



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA
Directie Zeeland

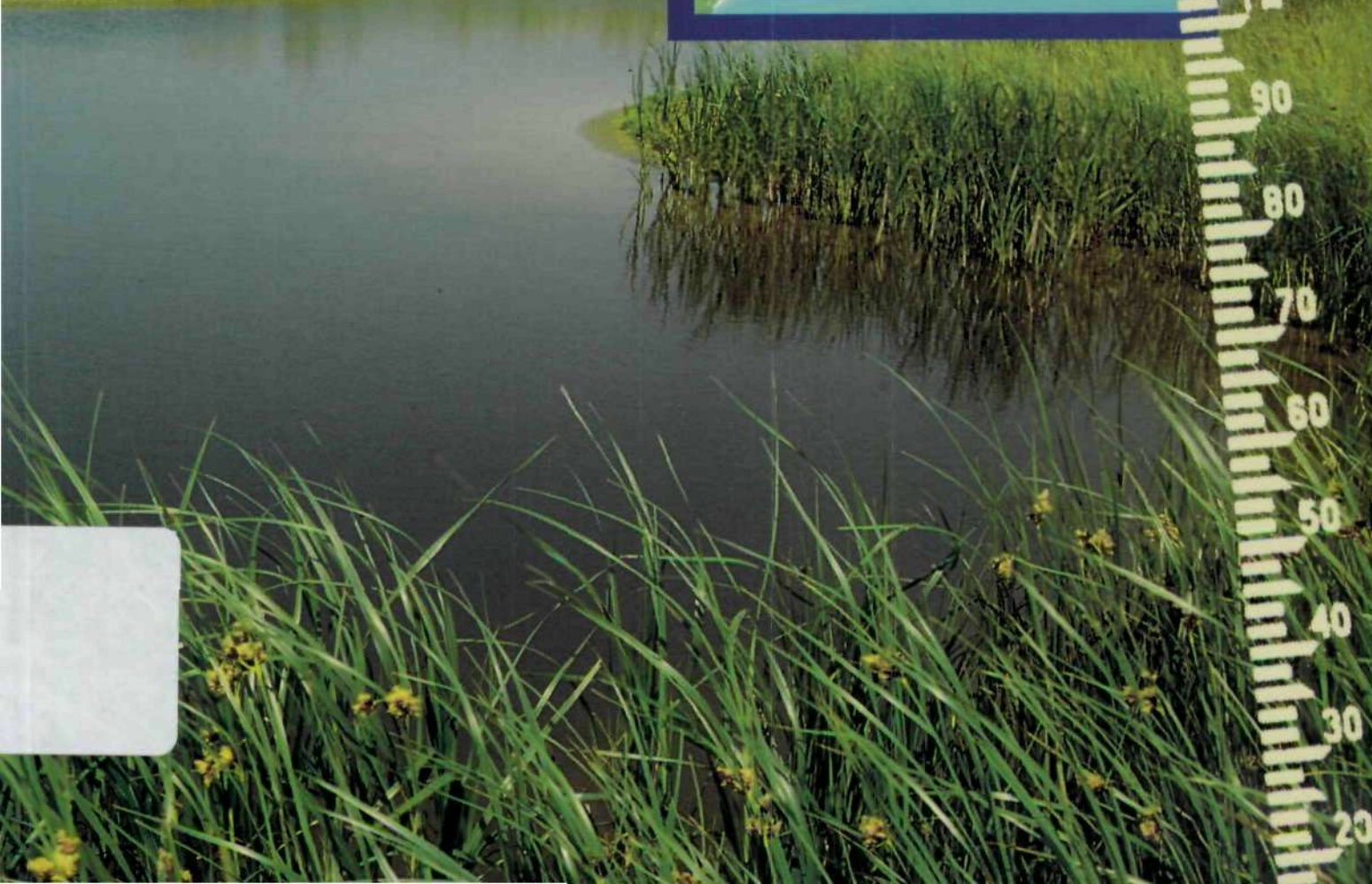
Tussen Water en Land

Perspectief voor oeverplanten
in het Volkerak-Zoommeer

Eindrapportage 'Planten in de Peiling'

M. Tosserams, J. Th. Vulink en H. Coops

RIZA rapport: 99.031





Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA
Directie Zeeland

Tussen Water en Land

Perspectief voor oeverplanten in
het Volkerak-Zoommeer

Eindrapportage 'Planten in de Peiling'

M. Tosserams, J. Th. Vulink en H. Coops

RIZA rapport: 99.031

Lelystad, december 1999
ISBN 90 3695 2557

Inhoud

Verantwoording 5

Samenvatting 7

Summary 11

1 Inleiding 15

- 1.1 Het Volkerak-Zoommeer 15
- 1.2 Doelstelling water- en natuurbeheer 16
- 1.3 Het project Planten in de Peiling 18
 - 1.3.1 Aanleiding 18
 - 1.3.2 Doelstelling en onderzoeksvragen 19
- 1.4 Leeswijzer 21

2 Helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer 23

- 2.1 Veldonderzoek Krammerse Slikken 23
 - 2.1.1 Onderzoeksvragen 23
 - 2.1.2 Locatie van de proefgebieden 23
 - 2.1.3 Inrichting van de proefgebieden 24
- 2.2 Abiotische omstandigheden 26
 - 2.2.1 Bodemopbouw en hoogteligging proefgebied 27
 - 2.2.2 Waterpeil en waterkwaliteit 28
 - 2.2.3 Grondwaterstand en zouthuishouding van de bodem 36
 - 2.2.4 Discussie 41
- 2.3 Ontwikkeling van helofyten 42
 - 2.3.1 Ontwikkeling van de oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer vanaf 1987 42
 - 2.3.2 Spontane vegetatie-ontwikkeling in de proefgebieden 44
 - 2.3.3 Conclusies 53

