ecosystem. With respect to the ecological development of the water system, three main periods may be distinguished. The first period from 1987 until 1990 may be characterised as a pioneer phase in which the real marine species of plants and animals disappeared and were slowly but steadily substituted by freshwater species. Remarkably enough, at this stage the lake developed towards a transparent water system. Due to the slow colonisation of the lake by cyprinid fish, a huge population of large *Daphnia* emerged in this initial phase. Through its predation pressure, this population of large *Daphnia* species had a noticeable impact on phytoplankton production. Thus, in spite of high nutrient contents, by 1990 a mean transparency of 3.2 metres Secchi was reached. Thanks to the favourable underwater light conditions, large areas of submerged macrophytes developed. The changes in the bird populations that occurred during this first phase, roughly reflected the developments in the water system. Typical 'marine' species declined and made way for species characteristic for freshwater systems.

The second period between 1990 and 1996 is characterised by an increase of the fish population and a gradual decrease of the mean transparency of the water. From 1994 onwards, blooms of blue-green algae occur during the summer period. As a consequence of the fast growing cyprinid fish populations, the predation pressure on the zooplankton increased sharply. The large *Daphnia* species made way for smaller species, that grazed the phytoplankton less efficiently. Because of this development the chlorophyll-a content increased and transparency diminished. Up until 1996, this increase in chlorophyll-a content was responsible for the drop in water transparency. By 1990, the fish population in lake Volkerak-Zoommeer became increasingly dominated by bottom-stirring species, Bream being the most important one. The population of predatory fish did not keep up the same pace, so the proportion of predatory fish versus other fish species decreased steadily. Due to the gradually decreasing water transparency, light conditions became less favourable for plant growth and the total surface area covered by submerged macrophytes diminished. During this second phase, the numbers of piscivorous and benthivorous waterbirds increased.

The last phase in the development of the water system of lake Volkerak-Zoommeer started in 1996. During this phase turbidity of the water increases further. The phosphorous content is on the rise again and the annual period of algal blooms persists longer. In contrast to the second phase, the decrease in transparency can no longer be explained by an increase in chlorophyll-a content only. In spite of lower chlorophyll-a contents, transparency diminishes more quickly. A possible explanation for this phenomenon may be an increase in the amount of suspended solids. The tendency towards a fish population dominated by bottom-stirring species continues, while numbers of predatory fish stay far behind.

Ecological development of the islands

Between 1989 and 1999 some 40 artificial islands have been constructed in lake Volkerak-Zoommeer with a total surface area of 120 ha. The construction of these islands has led to a two-fold increase of the total length of 'natural' shoreline. The islands mainly consist of sandy sediments. On most of the islands a natural development is aimed for. In the shallow waters surrounding the islands a rapid development and colonisation of

submerged vegetation occurred. Nonetheless, the development of helophyte vegetation around the islands falls short of the expectation. The shallows surrounding the islands constitute important roosting and foraging grounds for several bird species. The ecological development occurring on most of the islands may be characterised as natural. The ecological state of the art strongly depends on the age of the island. The first few years are dominated by pioneer stages of flora and fauna. Thus, the combination of sparse and short-grown vegetation types and the absence of terrestrial predators cause ideal circumstances for pioneer breeding birds of bare grounds. After the first few years, vegetation succession causes a shift from pioneers like Pied Avocet, plovers and terns towards colonial gulls. On the oldest islands shrubs and trees become established and here mainly breeding woodland bird species are found.

Ecological development of the riparian zone

The riparian zone in lake Volkerak-Zoommeer consists roughly of coarse and fine sandy sediments and of low and flat silt. The management of the coastal zones is the responsibility of four managing institutions and varies from 'doing nothing' to grazing at low stocking rates.

The ecological development on the sandy parts is governed by a relatively rapid desalination of the soil. Because of this, the vegetation on the coarse sandy terrain had already become dominated by freshwater pioneer plant species as early as 1988. Afterwards, vegetation succession on these parts continued via a grassland stage to a vegetation dominated by *Calamagrostis epigejos* and, depending on management practices, locally shrub or woodland stands became established along the shores. The development of the bird population was mainly a direct reflection of the vegetation development.

On the silty areas an initial erosion of the shoreline occurred, but this process almost completely stopped after the construction of the shore protection dams. The relatively slow desalination of the soil is a characteristic feature of this sediment type. Therefore, the vegetation still consists mainly of halophytic pioneer species, while locally slow colonisation of 'terrestrial' Reed stands occurs. Just after the endikement of lake Volkerak-Zoommeer, typical 'marine' wader species were substituted by 'freshwater' waders. It is this part of the riparian zone that is of crucial importance to pioneer ground-nesting birds and meadow birds.

Particularly in the shallow water between the water-line and the shore protection dams, ideal conditions developed for the colonisation and subsequent growth of submerged aquatic vegetation. The development of aquatic macrophytes resulted in a high diversity of macrofauna species. As a result, these areas became important spawning grounds for fish. In addition, fish larvae can reach maturity in relative safety here. Many species of birds were also attracted to these food-rich shallows. Moreover, the relatively quiet areas behind the shore protection dams provide ideal roosting sites for waterbirds.

In much the same way as in the shallows surrounding the islands, the development of helophyte vegetation along the rest of the riparian zone in lake Volkerak-Zoommeer was less abundant than expected. Along most of the shoreline, a vegetation of tall herbs developed. In the meantime, research has pointed out that the lack of hydrological dynamics, grazing by cattle and/or waterbirds and soil salinity are all limiting factors for the establishment and expansion of inundated helophyte vegetation.

Ecological development of the terrestrial terrain

The total surface area of terrestrial terrain in lake Volkerak-Zoommeer amounts to about 2000 ha. The sediment type of the most northern areas, 'Krammerse Slikken' and 'Hellegatsplaten', is sandy with clay further down in the soil profile. The sediment type of the southern areas, 'Slikken van de Heen' and 'Dintelse Gorzen' is clay on top of sand. The 'Krammerse Slikken' and 'Hellegatsplaten' are being grazed from 1992 onwards and on the 'Slikken van de Heen' and 'Dintelse Gorzen' either no active management or grazing has been practised.

The development of the vegetation on the former salt marsh areas is strongly influenced by both the rate of soil desalination and management practices. On the northern areas with clay layers deep in the soil profile, the desalination rate is relatively slow as compared to the southern areas with clay on top of sand. Therefore, in the north halophytic pioneer plant species are still relatively wide-spread. Floristic values of former salt marsh areas are locally high -community of dune valleys-. Where no grazing takes place, local stands of shrubs or woodland become established. The development of populations of birds and small mammals is strongly related to vegetation succession. The ecological coherence of the different terrestrial terrain within lake Volkerak-Zoommeer is satisfactory, but the areas are actually isolated from the hinterland, which causes a delay in colonisation rate of some plant and animal species.

The ecological development in relation to the ecological targets

With respect to the terrestrial terrain, it may be concluded that the actual development for the different areas corresponds reasonably well with the ecological targets set.

With respect to the islands and sand banks, it can be concluded that the construction has significantly contributed to the reduction of shore-line erosion. In addition, the artificial islands and sand banks constitute an important additional element to the natural values of lake Volkerak-Zoommeer especially during the first few years after construction, mainly because of their vital importance for pioneer ground-nesting birds. This additional element, however, tends to disappear completely as vegetation succession progresses.

The riparian zone is of the utmost importance for the ecological development of lake Volkerak-Zoommeer. Particularly the development of helophyte vegetation falls well short of the targets set beforehand. The development of the riparian zone will strongly depend upon the future development of the water system.

With respect to the ecological development in the water system, it may be concluded that the water system is quickly moving away from the targets that were set just after endikement. This development is directed towards a stable turbid ecosystem.

Ecological bottlenecks and possible measures

The most important bottlenecks with respect to the ecological development of the water system are the poor water quality and the lack of hydrological dynamics. The most important of the two is undoubtedly water quality. The increasing load of nutrients is the main cause of the development of the water system in the direction of a stable state of turbidity. Besides, the load of micro-pollutants also constitutes an increasing threat to the sustainable development of the water system.

The second bottleneck in the development of both the water system as well as the riparian zone is the lack of hydrological dynamics. Due to the sharp border between water and land the development of helophyte vegetation stays behind. Besides, ecologically valuable pioneer situations gradually make way for more abundant and wide-spread vegetation types of tall herbs.

Assuming that the ecological targets of a transparent water system are going to be maintained, first of all a substantial reduction of the influx of both nutrients and micro-pollutants is necessary. In order to stimulate a development towards a transparent water system, it may be promising to consider the possibilities of active management by fishing large Bream and large Pikeperch, but only in combination with measures aimed at lowering nutrient loads.

In order to enhance the ecological potential of lake Volkerak-Zoommeer, it is of additional importance to allow a higher degree of hydrological dynamics. By restoring a gradual transition between water and land, new habitats for both plants and animals are being formed.

Epilogue

Some measures are simple, others are very complicated and ask for a considerable management effort. Success, however, cannot be achieved using separate measures. The challenge is to compose an overall package of measures, based on the observed developments in lake Volkerak-Zoommeer, to achieve the long-term targets. The components of such a package should be found in measures relating to the aspects of water quality, hydrological dynamics, spatial design and management. Elaboration of such a package of measures could take place within a coherent plan for the entire catchment area of lake Volkerak-Zoommeer, that is supported by all of the authorities concerned. In view of recent developments with respect to climate change, it is advised to take into account the visions that are currently being formed concerning the future natural development of the entire Delta area.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Toen in 1987 de Philipsdam werd voltooid, kwam er definitief een einde aan het functioneren van het Krammer-Volkerak als een zout getijdegebied. Het Krammer-Volkerak werd samen met de Eendracht en het Zoommeer een hydrologische eenheid: het Volkerak-Zoommeer. Door het wegvallen van de invloeden van zout en getij kwam een reeks van ingrijpende veranderingen in het ecologisch functioneren van dit watersysteem op gang. Deze veranderingen zijn in tal van onderzoeksprojecten nauwkeurig gevolgd. Dit onderzoek is gericht geweest op de veranderingen in waterkwaliteit en biologische productiviteit van het open water, maar ook op de ontwikkelingen die plaatsvonden op de voormalige schorren en slikken die nu definitief droogvielen en bloot kwamen te staan aan erosie en ontzilting. Al deze onderzoeks- en monitoringsprojecten hebben geresulteerd in een overvloed aan informatie over ecologie en natuur van het Volkerak-Zoommeer, gepubliceerd in een grote hoeveelheid rapporten. Deze rapporten leveren basisinformatie aan ten behoeve van beheer en inrichting van het gebied. Aangezien natuur de belangrijkste functie is voor de ondiepe delen en de buitendijkse gronden in het gebied (Anonymus, 1987), worden hoge eisen gesteld aan de kwaliteit van de ecologische kennis die nodig is voor het toekomstig beleid. Het ligt in de bedoeling om op korte termijn een nieuw, integraal en stroomgebied-breed beleids- en/of beheersplan voor het Volkerak-Zoommeer op te stellen. Het vigerend beleidsplan dateert nog uit 1987 en heeft bovendien alleen betrekking op het Krammer-Volkerak (Anonymus, 1987). Daarnaast zal in het jaar 2000 een beslissing worden genomen over het toekomstig peilbeheer voor het Volkerak-Zoommeer. De ecologische ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer vormen een belangrijke bouwsteen voor zowel het beleids- en/of beheersplan als de evaluatie van het peilbesluit. Twee eerder verschenen beleids-evaluerende nota's (Iedema, 1992; Wanningen & Boute, 1997) bevatten al veel informatie, maar inmiddels is uit verschillende projecten meer en actuelere ecologische kennis voortgevloeid. Er bestond dan ook behoefte aan een samenvattend overzicht en integratie van de ecologische kennis over het gebied.

1.2 Doelstelling en afbakening

1.2.1 Doelstelling

Het doel van dit rapport is het verschaffen van een overzichtelijke en goed leesbare integratie en evaluatie van de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. Dit geïntegreerde kennisoverzicht moet bruikbaar zijn als bouwsteen voor het nog op te stellen integraal, stroomgebied-breed beleids- en/of beheersplan en als onderbouwing kunnen dienen voor de evaluatie van het peilbesluit Volkerak-Zoommeer.

1.2.2 Afbakening

In dit rapport zal alleen aandacht worden besteed aan de ecologische ontwikkeling van het gebied, dit met het oog op de functie natuur, die als hoofdfunctie is aangemerkt voor de ondiepe delen en de buitendijkse gronden (Anonymus, 1987). Zo zullen projecten die betrekking hebben op biologische monitoring, waterkwaliteit en fytoplankton (inclusief blauw-wieren), biologische productiviteit en vis (Breukers *et al.*, 1996), AMOEBE Volkerak-Zoommeer (Vanhemelrijk & de Hoog, 1997), ontwikkeling oevervegetatie (Tosserams *et al.*, 1997, 1999), abiotische en ecologische ontwikkeling van de buitendijkse gronden (van Rooij & Groen, 1996; Vereniging Natuurmonumenten, 1997), inrichting oevergebieden en eilandjes (Remmelzwaal *et al.*, 1998) en ecotopen Volkerak-Zoommeer de revue passeren. Andere aspecten en functies die van belang zijn voor dit gebied, zoals ontwikkelingen ten aanzien van beroeps- en recreatievaart, andere vormen van recreatie en waterhuishouding, komen alleen aan de orde voor zover ze van belang zijn voor de ecologische ontwikkeling van het gebied.

Het gaat in deze rapportage primair om de integratie van alle bestaande recente ecologische kennis en in mindere mate om het evalueren of toetsen van uitgevoerd beheer en beleid. De ecologische ontwikkelingen worden beschreven vanaf de uitgangssituatie in 1987 tot heden. Een vergelijking met geformuleerde streef- en/of referentiebeelden zal met name worden gebruikt als hulpmiddel om de waargenomen ontwikkelingen samen te vatten en de richting van de toekomstige ecologische ontwikkeling aan te geven. Er zal niet gezocht worden naar methoden om tot een waardering van deze ontwikkeling te komen.

1.3 Leeswijzer

Voordat ingegaan wordt op de ecologische ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer, wordt in hoofdstuk 2 een beschrijving van het gebied en de vigerende doelstellingen en streefbeelden ten aanzien van het water- en natuurbeheer gepresenteerd. In hoofdstuk 3 tot en met hoofdstuk 6 volgt een samenvatting van de ecologische ontwikkelingen die hebben plaatsgevonden sinds de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer in 1987. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de ontwikkelingen in het water (hoofdstuk 3), de eilanden en platen (hoofdstuk 4), de oeverzone (hoofdstuk 5) en de buitendijkse gronden (hoofdstuk 6). Aan het eind van elk hoofdstuk wordt de informatie geïntegreerd en volgt een prognose voor de toekomstige ontwikkeling bij ongewijzigd beleid en beheer. De ecologische ontwikkeling van de verschillende gebiedsdelen wordt in hoofdstuk 7 afgezet tegen de hiervoor van toepassing zijnde streefbeelden en doelstellingen. In hoofdstuk 8 worden de maatregelen samengevat die zijn voorgesteld om ongewenste ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer in de gewenste richting om te buigen.

Deze rapportage is geschreven in opdracht van Rijkswaterstaat directie Zeeland en is in eerste instantie bedoeld voor beleidsmakers en bestuurders die betrokken zijn bij de besluitvorming ten aanzien van het peilbeheer en het toekomstige beleid/beheer in het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast geeft deze rapportage de geïnteresseerde lezer een globaal overzicht van de beschikbare kennis en de daaruit voortvloeiende inzichten ten aanzien van de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer.

2 Het Volkerak-Zoommeer

2.1 Ontstaansgeschiedenis

Het Volkerak-Zoommeer is ontstaan door de uitvoering van het Deltaplan dat werd opgesteld naar aanleiding van de watersnoodramp in 1953. Hierin werd besloten om de getijdegeulen van de delta af te sluiten van de zee met uitzondering van de belangrijkste scheepvaartroutes.

In tegenstelling tot de overige werken in het Deltagebied waren het geen veiligheidsoverwegingen die tot de afsluiting van het Krammer-Volkerak hebben geleid. Vooral milieuoverwegingen en afspraken ten aanzien van scheepvaart en landbouw speelden een belangrijke rol. Aanvankelijk zouden de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak een geheel gaan vormen, afgesloten van de zee door een dichte dam in de Oosterschelde. In de jaren zeventig werd vanuit milieuoverwegingen echter gekozen voor een stormvloedkering. Om in de Oosterschelde na aanleg van de stormvloedkering een voldoende groot tijverschil te waarborgen, werd besloten het volume van de Oosterschelde te verkleinen door middel van zogenaamde compartimenteringswerken. Daarnaast was al in de jaren zestig met België afgesproken dat Nederland zou zorgen voor een 'getijvrije' scheepvaartverbinding tussen Antwerpen en Rotterdam.

Dit alles leidde ertoe dat in 1969 het Krammer-Volkerak in het noordoosten werd afgesloten van het Haringvliet/Hollandsch Diep door de aanleg van de Volkerakdam. De verbinding met het Grevelingenmeer was inmiddels al verbroken door de aanleg van de Grevelingendam in 1965. Als onderdeel van het compartimenteringsplan werden vervolgens de Markiezaatskade (1982), de Oesterdam (1986) en de Philipsdam (1987) aangelegd. Hierdoor werd in april 1987 het Volkerak-Zoommeer in zijn huidige vorm een feit.

2.2 Gebiedsbeschrijving

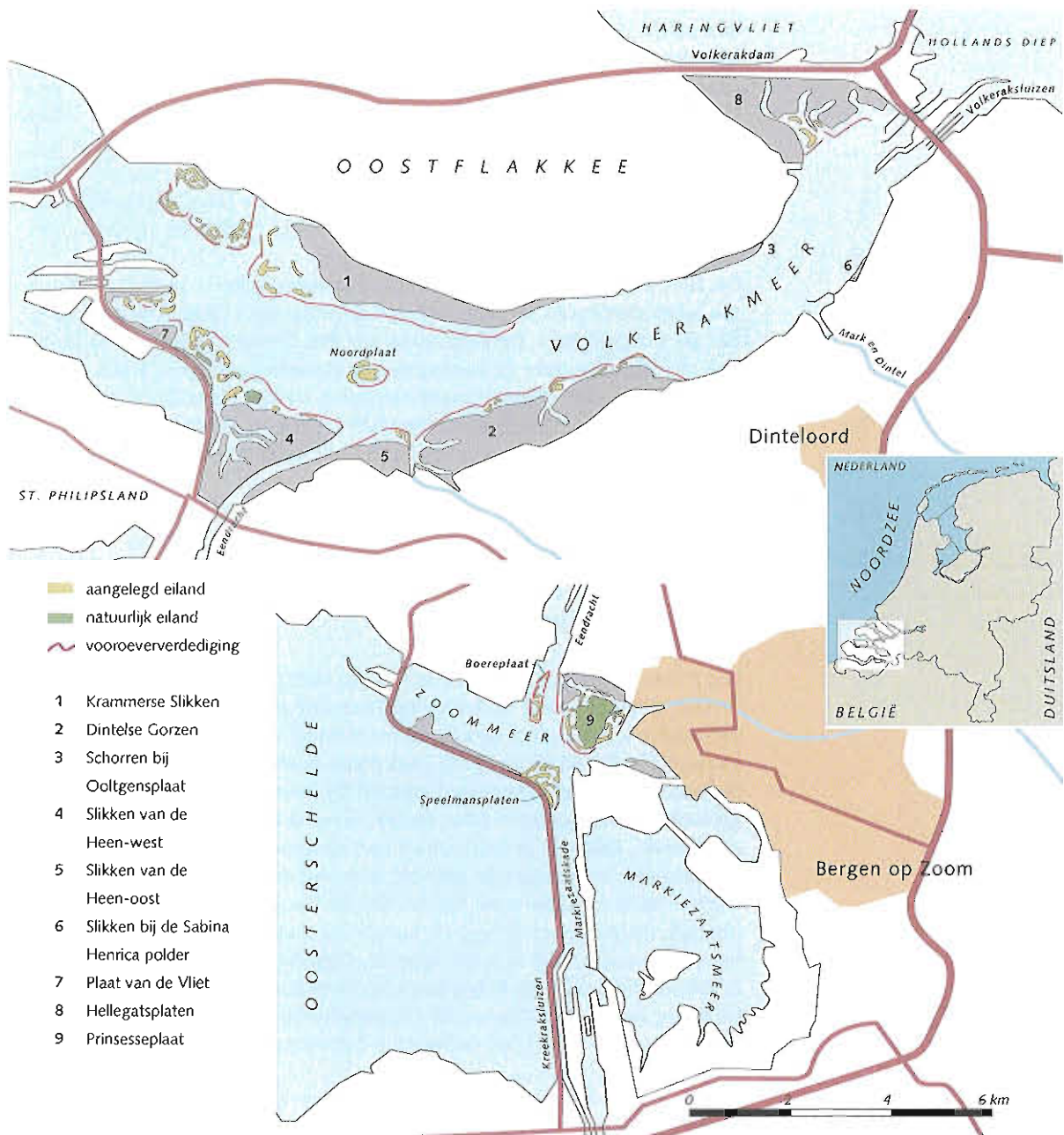
2.2.1 Watersysteem

Het Krammer-Volkerak is ontstaan in het Holoceen. Het gebied is geomorfologisch gevormd onder invloed van het getij van de Oosterschelde en maakte vroeger deel uit van de riviermonding van Rijn en Maas. De sterke stroming bij eb en vloed sleet diepe geulen uit. De eerder in het Holoceen gevormde veenlagen werden bij verschillende regressiefasen gedeeltelijk weggeslagen door de zee, waarna zand- en kleiafzetting plaatsvond. Door de getijdynamiek kon aangroei van nieuwe gronden plaatsvinden en ontstonden slikken, schorren en platen, die doorsneden werden door meanderende krekken. Op de laaggelegen slikken werd zand afgezet. Op de hoger gelegen schorren die niet dagelijks overspoeld werden, werd naast zand ook klei afgezet. Dagelijks viel bij eb ongeveer 2.350 ha slik droog. Bij hoog water bereikte zout water het Krammer-Volkerak via de Grevelingen, de Oosterschelde en het Haringvliet. Bij eb kon zoet water vanuit het Hollandsch Diep doordringen in het gebied.

Tegenwoordig hoort het Volkerak-Zoommeer bij de grote Nederlandse zoetwatermeren. Het maakt onderdeel uit van de provincies Noord-

Brabant, Zeeland en Zuid-Holland. Waterhuishoudkundig vormt het gebied een eenheid. Geografisch gezien bestaat het gebied uit twee meren; het Volkerakmeer en het Zoommeer. Het totale watersysteem bestaat uit het voormalige Kramer-Volkerak (nu Volkerakmeer), het Zoommeer, de Eendracht en het Bathse Spuikanaal (figuur 2.1). In het westen scheiden de Oesterdam en de Philipsdam het Volkerak-Zoommeer van de Oosterschelde. De Grevelingendam vormt de grens met het Grevelingenmeer. In het noordoosten vormen de Volkerakdam en de Volkeraksluizen de begrenzing met het Haringvliet en het Hollandsch Diep. De Markiezaatskade vormt de oostelijke begrenzing van het Zoommeer. In het zuiden wordt het systeem begrensd door de Kreekraksluizen. Door inlaat van zoet water uit het Hollandsch Diep bij de Volkeraksluizen

Figuur 2.1
Ligging van het Volkerak-Zoommeer.
Location of lake Volkerak-Zoommeer.

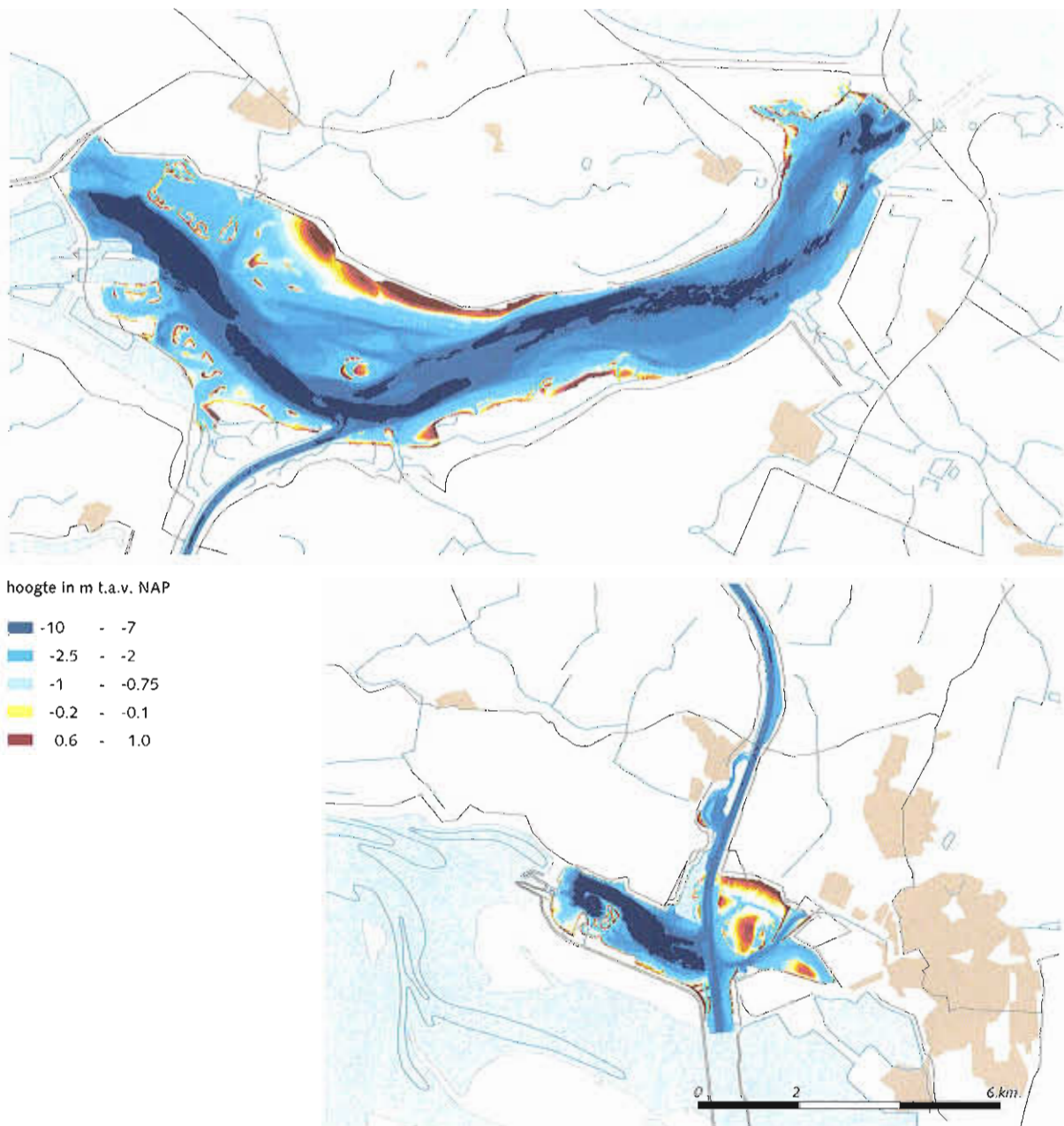


- aangelegd eiland
 - natuurlijk eiland
 - vooroeververdediging
- 1 Krammerse Slikken
 - 2 Dintelse Gorzen
 - 3 Schorren bij Ooltgensplaat
 - 4 Slikken van de Heen-west
 - 5 Slikken van de Heen-oost
 - 6 Slikken bij de Sabina Henrica polder
 - 7 Plaat van de Vliet
 - 8 Hellegatsplaten
 - 9 Prinsesseplaat

veranderde dit voormalige zoute getijdesysteem binnen een jaar tijd in een zoet systeem met een vast waterpeil. Als gevolg van dit vaste peil vielen de voormalige intergetijdegebieden permanent droog.

Het oppervlak van het Volkerakmeer bedraagt 4.530 ha, exclusief de drooggevallen gronden, die 1.775 ha beslaan. Het Zoommeer en de Eendracht bestrijken een oppervlakte van 1.580 ha. Het oppervlak drooggevallen gronden bedraagt hier ongeveer 220 ha. De morfologie van het Volkerakmeer is nog typisch voor een getijdesysteem. Het meer bestaat uit een geul die een maximale diepte heeft van 24 m en een relatief steil talud.

.....
Figuur 2.2
Hoogtekaart Volkerak-Zoommeer.
Elevation model of lake Volkerak-Zoommeer.



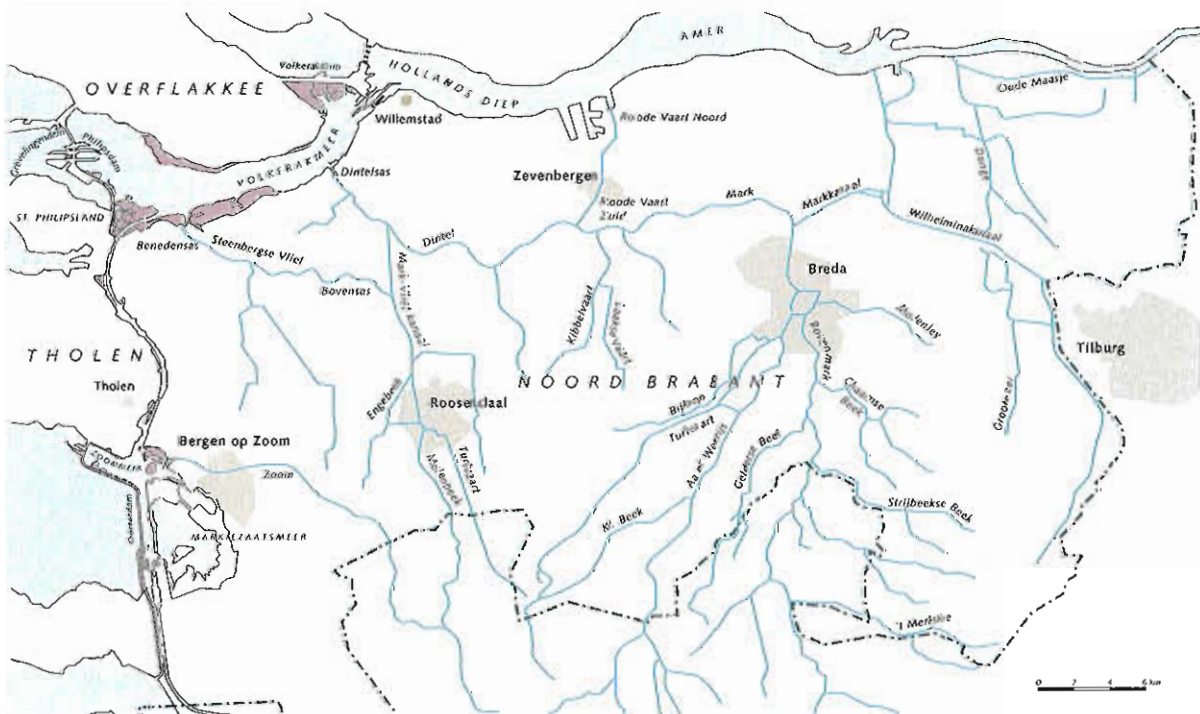
Deze geul wordt omgeven door een ondiepere zone met een geleidelijker verlopend talud (de vooroever). De gemiddelde diepte van het meer is 5,2 m (Iedema, 1992; figuur 2.2). De oevers bestaan uit dijken, de voormalige schorren, slikken en platen en een aantal natuurlijke en aangelegde eilanden.

Verschillende Brabantse rivieren monden uit in het Volkerak-Zoommeer. De Mark/Dintel en de Steenbergse Vliet voeren hun water af op het Volkerakmeer en de Zoom op het Zoommeer. Het stroomgebied van deze rivieren beslaat een totaal oppervlak van 165.000 ha, waarvan het overgrote deel bestaat uit landbouwgebied (figuur 2.3).

2.2.2 Buitendijkse gronden

Langs de oevers van het Volkerakmeer worden verschillende deelgebieden onderscheiden, met min of meer specifieke kenmerken (figuur 2.1). De oorspronkelijke Krammerse Slikken, langs de dijk bij Oude Tonge, zijn slechts voor een gedeelte drooggefallen. Het grootste gedeelte ligt onder water en vormt het grootste oppervlak aaneengesloten ondiepwatergebied in het Volkerakmeer. In het noordoosten liggen de Hellegatsplaten. Kenmerkend voor dit gebied zijn de vele geulen. In de oorspronkelijke getijsituatie heeft dit gebied onder invloed gestaan van het brakke water van het Hollandsch Diep en het Haringvliet. In het noordoostelijk deel van het Volkerakmeer liggen nog twee kleinere drooggefallen gebieden: de schorren bij Ooltgensplaat aan de Zuid-Hollandse kant van het meer en de Slikken bij de Sabina Henricapolder aan de Noord-Brabantse kant.

Figuur 2.3
Het stroomgebied van de Brabantse rivieren.
The catchment area of the rivers.



In het Volkerak-Zoommeer hebben, ter bescherming van de buitendijkse gronden, ingrijpende inrichtingsmaatregelen plaatsgevonden. De inrichtingsmaatregelen bestonden uit de aanleg van oeververdedigingen en eilandjes (zie figuur 2.1) met als voornaamste doel de voortschrijdende oevererosie die na 1987 optrad een halt toe te roepen.

In het zuiden van het Volkerakmeer liggen de Dintelse Gorzen en de Slikken van de Heen. Deze oevergebieden worden van elkaar gescheiden door de monding van de Steenbergse Vliet. Kenmerkend voor deze gebieden zijn de schorren met diep ingesneden krekens en plaatselijk hoge oeverwallen. De Slikken van de Heen zijn bij de aanleg van het Schelde-Rijnkanaal doorgraven en bestaan thans uit de Slikken van de Heen-oost en de Slikken van de Heen-west. In het westelijke deel ligt een ondiepwatergebied met net boven het water uitstekende platen. Ten westen van de Slikken van de Heen ligt de Plaat van de Vliet.

In het Zoommeer zijn na de afsluiting alleen slikken en platen drooggevalen. Dit zijn de Speelmansplaten langs de Oesterdam, een deel van de voormalige Molenplaat en de Boereplaat en een groot deel van de Prinsesseplaat.

Aan de westkant van de Eendracht zijn restanten van de oorspronkelijke schorgebieden drooggevalen: de schorren bij de Hollarepolder en de Schorren bij Botshoofd.

2.3 Doelstelling en streefbeelden water- en natuurbeheer

2.3.1 Beleidskader

Het in 1987 verschenen Beleidsplan Krammer-Volkerak (Anonymus, 1987) vormt het huidige beleidskader voor het Volkerakmeer. Voor het plangebied Zoommeer is formeel geen integraal beleidsplan opgesteld. Wel is voor het Zoommeer (inclusief de Eendracht) het landelijk beleid inzake het natuur- en landschapsbehoud uitgewerkt in het Inrichtings- en Beheersplan Zoommeer (Anonymus, 1988). In het Natuurbeleidsplan (Ministerie van Landbouw Natuurbeheer en Visserij, 1990) wordt het Volkerak-Zoommeer aangegeven als kerngebied in de ecologische hoofdstructuur. Het beleid wordt gericht op het begeleiden en versterken van natuurlijke processen binnen randvoorwaarden ten aanzien van erosie- en sedimentatieprocessen en ten aanzien van de overeengekomen functieverdeling. In de VINEX (Vierde Nota op de Ruimtelijke Ordening - extra; Anonymus, 1991) wordt voor het Volkerak de blauwe koers aangegeven. Dit houdt in een combinatie van de functies natuur, toerisme, recreatie en transport. Het Volkerak-Zoommeer maakt hierbij deel uit van de 'natte as'.

In het Beleidsplan Krammer-Volkerak wordt in globale lijnen aangegeven op welke wijze de natuurfunctie in het Volkerakmeer zich zal kunnen ontwikkelen en welke inrichtings- en beheersmaatregelen hiervoor noodzakelijk worden geacht. De inrichting en het beheer van de natte en droge delen van het gebied dienen volgens het Beleidsplan Krammer-Volkerak gericht te zijn op het tot ontwikkeling komen van: *een ecosysteem met een zo hoog mogelijke kwaliteit. Hierbij wordt gestreefd naar een systeem met een zo groot mogelijke diversiteit, compleetheid en zelfregulatie.* Hoewel de natuurfunctie als primaire functie voor deze gebieden werd aangewezen, is medegebruik van oevergebieden door andere functies

toegestaan, zolang er geen belemmeringen optreden voor de ontwikkeling van de natuurfunctie.

Hoofdfuncties van het Volkerak-Zoommeer zijn: beroepsscheepsvaart in de diepere delen en natuur en landschap in de ondiepere delen en de oevergebieden. Andere functies zijn: boezem- en afwateringsfunctie, regionale watervoorziening (landbouw), beroepsvisserij en recreatie. Het bereiken van een duurzaam evenwicht tussen al deze functies is uitgangspunt voor het integraal waterbeheer zoals dat op het Volkerak-Zoommeer wordt toegepast.

2.3.2 Doelstelling waterbeheer en streefbeeld natuur en landschap

In het Beheersplan Water Zoommeer (Anonymus, 1988) zijn de hoofdpunten ten aanzien van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer vastgelegd. De hoofdpunten uit het beheersplan zijn in 1992 bijgesteld en de hoofddoelstelling voor het waterbeheer, die nog steeds als uitgangspunt wordt gebruikt, werd als volgt geformuleerd (Iedema, 1992): *Het creëren en handhaven van een duurzaam, gezond functionerend watersysteem, waarin de eraan toegekende functies optimaal tot hun recht kunnen komen.*

De hoofddoelstelling voor het waterbeheer werd vervolgens vertaald in natuurstreefbeelden. Hierbij werd onderscheid gemaakt in een natuurstreefbeeld voor de lange en korte termijn. Het natuurstreefbeeld voor de lange termijn (2035) werd als volgt omschreven: *Het Volkerak-Zoommeer is een duurzaam functionerend ecosysteem met een hoge mate van zelfregulatie.*

Voor de korte termijn (2010) geldt het volgende natuurstreefbeeld: *Het Volkerak-Zoommeer is een helder schoon zoetwaterbekken gekenmerkt door een rijkdom aan waterplanten, een goed ontwikkelde, brede en vegetatie-rijke ondiepe oeverzone en de aanwezigheid van een evenwichtige Snoek-Zeeltgemeenschap.*

In de eerste evaluatie van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer (Iedema, 1992) werd het korte termijn natuurstreefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer aan de hand van verschillende criteria nader gekwantificeerd (tabel 1.1). Er werden drie samenhangende zones onderscheiden die kenmerkend zijn voor duurzame, gezond functionerende watersystemen (Iedema, 1992):

- Het open water
Het open water is meer dan drie meter diep en beslaat een oppervlak van ongeveer 70% van het meer. Groenalgen en kiezelalgen zijn de dominante algen. Er is sprake van een regulatie door zoöplankton. Tot een diepte van vijf meter zijn in geringe bedekking ondergedoken waterplanten aanwezig. Bodemalgen leveren een substantiële bijdrage aan de primaire productie. Er is sprake van een door roofvis gedomineerde visstand. Bodemdier-etende en visetende watervogels zijn in ruime mate aanwezig.
- Het ondiep water
Deze zone strekt zich uit vanaf een diepte van drie meter tot in de oeverzone, is begroeid met ondergedoken waterplanten en beslaat

ongeveer 30% van het meer. Tot een diepte van ongeveer 0,5 m heeft zich een gordel met halfopen oevervegetatie ontwikkeld. Deze oevervegetatie beslaat enkele honderden ha in het Volkerakmeer en enkele tientallen ha in het Zoommeer. De visstand bestaat uit een Snoek-Zeelt gemeenschap. Plantenetende vogels kunnen rijkelijk profiteren van het grote voedselaanbod.

- De oeverzone

Oevervegetatie heeft zich in een brede zone rondom de waterlijn ontwikkeld met geleidelijke overgangen van nat naar droog. Deze zone is door zijn omvang weinig gevoelig voor vraat. De zone vormt een permanente kern van waaruit kolonisatie naar het ondiepe water kan plaatsvinden. Ook vormt het een broedgebied voor o.a. reigerachtigen en kiekendieven. In het voorjaar zijn langs het hele meer plas-drasse condities aanwezig met afhankelijk van het (begrazings)beheer zowel 'harde' vegetatie als korte, grazige vegetatie.

Streefbeeld Mark-Vliet watersysteem (Bak et al., 1998a)

In het provinciaal waterhuishoudingsplan en het integraal waterbeheersplan van West-Brabant (Anonymus, 2000) is aan de Mark en Vliet de functie 'viswater voor karperachtigen' en 'ecologische verbindingszone' toegekend. Maatregelen om de bij deze functies behorende streefbeelden te realiseren zijn inmiddels gefaseerd in uitvoering genomen. De afronding van de maatregelen wordt voorzien in 2015. De bijbehorende waterkwaliteitsdoelstelling betreft de wettelijk vastgelegde viswaternormen in combinatie met de grenswaarde (AMK). Voor fosfaat wordt vooralsnog uitgegaan van een normwaarde van 0,15 mg P/l.

Naast de streefbeelden van deze drie samenhangende zones werd het natuurstreefbeeld door Wanningsen & Boute (1997) ook nader uitgewerkt voor wat betreft de waterkwaliteit en de waterhuishouding. Ten aanzien van de waterkwaliteit werden de volgende streefbeelden geformuleerd:

- Het maximaal toelaatbare fosfaatgehalte in het water is 0,10 mg P/l (zomerhalfjaargemiddelde). Bij een dergelijk gehalte wordt de algengroei niet beperkt. Overmatige algengroei wordt beperkt als het systeem door roofvis wordt gedomineerd.
- Het water van de toevoerende Brabantse wateren voldoet aan de grenswaarde en op termijn aan de streefwaarde uit de Evaluatienota Water (Anonymus, 1993). Inlaat van water uit het Hollandsch Diep wordt zoveel mogelijk beperkt. Dit om inlaat van nutriënten en microverontreinigingen te beperken. De Brabantse rivieren en polders wateren vrij af op het Volkerak-Zoommeer, beperking van inlaat is daarom niet mogelijk.
- Er is voldoende water van goede kwaliteit voor transport, recreatie en landbouwwater-onttrekking, zonder dat daarbij het voortbestaan van een duurzaam gezond zoet Volkerak-Zoommeer bedreigd wordt.
- De ernstig verontreinigde waterbodems (interventiewaarde=klasse 4) in het meer en de havens zijn gesaneerd.

Het streefbeeld voor de waterhuishouding werd als volgt omschreven: De aan- en afvoer is gericht op het beheersen van een fluctuerend peil, tussen NAP +0,15 m en NAP -0,30 m en het tijdelijk beperken van het chloridegehalte in het groeiseizoen tot een maximum van 450 mg/l (in verband met de landbouw). De inlaat van water uit het Hollandsch Diep

wordt geminimaliseerd, totdat dit water geen bron meer vormt voor de aantasting van het aquatisch ecosysteem. Zodra de kwaliteit van het inkomend water goed genoeg is, wordt er gestuurd op een maximale chlorideconcentratie van 400 mg/l. De wateraanvoer voor de landbouwvoorziening is toegenomen door de realisatie van wateraanvoerplannen. De infrastructuur biedt aanvullende afvoermogelijkheden bij hoge afvoeren van de Brabantse rivieren en van omringende polders.

Tabel 1.1
Concretisering streefbeeld Natuur en Landschap Volkerak-Zoommeer (2010). Criteria met bijbehorende streefwaarden voor een gezond en duurzaam functionerend watersysteem (Iedema, 1992; de Jong, 1994; Wanningen & Boute, 1997).

criterium	streefwaarde
<i>Waterkwaliteit¹</i>	
• doorzicht (m)	≥ 2
• chlorofyl-a (µg/l)	≤ 20
• totaal fosfaat (mg/l)	≤ 0,10
• chloride (mg/l)	≤ 450 ²
• microverontreinigingen	grenswaarde ³
<i>Vis</i>	
• visstand	Snoek/Zeelt-type
• draagkracht ⁴ (kg/ha)	150
• planktivore vis ⁵ (kg/ha)	40-70 (maximaal)
• bodemwoelende vis (kg/ha)	25-50 (maximaal)
• piscivore vis (kg/ha)	80-110 (minimaal)
• verhouding roofvis/niet-roofvis	≥ 1,0
<i>Vegetatie</i>	
• areaal waterplanten	> 30% (>1460 ha)
• areaal oeevervegetatie (%)	> 8% (> 370 ha)

1. Het doorzicht, chlorofyl-a gehalte en totaal fosfaat zijn zomerhalfjaargemiddelde waarden.
2. De chloridenorm is vanaf 1993 tijdelijk verhoogd van 400 naar 450 mg/l, om de inlaat van zoet water (microverontreinigingen, nutriënten) te reduceren.
3. Evaluatienota Water (Anonymus, 1993)
4. Draagkracht is op basis van zomerfosfaatgemiddelde van 0,10 mg/l (Ligtvoet & Grimm, 1992). Wat betreft de visstand wordt het Volkerak-Zoommeer als twee afzonderlijke systemen gezien; het Volkerakmeer en het Zoommeer (Witteveen + Bos, 1996)
5. planktivore vis = Baars, Snoek, Blankvoorn, Brasem, Pos (30%), en Snoekbaars ≤ 14 cm; Daarnaast is alle Brasem in mei-juni overwegend planktivoor, maar dit is niet opgenomen in de streefwaarde
- bodemwoelende vis = Brasem, Karper ≥ 15 cm;
- piscivore vis = Snoek, Snoekbaars en Baars ≥ 15 cm;
- roofvis = Snoek, Snoekbaars en Baars (alle lengten)
- niet roofvis = alle overige vis (excl. Bot)

2.3.3 Doelstelling oeversinrichtingsplan Volkerak-Zoommeer

Het vrijwel constante waterpeil na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer had aanzienlijke erosie van de buitendijkse gronden tot gevolg. Aangezien deze ontwikkeling werd verwacht, werd al voor de afsluiting de Projectgroep Oevers Volkerakmeer-Eendracht-Zoommeer (POVEZ) opgericht. De taak van deze projectgroep was het ontwikkelen van maatregelen om de hoeveelheid landverlies als gevolg van de erosie te beperken en de land-water overgang optimaal te ontwikkelen. Met deze maatregelen moesten randvoorwaarden worden geschapen voor een goede ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer en verzanding van de scheepvaartgeulen moest worden voorkomen (Remmelzwaal *et al.*, 1998).

In dit kader werd door de Projectgroep POVEZ voor het gehele bekken een plan opgesteld voor aan te leggen oevervoorzieningen. Dit plan omvatte, naast de aanleg van vooroeververdedigingen en het uitdiepen van aangezande kreken, ook de inrichting van de oeverzone middels het opspuiten van eilandjes. De gekozen maatregelen waren deels gericht op de bescherming van het achterliggende land maar vooral ter vergroting van het oppervlak buitendijkse gronden en het vergroten van de lengte onverharde oevers. De belangrijkste doelstellingen van het inrichtingsplan kunnen als volgt worden samengevat:

- voorkomen van erosie van het achterliggende land
- bijdrage leveren aan het bereiken van het natuurstreefbeeld
- vergroten van de natuurwaarde voor het gehele Volkerak-Zoommeer.

2.3.4 Doelstelling natuurbeheer van de buitendijkse gronden

Rekening houdend met de doelstellingen voor het waterbeheer vond nadere uitwerking ten aanzien van de ontwikkeling van de natuurfunctie in de ondiepwater- en oevergebieden plaats in de Beheersvisie Krammer-Volkerak, Eendracht, Zoommeer (voorlopige beheerscommissie Krammer-Volkerak, 1989). Deze beheersvisie werd door de Staatssecretaris van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij vastgesteld in het kader van de Natuurbeschermingswet. De doelstelling voor het natuurbeheer werd hierin als volgt omschreven:

Het beheer van de natuur in het Krammer-Volkerak, de Eendracht en het Zoommeer zal gericht zijn op het zich zo natuurlijk en volledig mogelijk laten ontwikkelen van ter plaatse thuishorende levensgemeenschappen van bos, halfopen landschap, moeras, grazig gebied en open water (tot NAP -1,75 m) in zo groot mogelijke beheerseenheden.

Ook voor de verschillende deelgebieden in het Volkerak-Zoommeer zijn doelstellingen geformuleerd en werd aangegeven in welke richting deze terreinen zich waarschijnlijk zouden gaan ontwikkelen. Samengevat komen de doelstellingen voor de belangrijkste buitendijkse gebieden op het volgende neer:

Krammerse Slikken

In het ondiep water ontwikkelen van uitgestrekte oevervegetaties en van levensgemeenschappen waarin waterplanten een structurerende rol spelen. Op de drooggevallen oever ontwikkeling van grootschalig grazig gebied, met plaatselijk moerasontwikkeling en struweel.

Hellegatsplaten

Gedifferentieerd parklandschap met struweel, ruigte en graslanden (nat en droog). Door het afdammen van geulen kan moerasvorming optreden.

Dintelse Gorzen

Gedifferentieerd landschap van bos, struweel en graslanden (nat en droog).

Slikken van de Heen-west

Gedifferentieerde waterplanten- en oevervegetatie. Ontwikkeling van bos.

Slikken van de Heen-oost

Halfopen landschap. In het westelijk deel bosontwikkeling, aangezien vanwege de aanwezigheid van diepe kreken begrazing minder geschikt is. In het oostelijk deel open gebied met ruigten en struwelen.

Plaat van de Vliet

Ontwikkeling van gedifferentieerde aquatische flora en fauna van voedselrijk water en foerageer- en paaigebied voor de visfauna.

Ontwikkeling van duin- en duinvalleivegetatie van vochtige/droge voedselarme gronden, overwegend grazig.

Prinsesseplaat

Ontwikkeling van open grazig gebied voor watervogels.

Voor de overige gebieden in het Zoommeer wordt voor spontane ontwikkeling gekozen.

De gewenste landschapontwikkeling binnen deze deelgebieden zou zowel spontaan als door middel van gerichte beheersmaatregelen, waaronder extensieve begrazing (Cornelissen *et al.*, 1992), moeten plaatsvinden. Tot 1992 konden de buitendijkse gronden zich ongestoord ontwikkelen. Na de overdracht van het beheer naar diverse instanties in 1991 werd in de meeste gebieden een begrazingsbeheer ingesteld.

Het waterbeheer in het Volkerak-Zoommeer valt onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat Directie Zeeland. Het natuurbeheer van de buitendijkse gebieden was aanvankelijk de taak van de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, maar deze taak werd in 1991 overgedragen aan drie andere instanties:

- Vereniging Natuurmonumenten:
Dintelse Gorzen, Slikken van de Heen-oost en de Sabina Henricapolder
- Staatsbosbeheer:
Krammerse Slikken, Schorren bij Ooltgensplaat, Hellegatsplaten en Prinsesseplaat
- Stichting Het Zeeuwse Landschap:
Slikken van de Heen-west en de Plaat van de Vliet

In het Zoommeer worden ook nog enkele gronden beheerd door de gemeente Tholen en Stichting het Noordbrabants Landschap.

3 De ontwikkeling van het watersysteem

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de ecologische ontwikkelingen in het watersysteem die zich na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer hebben voltrokken. Het gaat hierbij nadrukkelijk om een samenvatting van de belangrijkste ontwikkelingen en resultaten zoals die in een aantal reeds eerder verschenen rapporten zijn beschreven. Waar mogelijk zijn wel recente gegevens toegevoegd. Er zal niet ingegaan worden op de gevolgde methoden, hiervoor wordt verwezen naar de betreffende rapportages.

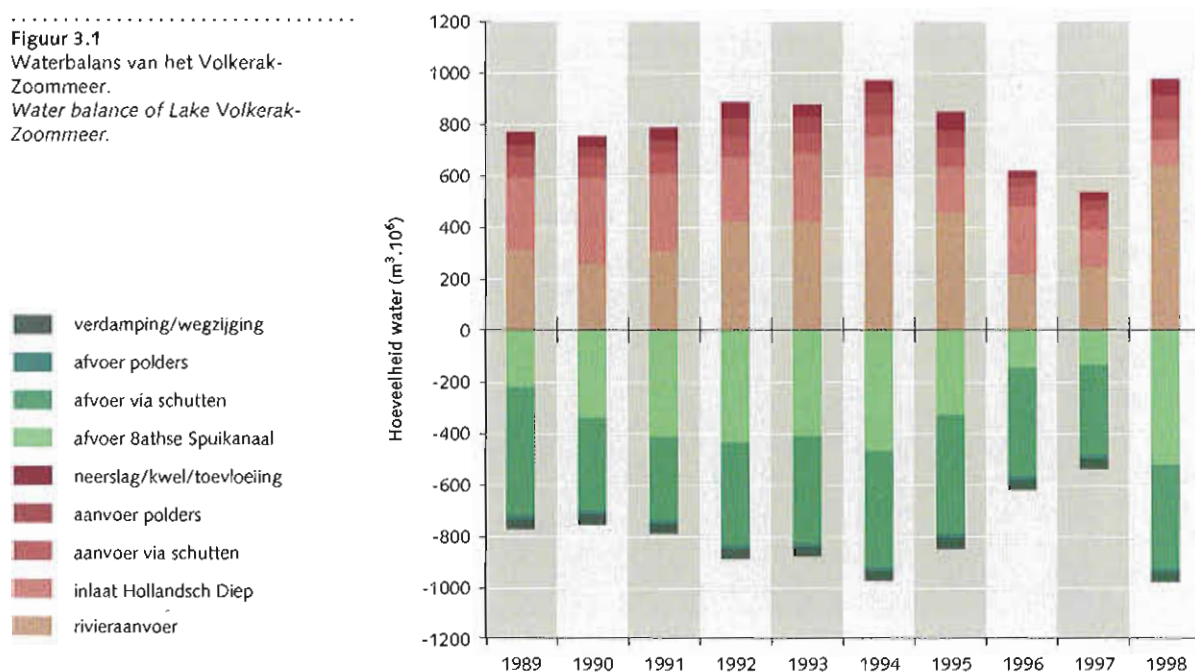
3.1 Waterhuishouding

3.1.1 Waterbalans

De aanvoer van water naar het Volkerak-Zoommeer is afkomstig van de Brabantse rivieren: de Mark/Dintel, de Steenbergse Vliet en de Zoom. In de periode van 1996 tot en met 1999 werd er, tijdens perioden met algenbloei in het Volkerakmeer, ook water uit de Maas in het Mark/Dintel systeem ingelaten. De hoeveelheid ingelaten Maas-water varieerde tussen $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in 1997 en $46,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ in 1999. Daarnaast kan water uit het Hollandsch Diep worden ingelaten via de Volkeraksluizen en bereikt water het Volkerak-Zoommeer via het schutten van schepen, lozingen van overtollig water uit de omliggende polders, neerslag en kwel. De aanvoer via de Dintel en de inlaat vanuit het Hollandsch Diep vormen de voornaamste posten. De inlaat van water via het Hollandsch Diep is in de periode tussen 1989 en 1999 aanmerkelijk teruggebracht (figuur 3.1).

Waterafvoer vindt voornamelijk plaats door schutten via de Krammersluizen, Kreekraksluizen en Bergsediepsluis en door afvoer naar de Westerschelde via

Figuur 3.1
Waterbalans van het Volkerak-Zoommeer.
Water balance of Lake Volkerak-Zoommeer.



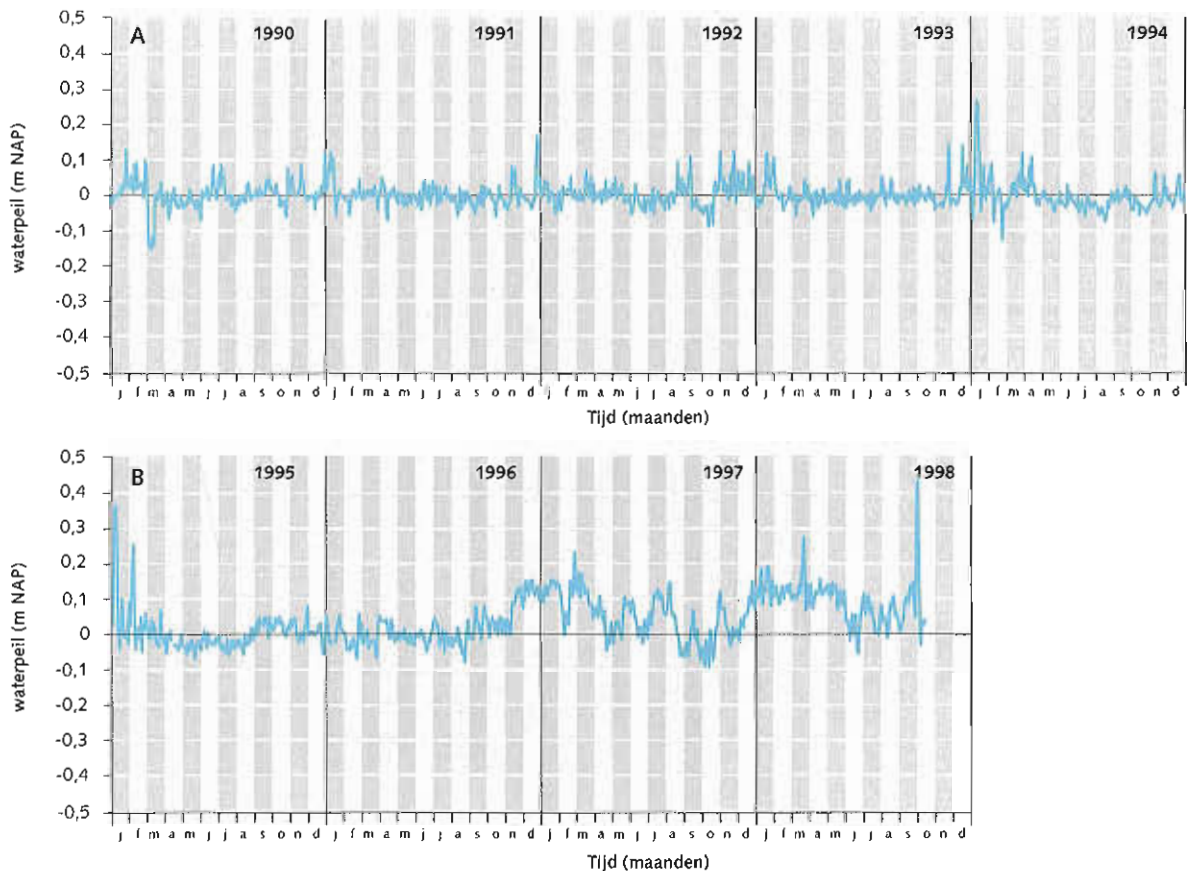
het Bathse Spuikanaal. De gemiddelde verblijftijd van het water in het Volkerak-Zoommeer bedroeg in de periode 1989-1998 113 dagen.

3.1.2 Waterpeil

De afsluiting van de Philipsdam had belangrijke consequenties voor het waterpeil en de hydrodynamiek in het Volkerak-Zoommeer. Het systeem veranderde van een getijdengebied met een tijverschil van circa 4 m in een zoetwatermeer met een vastgesteld streefpeil op NAP 0 m. Peilfluctuaties tussen NAP +0,05 m en NAP -0,25 m werden incidenteel toegestaan, om het inlaten van water met een slechte kwaliteit zoveel mogelijk te beperken. Hoewel het streefpeil NAP 0 m was, schommelde de waterstand van het meer van 1990 tot de winter van 1996/1997 tussen NAP -0,05 m en NAP +0,05 m (figuur 3.2 A).

Waterstanden boven NAP +0,10 m kwamen een enkele keer voor en waren van korte duur. Dit was met name het geval in het najaar van 1993 en het vroege voorjaar van 1994 en 1995. Deze relatief hoge waterstanden werden veroorzaakt door de hoge afvoer van de Brabantse rivieren. Waterstanden lager dan NAP -0,25 m kwamen niet voor.

.....
Figuur 3.2
Daggemiddeld waterpeilverloop
Volkerakmeer op locatie VK.
(A) 1990-1994
(B) 1995-1998
Bron: Tosserams *et al.*, 1997; 1999.
*The average daily water level of the
Volkerakmeer on the location VK.*
(A) 1990-1994
(B) 1995-1998
Source: Tosserams *et al.*, 1997; 1999.



In afwachting van het definitieve peilbesluit in het jaar 2000 werd in 1996 besloten over te gaan op een interim-peilbeheer (Peilbesluit, 1996) met een meer natuurlijk peilverloop. Dit interim-peilbeheer houdt in dat het waterpeil afhankelijk van neerslag en verdamping mag fluctueren tussen een vastgestelde boven- en ondergrens. Als bovengrens wordt NAP +0,15 m gehanteerd en als ondergrens NAP -0,10 m. Alleen gedurende 1996 werd, vanwege baggerwerkzaamheden op de Mark/Dintel, voornamelijk een ondergrens van NAP 0 m aangehouden.

Door de uitvoering van het interim-peilbesluit week het waterpeilverloop van het Volkerak-Zoommeer vanaf de winter van 1996/1997 duidelijk af van de voorafgaande jaren (figuur 3.2B). Vanaf november 1996 steeg het waterpeil tot de bovengrens van NAP +0,15 m. Gedurende het voorjaar en de zomer van 1997 varieerde het waterpeil tussen de boven- en ondergrens. De laagste waterstand (NAP -0,10 m) werd alleen in september van 1997 bereikt. Vanaf november 1997 steeg het waterniveau opnieuw. Het jaar 1998 was een uitzonderlijk nat jaar, wat duidelijk tot uiting kwam in het peilverloop van het Volkerak-Zoommeer. In 1998 werd de ondergrens van NAP -0,10 m gedurende de zomerperiode niet bereikt. Het gemiddelde zomerpeil in 1998 was met NAP +0,08 m (tabel 3.1) vrijwel gelijk aan het gemiddelde winterpeil van 1997/1998 (NAP +0,09 m). Na een volgende regenperiode bereikte het waterniveau in september 1998 met NAP +0,50 m een recordhoogte sinds de afsluiting.

Tabel 3.1

Gemiddelde waterstanden van het Volkerakmeer voor het winter- en zomerseizoen over de periode 1995 tot en met 1998 en de bandbreedte waarbinnen het waterpeil zich gedurende 90% van de tijd beweegt.
Bron: Tosserams *et al.*, 1999.