3 Helofytenontwikkeling in relatie tot begrazing 57

- 3.1 Begrazingsexperimenten Krammerse Slikken en Dintelse Gorzen 57
 - 3.1.1 Aanleiding en onderzoeksvragen 57
 - 3.1.2 Locatie proefgebieden en proefopzet 57
- 3.2 De invloed van begrazing op de helofytenontwikkeling 58
 - 3.2.1 Aantalsontwikkeling herbivore watervogels 58
 - 3.2.2 Begrazing door herbivore watervogels in het proefvak en het referentievak 61
 - 3.2.3 Effecten van begrazing op de helofytenuitbreiding in het proefvak 65
 - 3.2.4 Exclosures Krammerse Slikken en Dintelse Gorzen 69
 - 3.2.5 Begrazing van reeds gevestigde helofyten 70
- 3.3 Conclusies 71

4 Perspectief voor helofytenontwikkeling 75

- 4.1 Sturende factoren ten aanzien van helofytenontwikkeling 75
- 4.2 Peilbeheer als vast gegeven 78
 - 4.2.1 Vast waterpeil op nap 0 m 78
 - 4.2.2 Fluctuerend waterpeil tussen NAP +0,15 m en -0,10 m 80

4.2.3	Fluctuerend waterpeil tussen NAP +0,15 m en -0,30 m	83
4.2.4	Aanvullende beheersmaatregelen	87
4.2.5	Conclusies	91
4.3	Waterpeil als beheersmaatregel	91
4.3.1	Helofytenontwikkeling sturen met waterpeil	92
4.4	Conclusie	95

5 Conclusies en aanbevelingen 97

5.1	Zoutgehalte en helofytenontwikkeling	97
5.2	Begrazing en helofytenontwikkeling	97
5.3	Helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer	99

Literatuur	101
------------	-----

Verantwoording

De voorliggende rapportage vormt het eindverslag van het onderzoeksproject 'Planten in de Peiling' over de periode 1994 tot 1999. Opdrachtgever van dit project was RWS Directie Zeeland, afdeling Integraal Waterbeheer (AXW). De projectleiding bij de Directie Zeeland was tot 1997 in handen van S.A. de Jong. Vanaf 1997 werd de projectleiding overgenomen door A.P.M.A. Vonck. Het project is uitgevoerd door het RIZA; de afdelingen IHO (Inrichting en Herstel - Onderzoek), waar de projectleiding beruiste, en WSE (WaterSystemen - Ecologie), waren bij het onderzoek betrokken. De projectcoördinatie lag in handen van J. Th. Vulink (IHO), M. Tosserams (IHO) en H. Coops (WSE).

Het onderzoek binnen 'Planten in de Peiling' werd verricht door een projectgroep van het RIZA, bestaande uit C.P.M. Breukers, H. Coops, J. Daling, A. Griffioen, K.P. Groen, F.C.M. Kerkum, G. Lenselink, H.A. van Manen, Y.J.B. Röling, H. Slager, F.J. Stegeman, M. Stoffer, M. Tosserams, J.Th. Vulink en M. Zijlstra. De projectgroep werd in haar werkzaamheden ondersteund door de Meetdienst Zeeland en de WED Zeeland. Onderdelen van het project werden uitgevoerd door Bureau Waardenburg bv, De Groene Ruimte, Firma Koek, Groen Holland, Heidemij advies bv, IHE, Koeman & Bijkerk bv en de Rijksuniversiteit Groningen.

De begeleidingscommissie die onder voorzitterschap stond van RWS Directie Zeeland, bestond uit A.P.M.A. Vonck (RWS Directie Zeeland), S.M.P. Verheijden (RWS Directie Zeeland), H.M. van de Laak (RWS Dienstkring Schelde-Rijn), J.V. Witter (Hoogheemraadschap van West-Brabant), A.J.W.M. de Kruijf (RWS Directie Noord-Brabant), A.A. van de Straat (*Provincie Zeeland, dir. Ruimte, Milieu en Water*), G.J. Buth (Stichting het Zeeuwse Landschap), T. Loonen (Staatsbosbeheer), G.N. de Groot (Natuurmonumenten). Commentaar op het conceptrapport werd daarnaast geleverd door A. Remmelzwaal en M. Platteeuw (RIZA-IHO).

Samenvatting

Het Volkerak-Zoommeer ontstond door de afsluiting van de Oesterdam en de Philipsdam in 1987. Al in het eerste jaar na afsluiting veranderde dit voormalige zoute getijdengebied in een zoetwatermeer met een vast waterpeil van NAP 0 m. Het totale oppervlak van het Volkerak-Zoommeer bedraagt ruim 8000 hectare, waarvan een kwart bestaat uit ondiep water, slikken en platen.

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.

In de eerste jaren na afsluiting was de ontwikkeling van het watersysteem gunstig. Het doorzicht was hoog en er ontwikkelde zich een aanzienlijk oppervlak ondergedoken waterplanten. Als gevolg van de zich sterk ontwikkelende witvispopulatie nam de begrazingsdruk van het zoöplankton op het fytoplankton na verloop van tijd af. Hierdoor trad gedurende de zomer algenbloei op en nam het gemiddelde doorzicht in de periode van 1990 tot en met 1995 jaarlijks af. Sindsdien lijkt het doorzicht zich te stabiliseren.

Voor het behoud van een helder en soortenrijk watersysteem en de potentiële wetlandfunctie van het gebied, wordt de aanwezigheid van enkele honderden hectares oevervegetatie van groot belang geacht. De gewenste ontwikkeling van de oevervegetatie vindt echter niet plaats. De traag verlopende ontzilting van de drooggevallen gronden en de oeverafslag die optrad als gevolg van het gevoerde peilbeheer, beperken de mogelijkheden voor kieming en vestiging van oeverplanten.

Tegelijkertijd belemmert ook begrazing door vee en watervogels de ontwikkeling van helofyten. Algemeen te verwachten helofyten zijn Riet, Mattenbies en Grote lisdodde. Deze meerjarige moeras- en/of oeverplanten wortelen in een natte, vaak waterverzadigde bodem, terwijl hun stengels met bladeren en bloeiwijzen boven het wateroppervlak uitsteken. Voor de optimale ontwikkeling van een in het water groeiende helofytenvegetatie wordt de instelling van een meer natuurlijk peilverloop, met relatief hoge waterstanden gedurende de winter en lagere waterstanden tijdens de zomer, noodzakelijk geacht.

Om de effecten van zout en begrazing op de helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer nader te analyseren, startte het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland, in 1994 het onderzoeksproject 'Planten in de Peiling'. De doelstelling van dit project was het invullen van kennisleemtes met betrekking tot de effecten van een fluctuerend peilverloop op de ontwikkeling van een helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer.

De volgende hoofdvraagstellingen lagen ten grondslag aan het uitgevoerde onderzoek:

- Onder welke omstandigheden en op welke tijdschaal resulteert een semi-permanente peilverlaging in een duurzame vestiging van moerasvegetatie langs de (onverharde) oevers van het Volkerak-Zoommeer?
- Welke invloed wordt hierbij uitgeoefend door de bodemgesteldheid?
- Hoe ontwikkelt de helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer zich na instellen van het fluctuerend peil, zoals is vastgesteld in het interim-peilbesluit?
- Wat is de invloed van vraat, zout en peilverandering op de helofytenontwikkeling en reeds gevestigde helofyten in het Volkerak-Zoommeer?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden werden, naast literatuur- en laboratoriumonderzoek, veldexperimenten uitgevoerd. Hierbij werd gedurende de periode 1994-1997 vooral gekeken naar de effecten van peilverlaging op de helofytenontwikkeling als mogelijk onderdeel van het toekomstige peilbeheer. In de periode van 1997-1999 werden de effecten van een meer natuurlijk peilverloop bestudeerd. Dit wil zeggen een peilregime met een relatief hoog gemiddeld winterpeil en een laag gemiddeld zomerpeil. Om veldexperimenten te kunnen uitvoeren bij variabel waterpeil werd op de Krammerse Slikken een door damwanden omgeven, U-vormig proefvak ingericht (circa 6,5 ha). Het waterpeil binnen dit proefvak werd in het voorjaar van 1995 verlaagd tot NAP -0,30 m. Op enige afstand van dit proefvak werd een vergelijkbaar gebied aangewezen. In dit referentiegebied werd de vegetatie-ontwikkeling bij het heersende meerpeil gevolgd.

Binnen het proefvak en het referentievak werd gedurende 1995 en 1996 de spontane vegetatie-ontwikkeling gevolgd. Tevens werd in beide vakken de ontwikkeling van zes ingezaaide en aangeplante helofytensoorten bestudeerd. Zowel het proefvak als het referentievak werden grotendeels omgeasd, om begrazing door vee en herbivore watervogels te voorkomen.

Aan het eind van 1996 had in zowel het proefvak als het referentievak rond de nieuw ontstane waterlijn spontane vestiging van helofyten plaatsgevonden. Ook het ingezaaide en aangeplante materiaal kwam in deze zone goed tot ontwikkeling. Op de hoger gelegen, drogere locaties werden nagenoeg geen helofyten waargenomen, maar vestigde zich een zilte pioniervegetatie. Als gevolg van de peilverlaging in het proefvak ontstond er rond de waterlijn een gelijkmatige overgang van water naar land. In het referentievak waren de mogelijkheden voor kieming en vestiging van helofyten beperkt vanwege de aanwezigheid van een steilrand. Hierdoor was het totale oppervlak helofyten dat zich in het proefvak langs de waterlijn vestigde aanzienlijk groter dan in het referentiegebied.

De vegetatiesamenstelling op de drooggevallen oeverdelen binnen het proefvak bleek sterk afhankelijk te zijn van het zoutgehalte van de bodem. De oeverzone rond de waterlijn bleef voortdurend vochtig en daardoor zoet. Op de hoger gelegen oeverdelen nam tijdens de droge zomers van 1995 en 1996 de chlorideconcentratie in de bovenste bodemlagen sterk toe. Alleen het aangeplante materiaal van Riet en Heen was plaatselijk in staat zich onder deze omstandigheden te handhaven. Verdere ontwikkeling en uitbreiding traden echter niet of nauwelijks op.

Vanaf november 1996 geldt voor het Volkerak-Zoommeer een interim-peilbeheer. Dit houdt in dat het meerpeil afhankelijk van neerslag en verdamping mag variëren tussen NAP +0,15 m en NAP -0,10 m. Ook in het proefvak werd overgegaan op een meer natuurlijk peilverloop.

Gedurende de winterperiodes van 1996/1997 en 1997/1998 werd het waterpeil in het proefvak, net als in het Volkerak-Zoommeer, opgezet tot NAP +0,15 m. Gedurende de zomerperiodes van 1997 en 1998 werd het gemiddeld waterpeil verlaagd tot respectievelijk NAP -0,26 m en NAP -0,23 m. Hierbij werd geprobeerd de natuurlijk optredende peilvariaties die langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer optreden als gevolg van opwaaiing, neerslag en verdamping, zo goed mogelijk te simuleren. Het gevolg hiervan was dat een groter deel van de oeverzone regelmatig overstroomde.