Periode	Gemiddelde waterstand Volkerak-Zoommeer (m t.o.v. NAP)	Bandbreedte (m t.o.v. NAP)
zomer 1995	- 0.01	-0.05 tot 0.04
winter 1995/1996	0.01	-0.05 tot 0.06
zomer 1996	0.00	-0.04 tot 0.06
winter 1996/1997	0.10	0.01 tot 0.17
zomer 1997	0.03	-0.06 tot 0.12
winter 1997/1998	0.09	-0.02 tot 0.19
zomer 1998	0.08	-0.02 tot 0.20

Overigens kan het waterpeil langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer, afhankelijk van windrichting en windkracht, aanzienlijk afwijken van het peil midden op het meer. Door storm kan het water worden opgestuwd waardoor grote gebiedsdelen overspoelen. Bij lage waterpeilen, in combinatie met afdandige wind, kunnen daarentegen lager gelegen oevergebieden droogvallen (van Rooij & Groen, 1996).

3.2 Waterkwaliteit

3.2.1 Chlorideconcentratie

Voor de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer bedroeg de chlorideconcentratie van het open water ongeveer 14 g/l. Direct na de afsluiting in mei 1987 werd het Volkerak-Zoommeer doorgespoeld met water uit het Hollandsch Diep, teneinde op korte termijn te kunnen beschikken over zoet water voor de landbouw in de omliggende gebieden. Hierdoor daalde de gemiddelde chlorideconcentratie van het Volkerak-Zoommeer al in 1987 tot de gestelde norm van 0,4 g/l. Ook na 1987 werd het chloridege-

halte van het Volkerak-Zoommeer gereguleerd door middel van een doorspoelbeheer. Zoutaanvoer vindt nog plaats als gevolg van schutverliezen, zoute kwel en uitspoeling uit buitendijkse gronden. Wanneer het chloridegehalte te veel stijgt, wordt dit door de inlaat van water uit het Hollandsch Diep tegengegaan. In 1993 werd de chloridenorm bijgesteld tot 0,45 g/l. Door deze normverhoging kon de inlaat vanuit het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen worden beperkt, waardoor de import van verontreinigende stoffen werd tegengegaan.

Het chloridegehalte van het Volkerak-Zoommeer vertoont een duidelijke noord-zuid gradiënt. De hoogste waarden worden gemeten in het zuidelijke deel van het Zoommeer. Deze gradiënt wordt met name veroorzaakt door de zoutindringing die ontstaat bij het schutten van de Bergsche Diepsluis. Door de indringing van zout bij de Bergsche Diepsluis heeft stratificatie plaatsgevonden. Op diepten beneden NAP -18 m is de chlorideconcentratie 10 g/l. Tot 1994 bouwde zich gedurende de zomerperiode bovenop deze zoutlaag een tweede laag water op met een chloridegehalte van ca. 2 g/l. Door vermenging met het bovenstaande water werd het zout uit deze tweede laag vervolgens over de gehele waterkolom verspreid. In de winter werd het vermengde water afgevoerd via de Bathse Spuisluis. In 1994 is de zout/zoet scheiding bij de Bergsche Diepsluis gerealiseerd, waardoor de tweede zoutlaag zich gedurende de zomer minder snel opbouwt en de zoutlast voor het gehele meer aanzienlijk gedaald is.

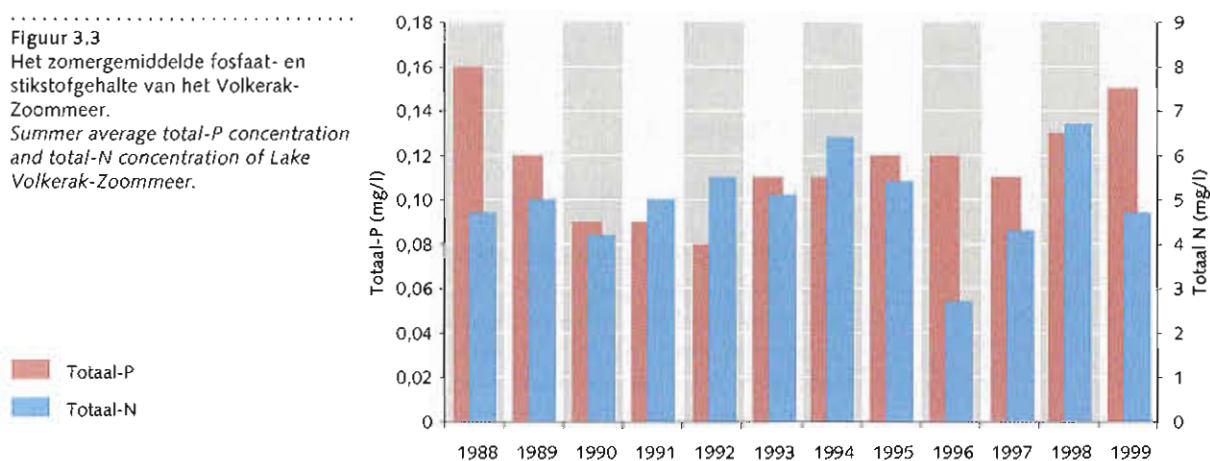
3.2.2 Fosfaat en stikstof

De belangrijkste bron van stikstof voor het Volkerak-Zoommeer is de uitspoeling van nitraat vanuit landbouwgebieden in het stroomgebied van de Dintel (Breukers *et al.*, 1996; Wanningen & Boute, 1997). De belangrijkste fosfaatimport naar het Volkerakmeer vindt plaats via het Hollandsch Diep, de Dintel en in mindere mate via de Steenbergse Vliet en Zoom.

De aanvoer van fosfaat door de Brabantse rivieren is met name in natte perioden hoog als gevolg van af- en uitspoeling van fosfaat uit de omliggende landbouwgebieden (tabel 3.2A). De fosfaatbelasting van het Zoommeer wordt voornamelijk bepaald door de ontwikkelingen in het Volkerakmeer (tabel 3.2B).

Door diverse fosfaatreducerende maatregelen, zoals de afkoppeling van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Nieuwveer van de Dintel, defosfatering van RWZI's en het gebruik van fosfaatvrije wasmiddelen (Bijlsma,

Figuur 3.3
Het zomergemiddelde fosfaat- en stikstofgehalte van het Volkerak-Zoommeer.
Summer average total-P concentration and total-N concentration of Lake Volkerak-Zoommeer.



1989), daalde de fosfaatconcentratie van de aanvoerbronnen en daarmee ook die van het Volkerakmeer tussen 1989 en 1993 sterk (figuur 3.3). Vanaf 1992 schommelde de gemiddelde fosfaatconcentratie van het Volkerak-Zoommeer in de zomer rond 0,12 mg/l. In 1999 was de zomergemiddelde fosfaatconcentratie met 0,15 mg/l weer relatief hoog. Het stikstofgehalte van het water fluctueert sterker, maar de zomergemiddelde waarden liggen, met uitzondering van 1996, meestal ruim boven 4 mg/l (figuur 3.3).

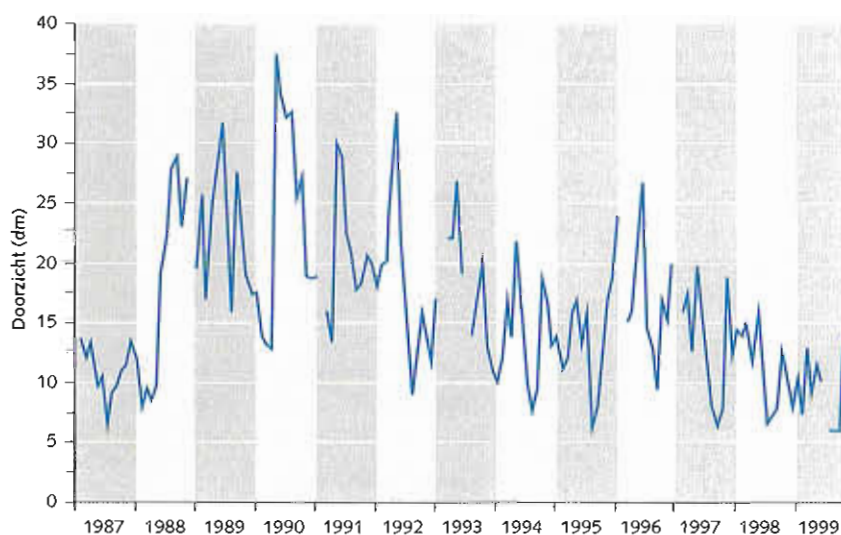
Tabel 3.2
Fosfaatbalans Volkerakmeer (A) en Zoommeer (B). De hoeveelheden fosfaat zijn uitgedrukt in ton/jaar. De gegevens tot en met 1994 zijn overgenomen uit Wanningen & Boute (1997). De gegevens over 1995 zijn afkomstig van het Waterloopkundig Laboratorium.

A: Volkerakmeer	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
In:								
- Dintel	305	116	62	50	81	77	170	108
- Volkeraksluis	90	75	84	60	56	58	47	36
- Overig	50	34	16	19	18	25	31	39
Totaal in	445	225	162	129	155	160	248	183
Uit:								
- Krammersluis	44	41	23	21	24	26	32	35
- Eendracht	161	41	42	37	41	51	65	68
Totaal uit	205	82	65	58	65	77	97	103
Retentie (verschil totaal in en totaal uit)	240	143	97	71	90	83	151	80
% retentie	47	64	60	55	59	52	61	44
B: Zoommeer	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
In:								
- Eendracht	161	41	42	37	41	51	65	68
- Overig	33	21	16	13	12	17	18	19
Totaal in	194	62	58	50	53	68	83	87
Uit:								
- Kreekraksluis	41	31	17	12	11	16	18	23
- Spuikanaal Bath	143	36	48	47	50	52	60	44
- Overig								11
Totaal uit	184	67	65	59	61	68	78	78
Retentie (verschil totaal in en totaal uit)	10	-5	-7	-9	-8	0	5	9
% retentie	5	-	-	-	-	0	6	10
% nalevering	-	8	12	18	15	-	-	-

3.2.3 Doorzicht

Gedurende de eerste jaren na de afsluiting ontwikkelde het Volkerak-Zoommeer zich, ondanks de relatief hoge nutriëntenbelasting, tot een helder watersysteem. Met name in het voorjaar (april tot juli) was er sprake van een helder-waterperiode (figuur 3.4). Het gemiddelde doorzicht bereikte gedurende het zomerhalfjaar van 1990 een maximale waarde van 3,2 m. Gedurende de helder-waterperiode van dit jaar bedroeg het doorzicht zelfs meer dan 6 m. Vanaf 1990 nam het gemiddelde doorzicht jaarlijks af. In 1999 werd de laagste waarde (0,9 m) sinds de afsluiting geregistreerd.

.....
Figuur 3.4
Ontwikkeling van het doorzicht in de
periode 1987-1999.
Development of the transparency in
Lake Volkerak-Zoommeer during
1987-1999.



De uitdoving van het licht in de waterkolom wordt voor het grootste deel (35 tot 40%) veroorzaakt door het minerale deel van de zwevende stof (gloeirestgehalte). Ook detritus (20%) en humuszuren (10%) dragen bij aan de uitdoving van het licht. De waargenomen afname van het doorzicht wordt in de periode 1990 tot 1996 echter met name bepaald door de toename van de hoeveelheid algen (Breukers *et al.*, 1996). Hoewel het doorzicht nog altijd voor een groot deel wordt bepaald door het chlorofylgehalte (zie 3.4.1, figuur 3.7), wordt het doorzicht vanaf 1996 meer en meer bepaald door andere factoren (figuur 3.5). Hoewel deze factoren vanwege het ontbreken van een analyse van de beschikbare gegevens vanaf 1996 nog niet bekend zijn, is het waarschijnlijk dat de waargenomen afname in het doorzicht veroorzaakt wordt door een toename van het gehalte zwevende stof.

3.2.4 Microverontreinigingen

Probleemstoffen in water en zwevende stof

Sinds het ontstaan van het Volkerak-Zoommeer wordt onderzoek verricht naar de kwaliteit van het water en de zwevende stof. Hierbij worden zowel zware metalen als organische microverontreinigingen beschouwd. De microverontreinigingen bereiken het Volkerak-Zoommeer met name via de aanvoer van water uit het Hollandsch Diep en de Dintel. De bijdrage van atmosferische depositie kan, voor sommige stoffen, ook van belang zijn. Dit is voornamelijk echter onvoldoende kwantitatief in beeld gebracht.

foto 1

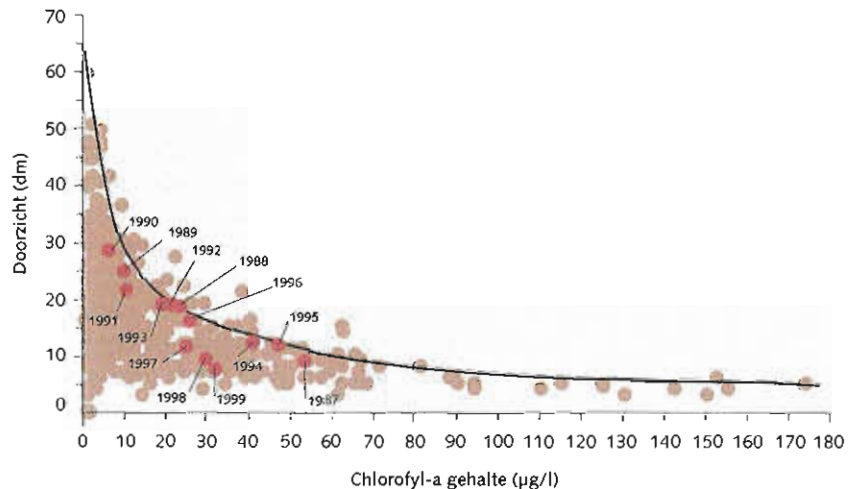
Zoet water uit het Volkerak-Zoommeer wordt op de Westerschelde gespuid vanuit het Bathse Spuikanaal.



Figuur 3.5

Relatie tussen het chlorofyl-a-gehalte en het doorzicht. De getrokken lijn geeft het maximale doorzicht aan bij het desbetreffende chlorofylgehalte. Tevens zijn de zomergemiddelde waarden vanaf 1987 weergegeven. Wanneer deze waarde beneden de getrokken lijn valt, betekent dit dat het doorzicht ook door andere factoren dan het chlorofyl-gehalte beïnvloed wordt.

Relationship between chlorophyll-a concentration and transparency. The solid line indicates the maximal transparency at a given chlorophyll-a concentration. The summer average values since 1987 are also indicated. When the summer average values are beneath the solid line this indicates that factors other than chlorophyll influence transparency.



Met name in de periode 1987-1988 was de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer voor wat betreft de microverontreinigingen slecht. Dit werd veroorzaakt door de inlaat van verontreinigd water uit het Hollandsch Diep ten behoeve van de ontzilting van het Volkerak-Zoommeer (Kouer, 1996). In de periode 1988-1990 nam de belasting met een aantal stoffen als Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's), Polychloorbifenylen (PCB's) en cadmium af. Dit was het gevolg van de verminderde inlaat van water uit het Hollandsch Diep, maar vooral ook van de dalende concentraties van deze stoffen in de aanvoerende wateren. Ten aanzien van de concentratie bestrijdingsmiddelen, zoals lindaan en DDT, is er in dezelfde periode geen kwaliteitsverbetering waarneembaar (Schmidt & Termeer, 1992). Van 1990-1994 daalde de concentratie van deze bestrijdingsmiddelen echter wel sterk. Dit kan niet gezegd worden van een aantal PCB's waarvan de gehalten gedurende deze periode aan fluctuaties onderhevig waren.

Voor het zware metaal kwik was van 1990-1994 een afnemende trend waarneembaar en dit was tevens het geval voor cadmium met uitzondering van het jaar 1994, waarin de concentratie van dit zware metaal weer sterk toenam. De concentratie van het zware metaal nikkel was bij de

mondig van de Dintel hoog en overschreed vaak de grenswaarde. In 1992 lagen de gehalten PAK's, PCB's, bestrijdingsmiddelen en de meeste zware metalen gemiddeld wel lager dan in de overige Rijkswateren (Breukers *et al.*, 1996).

Op basis van de bovenstaande gegevens zijn in de nota "Een meer in ontwikkeling" (Wanningen & Boute, 1997) nikkel, cadmium, linaan en PAK's als belangrijkste probleemstoffen aangemerkt. Deze kwalificatie was echter nog gebaseerd op overschrijding van de grenswaarde in de zwevende stof. Sinds het van kracht worden van NW4 (Anonymus, 1998) geldt, in plaats van de grenswaarde, het MTR¹ (Maximaal Toelaatbare Risiconiveau) als maatgevend risiconiveau. Toetsing van de huidige zwevende-stofkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer aan het MTR laat een totaal ander beeld zien. In het Volkerakmeer zijn regelmatig overschrijdingen te zien voor de volgende stoffen: nikkel, PCB's, DDE en een drietal PAK's (anthraceen, fenanthreen en benzo(a)anthraceen). In het Zoommeer geldt dit voor: nikkel, DDE en PAK's (dezelfde als in het Volkerakmeer, maar ook fluorantheen; Zwolsman & Kouer, in prep.). Toetsing van de waterkwaliteit van het Volkerakmeer laat zien dat naast nikkel ook koper boven het MTR ligt. Koper is dus een probleemstof in het Volkerakmeer en mogelijk ook in het Zoommeer.

Een groep van stoffen waar nauwelijks informatie over beschikbaar is, zijn de moderne bestrijdingsmiddelen (CIW, 1999). Gelet op de agrarische activiteiten in het stroomgebied van de Dintel mag worden aangenomen dat bestrijdingsmiddelen een potentieel probleem vormen in het Volkerak-Zoommeer. Bekend is, dat in 1993 diuron, malathion en dichloorvos boven het MTR lagen (Wanningen & Boute, 1997). Linaan ligt ver onder het MTR en valt om die reden af als probleemstof. Ook de gehalten aan cadmium en kwik in water en zwevende stof liggen onder het MTR. Het zou echter prematuur zijn om cadmium en kwik niet als probleemstoffen te beschouwen, gelet op de overschrijding van het MTR in organismen (zie paragraaf 3.3.1).

Resumerend kan worden gesteld dat (cadmium), koper, nikkel, (kwik), PCB's, enkele PAK's, DDE en mogelijk bestrijdingsmiddelen de belangrijkste probleemstoffen in het Volkerak-Zoommeer zijn.

Trends in zwevende-stof kwaliteit

Een overzicht van de gemiddelde kwaliteit van de zwevende stof (1996-1998) in het Volkerak-Zoommeer en de aanvoerende wateren wordt gegeven in tabel 3.3. Uit deze tabel kan worden opgemaakt dat de kwaliteit van de zwevende stof in het Hollandsch Diep (te Bovensluis) in het algemeen slechter is dan die van de Dintel (te Dintelmond). Het verschil bedraagt ongeveer een factor twee voor kwik, twee tot vier voor PAK's, vier voor PCB's, en veertig voor HCB (!). Voor cadmium, koper en DDE zijn de gehalten in Hollandsch Diep en Dintel min of meer gelijk; voor een klein aantal stoffen liggen de gehalten in de Dintel wat hoger (nikkel, zink en DDD). Uit tabel 3.3 blijkt eveneens, dat er een noord-zuid trend aanwezig is in de kwaliteit van de zwevende stof. Zwevende stof in het Volkerakmeer is in het algemeen (veel) schoner dan zwevende stof in de Dintel en het Hollandsch Diep, en dat geldt in nog sterkere mate voor zwevende stof in het Zoommeer (uitgezonderd PAK's). Als oorzaak wordt gedacht aan

¹ Het Maximaal Toelaatbare Risiconiveau is gedefinieerd als het concentratieniveau waarbij 95% van de potentieel aanwezige soorten beschermd is (Phernambucq *et al.*, 1996)

Tabel 3.3

Gemiddelde kwaliteit van de zwevende stof (1996-1998) in het Hollandsch Diep (Bovensluis), de Dintel (Dintelmond), het Volkerakmeer (Steenbergen) en het Zoommeer (Oesterdam). De waarden zijn omgerekend naar een standaardbodem (10% organische stof en 25% lutum).

		Hollandsch Diep	Dintel	Volkerak	Zoommeer	MTR
Zware metalen:						
CD	mg/kg	3.1	2.9	0.67	0.39	12
CU	mg/kg	68	66	23	15	73
HG	mg/kg	0.77	0.37	0.49	0.09	10
NI	mg/kg	34	48	53	28	44
ZN	mg/kg	460	541	260	118	620
PCB's:						
PCB28	µg/kg	8.2	1.4	2.3	0.25	4
PCB52	µg/kg	8.3	2.1	1.1	0.59	4
PCB101	µg/kg	11.4	4.2	2.1	0.61	4
PCB118	µg/kg	8.2	2.1	1.8	0.37	4
PCB138	µg/kg	15.9	4.2	3.1	0.78	4
PCB153	µg/kg	18.5	5.6	3.7	1.0	4
PCB180	µg/kg	11.0	3.9	1.7	0.4	4
PAK's:						
ANT	mg/kg	0.19	0.03	0.06	0.06	0.10
FEN	mg/kg	0.57	0.12	0.35	0.79	0.50
FLU	mg/kg	0.79	0.33	0.67	1.6	3
BAA	mg/kg	0.39	0.13	0.26	0.63	0.40
Overige:						
DDD44	µg/kg	1.1	2.6	0.73	0.96	2
DDE44	µg/kg	3.7	3.1	1.4	0.53	1
HCB	µg/kg	8.2	0.23	0.74	0.19	5

menging met schoner slib in het meer zelf, dat afkomstig is van eroderende oevers en primaire productie (algenbloei). Hierdoor wordt de (verontreinigde) aangevoerde zwevende stof verdund.

De ontwikkeling van de zwevende-stof kwaliteit tussen 1992 en 1998 in het Volkerak-Zoommeer en de aanvoerende wateren wordt gepresenteerd in tabel 3.4. De tabel is beperkt tot de hiervoor benoemde probleemstoffen en HCB (dat het MTR overschrijdt in het Hollandsch Diep).

In de zwevende stof van het Hollandsch Diep zijn geen grote veranderingen opgetreden sinds 1992, met uitzondering van DDT, waarvan de gehalten flink zijn gedaald. De gehalten aan zink zijn wat afgenomen en die van cadmium zijn gestegen sinds 1992. De verontreiniging van de zwevende stof in de Dintel is fors toegenomen sinds 1996 (Zwolsman & Kouer, in prep.). Dit blijkt uit de hogere gehalten aan koper, zink en PCB's in de zwevende stof. Het is momenteel nog onduidelijk waar deze stijging aan toe te schrijven is.

In het Volkerakmeer neemt het PCB gehalte van de zwevende stof toe sinds 1996. Regelmatig wordt hierbij het MTR overschreden. Deze toename kan wellicht worden toegeschreven aan de stijging van de PCB gehalten in de Dintel. Een lichte verhoging van koper en zink is waarneembaar na 1992, en een forse verhoging van Σ DDT en PAK's. De verhoging van Σ DDT is opmerkelijk, omdat in dezelfde periode de gehalten in de aanvoerende wateren sterk zijn gedaald. De verhoging van de PAK-gehalten, die optreedt vanaf 1996, kan niet worden gerelateerd aan een toename van de belasting via de aanvoerende wateren. In het Zoommeer zijn in 1991-1992 en vanaf 1996 eveneens sterk verhoogde PAK-gehalten gemeten. De hoogste gehalten werden gemeten in april 1997 (som PAK = 56 mg/kg!).

Tabel 3.4

Gemiddelde kwaliteit van de zwevende stof in het Hollandsch Diep, de Dintel en het Volkerak-Zoommeer in 1992, 1995 en 1998 (niet-gestandaardiseerd).

		Hollandsch Diep			Dintel		
		1992	1995	1998	1992	1995	1998
Cd	mg/kg	3.0	5.9	4.4	1.5	4.1	3.8
Cu	mg/kg	93	79	94	68	65	86
Hg	mg/kg	1.03	1.04	0.91	0.32	0.27	0.34
Ni	mg/kg	53	50	51	72	64	74
Zn	mg/kg	805	751	696	612	629	789
som PCB	µg/kg	109	68	102	28	29	45
som DDT	µg/kg	21.3	7.9	4.2	2.2	1.3	8.8
HC8	µg/kg	9.8	8.8	9.3	1.4	0.64	0.75
som PAK	mg/kg	6.9	5.8	6.7	5.0	3.1	2.8

		Volkerakmeer			Zoommeer		
		1992	1995	1998	1992	1995	1998
Cd	mg/kg	0.86	1.45	1.33	0.85	1.07	0.60
Cu	mg/kg	27	31	38	28	25	23
Hg	mg/kg	0.49	0.66	0.62	0.28	0.20	0.17
Ni	mg/kg	48	51	48	33	38	47
Zn	mg/kg	328	349	385	205	190	191
som PCB	µg/kg	31	22	53	12	10	7
som DDT	µg/kg	4.8	7.2	9.1	6.4	2.9	1.6
HC8	µg/kg	1.1	3.4	3.3	0.83	0.71	0.75
som PAK	mg/kg	3.9	2.8	9.9	7.5	1.7	7.3

som PCB omvat PCB-28, -52, -101, -118, -138, -153, -180; som DDT omvat DDD44, DDE44, DDT24 en DDT44; som PAK's omvat ANT, FEN, FLU, PYR, BaA, CHRYS, BbF, BkF, BaP, DBaH, BghiP en INP.

Samenvattend kan worden gesteld, dat de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer met betrekking tot microverontreinigingen de laatste jaren niet is verbeterd. Integendeel, sinds 1996 is de situatie voor wat betreft PAK's en PCB's aanzienlijk verslechterd.

Waterbodem

Al voor de sluiting van het Volkerak-Zoommeer vond er aanvoer van verontreinigd slib uit het Hollandsch Diep en de Dintel plaats. De waterbodem van het Volkerak-Zoommeer is plaatselijk dan ook sterk vervuild. Met name bij de aanvoerbronnen in het noordoosten van het Volkerak-Zoommeer is de verontreiniging groot, doordat hier sedimentatie van de aangevoerde slibdeeltjes plaatsvindt. In het westelijk deel en in de richting van het Zoommeer neemt de verontreiniging van de waterbodem geleidelijk af. In de periode na de afsluiting is aan deze situatie weinig veranderd. Bijna de gehele bodem van het Volkerak-Zoommeer is matig verontreinigd met PAK's en PCB's (klasse 2). Direct achter de Volkeraksluizen is de bodem vervuild met PCB's en DDT. De hoeveelheid PAK's in de waterbodem van het Zoommeer ligt hoger dan in het westelijk deel van het Volkerakmeer, hetgeen mogelijk gerelateerd is aan de intensieve scheepvaart in dit deel van het gebied.

In 1995 is vrijwel het gehele Volkerak-Zoommeer matig verontreinigd met PAK's en PCB's. Voor een aantal punten is er ten opzichte van 1991 een lichte kwaliteitsverbetering zichtbaar (Wanningen & Boute, 1997)

3.3 Ecotoxicologie

Microverontreinigingen als zware metalen, PCB's en bestrijdingsmiddelen kunnen zich ophopen in organismen. Er wordt van bioaccumulatie gesproken wanneer het gehalte van een toxicant in het organisme hoger is dan in zijn omgeving. Bij aquatische organismen kan accumulatie van verontreinigingen het gevolg zijn van het doorgeven van toxicanten via het voedsel (biomagnificatie) of door opname vanuit de omgeving (bioconcentratie). Op de hogere trofische niveau's is met name sprake van biomagnificatie, terwijl bij de lagere trofische niveaus veelal bioconcentratie optreedt via de directe opname van zwevende deeltjes uit het water, zoals bijvoorbeeld bij de Driehoeksmossel het geval is (Breukers *et al.*, 1996).

De genoemde microverontreinigingen kunnen een scala van toxische effecten veroorzaken bij aquatische organismen. Zo kan het zware metaal cadmium de filtratiesnelheid van mossels beïnvloeden en kan kwik schade toebrengen aan het centrale zenuwstelsel en het erfelijk materiaal. Met name algen en kreeftachtigen zijn gevoelig voor kwik. PCB's hebben vooral effect op de hogere trofische niveaus via biomagnificatie. Zo zijn effecten geconstateerd op het broedsucces van visetende vogelsoorten. In het aquatische milieu zijn vooral vislarven en kreeften gevoelig. PAK's worden nauwelijks doorgegeven in de voedselketen en hebben met name negatieve invloed op de lagere trofische niveaus. Zo kunnen PAK's kaakafwijkingen bij muggenlarven veroorzaken (Schmidt *et al.*, 1995, Kouer *et al.*, 1995). Bestrijdingsmiddelen als lindaan en DDT zijn slecht afbreekbaar en accumuleren in de voedselketen. Vissen en kreeftachtigen zijn gevoelig voor lindaan, algen en weekdieren zijn minder gevoelig. Deze verontreinigingen kunnen het broedsucces van vogels verlagen en de voortplanting van vissen verstoren.

3.3.1 Toxische stoffen in Aal en Driehoeksmossel

Zoals gezegd wordt het Volkerak-Zoommeer belast met een groot aantal microverontreinigingen die afkomstig zijn uit het Hollandsch Diep en de Dintel. Het ecotoxicologisch onderzoek in het Volkerak-Zoommeer is gericht geweest op een beperkt aantal organismen die een indicatie kunnen geven van de gevolgen en risico's van bepaalde toxicanten op het gehele ecosysteem. De toxiciteit, die wordt uitgedrukt als MTR, werd voor het Volkerak-Zoommeer vertaald in gehalten in Aal en Driehoeksmossel (Breukers *et al.*, 1996). Wanneer de gehalten in deze organismen het MTR overschrijden is er sprake van een ontoelaatbaar risico voor het gehele aquatische systeem. In de periode 1987 tot 1994 overschreden alleen de concentraties kwik en Σ DDT in Aal het MTR. Dit was ook het geval voor cadmium in de Driehoeksmossel. Hoewel cadmium- en kwikgehalten in Driehoeksmosselen een dalende trend lijken te volgen, vormden deze stoffen samen met DDT ook in 1994 nog een ontoelaatbaar risico voor het ecosysteem. Hier kan worden opgemerkt dat de afstemming tussen het MTR voor biota en dat voor zwevende stof nadere aandacht verdient, aangezien de cadmium- en kwikgehalten in het zwevend stof, in tegenstelling tot de gehalten in Aal en Driehoeksmossel, ver beneden het MTR liggen.

Toxische stoffen in de voedselketen

In het Volkerak-Zoommeer is aan de hand van enkele voedselrelaties bekeken in hoeverre doorvergiftiging optreedt. Een van de voedselrelaties die werden onderzocht betrof de relatie zwevende stof/Driehoeksmossel/ Kuifeend. De gehalten van in vet oplosbare stoffen waren in de

mossel vrijwel allemaal hoger dan in de zwevende stof. Dit gold met name voor PCB's en de bestrijdingsmiddelen lindaan en DDT. Driehoeksmossel vormt het hoofdvoedsel voor Kuifeenden. Voor de Kuifeend zijn gegevens gebruikt van de gehalten aan stoffen in de eieren. Opgemerkt dient te worden dat de gehalten in de eieren veel hoger kunnen zijn dan de gehalten in de moedervogel zelf. De gehalten PCB's en DDT in de eieren van de Kuifeend bleken aanzienlijk hoger te liggen dan in de Driehoeksmossel.

Een tweede voedselrelatie die werd onderzocht was Baars/Visdief. De gehalten aan verontreinigingen in Baars werden vergeleken met die in de eieren van de Visdief. Met name PCB's bleken in de eieren van de Visdief te accumuleren. De accumulatie van deze stoffen heeft nadelige effecten op de visdiefpopulatie. Geconstateerde effecten zijn een verlenging van de broedduur, afname van het eivolume, afwijkende leverfunctie en verstoring van de vitamine- en hormonenhuishouding (Bosveld, 1995).

3.3.2 Bioassays en veldwaarnemingen

Door middel van bioassays werd in 1994 de toxiciteit van de waterbodem onderzocht. Bij watervlooien werd een effect op de overleving en een sterk effect op de reproductie vastgesteld (Witteveen + Bos, 1995), terwijl bij muggenlarven geen nadelige effecten konden worden vastgesteld. Naast deze bioassays zijn tevens de kaakafwijkingen en de dichtheden van muggenlarven in het veld bestudeerd. Kaakafwijkingen bij muggenlarven kunnen onder andere optreden als gevolg van verontreinigingen in het milieu. In de periode 1988-1990 was het percentage kaakafwijkingen bij de dansmuggen (met name bij *Chironomus muratensis*) gemiddeld 40%, wat een verband met de verontreinigingen aannemelijk maakt (Breukers *et al.*, 1996).

3.4 Ontwikkeling fyto- en zoöplankton

3.4.1 Fytoplankton

Voor de afsluiting werd de fytoplanktongemeenschap in het Volkerak-Zoommeer gedomineerd door mariene kiezelwieren en dinoflagellaten. Deze gemeenschap werd verdreven als gevolg van de doorspoeling van het Volkerak-Zoommeer in 1987. Vanaf september van dat jaar nam de populatie zoetwateralgen snel toe. De eerste vier jaar na de afsluiting kunnen worden gekarakteriseerd als overgangsjaren. Gedurende deze periode werd het Volkerak-Zoommeer, via aanvoer uit het Hollandsch Diep en de Brabantse rivieren, gekoloniseerd door blauwwieren, kenmerkend voor voedselrijke (meso-eutroof), diepe meren zoals *Microcystis* en *Aphanizomenon*. Vanaf 1991 zijn deze algen gedurende de maanden juli tot oktober dominant aanwezig in het Volkerak-Zoommeer.

In het Volkerak-Zoommeer is sinds 1988 sprake van voorjaarsbloei van algen. Deze bloei wordt veroorzaakt door snelgroeiende kiezelwieren uit de geslachten *Stephanodiscus* en *Skeletonema* en duurt ongeveer 2 maanden (maart-april). De dominante kiezelwieren zijn karakteristiek voor turbulente, sterk geëutrofiëerde wateren met een verhoogd zoutgehalte.

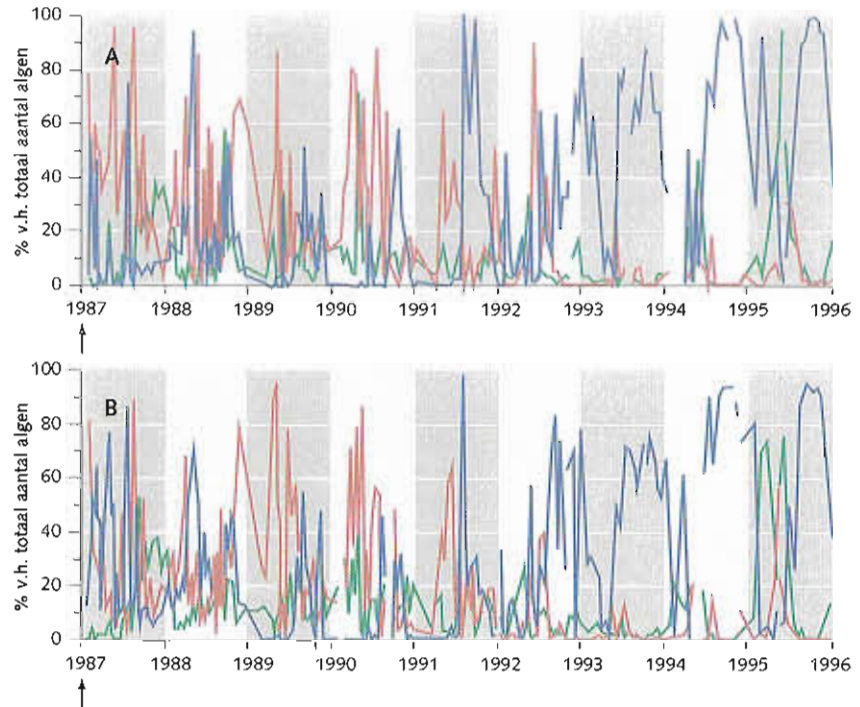
In het Zoommeer treedt de voorjaarsbloei één tot twee weken later op en zijn de chlorofylgehalten hoger dan in het Volkerakmeer. Als gevolg van

Figuur 3.6

De ontwikkeling van algen in het Volkerakmeer (A) en het Zoommeer (B). Bron: de Boois et al., 1997.

The development of algae in Lake Volkerakmeer (A) and Lake Zoommeer (B). Source: de Boois et al., 1997.

— Blauwalgen
— Groenalgen
— Diatomeeën



begrazing door zoöplankton volgt op deze voorjaarsbloei jaarlijks een helder-water periode met lage chlorofylgehaltenes.

Na 1990 zijn de chlorofyl-a gehaltenes gedurende de zomermaanden toegenomen. Met name in de periode tussen 1994 en 1999 werden hoge chlorofylconcentraties gemeten. Verantwoordelijk voor deze toenemende chlorofyl-a gehaltenes zijn de blauwwieren *Microcystis* en in mindere mate *Aphanizomenon*. Vooral gedurende de zomermaanden, wanneer het chlorofylgehalte hoog is, is het doorzicht laag (figuur 3.7). Het zomergemiddelde chlorofyl-a gehalte ligt voor het Zoommeer het hoogst en is in het westelijk deel van het Volkerakmeer het laagst.

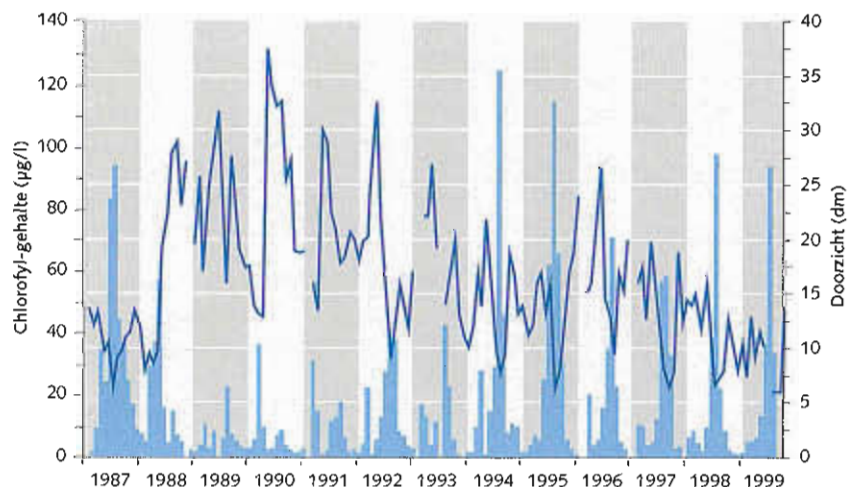
Sinds 1992 doen zich geen grote veranderingen meer voor in de soortensamenstelling en de dynamiek van de fytoplanktongemeenschap in het Volkerak-Zoommeer.

Figuur 3.7

Verloop van het chlorofylgehalte en het doorzicht.

Time course of the chlorophyll-a concentration and transparency.

■ chlorofyl-gehalte
— doorzicht



Blauwwieren nader bekeken

Blauwwieren worden al vanaf 1988 in het Volkerak-Zoommeer waargenomen, maar een omvangrijke zomerpopulatie is pas vanaf 1991 aanwezig. Dit heeft waarschijnlijk te maken gehad met de kolonisationsnelheid. De kolonisatie van blauwwieren heeft net als voor bepaalde vissoorten enige tijd geduurd. Pas na enkele jaren was er een voldoende grote "zaadbank" in het Volkerak-Zoommeer aanwezig om een omvangrijke zomerpopulatie tot stand te kunnen brengen.

Blauwwieren zijn succesvol aangezien zij een zekere resistentie tegen begrazing door watervlooien bezitten en daarnaast de mogelijkheid hebben om verticaal door de waterkolom te migreren. Van alle blauwwiersoorten in het Volkerak-Zoommeer zijn stammen bekend die toxines produceren. Watervlooien uit het geslacht *Daphnia* maar ook Driehoeksmosselen kunnen voor sommige van deze toxines gevoelig zijn. Door opname van blauwalgen kunnen het functioneren, de groei en de voortplanting van deze organismen verstoord worden. Daarnaast kunnen de toxines via de accumulatie in deze organismen verder verspreid worden door het voedselweb. De rol van deze toxines in massale vis- en vogelsterfte wordt momenteel door het RIZA onderzocht.

De migratie is het gevolg van het drijfvermogen dat wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van gas-vacuolen in de cellen van het blauwwier. Wanneer de afwezigheid van intensieve menging dit toelaat, zoeken de blauwalgen een gunstige positie in relatie tot het onder water heersende lichtklimaat. Dit bevoordeelt de blauwalgen in hun concurrentie met ander fytoplankton. Migratie naar het oppervlak biedt directe toegang tot CO₂ dat vanuit de atmosfeer in de grenslaag met het water diffundeert. Drijf laagvorming aan het oppervlak brengt echter ook risico's met zich mee omdat directe blootstelling aan het zonlicht schadelijk is voor de blauwalgen. Aan de andere kant kunnen de blauwwieren door migratie naar grotere diepten profiteren van de daar aanwezige verhoogde nutriëntenconcentraties.

.....
foto 2
Blauwwierbloei in de vorm van
drijfvlagen in de oever.



3.4.2 Zoöplankton

Net als bij het fytoplankton worden in 1987 nog mariene en echte brakwatersoorten aangetroffen. Hieronder bevinden zich copepoden (geslachten *Acartia* en *Temora*) en de watervlooien *Podon leuckarti* en *Podon polyphemoides* (Breukers *et al.*, 1996). In 1988 zijn deze soorten verdwenen en zijn verschillende soorten raderdieren, copepoden en watervlooien van grotere, (matig) eutrofe meren met een neutrale tot alkalische zuurgraad het talrijkst. Algemeen zijn ook soorten die worden aangetroffen in wateren met hogere of wisselende zoutgehaltes. Op de meetlocaties bij de Dintelse Gorzen en de Noordplaat worden soorten aangetroffen die algemeen zijn voor ondiep water of waterplantenvegetaties.

De aanwezigheid van grote watervlooien is kenmerkend voor het zoöplankton van het Volkerak-Zoommeer in de periode 1988-1994. Mede hierdoor zijn de kleinere soorten watervlooien, die in het IJsselmeer zeer talrijk kunnen zijn, in het Volkerak-Zoommeer in lage dichtheden aanwezig. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de effectieve begrazing van algen door de grote watervlooien (Prins *et al.*, 1995). Tot 1992 is vooral de soort *Daphnia pulex* dominant, in de periode daarna is dit de iets kleinere *Daphnia galeata*. Deze soorten zijn met name bekend om hun effectieve begrazing van algen. In het Volkerak-Zoommeer is de begrazing zelfs dermate effectief dat in de maanden mei en juni, wanneer de *Daphnia* populatie het grootst is, een helder-water periode ontstaat. Gedurende de zomermaanden nemen de aantallen watervlooien weer af (figuur 3.8). Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van voedselgebrek, de toenemende predatiedruk door jonge vis en de toename van de dichtheid blauwwieren.

Figuur 3.8
Dichtheid van *Daphnia* sp. in het Volkerak-Zoommeer.
Bron: de Boois *et al.*, 1997.
Density of Daphnia sp. in lake Volkerak-Zoommeer.
Source: de Boois *et al.*, 1997.

— Volkerak
- - - Zoommeer

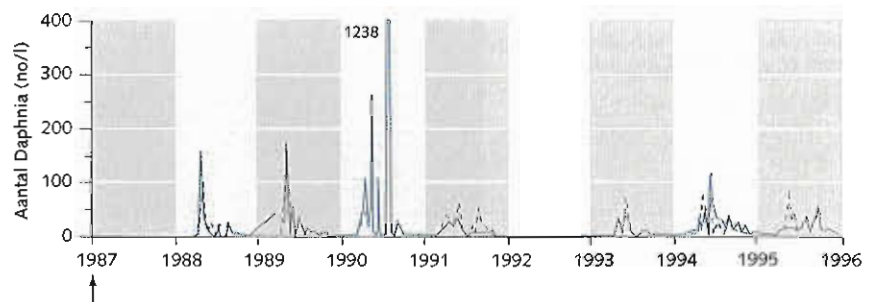
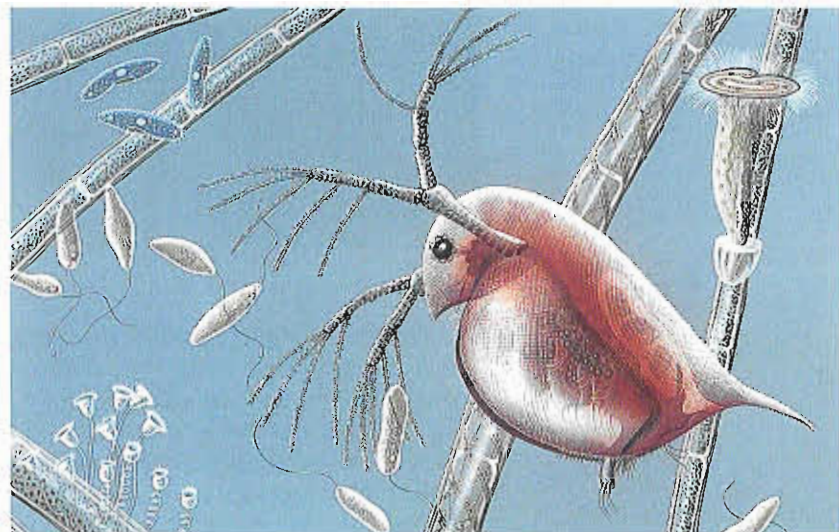


foto 3

Grote *Daphnia*'s waren in het Volkerak-Zoommeer aanvankelijk cruciaal voor de onderdrukking van het fytoplankton en daarmee de motor van het toen nog zeer heldere water.



D. pulex verdwijnt in 1992 als dominante soort (Bijkerk & Dekker, 1994). Dit is vermoedelijk vooral gerelateerd aan de enorme toename van de predatiedruk door jonge Blankvoorn in dat jaar (Breukers *et al.*, 1996). Een andere oorzaak voor de geconstateerde afname is mogelijk ook de toename van de dichtheid aan blauwalgen (Bijkerk & Dekker, 1994; Breukers *et al.*, 1995). Sinds 1992 neemt de predatiedruk door vis niet verder toe, wat blijkt uit de constante gemiddelde lengte van *Daphnia* en de nog steeds relatief geringe dichtheden van kleinere soorten waterlooien.

3.5 Waterplanten

Voor de afsluiting kwamen in het Volkerak-Zoommeer weinig waterplanten voor. Alleen Klein zeegras en ruppia konden er aangetroffen worden (de Kogel & de Jong, 1983). Deze soorten waren ook kort na de afsluiting in 1987 de enige waterplanten in het meer (Smit *et al.*, 1989).

De kolonisatie van het gebied door zoetwatersoorten verliep in eerste instantie traag. In het groeiseizoen van 1988 werden Tenger fonteinkruid en Smalle waterpest waargenomen. De zoutwatersoort Klein zeegras is in 1988 geheel verdwenen. Mede als gevolg van een toegenomen doorzicht en de daling van de chlorideconcentratie in de waterbodem nam, in de periode 1989 tot en met 1993, het aantal soorten toe tot minimaal 11. Naast diverse fonteinkruiden breidden soorten als sterrenkroos, Aarvederkruid, Snavelruppia en Zittende zannichellia zich uit. Vanaf 1990 komen tevens kranswieren voor.

foto 4

Waterplanten als Schedefonteinkruid komen in het ondiepe water nabij de oever vaak massaal voor. Na 1992 nam de totale bedekking echter af.

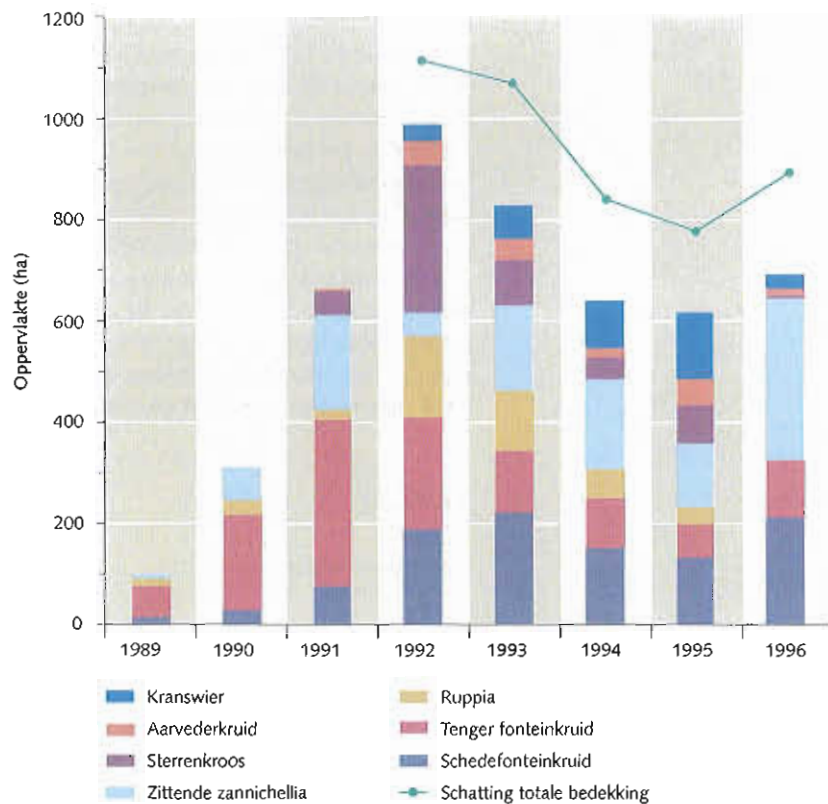


In 1990 werd Tenger fonteinkruid in het gehele meer aangetroffen. Aanvankelijk is dit de dominante soort. Met name in het westelijk deel van het Volkerak, bij de Plaat van de Vliet en bij Oude Tonge was de bedekking van deze soort hoog. In het Zoommeer is de totale bedekking lager dan in het Volkerakmeer. In de loop der jaren nam de bedekking van Tenger fonteinkruid af. Momenteel komen Schedefonteinkruid en Zittende zannichellia het meest voor.

Figuur 3.9

Oppervlak bedekt door verschillende soorten waterplanten, kranswieren en macroalgen in de periode 1989-1996. Alleen soorten met een bedekking >10 ha zijn weergegeven. Van 1992 tot en met 1996 is niet alleen per soort, maar ook van de totale bedekking (inclusief macro-algen) een schatting gemaakt. Door de gelaagde structuur van de watervegetatie is de totale bedekking met waterplanten (exclusief macro-algen) lager dan de som van de bedekking per soort. Bron: Tosserams et al., 1997.

Area covered by different species of macrophytes from 1989-1996. Only species which cover more than 10 ha are shown. From 1992 until 1996, the total area covered (macro-algae included) as well as the area covered by individual species were estimated. Because the aquatic vegetation has a layered structure, the total area covered by submersed vegetation (macro-algae excluded) is less than the sum of the area covered by individual species. Source: Tosserams et al., 1997.



Ondergedoken waterplanten spelen een belangrijke rol in aquatische ecosystemen. Naast hun functie als voedselbron voor herbivore watervogels, vissen en ongewervelde dieren, vormen zij een belangrijke habitat en schuilplaats voor diverse organismen. Het voorkomen van ondergedoken waterplanten wordt voor een groot deel bepaald door de aanwezigheid van voldoende licht en nutriënten. Het doorzicht bepaalt dan ook voor een groot deel de maximale diepte waarbij waterplanten nog aangetroffen worden.

De ontwikkeling van waterplanten vond in 1992 plaats tot een diepte van 4,5 m. De totale bedekking van waterplanten bereikte toen tevens zijn maximum met ongeveer 980 ha. Bij de Plaat van de Vliet en bij de Hellegatsplaten (voornamelijk sterrenkroos) was de bedekking aanzienlijk. De bedekking was het hoogst in het ondiepe water ten zuidwesten van Oude Tonge. Verschillende soorten droegen hieraan bij: Snavelruppia, Tenger fonteinkruid, sterrenkroos, Schedefonteinkruid, Aarvederkruid en Zittende zannichellia. In het Zoommeer werden vooral bij de Speelmansplaten hoge bedekkingen van verschillende soorten aangetroffen. In de jaren na 1992 nam de bedekking af tot ongeveer 650 ha (12% van totale oppervlak; figuur 3.9). Deze afname vond voornamelijk plaats bij Oude Tonge, maar ook bij de Hellegatsplaten en de Speelmansplaten was de bedekking afgenomen. De afname van de waterplanten bij Oude Tonge is mogelijk gerelateerd aan werkzaamheden (zandzuiger) die op dat moment plaatsvonden. Bij de Plaat van de Vliet was de bedekking nog steeds aanzienlijk en bestond de helft van de begroeiing uit kranswieren. De afname van de bedekking gebeurde voornamelijk op grotere dieptes (tussen 1,5 en 2 m)

en hangt waarschijnlijk samen met het verminderde doorzicht en de golfwerking.

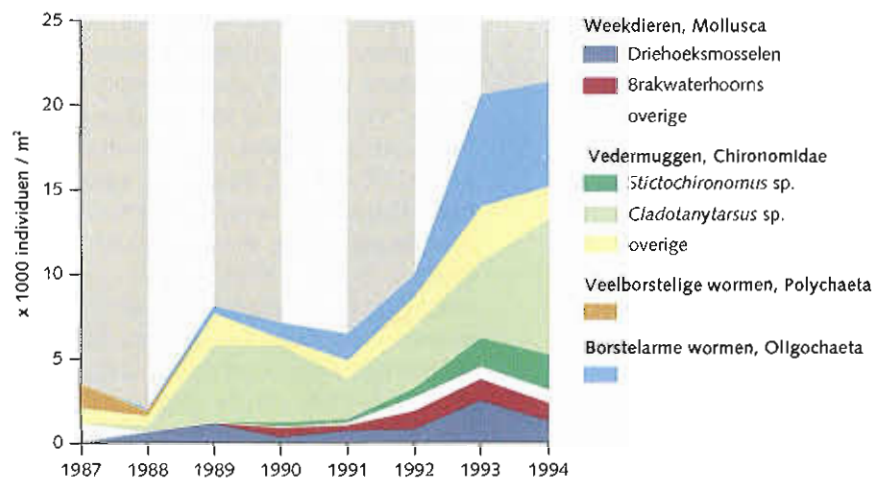
In de periode 1992 tot en met 1997 werden de hoogste bedekkingen gevonden in de ondiepwatergebieden binnen de vooroeververdediging. Ook darm- en draadwieren konden hier plaatselijk hoge bedekkingen realiseren. De bedekking varieerde echter wel sterk van jaar tot jaar. De verminderde golfwerking binnen de vooroeververdedigingen verklaart waarschijnlijk het verschil in bedekking op vergelijkbare dieptes binnen en buiten de vooroeververdediging (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Vooral Tenger fonteinkruid, sterrenkroos, Smalle waterpest en kranswieren profiteerden van de luwte achter de vooroeververdediging. Schedefonteinkruid, Tenger fonteinkruid en Aarvederkruid deden het ook goed in het open water. Buiten de vooroeververdediging is de bedekking sterk gecorreleerd aan het gemiddeld doorzicht.

3.6 Fauna

3.6.1 Macrofauna

De zoutwatersoorten die tot 1988 de soortensamenstelling van de bodemfauna in het Volkerak-Zoommeer bepaalden, werden geleidelijk vervangen door zoetwatersoorten. Na 1988 zijn de meeste zoutwatersoorten verdwenen. Gedurende 1989 tot 1992 bleef de totale dichtheid van de bodemmacrofauna vrijwel constant. Na deze periode nam de dichtheid sterk toe en in 1993 en 1994 was deze al bijna verdubbeld tot zo'n 20.000 individuen per m² (van Dam & Wiersma, 1995; figuur 3.10). Met name muggenlarven waren reeds snel aanwezig in het Volkerak-Zoommeer. Zes maanden na de afsluiting waren er reeds muggenlarven van het geslacht *Chironomus* aanwezig. Hieronder bevonden zich in het eerste jaar ook nog een tweetal soorten die typerend zijn voor brakke wateren. Ondanks deze snelle kolonisatie nam de dichtheid aanvankelijk nauwelijks toe. Tot 1990 was het Volkerak-Zoommeer erg helder en waren er weinig algen en detritus aanwezig die het belangrijkste voedsel voor verschillende soorten dansmuggen vormen. Alleen in de oeverzone waar relatief veel bodemalgen tot ontwikkeling kwamen was het voedselaanbod hoger, waarvan bepaalde gespecialiseerde soorten konden profiteren (Bijkerk, 1990).

Figuur 3.10
Dichtheid van de verschillende groepen en meest voorkomende soorten macrofauna in de periode 1987 tot en met 1994. Bron: Breukers *et al.*, 1996.
Density of the different groups and most abundant species from 1987 until 1994. Source: Breukers et al., 1996.



Macrofauna vormt een belangrijke voedselbron voor vis- en vogelsoorten. Driehoeksmosselen worden gegeten door Blankvoorn. Daarnaast foerageren ook duikeenden en Meerkoeten op de mosselen.

Meerkoeten en duikeenden kunnen mosselen tot waterdieptes van respectievelijk 3 en 6 m bereiken (de Leeuw, 1997). Uit het IJsselmeergebied is bekend dat gedurende het winterhalfjaar een aanzienlijk deel (meer dan de helft) van de mosselpopulatie in de ondiepere locaties door de eenden wordt geconsumeerd. Ook slakjes als het Brakwaterhoortje en muggenlarven dienen als voedsel voor diverse vissen en vogels. De oeverzone achter de vooroeververdedigingen is het rijkst aan bodemfauna. Vanwege de geringe diepte is deze van belang voor grondeenden en voor steltlopers die er op muggenlarven foerageren

Weekdieren komen in het Volkerak-Zoommeer voornamelijk voor op locaties dieper dan één meter. In 1987 werden nog voornamelijk zoutwater-soorten als de Strandgaper, Kokkel en het Nonnetje aangetroffen. Na 1987 zijn deze soorten verdwenen (Breukers *et al.*, 1996).

In 1987 en 1988 was de Driehoeksmossel de enige zoetwatermollusk die in het Volkerak-Zoommeer werd aangetroffen. Gedurende deze periode was de beschikbaarheid van hard substraat waarschijnlijk beperkend voor de uitbreiding van de Driehoeksmossel. De Driehoeksmossel vestigde zich in eerste instantie namelijk op schelpenmateriaal uit het zoute verleden.

Na 1990 is de dichtheid van Driehoeksmosselen, mede als gevolg van het gestegen voedselaanbod, geleidelijk toegenomen. Bovendien nam door de aanleg van de vooroeververdedigingen het areaal beschikbaar hard substraat toe. In 1994 en 1995 neemt de dichtheid van de Driehoeksmossel echter weer af. In 1995 bedroeg de dichtheid gemiddeld 676 individuen per m². Dit aantal ligt ruim onder de in de 'Amoebe' genoemde streefwaarde van 2300 individuen per m² (Paalvast & Vanhemelrijk, 1997).

In zowel het Volkerak als het Zoommeer wordt de Driehoeksmossel voornamelijk op dieptes groter dan één meter aangetroffen. Langs de oevers komt de Driehoeksmossel, waarschijnlijk als gevolg van de hoge predatiedruk, bijna niet voor. Vanaf 1989 nemen ook Brakwaterhoorns een belangrijke plaats in binnen de groep weekdieren. De hoeveelheid, de kwaliteit en de bereikbaarheid van weekdieren, met name die van

foto 5

Tot 1993 nam de dichtheid van Driehoeksmosselen toe in het Volkerak-Zoommeer. Daarna zijn de dichtheden van deze sleutelsoort in het watersysteem weer op hun retour.



Driehoeksmosselen, is bepalend voor de grootte van de populatie overwinterende Kuifeenden.

In 1987 is een zoutwaterslijkgarnaal nog de meest voorkomende kreeftachtige. Deze soort was in 1988 verdwenen. Van de Brakwaterpissebed werd in 1993 nog wel een enkel exemplaar aangetroffen. De kreeftachtigen van het zoete water worden vanaf 1987 aangetroffen. Meest aangetroffen soorten zijn de Tijgervlokreeft, Aasgarnaal en sinds 1991 de Kaspische Slijkgarnaal.

Uit een bemonstering van vier bodembiotopen bleek dat het kleinste aantal soorten macrofauna werd aangetroffen in ondiep zandig substraat (Breukers *et al.*, 1996). De meeste soorten, met name de borstelarme wormen (Oligochaeta), werden aangetroffen in diep zand. De soortensamenstelling op stenen week duidelijk af van die van de vier bodembiotopen. Met name platwormen en de Driehoeksmossel werden hier veel aangetroffen. Watermijten en erwtemosseltjes (Sphaeriidae) werden niet op de stenen aangetroffen maar wel in de bodemmonsters.

Qua soortenrijkdom lijkt de macrofauna van het Volkerak-Zoommeer op die van andere grote meren in Nederland. Opvallend verschil ten opzichte van de andere meren is de grote hoeveelheid borstelarme wormen en het kleiner aantal soorten muggenlarven.

3.6.2 Vissen

Hoewel veel typische mariene vissoorten na 1987 uit het Volkerak-Zoommeer zijn verdwenen, werden tot 1994 op alle locaties onder andere nog Haring en Tong gevangen. Daarnaast werd, hoewel veel minder frequent, ook regelmatig Sprot en Geep gevangen. Deze en een aantal andere soorten als Zandspiering en Snotolf kunnen in zoet water overleven en worden vaak aangetroffen in overgangsgebieden tussen rivier en zee (Winkler, 1989). Na de afsluiting zijn de vangsten van doortrekkende vissoorten (diadrome vis) als Aal en Bot vrij constant gebleven (Breukers *et al.*, 1996). De ontwikkeling van de zoetwatervisstand in het Volkerak-Zoommeer is langzaam op gang gekomen. Kolonisatie vond voornamelijk plaats via het Haringvliet/Hollandsch Diep en in mindere mate via de Brabantse rivieren. In de eerste jaren na afsluiting domineerden Snoekbaars en Baars. De ratio roofvis:overige vis was in deze periode dan ook hoog. Vanaf 1991 is de verhouding roofvis:prooivis sterk afgenomen, doordat de populaties van Pos, Blankvoorn en Brasem zich ondanks de predatie door Baars en Snoekbaars sterk ontwikkelden (figuur 3.11).