Door de instelling van het fluctuerend peil in het proefvak daalde de chlorideconcentratie van de bovenste bodemlaag aanzienlijk. Dit gebeurde op zowel de lager gelegen delen die tijdens de zomerperiode overstromden als op de hoger gelegen delen die gedurende de winter overstromden. De chlorideconcentratie van de bodem op de hoger gelegen delen van het referentievak daalde eveneens. Het gevolg van de verlaagde chlorideconcentratie en het hogere vochtgehalte was dat de helofytenvegetatie zich, zowel in het proefvak als in het referentievak, sterk uitbreidde ten koste van de zoute pioniervegetatie. In het proefvak was de uitbreiding van de oevervegetatie het grootst. In september van 1998 was de breedte van de spontaan gevestigde helofytengordel circa 65 m. In het referentievak breidde de helofytengordel zich ook verder uit. Hier bleef de breedte van de helofytenzone echter beperkt tot ongeveer 20 m.

Naast het zoutgehalte van de bodem bleek ook begrazing door watervogels en vee een belangrijke rol te spelen. In oevergebieden waar door middel van een raster begrazing door watervogels en vee werd uitgesloten, ontwikkelde zich spontaan een geïnundeerde helofytenvegetatie. Wanneer alleen begrazing door watervogels werd toegestaan, ontwikkelden helofyten zich alleen in een smalle zone langs de waterlijn. Verdere uitbreiding richting water werd door de watervogels verhinderd. Wanneer zowel begrazing door watervogels als door vee werd toegestaan, vond geen helofytenontwikkeling plaats. Het ingestelde interimpeil maakte dat de voorheen onbereikbare ondergrondse delen van de oevervegetatie gedurende de winterinundatie door ganzen benut konden worden.

Ook binnen het proefvak bleek de begrazing door Grauwe ganzen een belangrijke rol te spelen bij de helofytenontwikkeling. Twee jaar na peilverlaging had in de altijd voor vogels toegankelijke raaien nagenoeg geen ontwikkeling van helofyten plaatsgevonden. Pas na het instellen van een natuurlijker peilverloop kwam de ontwikkeling van helofyten op gang. Dit gebeurde met name in de diepere delen met een waterdiepte gedurende de winter van meer dan 0,50 m. Vanaf deze diepte zijn de ondergrondse delen van de helofyten onbereikbaar voor de ganzen. In het deel van het proefvak dat vanaf het voorjaar van 1997 werd opengesteld voor watervogels, handhaafden de gevestigde helofyten zich ook voornamelijk in de diepere delen. Verdere uitbreiding in de richting van de oude oever, zoals waargenomen in het niet begraasde deel van het proefvak, trad als gevolg van de begrazing gedurende de winterperiode nauwelijks op.

De voorkeur van de ganzen bleek uit te gaan naar de lisdodde soorten en Heen en in mindere mate naar Riet en biezen. De leeftijd van de helofyten leek hierbij van minder belang te zijn. Door deze voorkeur voor bepaalde soorten werd de vegetatiesuccessie beïnvloed. In het altijd onbegraasde deel domineerde Heen in eerste instantie. In het altijd begraasde deel daarentegen was Riet dominant.

Samengevat kan worden gesteld dat het zoutgehalte van de bodem en begrazing door vee de voornaamste sturende factoren zijn voor de uitbreiding van de helofytenvegetatie in de richting van het land. Begrazing door vee en watervogels is van primair belang voor de uitbreiding van oevervegetatie in de richting van dieper water. Op plaatsen waar oevervegetatie-ontwikkeling gewenst is, zal begrazing door vee hoe dan ook uitgesloten moeten worden. Vervolgens zullen ook de negatieve effecten van het zoutgehalte van de bodem en begrazing door watervogels tot een minimum beperkt moeten worden. Dit kan bij voorkeur gebeuren middels een gericht peilbeheer, eventueel gecombineerd met aanvullende beheersmaatregelen. Hierbij kan gedacht worden aan het aanplanten van helofyten gecombineerd met het afrasteren van oevergebieden tegen watervogels, of het treffen van bodembeschermende maatregelen. Wanneer een gericht peilbeheer niet mogelijk is, zullen gedurende de eerste jaren aanvullende beheersmaatregelen hoe dan ook noodzakelijk zijn om de gewenste ontwikkeling van een geïnundeerde oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer te realiseren.

Summary

The lake Volkerak-Zoommeer was created after the enclosure of an estuarine branch in 1987. Within one year the formerly tidal area was transformed into a fresh-water lake with a fixed water level of approximately 0 m NAP. The total area of the lake is about 8000 ha, including former salt marshes, low flats and shallow-water areas, which occupy one quarter of the total area.

Nature is considered the most important function for the shallow parts, the former salt marshes and low flats, while shipping is the most important function in the deeper parts of the lake. The main policy objective regarding the Volkerak-Zoommeer is to create and maintain a sustainable, healthy aquatic system with optimal properties for the assigned functions.

During the first few years after enclosure the aquatic system developed into the desired direction. Water transparency was high and an increasing area of macrophytes was observed. However, because of the developing white-fish population, grazing of phytoplanktonic algae by zooplankton was reduced in recent years. As a result, blooms of algae occurred during the summertime and the average transparency of the lake gradually decreased between 1990 and 1995. Since 1995 water transparency has more or less stabilised.

The presence of several hundreds of hectares of seasonally inundated reedbeds is considered to be of great importance to the preservation of a clear and species-rich aquatic system and the wetland function of the area. Helophyte species that can be expected are Common reed, Common clubrush and Greater reedmace. These are perennial plants with aerial stems and leaves and hibernating plant parts below the surface of the water and/or in water saturated soils.

The desired development of the shoreline vegetation, however, does not occur. The slow desalinisation and erosion of the shores probably reduce the possibilities for germination and establishment of these plants. At the same time, grazing by herbivorous waterfowl and cattle counteracts the development of helophytes.

For an optimal development of an inundated helophyte vegetation, a more natural water level regime with a low average water level during summer and a high average water level during winter is considered a necessary precondition.

The Directorate Zeeland of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management, has commissioned the Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA), to study the effects of water level management on the potential for helophyte development. The research project which was named 'Planten in de Peiling', started in 1994. The main goal of this project was to increase the knowledge regarding effects of a fluctuating water level on the development of a helophyte vegetation in the Volkerak-Zoommeer.

The most important research questions that had to be answered were:

- Under which conditions and on what time scale will a temporary lowering of the water level result in the establishment of a sustainable helophyte vegetation along the shores of the Volkerak-Zoommeer?
- What role is played by the prevalent soil condition?
- How will the helophyte vegetation develop after implementation of a more natural water level regime?
- What will be the influence of soil salinity, changes in water level and grazing on helophyte development and on the helophyte vegetation, which had already established in the Volkerak-Zoommeer?

To answer these questions literature, laboratory and field studies were conducted. Between 1995 and 1997 the emphasis of the project was mainly put on the influence of water level reduction as a potential starting point for future water level management. The effects of a more natural water level regime were studied between 1997 and 1999. Such a water level regime implies a relatively high average water level during winter and a relatively low water level during summer.

In 1994, a U-shaped experimental area (approximately 6.5 ha) surrounded by dams (enclosed area) was constructed on the Krammerse Slikken for the purpose of field experimentation. The water level within the enclosed area was lowered by 0.30 m, relative to the water level of the lake in the spring of 1995. At a short distance from this area a reference area was selected, in which the development of the vegetation at the prevalent water level of the lake was monitored.

Both the natural vegetation development and the development of six sown and planted helophyte species were studied in the enclosed area and in the reference area. Both the enclosed area and the reference area were partly fenced off to avoid grazing by herbivorous waterfowl and cattle.

At the end of the growing season of 1996, natural establishment of helophytes had occurred in the vicinity of the shoreline in both the enclosed area and the reference area. Sown and planted helophytes also showed a strong development at these locations. At more elevated, dried-out locations helophytes were largely absent. At these locations a halophyte vegetation had developed. As a result of the water level lowering in the enclosed area, a gradual transition from water to land was established. In contrast, the conditions for helophyte development were less favourable in the reference area where a steep gradient from water to land was present as a result of shoreline erosion. As a consequence, the total area of helophytes that developed in the enclosed area was much larger than in the reference area.

Vegetation composition on the dry shore within the enclosed area was largely determined by the salt concentration of the soil. The area along the shoreline, which was constantly influenced by the surface-water, had a low salt concentration. On the more elevated locations, however, salt concentrations of the upper soil layers strongly increased during the dry summers of 1995 and 1996. Only planted Common reed and Sea clubrush did survive under these conditions. Any development and expansion of these species, however, was not observed.

In November 1996 an interim water level regime was implemented in the Volkerak-Zoommeer. This water level regime implies that the water level of the lake may vary between +0.15 m NAP and -0.10 m NAP depending on precipitation and evaporation. A similar more natural water level regime was also applied in the enclosed area. During the winters of 1996/1997 and 1997/1998 the water level within the enclosed area was

raised to +0.15 m NAP. During the summers of 1997 and 1998 the water level was lowered to an average level of -0.26 m NAP and -0.23 m NAP respectively. In addition, daily water level fluctuations that occur along the shoreline in the Volkerak-Zoommeer as a result of wind, precipitation and evaporation, were simulated in the enclosed area. As a consequence, a larger area of the shore was regularly flooded.

Because of the fluctuating water level in the enclosed area and the reference area, chloride concentration of the upper soil layer decreased significantly. As a result of the decreased soil salinity and the increased moisture content of the soil, the helophyte vegetation expanded rapidly and the halophytes disappeared. Expansion was largest in the enclosed area. In September 1998 the width of the helophyte vegetation was about 65 m. In the reference area the width of the helophyte vegetation was about 20 m.

In addition to the salt concentration of the soil, grazing by herbivorous waterfowl and cattle appeared to be of importance to the development of shoreline vegetation in the Volkerak-Zoommeer. Spontaneous development of helophytes was observed inside areas that were fenced off to avoid grazing by birds and cattle. When grazing by birds was allowed and cattle were excluded, helophytes developed along the shoreline only. Expansion in the direction of the open water was, however, completely counteracted by the influence of the birds. No growth of helophytes was observed when grazing by both birds and cattle was allowed. As a consequence of the interim water level regime, below-ground plant parts at the higher elevated shore also became available for geese during winter inundation.

Grazing by geese also had a significant impact on helophyte development within the enclosed area. After two years of water level lowering, virtually no helophyte development had occurred in the area that was permanently accessible to birds. Only after the start of the more natural water level regime, helophyte development was enhanced. This was predominantly the case in the deeper parts with a water depth of > 0.50 m. At these depths below-ground parts of the helophytes could not be reached by the geese. Likewise, the already established helophytes in the part of the enclosed area that was accessible for birds since the spring of 1997, could only persist in the deeper parts. Further expansion in the direction of the former shoreline as observed in the ungrazed area, did not occur here as a result of winter grazing by geese.

Geese showed a preference for both reedmace species and Sea clubrush. Both young and old stands were grazed. Because of the observed preference, geese may influence vegetation succession. In the ungrazed situation Sea clubrush initially was the dominating species. In the permanently grazed areas reed was dominant.