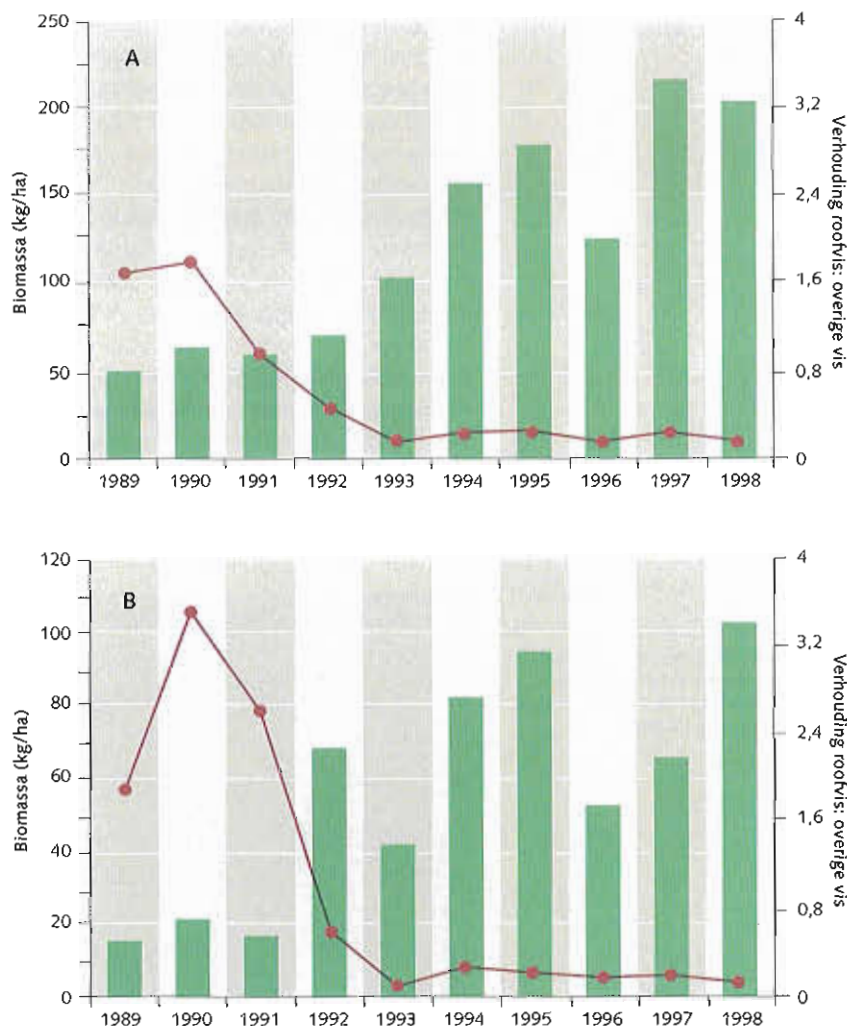
De ontwikkeling van de vispopulatie in het Zoommeer loopt iets achter aangezien deze afhankelijk is van de instroom uit het Volkerakmeer. Wat betreft de visstand wordt het Volkerak-Zoommeer dan ook als twee afzonderlijke systemen gezien; het Volkerakmeer en het Zoommeer (Witteveen + Bos, 1996).

In 1992 was er een goede voortplanting van Blankvoorn en Pos. De groei van de populatie jonge Baars nam in dit jaar af. Hoewel de populatie Brasem zich trager ontwikkelde dan die van Baars en Blankvoorn, heeft deze wel het grootste aandeel in de totale visbiomassa. De sterfte van Brasem is geringer en bovendien wordt Brasem groter en ouder dan de andere genoemde soorten.

In november 1994 wordt de visstand gedomineerd door Brasem en Pos. Deze soorten zijn sterk afhankelijk van de aanwezigheid van bodemdieren, als wormen en muggenlarven. Snoekbaars is de dominante roofvis en de populaties Baars en Blankvoorn nemen niet verder toe.

Figuur 3.11
De ontwikkeling van de visstand in het Volkerakmeer (A) en het Zoommeer (B) over de periode 1989-1997 en de ratio roofvis:overige vis. Bron: Witteveen + Bos, 1999.
Fish stock development and the ratio predator species:other species in the Volkerakmeer and the Zoommeer during 1989-1997. Source: Witteveen + Bos, 1999.

■ biomassa
● roofvis: overige vis



In het najaar van 1995 werden in totaal 23 vissoorten gevangen (met kuil), waarvan 19 specifieke zoetwatersoorten. De vispopulatie in het Volkerak-Zoommeer bestond ook in 1995 voor het grootste deel uit Brasem, Pos, Snoekbaars, Blankvoorn en Baars (Witteveen + Bos, 1996). Het brasembestand was in 1995 verder toegenomen.

In november 1997 was de geschatte omvang van de visstand in het Volkerakmeer en het Zoommeer respectievelijk 212,9 kg/ha en 64,9 kg/ha (Witteveen + Bos, 1998). Ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1994-1996 betekent dit een toename van 40% in het Volkerakmeer en een afname van 15% in het Zoommeer. Er werden in 1997 in totaal 21 vissoorten gevangen (21 in het Volkerakmeer en 14 in het Zoommeer). Zowel in het Volkerakmeer als in het Zoommeer domineert Brasem, gevolgd door Snoekbaars, Blankvoorn, Baars en Pos. Het roofvisbestand heeft zich in het Volkerakmeer beter ontwikkeld dan in het Zoommeer. Ten opzichte van het gemiddelde over de periode 1989 tot en met 1996 is het baarsbestand in beide meren en het geschatte snoekbaarsbestand in het Zoommeer nauwelijks veranderd. In het Volkerakmeer is het snoekbaarsbestand wel sterk toegenomen.

In november 1998 wordt de totale visbiomassa in het Volkerakmeer geraamd op 201,8 kg/ha en lijkt het maximum bereikt te zijn (Witteveen + Bos, 1999). Er werden in totaal 21 soorten vis gevangen en de vissenstelling is vergelijkbaar met die in 1997. Opvallend is de toename van

de hoeveelheid Spiering. De biomassa van Brasem neemt nog iets toe. Er lijkt zich inmiddels een stabiel systeem te ontwikkelen met Brasem en Snoekbaars als dominante soorten. In de zomer van 1998 werd veel visbroed waargenomen. Bij de Philipsdam werd hierbij ook het eerste natuurlijke snoekbroed waargenomen. In het Volkerak is duidelijk sprake van concentratievorming in de luwe gebieden, met name in de havens. Vooral jonge Blankvoorn, Brasem, Pos en Baars zijn hiervoor verantwoordelijk. De totale visbiomassa in het Zoommeer is in het najaar van 1998 met 102 kg/ha ongeveer de helft lager dan in het Volkerakmeer (Witteveen + Bos, 1999). In vergelijking met het Volkerakmeer komt in het Zoommeer relatief meer Blankvoorn en Pos voor en relatief minder Brasem en Snoekbaars. Het aandeel Brasem neemt ook hier nog gestaag toe en ook hier was sprake van een opvallende toename van het aandeel Spiering. Van een stabiele toestand is in het Zoommeer nog geen sprake en er is evenmin duidelijke concentratievorming waargenomen.

.....
foto 6

Voedselzoekende Brasem (boven) preferert troebeler omstandigheden dan jagende Snoek (onder). Ook voelt Brasem zich meer dan Snoek thuis in onbegroeid open water.



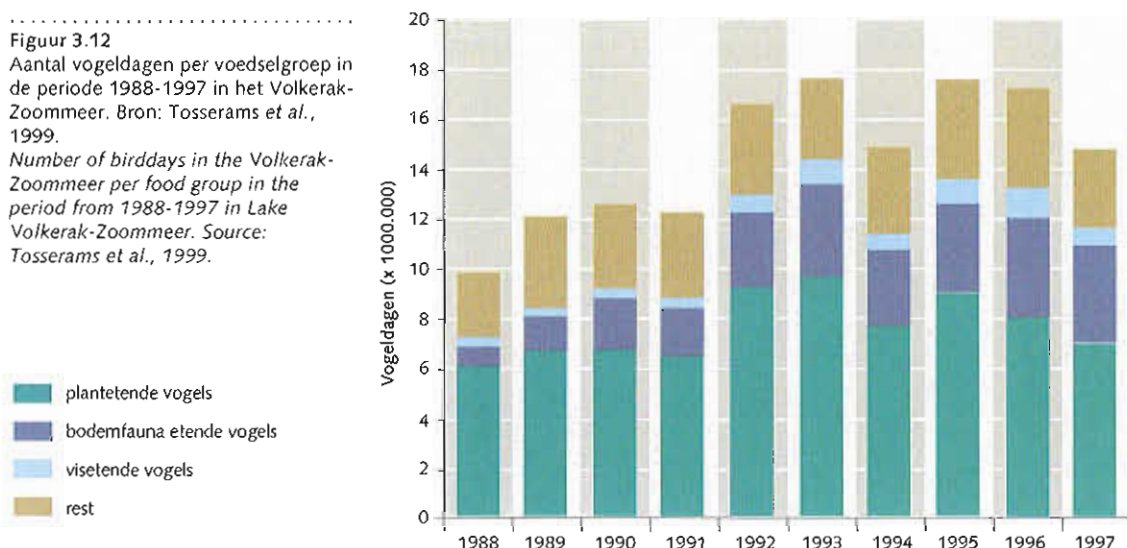
Sonaronderzoek

Naast de visserijgegevens die jaarlijks in november werden verzameld, is in de zomer van 1998 en 1999 met behulp van sonaropnamen de visbiomassa in het Volkerakmeer bepaald (Kemper, 1999a; 1999b) van alle vis > 9 cm en op een diepte van meer dan 2 m. Tussen de beide jaren werd geen aantoonbaar verschil aangetoond in de totale visbiomassa. De totale biomassa in het Volkerakmeer was voor 1998 en 1999 respectievelijk 115 en 102 kg/ha (Kemper, 1999a; 1999b). De met sonar geschatte biomassa in de zomer van 1998 was bijna de helft lager dan de geschatte biomassa met behulp van kuilvisserij in november van datzelfde jaar. Qua aantal werd de visstand in het open water gemiddeld over beide jaren gedomineerd door Brasem (44%), Pos (28%) en Blankvoorn (13%). Qua biomassa zijn dit Brasem (67%), Snoekbaars (15%) en Blankvoorn (10%). Klein Breteler (1998) stelt dat, hoewel de schattingen van de visstand met behulp van de kuilbemonstering en de sonarbemonstering een factor twee van elkaar afwijken, deze schattingen slechts schijnbaar met elkaar in tegenspraak zijn. In feite zegt de najaarsschatting alleen met 95% betrouwbaarheid dat de biomassa van de visstand minder dan 400 kg/ha is. De zomerschatting met behulp van sonar valt daarbinnen. Voor een goede inschatting van de invloed van vis op de ontwikkeling van het watersysteem is een betekenisvolle biomassaschatting echter wel van groot belang. Daarom is het noodzakelijk dat de meetfout wordt verkleind (Klein Breteler, 1998; 2000).

3.6.3 Vogels op en in het water

De samenstelling van de avifauna van het Volkerak-Zoommeer is na de afsluiting drastisch veranderd. Door het permanent droogvallen van de slikken zagen veel steltlopers hun foerageergebied verdwijnen. Daarentegen ontstonden door de afsluiting nieuwe foerageer- en broedgebieden voor zoetwatervogels. De ontzilting van het Volkerak-Zoommeer en de daarmee gepaard gaande veranderingen in het watersysteem hebben een gunstige uitwerking gehad op de bodemfauna- en waterplant-etende vogelpopulatie (figuur 3.12). Het gebied is hierdoor nog steeds van internationale betekenis voor zo'n 14 vogelsoorten (van Dam & Noordhuis, 1995).

.....
Figuur 3.12
Aantal vogeldagen per voedselgroep in de periode 1988-1997 in het Volkerak-Zoommeer. Bron: Tosserams et al., 1999.
Number of birddays in the Volkerak-Zoommeer per food group in the period from 1988-1997 in Lake Volkerak-Zoommeer. Source: Tosserams et al., 1999.



Plant-etende vogels

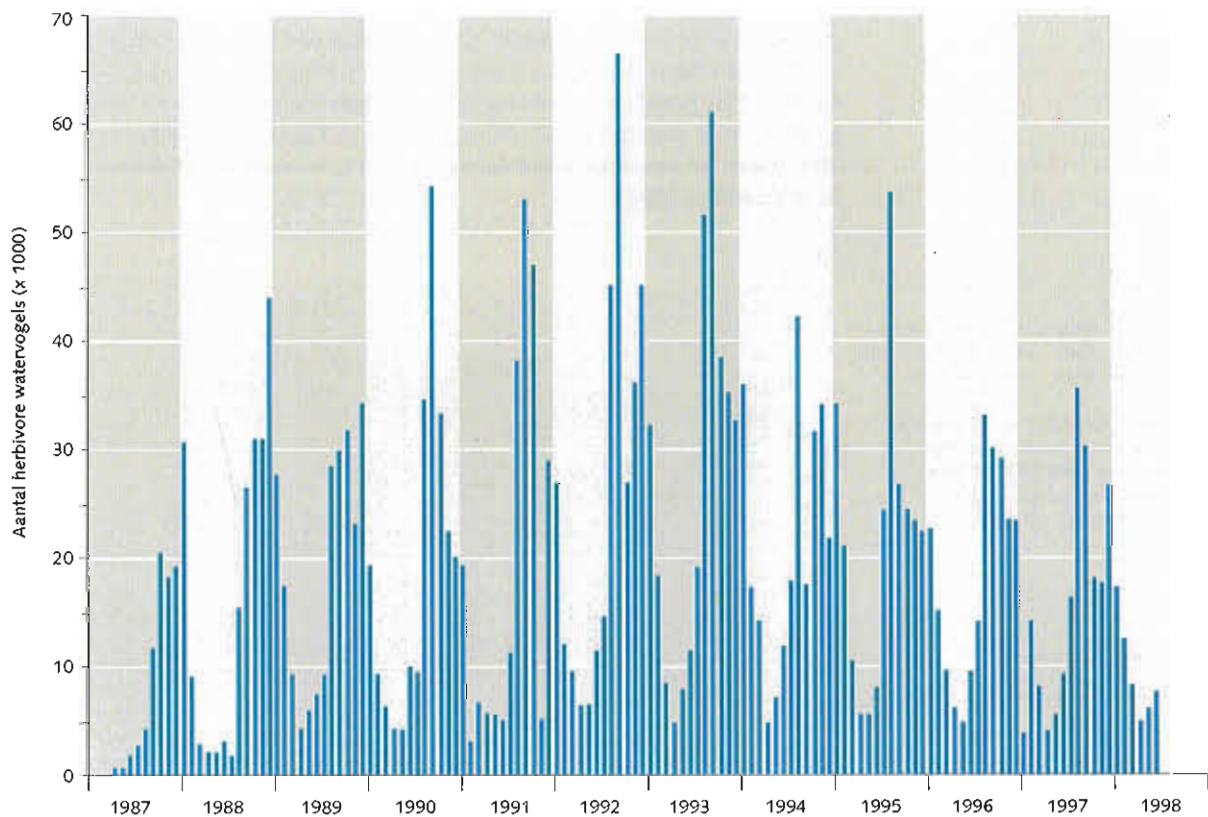
In het Volkerakmeer vormen de herbivore watervogels de meest talrijke voedselgroep (van Dam & Noordhuis, 1995). Van veel van deze soorten verblijft meer dan 1% van de totale West-Europese populatie in het Volkerak-Zoommeer. Mede hierdoor is het Volkerak-Zoommeer opgenomen in de lijst van belangrijke vogelgebieden (van den Tempel & Osieck, 1994).

De grootste aantallen worden waargenomen in de periode vanaf de nazomer tot de vroege winter (figuur 3.13). De meest voorkomende herbivore watervogels zijn de Wilde Eend, Smient, Meerkoet, Knobbelzwaan, Grauwe Gans en Krakeend (Boudewijn & van der Winden, 1997).

Knobbelzwaan, Wilde Eend, Krakeend en Meerkoet foerageren met name op waterplanten, terwijl soorten als Grauwe Gans, Brandgans en Smient met name op de oevers en de buitendijkse gronden foerageren.

Tot 1992/1993 nam het aantal vogeldagen en het aantal soorten toe, maar in de periode 1994 - 1995 liepen de aantallen weer terug. Deze afname werd waarschijnlijk veroorzaakt door het afgenomen oppervlak waterplanten (figuur 3.12; van Dam & Noordhuis, 1995). Volgens schattingen eten Meerkoet en Knobbelzwaan de meeste waterplanten (figuur 3.14). Meerkoeten zijn het talrijkst in augustus, terwijl Knobbelzwanen in juni arriveren om in het gebied hun vleugelrui door te maken.

Figuur 3.13
Totaal aantal maandelijks waargenomen herbivore watervogels in het Volkerakmeer gedurende de periode april 1987 - juni 1998. Bron: Tosserams *et al.*, 1999.
Total number of herbivorous birds per month in the Volkerakmeer from April 1987 - June 1998. Source: Tosserams et al., 1999.



De afsluiting van het Volkerak-Zoommeer heeft voor de vogelpopulatie ingrijpende gevolgen gehad. Voor de afsluiting was het Krammer-Volkerak belangrijk als doortrek- en overwinteringsgebied voor steltlopers. Het aantal steltlopers is door de afsluiting drastisch afgenomen. Het Volkerak-Zoommeer heeft echter nieuwe waarden ontwikkeld en is momenteel van internationale betekenis voor diverse vogelsoorten.

Het Volkerak-Zoommeer voldoet voor een aantal soorten aan de criteria van de Vogelrichtlijn. Ten aanzien van een aantal van deze soorten wordt tevens voldaan aan de kwalificatienorm van de Wetlandsconventie. De internationale wetlandwaarde van het Volkerak-Zoommeer voor watervogels wordt hierbij bepaald aan de hand van de zogenaamde 1% norm voor watervogels die werd opgesteld tijdens de Conventie van Ramsar in 1971. In de conventie wordt een wetland gedefinieerd als internationaal belangrijk indien er:

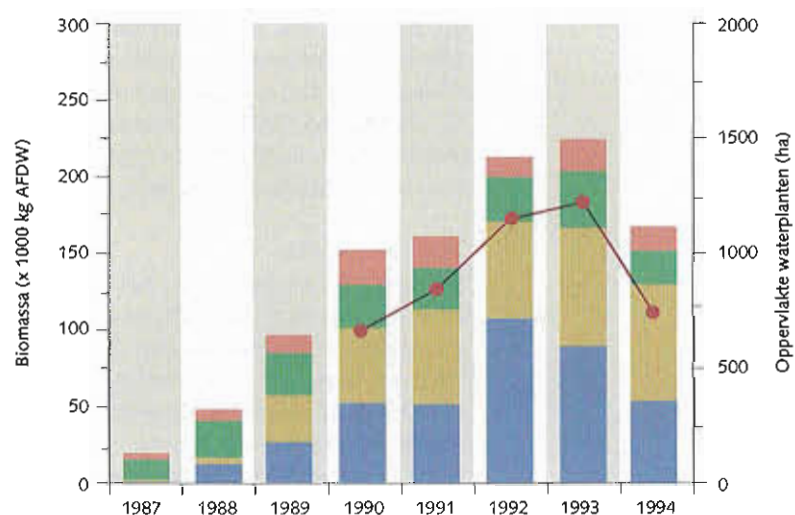
- regelmatig 20.000 watervogels in het gebied voorkomen
 - belangrijke aantallen van speciale watervogels voorkomen die een aanwijzing zijn voor specifieke waarden, productiviteit of diversiteit in het gebied
 - van een soort geregeld meer dan 1% van de populatie voorkomt. Voor Nederland behelst deze populatie voor de meeste soorten de zogenaamde 'East Atlantic Flyway': de trekroute vanuit broedgebieden in het arctisch gebied en Noord-Europa, via West-Europa, naar de overwinteringsgebieden in zuidelijker gelegen delen van Europa en Afrika.
- In 1995 is het Volkerakmeer opgenomen in de lijst van "wetlands" als bedoeld in de overeenkomst inzake watergebieden van internationale betekenis (Conventie van Ramsar) en is aangewezen als speciale beschermingszone in het kader van de EU-Vogelrichtlijn. In maart 2000 is ook het Zoommeer in dit kader aangewezen als Speciale beschermingszone.

.....
Figuur 3.14

Geschatte consumptie van waterplanten door vogels in de periode 1987-1994 en oppervlakte aan waterplanten (inclusief macroalgen). De geschatte consumptie vertoont eenzelfde verloop als de oppervlakte aan waterplanten. Meerkoet en Knobbelzwaan zijn de belangrijkste waterplanteneters. Bron: Breukers *et al.*, 1996.

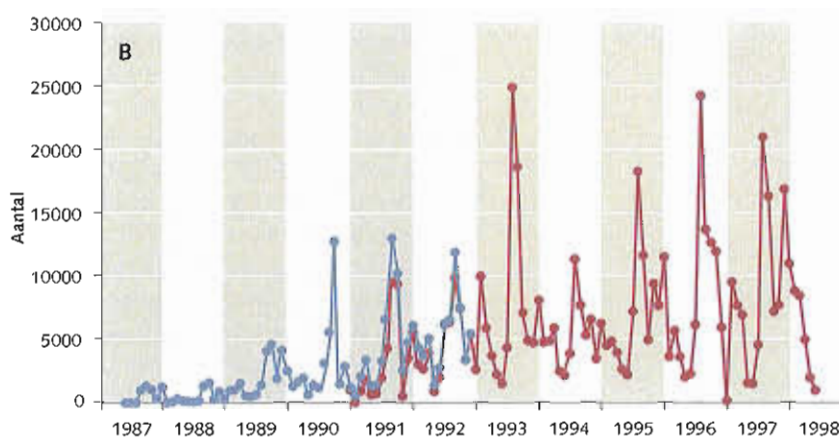
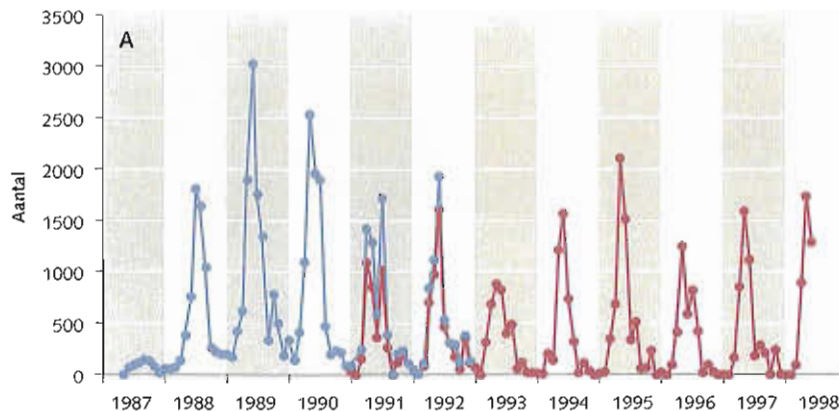
*Estimated consumption of aquatic plants by birds in the Volkerakmeer in 1987-1994 and area covered by aquatic plants (including macro-algae). The estimated consumption is proportional to the area covered by aquatic plants. Coot (Fulica atra) and Mute Swan (Cygnus olor) are the most important consumers. Source: Breukers *et al.*, 1996.*

geschatte consumptie van:	percentage planten in het menu:
Meerkoet	100%
Knobbelzwaan	100%
Wilde Eend	33%
overigen:	
Smient	50%
Krakeend	100%
Pijlstaart	90%
Wintertaling	100%
—•— oppervlakte waterplanten	



.....
Figuur 3.15
 Aantalsontwikkeling van enkele
 bodemfauna-etende vogelsoorten:
 Kluut (A) en Kuifeend (B).
Development of macrofauna eating
bird species Pied Avocet (A) and
Tufted Duck (B).

—●— Volkerak-Zoommeer
 —●— Volkerakmeer



Bodemfauna-etende vogels

Na de afsluiting is ook de populatie bodemfauna-etende eenden sterk toegenomen. Dit is vooral te zien aan de aantalsontwikkeling van de Kuifeend (figuur 3.15) die verreweg de talrijkste soort uit deze groep is. De toename van het aantal Kuifeenden, maar ook van het aantal Brilduikers, is waarschijnlijk gerelateerd aan de ontwikkeling van de Driehoeksmossel in het Volkerak-Zoommeer. Brilduikers foerageren daarnaast ook op muggenlarven in de ondiepe delen (Remmelzwaal *et al.*, 1998).

Andere bodemfauna-etende vogels als Bergeend en Slobeend foerageren op respectievelijk larven van dansmuggen en zoöplankton. Het aantal Bergeenden bereikt zijn maximum in het voorjaar (mei/juni), wanneer ook de dichtheid van muggenlarven maximaal is. De afname van het aantal Slobeenden na 1992 is gerelateerd aan de veranderingen binnen de zoöplankton gemeenschap. De grote watervlo *D. pulex* verdween toen en hiervoor in de plaats verscheen de kleinere soort *D. galeata*.

Visetende vogels

De belangrijkste viseters op het Volkerak-Zoommeer zijn Aalscholver, Fuut en in de beginjaren ook Middelste Zaagbek (van Nes & Martejn, 1991). Vanaf de afsluiting tot en met 1993 nam het aantal Aalscholvers toe (figuur 3.16A). Dit is waarschijnlijk gerelateerd aan de toename van de aalscholverpopulatie op landelijk niveau, maar ook aan de ontwikkeling van de visstand. Ondanks een verdere toename van de totale visbiomassa is het aantal Aalscholvers in 1994 beduidend lager dan in 1993. Naast de samenstelling van de visstand kan ook het doorzicht een belangrijke rol

spelen. In helder water vissen de Aalscholvers solitair en in troebel water wordt in groepen gejaagd (van Eerden & Voslamber, 1995). In 1994 was het mogelijk zo dat het doorzicht te klein was voor solitair vissen en te helder voor sociaal vissen. Vanaf 1997 worden ook broedende Aalscholvers aangetroffen op de vooroeververdedigingen in het Volkerakmeer (Meininger *et al.*, 1999).

.....
Figuur 3.16
 Aantalsontwikkeling van enkele vis-etende vogelsoorten: Aalscholver (A), Fuut (B) en Lepelaar (C).
Development of fish eating bird species Great Cormorant (A) Great Crested Grebe (B) and Ewasian Spoonbill (C).

—●— Volkerak-Zoommeer
 —●— Volkerakmeer

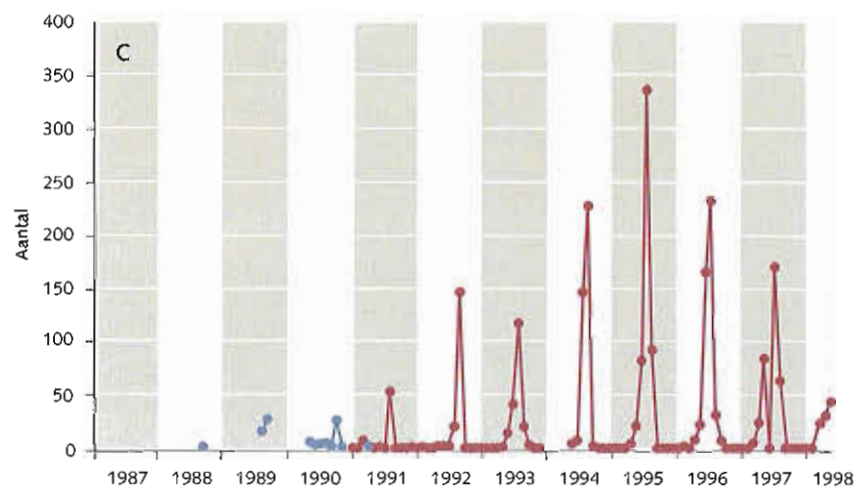
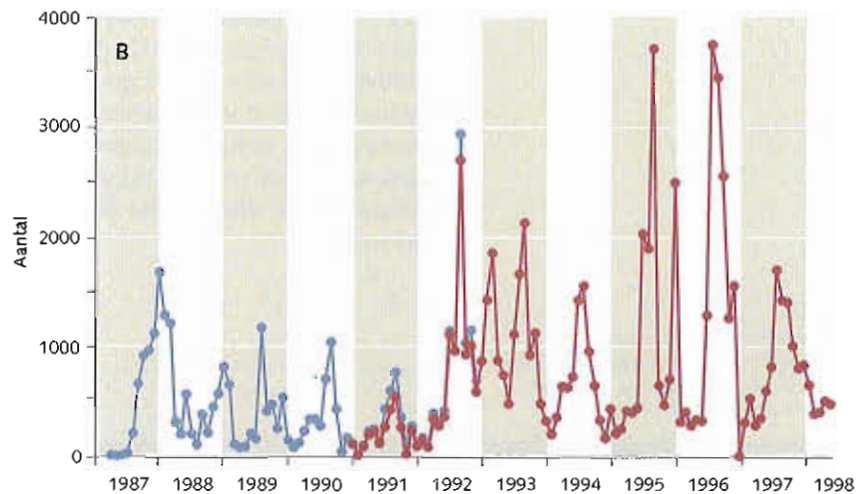
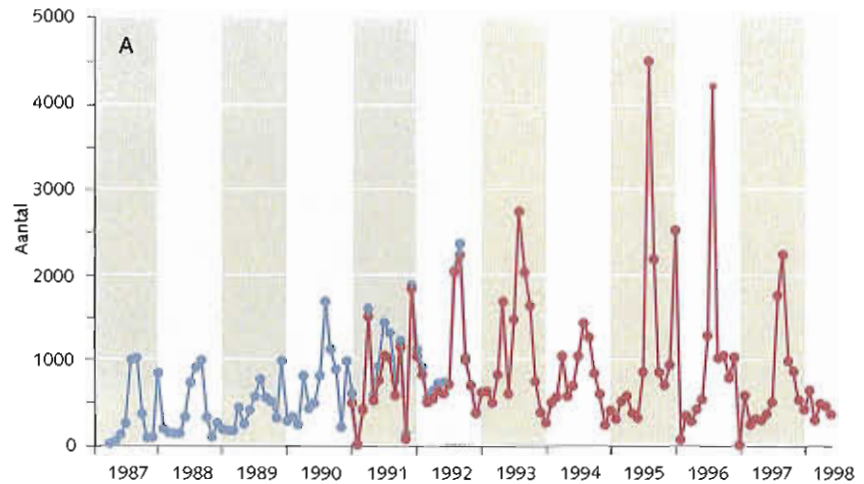


foto 7

Na een aantalspiek onmiddellijk na afsluiting van de Philipsdam nam de Fuut aanvankelijk in aantal af, om vanaf 1992 weer in grotere getale terug te komen.



Bijzonder is dat reeds in het eerste jaar na de afsluiting Futen het meer in hoge aantallen bezochten en nagenoeg wegbleven tussen 1988 en 1992. In 1992 nam het aantal Futen weer toe. Ook in 1993 en 1994 bleef de populatie Futen groter dan in de periode van 1988 tot 1992 (figuur 3.16B). Het aantal Lepelaars nam ook gestaag toe (figuur 3.16C). De Lepelaars foerageren op kleine vis en kreeftachtigen in doorwaadbaar water. De meeste Lepelaars werden in augustus en september waargenomen. De Lepelaar wordt voornamelijk op de Slikken van de Heen-west, waar ze tegenwoordig ook broeden, de Plaat van de Vliet en de Hellegatsplaten aangetroffen.

foto 8

Foeragerende Lepelaars zijn een gewoon beeld in de ondiepe oeverzones. In de jaren negentig zijn de aantallen van deze soort toegenomen.



3.7 Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling

3.7.1 Integratie

Direct na de afsluiting nam, als gevolg van de doorspoeling van het systeem met zoet water uit het Hollandsch Diep, de chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer in snel tempo af.

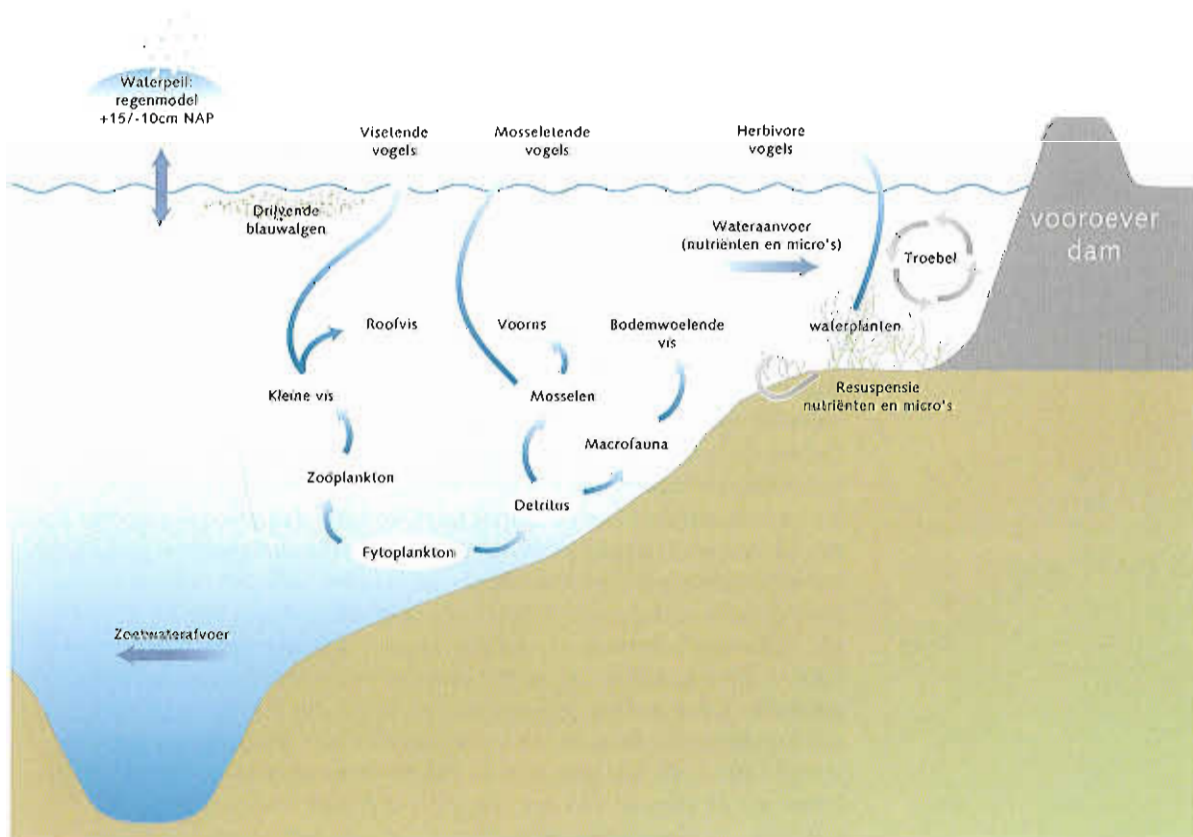
De aanvoer van zoet water uit het Hollandsch Diep was in 1987 met 70 m³/s ongeveer zeven maal hoger dan gemiddeld in latere jaren. De aanvoer van water uit het Hollandsch Diep moest zo groot zijn om een goede menging van zout en zoet water te garanderen. Hierdoor werd het optreden van gelaagdheid van zout en zoet water zoveel mogelijk voorkomen. Dit was belangrijk omdat anders de onderste zoute laag zuurstofloos zou worden.

Tegelijkertijd betekende de inlaat van zoet water uit het Hollandsch Diep ook dat nutriënten, toxische stoffen en overig opgelost en zwevend materiaal passief meegevoerd werden. Mede hierdoor, en door de aanvoer van water door de Brabantse rivieren, werd het nieuw ontstane zoetwatersysteem gekoloniseerd door fytoplankton en zoöplankton en de larve-stadia van Driehoeksmosselen en vis.

Figuur 3.17

Schematische weergave van de belangrijkste componenten en relaties in het watersysteem van het Volkerak-Zoommeer.

Scheme of the most important components and relations within the aquatic system of Lake Volkerak-Zoommeer.



Gezien de relatief hoge nutriëntengehaltes werd voorzien dat het watersysteem na verzoeting vrij snel bevolkt zou raken met hoge dichtheden aan algen en dat deze tendens met het verstrijken van de tijd alleen maar sterker zou worden. Deze ontwikkeling vond aanvankelijk echter niet plaats. Algenbloei trad alleen in het eerste jaar na afsluiting op. In dit jaar is er mogelijk sprake geweest van een explosieve ontwikkeling van stekeelbaars. Wat deze hypothese sterk ondersteunt, is de waarneming dat in 1987 grote aantallen Futen het meer bezochten. De predatiedruk van de stekeelbaars zou ervoor gezorgd kunnen hebben dat het zoöplankton slecht tot ontwikkeling kon komen. Het gevolg hiervan kan zijn geweest dat de begrazingsdruk van het zoöplankton op het fytoplankton beperkt bleef en algenbloei optrad.

Na deze eerste fase liep het doorzicht van jaar tot jaar verder op. De verminderde inlaat van Hollandsch Diep water na het eerste jaar resulteerde in een afname van de instroom van plankton. De stekeelbaarspopulatie was waarschijnlijk grotendeels verdwenen, wat gereflecteerd werd in het aantal Futen dat sterk afnam na het eerste jaar. De kolonisatie van het watersysteem door vis verliep traag. Doordat predatie door vis ontbrak, konden zich gedurende deze periode ook grote dichtheden van de Aasgarnaal ontwikkelen. Deze ontwikkeling heeft mogelijk ook bijgedragen aan de verschuiving van *D. galeata* naar *D. pulex*, omdat *D. pulex* als prooi te groot is voor de Aasgarnaal.

Mede door deze ontwikkelingen kon na het eerste jaar een zeer talrijke populatie aan groot zoöplankton tot ontwikkeling komen en in stand blijven. De zoöplanktonpopulatie was in staat om, ondanks de relatieve hoge nutriëntengehaltes, de ontwikkeling van fytoplankton (en daarmee ook de potentiële vertroebeling) te onderdrukken. Blauwalgen kwamen op dat moment nog niet in hoge dichtheden voor (Breukers *et al.*, 1996).

Berekeningen met het algenmodel DBS laten zien dat de waargenomen ontwikkeling van de algen alleen verklaard kan worden als gevolg van een hoge predatiedruk door het zoöplankton (Michielsen, 1996). Het gevolg van deze ontwikkelingen was dat in 1990, met een waarde van 3,2 meter, het hoogste doorzicht sinds de afsluiting gemeten werd (figuur 3.4).

In 1990 vindt een omslag in de ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer plaats. Vanaf dit jaar begint het doorzicht geleidelijk af te nemen. In de jaren tot 1996 kan deze afname voornamelijk worden toegeschreven aan een toename van de chlorofylconcentratie (figuur 3.5). Vooral de ontwikkeling van de populatie planktivore vis is, door zijn negatief effect op de hoeveelheid groot zoöplankton, bepalend geweest voor de omslag in de ontwikkeling (Breukers *et al.*, 1996). De kleinere soorten zoöplankton zijn namelijk niet in staat voldoende graasdruk op de algen uit te oefenen. Daarnaast is het mogelijk ook zo dat verontreinigingen in de vorm van bestrijdingsmiddelen een toxische uitwerking hebben op het zoöplankton. De zomermaanden van de laatste jaren worden dan ook gekenmerkt door een bloei van kiezelwieren in het voorjaar en blauwalgenbloei gedurende de zomerperiode die gedurende steeds langere perioden optreedt. De belangrijkste vertegenwoordigers onder de blauwalgen zijn *Microcystis* sp., *Aphanizomenon* sp. en *Anabaena* sp.. De blauwalgen bezitten toxische stoffen waardoor ze minder efficiënt begraasd worden door het zoöplankton. Deze stoffen oefenen daarnaast een remmende werking uit op het functioneren, de groei en de reproductie van het zoöplankton. Vanaf 1996 is de toename van de hoeveelheid algen niet meer de enige factor die de afname van het doorzicht verklaart. Het is zelfs zo dat ondanks een lager gemiddeld chlorofylgehalte het doorzicht verder is

afgenomen. Werd tot 1995 de ontwikkeling van het doorzicht nog voor 90 tot 100% door het chlorofylgehalte bepaald, in 1999 is dit aandeel nog slechts 50% (figuur 3.5). Waarschijnlijk is een toename van de hoeveelheid zwevende stof verantwoordelijk voor deze afname van het gemiddeld doorzicht. Een toename van de hoeveelheid zwevende stof kan plaatsvinden door de resuspensie van bodemmateriaal en/of materiaal afkomstig van oeverafslag. Resuspensie wordt veroorzaakt door het samengaan van een aantal factoren als inrichtingswerkzaamheden, scheepvaart, benthivore vissen en de werking van wind en golven. Als mogelijke oorzaken van de verhoogde resuspensie kunnen worden genoemd de onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Mark/Dintel volgend op de instelling van het interim peilbeheer, de inlaat van Maaswater in het Mark/Dintel systeem om tegendruk te bieden aan de instroom van blauwalgen gedurende perioden van algenbloei, de omwoeling van de bodem door benthivore vis en de achteruitgang van het areaal waterplanten. In welke mate elk van deze componenten bijdraagt aan de versnelde afname van het doorzicht is nog onbekend.

De ontwikkeling van waterplanten begon pas in 1989 goed op gang te komen. Nadat de eerste zoetwatersoorten zich hadden gevestigd, verliep de verdere uitbreiding, dankzij het grote doorzicht, voorspoedig. In 1992 werd het hoogste bedekte oppervlak met waterplanten geregistreerd (figuur 3.9). Tegelijkertijd met de ontwikkeling van het areaal waterplanten namen ook de aantallen herbivore watervogels toe (figuur 3.13). Vanaf 1992 nemen de bedekking met waterplanten en de aantallen herbivore watervogels echter weer af. De bedekking met waterplanten in de gedeelten dieper dan één meter is zelfs met meer dan de helft teruggelopen (Breukers *et al.*, 1996). Deze afname van de bedekking is tot 1996 voornamelijk toe te schrijven aan de afname van het doorzicht. Daarnaast veroorzaakt de sterk bodem-gerichte visgemeenschap door de omwoeling van de bodem en de voedselopname transport van nutriënten vanuit de bodem naar het water, waardoor het eutrofe karakter van het meer zich verder stabiliseert. Dit heeft in combinatie met mechanische verstoring mogelijk ook een negatieve invloed gehad op de ontwikkeling van waterplanten (ten Winkel & Meulemans, 1984; Breukelaar *et al.*, 1993). Het is niet ondenkbaar dat wanneer het systeem nog enkele jaren langer helder was geweest, de ontwikkeling in een andere richting was verlopen. In het Veluwemeer, dat zich recent heeft ontwikkeld tot een helder watersysteem, kwamen (mede vanwege het grote oppervlak ondiep-water) bijvoorbeeld op grote schaal kranswieren tot ontwikkeling. De ontwikkeling van kranswieren is vermoedelijk van invloed op de stabilisatie van een helder watersysteem (Meijer *et al.*, 1999). De kranswieren konden zich in het Veluwemeer op grote schaal ontwikkelen doordat enerzijds vanuit de historie van dat gebied een ruim aanbod aan sporenmateriaal in de bodem aanwezig was en anderzijds de brasemstand door beroepsvissers systematisch werd gereduceerd (Meijer *et al.*, 1999). In het (diepere) Volkerak-Zoommeer was echter nog geen sprake van grootschalige kranswierontwikkeling, noch was er sprake van een sterke bevissing van bodemwoelende Brasem. Een directe vergelijking van de ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer met die van de Veluwerandmeren is echter, vanwege de verschillen in de morfologie van deze meren, moeilijk te maken.

Tot 1992 was de ontwikkeling van de macrofauna beperkt. Vanaf 1992 zijn de aanwezige populaties van muggenlarven, wormen, slakken en Driehoeksmosselen in dichtheid meer dan verdubbeld (figuur 3.10). Dat

de ontwikkeling aanvankelijk zo traag op gang kwam, heeft waarschijnlijk voornamelijk te maken met voedselbeschikbaarheid en in mindere mate met populatiedynamiek. Door de sterke dominantie van *D. pulex* tot 1992 werd namelijk een groot deel van de algenproductie geconsumeerd.

Hierdoor kwam slechts een gering aandeel als dood materiaal op de bodem terecht, waar het voedsel kon vormen voor de bodemfauna. Vanaf het moment dat de graasdruk door zoöplankton afnam, is er op nagenoeg alle fronten een verdere ontwikkeling in de bodemfauna te zien (Breukers *et al.*, 1996). De mosselen hebben zich inmiddels ontwikkeld tot dichtheden die vergelijkbaar zijn met de dichtheden in het zuidelijk deel van het IJsselmeer. Door de ontwikkeling van de bodemfauna kwam er ook meer ruimte voor benthivore vis en vogels.

De benthosetende vogels volgden de ontwikkeling van de macrofauna op de voet. Zowel Kuifeend als Meerkoet namen geleidelijk in aantal toe tot 1992. In dat jaar verdubbelt hun aantal ineens en ze blijven daarna in vrij constante aantallen aanwezig in het Volkerak-Zoommeer. In vergelijking met IJsselmeer zijn de aantallen per ha vrij hoog en moet de predatiedruk op de aanwezige mosselen aanzienlijk zijn. Er wordt geschat (Breukers *et al.*, 1996) dat per jaar circa 50% van de productie geconsumeerd wordt. In het IJsselmeer is dat maximaal 25% (de Leeuw, 1997).

Zoals reeds genoemd kwam de kolonisatie van het meer door vis in de eerste jaren vrij traag op gang (figuur 3.11). Het visbestand werd in de beginjaren voornamelijk bepaald door Baars, Snoekbaars en Pos (Witteveen + Bos, 1990-1995; Breukers *et al.*, 1996). Dat stekelbaars het in ieder geval na het eerste jaar liet afweten, heeft waarschijnlijk te maken met de migratie van deze vis, die in het voorjaar van 1988 belemmerd werd door de dam. Voor Baars en Snoekbaars was de Aasgarnaal gedurende deze periode een belangrijkste prooi. Baars bereikte met een dieet bestaande uit Aasgarnaal en *D. pulex* zelfs één van de hoogste groeisnelheden in Europa (Houthuizen *et al.*, 1993). Voor Snoekbaars werd Pos steeds belangrijker als prooivis.

Brasem en Blankvoorn hadden meer moeite om zich te ontwikkelen. Deze karperachtige soorten komen, in tegenstelling tot de baarsachtigen, als larve niet in het open water voor, maar blijven in de oeversgebieden. Hierdoor werden deze soorten maar mondjesmaat binnengevoerd met het ingelaten water (Ligtvoet *et al.*, 1991). In 1991 kon Blankvoorn voor het eerst in het meer zelf paaien, omdat toen zowel mannetjes als vrouwtjes voor het eerst geslachtsrijp waren. Reeds een jaar later leidde dit tot een sterke recruitering van deze soort. Hoewel er al een redelijke stand aan Baars en Snoekbaars was, was dit niet voldoende om deze recruitering sterk af te dempen. Door het gestegen prooiaanbod kon de snoekbaarspopulatie zich verder ontwikkelen en kon Baars ook vis in zijn menu opnemen (van Beek, 1992).

De sterke jaarklasse van Blankvoorn in 1992 was er de oorzaak van dat de grote *D. pulex* verdween en vervangen werd door *D. galeata*. Hierdoor viel er een belangrijke voedselbron voor Baars weg en nam de biomassa van deze roofvis, ondanks de toename in visprooien, af. Door het verdwijnen van *D. pulex* verminderde de graasdruk op het fytoplankton en werd het meer troebeler, waardoor de omstandigheden voor Baars ongunstiger werden. Anderzijds stimuleerden de troebele omstandigheden de ontwikkeling van de populaties Snoekbaars en Brasem (figuur 3.11). Vanaf 1994 zijn de eerste Brasems geslachtsrijp geworden en kon autochtone recruitering plaatsvinden. Mede hierdoor nam het brasembestand snel toe en was de ontwikkeling ervan min of meer onafhankelijk geworden van aanvoer uit het Haringvliet. De grote Brasem die inmiddels aanwezig is, is niet inte-

ressant als prooivis voor de piscivore watervogels en de aanwezige roofvispopulatie. Hierdoor is de graasdruk op het zoöplankton in de loop der jaren alleen maar verder gestegen, waardoor de groei van het fytoplankton steeds minder efficiënt wordt afgeremd. Dit is mede tot uiting gekomen in het op steeds grotere schaal en gedurende langer wordende perioden optreden van blauwalgenbloei en de daarmee gepaard gaande afname van het gemiddelde doorzicht tijdens de zomerperioden van de laatste vier jaar.

Door de afname van het roofvisbestand en de sterke toename van de overige vissoorten, nam de verhouding tussen roofvis en de overige vissoorten verder af (figuur 3.11). De inspanningen die zijn geleverd om de ontwikkeling van de hoeveelheid roofvis in het meer te stimuleren, zoals het uitzetten van jonge Snoek en het inrichten van een paaigebied voor Snoek op de Dintelse Gorzen, hebben deze ontwikkeling niet kunnen stoppen (Schep, 1997). Hierdoor is het roofvisbestand tot op heden niet in staat geweest om de ontwikkeling van de witvispopulatie te reguleren.

Net als de benthivore vogels de macrofauna-ontwikkeling volgden, volgden de piscivore vogels de ontwikkeling van de visstand. Dit was voornamelijk het geval voor Aalscholver en Fuut, maar in het begin zeker ook voor Middelste Zaagbek (van Nes & Martejn, 1991). Een mogelijke verklaring hiervoor is, zoals reeds eerder genoemd, een explosieve ontwikkeling van stekelbaars, die ook in andere meren gesignaleerd is (Binnen-Schelde en Markiezaat). In de zomer van 1992 waren Futen weer zeer talrijk aanwezig als gevolg van de sterke recruitering van witvis in dat jaar. Ook het bezoek van Aalscholwers nam vanaf dat moment verder toe. De laatste soort had al een redelijk prooiaanbod in de vorm van Baars en Snoekbaars, die voor Futen te groot waren. Doordat er nu geleidelijk ook meer Blankvoorn en Pos aan toegevoegd werd, kwam er ook meer ruimte voor Aalscholwers. De zichtdiepte nam weliswaar af tot 1-2 meter, maar dit was geen probleem voor de vogels. De geschatte consumptie van beide soorten is aanzienlijk (circa 50 kg/ha; Breukers *et al.*, 1996) en is ruim tweemaal zo hoog als in het IJsselmeer. Het is dan ook niet onwaarschijnlijk dat een dergelijke predatiedruk een invloed heeft op de kwantitatieve ontwikkeling van de visgemeenschap (zie intermezzo).

PISCATOR, een modellering van de ontwikkeling van de visstand

Een manier om het effect van de vogels op de ontwikkeling van de visstand te benaderen is door modellering met PISCATOR (van Nes, 1999; Lammens, 1996; Lammens, 1999). Het model is gecalibreerd op basis van de gemeten visbiomassa en grootte-samenstelling van de afzonderlijke vissoorten (Witteveen + Bos, 1999) en neemt de dagelijkse consumptie door vogels (zie Noordhuis, 1997) als randvoorwaarde mee. De gemodelleerde visbiomassa is minder grillig dan de gemeten biomassa, maar benadert het verloop en de samenstelling van het werkelijke visbestand vrij goed: een sterke dominantie van Baars en Pos in het begin en een geleidelijke toename van Brasem en Snoekbaars. Blankvoorn stabiliseert en Baars neemt geleidelijk af (figuur 1).

Om het effect van de piscivore vogels te bepalen is de uitvoering van een modelsimulatie van de ontwikkeling van de visstand, zonder dat de vogels vis consumeren, de best mogelijke benadering. Het blijkt dat de vogels een sterk vertragend effect kunnen hebben op de ontwikkeling van de visstand. In afwezigheid van de predatie door vogels zou de vis-

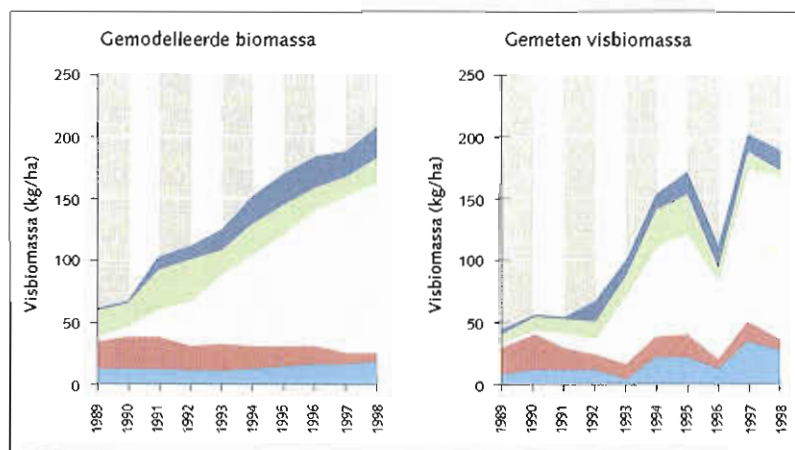
stand zich, volgens de modelberekeningen, bijna anderhalf maal zo snel ontwikkeld hebben (figuur 2). Dit effect treedt op ondanks het feit dat aanzienlijke hoeveelheden Baars geconsumeerd worden die voor een belangrijk deel roofvis zijn. De hoge jaarlijkse sterfte van Baars en van Blankvoorn wordt veroorzaakt door de predatie door Futen, Aalscholvers, Snoekbaars en Baars.

Omdat de vogels al in een vroeg stadium van ontwikkeling aanwezig waren, was het effect veel groter dan wanneer ze pas gearriveerd zouden zijn als de visstand zijn maximale biomassa had bereikt.

Figuur 1

Gemeten en gemodelleerde visstandsontwikkeling in het Volkerakmeer. De modellering is uitgevoerd met PISCATOR.

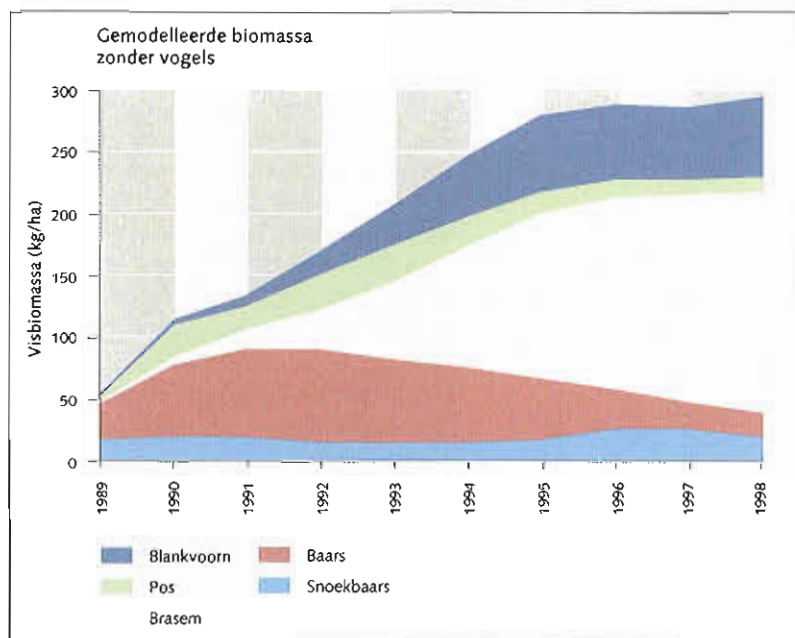
Measured and simulated development of fish stock in lake Volkerakmeer. The model PISCATOR was used for the calculations.



Figuur 2

De ontwikkeling van de visstand in Volkerakmeer gesimuleerd zonder predatie door vis-etende vogels. De modellering is uitgevoerd met PISCATOR.

The simulated development of the fish stock in lake Volkerakmeer without the effect of predation by fish-eating waterbirds. The model PISCATOR was used for the calculations



3.7.2 *Invloed van menselijk gebruik op de ontwikkeling van het watersysteem*

De autonome ecologische ontwikkeling van het watersysteem staat ook nadrukkelijk onder invloed van het menselijk gebruik. Het gaat hierbij met name om de functies (beroeps)scheepvaart, (beroeps)visserij en watervoorziening ten behoeve van de landbouw. Zowel beroepsscheepvaart als recreatievaart kunnen in potentie leiden tot allerlei vormen van verstoring, waaronder het verstoren van broed-, rust- of foerageergebieden van vogels. Bovendien kunnen de wensen van de scheepvaart ten aanzien van bijvoorbeeld vaardiepte, aanleiding zijn tot inrichtings- of onderhoudsmaatregelen die van invloed zijn op het ecologisch functioneren.

Met de fysieke scheiding van de hoofdfuncties scheepvaart en natuur in respectievelijk de diepe delen en de ondiepe delen is een redelijk goed functionerende ruimtelijke zonering tot stand gebracht tussen beroepsscheepvaart en de meeste recreatievaart enerzijds en de voor verstoring gevoelige natuurwaarden anderzijds. De vaardiepte in het centrale deel van het Volkerak-Zoommeer is dankzij de aanwezigheid van de voormalige getijdegeul zo groot dat er, ondanks de netto sedimentatie, voorlopig geen noodzaak zal bestaan om de vaargeul te verdiepen. Wel zijn in 1998 in het Volkerakmeer baggerwerkzaamheden verricht om de vaarweg te verbreden. Daarnaast hebben, in verband met de instelling van het interim-peilbeheer, in 1996 onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Mark en de Dintel plaatsgevonden. Mogelijk hebben deze werkzaamheden tijdelijk een toename van de hoeveelheid zwevende stof in het Volkerak-Zoommeer veroorzaakt. Gegevens hierover zijn vooralsnog niet beschikbaar. De oorzaak van de verhoogde PAK-gehalten in het Volkerak-Zoommeer is vooralsnog onbekend, maar moet worden gezocht in een interne bron in het Volkerak-Zoommeer, aangezien een stijging van deze stoffen niet werd waargenomen in de aanvoerende rivieren. Lozingen door de scheepvaart (olie, spoelwater) lijken de meest aannemelijke oorzaak te zijn.

De invloed van de visserij in het Volkerak-Zoommeer is van beperkte omvang, aangezien er niet op grote schaal wordt gevist (Klein Breteler, 2000). Vooralsnog heeft er alleen op beperkte schaal aalvisserij plaatsgevonden. In de afgelopen jaren is er daarnaast sprake geweest van Snoekbaars stroperij (mondelijke mededeling W. de Vos, RWS directie Zeeland). Hoewel het vermoedelijk om grote hoeveelheden vis gaat, is de precieze omvang van de stroperij moeilijk in te schatten. Het is niet uit te sluiten dat de illegale vangst van Snoekbaars van invloed is geweest op de ontwikkeling van de roofvisstand in het meer. Indien dit het geval is geweest, heeft dit mogelijk bijgedragen aan een versnelde recrutering van witvis met alle reeds genoemde gevolgen van dien.

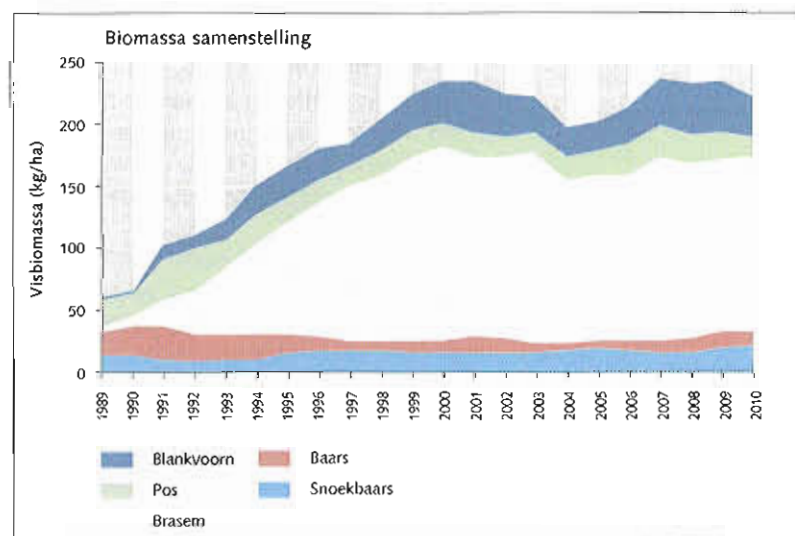
Al met al lijken de meeste vormen van gebruik voornamelijk indirect van invloed te zijn geweest op de ecologische ontwikkelingen die zich tot dusver in het watersysteem van het Volkerak-Zoommeer hebben afgespeeld. De gemaakte afspraken ten aanzien van de verschillende water-gebonden functies kunnen niettemin ingrijpende consequenties hebben voor de ecologische ontwikkeling van het watersysteem. Zo is met betrekking tot de beroepsscheepvaart in een internationale overeenkomst met België vastgelegd dat er een getijvrije doorvaart van Antwerpen naar Rotterdam gegarandeerd blijft. Ten aanzien van de functies landbouw en scheepvaart zijn daarnaast randvoorwaarden gesteld met betrekking tot de maximaal toelaatbare chlorideconcentraties (watervoorziening landbouw) en het peilbeheer (watervoorziening landbouw en vaardiepte scheepvaart).

Deze randvoorwaarden zijn sterk bepalend geweest voor de richting waarin de autonome ontwikkeling van het watersysteem sinds de afsluiting is verlopen. Daarnaast zijn deze randvoorwaarden van grote invloed op de keuzemogelijkheden ten aanzien van mogelijke maatregelen om de ecologische potenties van het watersysteem in de toekomst te versterken.

3.7.3 Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van het watersysteem

Ten aanzien van de toekomstige autonome ecologische ontwikkeling mag worden verwacht dat het watersysteem zich verder zal ontwikkelen in de richting van een relatief troebel, eutroof systeem. De belangrijkste oorzaak voor deze ontwikkeling is de aanvoer van grote hoeveelheden nutriënten, via de West-Brabantse rivieren en het Hollandsch Diep. Een verdergaande significante reductie van de aanvoer van voedingsstoffen is in de nabije toekomst niet te verwachten.

Berekeningen met het model PISCATOR (uitgaande van gegevens van de najaarsbemonstering; Witteveen + Bos, 1990-1999) laten zien dat bij een verdere autonome ontwikkeling de totale visbiomassa nog enigszins kan toenemen om tussen 200 en 250 kg/ha te stabiliseren. Met name de biomassa aan Brasem zal nog wat verder kunnen toenemen (figuur 3). De kans dat het systeem terugkeert naar de beginsituatie is nihil, omdat de kans klein is dat Brasem massaal sterft.



Figuur 3

De autonome ontwikkeling van de visstand in het Volkerakmeer. De modellering is uitgevoerd met PISCATOR.

The autonomous development of the fish stock in Lake Volkerakmeer. The model PISCATOR was used for the calculations.