It can be concluded that soil salinity and grazing by cattle are the key factors controlling helophyte expansion landwards. Grazing by cattle and waterfowl controls helophyte expansion in the direction of deeper water. Thus, grazing by cattle has to be excluded to allow helophyte development. In addition, negative effects of soil salinity and grazing by waterfowl should be reduced as far as possible. At the same time suitable conditions for germination and establishment of helophytes should be created. Preferably these preconditions should be met by means of specific water level management. If this is not possible, during the first years of development, additional management measures such as fencing off shores, soil protection against grazing and helophyte planting will be necessary to realise the desired development of a sustainable helophyte vegetation along the shores of the Volkerak-Zoommeer.

1 Inleiding

1.1 Het Volkerak-Zoommeer

Figuur 1.1
Ligging van het Volkerak-Zoommeer.



In het kader van het Deltaplan ontstond in 1987, door de afsluiting van de Philipsdam, het Volkerak-Zoommeer. Dit watersysteem bestaat uit het voormalige Krammer-Volkerak (tegenwoordig Volkerakmeer), de Eendracht, het Zoommeer en het Bathse Spuikanaal (figuur 1.1).

In korte tijd veranderde dit gebied van een zout getijdengebied in een zoetwatersysteem met een stagnant waterpeil van ongeveer NAP 0 m. Het totale oppervlak van het Volkerak-Zoommeer is 8145 ha bij een gemiddelde diepte van 5,2 m (Iedema, 1992). Door de afsluiting zijn gedeelten van het voormalige intergetijdengebied drooggevallen. De ondiepwatergebieden, slikken en platen, welke aangemerkt zijn als Beschermd Natuurmonument of Staatsnatuurmonument, omvatten ruwweg 2000 ha.

Een aantal Brabantse rivieren (Mark/Dintel, Steenbergse Vliet en Zoom) monden uit in het Volkerak-Zoommeer. Het grootste deel van het stroomgebied (165.000 ha) van deze rivieren bestaat uit landbouwgebied. De belangrijkste aanvoer van water vindt plaats door de Dintel.

Tevens wordt via de Volkeraksluizen water ingelaten uit het Hollandsch Diep/Haringvliet. Water wordt afgevoerd via het Bathse Spuikanaal, de Kreekrak- en Krammersluizen. Bij extreem hoge waterstanden kan extra afvoer plaatsvinden via de Kreekrak- en de Krammersluizen (Wanningen & Boute, 1997).

De hoofdfuncties die aan het Volkerak-Zoommeer zijn toegekend zijn: beroepsscheepsvaart in het diepe water en natuur en landschap in het ondiepe water- en de oevergebieden. Andere functies zijn regionale watervoorziening (landbouw), beroepsvisserij en recreatie.

1.2 Doelstelling water- en natuurbeheer

Het waterbeheer in het Volkerak-Zoommeer valt onder de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat Directie Zeeland. De hoofddoelstelling voor het waterbeheer is 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 inrichting en het beheer van de natte en droge delen van het gebied dienen volgens het Beleidsplan Krammer-Volkerak (Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak, 1987) 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 (Ministerie V&W, 1989). Om dit te realiseren is de aanwezigheid van een zo groot mogelijk areaal van drooggeval- len gebieden en oevergebieden van groot belang. 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 (Beheerscommissie Krammer-Volkerak, 1991).

Foto 1
Oever met helofyten.



Helofyten zijn meerjarige moeras- en/of oeverplanten die wortelen in een natte, vaak waterverzadigde bodem, terwijl hun stengels met bladeren en bloeiwijzen boven het wateroppervlak uitsteken. De overwinterende knoppen van helofyten bevinden zich onder de waterspiegel. Algemeen voorkomende soorten helofyten zijn Riet, Mattenbies en Grote Iisdodde.

De doelstelling voor het natuurbeheer werd hierbij 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.

Voor de verschillende deelgebieden in het Volkerak-Zoommeer werd tevens aangegeven in welke richting deze terreinen zich naar alle waarschijnlijkheid gaan ontwikkelen. De realisatie van een brede oeverzone met helofytenvegetatie zou met name kunnen plaatsvinden op de Krammerse Slikken, de Plaat van de Vliet en de Slikken van de Heen-west. Vanwege de steile oevers langs de Dintelse Gorzen en een groot deel van de Slikken van de Heen, zijn de mogelijkheden voor kieming en vestiging van helofytensoorten in deze gebieden beperkt. De uitvoering van het natuurbeheer is in handen van drie instanties, te weten Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Stichting het Zeeuwse Landschap.

In de eerste evaluatie van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer (Iedema, 1992), wordt het natuurstreefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer nader geconcretiseerd en worden criteria voor het duurzaam, gezond ecologisch functioneren van het meer gekwantificeerd (tabel 1.1). Naast de waterkwaliteitscriteria doorzicht en fosfaatbelasting is met name de ontwikkeling van enkele honderden hectares oevervegetatie van groot belang voor het behoud van een helder en soortenrijk watersysteem en de potentiële wetlandfunctie van het gebied.

Tabel 1.1

Criteria met bijbehorende streefwaarden voor een gezond en duurzaam functionerend Volkerak-Zoommeer en de gemeten waarde in 1995.
Bron: Wanningen & Boute, 1997.

criterium	streefwaarde	Waarde 1995
<i>Waterkwaliteit</i>		
• doorzicht (zomergemiddelde, m)	≥ 2	1,2
• chlorofyl-a (zomergemiddelde, µg l ⁻¹)	≤ 20	47
• totaal fosfaat (zomergemiddelde, mg l ⁻¹)	≤ 0,10	0,12
• chloride (mg l ⁻¹)	≤ 450	< 450
• microverontreinigingen	grenswaarde ¹	aandachtsstoffen (1994): nikkel, cadmium, kwik en Σ DDT
<i>Vis</i>		
• visstand	Snoek/Zeeft-type	Brasem, Pos, Snoekbaars, Blankvoorn
• draagkracht ² (kg ha ⁻¹)	150	156
• planktivore vis (kg ha ⁻¹) ³	40-70	18,8
• bodemwoelende vis (kg ha ⁻¹)	25-50	65,8
• piscivore vis (kg ha ⁻¹)	80-110	31,7
• verhouding roofvis/niet-roofvis	≥ 1,0	0,3
<i>Vegetatie</i>		
• areaal submerse vegetatie	> 30% (>1460 ha)	± 12% (1996)
• areaal emergente vegetatie (%)	> 8% (370 ha)	± 1% (voorjaar 1996)

1 Evaluatienota Water (Anonymus, 1993)

2 Draagkracht is op basis van zomerfosfaatgemiddelde van 0,10 mg l⁻¹ (Ligtvoet & Grimm, 1992).

3 planktivore vis = Baars, Snoek, Blankvoorn, Brasem, Pos (30%), en Snoekbaars ≤ 14 cm;
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)

Daarnaast vormt een goed ontwikkelde oeverzone een waardevol landschapselement. De oeverzone zou een belangrijk biotoop moeten vormen voor de roofvispopulatie, die verbraseming van het watersysteem moet tegengaan (Ligtvoet & de Jong, 1995). Tevens zou deze zone door zijn omvang bestand moeten zijn tegen vraat en vormt deze een permanente kern van waaruit kolonisatie van oevervegetatie naar het ondiepe water kan plaatsvinden. Tegelijkertijd vormt de oeverzone een geschikt broedgebied voor verschillende vogelsoorten waaronder reigerachtigen en kiekendieven. In het voorjaar zijn op de droogvallende gronden langs het gehele meer plas-dras condities aanwezig.

Foto 2
Kiekendieven nestelen in de
helofytenvegetatie.



Hoewel de verschillende gebruiksfuncties die aan het meer zijn toegerekend bij het huidige beheer goed tot hun recht komen, blijkt dit niet het geval te zijn voor de natuurfunctie (tabel 1.1). In de evaluatie van het waterbeheer (Iedema, 1992; Wannings & Boute, 1997) worden enkele beheersalternatieven voorgesteld om een trendbreuk te realiseren in de huidige ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer. Van belang blijft het verder terugdringen van de nutriëntenbelasting. Gezien de huidige situatie is verdere terugdringing van de belasting met nutriënten op korte termijn echter niet realiseerbaar. Wel kunnen door de instelling van een meer natuurlijk peilverloop de kansen voor de ontwikkeling en vestiging van een brede zone oevervegetatie vergroot worden.

1.3 Het project Planten in de Peiling

1.3.1 Aanleiding

De gewenste ontwikkeling van de oevervegetatie bleef achter bij de verwachting (tabel 1.1). De traag verlopende ontzilting van de drooggevallen gronden en de oevererosie, die optrad als gevolg van het gevoerde peilbeheer, zorgen mogelijk voor een beperkt areaal waar kieming en vestiging van oevervegetatie kan plaatsvinden (Geilen, 1993). Tegelijkertijd belemmert ook de begrazing door vee (Cornelissen *et al.*, 1992) en watervogels de ontwikkeling van helofyten. De instelling van een meer natuurlijk peilverloop wordt noodzakelijk geacht als basis voor een optimale ontwikkeling van de oevervegetatie. Hierbij zou het zomer-

peil bij voorkeur 0,40 m maar tenminste 0,30 m onder het winterpeil moeten liggen (Iedema, 1992; de Jong, 1994; Tosserams *et al.*, 1997).

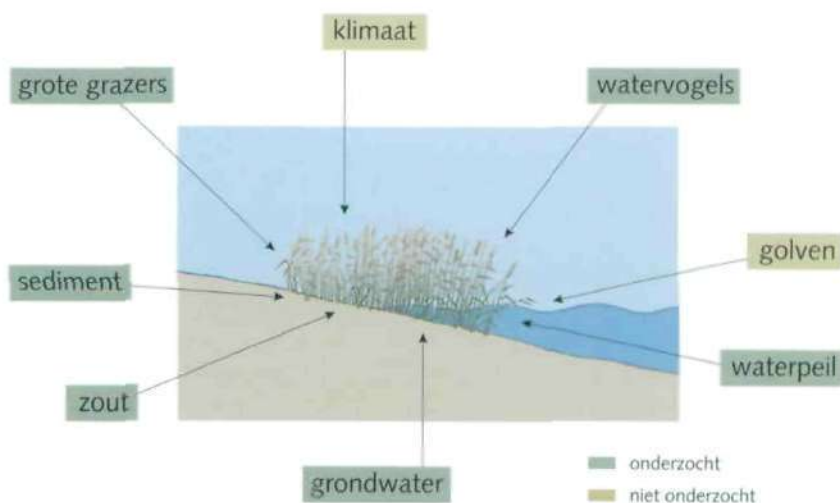
Inmiddels is in 1996 een interimpeilbeheer ingesteld, waarbij als uiterste begrenzingsen NAP +0,15 m en NAP -0,10 m aangehouden worden (Peilbesluit, 1996). In 2000 zal een nieuw peilbesluit worden genomen. Hierbij zijn de bandbreedte in het peil en de chloridenorm belangrijke aspecten. Cruciaal voor het te nemen peilbesluit in 2000 is de duidelijkheid omtrent de praktische en bestuurlijke mogelijkheden om snel meer helofyten tot ontwikkeling te laten komen in het meer (Wanningen & Boute, 1997). Om meer duidelijkheid te verschaffen omtrent de gevolgen van zout en begrazing op de helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer, startte het RIZA, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland, in 1994 met het onderzoeksproject 'Planten in de Peiling' (Vulink & Coops, 1995).