Inmiddels zijn de zoöplankton-etende vissoorten zo talrijk geworden dat groot zoöplankton niet meer in staat is zich tot voldoende hoge dichtheden te ontwikkelen om de algengroei te onderdrukken. Ook de bodemwoelende vissoorten zijn sterk in aantal toegenomen. Dit zal waarschijnlijk eveneens bijdragen aan een verdergaande vertroebeling van het water. Een controle van de populatie planktivore vis via predatie door roofvis of

visetende watervogels is op korte termijn niet te verwachten. De verdergaande vertroebeling en de hoge gemiddelde waterdiepte, maken het Volkerak-Zoommeer sowieso minder geschikt voor de Snoek. Dit wordt nog eens versterkt door de afwezigheid van geïnundeerde oevervegetaties die voor deze soort als paai- en opgroeigebied essentieel zijn. Overigens kan op grond van de huidige inzichten inmiddels worden gesteld dat de rol van Snoek in het bereiken van het streefbeeld van een helder-watersysteem in een meer als het Volkerak-Zoommeer beperkt zal zijn.

Predatie van planktivore vis door visetende vogels blijft in de regel beperkt tot de kleinere soorten en zelfs hiervan kunnen de vogels slechts een zeer gering deel oogsten (van Eerden & Voslamber, 1995; Platteeuw *et al.*, 1997). Daar komt bij dat Brasem al na het eerste jaar te groot is om een goed handelbare prooi te vormen voor de grootste viseter, de Aalscholver (Voslamber, 1988; Platteeuw *et al.*, 1992; Dirksen *et al.*, 1995; Veldkamp, 1995). Al deze factoren tezamen maken de top-down controle van algenbloei vanuit het voedselweb, zoals die in de periode na afsluiting plaatsvond, in de toekomst vrijwel onmogelijk.

De autonome ontwikkelingen zoals die momenteel plaatsvinden in het Volkerak-Zoommeer gaan, zoals gezegd, in de richting van een relatief troebel, eutroof watersysteem met een hoge productiviteit aan vis en Driehoeksmosselen. Deze productiviteit zal, analoog aan de situatie in IJsselmeer en Markermeer, een blijvend hoge ecologische draagkracht voor piscivore en mosseletende watervogels tot gevolg hebben (van Eerden & bij de Vaate, 1984; van Eerden & Zijlstra, 1986). Perioden met helder water zullen minder vaak en minder langdurig optreden en blauwalgenbloei zal in de nazomer een jaarlijks terugkerend fenomeen worden. De waterplantvelden zullen vanwege het geringe doorzicht verder in omvang afnemen, waardoor zowel de draagkracht voor herbivore watervogels als de diversiteit aan macrofauna zullen teruglopen. Door de blijvend hoge productiviteit aan Driehoeksmosselen zal, net als in het IJsselmeer (Lammens, 1999), zowel de aantrekkelijke voedselbron voor duikeenden als de graasdruk op het fytoplankton gedeeltelijk in stand blijven (de Leeuw, 1997). Bij handhaving van de huidige dichtheden aan mosselen en zoöplankton zal het gemiddelde chlorofylgehalte naar verwachting vergelijkbaar blijven met de huidige waarden.

4 De ontwikkeling van de eilandjes en platen

4.1 Locatie en morfologie

Na de afsluiting is een oeverinrichtingsplan voor het Volkerak-Zoommeer opgesteld (Projectgroep POVEZ, 1988). Dit plan omvatte de aanleg van vooroeververdedigingen en eilandjes (zie figuur 2.1). De functies van de aangelegde eilanden waren:

- het tegengaan van de erosie van het achterliggende land
- het bijdragen aan de realisatie van het streefbeeld van een duurzaam helder zoetwatersysteem door de uitbreiding van de zachte oeverlengte en het areaal luw ondiep-watergebied
- het vergroten van de natuurwaarde voor het gehele Volkerak-Zoommeer.

Verspreid over het Volkerak-Zoommeer zijn op de voormalige intergetijdenplaten inmiddels 43 eilandjes aangelegd. De eilanden variëren in grootte van 0,04 tot 11,4 ha en hebben een gezamenlijke oppervlakte van 110 ha, wat ten opzichte van het totale areaal buitendijkse gronden een relatief klein oppervlak is (tabel 4.1). De totale oeverlengte van de eilandjes bedraagt ongeveer 76 km, waarvan 49 km onverdedigd is. Hiermee is de totale lengte onverharde oever in het Volkerak-Zoommeer ongeveer verdubbeld (Muller, 1996a; Rimmelzwaal *et al.*, 1998).

Reeds voor de afsluiting bevonden zich in het ondiepe water voor de Slikken van de Heen-west en de Plaat van de Vliet twee eilanden met een totaal oppervlak van 5 ha. De Prinsesseplaat beslaat met ongeveer 70 ha een groot deel van het totale areaal aan buitendijkse gronden in het Zoommeer.

Tabel 4.1

Bijdrage van de aanleg van de eilanden aan het areaal land en oeverhabitat in het Volkerak-Zoommeer.

Weergegeven is de situatie in 1995 toen 35 van de 43 eilanden waren aangelegd (Muller, 1996b).

Gebied	Areaal (ha)			
	Land ¹⁾	Plas-dras ²⁾	Ondiep water ³⁾	Zachte oever
Volkerakmeer	81	31	101	35
Zoommeer	22	10	66	10
<i>Totaal</i>	<i>103</i>	<i>41</i>	<i>167</i>	<i>45</i>
Oorspronkelijk	2000	45	1800	47
Toename	5%	91%	10% ingericht ⁴⁾	95%

1) Land: het gebied boven NAP 0 m

2) Plas-dras: het gebied tussen NAP 0 m en NAP -0,15 m

3) Ondiep water: water met een diepte tot 1 m

4) Er heeft geen toename van het areaal ondiep water plaatsgevonden, maar 10% van het oorspronkelijk aanwezige oppervlak is ingericht als potentieel opgroeigebied voor Snoek.

Naast een verdedigende functie hebben deze eilanden een belangrijke natuurfunctie. Ze zouden een bijdrage moeten leveren aan het bereiken

van het lange termijn streefbeeld voor het watersysteem en aan de vergroting van de natuurwaarde van het hele Volkerak-Zoommeer (Iedema, 1992). Door de uitbreiding van de lengte onverharde oever en de aanwezigheid van geleidelijke overgangen van water naar land en luw gelegen ondiep-watergebieden worden kansen gecreëerd voor de ontwikkeling van helofytenvegetaties. Deze vegetaties zouden onder andere geschikt zijn als paai- en opgroei gebied voor vis- en macrofaunasoorten. Daarnaast biedt de geïsoleerde ligging van de eilanden in combinatie met de ijle begroeiing en het ontbreken van grondpredatoren een gunstig biotoop voor watervogels en kustbroedvogels als foerageer-, rust-, broed- en rui gebied (Muller, 1996a).

De ecologische ontwikkeling op de aangelegde eilanden wordt in sterke mate bepaald door het gevoerde beheer en verschillende abiotische factoren als chloride- en lutumgehalte en hydrologie. Op de meeste eilanden wordt door de beherende instanties een zogenaamd 'nul-beheer' toegepast, wat er op neer komt dat een natuurlijke ontwikkeling wordt nagestreefd. De ontziltling van de bodem is na de afsluiting één van de belangrijkste sturende processen geweest in de ecologische ontwikkeling van de hoger gelegen delen van de eilanden en platen.

4.2 Bodemeigenschappen en ontziltling

Voor wat betreft de bodemgesteldheid is vooral het chloridegehalte een belangrijke factor voor de ecologische ontwikkeling van de eilanden en platen in het Volkerak-Zoommeer. Hoewel het water van het Volkerak-Zoommeer reeds binnen een jaar tijd zoet was, is in de bodem plaatselijk nog veel zout aanwezig. Ontziltling kan optreden door de uitspoeling van chloride door zoet water. In de directe nabijheid van de waterlijn is het chloridegehalte over het algemeen het laagst. De snelheid waarmee de bodem ontzilt is van belang voor de ecologische ontwikkeling op de hoger gelegen gronden. De ontziltlingssnelheid wordt voor een groot deel

.....
foto 9

Een voorbeeld van een kunstmatig natuureiland in het Volkerakmeer.



bepaald door het bodemtype (zie figuur 5.1 en figuur 6.1). Het sediment waarmee de eilanden werden opgespoten bestond uit gebiedseigen, geroerde grond. Het opgespoten sediment was zandig en bevatte nog veel chloride. Tijdens het opspuiten van het zand is waarschijnlijk reeds veel chloride uitgespoeld (Slager & Groen, 1995). Omdat het een zandige bodem betrof verliep de ontzilting, vanwege de goede doorlatendheid, snel. Alleen op delen van de eilanden waar ophoping van fijner materiaal plaatsvond, was de bodem dichter, waardoor het langer zout bleef. De chlorideconcentratie van de bodem van een achttal aangelegde eilanden werd in 1994 gemeten (Slager & Groen, 1995). Hoewel er sprake was van variatie tussen de verschillende eilanden, was de concentratie in de bovenste tien centimeter bijna overal lager dan 1,5 g/l. De chlorideconcentratie nam over het algemeen toe met de diepte in het bodemprofiel. Hierdoor kan de chlorideconcentratie in de bovenste bodemlagen bij aanhoudend droog weer nog aanzienlijk stijgen als gevolg van opwaarts zouttransport. Pas bij ontzilting tot een diepte van 0,80 m zal de invloed van chloride op de vegetatie-ontwikkeling minimaal zijn. Het kan, afhankelijk van het bodemtype (zie figuren 5.1 en 6.1), echter nog geruime tijd duren voordat op alle eilanden ontzilting tot deze diepte heeft plaatsgevonden.

4.3 Vegetatie-ontwikkeling

4.3.1 Waterplanten

De ondiep-watergebieden rond de eilanden zijn in potentie geschikt voor de ontwikkeling van waterplanten (Muller, 1996b). Met name de ondiep-watergebieden achter de vooroeververdedigingen lijken gunstig te zijn voor de vestiging van submerse watervegetatie (van Dam 1994; 1995; Remmelzwaal *et al.*, 1998). Nadelig voor de ontwikkeling van waterplanten op deze locaties zijn hoge bedekkingen van macroalgen. Deze kunnen de uitbreiding van waterplanten belemmeren.

Ten aanzien van de ontwikkeling van submerse waterplanten in de omgeving van de eilanden kan worden gesteld, dat deze niet afhankelijk lijkt te zijn van de leeftijd van het eiland. Van groter belang voor de aanwezigheid van waterplanten zijn waarschijnlijk factoren als expositie ten opzichte van de wind, golfwerking, bodemsamenstelling en de begrazing door herbivore watervogels.

4.3.2 Overige vegetatie

In 1995 vond een vegetatiekartering plaats op 25 van de 35 aangelegde eilanden die op dat moment al waren gerealiseerd in het Volkerak-Zoommeer (De Groene Ruimte, 1995). In totaal werden hierbij 114 plantensoorten aangetroffen verdeeld over 27 verschillende vegetatietypen die in drie hoofdgroepen werden ingedeeld (tabel 4.2).

Aangezien de aanleg van eilanden altijd op een vergelijkbare manier plaatsvond, werd aangenomen dat eilanden van dezelfde leeftijd een vergelijkbare ecologische ontwikkeling hebben doorgemaakt. Op basis hiervan werden de eilanden in 6 leeftijdsgroepen ingedeeld. Daarnaast werd ook een natuurlijk eiland gekarteerd dat reeds negen jaar in ontwikkeling was. Op deze manier werd de vermoedelijke vegetatie-ontwikkeling van de eilanden vanaf het eerste jaar na aanleg tot het zesde jaar na aanleg gereconstrueerd (De Groene Ruimte, 1995; Muller, 1996b). De relatieve

abundantie van de verschillende onderscheiden vegetatiegroepen was afhankelijk van de leeftijd van het eiland (tabel 4.2B). Aangezien tijdens het opspuiten van de eilanden waarschijnlijk al veel zout uit de bodem was gespoeld en de zandige bodem goed doorlatend was, verliep de ontzilting van de eilanden snel. Hierdoor week de vegetatie-ontwikkeling op de eilanden enigszins af van die van de oevers van het Volkerak-Zoommeer. Op de eilanden kwamen naast de zilte/brakke pioniervegetaties met name zoete pioniervegetaties tot ontwikkeling. Op de jongere nog gedeeltelijk onbegroeide eilanden komen voornamelijk pioniervegetaties voor, terwijl op de oudere eilanden droge graslanden dominant aanwezig zijn. In tabel 4.3 wordt de vegetatie-ontwikkeling in de tijd specifieker beschreven.

Tabel 4.2
Overzicht van de verschillende vegetatie hoofdgroepen en groepen op de aangelegde eilanden van het Volkerak-Zoommeer in 1995 (A). De relatieve verdeling van de onderscheiden groepen op de aangelegde eilanden van verschillende leeftijd (B).
Bron: De Groene Ruimte, 1995.

(A)

Hoofdgroep	Groep
Pioniervegetaties	- brakke pioniervegetatie - zoete pioniervegetatie
Vochtige vegetaties	- oevervegetatie - vochtig grasland
Droge vegetaties	- wilg - droge graslanden

(B)

Leeftijd eiland (jaar)	Abundantie per groep (%)					
	pioniervegetatie brak	zoet	oever-vegetatie	vochtig grasland	wilg	droog grasland
1	1	27	0	2	1	0
2	7	22	3	63	4	0
3	25	12	9	39	4	11
4/5	8	6	22	31	0	32
6	0	1	17	5	1	76
9	0	0	33	0	24	42

Op het natuurlijke eiland dat na de afsluiting permanent droogviel vond een min of meer natuurlijke successie plaats. Inmiddels wordt er geen pioniervegetatie meer aangetroffen. Na negen jaar ontwikkeling bepalen wilgenstruweel, Riet en duinrietvegetatie het beeld.

De kolonisatie van de eilandoevers met helofyten verliep niet zo snel als gehoopt (De Groene Ruimte, 1995). Tabel 4.4 laat de ontwikkeling van het areaal helofyten op de aangelegde eilanden zien van 1995 tot 1998. Het areaal helofyten op de eilandoevers nam toe van 0,3 ha in 1995 tot 2,5 ha in 1998 (De Groene Ruimte, 1998). Met name Riet en in mindere mate Heen breidden zich gedurende deze periode uit.

Tabel 4.3

Beschrijving van de vegetatie op aangelegde eilanden van verschillende leeftijden. De ontwikkeling wordt gekenmerkt door een min of meer natuurlijke successie. De gegevens zijn afkomstig van een in 1995 uitgevoerd onderzoek op 25 eilanden (De Groene Ruimte, 1995).

Leeftijd eiland (jaren)	Vegetatiebeschrijving
1	De eilanden zijn nog grotendeels kaal (70%). Langs de oevers wordt naast de zilte/brakke pionier-vegetaties voornamelijk een zoete pioniervegetatie aangetroffen met soorten als Moerasandijvie, Slaartrekkende boterbloem, Goudzuring en Zeegroene ganzenvoet. Op een aantal plaatsen vindt wilgenopslag plaats.
2	Aandeel zoete pioniervegetatie op deze eilanden is minder. Naast deze pioniervegetatie worden veel soorten van vochtige graslanden aangetroffen, met name vegetaties met Moeraszuring en Reukeloze kamille domineren de hogere delen van de eilanden. De stortstenen oevers zijn begroeid met Goudzuring en Moeraszuring.
3	Langs de oevers van de eilandjes hebben de zilte pioniervegetaties de echte zoute vertegenwoordigers als zeekraal verloren. Vochtige graslanden met soorten als Zulte, Zilte greppelrus, Fraai duizendguldenkruid en Bleekgele droogbloem komen voor. Daarnaast worden op de iets hoger gelegen delen rietvegetaties aangetroffen. Naast de grazige vegetaties zijn wilgenstruwelen met grote wilgen aanwezig.
4/5	Langs de oevers zijn de oevervegetaties met Moeraszuring vervangen door een hoog opgaande rugtevegetatie met soorten als Harig wilgenroosje. Op de stortstenen oevers komt nog Moerasandijvie voor. De soorten uit het zilte milieu zijn grotendeels verdwenen. Alleen onder begraasde condities kan het vochtig grasland (zie jaar 3) zich op grotere schaal handhaven. Over het algemeen bestaat de vegetatie uit soorten van een zoet, voedselarm milieu. Op de hoger gelegen delen bepalen wilgen en droge graslanden met Duinriet als dominante soort het beeld.
6	De vegetatie is vergelijkbaar met die van eilanden met een leeftijd van 5 jaar. Op wat Moerasandijvie na zijn vrijwel alle pioniervegetaties verdwenen. De vegetatie bestaat voor het grootste deel uit droog grasland van alle typen. Wilgenstruwelen zijn hier en daar teruggezet waardoor er voornamelijk een vegetatie met Duinriet en wilg is te vinden.

Tabel 4.4

Totale oppervlakte helofyten op de oevers van de aangelegde eilanden. De oppervlaktes zijn berekend op grond van karteringen op 20 locaties verspreid over de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer (De Groene Ruimte, 1998).

Soort	Oppervlakte (m ²)			
	1995	1996	1997	1998
Grote lisdodde	9	8	639	29
Heen	275	1.695	3.876	3.075
Mattenbies	0	0	0	37
Riet	25	2.319	20.233	22.447
Ruwe bies	48	54	905	102
Overige soorten	5 (2) ¹	0	18 (2) ¹	49 (2) ¹
<i>Totaal</i>	362	4.076	25.671	25.739

¹(): aantal soorten

4.4 Fauna

4.4.1 Macrofauna

De aquatische macrofauna in de nabijheid van de eilanden komt waarschijnlijk in grote mate overeen met de samenstelling van de macrofauna langs de rest van de oevergebieden. Voor een uitgebreide beschrijving hiervan wordt dan ook verwezen naar paragraaf 5.4.1.

4.4.2 Vissen

Naar de samenstelling van de visstand in de ondiep-watergebieden rondom de eilanden heeft geen specifiek onderzoek plaatsgevonden. De ondiep-watergebieden rond de eilanden zijn in potentie geschikt als foeraar-, paai- en opgroeigebied voor vis. Aangenomen wordt dat de samenstelling in deze gebieden overeenkomt met de situatie in de oevergebieden (zie paragraaf 5.4.2).

4.4.3 Vogels

Uit het voorafgaande hoofdstuk moge duidelijk zijn dat de luwe gebieden rond de eilanden een grote aantrekkingskracht uitoefenen op herbivore, piscivore en benthivore watervogels. De ontwikkeling van deze vogelgroepen is reeds uitvoerig in paragraaf 3.6.3 besproken. Deze paragraaf beperkt zich dan ook tot een beschrijving van de ontwikkeling van de vogelsoorten op de eilanden zelf.

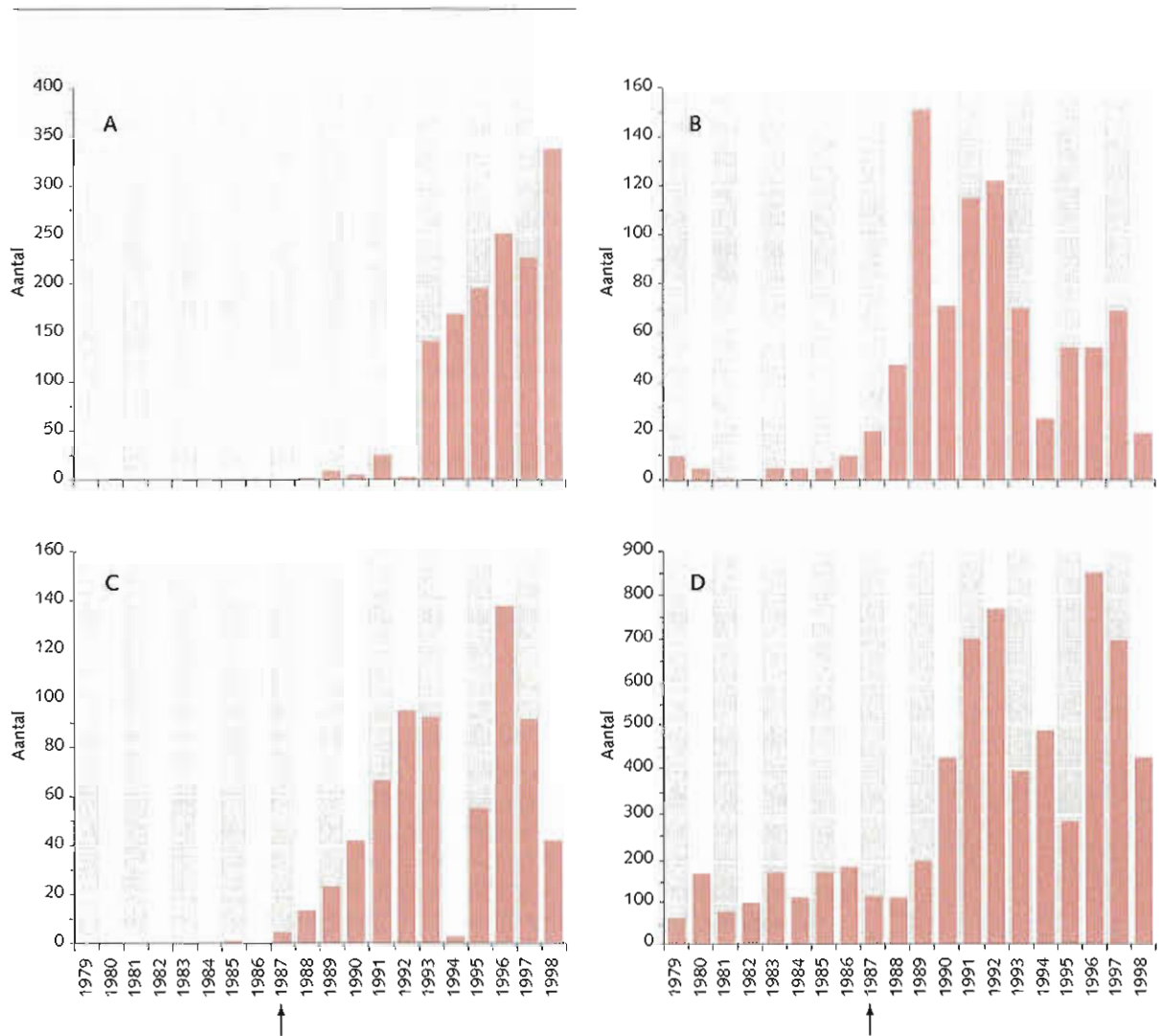
Direct na aanleg werden de eilanden gekoloniseerd door typische pioniersoorten. Van veel van deze vogelsoorten broedde een aanzienlijk deel van de totale populatie van het Deltagebied in het Volkerak-Zoommeer (Meininger *et al.*, 1993; 1999). Opmerkelijk was dat in 1992 op het eiland de Noordplaat een nest werd gevonden van de in Nederland zeldzame Dwergmeeuw. Ook in 1993 poogde deze soort te broeden op een eiland voor de Krammerse Slikken (Meininger *et al.*, 1993; 1999).

Na twee tot drie jaar zijn de meeste aangelegde eilanden, vanwege de vegetatie-ontwikkeling, minder geschikt als broedgebied voor de pioniersoorten. Koloniebroeders, waaronder de in Nederland zeldzame Zwartkopmeeuw, kunnen zich langer handhaven (figuur 4.1). In 1993 broedde al 80% van de totale Nederlandse populatie Zwartkopmeeuwen in het Volkerak-Zoommeer (Meininger *et al.*, 1993). Vooral het maaibeheer, zoals dat wordt gevoerd op de Noordplaat, bleek gunstig te zijn voor deze soort. In 1998 is de populatie Zwartkopmeeuwen van de Noordplaat verdwenen en worden de Ooltgensplaat, Hellegatsplaten en enkele andere eilanden de belangrijkste broedplaats voor deze soort (Meininger *et al.*, 1999). Op de Noordplaat broedde in 1998 een kolonie Kleine Mantelmeeuwen en Zilvermeeuwen.

foto 10

De Zwartkopmeeuw is de meest opvallende broedvogel van de eilanden in het Volkerakmeer: maar liefst 80% van de Nederlandse populatie broedde hier in 1993.





.....
Figuur 4.1
 Aantalsontwikkeling van enkele soorten kustbroedvogels:
 Zwartkopmeeuw (A), Strandplevier (B),
 Dwergstern (C), Visdief (D).
 Bron: Meininger et al., 1999.
Development of the numbers of some coastal breeding birds: Mediterranean Gull (A), Kentish Plover (B), Little Tern (C) and Common Tern (D).
 Source: Meininger et al., 1999.

Nadat in 1997 de eerste broedende exemplaren op de vooroeververdedigingen werden aangetroffen, werden in 1998 voor het eerst broedende Aalscholvers (115 paar) aangetroffen in de wilgen op de eilanden bij de Krammerse Slikken (Meininger et al., 1999).

De aanleg van de geïsoleerde Noordplaat heeft ook een aantalstoeiname van veel niet-broedvogels tot gevolg gehad, die het gebied gebruiken als foerageergebied maar ook als rui-, rust- en overwinteringsgebied (Muller, 1996b). De aantallen blijven, vanwege de geringe oppervlakte, wel gering in vergelijking met de andere deelgebieden.

De niet-pionier broedvogels vestigen zich op de eilanden vanaf het jaar dat er een geschikt broedhabitat aanwezig is. In een zich ontwikkelende rietruigte kunnen Lepelaars zich vestigen. Dit gebeurde in 1998 voor het eerst op de Slikken van de Heen.

De Prinsesseplaat is qua omvang het grootste eiland in het Volkerak-Zoommeer. De Prinsesseplaat viel in 1987 permanent droog en was vanaf dat moment beschikbaar voor broedvogels. Tijdens een inventarisatie in 1994 werden in totaal 52 soorten broedvogels geteld (Teixeira, 1995). Tevens werden ook 31 vogelsoorten waargenomen waarvan geen of onvoldoende indicatie voor broeden kon worden verkregen.

Vanwege de geringe begroeiing broedden er op de Prinsesseplaat veel soorten die karakteristiek zijn voor het open veld. Onder deze soorten is een aantal terug te vinden die ernstig bedreigd worden en derhalve op de Rode Lijst voorkomen (Osieck & Hustings, 1994). Van sommige van deze soorten broedde op de Prinsesseplaat meer dan 1% van de Nederlandse populatie. De Prinsesseplaat was in 1994 van groot belang voor Zomertaling, Kluut, Bontbek- en Strandplevier, Tureluur en Baardman. Daarnaast broedde er een aantal soorten die op de Blauwe Lijst zijn geplaatst wegens hun internationale betekenis. Dit zijn de Scholekster en de Blauwborst. Gezien de betrekkelijk grote afstand van de Noordzee is de aanwezigheid van een kolonie Zilver- en Kleine Mantelmeeuwen opvallend te noemen (Meininger *et al.*, 1999).

Tenslotte was de Prinsesseplaat van belang voor enkele zeldzame en incidentele broedvogels. Het betreft hierbij Grauwe Gans, Brandgans, Smient, Pijlstaart, Bruine Kiekendief en Grote Karekiet.

4.5 Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling

4.5.1 Integratie

In de luwe gebieden rond de eilanden en in het ondiepe water achter de vooroeververdedigingen kwamen al snel waterplanten tot ontwikkeling. Mede door de aanwezigheid van waterplanten is de macrofaunagemeenschap achter de vooroeververdediging beter ontwikkeld dan daarbuiten (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Daarnaast hebben deze waterplantrijke gebieden een belangrijke functie als paai- en opgroeigebied voor diverse vissoorten. Het gevolg hiervan is dat deze luwe gebieden een grote aantrekkingskracht uitoefenen op watervogels. De aanleg van de vooroeververdedigingen en eilanden heeft met name een positieve uitwerking gehad op de herbivore, piscivore en benthivore watervogels (zie hoofdstuk 3). Voor deze groepen vervullen de ondiep-watergebieden rondom de eilanden een belangrijke functie als rust-, overwinter-, en foerageergebied (Muller, 1996b; Nienhuis & Boudewijn, 1997). Om dezelfde redenen profiteerden met name ook de steltlopers van de aanleg van de eilanden. Zonder deze inrichtingsmaatregelen was de populatie van deze groep duidelijk verder achteruitgegaan in het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast zorgt de geïsoleerde ligging van de eilanden dat grondpredatoren als ratten en de Vos het eiland niet bereiken. Dit maakt de eilanden tot een aantrekkelijk broedgebied voor kustbroeders als plevieren, meeuwen, sterns en Kluut.

De ontwikkeling van oevervegetatie rond de eilanden bleef achter bij de verwachting. Ondanks de aanleg van 41 ha plas-dras gebied, wat in principe een optimaal milieu is voor de ontwikkeling van oeverplanten, vond langs de oevers van de eilanden geen vestiging van een geïnundeerde oevervegetatie plaats. Doordat het grootste deel van de oeverzone rond de eilanden al snel ontzilt was, was zout niet de voornaamste beperkende factor voor de groei van oeverplanten. Met name het tot 1996 gevoerde waterpeilbeheer en de begrazing door herbivore watervogels en plaatselijk ook vee, zijn de belangrijkste oorzaak van de achtergebleven ontwikkeling (Tosserams *et al.*, 1997; 1999).

Ook de implementatie van het interim-peilbeheer heeft in deze situatie geen verandering gebracht. Hoewel in het voorjaar vanwege de lagere waterpeilen een groter gebied geschikt is als kiemingsmilieu voor oeverplanten, blijven de gevestigde oeverplanten vanwege de geringe water-

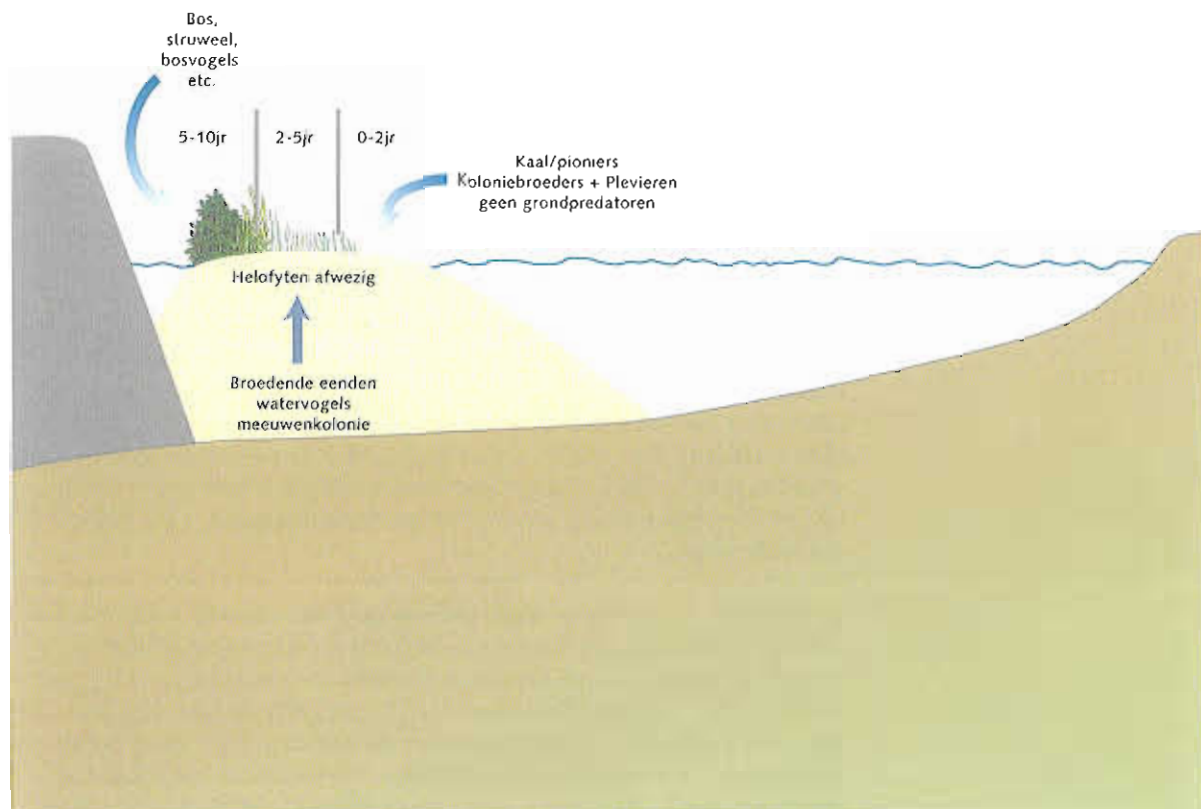
diepte het gehele jaar bereikbaar voor herbivore watervogels (Tosserams *et al.*, 1999).

Door de achtergebleven ontwikkeling van oevertvegetatie is ook de karakteristieke fauna die bij deze vegetatie hoort niet of nauwelijks vertegenwoordigd op de eilanden. Er is nagenoeg geen broedgelegenheid voor typische moerasvogels ontstaan en de ondiep-watergebieden rond de eilanden zijn momenteel nog grotendeels ongeschikt als paaigebied voor roofvis als Snoek.

Figuur 4.2

Schematische weergave van de belangrijkste componenten en relaties op de eilanden.

Scheme of the most important components and relations on the islands of Lake Volkerak-Zoommeer.



Op de hoger gelegen delen van de aangelegde eilanden vond, bij afwezigheid van actief beheer, een natuurlijke vegetatiesuccessie plaats. Aangezien de eilanden werden opgespoten, spoelde al veel van het in de bodem aanwezige zout bij aanleg uit. De pioniervegetatie die vlak na aanleg op de eilanden domineert, wordt in de loop der tijd vervangen door vegetaties uit de groep van de droge graslanden en hier en daar beginnen al wilgen tot ontwikkeling te komen.

De ontwikkeling van de aantallen en de soorten kustbroedvogels verloopt parallel aan de vegetatiesuccessie. In de eerste jaren na de aanleg vervullen de eilanden, vanwege de ijle pionierbegroeiing, een belangrijke functie voor kustbroedvogels (Meininger *et al.*, 1999).

Na enige jaren, wanneer de ijle begroeiing plaatsgemaakt heeft voor hoger opgaande vegetatietypen, vindt er ook een verschuiving plaats binnen de kustbroedvogelpopulaties. De in de eerste jaren aanwezige soorten als Kluten, plevieren en sterns verdwijnen en maken plaats voor meeuwen die minder kritische eisen stellen aan hun broedplaats (Meininger *et al.*, 1999). Na verloop van tijd worden de eilanden ook voor meeuwen minder aantrekkelijk en na het zesde seizoen lopen ook de aantallen meeuwen terug (Muller, 1996b). Door de voortgaande vegetatiesuccessie ontstaan er wel steeds meer geschikte broedplaatsen voor de Aalscholver.

4.5.2 Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de eilanden

De toekomstige ontwikkeling van het areaal waterplanten in de directe omgeving van de eilanden zal sterk afhangen van de ontwikkeling van de rest van het watersysteem. Wanneer het doorzicht verder afneemt, zal naar verwachting ook het totale areaal waterplanten teruglopen. In eerste instantie zal dit met name gebeuren op de diepere locaties, waar licht het eerst beperkend wordt voor de groei. Op de ondiepe locaties rond de eilanden zullen de waterplanten zich voorlopig nog wel weten te handhaven. Op de langere termijn zal ook hier de druk op de waterplanten naar verwachting toenemen. Dit zal mede het gevolg zijn van de grotere begrazingsdruk van herbivore watervogels die in toenemende mate afhankelijk zullen zijn van het aanbod waterplanten in de ondiep-watergebieden rond de eilanden. Daarnaast wordt de ontwikkeling van de waterplanten op deze locaties mogelijk beïnvloed door de groeiende populatie bodemwoelende vis. Deze bodemwoelende vis kan zowel indirect van invloed zijn op de ontwikkeling van waterplanten via een effect op het doorzicht maar ook direct via mechanische verstoring. Ook een toename in de omvang en duur van de blauwalgenbloei zou op den duur een negatieve uitwerking kunnen hebben op het areaal waterplanten in deze gebieden (Remmelzwaal *et al.*, 1998). De beschutte ondiep-watergebieden rond de eilanden zullen in de toekomst naar verwachting een belangrijke functie blijven vervullen als rust-, overwinter- en foerageergebied voor vele soorten watervogels.

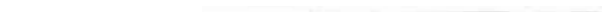
Ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling van de oevervegetatie is er ook bij voortzetting van het interim-peilbeheer niet te verwachten dat er rond de eilanden op korte termijn uitbreiding van het totale areaal geïnundeerde oevervegetatie zal plaatsvinden. Dit ondanks de aanwezigheid van periodiek droogvallende oevergebieden die in potentie een geschikt kiemingsmilieu voor oeverplanten betekenen. De maximaal toegestane peilamplitude van 0,25 m tussen zomer- en winterpeil maakt dat alle nieuw gevestigde oeverplanten goed bereikbaar blijven voor herbivore watervogels. Mogelijk zal dit er zelfs toe leiden dat het areaal oeverplanten rond de eilanden in eerste instantie zal afnemen (Tosserams *et al.*, 1999). In de nabije toekomst zullen de eilanden dan ook geen rol van betekenis spelen voor typische moerasvogels en ook niet dienen als paaigebied voor de roofvispopulatie.

De vegetatie op de eilanden zelf zal voorlopig nog volop in ontwikkeling blijven. De rol die het zoutgehalte van de bodem plaatselijk nog speelt op de vegetatiesuccessie zal in de komende jaren verder verminderen en uiteindelijk geheel verdwijnen. Op plaatsen waar een 'nul' beheer wordt gevoerd, zal de natuurlijke successie doorgaan. De pioniervegetatie wordt geleidelijk overal vervangen door droge graslanden. Vervolgens zullen de

eilanden over een periode van ongeveer 10 jaar verder verruigen tot wilgenstruweel (De Groene Ruimte, 1995). Op de langere termijn (ca. 30 jaar) zullen de eilanden gaan verbossen met als climaxvegetaties Elzenrijk Essen-lepenbos, Elzen-Vogelkersbos en Eiken-Berkenbos (Muller, 1996b).

Aangezien de aanleg van de eilanden inmiddels voltooid is, zal de functie die het Volkerak-Zoommeer momenteel nog heeft voor kustbroedvogels, mede vanwege de natuurlijke vegetatiesuccessie, langzaam maar zeker verloren gaan. Met name de functie ten aanzien van de kale-grondbroeders zal in de nabije toekomst al verdwijnen. De pionierbroedvogels zullen de komende jaren verder in aantal achteruit gaan als gevolg van de verdergaande vegetatie-ontwikkeling (Nienhuis & Boudewijn, 1997; Meininger *et al.*, 1999). De koloniebroedende vogels als meeuwen kunnen het nog enkele jaren volhouden.

Zonder beheersmaatregelen, zoals die momenteel op de Noordplaat plaatsvinden, zullen ook deze soorten uiteindelijk van de eilanden verdwijnen. Op termijn zullen vooral soorten van ruigte, struweel en bos zich op de eilanden vestigen. In dit stadium zijn de eilanden te vergelijken met de overige buitendijkse gronden en gaat hun huidige meerwaarde ten aanzien van de vogelpopulatie grotendeels verloren (Rommelzwaal *et al.*, 1998).



5 De ontwikkeling van de oeverzone

5.1 Morfologie en inrichting van de oevergebieden

Het Volkerak-Zoommeer heeft de morfologie van een getijdesysteem. Het meer bestaat uit een diepe geul met een relatief steil talud. Deze geul is omgeven door een geleidelijk hellende ondiepere zone; de zogenaamde vooroever. De oevers bestaan uit de drooggevallen delen van de voormalige slikken en platen. In het kader van deze rapportage omvat de oever alle gebieden die liggen tussen NAP +0,70 m (met een gemiddelde laagste grondwaterstand van minder dan één meter beneden het maaiveld) en NAP -2 m.

Op de oevers van voormalige getijdegebieden als het Volkerak-Zoommeer treft men over het algemeen slechts geringe hoogteverschillen aan. Alleen op plaatsen waar de getijdegeulen dicht langs de oever lopen, zoals in het zuidelijke deel van het Volkerakmeer, komen steile oevertaluds voor. In het noordelijke deel waar de geulen ver uit de oever liggen komen plaatselijk zeer flauwe oevertaluds voor (van Rooij & Groen, 1996).

De totale lengte aan onverharde oevers was vlak na de afsluiting ongeveer 47 km (Iedema, 1992). Het vrijwel stagnante waterpeil na de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer leidde tot forse afslag van de oevers langs de buitendijkse gebieden. Om deze oevererosie tegen te gaan en de natuurlijke ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer te sturen in de richting van het streefbeeld (Iedema, 1992), is een oeverinrichtingsplan opgesteld (Projectgroep POVEZ, 1988). Als onderdeel van dit plan zijn onder andere oeververdedigingen aangelegd. Het betreft hierbij zowel aanliggende oeververdediging als vooroeververdedigingen. De aanliggende oeververdediging bestaat uit stortsteen die rechtstreeks op de oevers is aangebracht. Voor het grootste deel betreft het echter vooroeververdedigingen die parallel aan de oever in het water zijn gelegd (figuur 2.1). Het voordeel van deze vooroeverdammen is dat de natuurlijke overgang van water naar land zoveel mogelijk in stand wordt gehouden. De naam vooroeververdediging geeft aan dat de dam gelokaliseerd is op de vooroever en ook een deel van deze oeverzone beschermt. Totaal is in het Volkerakmeer 26 km van deze vooroeververdedigingen en 4 km aanliggende oeververdediging aangebracht (Rommelzwaal *et al.*, 1998). De vooroeververdedigingen liggen op een diepte van 0,80 tot 0,90 m en de afstand tot de oever varieert tussen 50 en 600 m. Op de meeste locaties ligt de vooroeververdediging 100 tot 250 m van de oever.

Daarnaast zijn in het kader van het oeverinrichtingsplan, zoals reeds eerder genoemd, 43 eilandjes aangelegd. Deze zijn deels bedoeld ter bescherming van de achterliggende buitendijkse gebieden. De belangrijkste reden was naast de vergroting van het oppervlak buitendijkse gronden de vergroting van de lengte onverharde oevers in het gebied (zie 4.1).

5.2 Bodemeigenschappen van de oevergebieden

De bodemsamenstelling van de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeergebied hangt nauw samen met de hoogteligging van de gebieden. Op basis van het bodemprofiel en de hoogteligging worden deze gronden onderverdeeld in schorren, slikken en platen. Binnen deze onder-

verdeling worden vijf bodemtypen onderscheiden (van Rooij & Groen, 1996). Met betrekking tot de oever gaat het met name om de volgende drie bodemtypen:

1. grofzandig: De hoogste delen van de platen met een relatief grofzandige bodem
2. fijnzandig: De minder hooggelegen oeverdelen met een fijnzandig bodemprofiel
3. laag en vlak slik: De bodem bestaat uit lutumhoudend fijn zand. De slikken zijn vlak en geleidelijk aflopend in de richting van het meer.

Van het totale oppervlak (965 ha) van deze bodemtypen ligt 795 ha in het Volkerakmeer (tabel 5.1). Het grootste areaal bevindt zich op de Helle-gatsplaten, de Dintelse Gorzen en de Krammerse Slikken. De overige 170 ha bevinden zich in het Zoommeer.

Voor deze bodemtypen geldt dat de gemiddelde hoogteligging beneden NAP +0,70 m blijft. De laagste gemiddelde grondwaterstand komt niet lager dan één meter beneden maaiveld. De hoogste gemiddelde grondwaterstand is voor laag en vlak slik nagenoeg gelijk aan het maaiveld en voor de grofzandige en fijnzandige delen respectievelijk ongeveer 0,6 m en 0,2 m beneden maaiveld (tabel 5.2). Het lutumgehalte en het organische-stofgehalte (tabel 5.2) zijn, in vergelijking tot de hoger gelegen oevergebieden (zie tabel 6.2), laag.

Tabel 5.1

Berekende oppervlakte (in ha) van de relatief laaggelegen bodemtypen in de deelgebieden van het Volkerak-Zoommeer met behulp van GIS.
Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Deelgebied	Grofzandige delen	Fijnzandige delen	Laag en vlak slik
Helle-gatsplaten	5	140	100
Krammerse Slikken	-	20	175
Dintelse Gorzen	15	120	115
Slikken van de Heen-oost	-	-	10
Slikken van de Heen-west	-	25	20
Plaat van de Vliet	20	30	-
Prinsesseplaat	80	-	90
Totaal	120	335	510

Tabel 5.2

De gemiddelde hoogteligging, grondwaterstanden en bodemkarakteristieken van de laagstgelegen bodemtypen in het Volkerak-Zoommeer.

Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in meters ten opzichte van het maaiveld (mv).
Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Bodemtype	Hoogteligging (m t.o.v. NAP)	GHG (m t.o.v. mv)	GLG (m t.o.v. mv)	Lutum (%)	Organische stof (%)
Grofzandige delen	0,67	-0,58	-0,90	1	0,5
Fijnzandig delen	0,66	-0,17	-0,98	3	0,5
Laag en vlak slik	0,33	-0,01	-0,82	4	1

Chloridegehalte

Sinds de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer in 1987 vindt een geleidelijke ontzilting van de oevergebieden plaats. Deze ontzilting wordt geïnitieerd door een jaarlijks neerslagoverschot. Wanneer het regenwater de bodem kan indringen, wordt het zoute bodemwater verdrongen door het zoete regenwater (Groen, 1991; van Rooij & Groen, 1996). De mate van indringing van regenwater verschilt sterk voor de verschillende bodemtypen.

De ontzilting van de platen verliep het snelst op de grofzandige delen, aangezien op deze plaatsen alle neerslag optimaal kan doordringen in het bodemprofiel. Hierdoor werd het zoute grondwater verdrongen (figuur 5.1A). Locaties met dit bodemtype waren dan ook al na enkele jaren tot op grotere dieptes ontzilt.

In tegenstelling tot de grofzandige locaties, verliep de indringing van regenwater op de fijnzandige locaties minder snel, doordat een deel van het regenwater oppervlakkig afstroomt. Op locaties met dit bodemtype nam het chloridegehalte van de bodem dan ook geleidelijker af en daarnaast nam de chlorideconcentratie toe met de diepte (figuur 5.1B).

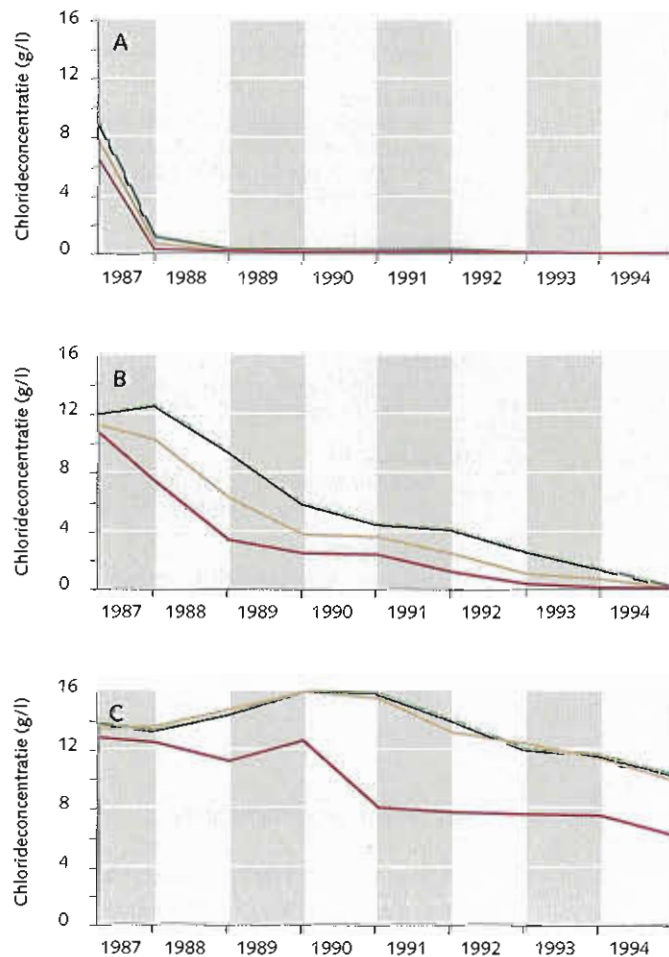
Op het lage en vlakke slik percoleert vrijwel geen neerslag, waardoor hier nog geen noemenswaardige verlaging van de chlorideconcentratie van de bodem is opgetreden (figuur 5.1C). Op de slikken kan gedurende de zomerperiode de chlorideconcentratie aanzienlijk stijgen. Deze stijging wordt veroorzaakt, doordat tijdens droge periodes chloride uit diepere bodemlagen onder invloed van verdamping en capillair transport van water in de richting van het maaiveld wordt getransporteerd. In de bovenste 0,05 m van het bodemprofiel kan hierdoor de concentratie oplopen tot 30 à 100 gCl⁻/l. Het neerslagpatroon in de zomer bepaalt dus in sterke mate de chlorideconcentratie in de bovengrond van dit bodemtype (van Rooij & Groen, 1996).

In de zone direct langs de waterlijn is de chlorideconcentratie, vanwege de continue invloed van het oppervlaktewater, over het algemeen laag. Het afwisselend droogvallen en overspoelen van oevergebieden versnelde hier waarschijnlijk het ontziltingsproces (Slager & Groen, 1995).

Figuur 5.1

Verloop van de chlorideconcentratie op drie verschillende dieptes (0,2, 0,5 en 0,8 m beneden maaiveld) voor de drie bodemtypen op de relatief laaggelegen oevergebieden. Grofzandige delen (A); Fijnzandige delen (B) en Laag en vlak slik (C). Bron van Rooij & Groen, 1996. *Progression of the chloride concentration at different depths below ground level, (0.2, 0.5 and 0.8m) for three soil types: Coarse sandy areas (A); Fine-sandy areas; (B) and the low flats (C).* Source: van Rooij & Groen, 1996.

— 0,2 m - mv
— 0,5 m - mv
— 0,8 m - mv



De bovenste 0,20 m van de waterbodem bestaat over het algemeen uit lutumhoudend zand (3 tot 8% lutum). De ontzilt van de waterbodem vindt voornamelijk plaats door diffusie. Inmiddels is de bovenste laag van het bodemprofiel (0-0,10 m) vrijwel overal ontzilt (chlorideconcentratie < 1 g/l). Op de meeste plaatsen vormt de chlorideconcentratie van de waterbodem dan ook geen belemmering meer voor de ontwikkeling van vegetatie. Alleen op plaatsen waar kwel uit het aangrenzende getijdegebied optreedt, zoals op de Plaat van de Vliet, is in de bovenlaag nog zout aanwezig. Dit geldt ook voor delen van de Hellegatsplaten waar, door de kweldruk vanuit het Haringvliet, zout grondwater in de richting van het maaiveld wordt getransporteerd.

Hoewel de waterbodem op sommige locaties al tot een diepte van 0,80 m is ontzilt, neemt de chlorideconcentratie over het algemeen nog wel toe met de diepte (van Rooij & Groen, 1996).

Tabel 5.3

Omschrijving van de 10 onderscheiden vegetatietypen op de drooggevalen oevers van het Volkerak-Zoommeer, zoals geïdentificeerd door van Rooij & Groen (1996).

Oevervegetatie:

Vegetatie met vooral Heen en Moerasandjivie. Vaak voorkomende soorten zijn Blaartrekkende boterbloem en Veerdelig tandraad.

Zilte pioniervegetatie

Open vegetatie gedomineerd door Kortarig en Langarig zeekraal, samen met Schorrenkruid, Zilte schijnsparrie en Zulte. Soms met Kweldergras of Spiesmelde.

Zilt grasland

Grasland gedomineerd door Zulte, Kweldergras en Zilte schijnsparrie. Komt voor samen met Kortarig zeekraal of Spiesmelde.

Spiesmeldevegetatie

Vegetatie gedomineerd door Spiesmelde. Ruigte- en graslandsoorten als Harig wilgenroosje, Straatgras en Reukeloze kamille komen in een lage bedekking voor.

Kruidrijk grasland

Soortenrijke grazige vegetatie met Straatgras, Veldbeemdgras en Ruw beemdgras met uiteenlopende kruiden van schrale of ruige vegetaties: Akker- en Speerdistel, Viltige basterdwederik, Kantige basterdwederik, Canadese fijnstraal, Reukeloze kamille, Harig wilgenroosje, Hoornbloem en Bleekgele droogbloem.

Schraallandvegetatie

Open, grazige vegetatie met soorten als Veldbeemdgras, Fioringras, Straatgras, Rood zwenkgras, Canadese fijnstraal, Grote weegbree, Fraai duizendguldenkruid, Klein streepzaad, Reukeloze kamille en bladmos.

Ruigtevegetatie

Hoogopschietende vegetatie, vaak met Akkerdistel, Harig wilgenroosje, Canadese fijnstraal en Kantige basterdwederik. Ook met Strandkweek, Speerdistel en Viltige basterdwederik.

Droog rietland

Vegetatie gedomineerd door Riet. Hierin soms ook ruigtekruiden of graslandsoorten, zoals Harig wilgenroosje, Akkerdistel of Fioringras in lage bedekking aanwezig.

Duinrietvegetatie

Hoogopschietende vegetatie van Duinriet met Akkerdistel, Speerdistel en Harig wilgenroosje.

Vegetatie met houtigen

Vegetatie van halfopen of gesloten struweel met soms wat lage bomen (bedekking van houtigen > 20%). Voornamelijk: Schietwilg, Katwilg, Boswilg, Duindoorn en Gewone vlier.

5.3 Vegetatie-ontwikkeling

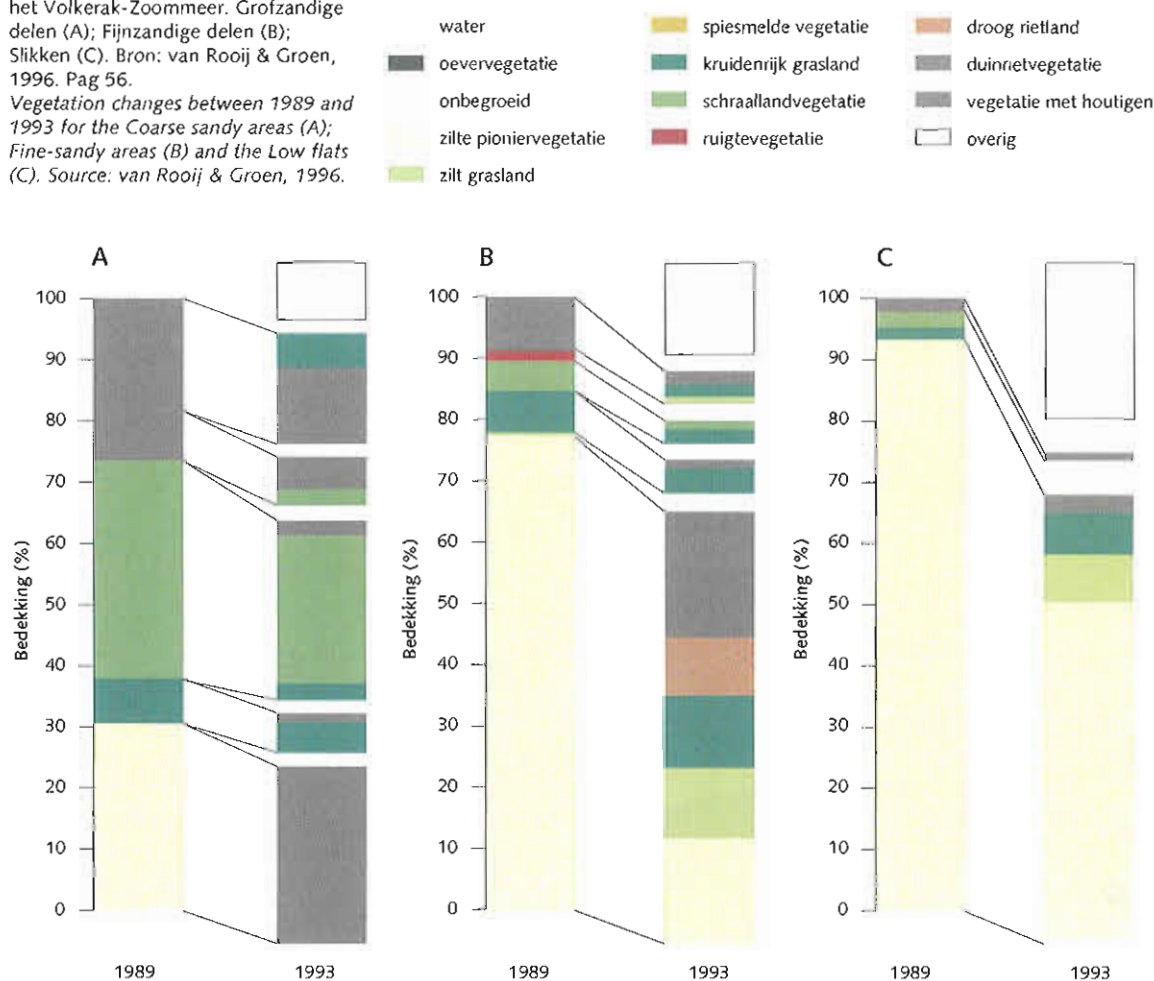
De afsluiting in 1987 veroorzaakte grote veranderingen in de vegetatie langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer (tabel 5.3). Voor wat betreft de ontwikkeling van de waterplanten in de ondiep-watergebieden wordt

verwezen naar de beschrijving van de ontwikkeling van de waterplanten in het watersysteem (zie paragraaf 3.5). In deze paragraaf zal voornamelijk ingegaan worden op de ontwikkeling van de typische oevervegetatie en andere meer terrestrische vegetatietypen.

De vegetatie-ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer werd op verschillende manieren onderzocht. In 1989 en 1993 werd een gebiedsdekkende vegetatiekartering gemaakt. Daarnaast werden vegetatieopnamen gemaakt van permanente quadraten (PQ's).

De veranderingen in de vegetatie vonden in het oevergebied niet overal met dezelfde snelheid en op dezelfde manier plaats. De heersende abiotische omstandigheden en de hoogteligging hebben een sterke invloed gehad op de vegetatie-ontwikkeling. Om deze redenen worden de veranderingen in vegetatie voor elk afzonderlijk bodemtype beschreven. Voor de methodiek die ten grondslag ligt aan de beschrijving van de onderscheiden vegetatietypen (tabel 5.3) op de drooggevallen oevergebieden in het Volkerak-Zoommeer wordt verwezen naar van Rooij & Groen (1996).

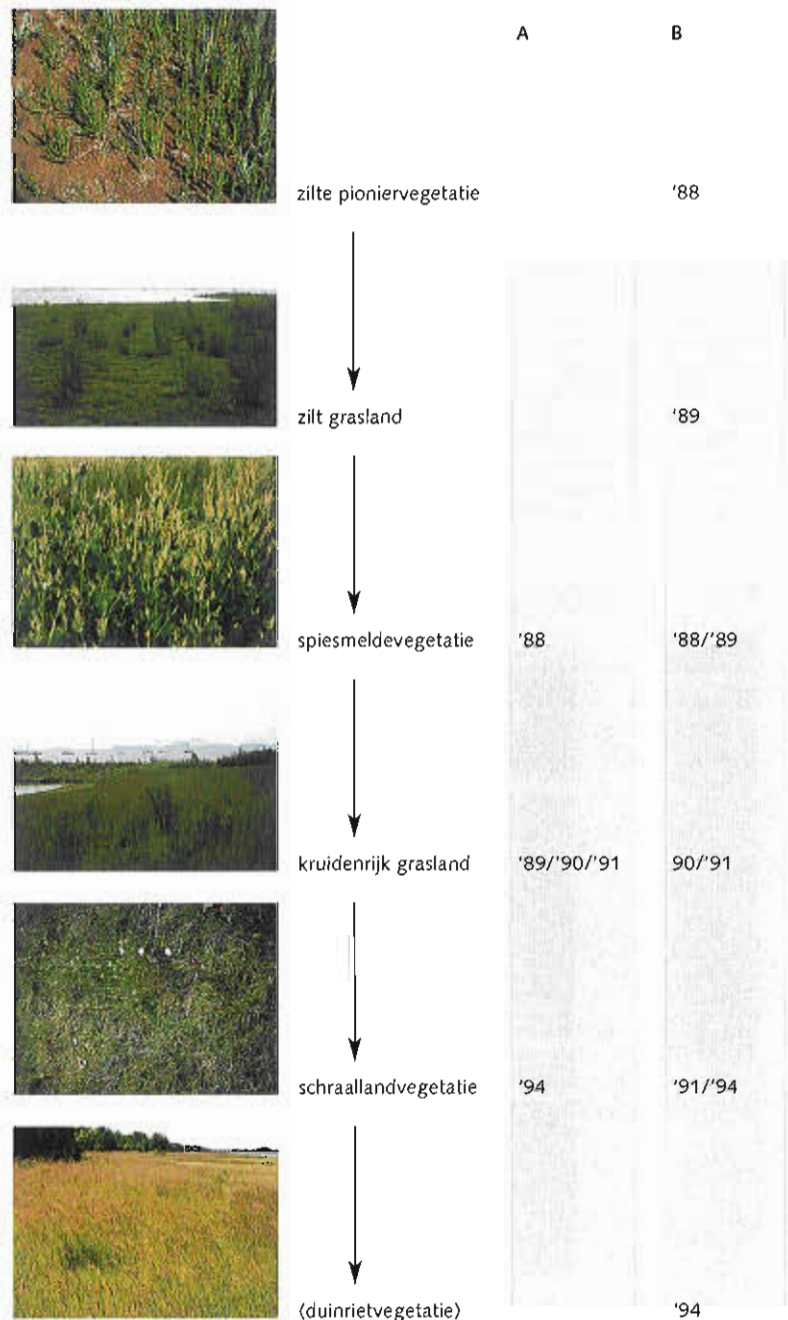
Figuur 5.2
 Vegetatieveranderingen tussen 1989 en 1993 voor de laaggelegen bodemtypen op de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer. Grofzandige delen (A); Fijnzandige delen (B); Slikken (C). Bron: van Rooij & Groen, 1996. Pag 56.
Vegetation changes between 1989 and 1993 for the Coarse sandy areas (A); Fine-sandy areas (B) and the Low flats (C). Source: van Rooij & Groen, 1996.



5.3.1 Veranderingen per bodemtype

De grofzandige delen van de drooggevallen platen waren in 1989 voor eenderde deel begroeid met zilte pioniersoorten en eenzelfde deel was begroeid met schraallandvegetatie (figuur 5.2A). In 1993 was de zilte vegetatie vervangen door een duinrietvegetatie. De al in 1989 aanwezige grazige vegetatietypen, duinrietvegetatie en vegetatie met houtigen bleken in 1993 nog steeds aanwezig te zijn. De hoogopgaande vegetatietypen namen enigszins af in oppervlakte, ten gunste van de grazige vegetatie. De fijnzandige en minder hooggelegen delen van de oevergebieden waren in 1989 voor 75% begroeid met een zilte pioniervegetatie (figuur 5.2B).

Figuur 5.3
 Successiereeks voor de grofzandige (A) en fijnzandige delen (B).
 Bron: van Rooij & Groen, 1996.
Vegetation succession on the coarse sandy areas (A) and the fine sandy areas (B).
 Source: van Rooij & Groen, 1996.



Daarnaast kwamen nog grazige vegetatietypen en vegetatie met houtigen voor. De zilte pioniervegetatie was in 1993 overgegaan in verschillende graslandtypen, riet- en duinrietvegetatie en vegetatie met houtigen. In 1993 heeft de vegetatie op dit bodemtype voornamelijk een grazig karakter, waarbij de afwezigheid van ruigtevegetatie opvallend is. De laaggelegen en vlakke slikken worden zowel in 1989 als in 1993 gedomineerd door een zilte pioniervegetatie (figuur 5.2C). Daarnaast komen voornamelijk zilte grazige vegetatietypen voor.

5.3.2 Successiereeks PQ's

Op het voormalige slik namen Schorrenkruid en zeekraal, pioniersoorten van een zilte bodem, na een piek in 1987 langzaam af. In 1989-1990 trad er een piek op van Spiesmelde, maar deze was veel geringer dan op de schorren het geval was en bovendien ook twee jaar later. In 1990 en 1991 was er een piek in het voorkomen van bladmossen. Rond 1990 begonnen de ruigtesoorten de zilte pioniersoorten te vervangen. Dit gebeurde een jaar later dan op de hoger gelegen schorren. Ook de ontwikkeling van Riet en Duinriet trad later op. In de eerste vijf jaren kwamen op de slikken verschillende soorten beemdgras tot ontwikkeling.

Op basis van deze vegetatiegegevens werd voor de grofzandige en de fijnzandige delen van de oevergebieden de in figuur 5.3 beschreven successiereeks opgesteld (van Rooij & Groen, 1996). Op de opgenomen locaties met grofzandige bodem was de vegetatie in 1988 al in het zoete pionierstadium met Spiesmelde. De successie die daarna optrad, was vergelijkbaar met die van de fijnzandige delen.

.....
foto 11

Voorbeeld van een vrijwel vlakke zandplaat (Krammerse Slikken) op juist de goede hoogteligging om al bij geringe peilfluctuaties nu eens onder water te staan en dan weer droog te vallen. Dergelijke habitats zijn van grote betekenis voor steltlopers en andere watervogels.



Voor de laaggelegen slikken geldt de volgende successiereeks: van een zilte pioniervegetatie (1988-1991) naar een zilt grasland in 1994. In feite is dit het beginstadium van de successiereeks die op de andere relatief laaggelegen bodemtypen heeft plaatsgevonden.

5.3.3 Ontwikkeling van helofyten

Na een beginfase, die werd gekenmerkt door een ijle begroeiing met zilte pioniervegetatie, vond in 1989 als gevolg van het ontziltingsproces in een smalle zone rond de waterlijn vestiging plaats van de voor deze zone karakteristieke helofytensoorten. De relatief zouttolerante helofytensoorten Heen en Riet kwamen reeds voor de afsluiting in het gebied voor. Hierdoor konden deze soorten de drooggevallen, kale oever snel koloniseren (tabel 5.4).

Andere helofytensoorten konden zich pas later in het gebied vestigen. Soorten als Grote lisdodde en Kleine lisdodde met kleine, door de wind verspreide zaden waren hierbij in het voordeel. Grote lisdodde had zich in 1989 dan ook al in grote delen van het gebied gevestigd (Ivens, 1991). Doordat de geschikte groeiplaatsen langs de oever reeds bezet waren, hadden soorten die voor hun zaadverspreiding afhankelijk zijn van water, zoals Gele lis en Rietgras, meer tijd nodig om het gebied te bereiken en

Tabel 5.4
Overzicht van de belangrijkste veranderingen in de helofytenvegetatie langs het Volkerak-Zoommeer sinds de afsluiting in 1987.
Bron: Tosserans *et al.*, 1999.

1987	Zilte pioniervegetatie; sporadische vestiging van Heen.
1988	Op enkele plaatsen Heen, Ruwe bies en Riet.
1989	Op vrij veel plaatsen vestiging en enige uitbreiding van Riet en biezen. Vestiging van Grote lisdodde en een dominantie van Moerasandijvie.
1990	Moerasandijvie blijft dominant. Riet, biezen en Grote lisdodde breiden zich enigszins uit. Sporadische vestiging van andere helofytensoorten: Liesgras, Rietgras, Grote egelskop, zeggen, Gele lis en Kalmoes. Ook vestiging van Kattenstaart en Harig wilgenroosje.
1991	Droog jaar. Moerasandijvie zeer dominant. Nauwelijks toename van helofyten, noch vegetatieve uitbreiding. Lidsteng wordt aangetroffen.
1992	Dominantie Moerasandijvie en Harig wilgenroosje. Geen toename van helofyten.
1993	Dominantie Harig wilgenroosje en overige ruigtesoorten. Moerasandijvie duidelijk minder aanwezig. Plaatselijk sterke uitbreiding van bestanden Grote lisdodde, Riet en Heen. Toename van Liesgras, Slanke waterbies en Grote waterweegbree.
1994	Dominantie Harig wilgenroosje en overige ruigtesoorten. Uitbreiding Riet, Grote lisdodde, Heen en Liesgras zet door, maar niet richting open water. Lidsteng wordt opnieuw waargenomen.
1995	Dominantie Harig wilgenroosje. Langzame verdere uitbreiding Riet. Afname van de bedekking van de meeste helofytensoorten als Grote lisdodde, Kleine lisdodde, Heen, Gele lis en Liesgras. Ruwe bies breidt zich uit.
1996	Dominantie Harig wilgenroosje. Moerasandijvie sterk verminderd. Areaal Riet iets toegenomen. Verdere afname Grote lisdodde, Heen. Liesgras wordt niet meer aangetroffen. Geringe uitbreiding Rietgras en Ruwe bies.
1997	Dominantie Harig wilgenroosje. Areaal Riet en Heen iets toegenomen. Toename van de bedekking van de meeste helofyten als Grote lisdodde, Ruwe bies, Valse voszegge en Zeegroene rus. Liesgras wordt weer aangetroffen.
1998	Op plaatsen met dominantie Harig wilgenroosje neemt deze soort af en neemt Riet toe. Afname van Heen, Grote lisdodde, Ruwe bies, Valse voszegge en Zeegroene rus op de oevers van de slikken en gorzen, toename op de eilandoevers. Liesgras breidt uit. Mattenbies wordt weer aangetroffen op de eilanden.

zich te vestigen. Naast de reeds genoemde soorten kwamen in 1990 ook plaatselijk Kalmoes, Grote egelskop en Liesgras voor (Coops & Schutten, 1991). In 1991 en 1994 werd Lidsteng aangetroffen (Schutten *et al.*, 1991; Geilen, 1994).

Na een relatief snelle vestiging verliep de verdere ontwikkeling van de helofytenzone trager dan in eerste instantie werd verwacht. De ontwikkeling van de helofytenvegetatie beperkte zich tot een smalle strook langs de oever. In de periode van 1994 tot 1998 was slechts drie tot vier ha van de oevers van de gorzen en slikken begroeid met helofyten (tabel 5.5; Boudewijn, 1997; De Groene Ruimte, 1998). Riet en Heen blijven de meest algemeen voorkomende helofytensoorten.

.....
foto 12

Een voorbeeld van hoe een goed ontwikkelde oevervegetatie eruit kan zien; de aangelegde paaiplaats voor Snoek aan de Dintelse Gorzen in de beginjaren.



.....
foto 13

Proeflocatie van het project 'Planten in de Peiling'. Het RIZA onderzoekt op deze locatie de mogelijkheden voor oevervegetatie-ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer.



Op de met stortstenen verdedigde oevers en de vooroeververdedigingen worden Riet, Heen, Rietgras, Gele lis, Kalmoes, zeggen en russen aange- troffen. Hoewel Riet, en in mindere mate Heen, zich in 1997 en 1998 ver- der uitbreidden (De Groene Ruimte, 1998), bestaat de begroeiing van deze oevers voornamelijk uit grassen en ruigtevegetatie met als dominante soort Harig wilgenroosje.

Tabel 5.5
Totale oppervlakte helofyten op de oevers van de gorzen en slikken van 1994 tot 1998.
Bron: De Groene Ruimte, 1998.

Soort	Oppervlakte (m ²)				
	1994	1995	1996	1997	1998
Grote lisdodde	1.484	207	72	100	57
Heen	12.136	11.395	6.495	10.743	8.398
Kleine lisdodde	275	0	0	0	0
Mattenbies	1.219	11	0	0	0
Riet	18.667	20.663	22.112	25.753	31.212
Ruwe bies	0	93	132	1.066	68
Overige soorten	236 (8) ¹	35 (5) ¹	53 (3) ¹	320 (3) ¹	309 (4) ¹
Totaal	34.017	32.404	28.864	37.982	40.044

¹(): Aantal soorten

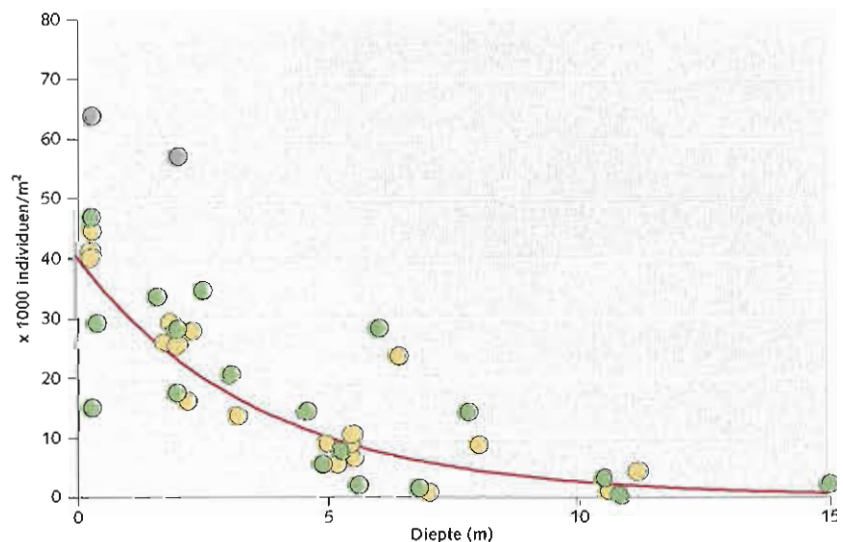
5.4 Fauna

5.4.1 Macrofauna

De macrofaunadichtheid in het Volkerak-Zoommeer neemt af als functie van de diepte (van Dam & Wiersma, 1995). In de ondiepe oevergebieden (waterdiepte < 1 m) is de dichtheid van macrofauna dan ook het hoogst (figuur 5.4). De totale dichtheid van macrofauna in deze diepteklasse nam in de periode tussen 1987 en 1994 toe van 4200 individuen per m² naar 40.000 individuen per m² in 1994 (exclusief Crustacea). Met name de dansmuggen (Chironomidae) en de borstelarme wormen (Oligochaeta) namen in deze periode sterk toe (Breukers et al., 1996).

Figuur 5.4
In 1993 en 1994 werd een exponentieel verband gevonden tussen de totale dichtheid van de bodemfauna (exclusief kreeftachtigen) en de diepte van de bemonsterde locaties.
Bron: Breukers et al., 1996.
In 1993 and 1994 there was an exponential relationship between total density of the benthic macrofauna (excluding crustaceans) and depth.
Source: Breukers et al., 1996.

● 1993
● 1994

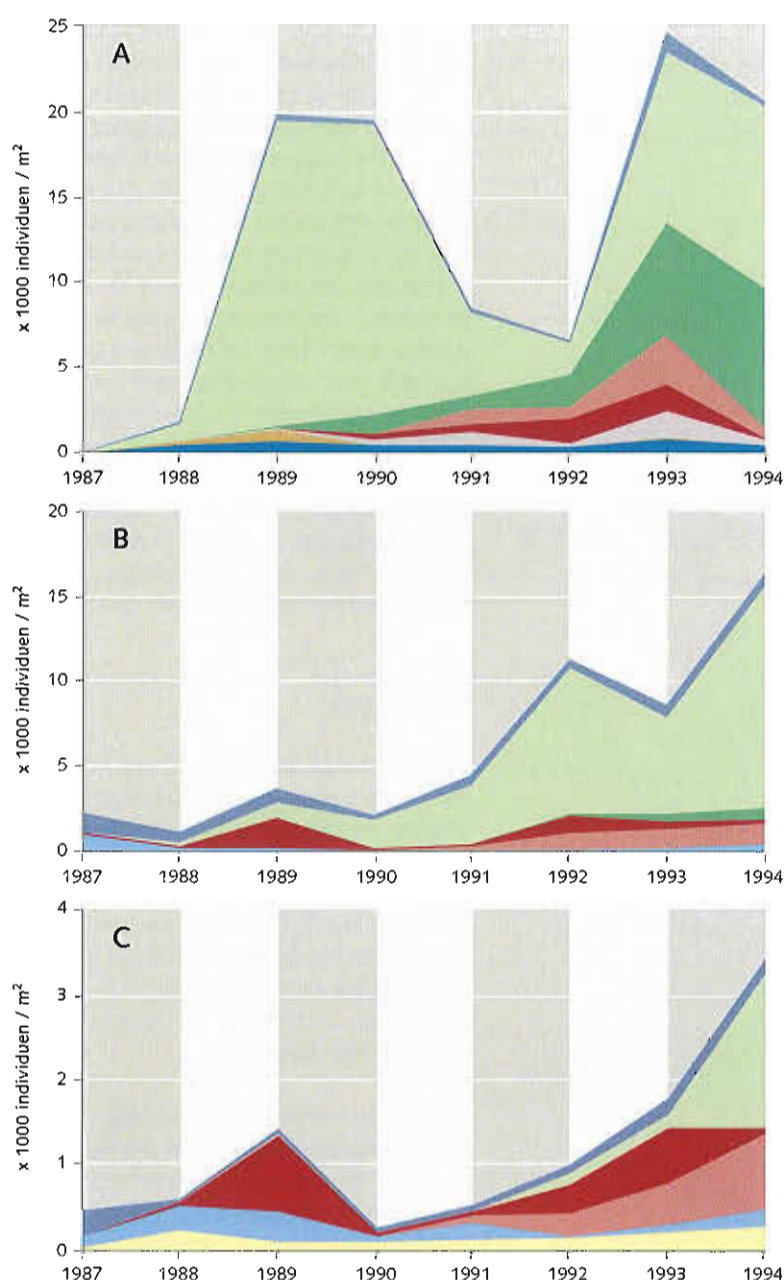


Tot en met 1990 nam de dichtheid van de muggenlarven op meer dan een meter diepte nauwelijks toe vanwege het beperkte voedselaanbod. Dit was niet het geval in de ondiepe oevergebieden (figuur 5.5), waar vanwege het gunstige lichtklimaat veel bodemalgen voorkomen. Hiervan profiteerden met name larven van het geslacht *Cladotanytarsus* (Bijkerk, 1990). Na een afname gedurende 1991 en 1992 nam in 1993 de dichtheid van *Cladotanytarsus* sp., net als die van vele andere soorten, weer sterk toe. De eerste borstelarme wormen werden in 1988 gevonden. In 1994 was de dichtheid van deze wormen gestegen tot eenderde van de totale bodemfauna (Breukers *et al.*, 1996).

Veelborstelige wormen (Polychaeta), waaronder de zeeduizendpoot (*Nereis* sp.), kwamen in 1987 en 1988 alleen nog voor op plaatsen langs de oevers, waar het zoutgehalte nog vrij hoog was. De zeeduizendpoot kan redelijk goed tegen lage zoutconcentraties, maar de larven kunnen hier niet zo goed tegen, waardoor de soort uiteindelijk toch uit het meer verdween.

Figuur 5.5
Dichtheid van verschillende dansmuggenlarven (Chironomidae) in drie diepteklassen in oktober. Diepte < 1 m (A), 1 - 5 m (B) en > 5 m (C).
Bron: Breukers *et al.*, 1996.
Density of different species of Chironomid larvae (inidgets) in three depth classes measured in October. Depth < 1 m (A), 1 - 5 m (B) and > 5 m (C). Source: Breukers et al., 1996.

- Cladotanytarsus* sp.
- Stictochironomus* sp.
- Polypedilum* gr. *bicrenatum*
- Glyptotendipes* sp.
- Polypedilum nubeculosum* agg.
- Tanytarsus* sp.
- Cryptochironomus* sp.
- Chironomus balatonicus*
- Procladius* sp.
- overige



In de ondiep-watergebieden voor de vooroeververdediging is het aantal soorten hoger en de soortensamenstelling van de macrofauna duidelijk anders dan in de zone daarbuiten. Ook de biomassa en de soortendiversiteit zijn er groter. Uit een recente evaluatie van de aangelegde vooroeververdedigingen (Remmelzwaal *et al.*, 1998) bleek dat de grotere biomassa binnen de vooroeververdedigingen het gevolg was van de aanwezigheid van weekdieren op de aanwezige waterplanten. Ook de biomassa van larven van dansmuggen was binnen de vooroeverdam hoger dan daarbuiten. Daarnaast kwamen binnen de vooroeverdam borstelarme wormen (familie Tubificidae) in grotere dichtheden voor. De situatie in 1998 is hiermee dus nog steeds vergelijkbaar met de situatie in 1993 en 1994.

5.4.2 Vissen

De totale biomassa van vis in de oeverzone gedurende de zomer van 1998 wordt geschat op minder dan 20 kg/ha (Kemper, 1999a). Dit is aanzienlijk minder dan in het open water (115 kg/ha). Uit de vangsten in de zomer van 1998 bleek dat de visstand in de oeverzone qua aantal gedomineerd wordt door Aal (53%), Blankvoorn (16%) en Baars (13%). Voor wat betreft de biomassa is de volgorde Aal (51%), Winde (19%) en Blankvoorn (10%). De samenstelling en dichtheid van de visstand gedurende de zomerperiode lijkt afhankelijk te zijn van de vegetatie-ontwikkeling. De grootste dichtheden vis worden aangetroffen op plaatsen waar oevervegetatie en waterplanten tot ontwikkeling komen (Remmelzwaal *et al.*, 1998). In hoeverre de metingen in de zomer van 1998 een algemeen beeld representeren, is vooralsnog moeilijk in te schatten. De bemonsteringen die jaarlijks vanaf 1995 plaatsvinden (Witteveen + Bos, 1996-1999) laten namelijk geen eenduidig beeld zien. In sommige jaren is de gemiddelde visbiomassa in november in ondiep water ook aanzienlijk lager dan in diep water, terwijl er in andere jaren geen duidelijk verschil tussen ondiep en diep water werd waargenomen. Dit geldt voor zowel het Volkerakmeer als het Zoommeer. In het Volkerakmeer varieerde de gemiddelde biomassa op een waterdiepte tot 1,5 m in november tussen 46 kg/ha in 1995 tot 173 kg/ha in 1998. Voor het Zoommeer varieerde de gemiddelde biomassa tussen 130 kg/ha in 1995 en 46 kg/ha in 1998.

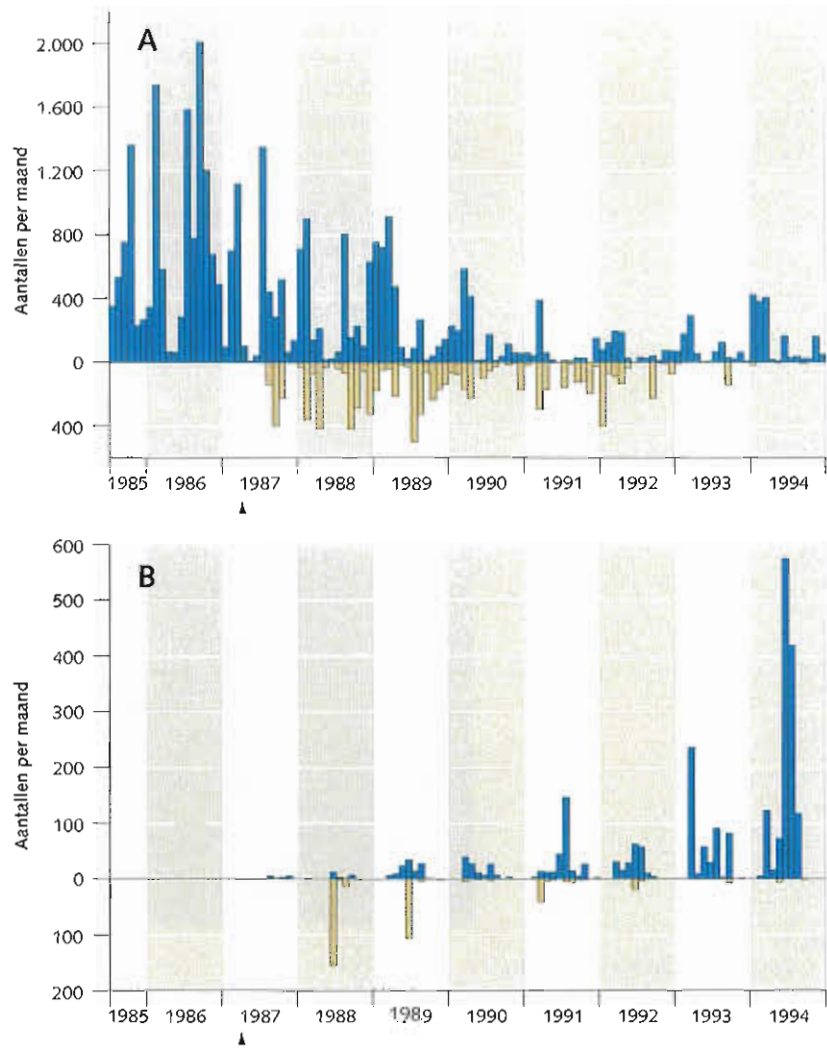
5.4.3 Vogels

De voormalige slikken vielen na het wegvallen van het getij permanent droog. Hierdoor ging een belangrijk biotoop voor steltlopers verloren. De afname van de meeste soorten verliep, ondanks het abrupte wegvallen van het getij, geleidelijk (Breukers *et al.*, 1996). Dit was bijvoorbeeld het geval voor soorten als de Wulp (figuur 5.6A) en de Bonte Strandloper. De afsluiting leidde niet voor alle soorten steltlopers tot een afname. Steltlopers van de zoete wateren als de Kempphaan en de Grutto (figuur 5.6B) namen na de afsluiting in aantal toe. Deze soorten worden met name aangetroffen op de Slikken van de Heen-west, de Dintelse Gorzen en de Hellegatsplaten.

Voor de kustbroedvogels was het Volkerak-Zoommeer na de afsluiting een belangrijk gebied. In de periode direct na afsluiting waren de drooggevallen slikken vooral interessant voor kale-grondbroeders. Bijzonder was onder andere de aanwezigheid van broedende Steltkluten in 1989 en 1990 (Meininger & Schekkerman 1990; 1991). De aantallen van de meest

Figuur 5.6
 Ontwikkeling in de aantallen Wulp (A) en Grutto (B) in de periode na de afsluiting.
 Bron: Breukers et al., 1996.
 Development of the number of Curlew (A) and Black-tailed Godwit (B) in the period after enclosure of Lake Volkerak-Zoommeer.
 Source: Breukers et al., 1996.

Zoommeer
 Volkerakmeer



talrijke soorten als Kluut, Kleine Plevier, Strandplevier en Bontbekplevier namen na 1990 aanvankelijk af. De aanleg van de eilandjes na 1990 betekende echter weer een impuls voor deze soorten (zie ook 4.4.3). In 1992 was de helft van het totale bestand Kluten van het Nederlandse Deltagebied aanwezig in het Volkerakmeer en voor de Visdief betref dit 15% van het totale bestand. In 1993 en 1994 namen de aantallen voor beide soorten echter weer af.

De kolonisatie van het gebied door Kok- en Zilvermeeuwen vond plaats vanaf 1991. Dit werd mede veroorzaakt door de aanleg van de eilanden. Van de zeldzame Zwartkopmeeuw broedde in 1993 het grootste deel van de Nederlandse populatie op de Noordplaat (zie 4.4.3), maar ook op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten werden nesten aangetroffen.

Door de voortgaande begroeiing werden de oevers interessanter voor soorten als de Bruine Kiekendief en de Kleine Karekiet, maar ook voor Roodborsttapuit en Rietzanger. Voor deze soorten zijn de Slikken van de Heen-oost en de Dintelse Gorzen verreweg de belangrijkste gebieden in het Volkerak-Zoommeer. Op de Dintelse Gorzen nam het aantal Bruine Kiekendieven sinds de invoering van het begrazingsbeheer wel licht af.

In het oostelijke deel van de Dintelse Gorzen vestigde zich een kolonie Oeverzwaluwen in de daar aanwezige steile zandhelling. Ook de Snor vestigde zich recentelijk in het terrein en in 1995 broedde op de Slikken van de Heen-oost de zeldzame Grauwe Kiekendief (Vereniging Natuurmonumenten, 1997).

Herbivore watervogels gebruiken de oeverszone als foerageergebied en zijn hierdoor van invloed op de ontwikkeling van oeversplanten (zie figuur 3.13). In het Volkerak-Zoommeer zijn met name de Meerkoet en de Grauwe Gans van belang voor de ontwikkeling van oeversvegetatie (Boudewijn, 1997; Tosserams *et al.*, 1999). In de periode maart-juli maken helofyten deel uit van het dieet van Meerkoeten. Grauwe Ganzen foerageren in de perioden maart-juni en september-februari op helofyten (Boudewijn & van der Winden, 1997). In deze laatste periode benutten Grauwe Ganzen in eerste instantie zowel de boven- als ondergrondse delen van Riet en biezen. Vanaf november beperkt het gebruik zich tot de ondergrondse delen, omdat de bovengrondse delen dan vrijwel zijn afgestorven.

.....
foto 14

Een kale, onbegroeide zandplaat is een weinig stabiel habitat, dat echter van grote betekenis kan zijn voor pionierbroedvogels.



.....
foto 15

Op net niet geïnundeerde vlaktes foerageren meeuwen, eenden en steltlopers, op de drooggevallen delen rusten ze.



Het aantal vogeldagen van de Grauwe Gans in het Volkerak-Zoommeer nam gedurende de periode 1987-1997 gestaag toe (figuur 5.7A). Aanvankelijk waren er voornamelijk Grauwe Ganzen aanwezig gedurende de winterperiode, later werden de zomermaanden ook steeds belangrijker. Deze stijging van het aantal vogeldagen werd dan ook voornamelijk veroorzaakt door een langere verblijftijd van de vogels in het gebied en in mindere mate door een toename van de absolute aantallen. Hoewel het

Figuur 5.7
Aantalsontwikkeling van de Grauwe Gans (A) en Meerkoet (B) in het Volkerakmeer en het Zoommeer gedurende de periode 1987-1997.
Bron: Tosserams et al., 1999.
The number of Greylag Geese (A) Coot (B) in Lake Volkerak-Zoommeer from 1987-1997.
Source: Tosserams et al., 1997.

—●— Volkerak
—●— Zoommeer

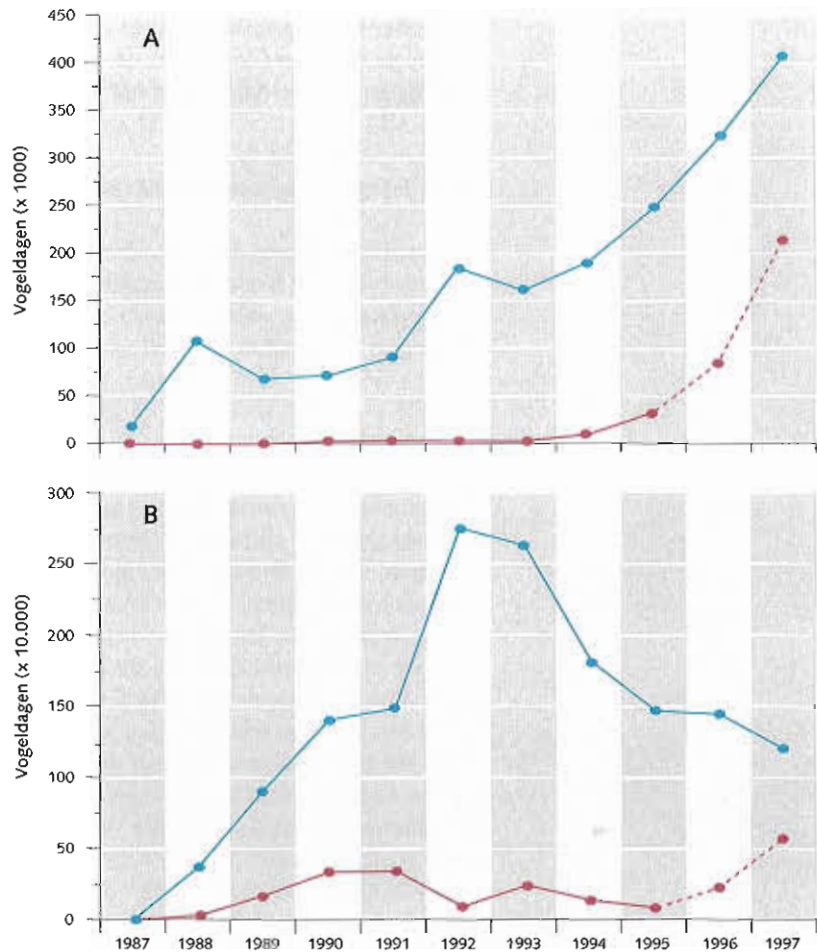


foto 16
Groepen Grauwe Ganzen foerageren op ondergelopen oevertvegetatie en belemmeren daarmee de ontwikkeling van waterriet.



aantal vogeldagen in het Zoommeer gedurende de laatste jaren ook is gestegen, was het aantal vogels dat in het Volkerakmeer verbleef aanzienlijk groter dan in het Zoommeer. Recent zijn ook broedende Grauwe Ganzen in het gebied waargenomen.

De aantalsontwikkeling van de Meerkoet (figuur 5.7B) liet een stijging zien tot 1992. Vanaf 1993 namen de aantallen weer af. De verblijfsduur van grote groepen Meerkoeten veranderde in de loop der jaren. Aanvankelijk verbleef het grootste aantal vogels van augustus tot en met oktober in het gebied, maar in 1995 was dit beperkt tot augustus. Net als voor de Grauwe Gans lagen de maximale aantallen op het Zoommeer beduidend lager dan die op het Volkerakmeer.

5.5 Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling

De ontwikkelingen in het ondiepe water, de gevolgen en de prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling van deze zone, zijn reeds besproken in de voorafgaande hoofdstukken (zie 3.7.1 en 4.5.1) en zullen hier dan ook slechts beperkt aan de orde komen.

5.5.1 Integratie

De ecologische ontwikkeling van de oeverzone is na de afsluiting sterk beïnvloed door een aantal factoren (figuur 5.8). Het wegvallen van het getij en het na de afsluiting ingestelde vaste waterpeil van NAP 0 m maakten dat grote delen van het voormalige intergetijdengebied permanent droogvielen. Het stagnante waterpeil resulteerde in een continue golfaanval op een beperkt deel van de oevers, waardoor er op grote schaal en in snel tempo oeverafslag optrad. Ook het nog in de bodem aanwezige zout had (en heeft) een belangrijke invloed op de ontwikkeling van de oeverzone. De grofzandige delen van de drooggevallen platen waren al na enkele jaren ontzilt, terwijl op het lage en vlakke slik nog altijd veel chloride in de bodem aanwezig is. Tenslotte was ook het gevoerde natuurbeheer op de oevergebieden van grote invloed op de ecologische ontwikkeling die na de afsluiting in de oeverzone optrad.

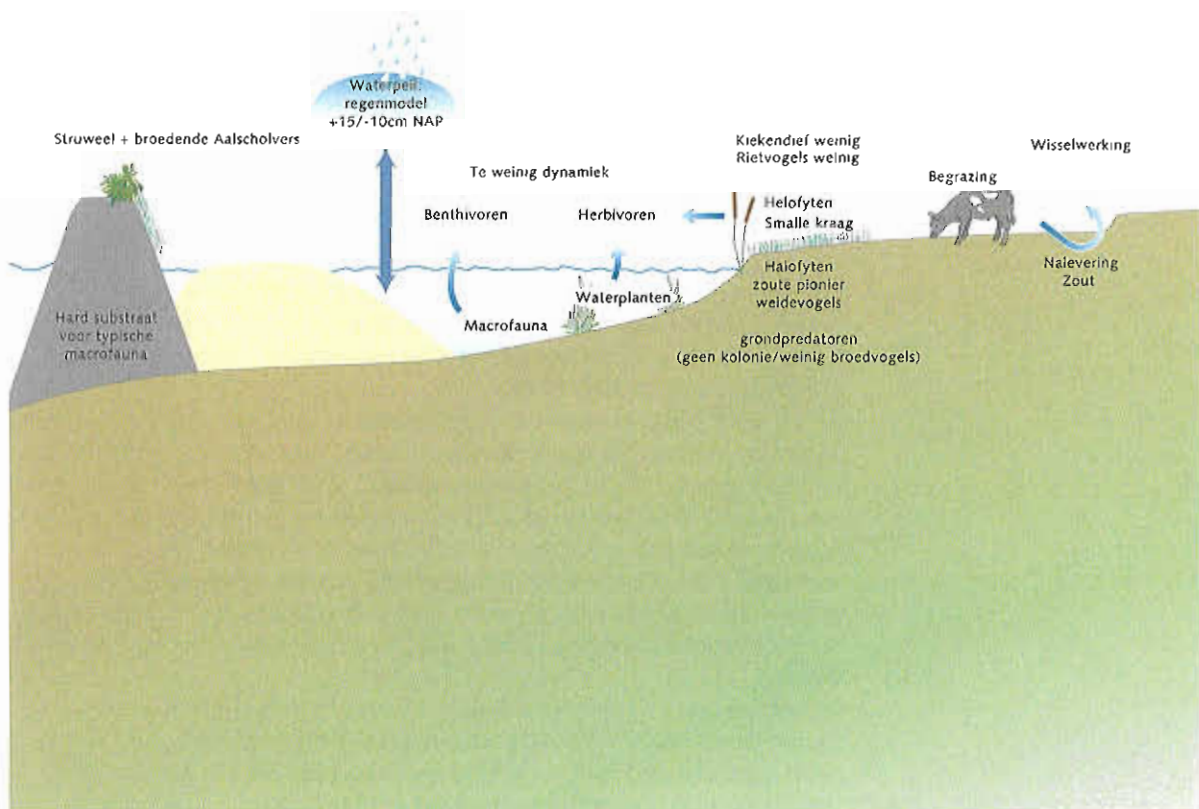
foto 17

Het uitgraven van ondergrondse delen van Riet en biezen door de Grauwe Gans laat duidelijke sporen in het terrein achter.



De aanleg van de vooroeververdedigingen en de eilanden zorgden ervoor dat de oeverafslag, die plaatsvond ten gevolge van het stagnante peil, grotendeels tot stilstand werd gebracht (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Daarnaast hebben deze inrichtingsmaatregelen, door het ontstaan van luwe ondiep-watergebieden, een belangrijke component toegevoegd aan de oeverzone in het Volkerak-Zoommeer. Door de aanleg ontstond achter deze vooroeververdedigingen een relatief beschut gebied met ondiep water. De ontwikkeling binnen deze beschutte zone verschilde aanmerkelijk van de ontwikkeling buiten de vooroeververdedigingen. Dit wordt naast de factoren waterdiepte en expositie onder andere ook veroorzaakt door de toegenomen erosie net buiten de vooroeververdediging (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Daarnaast zijn ook het verhoogd organische-stofgehalte van de bodem en de talrijkere aanwezigheid van waterplanten binnen de vooroeververdedigingen belangrijke factoren die dit verschil in ontwikkeling hebben bepaald. De verhoogde sedimentatie van materiaal achter de vooroeververdedigingen resulteerde namelijk in de vorming van een laagje detritus op de oorspronkelijk zandige bodem. De voedselbeschikbaarheid voor muggenlarven en andere macrofaunasoorten nam hierdoor toe. De waargenomen toename van de borstelarme wormen in de beschutte zone achter de vooroeververdediging in 1993 en 1994 is

.....
Figuur 5.8
 Schematische weergave van de belangrijkste componenten en relaties in de oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer.
Scheme of the most important components and relations in the shallow-water areas and the shoreline of lake Volkerak-Zoommeer.



waarschijnlijk het gevolg van de toegenomen beschikbaarheid van voedsel en de geringe expositie (van Dam & Wiersma, 1995). Vanwege de aanwezigheid van waterplanten heeft de ondiep-waterzone een belangrijke functie als paai- en opgroeigebied voor vis en als rust- en foerageergebied voor watervogels. Al deze aspecten zorgen ervoor dat de oeverzone in belangrijke mate bijdraagt aan de versterking van de natuurfunctie van het gehele Volkerak-Zoommeer.

Hoewel de uitvoering van inrichtingsmaatregelen in belangrijke mate heeft bijgedragen aan de versterking van de natuurfunctie van het Volkerak-Zoommeer, is de geleidelijke overgang van water naar land op veel plaatsen verdwenen. Langs een groot deel van de oevers van het Volkerak-Zoommeer zijn, mede vanwege de beperkte fluctuaties in waterpeil, nog altijd steilrandjes aanwezig. Dit is één van de oorzaken van de achterblijvende helofytenontwikkeling na de afsluiting (Tosserams *et al.*, 1997; 1999). Naast de aanwezigheid van steilrandjes beperken ook het vaste waterpeil (tot 1997) en het zoutgehalte van de bodem de mogelijkheden voor helofyten in het Volkerak-Zoommeer. Door de invloed van deze factoren is slechts een zeer smalle strook in de directe nabijheid van de waterlijn geschikt als kiemings- en vestigingsmilieu voor helofyten. De uitbreiding van helofyten in de richting van de hoger gelegen oevergebieden werd vooral beïnvloed door het chloridegehalte van de bodem. Met name in de oeverzone, die slechts kortdurend overstroomd wordt, kon de chlorideconcentratie in de bovenste bodemlaag tijdens droge, warme zomers aanzienlijk stijgen (Slager & Groen, 1995; Slager, 1999). Op de hoger gelegen locaties kon de chlorideconcentratie tot boven de 40 g/l oplopen. Helofytensoorten verdragen deze hoge chlorideconcentraties niet. Vooral de kiemplanten zijn gevoelig voor chloride. Heen en Riet zijn de minst gevoelige soorten en kunnen chloridegehalten tot 16 g/l overleven (ter Heerdt, 1995; Hootsmans, 1996; Kerkum *et al.*, 1996; Tosserams *et al.*, 1997; 1999).

Ook de begrazing door vee en/of watervogels beïnvloedt de ontwikkeling van de oevervegetatie (Daling & Zijlstra, 1999). Wanneer vee aanwezig is, vindt nagenoeg geen ontwikkeling van helofyten plaats. Voor wat betreft begrazing door herbivore watervogels spelen in het Volkerak-Zoommeer met name Meerkoeten en Grauwe Ganzen een belangrijke rol in de ecologische ontwikkeling van de oeverzone (Boudewijn, 1997). Gedurende de zomer verhinderen de herbivore watervogels de vegetatieve uitbreiding van helofyten in de richting van het water. In het najaar en de winter worden met name de ondergrondse delen van geïnundeerde helofyten door ganzen benut. Deze herbivoren blijken één van de belangrijkste sturende factoren te zijn voor de helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer (Tosserams *et al.*, 1997; 1999).

Bij het sinds 1996 gevoerde interim-peilbeheer mag het waterpeil op basis van neerslag en verdamping fluctueren tussen NAP +0,15 m en NAP -0,10 m. Deze verandering in het peilbeheer heeft voor wat betreft het grondwaterregime alleen gevolgen voor de laaggelegen oeverdelen. Bij een hogere waterstand in het meer worden deze delen natter, bij een lagere waterstand droger. Wanneer bij lage waterstanden oevergebieden gedurende langere perioden droogvallen, zal in droge periodes zout grondwater door capillaire werking in de richting van het maaiveld getransporteerd worden.

De laaggelegen, natte, voedselarme slikken van de Dintelse Gorzen, Krammerse Slikken, Prinsesseplaat, Hellegatsplaten en Slikken van de Heen-west zijn nog zout en kennen een vegetatie die nog grotendeels bestaat uit zilte pioniervegetatie en zilt grasland. In het Lauwersmeer-

gebied is dit langs het water 'Achter de Zwarten' ook nog steeds het geval. De oevergebieden tussen de Plaat van de Vliet en de Slikken van de Heen-west ondervinden daarnaast invloed van zoute kwel vanuit de Oosterschelde. Het grondwater is daar binnen een meter diepte nog zout. Naar verwachting zal na ontzilting een vegetatie ontstaan die afhankelijk van de begrazingsdruk vrij grazig zal blijven of het karakter zal hebben van relatief open, droog rietland.

.....
foto 18

Aan de oostkant van de Plaat van de Vliet komt zoute kwel voor. De laagste delen blijven daardoor erg lang zout en zijn begroeid met het roodgekleurde zeekraal, terwijl de omliggende vegetatie uit kruidenrijk grasland en schraallandvegetatie bestaat



Door de aanwezigheid van de steilrandjes valt er ook bij het huidige peilverloop in het voorjaar, zelfs bij het laagst toegestane waterpeil van NAP - 0,10 m, slechts een beperkt areaal oevergebied droog dat geschikt is voor de kieming en vestiging van helofyten (tabel 5.6). Hoewel het totale areaal helofyten in het Volkerak-Zoommeer gedurende 1997 en 1998 iets is toegenomen (De Groene Ruimte, 1998), is het vooralsnog niet mogelijk vast te stellen welke rol het interim-peilbeheer hierbij heeft gespeeld. Enerzijds zijn er aanwijzingen dat het hogere winterpeil in combinatie met de natte zomerperiode van 1998 heeft geleid tot verlaagde chloridegehalten in de regelmatig overstroomde oeverdelen, waardoor versnelde uitbreiding van Riet en Heen in de richting van het land heeft kunnen plaatsvinden. Anderzijds is door het hogere winterpeil de vraatgevoeligheid van de reeds bestaande helofytenvegetatie toegenomen, aangezien de ondergrondse plantdelen door de winterinundatie bereikbaar worden voor ganzen (Daling & Zijlstra, 1999; Tosserams *et al.*, 1999). Doordat er tot op heden nagenoeg geen ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie heeft plaatsgevonden, is de functie van de oeverzone als paai- en foerageergebied voor roofvis als Snoek vooralsnog niet of nauwelijks tot ontwikkeling gekomen. Bij voortzetting van het huidige waterpeil- en begrazingsbeheer en zonder actieve beschermende maatregelen van geïnundeerde helofytenopslag mag ook in de toekomst geen significante toename van het areaal geïnundeerde oevervegetatie tegemoet gezien worden (Tosserams *et al.*, 1999).

Tabel 5.6

Het oppervlak (in ha) van verschillende hoogtezones (in m NAP), waar afhankelijk van het gevoerde peilbeheer versnelde ontzilting zal plaatsvinden (NAP +0,15 m tot NAP 0 m) of nieuwe kiemings- en ontwikkelingsmogelijkheden voor helofyten ontstaan (overige zones).

The area (ha) of different zones of elevation/depth, where enhanced desalination (between +0.15 m NAP and 0 m NAP) will take place or new possibilities for germination and development of helophytes will occur depending on the selected water level scenario.

Deelgebied	+0,15 tot 0	0 tot -0,10	-0,10 tot -0,20	-0,20 tot -0,30	Totaal
Krammerse Slikken	28	15	16	22	81
Hellegatsplaten	13	8	11	13	45
Dintelse Gorzen	5	4	7	15	31
Slikken van de Heen	11	8	14	13	46
Plaat van de Vliet			3	4	7
Zoommeer	34	21	14	10	79
eilandjes	15	20	20	10	65
Totaal	106	76	85	87	354

De drooggevallen slikken werden direct na de afsluiting door diverse steltlopersoorten gebruikt als hoogwatervluchtplaats. Dit verklaart ook waarom in het Zoommeer, dat in de nabijheid ligt van belangrijke foerageergebieden in de Oosterschelde, in de periode na de afsluiting meer soorten aanwezig zijn dan in het Volkerakmeer. Door het wegvallen van het getij en de voortgaande vegetatie-ontwikkeling werd de oeverzone langzaam maar zeker minder aantrekkelijk voor steltlopers en kale-grondbroeders. Door de toenemende begroeiing namen de aantallen kustbroedvogels en steltlopers af (Meininger *et al.*, 1999). Aan de andere kant ontstonden door de voortschrijdende ontwikkeling van de vegetatie nieuwe broedgebieden voor andere vogelsoorten. Zo ontstonden er mogelijkheden voor typische bewoners van ruigte- en moerasvegetaties. Tot 1992 namen de aantallen een de dichtheden van deze soorten toe. Vanwege de achterblijvende ontwikkeling van de helofytenvegetatie bleven de aantallen van de typische moerassoorten echter na 1992 nagenoeg gelijk.

5.5.2 Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de oeverzone

De oevergebieden zullen in de nabije toekomst een belangrijke bijdrage blijven leveren aan de natuurfunctie van het Volkerak-Zoommeer. De ontwikkelingen in het watersysteem zullen in sterke mate invloed hebben op de ontwikkeling van de oeverzone op de langere termijn. Bij een verdere verslechtering van de waterkwaliteit zullen op termijn zowel het areaal als de diversiteit aan waterplanten in de ondiep-watergebieden verder afnemen. Enerzijds zal dit gebeuren als gevolg van de verslechterde lichtomstandigheden door een afname van het doorzicht. Aan de andere kant kunnen waterplanten overwoekerd raken door epifytische algen of wordt hun ontwikkeling geremd door toxische producten afkomstig van blauwalgen. Ook de nog altijd groeiende populatie bodemwoelende vis kan zowel direct (mechanische verstoring) als indirect (verslechtering van het doorzicht via opwerveling van bodemmateriaal en mobilisatie van fosfaat) gevolgen hebben voor de waterplantontwikkeling in de oeverzone. Wanneer het oppervlak waterplanten terugloopt, zullen de aanwezige herbivore watervogels de uitbreiding van waterplanten verder beperken. Uiteindelijk zal het areaal waterplanten zo sterk gedecimeerd raken, dat ook de vogelaantallen terug gaan lopen. Een afname van de waterplanten zal op termijn tevens gevolgen hebben voor de macrofauna- en vispopulatie in de oevergebieden. Zowel de aantallen als de soortsdiversiteit van de macrofauna zullen afnemen en de

oevergebieden zullen in mindere mate geschikt zijn als paai gebied voor vis. Daarnaast zijn de nog aanwezige macrofauna en het visbroed door de verlaagde dichtheid van waterplanten in mindere mate beschermd tegen predatoren als benthic- en piscivore watervogels. Bij een verdergaande verslechtering van de waterkwaliteitsparameters zal de betekenis van dit deel van de oevergebieden voor de natuurfunctie van het Volkerak-Zoommeer afnemen.

De abrupte overgang van water naar land zal bij voortzetting van het huidige waterpeilbeheer ook in de toekomst beperkingen opleggen voor de ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie. Het areaal waar kieming en vestiging van helofyten kan plaatsvinden blijft gelijk aan de huidige situatie, terwijl de begrazingsdruk door herbivore watervogels, gezien de toename van het aantal vogeldagen (zie figuur 5.7), in de toekomst verder zal stijgen. Er zal dan ook nauwelijks uitbreiding plaatsvinden van het areaal geïnundeerde oevervegetatie. Door de voortgaande ontzilting van de oevergebieden zal het areaal droog rietland in de toekomst wel toenemen, met name in de gebieden waar geen vee wordt ingezet.

De zoutinvloed zal op de slikken nog vele jaren merkbaar zijn. Het zal hier nog ongeveer 20 jaar duren voordat de ontzilting zo ver is gevorderd dat het zout geen invloed meer zal hebben op de vegetatie-ontwikkeling. Bij een extensief begrazingsbeheer zal het nog zo'n vijf jaar langer duren. Als gevolg van het ontziltingsproces zal de vegetatie in de oeverzone steeds verder verschuiven in de richting van zoete vegetatietypen.

De kwel op de slikken van de Hellegatsplaten kan tot gevolg hebben dat deze langer zout blijven, maar op het moment dat het zoete water al het zout uit de ondergrond naar boven heeft weggedrukt kan de bodem vrij snel verzoeten. Door de zoute kwel vanuit de Oosterschelde naar de oevergebieden tegen de Philipsdam zal de invloed van het zout hier aanwezig blijven.

Door de vegetatiesuccessie op de slikken zal de betekenis van deze gebieden als hoogwatervluchtplaats voor de steltlopers in de toekomst verder afnemen. Daarnaast zullen de niet-beheerde oevergebieden in de toekomst ook hun huidige functie als broedgebied voor kustvogels verliezen (Meininger *et al.*, 1999). De inzet van paarden en runderen in de oevergebieden zal over het algemeen onvoldoende blijken te zijn om de oevergebieden voldoende open te houden voor kustbroedvogels. Deze gebieden blijven waarschijnlijk wel langer aantrekkelijk voor weidevogels. Het vee kan wel schade aanrichten door vertrapping van nesten en verstoring (Meininger *et al.*, 1993).

Op de lange termijn (>50 jaar) zullen met name de niet-beheerde droge delen van de oevergebieden, net als de eilanden, (zie hoofdstuk 4) verbossen met als climax-vegetaties Elzenrijk Essen-Iepenbos, Elzen-Vogelkersbos en Eiken-Berkenbos. Vanwege de geringe fluctuaties in het waterpeil zal de verbossing op de meeste plaatsen tot aan de waterlijn plaatsvinden.

6 De ontwikkeling van de buitendijkse gronden

6.1 Morfologie en inrichtingsaspecten

Onder de lager gelegen delen van de buitendijkse gebieden vallen de reeds besproken slikken, platen en eilanden. De hoger gelegen delen van de buitendijkse gebieden bestaan uit schorren en dijken. De schorren zijn de begroeide delen die voor de aanleg van de Philipsdam qua hoogteligging op of boven de gemiddelde hoogwaterlijn lagen. Deze schorren worden doorsneden door een uitgebreid stelsel van zich vertakkende, bochtige krekens. Deze krekens zijn plaatselijk diep (maximaal 2 m) en hebben steile kanten. Meestal sluiten deze krekens aan op de geulen in het slik. Op sommige plaatsen liggen langs deze krekens lage ruggen, de zogenaamde oeverwallen. Kommen vormen de lager gelegen delen van het schor. Deze kommen worden begrensd door de krekens en de oeverwallen.

Naast de aanleg van de vooroeververdedigingen en eilandjes werden ook op de hoger gelegen oeverdelen gebieden om verschillende redenen ingericht (Vereniging Natuurmonumenten, 1997). Een kreek in het oosten van de Slikken van de Heen-oost is gekanaliseerd. Hierbij is tevens begreeping aangelegd. Daarnaast werd in het noordwesten van de Slikken van de Heen een kreek verbreed en uitgediept. De slikken op de Dintelse Gorzen worden doorsneden door enkele grote krekens (prielens). Drie van deze krekens zijn verbreed en uitgediept om meer mogelijkheden te bieden voor overbegroeiing en paai van vissen. Ten behoeve van het creëren van een paaigebied voor Snoek is tevens een oppervlak van 50 ha uitgerasterd. Hierbinnen is een kreek geheel vergraven, waarbij verschillende zijkreekjes zijn aangelegd.

6.2 Bodemeigenschappen van de buitendijkse gronden

Zoals reeds genoemd in paragraaf 5.2 worden in het Volkerak-Zoommeer vijf bodemtypen onderscheiden (van Rooij & Groen, 1996). De samenstelling van de bodem van de buitendijkse gronden is hierbij sterk gerelateerd aan de hoogteligging van de gebieden. Met betrekking tot de hoger gelegen delen van de buitendijkse gronden zijn de volgende twee bodemtypen van belang:

1. Schor, klei op zand: Dit hoge schor heeft een profiel van klei op zand, waarbij de kleilaag een dikte heeft variërend tussen 0,3 m en 0,8 m. De hoge schorren gaan over in jonge en lagere schorren met een dunne laag van lichte zavel. De laag zavel en klei op de goed doorlatende ondergrond was snel gerijpt en daardoor goed doorlatend. De jonge schorren worden doorsneden door krekens. De krekens met de aangrenzende oeverwallen en kommen zijn kenmerkend voor dit bodemtype. De diepste delen van deze krekens zijn permanent waterhoudend.
2. Schor, klei diep: Bij dit bodemtype komt klei tot diep in het profiel voor. Door inklinking treedt nog enige maaiveldsdaling op. Deze schorren worden doorsneden door ondiepe krekens.

Tabel 6.1

Berekende oppervlakte (in ha) van de hoogstgelegen bodemtypen in de relevante deelgebieden van het Volkerak-Zoommeer met behulp van GIS.
Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Deelgebied	Schor, klei op zand	Schor, klei diep
Hellegatsplaten	-	80
Krammerse Slikken	-	30
Dintelse Gorzen	165	-
Slikken van de Heen-oost	140	-
Slikken van de Heen-west	230	-
Totaal	535*	110

* waarvan circa 20 ha grote kreken en oeverwal

Tabel 6.2

De gemiddelde grondwaterstanden en bodemkarakteristieken van de hooggelegen bodemtypen in het Volkerak-Zoommeer. Gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) in meters ten opzichte van het maaiveld (mv).
Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Bodemtype	onderdeel	Hoogteligging (m t.o.v. NAP)	GHG (m t.o.v. mv)	GLG (m t.o.v. mv)	Lutum (%)	Organische stof (%)
Schor, klei op zand	kom	1,60	-0,75	-1,62	25	8
	oeverwal	1,87	-1,40	-1,99	15	3
	kreek	0,20	-0,02	-0,38	10	4
	jong schor	1,19	-0,46	-1,40	12	3
Schor, klei diep		1,34	-0,21	-1,31	10 - 20	6

Beide bodemtypen worden alleen in het Volkerakmeer aangetroffen (tabel 6.1). Het bodemtype schor, klei op zand bevindt zich in het zuidelijke deel van het Volkerakmeer op de Dintelse Gorzen en de Slikken van de Heen. Het bodemtype schor, klei diep bevindt zich in het noordelijke deel van het Volkerakmeer op de Hellegatsplaten en de Krammerse Slikken. Voor de hooggelegen bodemtypen geldt, met uitzondering van de kreken, een gemiddelde hoogteligging tussen NAP + 1 m en NAP + 2 m (tabel 6.2). De laagste grondwaterstand ligt voor beide bodemtypen tussen één en twee meter beneden maaiveld. De hoogste grondwaterstand varieert tussen beide typen. De gemiddelde hoogste grondwaterstand is het hoogst voor het bodemtype schor, klei diep (tabel 6.2). Zowel het lutumgehalte als het organische-stofgehalte (tabel 6.2) zijn voor de hooggelegen bodemtypen aanzienlijk hoger dan voor de laaggelegen oevergebieden (zie tabel 5.2).

6.2.1 Chloridegehalte

Het ontziltingsverloop sinds 1987 van beide hooggelegen bodemtypen verschilt sterk (figuur 6.1). Door de indringing van neerslag op de hoger gelegen schorren met zandige ondergrond verloopt de ontzilting hier relatief snel en is de bodem op de locaties met dit bodemtype enkele jaren na afsluiting al tot op grotere diepte geheel ontzilt (figuur 6.1A). Op de schorren waar klei tot diep in het profiel aanwezig is, is de doorlatendheid van de bodem ten aanzien van regenwater geringer, waardoor de ontzilting hier trager verloopt (figuur 6.1B). Vooral dieper in het bodemprofiel is de chlorideconcentratie nog relatief hoog.

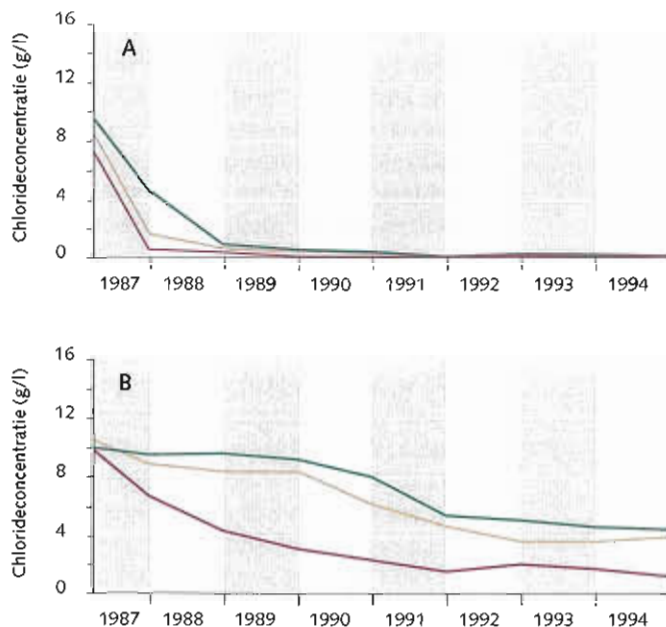
Figuur 6.1

Verloop van de chlorideconcentratie op drie verschillende dieptes (0,2, 0,5 en 0,8 m beneden maaiveld) voor de twee hooggelegen bodemtypen: Schor, klei op zand (A); Schor, klei diep (B).
Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Progression of the chloride concentration at different depths below ground level (0,2, 0,5 and 0,8 m), for two soil types of the higher grounds: Salt marshes, clay on sand (A) and salt marshes, clay deep (B).

Source: van Rooij & Groen, 1996.

- 0,2 m - mv
- 0,5 m - mv
- 0,8 m - mv



6.3 Vegetatie-ontwikkeling

6.3.1 Algemeen

De afsluiting in 1987 veroorzaakte grote veranderingen in de vegetatie van het Volkerak-Zoommeer. De ontwikkeling van de vegetatie op de buitendijkse gronden van het Volkerak-Zoommeer werd op verschillende manieren onderzocht. In 1989 en 1993 werd een gebiedsdekkende vegetatiekartering gemaakt (zie hoofdstuk 7). Daarnaast werden jaarlijks vegetatieopnamen gemaakt van permanente quadraten (PQ's) en een beschrijving van de vegetatie-ontwikkeling in een aantal raaien. Sinds de afsluiting is de vegetatie op de voormalige schorren in het Volkerak-Zoommeer volop in ontwikkeling geweest (van Rooij & Groen, 1996). Vegetatietypen, die verschilden in structuur en soortensamenstelling (zie tabel 5.3 voor beschrijving), wisselden elkaar in snel tempo af.

foto 19

Op de hogere delen, die nooit overspoeld raken en niet begraasd worden, komt uiteindelijk bos tot ontwikkeling.

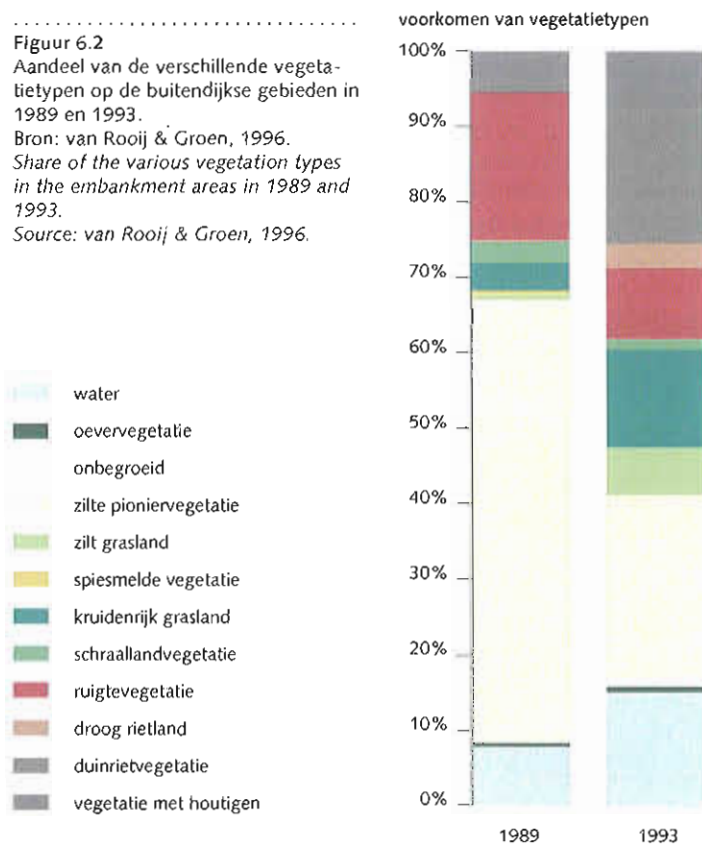


Figuur 6.2 geeft voor 1989 en 1993 aan welk areaal van de buitendijkse gronden wordt ingenomen door de verschillende vegetatietypen. Duidelijk is te zien dat in 1989 zilte pioniervegetaties met soorten als zeekraal en Melkkruid in een groot deel van het gebied het beeld bepaalden. De laaggelegen delen maar ook de minder laaggelegen delen en de schorren in het noorden van het gebied, waren volledig begroeid met deze pioniersoorten. Op de voedselrijkere schorren (Hellegatsplaten) kwamen deze soorten zeer weelderig tot ontwikkeling. Op de zuidelijke schorren, die snel ontzilt waren, domineerde korte tijd een zoete pioniervegetatie (spiesmeldevegetatie) die al na korte tijd werd vervangen door ruigtevegetatie. In 1989 zijn de schorren bijna volledig begroeid met ruigtevegetatie, met soorten als Harig wilgenroosje en Akkerdistel.

Op de wat hoger gelegen en zandige delen van de schorren, die snel ontzilt waren, kwamen al snel wilgen tot ontwikkeling. Op de Hellegatsplaten stonden in 1989 al op grote delen jonge wilgen. Ook op de zuidelijke schorren ontwikkelde zich op de schorranden, die zandiger en iets hoger gelegen zijn dan de rest van het schor, een beeldbepalende smalle strook wilgen. In 1993 was het voorkomen van zilte pioniers in het hele gebied sterk afgenomen tot ongeveer eenderde van het gebied. Alleen op de Krammerse Slikken en delen van de Hellegatsplaten kwamen nog grote oppervlakten van dit vegetatietype voor.

Op de snel ontzilt schorren in het zuiden van het gebied was in 1993 op de lagere en lutum-armere schordelen een uitgestrekte vlakte met duinrietvegetatie ontstaan. Op de hogere en lutumrijkere schorren domineerde in 1989 ruigtevegetatie, met op de hoogste delen van de schorren duinrietvegetatie. Deze duinrietvegetatie had zich in 1993 fors uitgebreid, ten koste van de ruigtevegetatie.

Figuur 6.2
Aandeel van de verschillende vegetatietypen op de buitendijkse gebieden in 1989 en 1993.
Bron: van Rooij & Groen, 1996.
Share of the various vegetation types in the embankment areas in 1989 and 1993.
Source: van Rooij & Groen, 1996.



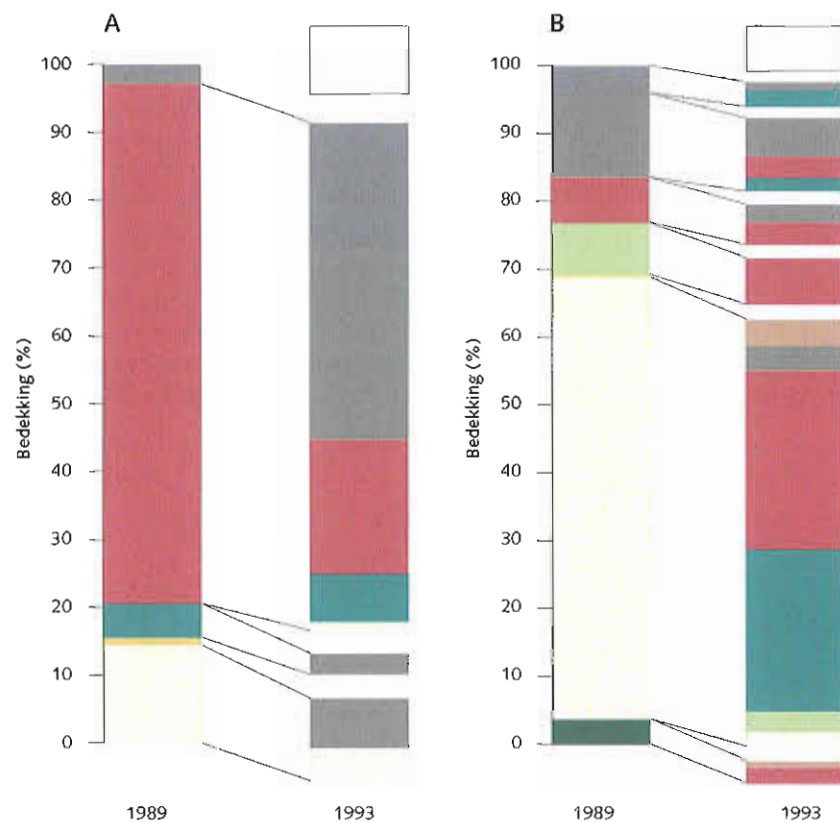
In 1993 was het oppervlak van grazige vegetatietypen en hoger opgaande vegetatietypen met een zoet karakter in het hele gebied sterk toegenomen. De vegetatie werd diverser en soortenrijker en door een toename van zilt grasland en schraallandvegetatie kon de vegetatie steeds meer waardevolle plantensoorten herbergen.

6.3.2 Veranderingen per bodemtype

De vegetatie-ontwikkeling van de buitendijkse gronden die hoger gelegen zijn dan NAP + 1 m was, net als voor de laaggelegen oevergebieden (zie 5.4), sterk afhankelijk van de bodemsoort en de hoogteligging. Door het wisselende grondwaterregime is de ontziltingsnelheid van de diverse bodemtypen verschillend. De veranderingen in de vegetatie vinden dan ook niet op dezelfde manier of met dezelfde snelheid plaats. Voor wat betreft de vegetatie-ontwikkeling op de hoger gelegen bodemtypen kan het volgende worden gezegd: de schorren aan de zuidkant van het meer, waar de kleilaag op een zandpakket is afgezet, ontziltten in de eerste jaren vrij snel. In 1989 waren deze schorren voor het grootste deel met ruigte begroeid en werd nog slechts een klein gedeelte (ongeveer 15%) bedekt door zilte pioniervegetatie (figuur 6.3A). In 1993 was de ruigtevegetatie voor een groot deel vervangen door de eveneens hoog opgaande vegetatietypen: duinrietvegetatie en vegetatie met houtigen. Een klein deel van de ruigtevegetatie (10%) ging over in kruidenrijk grasland. De zilte pioniervegetatie werd vrijwel volledig vervangen door duinrietvegetatie. In 1993 was nog slechts 5% van het totale areaal van dit bodemtype begroeid met zilte pioniers. Deze werden voornamelijk aangetroffen in de voormalige krekken.

Figuur 6.3
 Vegetatieveranderingen tussen 1989 en 1993 voor de twee onderscheiden hooggelegen bodemtypen op de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer. Schor, klei op zand (A) en schor, klei diep (B).
 Bron: van Rooij & Groen, 1996.
Vegetation changes between 1989 and 1993 for the salt marshes, clay on sand (A) and salt marshes, clay deep (B). Source: van Rooij & Groen, 1996.

- water
- oevervegetatie
- onbegroeid
- zilte pioniervegetatie
- zilt grasland
- spiesmelde vegetatie
- kruidenrijk grasland
- schraallandvegetatie
- ruigtevegetatie
- droog rietland
- duinrietvegetatie
- vegetatie met houtigen
- overig



Op de schorren aan de noordkant van het Volkerakmeer, waar de klei tot diep in het profiel voorkomt, domineerden in 1989 zilte vegetatietypen (figuur 6.3B). Meer dan de helft van het oppervlak was begroeid met zilte pioniersoorten (60%) en ongeveer 10% werd bedekt door zilt grasland. Daarnaast kwamen ruigte- (ongeveer 10%) en duinrietvegetatie (ongeveer 10%) op dit bodemtype voor. Het grootste deel van deze vegetatietypen was in 1993 vervangen door ruigtevegetatie (totaal zo'n 45% van het oppervlak). Uit de zilte pioniervegetatie ontwikkelde zich daarnaast een grote oppervlakte schraallandvegetatie (25% van de 60%). Het kleipakket had namelijk een dun zandig bovenlaagje waarop dit vegetatietype tot ontwikkeling kon komen. Daarnaast ontstond uit de zilte pioniervegetatie droog rietland en duinrietvegetatie. Dit laatste vegetatietype verdween op andere plekken weer en was in 1993 in mindere mate tot ontwikkeling gekomen dan op de beter ontwaterende schorren met een zandige ondergrond.

6.3.3 Successiereeks PQ's

Op de voormalige schorren kwamen, binnen de opgenomen locaties, in 1987/1988 pioniersoorten zoals Engels slijkgras, Zulte en Spiesmelde massaal tot ontwikkeling. In 1989 kwamen ruigtesoorten op zoals verschillende soorten basterdwederik. In 1990 en 1991 piekten distels en Duinriet, waarna wilgen en Grote brandnetel begonnen op te komen.

Op basis van deze vegetatiegegevens werd voor de twee hooggelegen bodemtypen de volgende successiereeks opgesteld (van Rooij & Groen, 1996).

Op het snel ontzilte schor met klei op zand vond een relatief snelle vegetatiesuccessie plaats van zilte pioniervegetatie, zilt grasland, spiesmeldevegetatie en ruigtevegetatie naar duinrietvegetatie (figuur 6.4A). Voor het schor met klei tot diep in het profiel was de successiereeks vergelijkbaar, maar verliep langzamer (figuur 6.4B). Met name de fase van zilt grasland bleef langer gehandhaafd. Daarna ontwikkelde zich kruidenrijk grasland en schraallandvegetatie. De fase van kruidenrijk grasland was maximaal een jaar korter dan op de lager gelegen fijnzandige delen, waar deze fase vaak twee tot drie jaar standhield. In 1994 bestond het grootste deel van de opgenomen locaties, met name op plaatsen waar het topplaatje van de bodem lutumarm was, uit schraallandvegetatie. De successie is grotendeels vergelijkbaar met de successie op de grofzandige en fijnzandige delen van de lager gelegen oeverdelen (zie figuur 5.3).

De vegetatie in de drooggevallen krekken, die de schorren doorsnijden, liet een vergelijkbare ontwikkeling zien als die op de laaggelegen slikken. De vegetatie binnen de drooggevallen krekken had in 1994 nog altijd een zilt karakter.

6.4 Fauna

6.4.1 Vlinders

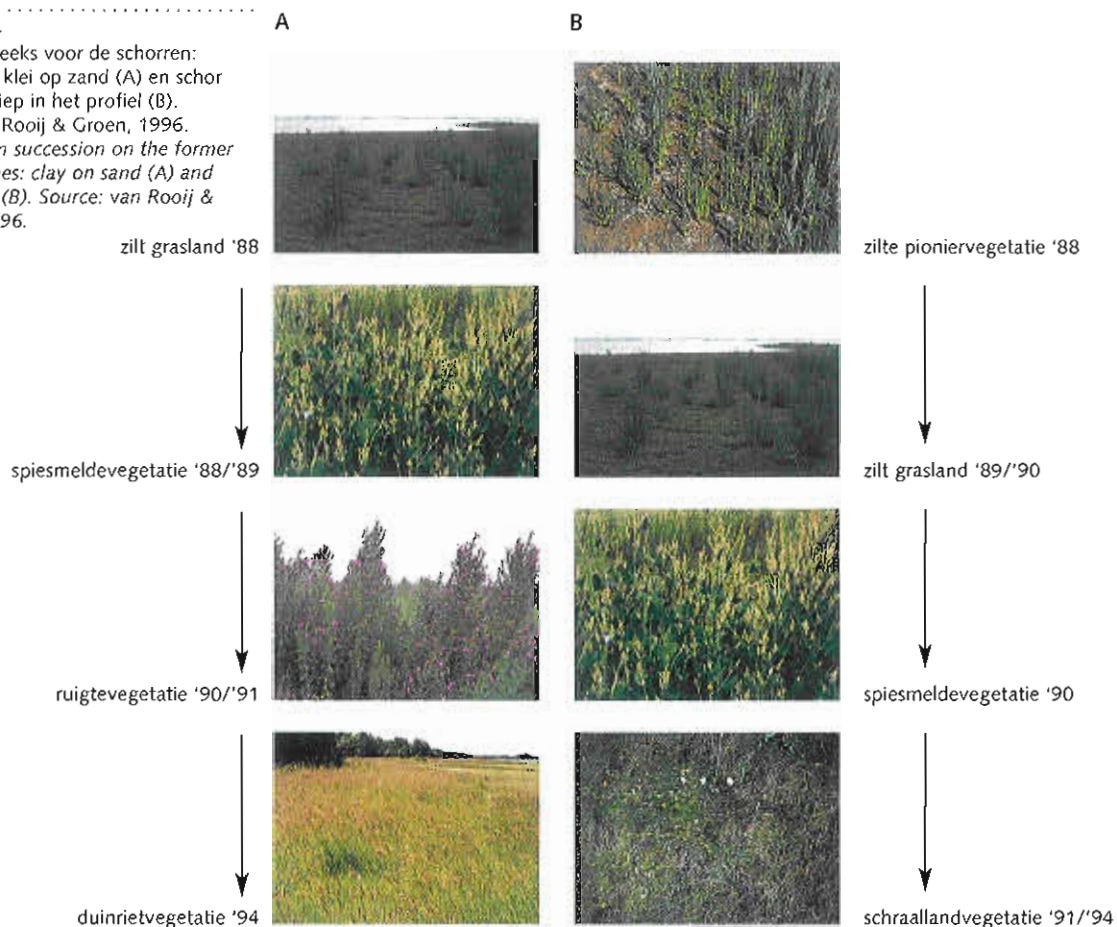
De vegetatie op de buitendijkse gebieden in het Volkerak-Zoommeer trekt veel insecten aan. In het beheersgebied van Natuurmonumenten (Dintelse Gorzen en Slikken van de Heen-oost) zijn 15 soorten dagvlinders waargenomen (Vereniging Natuurmonumenten, 1997). De vlinderfauna van beide terreinen vertoonde grote overeenkomsten. Over het algemeen betreft het algemene soorten. Opmerkelijk was de aanwezigheid van het

Figuur 6.4

Successiereeks voor de schorren:
schor met klei op zand (A) en schor
met klei diep in het profiel (B).

Bron: van Rooij & Groen, 1996.

Vegetation succession on the former
salt marshes: clay on sand (A) and
clay deep (B). Source: van Rooij &
Groen, 1996.



Bont Zandoogje op de Dintelse Gorzen, aangezien dit een soort is die gebonden is aan bos. Daarnaast werd het zeldzame Bruin Blauwtje aange- troffen. Deze soort leeft op droge, niet zure, zandige graslanden met veel bloemen en open plekken. Een extensief begrazingsbeheer is een goede beheersvorm voor deze soort.

6.4.2 Vogels

De buitendijkse gebieden van het Volkerak-Zoommeer zijn met name van belang voor vogels. Direct na de afsluiting, waren deze terreinen met name interessant voor de kale-grond broeders, zoals Kluten, plevieren, Visdief, Dwergstern en Tapuit. Door de vegetatiesuccessie nam de ruimte voor deze vogels af. Alleen de Kluut kan zich op de kort begroeide slikken nog in grote aantallen handhaven. Op de Krammerse Slikken en de Dintelse Gorzen zijn nog veel weidevogels aanwezig met soorten als Tureluur, Grutto, Zomertaling en Kievit.

Ook voor soorten van ruigtes en struweel als Gele Kwikstaart, Rietzanger, Blauwborst, Roodborsttapuit en Rietgors hebben de buitendijkse gebieden een grote betekenis. De opkomst van wilgen maakte het gebied voor sommige van deze soorten nog aantrekkelijker. Na kolonisatie van het Haringvliet in de jaren tachtig vanuit de Biesbosch, werden in 1989 de eerste paartjes Blauwborst in het Volkerak-Zoommeer vastgesteld. In 1992 broedden er al enkele honderden paartjes (Spaans, 1994).

foto 20

Een typische broedvogel van natte ruigte met opslag van houtigen is de Blauwborst.



Met name op de Slikken van de Heen-oost blijft er voor soorten van ruigtes en struweel voldoende ruimte, hoewel door de voortgaande bosvorming de dichtheden wel afnemen (figuur 6.5A). Door de begrazing is met name op de Dintelse Gorzen het areaal struweel afgenomen, waardoor ook de aantallen typische struweelvogels hier zijn afgenomen. Inmiddels heeft het bestand zich hier gestabiliseerd (figuur 6.5B).

Bossoorten worden met name aangetroffen op de Slikken van de Heen-oost. Het aantal soorten van bos en struweel vertoont nog steeds een toename (Koekoek, Spotvogel, Tuinfluiter, Fitis). Aanvankelijk vestigde zich hier een beperkt aantal algemene soorten maar de laatste jaren komen er ook nieuwe broedvogels als Wielewaal, Zomertortel, Tjiftjaf en Zwartkop bij (Vereniging Natuurmonumenten, 1997). Sinds 1987 hebben op de Slikken van de Heen-oost 11 Rode lijst soorten gebroed. De incidenteel broedende Zomertaling, Grauwe Kiekendief en Velduil vinden voorlopig nog voldoende geschikte broedlocaties op de Slikken van de Heen.

Op de Dintelse Gorzen nemen door de aanwezigheid van grote grazers soorten als Bruine Kiekendief, Patrijs en Velduil in aantal af. De toename van soorten van bossen en struwelen is op de Dintelse Gorzen minder duidelijk dan op de Slikken van de Heen. Met name soorten van ruigte en laag struweel (Graspieper, Veldleeuwerik, Blauwborst, Roodborsttapuit en Rietgors) zijn aanwezig op de Dintelse Gorzen. Op de Dintelse Gorzen zijn sinds de afsluiting 16 soorten van de Rode lijst broedend waargenomen. Ook buiten het broedseizoen worden de terreinen veelvuldig gebruikt door vogels als foerageer- en rustgebied. Bijzondere soorten als Roerdomp, Lepelaar, Waterral, Visarend, Boomvalk en IJsvogel worden regelmatig aangetroffen op de buitendijkse gronden. Daarnaast zijn ook nog schaarsere soorten als Grote Zilverreiger, Draaihals, Beflijster, Buidelmees en Klapekster op doortrek in de terreinen waargenomen (Vereniging Natuurmonumenten, 1997).

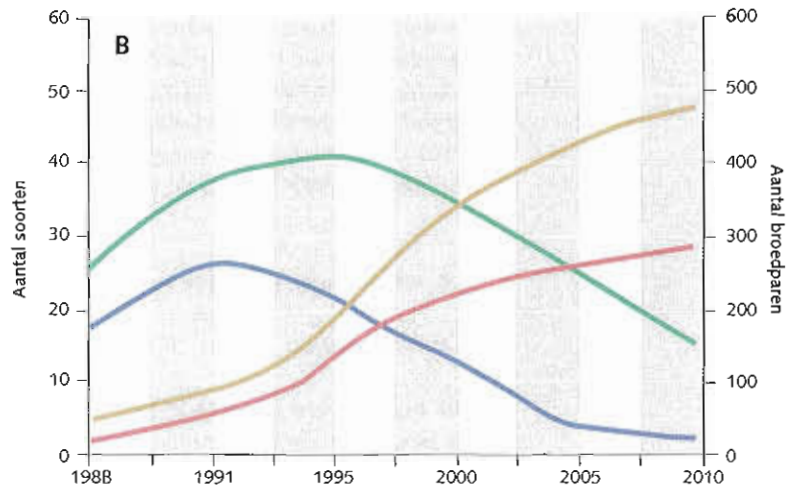
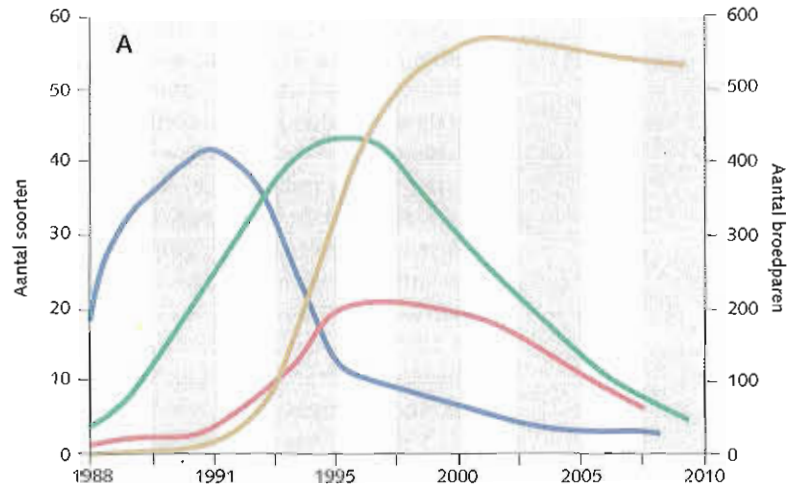
Gedurende de winterperiode zijn met name de buitendijks gelegen gronden van belang als foerageergebied voor ganzen en eenden. Met uitzondering van de Rotgans (een typische soort van zoute vegetaties), waarvan de aantallen sinds de afsluiting zijn afgenomen, nemen de aantallen ganzen in het gebied toe.

Figuur 6.5

Ontwikkeling van de broedvogels op de Slikken van de Heen-oost (A) en de Dintelse Gorzen (B). Bron: Vereniging Natuurmonumenten, 1997.

Development of breeding bird species on the Slikken van de Heen-Oost (A) and the Dintelse Gorzen (B). Source: Vereniging Natuurmonumenten, 1997.

- kustvogels
- weidevogels
- struweel & ruigtevogels
- bosvogels



6.4.3 Zoogdieren

Van 1987 tot 1992 werd een onderzoek verricht naar de kolonisatie en aantalsverandering van muizen op de drooggevallen gronden langs het Volkerak-Zoommeer (Dijkstra, 1994). Gedurende deze periode werden in het gehele gebied vier soorten woelmuizen, drie soorten "ware" muizen en vier spitsmuissorten aangetroffen (tabel 6.3).

Tabel 6.3

Muizensoorten die in de periode 1987-1992 zijn aangetroffen op de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer.

Woelmuizen	"Ware" muizen	Spitsmuizen
Veldmuis	Bosmuis	Bosspitsmuis
Aardmuis	Huismuis	Dwergspitsmuis
Noordse Woelmuis	Dwergmuis	Huisspitsmuis
Rosse Woelmuis		Waterspitsmuis (1 ex)

De voormalige schorren werden al vanaf september 1987 door muizen gekoloniseerd. Op de slikken was dit pas in 1990 het geval, terwijl de zan-

dige platen in 1992 nog steeds niet door muizen waren bevolkt. De zeldzame Noordse Woelmuis werd alleen aangetroffen op de Krammerse Slikken en de Hellegatsplaten.

In de eerste drie jaar na afsluiting (1987-1989) kwam de Veldmuis in extreem hoge dichtheden voor op de voormalige schorren. Met deze toename van de muizen nam ook de dichtheid van jagende Torenvalken toe. Zo werden in de herfst van 1990 25 jagende Torenvalken op de Hellegatsplaten bij Ooltgensplaat geteld, tegenover slechts een enkel exemplaar in de jaren daarvoor (van Nes *et al.*, 1991). In de periode van 1989 tot 1992 werden veel kleinere aantallen Veldmuizen waargenomen.

In 1995 heeft op de Slikken van de Heen-oost in een vochtige tot natte, structuur-rijke kruidenvegetatie een kortlopende inventarisatie van muizensoorten plaatsgevonden om een kwalitatief beeld te verkrijgen (Barendse *et al.*, 1996). Bij deze inventarisatie werden de in tabel 6.3 genoemde woelmuisen (met uitzondering van de Noordse Woelmuis) en "ware" muizensoorten aangetroffen. Van de spitsmuizen werd alleen de Dwergspitsmuis gevangen.

Op de buitendijkse terreinen van het Volkerak-Zoommeer hebben zich in de loop der jaren zoogdieren als Mol, Vos en Ree gevestigd. Verder komen Konijnen in grote aantallen voor en worden ook regelmatig Hazen waargenomen. Van de kleinere roofdieren zijn Bunzing, Hermelijn en Wezel in kleine aantallen waargenomen (Vereniging Natuurmonumenten, 1997). Muskusratten komen vrij algemeen voor in het Volkerak-Zoommeer (Boudewijn, 1997) en af en toe worden er Bevrattens waargenomen.

6.5 Integratie en prognose ten aanzien van de toekomstige ontwikkeling

6.5.1 Integratie

De buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer bestaan uit een aantal kenmerkende bodemtypen. Hoge schorren met klei, doorsneden met krekens, gaan via lagere schorgedeelten over in de lager gelegen oevergebieden, die bestaan uit flauw afhellende slikken of zandige delen met een voedselarme bodem.

Zoals verwacht verliep de ontziltting op de hoge schorren met klei op het zandpakket erg snel. Binnen één jaar was de bodem er tot op een diepte van een meter ontzilt. Op de schorren met klei tot diep in het profiel, ging de ontziltting aanvankelijk langzaam, maar na de rijping van de bodem kwam de ontziltting ook hier op gang.

Door de bodemrijping trad, afhankelijk van het bodemtype, in meer of mindere mate inklinking op. De zandige schorranden klonken minder in dan de kleiige kommen, waardoor er meer reliëf ontstond.

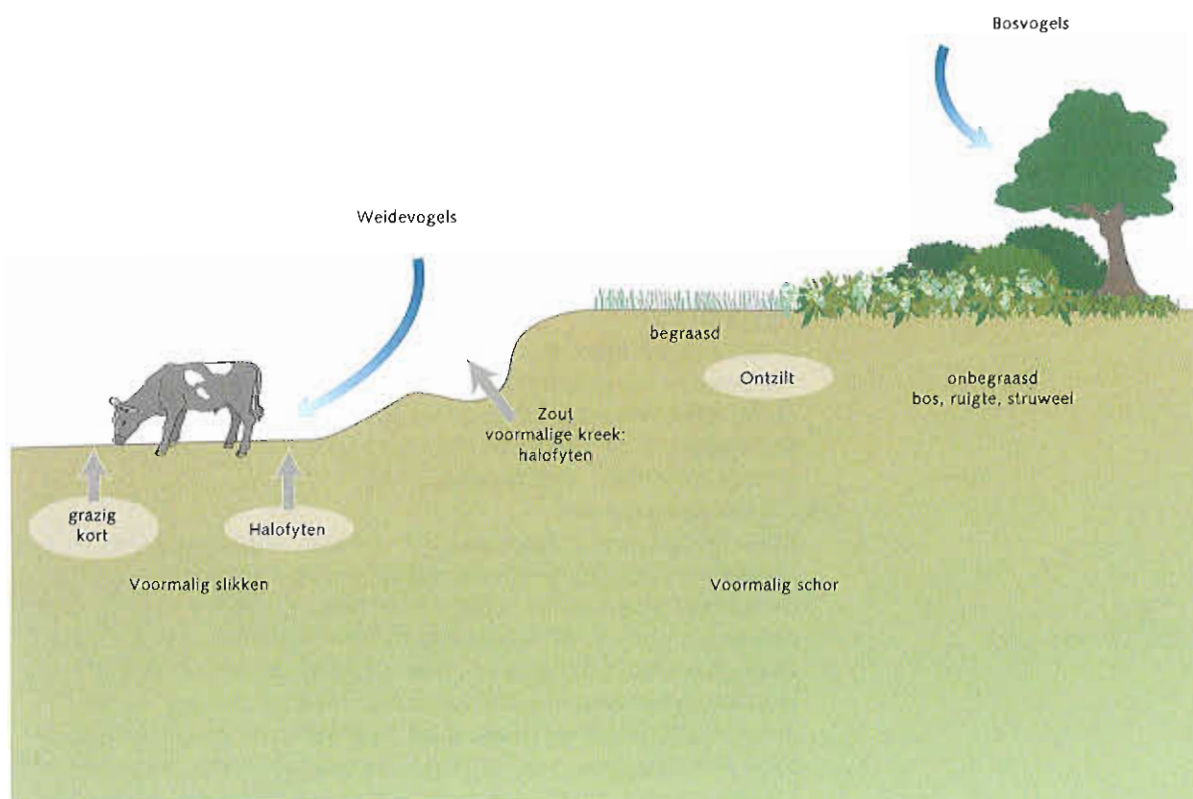
De grondwaterstand is in sommige gebiedsdelen in de loop van de tijd veranderd. De schorren met klei tot diep in het profiel waren direct na de afsluiting erg nat. Door de rijping van de bodem kreeg deze langzaam een toenemende doorlatendheid, waardoor de gemiddelde grondwaterstand daalde. Dit proces werd enigszins verminderd doordat het maaiveld zelf ook daalde als gevolg van de inklinking.

De kleigronden van de schorren zijn voedselrijk. In de bovenlaag van de bodem was in de eerste jaren na de afsluiting veel humus aanwezig, die na het droogvallen snel werd afgebroken en een grote hoeveelheid stikstof leverde. Na enkele jaren waren deze extreem hoge stikstofconcentraties weer verdwenen. Daarnaast was de bodem in het gehele gebied rijk aan kalk. Na de afsluiting vond ontkalking plaats, waardoor in de kommen op de schorren het kalkgehalte plaatselijk sterk is verlaagd.

De ontwikkeling van de vegetatie op de buitendijkse gebieden van het Volkerak-Zoommeer werd in de eerste jaren na 1987 in sterke mate beïnvloed door de hiervoor genoemde processen. De vegetatie was in de periode na de afsluiting volop in ontwikkeling. In acht jaar tijd volgden vele verschillende plantensoorten en vegetatietypen elkaar op. Deze opeenvolging vond niet overal even snel plaats. Op de verschillende bodemtypen verschilde de snelheid waarmee de vegetatiesuccessie verliep. Aanvankelijk was de verandering van het zoutgehalte in de bodem de bepalende factor voor de vegetatie-ontwikkeling. Wanneer de bodem eenmaal ontzilt was, werd het lutumgehalte van belang. De vegetatiesuccessie op de snel ontziltende, lutumrijke schorren verliep hierdoor sneller dan op de schorren met klei tot diep in het profiel.

Naast deze factoren is ook het beheer van de oevergebieden van grote betekenis geweest voor de vegetatie-ontwikkeling. In de eerste vijf jaar was er een beheer van niets doen en kon de vegetatie zich ongestoord ontwikkelen. In 1991 werd het integrale beheer van de buitendijkse gebieden gestopt en werd het beheer door Rijkswaterstaat overgedragen aan een drietal instanties: Staatsbosbeheer, Vereniging Natuurmonumenten en Stichting het Zeeuws Landschap. Om het beheer in de verschillende gebieden onderling af te stemmen is in 1992 door Rijkswaterstaat een

Figuur 6.6
Schematische weergave belangrijkste componenten en relaties op de buitendijkse gronden.
Scheme of the most important components and relations on the higher grounds of lake Volkerak-Zoommeer.



integraal begrazingsadvies uitgebracht (Cornelissen *et al.*, 1992). Hierbij waren de geformuleerde doelen voor natuurontwikkeling in de beheersvisie (Voorlopige Beheerscommissie Krammer-Volkerak, 1989) sturend. In het begrazingsadvies werd geadviseerd om de gebieden Slikken bij de Sabina Henrica Polder, de Slikken van de Heen-oost en het oostelijk deel van de Slikken van de Heen-west onbegrasd te laten. Voor de rest van de gebieden werd een extensief begrazingsbeheer met paarden, runderen of schapen geadviseerd. Door de beherende instanties is na 1992 in de meeste deelgebieden extensief begrazingsbeheer ingesteld. Van de belangrijkste gebieden bleven alleen de Slikken van de Heen-oost onbegrasd.

Hieronder worden voor de belangrijkste deelgebieden de ontwikkelingen die na de afsluiting plaatsvonden besproken (van Rooij & Groen, 1996).

Plaat van de Vliet

Doel: "Ontwikkeling van duin- en duinvalleivegetatie van vochtig/droge voedselarme gronden".

De Plaat van de Vliet is voornamelijk zandig en was daardoor al na één jaar grotendeels ontzilt. Op de lutumarme bodem ontwikkelde zich een grazige, botanisch waardevolle schraallandvegetatie waarin soorten van duinen en duinvalleien voorkomen. In 1989 was vrijwel de gehele plaat hiermee bedekt. In 1993 was een deel hiervan overgegaan in kruidenrijk grasland. Door de voedselarme bodem bleef de vegetatie hier ijler dan op andere plekken, waardoor meer soorten naast elkaar voorkwamen. In 1996 is de vegetatie op de Plaat van de Vliet (die na 1992 werd begrasd) nog steeds overwegend grazig. De zeldzame duinvalleisoorten komen nog altijd voor. De uitgerasterde oevers, die voedselrijker zijn door regelmatige overspoeling met meerwater, zijn begroeid met hoog opgaand Riet, ruigte en struweel.

Slikken van de Heen-west

Doel: "Ontwikkeling van bos".

Dit gebied bestaat voor het overgrote deel uit schorren, die binnen een paar jaar ontzilt waren. In 1989 waren de schorren dan ook al volledig begroeid met ruigtesoorten. In 1993 had het verschil in voedselrijkdom voor differentiatie in de vegetatie gezorgd. De lager gelegen, jongere schorren waren volledig begroeid met duinrietvegetatie. Op de hoger gelegen, voedselrijkere schorren had zich in 1993 vooral een ruigte- en struweelvegetatie ontwikkeld. Ook kwam lokaal een duinrietvegetatie tot ontwikkeling, die naar verwachting de ruigtevegetatie zal verdringen. Op den duur zal op de schorren bosvorming plaatsvinden.

In de drooggevallen, traag ontziltende kreken treffen we zilte pioniervegetatie en zilt grasland aan. Deze vegetatie zal zich daar nog een aantal jaren kunnen handhaven. In 1997 was het areaal struweel verder uitgebreid: de plaatselijk intensief begraste plekken bleven, vooral langs de kreken, voornamelijk grazig.

Slikken van de Heen-oost

Doel: "In het westen ligt het accent op bosontwikkeling, in het oosten is een open, grazig gebied met ruigten en struwelen tot doel gesteld".

De ontwikkeling van het zoutgehalte en de vegetatie is vergelijkbaar met de Slikken van de Heen-west. In 1993 had zich in het oosten, waar de bodem lutumarder is, een uitgestrekte duinrietvegetatie ontwikkeld. In het westelijk deel, waar de bodem lutumrijk is, kwam voornamelijk ruigte en struweel tot ontwikkeling. Het gebied is, conform de doelstelling, begroeid met een hoog opgaande vegetatie met houtige soorten. De grazige gedeelten waren echter niet aanwezig.

Het oostelijk deel bleef opener dan het westelijk deel. In 1997 was dit beeld nog ongeveer hetzelfde gebleven. In de toekomst is bosvorming te verwachten.

Dintelse Gorzen

Doel: "Gedifferentieerd landschap van bos, struweel en graslanden (nat en droog)".

In de periode tot 1993 ontwikkelde de vegetatie zich tot een afwisselend geheel van ruigte op de hoge, lutumrijke schorren en Duinriet met struweel op de lutumarmere schorren en lager gelegen fijnzandige delen. Op de lager gelegen, langzamer ontzilende slikken, kwamen een zilte pioniervegetatie en kruidenrijke graslanden tot ontwikkeling. Er was dus een zeer gedifferentieerd landschap ontstaan. Ten gevolge van het begrazingsbeheer, dat sinds 1992 ingevoerd werd, had het gebied in 1997 een duidelijk opener karakter. De duinrietvegetatie en kruidenrijke graslanden breidden zich verder uit ten koste van de zilte pioniervegetatie.

Hellegatsplaten

Doel: "Gedifferentieerd parklandschap met struweel, ruigte en graslanden (nat en droog)".

De Hellegatsplaten ontwikkelden zich heel anders dan de oevergebieden aan de zuidrand van het Volkerakmeer. De ontzilting van de bodem verliep aanmerkelijk trager, waardoor in 1989 zelfs op de schorren nog zilte pioniervegetatie voorkwam. In 1993 waren de hogere delen, die het snelst ontzilten, voornamelijk begroeid met ruigtevegetatie en plaatselijk kruidenrijk grasland. Op de minder hoge delen ontwikkelde zich een mozaïek van zilt grasland, droog rietland en struweel. De nog erg zilte slikken waren begroeid met zilte pioniers en zilt grasland. Het gebied ontwikkelde zich dus tot een afwisselend geheel en de vegetatie had nog een erg zout karakter. Het gebied bleef vanaf 1992 grotendeels open en grazig. In 1997 was het areaal duinrietvegetatie en ruigte verder uitgebreid en de invloed van het zout op de vegetatie was verder afgenomen.

In 1999 werd er op de Hellegatsplaten een vegetatiekartering uitgevoerd (Everts & de Vries, 2000). Het areaal Duinriet en ruigte was ten opzichte van 1997 verder toegenomen. In het meest noordelijk gelegen deel van het gebied domineerden de zilte graslanden. Opvallend is wel dat, ondanks het in 1992 ingevoerde begrazingsbeheer, het areaal houtigen in 1999 verder was toegenomen.

Krammerse Slikken

Doel: "Ontwikkelen van een grootschalig grazig gebied, met plaatselijk moerasontwikkeling en struweel. Ontwikkeling van een uitgebreide oevervegetatie".

Vanwege de trage ontzilting van de bodem verliep de vegetatieontwikkeling hier langzaam. In 1993 waren de slikken nog grotendeels begroeid met zilte pioniervegetatie en plaatselijk met zilt grasland. De vegetatie op het smalle stukje schor ontwikkelde zich tot een ruigte- en duinrietvegetatie. De duinrietvegetatie had zich in 1993 verder uitgebreid ten koste van de ruigtevegetatie. De oevervegetatieontwikkeling vond niet of nauwelijks plaats. Wel ontstond er een grootschalig grazig gebied met een zilte (pionier)vegetatie. Ontwikkeling naar moeras en struweel vond niet plaats. In 1997 was het gebied nog altijd voornamelijk begroeid met zilte pioniervegetatie en zilt grasland, terwijl de oevervegetatieontwikkeling nog altijd niet op gang was gekomen. Het gebied had hierdoor een open grazig karakter.

Prinsesseplaat

Doel: "Ontwikkeling van open grazig gebied ten bate van watervogels".

Ook de slikken op de Prinsesseplaat ontziltten langzaam. In 1989 werden de slikken gedomineerd door zilte pioniervegetatie. In 1997 waren de slikken nog steeds begroeid met zilte pioniers, een deel was overgegaan in grasland. De fijnzandige kop, die sneller ontziltte, was begroeid geraakt met een ijle riet- en duinrietvegetatie met duinvalleisoorten. Op een deel van de niet begraasde oevers vestigde zich een helofytenvegetatie.

Samenvattend kan worden gesteld dat de vegetatie in het gebied nog steeds volop in ontwikkeling is. Er vindt zowel autonome vegetatieontwikkeling plaats, maar ook ontwikkeling onder invloed van extensieve begrazing. De botanische betekenis van de buitendijkse gebieden in het Volkerak-Zoommeer is groot. Dit blijkt onder andere uit het feit dat alleen al in het beheersgebied van de Vereniging Natuurmonumenten (Slikken van de Heen-oost en de Dintelse Gorzen) in de afgelopen jaren 22 plantensoorten van de Rode lijst werden vastgesteld. De fragmentarische gegevens over mossen en paddestoelen laten eenzelfde beeld zien (Vereniging Natuurmonumenten, 1997). Opgemerkt kan worden dat een deel van de huidige botanische waarden wordt gevormd door plantensoorten van typische pioniersituaties en soorten van brakke en zoute gemeenschappen. De verdergaande ontzilting en de verruiging zullen op termijn mogelijk gevolgen hebben voor deze plantengemeenschappen.

De ontwikkeling van de vegetatie op de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer is van groot belang geweest voor de ontwikkelingsmogelijkheden van de fauna in het gebied. Dit is onder andere te zien aan het voorkomen en de verspreiding van vlinders en andere insecten. Daarnaast is ook de ontwikkeling van de vogel- en zoogdierpopulatie in sterke mate gekoppeld aan de vegetatiesuccessie. Dit heeft tot gevolg gehad dat de verschillende deelgebieden, vanwege de verschillen in vegetatieontwikkeling, ook een sterk uiteenlopende vogelsamenstelling kennen. In de onbeheerde gebieden zijn met name de lagere gebiedsdelen, die beïnvloed worden door zout, van belang voor kale-grond broeders. De voortgaande vegetatiesuccessie resulteert vervolgens in het verdwijnen van deze soorten. Na het eveneens verdwijnen van de wat minder kritische koloniebroeders als meeuwen, verschijnen steeds meer soorten die typisch zijn voor ruigtes en struweel. Zo is de toename van de aantallen Blauwborst in het gehele Deltagebied vooral te danken aan de afsluiting van het Haringvliet en het Volkerak-Zoommeer. Door de afsluiting veruigden voormalige rietgorzen en schorren, waardoor een geschikt broedbiotoop voor deze soort ontstond (Hustings *et al.*, 1995). Bij verdergaande vegetatiesuccessie neemt ook het aantal bossoorten verder toe. In gebieden waar een begrazingsbeheer werd ingesteld, is een grotendeels grazige vegetatie ontstaan die geschikt is voor verschillende weidevogels en koloniebroeders. Door het begrazingsbeheer is op delen van de buitendijkse gebieden ook het oppervlak geschikt ganzengrasland toegenomen. Dit wordt ook gereflecteerd in de aantalsontwikkeling van de ganzen.

Ook de ontwikkeling van de muizenpopulatie hield sterk verband met de variatie in successie en structuur van de vegetatie. Op de voormalige schorren was al in 1987 een dichte begroeiing aanwezig, die een potentiële voedselbron vormde voor muizen, maar ook kon zorgen voor de nodige dekking tegen roofvogels en andere predatoren. Deze gebieden werden

dan ook al snel gekoloniseerd door muizen. Op de laaggelegen platen daarentegen was ook in 1993 nog sprake van een zeer open biotoop met een lage bedekking van kruiden, wat deze gebieden minder aantrekkelijk maakte voor muizen.

Naast de autonome vegetatiesuccessie heeft ook het begrazingsbeheer effecten gehad op het voorkomen van muizen. Zo verdraagt de zeldzame Noordse Woelmuis begrazing slecht (Dijkstra, 1994). Het begrazingsbeheer dat in 1992 werd ingesteld op de Hellegatsplaten is dan ook niet bevorderlijk voor het voorkomen van deze soort op deze locatie.

De ontwikkeling van de muizenpopulatie had belangrijke consequenties voor het roofvogelbestand. Zo is de Veldmuis een belangrijke voedselbron voor roofvogels. De Veldmuis kan in hoge dichtheden voorkomen en is makkelijker vangbaar dan andere woelmuizen vanwege zijn voorkeur voor kortere vegetatietypen. Met name Torenavalk, Bruine Kiekendief, Blauwe Kiekendief, Buizerd en Velduil hadden deze nieuwe voedselbron dan ook snel ontdekt. De afname van de hoeveelheid Veldmuizen op de Hellegatsplaten, die van 1989 tot 1992 werd geconstateerd, hing voornamelijk samen met de snelle vegetatiesuccessie die plaatsvond. De voortgaande verruiging van de voormalige schorren met soorten als Akkerdistel en Duinriet, de boomopslag en de kolonisatie door de concurrerende Aardmuis waren hiervoor de belangrijkste redenen.

Samenvattend kan worden gesteld dat de buitendijkse gronden in het Volkerak-Zoommeer in feite een geheel vormen. De gebieden worden weliswaar door water van elkaar gescheiden, maar de relatief kleine afstanden tussen de gebieden zorgen toch voor een sterke onderlinge samenhang. De gebieden verschillen duidelijk van karakter en hebben een eigen identiteit. Hierdoor is in het Volkerak-Zoommeer een uitgebreid spectrum van biotopen aanwezig, wat de landschapsecologische relaties tussen de buitendijkse gronden versterkt. Soorten foerageren in het ene gebied en broeden in een ander gebied (Vereniging Natuurmonumenten, 1997).

In relatie tot het achterland zijn de landschapsecologische relaties minder goed ontwikkeld. Vrijwel het gehele achterland wordt intensief agrarisch benut. Met uitzondering van enkele kleine natuurgebieden langs de Vliet en de Dintel zijn verbindingen met andere binnendijs gelegen natuurgebieden nauwelijks aanwezig. Het Volkerak-Zoommeer heeft hierdoor een betrekkelijk geïsoleerde ligging ten opzichte van de binnendijs gelegen natuurgebieden. Dit heeft invloed op de snelheid waarmee het gebied wordt gekoloniseerd door plant- en diersoorten.

6.5.2 Prognose voor de toekomstige ontwikkeling van de buitendijkse gebieden

Op plaatsen waar de bodem nog altijd zout is, zal de snelheid van ontzilting van de bodem van invloed zijn op de vegetatiesuccessie. Maar ook andere factoren, zoals lutum-, kalkgehalte en grondwaterregime, zijn van invloed op de ontwikkeling en de differentiatie van de vegetatie.

Op de nog zoute delen van de buitendijkse gronden kunnen nog geruime tijd karakteristieke vegetaties voor zoute omstandigheden voorkomen. Als gevolg van de voortgaande ontzilting zullen deze vegetatietypen op den duur toch vervangen worden door zoete vegetatietypen. Op de langere termijn (20-40 jaar) zullen zilte vegetatietypen alleen nog te vinden zijn op

de locaties waar kwel vanuit de Oosterschelde optreedt, zoals op de Plaat van de Vliet.

Op de schorren van de Hellegatsplaten, met klei tot diep in het profiel, heeft ook de voortgaande rijping van de bodem gevolgen voor de vegetatie. Door de voortgaande rijping zal de daling van het maaiveld doorgaan. Hierdoor ontstaan er plaatselijk min of meer ingesloten laagtes, die geleidelijk natter worden. In dergelijke gebieden zullen aan drogere omstandigheden gekoppelde vegetatietypen overgaan in vegetaties die karakteristiek zijn voor vochtigere standplaatsen.

Ook het kalkgehalte van de bodem is van invloed op de vegetatie-ontwikkeling. Ontkalking is een langdurig proces. Ook in de deels ontkalkte bodem van de kommen op de schorren zal het nog tientallen jaren duren voor er volledige ontkalking is opgetreden. Deze factor zal in deze gebieden dan ook nog geruime tijd de vegetatiesuccessie en de soortensamenstelling beïnvloeden.

Ook het beheer speelt een belangrijke rol bij de toekomstige ontwikkeling van de vegetatie. Met de kennis over het beheer en de vegetatie-ontwikkeling uit andere voormalige getijdegebieden is het mogelijk globale uitspraken te formuleren omtrent de te verwachten toekomstige vegetatie-ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer.

De vegetatie-ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer kent dezelfde karakteristieken als die in soortgelijke gebieden zoals het Lauwersmeer-gebied en het Markiezaat. Deze gebieden zijn al langer afgesloten van zee en de oeversgebieden zijn inmiddels verder ontzilt. De ontwikkeling die hier heeft plaatsgevonden zal op termijn mogelijk ook in het Volkerak-Zoommeer te zien zijn.

Het Lauwersmeer, op de grens van de provincies Groningen en Friesland, werd in 1969 afgesloten van de Waddenzee. In de eerste jaren trad een vergelijkbare vegetatiesuccessie op als in de oeversgebieden van het Volkerak-Zoommeer. De vegetatie-ontwikkeling verliep ruwweg als volgt: van zilte pioniervegetatie naar zilte en later ontzilte graslanden en vervolgens via ruigtevegetatie naar een riet- of duinrietvegetatie en later (dwerg)struweel. Op de droge en lutumrijke plekken ontstond duinrietvegetatie. Op de nattere delen ontstond een vegetatie waarin Riet domineerde. In beide vegetaties kwam struweel op. Dit struweel breidde zich steeds verder uit en ging het beeld meer en meer bepalen. Na 25 jaar waren de onbegraasde delen verruigd met duinriet- of rietvegetatie en struweel. In de meeste gebiedsdelen werd 13 jaar na afsluiting een begrazingsbeheer (voornamelijk seizoensbegrazing) ingesteld. Door de begrazing werd de vegetatiesuccessie afgeremd, maar niet gestopt. De begraasde gebieden waren 15 jaar na afsluiting nog enigszins grazig (ongeveer eenderde van het begraasde gebied). Na 20 jaar was het areaal grasland ondanks de begrazing sterk afgenomen tot nauwelijks een vijfde van het begraasde deel. Ondanks het gevoerde begrazingsbeheer vond een verruiging van het gebied plaats.

In het Lauwersmeergebied kwam ook grasland met duinvallei-soorten tot ontwikkeling. In de onbegraasde gebiedsdelen ging dit vegetatietype na een aantal jaren over in brak tot ontzilt grasland, gedomineerd door Fioringras, en dwergstruweel. Ook op de begraasde gebiedsdelen ging dit vegetatietype in areaal achteruit, maar dit verliep wel aanmerkelijk langzamer. Hierdoor kon dit vegetatietype completer tot ontwik-

keling komen. Ook in 1994 komen er nog steeds soorten van duinvalleien voor (van Rooij & Drost, 1996).

Het Markiezaat is in 1983 ontstaan, waarna de oevergebieden ontzilten. Na 1984 werden delen van de oevergebieden begraasd. In 1992 had begrazing op de slikken nog niet tot opmerkelijke differentiatie in de vegetatie geleid. De bodem was nog zo zout dat de vegetatiesuccessie stagneerde. Op de hoger gelegen schorren was het effect van begrazing wel merkbaar. In een verruigend gebied werd het aantal houtigen en ruigte-soorten onder invloed van begrazing teruggedrongen (Röling, 1994).

De voedselarme, zandige delen, zoals de Plaat van de Vliet en de hoge delen van het eiland van de Prinsesseplaat, zullen een vrij ijle vegetatie houden. Het gebied zal zich mogelijk ontwikkelen tot een open vegetatie met Duinriet en diverse andere soorten, waaronder duin- en duinvalleisoorten. Er zal langzaam struweelvorming gaan optreden. De uitbreiding van het struweel kan door het begrazingsbeheer vertraagd worden. Op de wat hoger gelegen, lutumrijke schorren van bijvoorbeeld de Slikken van de Heen zal, in afwezigheid van begrazing, eerst een dicht struweel en uiteindelijk bos tot ontwikkeling komen. Deze ontwikkeling is vergelijkbaar met de ontwikkeling die op de westelijke schorren van het Markiezaat plaatsvond.

Door het nog relatief hoge zoutgehalte in de bodem van de kreken zullen langs de kreken nog enige tijd open plekken aanwezig blijven. Na ontzilting zullen ook deze locaties meer begroeid raken. De hogere delen op deze locaties zijn vrij lutumrijk en zullen aanvankelijk gedomineerd worden door een duinrietvegetatie, zoals die ook op de schorren te vinden is. De lagere delen zijn vaak natter en voedselarmer. Bij een lage begrazingsdruk kan hier mogelijk een helofytenvegetatie tot ontwikkeling komen. Een hoge begrazingsdruk zal grazige vegetatie opleveren, vergelijkbaar met grazige oeverdelen langs de oostelijke platen in het Lauwersmeergebied. De begraasde schorren, zoals op de Dintelse Gorzen en de Krammerse Slikken, zullen zich bij voortzetting van het huidige beheer tot een strandkweek/duinrietruigte ontwikkelen, met hier en daar struweel. Deze situatie kan zich vele jaren handhaven.

De schorren met een dik kleipakket, zoals langs de westrand van de Hellegatsplaten, ontwikkelen zich verder in de richting van een droog rietland. Gezien de ervaringen op de zuidelijke platen in het Lauwersmeergebied zal de begrazing dit waarschijnlijk niet kunnen tegenhouden.

De ontwikkeling van de vegetatie op de buitendijkse gebieden in het Volkerak-Zoommeer is mede bepalend voor de ontwikkeling van de fauna. In onbegaasde of extensief begraasde gebieden die grotendeels ontzilt zijn, zoals de Slikken van de Heen-oost, zullen vanwege de snelle vegetatiesuccessie de aantallen kustvogels en weidevogels snel in aantal afnemen, terwijl de aantallen struweel-, ruigte- en bossoorten zullen stijgen. Op de Slikken van de Heen zullen op de langere termijn, vanwege de bosvorming, voornamelijk bosvogels te vinden zijn (zie figuur 6.6). Ook in de begraasde gebieden als de Dintelse Gorzen en de Hellegatsplaten zullen de aantallen kust- en weidevogels geleidelijk afnemen. Hiervoor in de plaats komen bossoorten en soorten die karakteristiek zijn voor struweel en ruigtes.

Op de plaatsen die intensief worden begraasd en op plaatsen waar nog veel zout in de bodem aanwezig is zal de vegetatie voorlopig een grazig en open karakter blijven houden. Deze gebieden zullen dan ook langer geschikt blijven voor de kust- en weidevogels.

Ook de ontwikkeling van de muizenpopulaties is sterk gerelateerd aan de vegetatiesuccessie. Hoge dichtheden Veldmuizen lijken vooral op te treden in het pionierstadium van de vegetatiesuccessie. In veel natuurlijke grotere laaglandmeren is er in het algemeen sprake van een grote mate van dynamiek binnen het systeem, vooral gestuurd door grote variaties in waterstand. Periodes van droogte worden afgewisseld door langdurige inundaties, met als gevolg dat pioniervegetaties steeds opnieuw ontstaan wanneer gebieden droogvallen. Een dergelijke situatie is in het Volkerak-Zoommeer momenteel niet aanwezig, waardoor de hoge dichtheden muizen die in de pionierfase werden waargenomen in de toekomst niet meer verwacht mogen worden. Dit zal een ongunstig effect hebben op de ontwikkeling van de aantallen muizenetende roofvogels in het gebied. Voor wat betreft de ontwikkeling van de aantallen zoogdieren is ook de betrekkelijk geïsoleerde ligging ten opzichte van andere (binnendijkse) natuurgebieden van belang. Deze slechte bereikbaarheid resulteert dan ook in een betrekkelijk lage kolonisationsnelheid van de buitendijkse gronden. Deze relatief sterke isolatie werkt voor een soort als de Noordse Woelmuis mogelijk juist weer positief uit. Een te goede bereikbaarheid van refugia voor deze soort voor de veel algemenere Veldmuis heeft in het verleden op vele plaatsen geleid tot een concurrentiestrijd tussen deze soorten die in de regel het verdwijnen van de Noordse Woelmuis tot gevolg heeft gehad (Poelen, 1974).

7 De ecologische ontwikkeling in relatie tot de streefbeelden

Na de beschrijving van de ecologische ontwikkeling in de verschillende compartimenten van het Volkerak-Zoommeer worden in dit hoofdstuk de ontwikkelingen, die geleid hebben tot de huidige toestand van het systeem, afgezet tegen de geformuleerde streefbeelden en doelstellingen.

7.1 Het watersysteem en de oeverzone

Ruim tien jaar na de afsluiting van de Philipsdam heeft het Volkerak-Zoommeer zich van een zoute zeearm met een forse getijslag ontwikkeld tot een zoetwatermeer met een nagenoeg constant waterpeil. Aan de morfologie van het huidige Volkerak-Zoommeer is nog altijd goed herkenbaar dat het gebied een estuarien verleden heeft: een zeer diepe centrale stroomgeul (voormalige getijdegeul), ondiepe oeverzones en een uitgestrekte voormalige intergetijdezone, die na het wegvallen van het getij voor een deel droog is komen te vallen (slikken en schorren) en voor een deel onder water is verdwenen (de ondiepe vooroeverbieden). Voor de afsluiting was het Krammer-Volkerak een gebied van internationale betekenis voor vogels. Na de afsluiting ontwikkelden zich nieuwe natuurwaarden die eveneens een internationale betekenis gekregen hebben. Direct na de afsluiting ontwikkelde het watersysteem zich in de richting van een helder watersysteem met een zomergemiddeld doorzicht van meer dan drie meter in 1990. Door dit grote doorzicht ontstond een rijke en gevarieerde waterplantenvegetatie, die zich tot relatief grote dieptes uitstreckte. Uit een vergelijking met de andere grote meren in Nederland bleek dat in het Volkerak-Zoommeer in 1992 zelfs de grootste variatie aan soorten aanwezig was (Prins *et al.*, 1993). Dit was een opmerkelijke en onverwachte ontwikkeling aangezien het Volkerak-Zoommeer vanwege de relatief hoge nutriëntenbelasting als een eutroof meer gekarakteriseerd kon worden en voor de afsluiting van het meer verwacht werd dat het doorzicht laag zou blijven.

Mede op basis van de ontwikkeling in de eerste jaren na de afsluiting werd het natuurstreefbeeld voor 2010 opgesteld (Iedema, 1992; tabel 1.1 en 7.1). Dit streefbeeld gaat dan ook uit van een helder zoetwatersysteem met een visstand van het Snoek/Zeeft type en een uitgebreid areaal met waterplanten en geïnundeerde oevervegetatie. Het is dan ook niet geheel verwonderlijk dat de waarden voor de verschillende criteria die in het streefbeeld worden genoemd, met uitzondering van de visstand en het areaal water- en oeverplanten, in de eerste jaren na afsluiting goed aan de gestelde streefwaarden voldeden (tabel 7.1).

Vanaf 1991 begon het zomergemiddelde doorzicht echter geleidelijk te dalen. Inmiddels vertoont het Volkerak-Zoommeer de aanvankelijk verwachte karakteristieke systeemkenmerken van een eutroof zoet en stagnant zoetwatermeer. Het zomergemiddelde doorzicht in het Volkerak-Zoommeer was gedurende de periode 1991-1999 weliswaar nog altijd hoger dan in andere grote zoetwatermeren als het IJssel- en Markermeer, maar is inmiddels wel teruggelopen tot een waarde van 0,9 m. In 1996 werd nog aangenomen dat deze waarde pas in 2015 bereikt zou worden (Vanhemelrijk & de Hoog, 1997). Deze daling werd in eerste instantie ver-

oorzaakt door een stijging van de chlorofylconcentraties, maar recent speelt de toename van de hoeveelheid zwevende stof in het watersysteem waarschijnlijk ook een belangrijke rol. Het fosfaatgehalte daalde in de periode van 1987-1992 in eerste instantie tot gehalten beneden de streefwaarde, maar recent is het gemiddelde fosfaatgehalte weer aanmerkelijk gestegen (tabel 7.1). Ook ten aanzien van de gehalten aan bepaalde microverontreinigingen is de situatie de laatste jaren eerder verslechterd dan verbeterd. De sinds 1994 optredende bloei van blauwalgen in het zomerseizoen zorgt voor steeds meer overlast en problemen in het gebied zelf. Om overlast van de blauwalgenbloei in het achterliggende landbouwgebied te voorkomen wordt sinds 1996 in toenemende mate Maaswater ingelaten via het Mark/Dintel systeem. Geconcludeerd kan worden dat het watersysteem zich voor wat betreft de waterkwaliteitsparameters in snel tempo van het streefbeeld verwijderd heeft.

Ook de ontwikkeling van de visstand laat duidelijk zien dat het watersysteem zich van het streefbeeld verwijderd. De maximale draagkracht voor vis, uitgedrukt in kg versgewicht per ha, werd op basis van de nutriëntengehalten (fosfaatgehalte van 0,10 mg/l) geschat op 150 kg/ha. Hoewel de ontwikkeling van de visstand in eerste instantie traag op gang kwam, werd deze waarde in het Volkerakmeer in 1994 bereikt. In 1998 was de totale visbiomassa in dit deel van het watersysteem zelfs tot boven de 200 kg/ha gestegen. In het Zoommeer blijft de visbiomassa met 100 kg/ha in 1998 voorlopig nog onder de streefwaarde. Het aanwezige visbestand werd aanvankelijk nog gedomineerd door Baars en in mindere mate door Snoekbaars, Pos, Blankvoorn en Bot. De verhouding tussen roofvis en niet-roofvis lag in deze beginperiode boven de één (dus in biomassa meer roofvis dan prooivis). Vanaf 1993 wordt de visstand echter sterk gedomineerd door Brasem, terwijl ook Snoekbaars, Blankvoorn en Pos als typische soorten van troebel water talrijk voorkomen. Door deze explosieve ontwikkeling van de witvisstand ligt de verhouding roofvis/niet-roofvis inmiddels ver beneden de als streefwaarde gehanteerde 1,0 (tabel 7.1).

Mede dankzij het hoge doorzicht nam het areaal waterplanten in de eerste jaren na de afsluiting snel toe tot een maximale bedekking van 1000 ha in 1992. In de periode daarna nam de bedekking met waterplanten geleidelijk af tot ongeveer 600 ha. Gezien de verdere afname van het doorzicht en de algehele afname van de waterkwaliteit mag worden aangenomen dat het areaal waterplanten verder zal afnemen.

De ontwikkeling van de oevervegetatie is slechts zeer langzaam op gang gekomen. De overgang van nat naar droog is langs grote delen van de oevers abrupt door de aanwezigheid van steilrandjes. De meeste oeverplanten bevinden zich op het droge deel van de oever en er is nagenoeg geen sprake van ontwikkeling van een geïnundeerde oeverplantenvegetatie. Dit hangt onder andere samen met de afwezigheid van geschikte kiemings- en vestigingsomstandigheden ten gevolge van het vrijwel stagnante waterpeil, in combinatie met de aanwezigheid van steilranden.

Daarnaast verhinderen met name de begrazing door grote grazers en herbivore watervogels de uitbreiding van het areaal geïnundeerde helofyten. De ontwikkeling van de voor het watersysteem belangrijk geachte brede, begroeide oeverzone (horende bij het natuurstreefbeeld) heeft mede hierdoor niet kunnen plaatsvinden. Aangezien deze ontwikkeling niet heeft plaatsgevonden, is ook de waarde van een in het water staande helofytenvegetatie als paai- en opgroei gebied voor roofvis als Snoek tot op heden niet tot stand gekomen.

Aan de hand van de waargenomen ontwikkelingen en de daaruit voortvloeiende prognose voor de nabije toekomst kan worden gesteld dat zonder een (geforceerde) trendbreuk de karakteristieken van het watersysteem in de toekomst nog minder dan in de huidige situatie overeen zullen komen met het geformuleerde streefbeeld.

Tabel 7.1

Streefwaarden en de waargenomen waarden van de verschillende parameters in het natuurstreefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer op verschillende tijdstippen na de afsluiting.

criterium	Streefwaarde	1990	1994/1995	1998/1999
<i>Waterkwaliteit</i>				
• doorzicht (zomergemiddelde, m)	≥ 2	3,2	1,4	0,9 (1999)
• chlorofyl-a (zomergemiddelde, (µg/l))	≤ 20	6	34	32 (1999)
• totaal fosfaat (zomergemiddelde, mg/l)	≤ 0,10	0,09	0,11	0,15 (1999)
• chloride (mg/l)	≤ 450	< 450	< 450	278
• microverontreinigingen	tot 1999 grenswaarde vanaf 1999 MTR	Ni, Cd, Hg, Lindaan en Σ DDT	Ni, Cd, Hg en Σ DDT	Ni, Cd, Cu, Hg, PCB's, PAKs en DDE
<i>Vis</i>				
• visstand				
- Volkerak	Snoek/Zeeelt-type	Baars, Snoekbaars, Pos, Blankvoorn, Bot	Brasem, Pos, Snoekbaars, Blankvoorn	Brasem, Snoekbaars
- Zoommeer	Snoek/Zeeelt-type	Bot, Baars, Snoekbaars	Brasem, Blankvoorn, Bot, Pos	Brasem, Blankvoorn, Pos
• draagkracht (kg/ha)				
- Volkerak / Zoommeer	150	70 / 21	177,4 / 94,2	202 / 102
• planktivore vis (kg/ha)				
- Volkerak / Zoommeer	40 tot 70 (max.)	5,1 / 2,4 ¹⁾	18,8 / 15,3 ¹⁾	11,3 / 15,4 ¹⁾
• bodemwoelende vis (kg/ha)				
- Volkerak / Zoommeer	25 tot 50 (max.)	16,7 / 1,5	78,8 / 23,9	130,5 / 44,1
• piscivore vis (kg/ha)				
- Volkerak / Zoommeer	80 tot 110 (min.)	46,7 / 8,3	38,9 / 11,0	33,6 / 9,5
• verhouding roofvis/niet-roofvis				
- Volkerak / Zoommeer	≥ 1,0	1,8 / 3,5	0,3 / 0,3	0,21 / 0,10
<i>Vegetatie</i>				
• areaal submerse vegetatie	> 30% (>1460 ha)	6%	13%	14% (voorjaar 1996)
• areaal emergente vegetatie (%)	> 8% (370 ha)	< 1%	< 1%	1,5%

¹⁾ planktivore vis = als in tabel 1.1 uitgezonderd Brasem >15 cm.

7.2 De vooroeververdedigingen en eilanden

De vooroeververdedigingen en de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer kregen belangrijke functies toebedeeld (Projectgroep POVEZ, 1988). Naast de functie van golfbreker ter voorkoming van de erosie van het achterliggende land zouden deze inrichtingsmaatregelen de natuurwaarde voor het gehele Volkerak-Zoommeer moeten vergroten. Tevens zou, door de uitbreiding van de totale lengte aan zachte oever, het creëren van luw ondiepwatergebied en door de geleidelijke overgangen van water naar land, een rijk gevarieerde water- en oevervegetatie moeten ontstaan. Door de aanwezigheid van deze vegetatie zouden de eilanden en hun directe omgeving bij uitstek geschikt zijn als paai- en opgroeigebied voor roofvis als Snoek. Mede hierdoor zouden de eilanden een belangrijke bijdrage moeten leveren aan het bereiken van het hiervoor genoemde natuurstreefbeeld: een helder zoetwatersysteem.

7.2.1 Vooroeververdedigingen

De aanleg van de vooroeververdedigingen heeft ertoe geleid dat de oevererosie nagenoeg volledig tot staan is gebracht (Remmelzwaal *et al.*, 1998). Daarnaast heeft de beschutte zone binnen de vooroeververdediging een duidelijke ecologische waarde, die in belangrijke mate bijdraagt aan de diversiteit van het gehele watersysteem. De inrichting van de oevers heeft nauwelijks effect gehad op de waterkwaliteit en de samenstelling van de levensgemeenschappen buiten de dam. Hoewel de aanleg van de vooroeververdedigingen duidelijke ecologische effecten heeft gehad, is de land-waterovergang niet optimaal tot ontwikkeling gekomen. Deze doelstelling van de inrichtingsmaatregelen is vooralsnog niet gehaald. De land-waterovergang is over het algemeen nog scherp begrensd en biedt hierdoor weinig mogelijkheden voor organismen die van deze zone afhankelijk zijn.

7.2.2 Eilanden

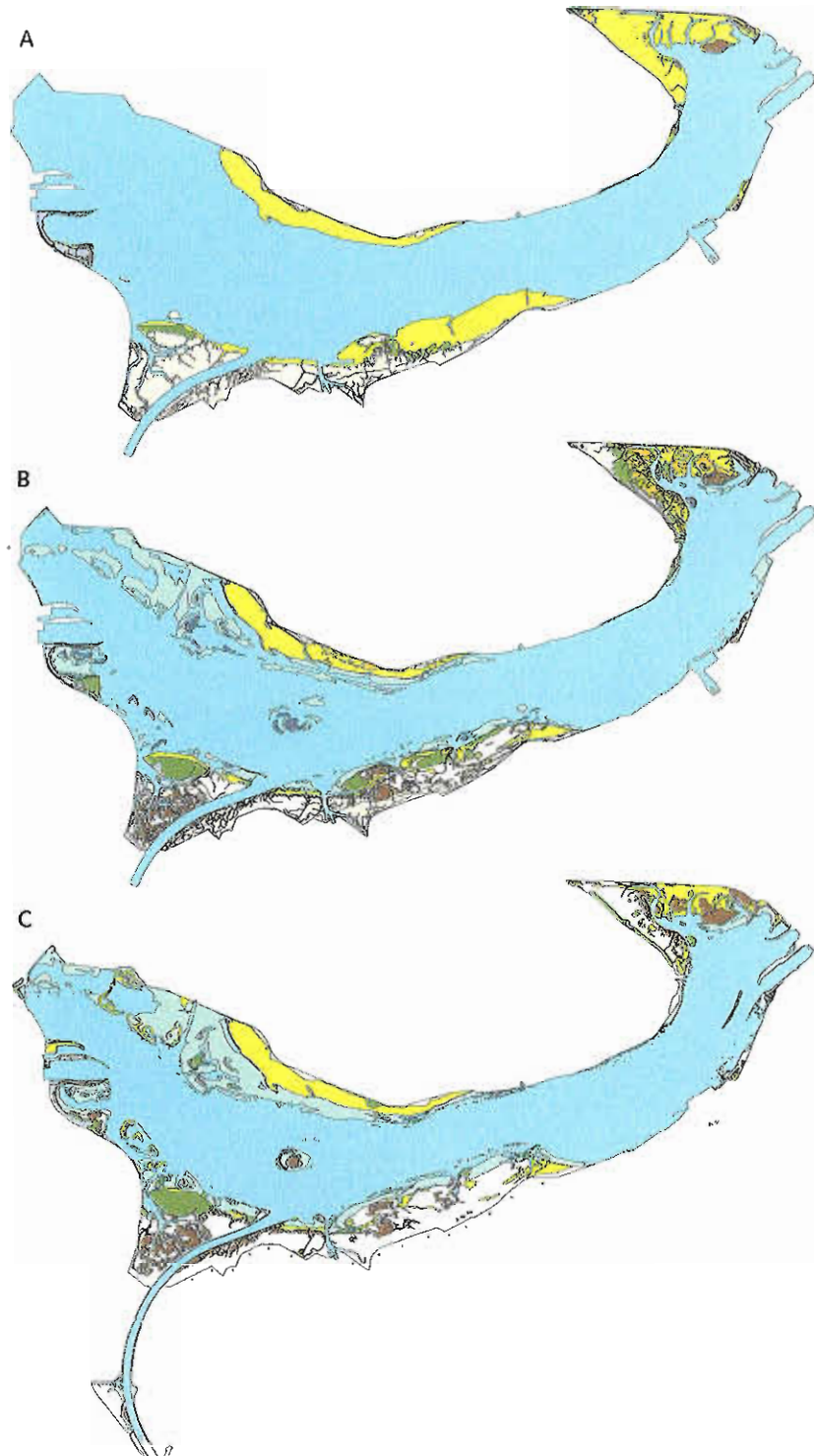
De beschutte ondiep-watergebieden rond de aangelegde eilanden zijn, net als bij de vooroeververdedigingen het geval is, een ecologisch waardevolle toevoeging geweest aan het systeem (Matthijse, 1998; Remmelzwaal *et al.*, 1998). De beschutte ondiep-watergebieden, die ontstonden door de aanleg van de eilanden en de vooroeververdedigingen, hebben onder andere een gunstige invloed gehad op de ontwikkeling van de waterplanten. In de luwe gebieden achter de eilanden en de vooroeververdedigingen is de bedekking en de diversiteit van waterplanten hoger dan in de zone daarbuiten. Ondanks de gunstige omstandigheden die zijn ontstaan voor waterplanten, is de dichtheid aan roofvis binnen deze gebieden nog altijd zeer laag en kan geconcludeerd worden dat de aanleg van de eilanden vooralsnog niet noemenswaardig heeft bijgedragen aan een vergroting van het roofvisbestand in het Volkerak-Zoommeer. Ook voor de oevers van de eilanden geldt dat de land-waterovergang tot op heden niet optimaal tot ontwikkeling is gekomen. De ontwikkeling van de oevervegetatie op de eilanden verliep minder snel dan verwacht en blijft de laatste twee jaar steken op 2,5 ha, waarvan een groot deel landgebonden is. Hierdoor is de ecologische waarde van de oevers van de eilanden momenteel nog beperkt. De ontwikkeling op het terrestrische gedeelte van de aangelegde eilanden

waar geen beheer wordt toegepast, kenmerkt zich door een min of meer natuurlijke successie. Het terrestrische deel van de eilanden heeft vooral in de eerste fase van de ontwikkeling een aanzienlijke toegevoegde natuurwaarde. De eilanden bieden, vanwege de ijle begroeiing in de beginfase, de geïsoleerde ligging en het ontbreken van grondpredatoren, een gunstig broedbiotoop voor watervogels en kustbroedvogels. Dit heeft grote invloed gehad op de ontwikkeling en samenstelling van de vogelpopulatie in het Volkerak-Zoommeer. Deze toegevoegde waarde van de eilanden vermindert echter bij een voortschrijdende vegetatiesuccessie.

Figuur 7.1

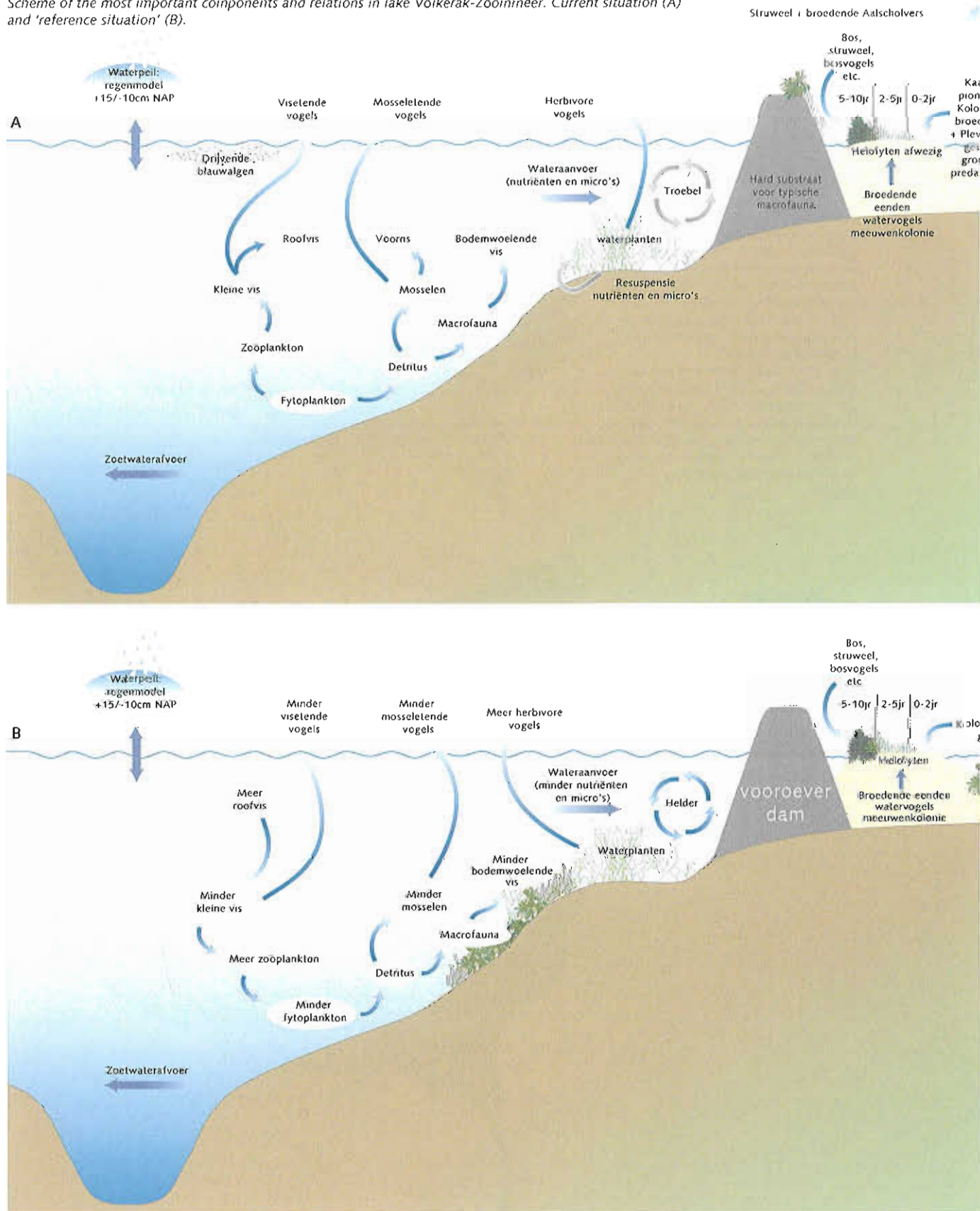
Vegetatiekaart van de buitendijkse gronden in 1989 (A), 1993 (inclusief waterplanten 1994) (B) en 1997 (C). De vegetatiekaarten van 1989 en 1993 zijn gebaseerd op karteringen in het veld. De kaart van 1997 is afgeleid uit de ecotopenkaart die gebaseerd is op luchtfotoïnterpretatie.
Vegetation map of saltmarsh and low flats in 1989 (A), 1993 (including submersed vegetation 1994) (B) and 1997 (C). The maps of 1989 and 1993 are based on field surveys. The 1997 map is adopted from an ecotope map based on interpretation of aerial photographs.

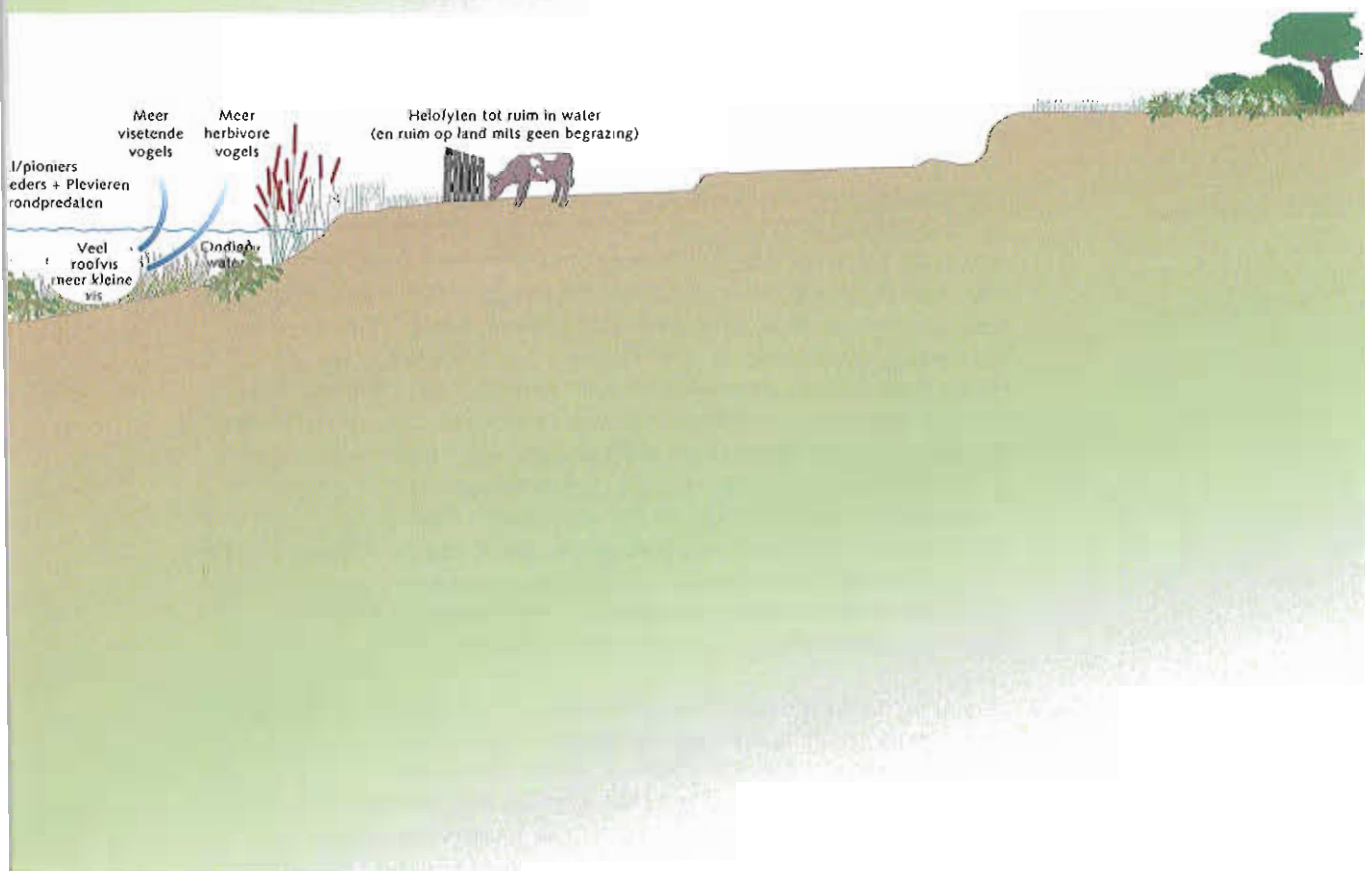
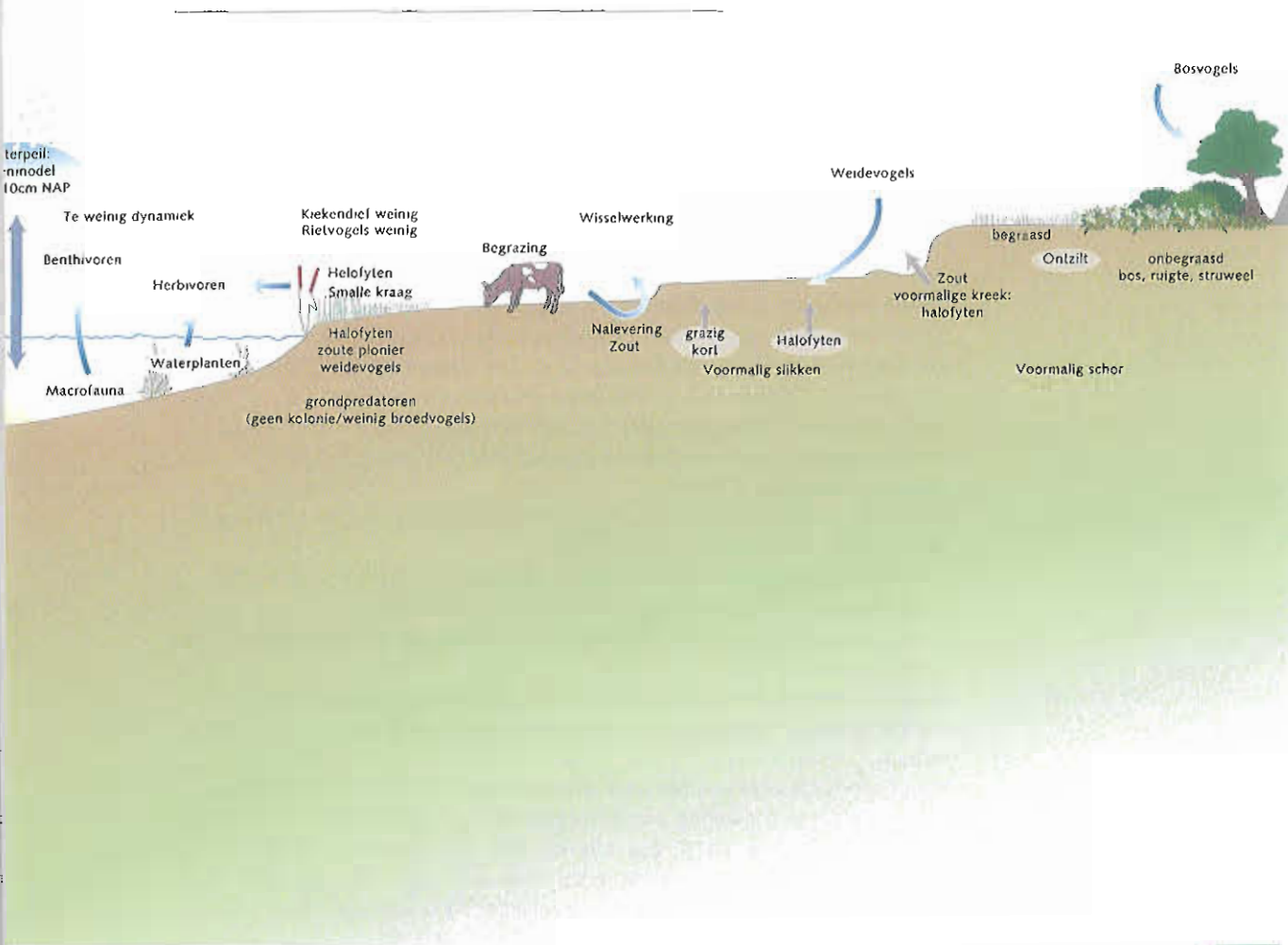
- Duinrietvegetatie
- Kruidrijk grasland
- Oevervegetatie
- Ruigtevegetatie
- Schraalland
- Spiesmeide vegetatie
- vegetatie met hutigen
- Zilt grasland
- Zilte pioniers



Figuur 7.2

Schematische weergave van het totale systeem in de huidige situatie (A) en het 'referentiesysteem' (B).
 Scheme of the most important components and relations in lake Volkerak-Zoommeer. Current situation (A) and 'reference situation' (B).





7.3 Buitendijkse gronden

Voor de drooggevallen gronden zijn op basis van ecologische overwegingen ten aanzien van het te volgen beheer, het ecologisch referentiebeeld, isolatie-effecten, soort-oppervlakterelaties en geografische omgevingsfactoren de globale natuurontwikkelingsmogelijkheden van het Volkerak-Zoommeer beschreven (Voorlopige Beheerscommissie Krammer-Volkerak, 1989). Dit heeft geresulteerd in de volgende doelstelling voor het natuurbeheer van de drooggevallen oeverdelen: "het beheer van de natuur in het Krammer-Volkerak, de Eendracht en het Zoommeer zal gericht zijn op het zich zo natuurlijk en volledig mogelijk laten ontwikkelen van ter plaatse thuishorende levensgemeenschappen van bos, halfopen landschap, moeras, grazig gebied en open water (tot NAP -1,75 m) in zo groot mogelijke beheerseenheden."

Voor wat betreft de realisatie van deze doelstelling zijn in de beheersvisie de volgende kanttekeningen geplaatst:

- de ecosystemen op de buitendijkse gebieden zullen door kolonisatieproblemen pas op zeer lange termijn 'compleet' zijn
- de cultuurinvloeden zijn dermate hoog dat de natuurlijke referentie niet zal worden gehaald
- door een te beperkt oppervlak van de deelgebieden is een zelfregulerend systeem met een autonome populatie van grote grazers niet haalbaar.

In het westelijk deel van het Volkerakmeer en in het Zoommeer ligt het accent op de ontwikkeling van een open tot halfopen wetland-landschap. In het zuidelijk en oostelijk gedeelte van het Volkerakmeer ligt het accent op de ontwikkeling naar bos en mozaïeklandschappen. De globale beschrijving van de ontwikkelingsmogelijkheden is vervolgens voor elk deelgebied afzonderlijk in detail uitgewerkt (zie 2.3.4).

In de eerste jaren na de afsluiting (figuur 7.1A) was het verleden van het gebied nog sterk bepalend voor de ontwikkeling van de buitendijkse gronden. De vegetatie werd nog gedomineerd door zoute vegetatietypen. In 1994 (figuur 7.1B) waren de hoger gelegen gronden begroeid met zoete vegetatietypen en werden de zilte levensgemeenschappen voornamelijk op de laag gelegen slikken en op de voormalige kreekbodems aangetroffen. In de gebieden waar een begrazingsbeheer werd ingevoerd, ontstond langzaam maar zeker een gevarieerd landschap, terwijl in de gebieden waar spontane ontwikkeling werd voorgestaan, inmiddels struweel en bosvorming plaatsvindt. In 1997 (figuur 7.1C) bestaat de vegetatie op de Hellegatsplaten uit een combinatie van Duinriet/ruigte, kruidenrijk grasland en vegetatie met houtigen. De Krammerse Slikken zijn overwegend grazig met op de hogere delen duinrietvegetaties en plaatselijk struweelvorming, terwijl op de lager gelegen delen zilte graslanden en zilte pioniervegetatie domineren. Op de Dintelse Gorzen heeft de begrazing geleid tot een afwisselend landschap met op een groot oppervlak Duinriet/ruigte, grazige delen en struwelen met beginnende bosvorming. Op de laagste delen en de voormalige kreekbodems zijn nog zoute vegetatietypen aanwezig, maar deze zijn duidelijk op hun retour.

Vooraf op de slikken treedt de laatste jaren een duidelijke verruiging met Duinriet op, terwijl op het hoge schor de ruigtevegetatie geleidelijk wordt vervangen door kruidenrijk grasland. Op de Slikken van de Heen was de beheersdoelstelling tweeledig: in het westelijk deel bosontwikkeling en in het oostelijk deel ontwikkeling naar halfopen landschap. Aangezien het aanwezige krekensysteem niet voldeed als barrière voor de grote grazers, is

inmiddels voor het gehele terrein gekozen voor natuurlijke bosontwikkeling. Inmiddels is al op een groot deel van de Slikken van de Heen bosontwikkeling op gang gekomen. Daarnaast is nog een groot deel bedekt met ruigtevegetatie. Hoewel de ontwikkeling van de vegetatie op de buitendijkse gebieden nog in volle gang is, lijkt deze zich in grote lijnen in de richting te ontwikkelen van de in de beheersvisie geformuleerde doelstellingen.

Een andere doelstelling voor de buitendijkse gebieden die genoemd werd in de nota "Ganzenopvang in Zeeland" (1989) was het grazig houden van tenminste 100 ha in het gebied als foerageergebied voor ganzen. In de onderzoeksperiode is deze doelstelling ruim gehaald. De Plaat van de Vliet en de Krammerse Slikken waren in 1993 uitgestrekte grazige gebieden. Op de Slikken van de Heen-west werd na 1992 een deel intensief begraaasd met ganzenopvang als doel. Ook in 1999 zijn er nog grote grazige delen op de buitendijkse gebieden aanwezig en wordt het ten doel gestelde areaal ten behoeve van de ganzenopvang ruimschoots gehaald.

7.4 Conclusies

Kort samengevat kan worden gesteld dat de ecologische ontwikkeling van de buitendijkse gronden en de hoger gelegen delen van de eilanden en platen in het Volkerak-Zoommeer op hoofdlijnen in de gewenste richting verloopt. Voor het watersysteem en de oeverzone is dit echter niet het geval. Vooral de ontwikkeling van het watersysteem wijkt in toenemende mate af van het geformuleerde natuurstreefbeeld (tabel 7.1; figuur 7.2).

Als de ontwikkeling van het watersysteem in dezelfde richting doorloopt, zal het natuurstreefbeeld voor het jaar 2010 met zekerheid niet worden gehaald. Deze constatering is overigens niet nieuw. Bij de evaluaties van het waterbeheer in 1992 en 1997 (Iedema, 1992; Wanningen & Boute, 1997) werden al enkele beheersalternatieven voorgesteld om een trendbreuk te realiseren in de waargenomen ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. De laatste evaluatie van het waterbeheer (Wanningen & Boute, 1997) gaat zelfs nog een stap verder. In deze evaluatie wordt aanbevolen na te gaan of de noodzaak bestaat om, op basis van nieuwe inzichten in de natuurlijke potentie van het meer, het bestaande streefbeeld voor natuur en landschap bij te stellen. Ook andere rapportages, waaronder de watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer (Breukers *et al.*, 1996) en verschillende maatregelennota's met betrekking tot het interim-visstandbeheer (Klein Breteler & de Hoog, 1997; Klein Breteler, 1998; 2000), constateerden een afwijking van de ecologische ontwikkeling ten opzichte van de geformuleerde streefbeelden. Naar aanleiding van het teruglopende doorzicht en het optreden van de overmatige algenbloei werd een stroomgebied-brede inventarisatie en selectie van mogelijke aanvullende maatregelen uitgevoerd die in 1998 werd afgerond (Bak *et al.*, 1998a,b,c).

In het volgende hoofdstuk zullen de mogelijkheden worden verkend om de ecologische ontwikkeling van het watersysteem en de oevergebieden in de gewenste richting om te buigen. Hierbij zal gebruikt worden gemaakt van de inzichten die uit de in dit rapport gemaakte integratie naar voren zijn gekomen en van andere, hierboven genoemde beleidsevaluaties en onderzoeksrapportages.



8 Stuurbaarheid van de ecologische ontwikkeling

8.1 Knelpunten

De belangrijkste knelpunten ten aanzien van de ecologische ontwikkeling van het watersysteem en de oeverzone zijn in tabel 8.1 samengevat.

Tabel 8.1

Overzicht van knelpunten ten aanzien van de ecologische ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer. De inventarisatie is voor het grootste deel afkomstig uit Bak *et al.* (1998a) en is aangevuld met aspecten die naar voren zijn gekomen in deze rapportage.

Knelpunt	Oorzaak
Waterplanten	
<ul style="list-style-type: none"> afname bedekking, diversiteit en diepte 	<ul style="list-style-type: none"> afname doorzicht en waterkwaliteit
Oeverplanten	
<ul style="list-style-type: none"> trage ontwikkeling 	<ul style="list-style-type: none"> waterpeildynamiek te gering (beperkt areaal met gunstige kiemings- en groeiomstandigheden) abrupte overgang water naar land plaatselijk nog erosie vraat door watervogels en vee zoutgehalte oevergebieden (alleen voor droge deel van de oever) aanspoeling en ophoping organisch materiaal
Fytoplankton	
<ul style="list-style-type: none"> blauwalgen-drijfslagen 	<ul style="list-style-type: none"> P en N-totaal te hoog afname begrazingssdruk door zoöplankton en mogelijk Driehoeksmosselen gebrek aan hydrodynamiek (stroming)
Zoöplankton	
<ul style="list-style-type: none"> verdwijnen grote watervlo (<i>Daphnia pulex</i> = effectieve grazer van fytoplankton) 	<ul style="list-style-type: none"> toename vis (predatiedruk) toename blauwalgen microverontreinigingen (pesticiden?)
Macrofauna	
<ul style="list-style-type: none"> toestand Driehoeksmossel? 	<ul style="list-style-type: none"> toename voedselaanbod uitbreiding in relatie tot beschikbaarheid geschikt substraat overschrijding MTR zware metalen
Vis	
<ul style="list-style-type: none"> toename planktivore en benthivore vis 	<ul style="list-style-type: none"> kolonisatie afgerond lage predatiedruk roofvis
<ul style="list-style-type: none"> stagnatie ontwikkeling roofvis 	<ul style="list-style-type: none"> weinig habitat voor Snoek doorzicht te laag voor Snoek (• predatiedruk piscivore watervogels) (• invloed (il)legale visserij)
Vogels	
<ul style="list-style-type: none"> afname populatie pioniervogels en kale-grondbroeders 	<ul style="list-style-type: none"> voortgaande vegetatiesuccessie op eilanden en in de oeverzone t.g.v. ontziltingsproces geen alternatieven op vasteland
<ul style="list-style-type: none"> onvoldoende foerageer gelegenheid steltlopers en waadvogels 	<ul style="list-style-type: none"> gebrek aan habitat door gebrek aan morfo- en hydrodynamiek (geen kale platen en slikken)

Uit tabel 8.1 kan worden afgeleid dat de belangrijkste knelpunten in de ecologische ontwikkeling van het watersysteem en de oeverzone direct dan wel indirect gerelateerd zijn aan de volgende factoren:

-
1. water(bodem)kwaliteit
 - nutriëntenbelasting (te hoog)
 - microverontreinigingen
 2. waterpeildynamiek (te gering)
 3. inrichting en beheer

De ontwikkeling in bovengenoemde factoren heeft samen met het aspect kolonisatie geleid tot de ecologische ontwikkeling zoals die in het watersysteem en de oeverzone van het Volkerak-Zoommeer heeft plaatsgevonden. In de volgende paragrafen zullen deze factoren nader worden belicht en worden maatregelen verkend die er mogelijk toe kunnen leiden dat de ecologische ontwikkeling in de gewenste richting wordt omgebogen.

8.2 Waterkwaliteitsproblematiek

Met betrekking tot de maatregelen ten aanzien van de waterkwaliteitsproblematiek is voornamelijk gebruik gemaakt van de rapportages van Bak *et al.* (1998a,b,c). Ten aanzien van het aspect visstandsbeheer is daarnaast gebruik gemaakt van de Maatregelennota's interim-visstandsbeheer Volkerak/Zoommeer 1998-2000 (Klein Breteler, 1998; 2000; Klein Breteler & de Hoog, 1997).

8.2.1 Oorzaken

De nog altijd hoge nutriëntenbelasting van het Volkerak-Zoommeer staat aan de basis van een aantal belangrijke knelpunten in de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. Daarnaast is ook de voortgaande oplading van het water(bodem)systeem met microverontreinigingen een belangrijk knelpunt op weg naar een duurzaam ecologisch functionerend watersysteem.

De hoge nutriëntenbelasting en de problematiek van de microverontreinigingen worden door een aantal factoren veroorzaakt (zie ook Bak *et al.*, 1998a,b,c). De belangrijkste oorzaak is de aanvoer van nutriënten (P en N) en microverontreinigingen via het Hollandsch Diep en het Mark-Vliet systeem (met name de Dintel). In aanvulling hierop wordt dat gedurende lage afvoeren van de Dintel vanaf 1996 Maas-water in het Mark/Dintel-systeem ingelaten om tegendruk te kunnen bieden aan instromende drijfvlagen van blauwalgen vanuit het Volkerakmeer. Aangezien de afgelopen jaren de periode met blauwalgenbloei langer is geworden, is ook de hoeveelheid ingelaten Maaswater gestegen. De kwaliteit van het ingelaten Maaswater is relatief slecht (zie tabel 1 intermezzo). Op het traject Keizersveer-Oosterhout-Dintelsas verbetert de kwaliteit van het ingelaten Maas-water weliswaar (zie tabel 3.4 voor kwaliteit Dintel) ten gevolge van sedimentatie van zwevende stof, maar gedurende perioden met hoge afvoer kan door opwerveling een deel van het bezonken sediment alsnog het Volkerak-Zoommeer bereiken. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de ecologische ontwikkeling van het watersysteem in het Volkerak-Zoommeer en de Brabantse rivieren. Hierbij dient tevens opgemerkt te worden dat de inlaat van Maaswater in tegenspraak lijkt te zijn met eerdere beleidsvoornemens om het Volkerak-Zoommeer als watersysteem zoveel mogelijk te isoleren door de inlaat van verontreinigd water uit het Hollandsch Diep zoveel mogelijk te beperken (Wanningen & Boute, 1997).

Intermezzo

Tabel 1

Vergelijking van de waterkwaliteit in de Maas (meetpunt Keizersveer) en het Hollandsch Diep (meetpunt Bovensluis). Het betreft de zomergemiddelde waarden (juni t/m september) van de periode 1996 t/m 1998) voor de gehalten in het water (A) en van de periode 1996 t/m 1999 voor de gehalten aan zwevende stof (B).

(A)

	Maas	Hollandsch Diep	Maas t.o.v Hollandsch Diep (%)
Zware metalen:			
Cd (µg/l)	0,25	0,07	+ 257
Ni (µg/l)	5,60	3,39	+ 65
Zn (µg/l)	23,2	14,2	+ 63
Cu (µg/l)	4,18	3,88	+ 8
Cr (µg/l)	2,11	2,18	- 3
Pb (µg/l)	2,48	2,79	- 11
Hg (µg/l)	0,01	0,02	- 50
Nutriënten:			
P-totaal (mg/l)	0,38	0,18	+ 111
N-totaal (mg/l)	4,56	3,28	+ 39

(B)

	Maas	Hollandsch Diep	Maas t.o.v Hollandsch Diep (%)
Zware metalen:			
Cd (mg/kg)	10,3	3,50	+ 194
Zn (mg/kg)	1039	578	+ 80
Pb (mg/kg)	203	124	+ 64
Cu (mg/kg)	103	85	+ 21
Hg (mg/kg)	1,00	0,86	+ 16
Ni (mg/kg)	56	49	+ 14
Cr (mg/kg)	102	97	+ 5
Overige:			
Som PAK (9) (mg/kg)	5,0	3,6	+ 39
Som PCB (7) (µg/kg)	129	97	+ 33
Som DDT (6) (µg/kg)	10	8	+ 25
cHCH (µg/kg)	1,2	0,6	+100
HCB (µg/kg)	8,8	11,2	-21

De analyse van de ecologische ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer sinds de afsluiting en de daaropvolgende verzoeting heeft ook duidelijke aanwijzingen opgeleverd voor de veronderstelling dat de waargenomen vertroebeling van het water mede veroorzaakt kan zijn door de toename van de benthivore visstand (met name Brasem). De toename in de benthivore visstand kan via opwerveling van de bodem zorgen voor een toename in het zwevende stof gehalte met als gevolg een afname van het doorzicht. Daarnaast vindt zowel via opwerveling van bodemmateriaal als via de voedselopname mobilisatie van fosfaat plaats, wat de eutrofe toestand van het meer verder stabiliseert.

In hoeverre de visstand uiteindelijk heeft bijgedragen aan de versnelde afname van het doorzicht staat nog ter discussie, aangezien hiervoor een nauwkeurige inschatting van de visstand noodzakelijk is. Op grond van de

huidige gegevens (Klein Breteler, 2000) wordt vermoed dat de bijdrage van de benthivore vissen beperkt is tot gemiddeld minder dan 0,25 m (Visstandbeheercommissie Volkerak-Zoommeer, 2000).

8.2.2 *Maatregelen*

Volgens globale schattingen van Bak *et al.* (1998a) zal het nog tot ongeveer 2010 duren voordat het doorzicht tot 0,5 m is gezakt. Hoewel een vergelijking met het Volkerak-Zoommeer, vanwege de afwijkende morfologische karakteristieken, niet direct voor de hand ligt, verdwenen bij dit doorzicht in de Veluwerandmeren de waterplanten, kranswieren, Driehoeksmosselen en een groot deel van de watervogels in 1969. Pas na diverse maatregelen, die leidden tot een verbeterde waterkwaliteit, vond in de jaren negentig weer een omslag plaats naar een helder watersysteem. Deze omslag werd echter pas bereikt bij veel lagere fosfaatconcentraties dan die bij de omslag naar een troebel watersysteem. Indien een watersysteem eenmaal is omgeslagen naar een stabiel troebele situatie, zal de inspanning die nodig is om weer een omslag naar een helder watersysteem te realiseren een zeer grote inspanning vergen (Scheffer, 1998). Vanaf 1996 stevent het watersysteem in versneld tempo af op een stabiel troebele situatie. Het is dan ook waarschijnlijk dat het gemiddeld doorzicht van 0,5 m veel eerder dan 2010 zal worden bereikt. In 1998 was er nog sprake van de noodzaak om via korte en middellange termijn maatregelen omslag naar een troebele situatie te voorkomen. Sinds 1998 is de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer echter eerder verslechterd dan verbeterd en het doorzicht is intussen verder afgenomen. Van middellange termijn maatregelen kan dan ook geen sprake meer zijn. Alleen middels korte termijn maatregelen kan mogelijk nog worden voorkomen dat het watersysteem omslaat in een stabiel troebele situatie. Het is echter niet waarschijnlijk dat de ecologische ontwikkeling alleen via deze ingrepen kan worden omgebogen in de richting van het geformuleerde streefbeeld (2010).

De oplossingsrichtingen ten aanzien van de waterkwaliteitsproblemen in het Volkerak-Zoommeer kunnen ingedeeld worden in bron- en effectgerichte maatregelen (Bak *et al.*, 1998c). Hierbij geldt dat de aanpak van de feitelijke eutrofiërings- en vervuilingbronnen de enige duurzame oplossing biedt voor de problemen in het Volkerak-Zoommeer in zijn huidige vorm (Bak *et al.*, 1998c).

Brongerichte maatregelen

De puntbronnen in het systeem, zoals de rioolwaterzuiveringsinstallaties en de riool-overstorten, zijn inmiddels voor het grootste deel gesaneerd. De grootste fosfaatbron wordt gevormd door de diffuse uitspoeling van meststoffen uit de landbouwgebieden langs het Mark-Vlietsysteem. Een duurzame oplossing van de waterkwaliteitsproblematiek in het Volkerak-Zoommeer kan dan ook alleen plaatsvinden middels een structurele nutriëntenreductie in de landbouwsector (tabel 8.2). De voorbereiding en implementatie van dit type maatregelen vergen over het algemeen echter behoorlijk veel tijd en financiële middelen, waardoor deze maatregelen niet zullen bijdragen aan een significante verbetering van de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer op de korte termijn.

Tabel 8.2

Overzicht mogelijke brongerichte maatregelen volgens Bak *et al.*, 1998c

- Meststoffenwetgeving
- Aanvullende maatregelen op het bemestingsbeleid
 - aangepast perceelrandenbeheer
 - gebruik kantstrooier
 - verspreiden slootschoon-materiaal over het land
- Stimuleren biologisch-dynamische landbouw
- Omzetten landbouwgronden in het stroomgebied in natuur- of recreatiegebieden

Tabel 8.3

Overzicht van de meest kansrijk geachte effectgerichte maatregelen die zouden kunnen bijdragen aan het bereiken van het korte en het lange termijn streefbeeld volgens Bak *et al.*, 1998c.

Maatregel	Tijdsbestek ¹⁾	Bijdrage streefbeeld 2010	Bijdrage streefbeeld 2035
Effectgericht landbouwgronden			
• aanleg bufferstroken*	ml/l	+ (?) ²⁾	+
Effectgericht aanvoerroutes			
• zuivering landbouwwater in zeekele gebied d.m.v. helofytenfilters bij gemalen*	ml	+ (?)	+
• zuivering landbouwwater in zeekele gebied d.m.v. chemische defosfatering bij gemalen	k/ml	++	++
• omleiding Mark door helofytenfilters in de bergboezems bij Breda*	ml	+ (?)	++
• afleiding deel piekdebieten Mark-water bij Oosterhout naar Amer*; vrij verval of door pompen	k	++	++
Effectgericht inlaatgebied			
• chemische defosfatering bij inlaatpunten	k	++	++
• inlaatpunten afdammen van de rest van het Volkerakmeer met een leidam Eendracht <-> Volkeraksluizen	?	++	++
Effectgericht Volkerak-Zoommeer			
• verkorten van de verblijftijd van het water (uit de Dintel) in Volkerakmeer met leidam monding Dintel <-> Volkeraksluizen; vrij verval of met pompen/gemaal	ml	++ (?)	++
• grootschalige ontwikkeling van helofytenvelden*	ml	+ (?)	++
• Visstandsbeheer Volkerak-Zoommeer: afvissing*	k	?	?

+ maatregel kan bijdragen aan het bereiken van het streefbeeld

++ maatregel kan in hoge mate bijdragen aan het bereiken van het streefbeeld

1) k = realisatie binnen enkele jaren vanaf 1998

ml = realisatie binnen 5-10 jaar vanaf 1998

l = realisatie niet binnen 10 jaar vanaf 1998 te verwachten

? = niet ingeschat, haalbaarheid onzeker

2) (?) = gezien de ecologische ontwikkeling sinds 1996 wordt de bijdrage aan het korte termijn streefbeeld onzeker

*) maatregel is opgenomen in het door Bak *et al.*, 1998c voorgestelde maatregelenpakket.

Effectgerichte maatregelen

De effectgerichte maatregelen (tabel 8.3) leiden niet direct tot een oplossing van de problematiek maar tot een vermindering van de negatieve gevolgen ervan. Deze maatregelen kunnen worden toegepast wanneer brongerichte maatregelen niet mogelijk zijn of als aanvulling op de bron-

gerichte maatregelen. De effectgerichte maatregelen zouden bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de vervuilingbron moeten aangrijpen. Het is moeilijker de vervuiling in een gebied te saneren en de effecten ervan te bestrijden, wanneer de verontreinigingen diffuser verspreid zijn over het gebied (Bak *et al.*, 1998c).

Het meeste perspectief met betrekking tot de gewenste P-reductie en het gewenste tijdbestek bieden met name de maatregelen gebaseerd op chemische defosfatering en maatregelen die gebaseerd zijn op de afleiding van aanvoerwater (tabel 8.2). Deze maatregelen zullen echter forse investeringen en ingrepen in het gebied vergen, waardoor de haalbaarheid niet op voorhand vaststaat (Bak *et al.*, 1998c).

Dit geldt in feite ook voor de aanleg van helofytenfilters voor de mondingen van de West-Brabantse rivieren of in de inlaatgebieden van het Volkerak-Zoommeer. Naast enorme investeringen brengen deze helofytenfilters ook een aanzienlijk ruimtebeslag met zich mee. Voor wat betreft de grootschalige ontwikkeling van helofytenvelden in het Volkerak-Zoommeer zelf geldt dat deze voornamelijk voor de biotoopfunctie en de helderheid van het systeem van belang zal zijn en in mindere mate direct zullen bijdragen aan een P-reductie. Gelet op de ecologische ontwikkeling van het watersysteem vanaf 1996 moet worden gesteld, dat de maatregelen die op middellange termijn gerealiseerd kunnen worden, zoals het aanleggen van helofytenfilters, waarschijnlijk in mindere mate zullen bijdragen aan de realisatie van het streefbeeld 2010 dan in eerste instantie door Bak *et al.* (1998a) werd aangenomen.

In aanvulling op het door Bak *et al.* (1998c) genoemde maatregelenpakket is het voor de verdere ontwikkeling van het watersysteem ook van belang om verdere inlaat van Maaswater in het Mark/Dintel-systeem zoveel mogelijk te beperken. Inlaat van Maaswater draagt in potentie bij aan een verdere verslechtering van de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoommeer. Mogelijk kan er gezocht worden naar andere oplossingen om de instroom van blauwalgen in het Mark-Dintelsysteem te voorkomen.

Onder de effectgerichte maatregelen valt ook het visstandsbeheer. Steeds wanneer in zoete wateren een hoge mate van troebelings samenvalt met hoge biomassa's aan planktivore en/of bodemwoelende vis als met name Brasem, is afvissen als een mogelijkheid geopperd om weer een terugkeer naar helderder water in gang te zetten. Ondanks jaarlijkse metingen van de visstand bestaat er echter nog altijd twijfel over de precieze samenstelling en omvang van de vispopulatie in het Volkerak-Zoommeer. Dit bemoeilijkt het doen van uitspraken met betrekking tot de bijdrage die het visstandsbeheer zou kunnen hebben bij het bereiken van de streefbeelden (Bak *et al.*, 1998c; Klein Breteler, 1998, 2000). Aangezien Bak *et al.* (1998a,b,c) niet verder in detail ingaan op de mogelijke invloeden van visstandsbeheer, zal aan dit aspect wat specifiekere aandacht worden geschonken.

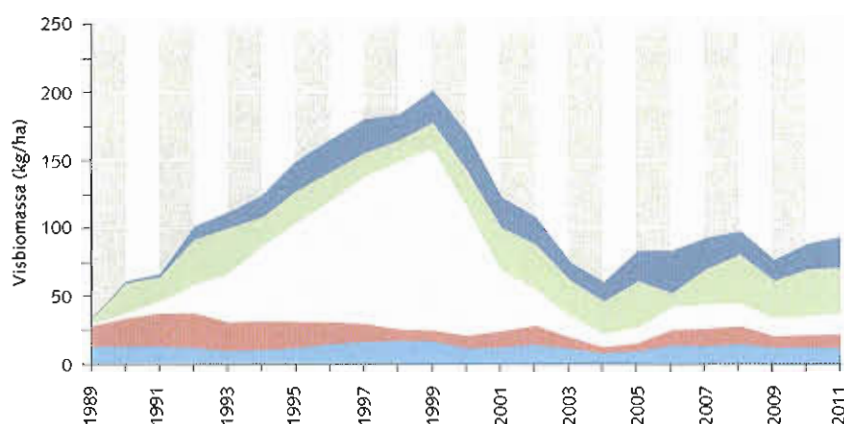
Om aan te kunnen geven wat de mogelijke gevolgen van visstandsbeheer voor de ontwikkelingen in het watersysteem in het Volkerak-Zoommeer zouden kunnen zijn, is gebruik gemaakt van het model PISCATOR. Voor de berekeningen is hier vooralsnog uitgegaan van de gegevens zoals die jaarlijks in november zijn verzameld (Witteveen + Bos, 1990-1999). Uit de berekeningen komt naar voren dat een commerciële visserij op Brasem en Snoekbaars mogelijkheden zou kunnen bieden om de ontwikkeling in het watersysteem op een actieve manier terug te zetten. Een eenmalige afvissing, zoals die in het randmeer Wolderwijd is toegepast, lijkt als maatregel onvoldoende en is vanwege de morfologie van het Volkerak-Zoommeer

waarschijnlijk moeilijk realiseerbaar (Meijer & de Boois, 1998). In tegenstelling tot de afvising bleek de commerciële bevissing van Brasem als 'pootvis' in het Veluwemeer vanwege de regelmatige herhaling door de jaren heen veel effectiever te zijn (Meijer *et al.*, 1999).

Brasem wordt met de zegen bevestigd en Snoekbaars met staande netten. De zegenen hebben een lengte van 500 meter en kunnen per dag een totaal oppervlakte bevissen van ca. 50 ha, dit is 1% van het totaal oppervlak. Wanneer op deze manier in de maanden oktober tot en met maart gevist zou worden, neemt de brasemstand na 5 jaar af tot ongeveer 25 kg/ha (figuur 8.1). Volgens de modelsimulatie zou dat een aanmerkelijke verbetering van de waterkwaliteit ten gevolge kunnen hebben.

Figuur 8.1
De ontwikkeling van de visstand in het Volkerakmeer bij een intensieve zegenvisserij. Modelberekening via PISCATOR. *Development of the fish stock in Lake Volkerakmeer with intensive seine-fishery. Calculations made with model PISCATOR.*

- Blankvoorn
- Pos
- Brasem
- Baars
- Snoekbaars



Tegelijk met de zegenbevissing wordt een staande nettensvisserij uitgevoerd met maaswijdtes van 7.5 en 10 cm waarmee Snoekbaars > 60 cm wordt gevangen. Het wegvangen van deze lengteklassen leidt tot een stabilisatie van de snoekbaarspopulatie (Lammens, 1999). De biomassa van de snoekbaarspopulatie neemt enigszins af, maar omdat de samenstelling uit relatief kleine exemplaren bestaat, is de predatiedruk voornamelijk gericht op prooivissen van 6-20 cm. Opgemerkt dient te worden dat vissen met staande netten verdrinkingsrisico's met zich meebrengt voor duikende vogels (van Eerden *et al.*, 1999).

Door op deze manier te bevisen kan het gemiddeld doorzicht mogelijk weer toenemen als gevolg van een daling in het zwevende stof gehalte en door een stimulatie van de graasdruk op het fytoplankton door een toename van de populatie groot zoöplankton.

Bij een bevissing zoals hier voorgesteld, blijft volgens de modelsimulatie de beschikbaarheid van prooien voor visetende vogels nagenoeg gelijk aan die in de huidige situatie (figuur 8.2). Bij Aalscholvers is er een geringe verschuiving in de verhoudingen van de soorten: minder Blankvoorn, meer Pos, minder Brasem, meer Baars en Snoekbaars. Voor Futen is het verschil gering.

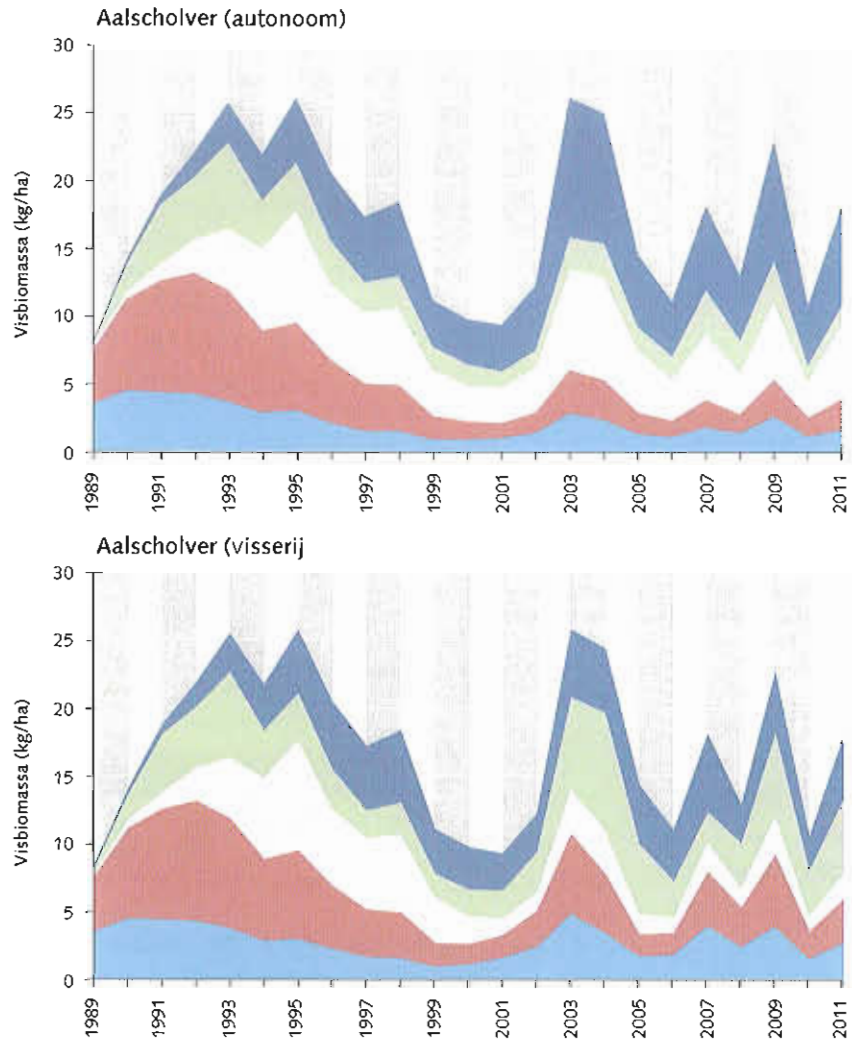
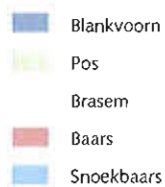
8.2.3 Conclusies

Het realiseren van het korte termijn streefbeeld (2010) wordt, gelet op de tijd, de benodigde maatregelen, het ruimtebeslag en de benodigde investeringen, steeds onwaarschijnlijker. Het ligt inmiddels meer voor de hand

Figuur 8.2

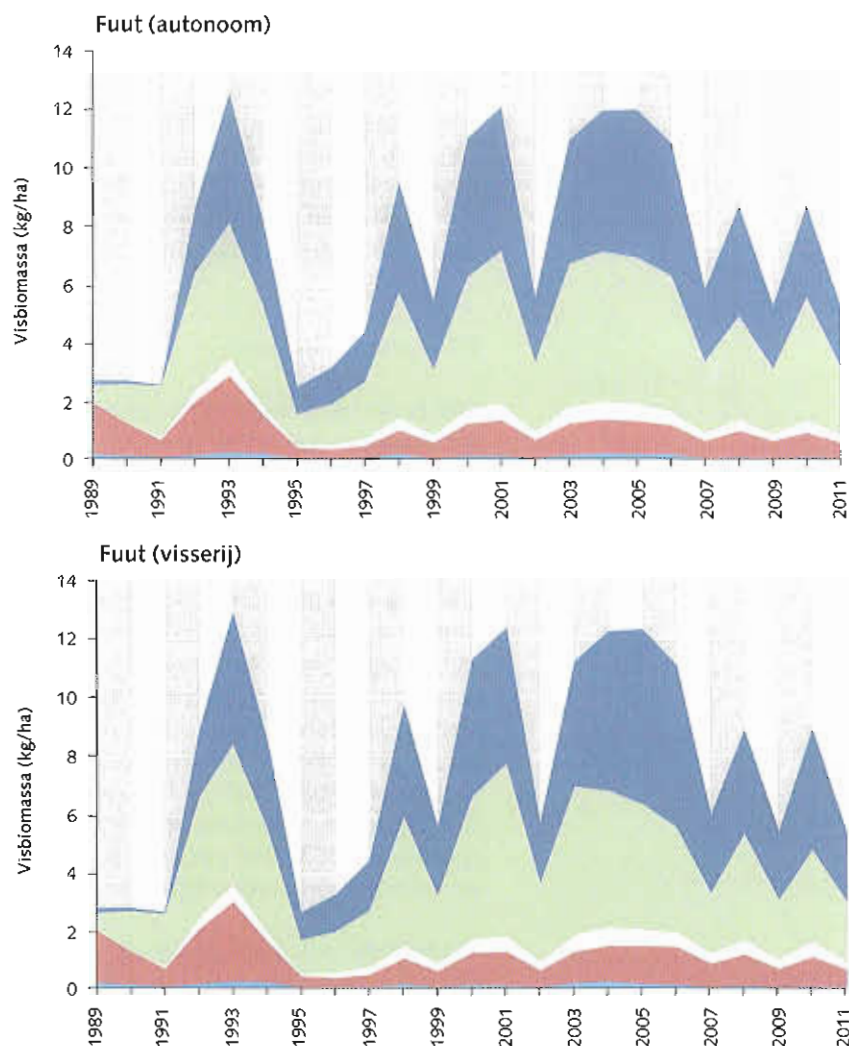
De consumptie van vis door Aalscholvers en Futen bij een autonome ontwikkeling en een hoge intensiteit van visserij. Modelberekening via PISCATOR.

Fish consumption by Cormorants and Great Crested Grebes. Autonomous development and High intensity fishery. Calculations made with model PISCATOR



dit streefbeeld enkel nog als richtinggevend te beschouwen voor de langere termijn doelstelling. Voor een duurzame oplossing van de water-(bodem)kwaliteitsproblematiek in het Volkerak-Zoommeer dient de belasting met nutriënten en microverontreinigingen vanuit het Mark-Vliet stroomgebied en vanuit het Hollandsch Diep op de langere termijn (2035) drastisch teruggedrongen te worden. Hiertoe is het noodzakelijk om een samenhangend pakket van (haalbare) maatregelen te treffen, gebaseerd op een stroomgebiedsbrede en brongerichte aanpak van de problematiek (Bak et al., 1998a,b,c). Op korte termijn zijn maatregelen echter wel noodzakelijk om te voorkomen dat het systeem definitief omslaat van een helder naar een troebel watersysteem. Gezien de ecologische ontwikkeling van het watersysteem vanaf 1996 zijn de voorgestelde middellange termijn maatregelen inmiddels niet meer aan de orde. De meeste van de voorgestelde korte termijn maatregelen hebben als nadeel dat ze een groot ruimtebeslag en/of aanzienlijke investeringen vergen. Beide factoren zorgen ervoor dat de haalbaarheid van de maatregelen op korte termijn twijfelachtig wordt.

Een uitzondering hierop vormt mogelijk (afhankelijk van werkelijke samenstelling en biomassa van de visstand in het Volkerak-Zoommeer) een visstandsbeheer in de vorm van commerciële bevissing van grote Brasem en eventueel Snoekbaars. Het voordeel van deze maatregel is dat een com-



merciële bevisning zichzelf bedruipt en niet zal resulteren in extreem hoge investeringskosten, zoals de meeste van de hierboven genoemde maatregelen. Er dient te worden opgemerkt dat een dergelijke effectgerichte maatregel dan wel gecombineerd moet worden met meer brongerichte maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. Wanneer het doorzicht verbetert, kan er weer uitbreiding plaatsvinden van het areaal waterplanten. Met name een uitgebreide vestiging van kranswieren zou op zichzelf al een gunstig effect kunnen hebben op de helderheid van het water en daarmee een extra ondersteuning kunnen betekenen van de koers naar helder water (vgl. ontwikkelingen in de Randmeren; Meijer *et al.*, 1999). Wellicht ontstaan er, mede afhankelijk van het gevoerde waterpeil, op termijn dan ook betere mogelijkheden voor de Snoek, die dan eveneens een bijdrage zou kunnen gaan leveren aan de stabilisatie van een helder-water systeem. Van (de oorspronkelijk veronderstelde) sturing door Snoek zal, vanwege de specifieke morfologie van het Volkerak-Zoommeer, geen sprake kunnen zijn. Wanneer op de langere termijn daadwerkelijk een structurele reductie van de belasting met nutriënten en microverontreinigingen kan worden bereikt, nemen de kansen voor de realisatie van een duurzaam helder watersysteem echter aanmerkelijk toe. Wel moet bij dit alles worden bedacht dat ook een troebel eutroof systeem ecologisch waardevol kan zijn. De ontwikkeling in de

richting van een relatief troebel, eutroof watersysteem waarborgt een hoge productiviteit aan vis en Driehoeksmosselen (in analogie aan de situatie in IJsselmeer en Markermeer) en daarmee een blijvend hoge ecologische draagkracht voor onder andere piscivore- en mosseletende watervogels (van Eerden & bij de Vaate, 1984; van Eerden & Zijlstra, 1986). Een structurele vermindering van de nutriëntenlast zal er mogelijk toe kunnen leiden dat de draagkracht van het watersysteem ten aanzien van vis en vogels (belangrijk) af zal nemen.

8.3 Waterpeildynamiek

Met name het gebrek aan waterpeildynamiek heeft sinds de afsluiting van het Volkerak-Zoommeer geleid tot een aantal knelpunten in de ecologische ontwikkeling van het gebied. In feite heeft het wegvallen van de dynamiek als belangrijkste gevolg gehad dat de overgang van water naar land abrupt is geworden. Dit had vooral een belemmerende invloed op de ontwikkelingsmogelijkheden van oevervegetatie en daarnaast een negatief effect op de aantalsontwikkeling van in de oeverzone foeragerende vogelsoorten. Door het toelaten van meer waterpeildynamiek en het herstellen van de 'wisselzone' tussen water en land zou de ontwikkeling van oevervegetatie mogelijk gestimuleerd kunnen worden. Dit zou een positieve uitwerking kunnen hebben op de ontwikkeling van het roofvisbestand, aangezien geïnundeerde (oever)vegetatie een geschikt paaigebied vormt voor soorten als Snoek, Zeelt en Rietvoorn. De ontwikkeling van oevervegetatie zou daarnaast van belang zijn voor diverse vogelsoorten. Tenslotte ontstaan door het herstel van de 'wisselzone' weer goede voorwaarden voor op macrofauna en oevervegetatie foeragerende watervogels.

Het toelaten van meer waterpeildynamiek wordt in de diverse evaluaties van het waterbeheer (Iedema, 1992; Wanningsen & Boute, 1997) dan ook genoemd als maatregel om de gewenste ontwikkeling van het watersysteem (alsnog) mogelijk te maken. De voornaamste reden dat veel aandacht is geschonken aan de kansen die het toestaan van meer natuurlijke peildynamiek kan bieden aan de oevervegetatie, is de veronderstelling dat in deze zone paai- en opgroeigebied van Snoek tot ontwikkeling zou kunnen komen. De verwachting was dat het ontstaan van een flinke populatie van deze roofvis een fundamentele bijdrage zou kunnen leveren aan het stabiel helder houden van het water bij relatief hoge fosfaatconcentraties. De predatie van planktivore en benthivore vis door de Snoek zou de verbraseming tegengaan en de populatiegroei van grote watervlooien bevorderen. Hoewel inmiddels twijfels zijn gerezen omtrent de rol van Snoek in relatie tot de helderheid van een meer van een omvang en morfologie als het Volkerak-Zoommeer, blijft een natuurlijker peilfluctuatie en een gezonde helofytenontwikkeling wel van cruciaal belang voor de natuurfunctie van een zoet Volkerak-Zoommeer. De diversiteit van zowel vis- als vogelstand zal hiervan immers kunnen profiteren.

Naast de hierboven genoemde aspecten blijken de karakteristieke pioniersituaties, onder de huidige hydrologische omstandigheden, langzaam maar zeker te verdwijnen als gevolg van de vegetatiesuccessie. Het toestaan van meer peildynamiek kan de vegetatiesuccessie periodiek weer terugzetten, waardoor regelmatig pioniersituaties als kale platen en slikken kunnen ontstaan en er weer meer ruimte ontstaat voor typische pioniersoorten (zowel plant als dier).

De discussie omtrent het toelaten van meer waterpeildynamiek in het Volkerak-Zoommeer heeft geleid tot het interim-peilbesluit dat in 1996 van kracht werd. Volgens dit peilbesluit mag het peil op het meer verlopen volgens een regenmodel, waarbij het maximale peil NAP +0,15 m is en het minimale peil NAP -0,10 m. Het doel van dit peilbesluit was het voorkómen van een omslag van het watersysteem naar een troebel, door witvis en algen gedomineerd zoetwatersysteem. In de loop van 2000 zal dit peilregime worden geëvalueerd.

Het zal op grond van de recente ontwikkelingen duidelijk zijn, dat alleen het instellen van het interim-peilverloop een omslag naar een troebel watersysteem niet zal kunnen voorkómen. De gewenste ontwikkeling van de oevervegetatie is, zoals verwacht (Tosserams *et al.*, 1997; 1999), niet gerealiseerd tijdens de interim-periode. Wel heeft het interim-peilbeheer geleid tot meer dynamiek in het systeem. Hierdoor ontstonden vrijwel direct nieuwe mogelijkheden voor flora en fauna. Zo zijn in 1999 oevergebieden tijdelijk drooggevallen, wat een duidelijke positieve uitwerking heeft gehad op de aanwezigheid van steltlopers en de vestiging van Moerasandijvie.

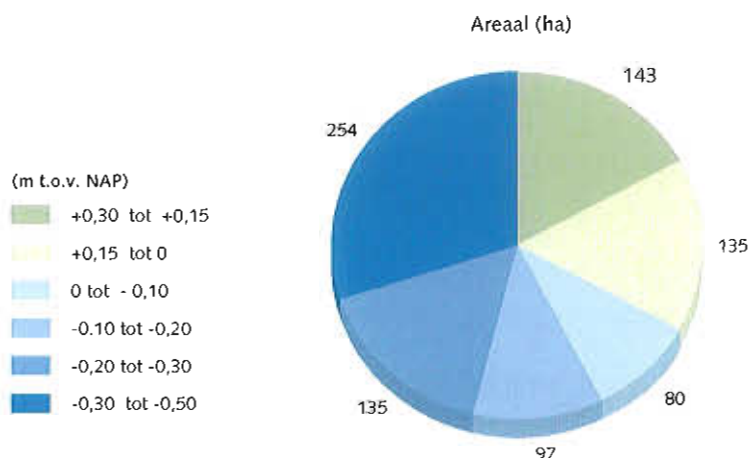
Teneinde het gewenste ecologisch rendement van een dynamisch peilverloop te bereiken dienen de streefpeilen te worden bijgesteld. In het algemeen kan worden gesteld dat hoe groter de peilamplitude is, des te hoger het totale ecologisch rendement. Zoals reeds werd aangegeven door de Jong (1994) zou een minimale amplitude van 0,30 m, liefst voorafgegaan door een meerjarige periode van peilverlaging, gewenst zijn om voldoende perspectief te bieden voor de realisatie van het streefbeeld van een helder watersysteem (op de langere termijn!). Bij peilverschillen kleiner dan 0,30 m zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk.

Recent onderzoek in het Volkerak-Zoommeer heeft geleid tot een verdere nuancering van deze uitspraken voor wat betreft de ontwikkelingsmogelijkheden van een geïnundeerde oevervegetatie (Tosserams *et al.*, 1997; 1999). De kans op natuurlijke vestiging van oevervegetatie wordt in principe vergroot naarmate de peilamplitude toeneemt, doordat het totale areaal dat in potentie geschikt is als kiemings- en vestigingsmilieu voor oeverplanten dan groter wordt (figuur 8.3). De resultaten uit het onderzoek laten echter ook zien dat vanwege de invloed van zout en begrazing door vee en herbivore watervogels het, zelfs bij een amplitude van 0,45 m (zonder een aanloopfase van enkele jaren met een permanent verlaagd waterpeil), nog maar de vraag is of het gewenste areaal geïnundeerde oeverplanten zonder aanvullende maatregelen (afrasteren van oevergebieden en aanplanten van oeverplanten) zal ontstaan. Oevervegetatie-ontwikkeling door middel van peilbeheer alléén wordt wel mogelijk geacht, maar uitsluitend door middel van een 'gericht' peilbeheer (Tosserams *et al.*, 1999). Dit peilbeheer bestaat uit een aanloopfase van enkele jaren waarin het waterpeil permanent verlaagd wordt en tegelijkertijd rekening wordt gehouden met de negatieve aspecten van begrazing en zout. Na deze aanloopfase kan worden overgegaan op een meer natuurlijk waterpeilregime op basis van een regenmodel (Tosserams *et al.*, 1999).

Overigens is het tegelijkertijd ook zo dat vanwege de verdergaande ontzilting op de buitendijkse gronden het areaal landriet op plaatsen waar geen vee is ingezet toeneemt. Een hoger waterpeil in het voorjaar biedt dan wellicht kansen om het areaal geschikt paaigebied voor vis te vergroten.

Samenvattend kan worden gesteld dat voortzetting van het interim-peilbeheer niet zal leiden tot het gewenste ecologisch rendement, zoals geconcretiseerd in het korte termijn streefbeeld. Zoals gezegd zal het eco-

.....
Figuur 8.3
 Totaal areaal van verschillende hoogte-
 zones.
Total area covered by different zones
of elevation.



logisch rendement groter worden, naarmate de peilamplitude toeneemt. Het toelaten van meer waterpeildynamiek in het Volkerak-Zoommeer zal met zekerheid bijdragen aan een stimulering van de belevings- en wetlandwaarde van het gebied en sluit bovendien aan bij het beleidsvoornemen om natuurlijke processen en gradiënten waar mogelijk te herstellen (NW3; NW4). Of een verbetering van omvang en kwaliteit van de oevervegetatie zal leiden tot een ombuiging van de ontwikkeling van het watersysteem in de richting van het streefbeeld is echter de vraag. Peilbeheer is slechts één van de mogelijke maatregelen uit het totale pakket dat nodig zal zijn om de ecologische ontwikkeling van het water- en oeversysteem voor de langere termijn in de gewenste richting om te buigen.

8.4 Inrichting en beheer

Ten aanzien van de aspecten inrichting en beheer van de vooroevergebieden en de oeverzone is een groot aantal aanbevelingen gedaan naar aanleiding van de evaluatiestudie van de oeverinrichting van het Volkerak-Zoommeer (Rommelzwaal *et al.*, 1998). De belangrijkste bevindingen uit deze studie zullen hier in het kort worden samengevat. Daarnaast zullen in het kort enkele beheersmaatregelen aan de orde komen die van belang zijn voor de ecologische ontwikkeling van de buitendijkse gronden.

Bij de suggesties voor inrichting en beheer van de oeverzone is uitgegaan van het streven naar een natuurlijk systeem met een grote diversiteit aan soorten en ecotopen (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Diversiteit is al vanaf de start van het inrichtingsproject als doelstelling genoemd (Projectgroep POVEZ, 1988) en sluit aan bij de structuur van het gebied. Ook in de huidige situatie kan namelijk al worden gesteld dat het Volkerak-Zoommeer een systeem met een grote verscheidenheid aan soorten en ecotopen is. Natuurlijkheid houdt in dat het gebied een zo compleet mogelijk systeem moet zijn, dat functioneert met zo weinig mogelijk menselijk ingrijpen. Om dit te bereiken kunnen inrichtingsmaatregelen op hun plaats zijn. Natuurlijkheid blijft bij het Volkerak-Zoommeer echter een natuurlijkheid binnen randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden maken dat een vergelijking van het Volkerak-Zoommeer met een historisch, geografisch of theoretisch referentiebeeld slechts beperkte waarde heeft, waardoor het aspect compleetheid moeilijk te concretiseren is.

De suggesties voor inrichting en beheer werden door Rommelzwaal *et al.*

(1998), ingedeeld in drie groepen, te weten: ecotoopontwikkeling, differentiatie van het streefbeeld en vergroting van dynamiek. Aangezien het vergroten van de waterdynamiek in de voorafgaande paragraaf reeds is besproken, zal hier alleen ingegaan worden op de eerste twee aspecten.

8.4.1 Ecotoopontwikkeling

Met name de ontwikkeling en instandhouding van de ecotopen ondiep water met helofyten en laaggelegen kaal terrein worden van groot belang geacht voor de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. Dit aspect is in de voorafgaande paragraaf over waterpeildynamiek al aan de orde gekomen. Alleen de terrestrische ecotopen van de eilanden vragen hier nog aandacht. Op de eilanden is er sprake van een vegetatiesuccessie waarbij er ruigte, struweel en uiteindelijk bos tot ontwikkeling komt. Het is echter duidelijk dat de toegevoegde waarde van de eilanden voor het gehele systeem afneemt, naarmate de vegetatie hoger en dichter wordt. Remmelzwaal *et al.* (1998) stellen een aantal maatregelen voor om de toegevoegde waarde van de eilanden (belang voor vogelsoorten) te behouden.

Om pionierbroedvogels blijvend broedgelegenheid te bieden kunnen op enkele grotere eilanden hogere koppen worden aangelegd, die bestaan uit grof zand en eventueel schelpen. Door het lage nutriëtniveau en droogte zullen deze kopjes langere tijd schaars begroeid blijven.

Op de lagere delen van de eilanden kan, naast de naar verwachting positieve effecten van meer peildynamiek, tevens een vegetatiebeheer worden toegepast om de vegetatie daar kort en open te houden. Hiervan zullen vooral koloniebroedvogels kunnen profiteren, waaronder de zeldzame Zwartkopmeeuw. Voor het open houden van de vegetatie kunnen eilanden worden gekozen die nu nog een open karakter en een zandige bodem (relatief trage vegetatie-ontwikkeling) hebben. Het beheer kan bestaan uit begrazen buiten het broedseizoen. Wanneer dit moeilijk uitvoerbaar is, kan dit worden vervangen door maaien. Op eilanden met een schrale bodem is vermoedelijk eenmaal in de nazomer maaien per één à twee jaar voldoende. Het open houden van de vegetatie op zandige eilanden biedt ook blijvend ruimte voor minder algemene plantensoorten, als bijvoorbeeld Fraai duizendguldenkruid en Herfstbitterling.

In feite geldt ook voor de buitendijkse gronden dat door middel van een gericht beheer de mogelijkheden voor de genoemde soorten kunnen worden vergroot. Grondbroeders zullen het hier echter moeilijker hebben, omdat hun nesten gemakkelijk door terrestrische predatoren als Vossen kunnen worden bereikt. Een begrazingsbeheer kan er tevens toe bijdragen dat de vegetatie op de buitendijkse gebieden langere tijd geschikt blijft voor kleine zoogdieren als woelmuizen, waardoor de draagkracht van deze gebieden ten aanzien van roofvogels behouden kan blijven (Vulink *et al.* in prep.). Hieraan kleven echter wel enige haken en ogen, gezien het feit dat te sterke begrazing ongunstig is voor woelmuizen (zowel Veldmuis als de zeldzame Noordse Woelmuis).

Een begrazingsbeheer is moeilijk verenigbaar met het streven naar oevervegetatie-ontwikkeling (Tosserams *et al.*, 1999). Het is dan ook noodzakelijk te streven naar een ruimtelijk gedifferentieerde inzet van grote grazers. Net als bij eventuele aanvullende inrichtingsmaatregelen geldt dat de afweging van beheersmaatregelen het beste op gebiedsniveau kan worden gemaakt. Hierbij kunnen zowel ecologische als landschappelijke argumenten een rol spelen en dient er een samenhang te zijn met de gewenste

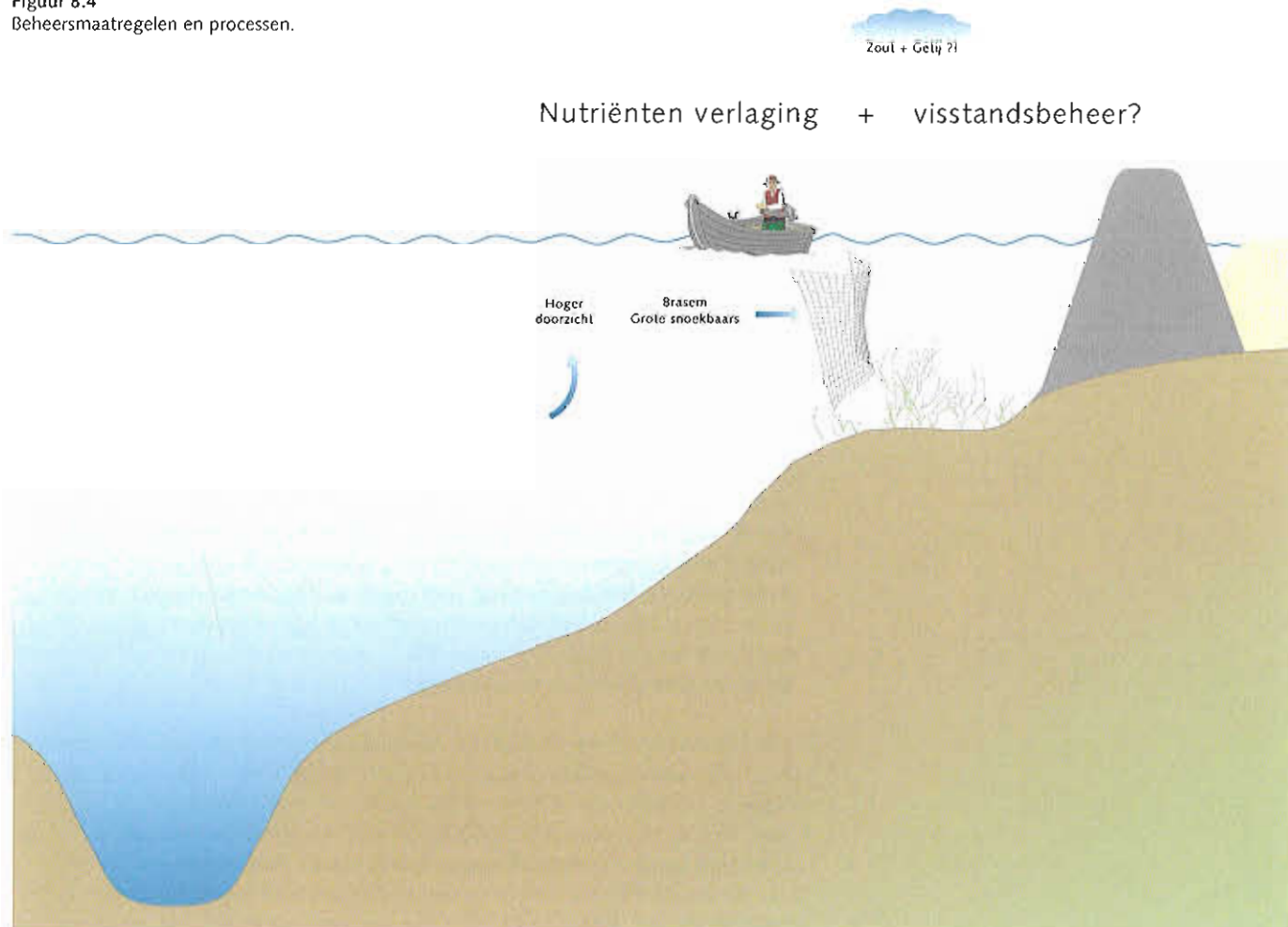
inrichting van de oevers van de eilanden. Tevens zal een afweging moeten worden gemaakt tussen natuurlijkheid (geen ingrijpen) en diversiteit.

8.4.2 Differentiatie van het streefbeeld

Bij de uitwerking van het streefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer wordt uitgegaan van een helder, schoon en zoet systeem, met een hoge mate van zelfregulatie. Hierbij passen een rijkdom aan waterplanten, een goed ontwikkelde oevervegetatie en een visgemeenschap waarin roofvis een belangrijk aandeel heeft. Dit streefbeeld is eenvoudiger te realiseren in relatief geïsoleerd, kleinschalig, ondiep water dan in een grootschalig diep systeem met een grote aanvoer van voedselrijk water.

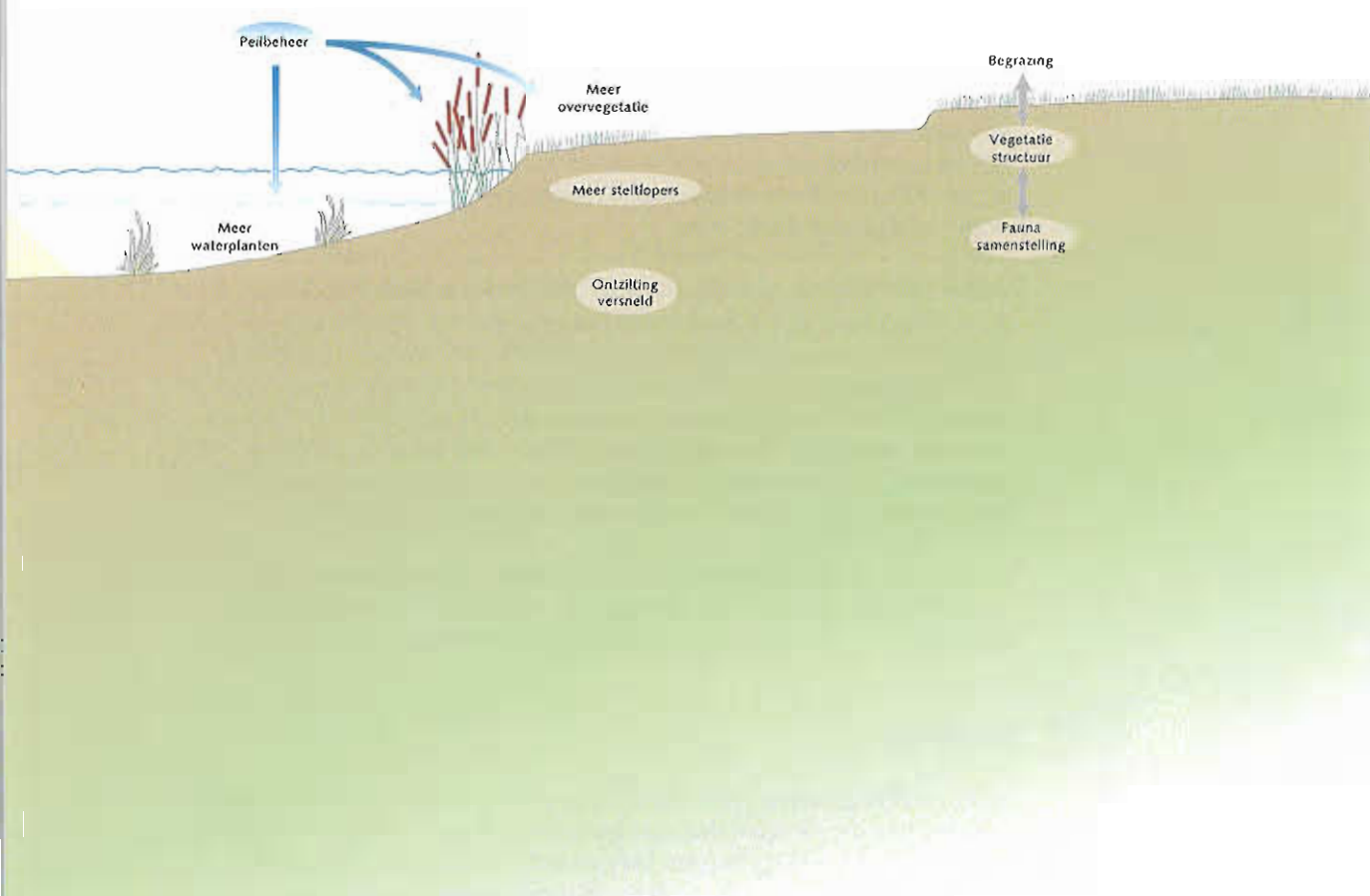
Remmelzwaal *et al.* (1998) suggereren dan ook de mogelijkheid om een tweesporenbeleid te volgen. Enerzijds moet verder worden gewerkt aan een algemene vermindering van de nutriëntenbelasting van het Volkerak-Zoommeer. Anderzijds kan ook gedacht worden aan een zekere mate van "compartimentering" van het systeem door gebruik te maken van de aanwezigheid van de vooroeververdedigingen. Er ontstaat dan een systeem dat bestaat uit twee grootschalige en diepe wateren, het Volkerakmeer en het Zoommeer, beide omgeven door kleinschalige, ondiepe "randmeren". Een scheiding tussen relatief troebele diepere delen en relatief heldere ondiepe delen binnen één meer is niet ongewoon. Zo was in de randme-

.....
Figuur 8.4
Beheersmaatregelen en processen.



ren ook geruime tijd sprake van twee subsystemen: ondiepe heldere plekken en troebel water op de diepere locaties (van den Berg *et al.*, 1998). Op plaatsen waar nu al een lange vooroeververdediging ligt, is in feite al een zekere mate van compartimentering tot stand gekomen. Deze compartimentering kan verder doorgevoerd worden door aanpassing van de openingen van bestaande dammen. Op deze manier kunnen drijfslagen van blauwalgen uit de ondiepe oevergebieden worden geweerd. Het is hierbij echter niet de bedoeling tot een volledige hydrologische isolatie te komen: er blijven openingen aanwezig. Het aantal "randmeren" kan worden uitgebreid door eilandjes en stukken dam tot een aaneengesloten geheel te verbinden, op die plaatsen waar nu nog geen lange aaneengesloten vooroeververdedigingen aanwezig zijn.

Om in de "randmeren" het streefbeeld zo goed mogelijk te benaderen is het van belang de oeverzone tot ontwikkeling te brengen. Dit hoeft zich niet te beperken tot de bestaande zachte oevers: door het opspuiten van zand tegen de binnenzijde van vooroeververdedigingen kan de zachte oeverlengte in de "randmeren" substantieel worden vergroot. Gezien de ruime afstand tussen de vooroeververdediging en de oever is hiervoor voldoende ruimte aanwezig. Indien de mogelijkheden ten aanzien van het vergroten van de peildynamiek voor het gehele watersysteem beperkt zijn, bestaat eventueel de mogelijkheid om binnen de "randmeren" de peildynamiek te verhogen. Zo is er een voorstudie gedaan naar het creëren van een dynamisch meer, met het karakter van een binnendelta, bij de Dintelse Gorzen (Rommelzwaal *et al.*, 1998).



Het is denkbaar dat de realisatie van "randmeren" als tijdelijke optie zou kunnen fungeren om de ontwikkeling van het watersysteem als geheel in de gewenste richting om te kunnen buigen. Wanneer de waterkwaliteit dit toelaat en wanneer de ontwikkelingen in de oevergebieden hiertoe aanleiding geven, kan de uitwisseling tussen de "randmeren" en de rest van het watersysteem weer worden vergroot.

8.5 Streefbeeld: vasthouden of loslaten?

In de laatste evaluatie van het waterbeheer (Wanningen & Boute, 1997) is aanbevolen na te gaan of de noodzaak bestaat om, op basis van nieuwe inzichten in de natuurlijke potentie van het meer, het bestaande streefbeeld voor natuur en landschap bij te stellen. Ook de op handen zijnde langere termijn visie ten aanzien van de watersystemen in de Zeeuwse Delta (project visie Blauwe Delta) en de Integrale Visie Benedenrivierengebied (IVB) kunnen aanleiding geven tot nadenken over eventuele bijstelling/aanpassing van streefbeelden.

Met deze lange-termijnvisies in het achterhoofd en binnen het kader van beleidslijnen als herstel van dynamiek en gradiënten (land/water en zoet/zout) kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een verdere versoepeling van de chloridenorm voor het Volkerak-Zoommeer. Naast waterpeildynamiek kan zout een belangrijke sturende factor zijn voor de ecologische ontwikkelingen in het Volkerak-Zoommeer. Binnen de bestaande randvoorwaarden is dit echter niet realiseerbaar.

Wanneer de chloridenorm kan worden losgelaten, zijn er verschillende scenario's denkbaar waarbij zout opnieuw een belangrijke sturende rol zou kunnen spelen in de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. Zo is er een scenario denkbaar dat het Volkerak-Zoommeer overwegend zoet blijft, maar dat eenmaal in de vijf of tien jaar een "springvloed" van zout water wordt gecreëerd (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Dit leidt tot een terugzetting van de successie in het watersysteem (nieuwe pionierfase) en tot behoud van de zilte vegetaties op de voormalige slikken (waaronder relatief veel doelsoorten).

Indien een dergelijk scenario niet voor het gehele gebied mogelijk is, zou dit eventueel wel in een deelgebied haalbaar kunnen zijn. Er valt te denken aan het hydrologisch isoleren van een of enkele van de "randmeren", zoals die hiervoor zijn beschreven. Zo'n geïsoleerd randmeer zou in verbinding kunnen worden gebracht met één van de riviertjes in het gebied om meer peildynamiek te realiseren. Het zou echter ook mogelijk zijn een verbinding te maken met het Grevelingenmeer of de Oosterschelde, waardoor incidenteel een zoute "springvloed" kan worden gecreëerd.

Naast de factor zout zouden ook andere aspecten van het watersysteem onder de loupe genomen kunnen worden. Het valt echter niet binnen het kader van deze studie om dergelijke mogelijkheden hier verder uit te werken.

8.6 Tot slot

In dit hoofdstuk is een groot aantal suggesties gedaan met betrekking tot maatregelen die de ecologische ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer in de gewenste richting zouden kunnen ombuigen. Sommige van deze maatregelen zijn eenvoudig, andere zijn zeer ingrijpend en vergen aan-

zienlijke beheersinspanningen. Succes kan echter bij geen van de maatregelen gegarandeerd worden. De uitdaging is nu om, op grond van de ontwikkelingen die in het Volkerak-Zoommeer plaatsvinden, een integraal maatregelenpakket samen te stellen dat uitzicht biedt op de realisatie van de langere-termijndoelstellingen. De bouwstenen voor een dergelijk pakket zouden moeten worden gevonden in maatregelen die betrekking hebben op de aspecten waterkwaliteit, peildynamiek, inrichting en beheer. Uitwerking van een dergelijk maatregelenpakket zou bij voorkeur moeten plaatsvinden binnen een samenhangend inrichtings- en beheersplan voor het gehele stroomgebied van het Volkerak-Zoommeer, dat gedragen wordt door alle betrokken instanties. Hierbij zou waar mogelijk rekening gehouden moeten worden met de visievorming ten aanzien van de ontwikkeling van de Zeeuwse Delta op de langere termijn.

- Anonymus 1987.* Beleidsplan Krammer-Volkerak. Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak.
- Anonymus 1988.* Beheersplan Zoommeer. Rijkswaterstaat Directie Zeeland Nota AX.88.029.
- Anonymus 1991.* Vierde nota van de Ruimtelijke Ordening -extra-: Regeringsbeslissing. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), Den Haag.
- Anonymus 1993.* Evaluatienota Water. Aanvullende beleidsmaatregelen en financiering 1994-1998. RIZA. In opdracht van Rijkswaterstaat, Hoofddirectie van de Waterstaat.
- Anonymus 1998.* Waterkader, Vierde Nota waterhuishouding, Regeringsbeslissing. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Anonymus 2000.* Integraal waterbeheersplan West-Brabant 2 2000-2004. Hoogheemraadschap van West-Brabant.
- Backx, J.J.G.M. & Ligtoet, W. 1994.* Proefmatige visserij met schietfinken op Pos in het Volkerak in 1993. Rapport Boz. 81.13 Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., Deventer.
- Bak, A., Boudewijn, T.J. & Meijer, A.J.M. 1998a.* Aanvullende maatregelen of dweilen met de kraan open? Onderzoek aanvullende maatregelen stroomgebied Volkerak-Zoommeer. Rapport fase 1. Bureau Waardenburg bv, rapportnr. 98.025A, Culemborg.
- Bak, A., Boudewijn, T.J. & Meijer, A.J.M. 1998b.* Aanvullende maatregelen of dweilen met de kraan open? Uitwerking aanvullende maatregelen stroomgebied Volkerak-Zoommeer. Rapport fase 2. Bureau Waardenburg bv, rapportnr. 98.025B, Culemborg.
- Bak, A., Boudewijn, T.J. & Meijer, A.J.M. 1998c.* Aanvullende maatregelen of dweilen met de kraan open? Integratie aanvullende maatregelen stroomgebied Volkerak-Zoommeer. Eindrapport. Bureau Waardenburg bv, rapportnr. 98.025C, Culemborg.
- Barendse, R., La Haye, M., Noort, B. & van Capellen, W. 1996.* Muizen op de Slikken van de Heen-Oost. Amoeba 70 (1):24-27.
- van Beek, G.C.W., 1992.* Resultaten maag-darm onderzoek visfauna Volkerak-Zoommeer 1991. Bureau Waardenburg. Culemborg.
- Beemster, N. & Vulink, J.Th..* The long-term influence of grazing by livestock on food-feeding raptors in recently created wetlands in the Netherlands. (submitted).

-
- van den Berg, M.S., Coops, H., Meijer, M.-L., Scheffer, M. & Simons, J.* 1998. Clear water associated with a dense *Chara* vegetation in shallow and turbid lake Veluwemeer, The Netherlands. In: The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes (E. Jeppesen and M. Sondergaard eds.), Ecological studies 131, pp. 339-352. Springer-Verlag, New York.
- de Boois, I., Slingerland, T. & Meijer, M.-L.* 1997. Actief Biologisch Beheer in Nederland: projecten 1987-1996. Platform EHM nota 98.01. RIZA nota 97.084, Lelystad.
- Bosveld, A.T.C.* 1995. Effects of polyhalogenated aromatic hydrocarbons on piscivorous avian wildlife. Proefschrift, Universiteit van Utrecht, Utrecht.
- Boudewijn, T.J.* 1997. Mogelijke effecten van herbivore watervogels en de Muskusrat op de ontwikkeling van helofyten in het Volkerak Zoommeer bij een gewijzigd peilbeheer. Bureau Waardenburg bv in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA, rapportnr 96.43, Culemborg.
- Boudewijn, T.J. & van der Winden, J.* 1997. Planten in de Peiling - Aantalsontwikkeling van herbivore watervogels in het Volkerak Zoommeer in de periode 1987-1995 -. Bureau Waardenburg bv, RIZA werkdocumentnr. 98.156X, Lelystad.
- Breukelaar, A.W., Klein Breteler, J.P.G., Lammens, E.H.R.R. & Tátrai, I.* 1993. Effect van bodemwoelende vis op de waterkwaliteit. H2O 26(18): 502-507.
- Breukers, C.P.M., van Veen, M.P. & van den Hark, M.H.C.* 1995. Eutrofiëring Volkerak/Zoommeer 1992. RIZA werkdocumentnr. 95.051X, Lelystad.
- Breukers, C.P.M., Storm, A.A., van Dam, E.M. & van Oirschot, M.C.M.* 1996. Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA notanr. 96.003, Lelystad.
- Bijkerk, R.* 1990. Verspreiding van bodemalgen en muggelarven in het Volkerak-Zoommeer, 1990, in relatie tot diepte, expositie en korrelgrootte. Conceptrapportage.
- Bijkerk, R. & Dekker, P.I.* 1994. De ontwikkeling van het plankton in het Volkerak-Zoommeer in 1993. Rapport 94-10, Koeman en Bijkerk bv, Haren.
- Bijlsma, L.* 1989. Het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer (opzet, ervaringen en mogelijkheden), H2O 22: 649-655.
- CIW,* 1999. Het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het Nederlandse oppervlaktewater in de periode 1992 t/m 1996. Bestrijdingsmiddelenrapportage 1999.
- Coops, H. & Schutten, J.* 1991. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1990. RIZA werkdocumentnr. 91.012X, Lelystad.

-
- Cornelissen, P., Vulink, J.Th. & Drost, H.J. 1992. Integraal begrazingsadvies Krammer Volkerak, Eendracht, Zoommeer 1992. Flevobericht nr. 348, Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad.
- Daling, J. & Zijlstra, M. 1999. Planten in de Peiling - Helofyten en begrazing in het Volkerak Zoommeer 1995-1998 -. RIZA werkdokumentnr. 99.097X, Lelystad.
- van Dam, E.M. 1994. Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1993. RIZA werkdokumentnr. 94.091X, Lelystad.
- van Dam, E.M. 1995. Waterplanten in het Volkerak-Zoommeer in 1994. RIZA werkdokumentnr. 95.046X, Lelystad
- van Dam, E.M. & Noordhuis, R. 1995. Watervogels op het Volkerak-Zoommeer in 1994. RIZA werkdokumentnr. 95.086X, Lelystad.
- van Dam, E.M. & Wiersma, S.M. 1995. De bodemfauna van het Volkerak-Zoommeer 1987-1994. RIZA werkdokumentnr. 95.164X, Lelystad.
- De Groene Ruimte 1995. Vegetatiekartering eilanden Volkerak-Zoommeer. Projectnummer 95176. In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- De Groene Ruimte 1998. Planten in de Peiling - inventarisatie Oeverplanten 1997-1998 -. RIZA werkdokumentnr. 98.158x Lelystad.
- Dijkstra, C. 1994. Betekenis van de vegetatie ontwikkeling in de drooggevallen gebieden van het Volkerak-Zoommeer voor de fauna. Dienst Weg- en Waterbouwkunde W-DWW-94-719, Delft.
- Dirksen, S., Boudewijn, T.J., Noordhuis, R. & Marteiijn, E.C.L. 1995. Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in shallow eutrophic freshwater lakes: prey choice and fish consumption in the non-breeding period and effects of large-scale fish removal. *Ardea* 83: 167-184.
- van Eerden, M.R. & bij de Vaate, B. 1984. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. Flevobericht 242, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- van Eerden, M.R. & Zijlstra, M. 1986. Natuurwaarden van het IJsselmeergebied. Prognose van enige natuurwaarden in het IJsselmeergebied bij aanleg van de Markerwaard. Flevobericht 273, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- van Eerden, M.R. & Voslamber, B. 1995. Mass fishing by Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at lake IJsselmeer, The Netherlands: a recent and successful adaptation to a turbid environment. *Ardea* 83: 199-212.
- van Eerden, M.R. Dubbeldam, W. & Muller, J. 1999. Sterfte van watervogels door visserij met staande netten: in het IJsselmeer en Markermeer. RIZA rapport: 99.060, Lelystad
- Everts & de Vries 2000. Vegetatiekaart Hellegatsplaten. Everts & de Vries in opdracht van Staatsbosbeheer, Concept.

-
- Geilen, N.* 1994. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1994. RIZA werkdocumentnr. 94.173X, Lelystad.
- Groen, K. P.* 1991. Geschiedenis van het zoutonderzoek in Nederland. Flevovericht 321. Rijkswaterstaat Directie Flevoland, Lelystad.
- ter Heerdt, G. N. J.* 1995. Planten in de Peiling - Literatuuronderzoek naar de invloed van het zoutgehalte in de bodem op de ontwikkeling van helofyten. RIZA notanr. 95.041, Lelystad.
- Hootsmans, M. J. M.* 1996. Planten in de Peiling - The effect of chronic and temporary saltstress on growth and development of four species of helophytes. RIZA notanr. 96.039, Lelystad.
- Houthuizen, R.P., Backx, J.J.G.M. & Buijse, A.D.* 1993. Exceptionally rapid growth and early maturation of perch in a freshwater lake recently converted from an estuary. *J. Fish Biology* 43: 320-324.
- Hustings, F., Foppen, R., Beemster, N., Castelijns, H., Groot, H., Meijer, R. & Strucker, R.* 1995. Spectaculaire opleving van Blauwborst *Luscinia svecica cyaneola* als broedvogel in Nederland. *Limosa* 68: 147-158.
- Iedema, C.W.* 1992. En de zee werd meer ..., Evaluatie waterbeheer Volkerak/Zoommeer. RIZA notanr. 92.029, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland Nota AX 92.087.
- Ivens, E.* 1991. Natuurontwikkeling in de droogevallen gebieden van het Volkerak/Zoommeer van 1987-1990. Rijkswaterstaat/Dienst Wegen Waterbouwkunde, rapportnr. MI-OL-90-42.
- Joenje, W.* 1978. Plant colonization and succession on embanked sandflats. A case study in the Lauwerszeepolder, The Netherlands. Rijksuniversiteit Groningen. Groningen.
- de Jong, S.A.* 1994. Kansen voor natuurontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer bij verschillende peilbeheervarianten. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland Nota AX 94.009.
- Kemper, J.* 1999a. Sonaronderzoek naar de visdichtheid in het Volkerak in de zomer van 1998. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij in opdracht van RWS Directie Zeeland.
- Kemper, J.* 1999b. Sonaronderzoek naar de visdichtheid in het Volkerak in de zomer van 1999. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. OVB-Onderzoeksrapport Ond00085.
- Kerkum, F. C. M., Pannenbakker, C. & Coops, H.* 1996. Planten in de Peiling - Kieming van oeverplanten in relatie tot het zoutgehalte in het substraat -. RIZA werkdocumentnr. 96.011x, Lelystad.
- Klein Breteler, J.G.P. & de Hoog, J.C.J.* 1997. Maatregelennota interim-visstandbeheer Volkerak/Zoommeer 1998 t/m 2000. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, OVB-Onderzoeksrapport 1997.

-
- Klein Breteler, J.G.P.* 1998. Maatregelennota interim-visstandbeheer Volkerak/Zoommeer 1998 t/m 2000. Supplement 1998. Visactieplan 1999. OVB-Onderzoeksrapport OND00050a.
- Klein Breteler, J.G.P.* 2000. Maatregelennota interim-visstandbeheer Volkerak/Zoommeer 1998 t/m 2000. Supplement 1999. Visactieplan 2000. OVB-Onderzoeksrapport OND00050b.
- de Kogel, T.J. & de Jong, D.J.* 1983. Vegetatiekartering van de schorren in de Oosterschelde en het Krammer-Volkerak 1978. Rijkswaterstaat, Deltadienst notanr. 80-20.
- Kouer, R.M.* 1996. Microverontreinigingen in het Volkerak-Zoommeer. Tussenrapportage periode 1987-1995. Rapportnummer 96.VZM.
- Kouer, R.M., Termeer, K. & Schmidt, C.A.* 1995. Microverontreinigingen Volkerak-Zoommeer, Jaarrapportage 1991, RIZA notanr. 94.001.
- Lammens, E.H.R.R.* 1996. Ontwikkeling van de visstand in de Friese meren 1985-1995. RIZA-werkdocumentnr. 96.188X, Lelystad.
- Lammens, E.* 1999. Het voedselweb van IJsselmeer en Markermeer. Veldgegevens, hypothesen, modellen en scenario's. RIZA-rapport 99.008. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- de Leeuw, J.J.* 1997. Demanding divers: Ecological energetics of food exploitation by diving ducks. Van Zee tot Land 61. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Ligtvoet, W.* 1993. Visstandsontwikkeling Volkerak-Zoommeer 1987-1997: scenario voor het eutrofiëringsproces? *Sterna* 38(3): 108-115.
- Ligtvoet, W. & Grimm, M.P.* 1992. Vissen in helder water. Visstandsbeheersplan Volkerak/Zoommeer voor de periode 1992-1997. Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs bv werkno. Boz. 81.3.
- Ligtvoet, W., Houthuizen, R. & Grimm, M.P.* 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.
- Matthijse, M.N.* 1998. Submerged macrophytes in Lake Volkerak: the effect of protecting shallow areas. RIZA Werkdocumentnr. 98.032X, Lelystad.
- Meijer, M.-L. & de Boois, I.* 1998. Actief Biologisch Beheer in Nederland: Evaluatie Projecten 1987-1996. RIZA nota 98.023, lelystad.
- Meijer, M.-L., Portielje, R., Noordhuis, R., Joosse, W., van den Berg, M., Ibelings, B., Lammens, E., Coops, H. & van der Molen, D.* 1999. Stabiliteit van de Veluwerandmeren. RIZA-rapport 99.054. BOVAR-rapport 99.06, Lelystad.
- Meininger, P.L. & Schekkerman, H.* 1990. Broedende Steltkluten *Himantopus himantopus* in Nederland in 1989. *Limosa* 63: 11-15.

-
- Meininger, P.L. & Schekkerman, H. 1991. Broedende Steltkluten Himantopus himantopus in Nederland in 1990. Limosa 64: 72-72.*
- Meininger, P.L., Berrevoets, C.M. & Strucker, R.C.W. 1993. Kustbroedvogels in het Krammer-Volkerak, 1987-93. Sterna 38: 88-92.*
- Meininger, P.L., Berrevoets, C.M. & Strucker, R.C.W. 1999. Kustbroedvogels in het Deltagebied: een terugblik op twintig jaar monitoring (1979-1998). Rapport RIKZ- 99.025, Middelburg.*
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij 1990. Nationaal natuurbeleidsplan, Regeringsbeslissing, Den Haag.*
- Michielsen, B. 1996. Toepassing van DBS op het Volkerak Zoommeer. Rapport T1440. Waterloopkundig laboratorium.*
- Muller, M. 1996a. Evaluatie van de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer: Een inventarisatie. Rijkswaterstaat Directie Zeeland Nota AX 96.017, Middelburg.*
- Muller, M. 1996b. Evaluatie van de aangelegde eilanden in het Volkerak-Zoommeer: Ontwikkeling & voorstel tot integraal beheer. Rijkswaterstaat Directie Zeeland Nota AX 96.030, Middelburg.*
- van Nes, E. 1999. PISCATOR 2.0. Modeldescription. Universiteit Wageningen.*
- van Nes, E.H. & Marteiijn, E.C.L. 1991. Watervogels in het Volkerak-Zoommeer; ontwikkelingen in de eerste twee jaar na afsluiting (1987-1989). Limosa 64: 155-164.*
- van Nes, E.H., J. Visser, H. Smit, W. Oorthuisen & A.W.J. van Schaik. 1991. Het Volkerak-Zoommeer zoet en helder. RIZA nota 91.027.*
- Nienhuis, J. & Boudewijn, T.J. 1997. Het effect van de aanleg van oevereverdedigingen en eilandjes op het gebruik van de oeverzone van het Volkerak-Zoommeer door watervogels. Bureau Waardenburg bv. in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA, RIZA werkdocumentnr. 97.184X.*
- Noordhuis, R. 1997. Biologische monitoring zoete rijkswateren. Randmeren . RIZA nota 95.003, IJlstad.*
- Osieck, E.R. & Hustings, F. 1994. Rode lijst van bedreigde soorten en blauwe lijst van belangrijke soorten in Nederland. Vogelbescherming Nederland, Zeist.*
- Overleg ganzenopvang in Zeeland, 1989. Ganzenopvang in Zeeland.*
- Paalvast, P. & Vanhemelrijk, J. 1997. Natuurontwikkelingen Volkerak-Zoommeer 1995. Ecoconsult en Ecologisch Adviesbureau Vanhemelrijk.*
- Platteeuw, M., Beekman, J.H., Boudewijn, T.J. & Marteiijn, E.C.L. 1992. Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in het Ketelmeer buiten de broedtijd: aantallen, prooikeuze en voedselaanbod. Limosa 65: 93-102.*

-
- Platteeuw, M., van Eerden, M.R. & Beekman, J.H. 1997.* Social fishing in wintering Smew *Mergus albellus* enhances prey attainability in turbid waters. In: van Eerden, M.R. (ed.) Patchwork. Patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Van Zee tot Land 65. Pp. 377-399. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Phernambucq, A.J.W., Geenen, J.P.W., Barneveld, H.L. & Molegraaf, P. 1996.* Speuren naar sporen III. Verkennend onderzoek naar milieu-schadelijke stoffen in zoet en zoute watersystemen van Nederland. Rijkswaterstaat RIZA/RIKZ. RIKZ rapportnr. 96.016, RIZA notanr. 96.035.
- Poelen, M.A.J. 1974.* De verdringing van de Noordse Woelmuis op Noord-Beveland. Rapport RIN, Leersum.
- Prins, K.H., Noordhuis, R., Marteiijn, E.C.L & Snoek, M. 1993.* Biologische monitoring zoete rijkswateren 1992. RIZA nota 93.028, lelystad.
- Prins, K.H., Klinge, M., Ligtoet, W. & de Jonge, J. 1995.* Biologische monitoring zoete rijkswateren: watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer 1992. RIZA nota. 94060, Lelystad.
- Projectgroep POVEZ 1988.* Oeverbeschermingen in het Volkerakmeer, Eendracht, Zoommeer en Bathse Spuikanaal. Rijkswaterstaat, directie Zeeland.
- Rommelzwaal, A.J. 1998.* Ecologie van de vooroevergebieden van het Volkerak-Zoommeer. RIZA werkdocumentnr. 98.036X, Lelystad.
- Rommelzwaal, A.J., Platteeuw, M., Lenselink, G. & Oosterberg, W. 1998.* Evaluatie van de oeverinrichting van het Volkerak-Zoommeer. RIZA rapportnr. 98.061, Lelystad.
- Röling, Y.J.B. 1994.* Markiezaat 10 jaar afgesloten. Flevobericht nr. 351. Rijkswaterstaat directie Flevoland, Lelystad.
- van Rooij, S.A.M. & Drost, H.J. 1996.* Het Lauwersmeergebied: 25 jaar onderzoek ten dienste van natuurontwikkeling en beheer. Flevobericht nr. 387. Rijkswaterstaat directie IJsselmeergebied. Lelystad.
- van Rooij, S.A.M. & Groen, K.P. 1996.* De oevergebieden van het Volkerak-Zoommeer. Ontwikkeling van abiotisch milieu en vegetatie sinds 1987. Flevobericht nr. 393. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Scheffer, M. 1998.* Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London
- Schep, I. 1997.* Van kreekherstel tot helder water: Evaluatie van de aanleg en ontwikkeling van een paaigebied voor Snoek in het Volkerak-Zoommeer. Rijkswaterstaat directie Zeeland Nota AXW 1009.97, Middelburg..
- Schmidt, C.A. & Termeer, K. 1992.* Het Volkerak-Zoommeer chemisch onder druk? Waterschapsbelangen 14: 576-581.

-
- Schmidt, C., Maas, J., Knobben, R. & Pieters, H. 1995.* Ecotoxicologie In: K.H. Prins, M. Klinge, W. Ligtvoet & J. de Jonge (red.), Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: watersysteemrapportage IJsselmeer en Markermeer, RIZA notanr. 94.060.
- Schutten, J., Geilen, E. F. M., & Coops, H. 1991.* Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1991. RIZA werkdocumentnr. 91.177X, Lelystad.
- Slager, H. 1999.* Planten in de peiling: Zoutbeweging in de bodem van de proefvakken op de Krammerse Slikken en op de lage oevers van het Volkerak-Zoommeer, 1995-1998. RIZA werkdocumentnr. 99.095X, Lelystad.
- Slager, H. & Groen, K.P. 1995.* Planten in de Peiling - Zoutdynamiek in de bodem langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer. RIZA notanr. 95.042, Lelystad.
- Smit, H., Dirksen, S. & Snoek, M. 1989.* Snavelruppia op de Hellegatsplaten: ontwikkeling en consumptie door watervogels. De Levende Natuur3: 72-79.
- Spaans, B. 1994.* De broedvogels van het Volkerak-Zoommeer in de eerste vijf jaar na de afsluiting. Limosa 67: 15-26.
- Teixeira, R. 1995.* Broedvogels van de Prinsesseplaat: Broedvogelbasis-kartering, seizoen 1994. Staatsbosbeheer Regio Brabant-West, Tilburg.
- van den Tempel, R. & Osieck, E. 1994.* Belangrijke vogelgebieden in Nederland. Techn. Rapport Vogelbescherming Nederland 13. Vogelbescherming Nederland, Zeist.
- Tosserams, M., Vulink, J. Th. & Coops, H. 1997.* Peilbeheer Volkerak Zoommeer - Perspectief voor oeverplanten. Rapportage 'Planten in de Peiling' 1994-1997. RIZA rapportnr. 97.065, Lelystad.
- Tosserams, M., Vulink, J. Th. & Coops, H. 1999.* Tussen Water en Land: Perspectief voor oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer. Eindrapportage 'Planten in de Peiling'. RIZA rapportnr. 99.031, Lelystad.
- Vanhemelrijk, J.A.M. & de Hoog, J.E.W. 1997.* -Watersysteemverkenningen 1996- Amoebe Volkerak-Zoommeer. RIZA notanr. 96.022, Lelystad.
- Veldkamp, R. 1995.* Diet of Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* at Wanneperveen, The Netherlands, with special reference to Bream *Abramis abrama*. Ardea 83: 143-156.
- Vereniging Natuurmonumenten, 1997.* Beheerplan Volkerak. Beheervisie en Documentatie. O&B rapportnummer 97-70.
- Voorlopige Beheerscommissie Krammer-Volkerak 1989.* Beheervisie Krammer-Volkerak, Eendracht, Zoommeer. Flevovericht 310. Rijkswaterstaat, Directie Flevoland. ISBN 90-369-1064-1.

-
- Voslamber, B. 1988.* Visplaatskeuze, foerageerwijze en voedselkeuze van Aalscholvers *Phalacrocorax carbo* in het IJsselmeergebied in 1982. Flevobericht nr. 286. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Wanningen, H. & Boute, M.G. 1997.* Een meer in ontwikkeling: evaluatie beheer en ontwikkeling Volkerak/Zoommeer 1987-1995. Rijkswaterstaat, Directie Zeeland Nota AX 1015.96, Middelburg.
- ten Winkel, E.H. & Meulemans, J.T. 1984.* Effects of fish upon submerged vegetation. Hydrobiological Bulletin 18: 157-158.
- Winkler, H.M. 1989.* Fische und Fangertrage in Greifswalder Bodden, Meer und Museum 5: 52-58.
- Witteveen + Bos, 1990.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1989. Rapport Boz. 81.1. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1991.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1990. Rapport Boz. 81.2. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1992.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1991. Rapport Boz. 81.3. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1993.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1992. Rapport Boz. 81.7. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1994.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1993. Rapport Boz. 81.17. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1995.* Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren, het bepalen van de toxiciteit van het sediment en poriewater met behulp van bioassays, fase 3: 1994. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv, RIZA werkdocumentnr. BM94.09, Lelystad.
- Witteveen + Bos, 1995.* Omvang en samenstelling van de visstand in november 1994. Rapport Boz. 81.20. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs b.v., in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1996.* Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer in november 1995. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv, IWB/VISB/rap.002 in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1997.* Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer in november 1996. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.
- Witteveen + Bos, 1998.* Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer in november 1997. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.

Witteveen + Bos, 1999. Omvang en samenstelling van de visstand in het Volkerak-Zoommeer in november 1998. Witteveen + Bos Raadgevende ingenieurs bv, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland.Literatuur

Zwolsman, G., & Kouer, R.M 2000. Microverontreinigingen in zwevend stof van het Volkerak-Zoommeer (1992-1998). In voorbereiding.

Lijst van genoemde soorten

<i>Nederlandse naam</i>	<i>Wetenschappelijke naam</i>
Hogere planten	
Aarvederkruid	<i>Myriophyllum spicatum</i>
Akkerdistel	<i>Cirsium arvense</i>
Berk	<i>Betula spec.</i>
Blaartrekkende boterbloem	<i>Ranunculus sceleratus</i>
Bleekgele droogbloem	<i>Gnaphalium luteo-album</i>
Boswilg	<i>Salix caprea</i>
Canadese fijnstraal	<i>Conyza canadensis</i>
Duindoorn	<i>Hippophae rhamnoides</i>
Duinriet	<i>Calamagrostis epigejos</i>
Engels slijkgras	<i>Spartina anglica</i>
Fioringras	<i>Agrostis stolonifera</i>
Fraai duizendguldenkruid	<i>Centaureum pulchellum</i>
Gele lis	<i>Iris pseudacorus</i>
Gewone es	<i>Fraxinus excelsior</i>
Gewone vlier	<i>Sambucus nigra</i>
Goudzuring	<i>Rumex maritimus</i>
Grote brandnetel	<i>Urtica dioica</i>
Grote egelskop	<i>Sparganium erectum</i>
Grote lisdodde	<i>Typha latifolia</i>
Grote waterweegbree	<i>Alisma plantago-aquatica</i>
Grote weegbree	<i>Plantago major</i>
Harig wilgenroosje	<i>Epilobium hirsutum</i>
Heen	<i>Bolboschoenus maritimus</i>
Herfstbitterling	<i>Blackstonia perfoliata ssp. serotina</i>
Hoornbloem	<i>Cerastium fontanum</i>
Iep	<i>Ulmus spec.</i>
Kalmoes	<i>Acorus calamus</i>
Kantige basterdwederik	<i>Epilobium tetragonum</i>
Kattenstaart	<i>Lythrum salicaria</i>
Katwilg	<i>Salix viminalis</i>
Klein streepzaad	<i>Crepis canadensis</i>
Klein zeegras	<i>Zostera noltii</i>
Kleine lisdodde	<i>Typha angustifolia</i>
Kortarig zeekraal	<i>Salicornia europaea</i>
Kweldergras	<i>Puccinellia maritima</i>
Langarig zeekraal	<i>Salicornia procumbens</i>
Lidsteng	<i>Hippurus vulgaris</i>
Liesgras	<i>Glyceria maxima</i>
Mattenbies	<i>choenoplectus lacustris</i>
Melkkruid	<i>Glaux maritima</i>
Moerasandijvie	<i>Tephrosia palustris</i>
Reukeloze kamille	<i>Tripleurospermum maritimum</i>
Riet	<i>Phragmites australis</i>
Rietgras	<i>Phalaris arundinacea</i>
Rood zwenkgras	<i>Festuca rubra</i>
Ruw beemdgras	<i>Poa trivialis</i>
Ruwe bies	<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>
Schedefonteinkruid	<i>Potamogeton pectinatus</i>
Schietwilg	<i>Salix alba</i>
Schorrenkruid	<i>Suaeda maritima</i>

Slanke waterbies	<i>Eleocharis palustris ssp. uniglumis</i>
Smalle waterpest	<i>Elodea nuttallii</i>
Snavelruppia	<i>Ruppia maritima</i>
Speerdistel	<i>Cirsium vulgare</i>
Spiesmelde	<i>Atriplex prostrata</i>
sterrenkroos	<i>Callitriche spec.</i>
Straatgras	<i>Poa annua</i>
Strandkweek	<i>Elytrigia atherica</i>
Tenger fonteinkruid	<i>Potamogeton pusillus</i>
Valse voszegge	<i>Carex otrubae</i>
Veerdelig tandzaad	<i>Bidens tripartita</i>
Veldbeemdgras	<i>Poa pratensis</i>
Viltige basterdwederik	<i>Epilobium parviflorum</i>
Vogelkers	<i>Prunus spec.</i>
Zeegroene ganzenvoet	<i>Chenopodium glaucum</i>
Zeegroene rus	<i>Juncus inflexus</i>
Zilte greppelrus	<i>Juncus ambiguus</i>
Zilte schijnspurrie	<i>Spergularia marina</i>
Zittende zannichellia	<i>Zannichellia palustris ssp. Pedicellata</i>
Zomereik	<i>Quercus robur</i>
Zulte	<i>Aster tripolium</i>
Zwarte els	<i>Alnus glutinosa</i>

Macrofauna

Aasgarnaal	<i>Neomysis integer</i>
Brakwaterhoortje	<i>Potamopyrgus antipodarum/Hydrobia neglecta</i>
Brakwaterpissebed	<i>Cyathura carinata</i>
Driehoeksmossel	<i>Dreissena polymorpha</i>
Kaspische Slijkgarnaal	<i>Corophium curvispinum</i>
Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>
Nonnetje	<i>Macoma balthica</i>
Strandgaper	<i>Mya arenaria</i>
Tijgervlokreeft	<i>Gammarus tigrinus</i>
zeeduizendpoot	<i>Nereis sp.</i>
Zoutwaterslijkgarnaal	<i>Corophium volutator</i>

Vis

Aal	<i>Anguilla anguilla</i>
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>
Bot	<i>Platichthys flesus</i>
Brasem	<i>Abramis brama</i>
Driedoornige Stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Geep	<i>Belone belone</i>
Haring	<i>Clupea harengus</i>
Pos	<i>Gymnocephalus cernuus</i>
Rietvoorn	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
Snoek	<i>Esox lucius</i>
Snoekbaars	<i>Stizostedion lucioperca</i>
Snotolf	<i>Cyclopterus lumpus</i>
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>
Sprot	<i>Sprattus sprattus</i>
Tienddoornige Stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>
Tong	<i>olea solea</i>
Winde	<i>Leuciscus idus</i>
Zandspiering	<i>Ammodytes tobianus</i>
Zeelt	<i>Tinca tinca</i>

Vlinders

Bont Zandoogje
Bruin Blauwtje

Pararge aegeria
Aricia agestis

Vogels

Aalscholver
Baardman
Beflijster
Bergeend
Blauwborst
Bontbekplevier
Bonte Strandloper
Boomvalk
Brandgans
Brilduiker
Bruine Kiekendief
Buidelmees
Buizerd
Draaihals
Dwergmeeuw
Dwergstern
Fitis
Fuut
Gele Kwikstaart
Graspieper
Gauwe Gans
Gauwe Kiekendief
Grote Karekiet
Grote Zilverreiger
Grutto
Ijsvogel
Kemphaan
Kievit
Klapekster
Kleine Karekiet
Kleine Mantelmeeuw
Kleine Plevier
Kluut
Knobbelzwaan
Koekoek
Kokmeeuw
Krakeend
Kuifeend
Lepelaar
Meerkoet
Middelste Zaagbek
Nonnetje
Oeverwaluw
Patrijs
Pijlstaart
Rietgors
Rietzanger
Roerdomp
Rotgans
Roodborsttapuit
Scholekster

Phalacrocorax carbo
Panurus biarmicus
Turdus torquatus
Tadorna tadorna
Luscinia svecica
Charadrius hiaticula
Calidris alpina
Falco subbuteo
Branta leucopsis
Bucephala clangula
Circus aeruginosus
Remiz pendulinus
Buteo buteo
Jynx torquilla
Larus minutus
Sterna albifrons
Phylloscopus trochilus
Podiceps cristatus
Motacilla flava
Anthus pratensis
Anser anser
Circus pygargus
Acrocephalus arundinaceus
Casmerodius albus
Limosa limosa
Alcedo atthis
Philomachus pugnax
Vanellus vanellus
Lanius excubitor
Acrocephalus scirpaceus
Larus graellsii
Charadrius dubius
Recurvirostra avosetta
Cygnus olor
Cuculus canorus
Larus ridibundus
Mareca strepera
Aythya fuligula
Platalea leucorodia
Fulica atra
Mergus serrator
Mergellus albellus
Riparia riparia
Perdix perdix
Anas acuta
Emberiza schoeniclus
Acrocephalus schoenobaenus
Botaurus stellaris
Branta bernicla
Saxicola rubicola
Haematopus ostralegus

Slobeend
Smient
Snor
Spotvogel
Steltkluut
Strandplevier
Tapuit
Tjiftjaf
Torenavalk
Tuinfluiter
Tureluur
Veldleeuwerik
Velduil
Visarend
Visdief
Waterral
Wielewaal
Wilde Eend
Wulp
Zilvermeeuw
Zomertaling
Zomertortel
Zwartkop
Zwartkopmeeuw

Anas clypeata
Mareca penelope
Locustella luscinioides
Hippolais icterina
Himantopus himantopus
Charadrius alexandrinus
Oenanthe oenanthe
Phylloscopus collybita
Falco tinnunculus
Sylvia borin
Tringa totanus
Alauda arvensis
Asio flammeus
Pandion haliaetus
Sterna hirundo
Rallus aquaticus
Oriolus oriolus
Anas platyrhynchos
Numenius arquata
Larus argentatus
Anas querquedula
Streptopelia turtur
Sylvia atricapilla
Larus melanocephalus

Zoogdieren

Aardmuis
Beverrat
Bosmuis
Bosspitsmuis
Bunzing
Dwergmuis
Dwergspitsmuis
Haas
Hermelijn
Huismuis
Huisspitsmuis
Konijn
Mol
Muskusrat
Noordse Woelmuis
Ree
Rosse Woelmuis
Veldmuis
Vos
Waterspitsmuis
Wezel

Microtus agrestis
Myocastor coypus
Apodemus sylvaticus
Sorex araneus/coronatus
Mustela putorius
Micromys minutus
Sorex minutus
Lepus europaeus
Mustela erminea
Mus musculus
Crocidura russula
Oryctolagus cuniculus
Talpa europaea
Ondatra zibethicus
Microtus euconomus
Capreolus capreolus
Clethrionomys glareolus
Microtus arvalis
Vulpes vulpes
Neomys fodiens
Mustela nivalis

Colofon

coördinatie productie
H. Bos & R. Fokkema

vormgeving en figuren
Evers Design bv, Almere

omslagontwerp
R. Fokkema

fotografie

W. Kolvoort & T. Vulink:	foto's omslag
P. Boers:	foto 5
Meetkundige Dienst, Afdeling Grafische Technieken:	foto 9, 13, 16
J.B.H. Stok:	foto 7, 8, 10, 20
M. Tosserams:	foto 11, 14, 15, 19
S. Verheijden:	foto 1, 2
W. de Vos:	foto 4, 6, 12, 17
T. Vulink:	foto 18

lithografie en drukwerk
Evers Litho & Druk bv, Almere