1.3.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van het project 'Planten in de Peiling' was het invullen van kennisleemtes met betrekking tot de toekomstige effecten van een fluctuerend peilverloop op de ontwikkeling van de oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer gedurende de periode 1994-1999. De onderzoeksresultaten worden vertaald in een advies voor gerichte maatregelen met betrekking tot het te volgen definitieve peilbeheer, waarbij de kansen voor oevervegetatie-ontwikkeling optimaal zijn (Vulink & Coops, 1995).

Helofytenontwikkeling staat onder invloed van een aantal biotische en abiotische factoren (figuur 1.2). Het onderzoek binnen 'Planten in de Peiling' richt zich met name op de helofytenontwikkeling in relatie tot de factoren waterpeil, zout- en vochthuishouding van de bodem en begrazing door watervogels en/of vee.

Figuur 1.2
Biotische en abiotische factoren van belang voor de ontwikkeling van een helofytenvegetatie.



Gedurende de eerste fase van het onderzoeksprogramma (1994-1996) werd de helofytenontwikkeling onderzocht bij het heersende meerpeil (NAP 0 m) en bij een waterpeil van NAP -0,30 m. Het waterpeil van NAP -0,30 m werd gerealiseerd binnen een door damwanden omringd proefvak op de oever van de Krammerse Slikken (Tosserams *et al.*, 1997).

De volgende hoofdvraagstellingen liggen ten grondslag aan het gedurende de eerste fase uitgevoerde onderzoek:

- Onder welke omstandigheden en op welke tijdschaal resulteert een semi-permanente peilverlaging in een duurzame vestiging van oevervegetatie langs de (onverharde) oevers van het Volkerak-Zoommeer?
- Welke invloed wordt hierbij uitgeoefend door de bodemgesteldheid?

Sinds 1996 is voor het gehele Volkerak-Zoommeer een interimpeilbeheer van kracht. Dit betekent dat er een natuurlijker fluctuerend peilverloop is ingesteld met een bandbreedte van NAP +0,15 m tot NAP -0,10 m. In het damwandenproefvak is gedurende deze periode ook een natuurlijker peilverloop gesimuleerd (hoofdstuk 2), met relatief lage zomerwaterstanden en hogere winterwaterstanden. Gedurende de tweede fase van het project ging de aandacht dan ook met name uit naar het bestuderen van de potenties voor oeverplanten gedurende het interimpeil (NAP +0,15 m/-0,10 m) en een fluctuerend waterpeil volgend op de periode van peilverlaging. De resultaten uit de eerste fase van het onderzoek laten zien dat zout, oevermorfologie en vraat belangrijke factoren zijn voor de helofytenontwikkeling (Tosserams *et al.*, 1997). Gedurende de tweede fase van het onderzoek lag het accent dan ook op het uitwerken van de relaties tussen ontzilting van de bodem bij peilfluctuaties en de vestiging en ontwikkeling van oeverplanten. Tevens is veel aandacht besteed aan de effecten van begrazing door watervogels en grote grazers.

De vraagstelling voor de tweede onderzoeksfase is gericht op het naast elkaar zetten van een aantal mogelijke toekomstscenario's. Voor elk van deze scenario's worden eventuele aanvullende beheersmaatregelen

Foto 3

Het proefvak op de Krammerse Slikken.



aangegeven die nodig zijn om een vitale, geïnundeerde helofytenvegetatie te realiseren. Hiermee wordt een vegetatie bedoeld die zich via zaad en/of vegetatief kan uitbreiden (Vulink *et al.*, 1997).

Voor de tweede fase zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Hoe ontwikkelt de helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer zich na instellen van het fluctuerend peil als is vastgesteld in het interimpeilbesluit?
- Wat is de invloed van peilverandering, zout en vraat op de helofytenontwikkeling en op reeds gevestigde helofyten in het Volkerak-Zoommeer?

1.4 Leeswijzer

In deze eindrapportage van het project 'Planten in de Peiling' over de periode 1994-1999, worden de belangrijkste resultaten van de uitgevoerde deelprojecten gepresenteerd. Hiertoe zullen de resultaten uit de rapportage van de eerste fase (Tosserams *et al.*, 1997), gedeeltelijk worden overgenomen om een totaalbeeld van de gehele onderzoeksperiode te verkrijgen. De tijdens het onderzoek gevolgde methoden zullen slechts genoemd worden wanneer dit voor een beter begrip van de resultaten noodzakelijk is. Voor een gedetailleerde beschrijving van de gevolgde methoden wordt verwezen naar de deelrapportages die binnen het project 'Planten in de Peiling' verschenen zijn.

In hoofdstuk 2 en 3 volgt een beschrijving van de proefopzet van de veldexperimenten op de Krammerse Slikken. Daarnaast worden de belangrijkste resultaten van het uitgevoerde veldonderzoek gedurende de periode 1994-1999 beschreven. De ontwikkeling van helofyten in relatie tot peilbeheer en het zoutgehalte van de bodem wordt in hoofdstuk 2 besproken. In hoofdstuk 3 volgt een beschrijving van de belangrijkste onderzoeksresultaten betreffende de invloed van begrazing door vee en/of herbivore watervogels op de helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer.

In hoofdstuk 4 vindt een integratie en discussie plaats van de resultaten van het uitgevoerde onderzoek. In dit hoofdstuk zullen de kansen voor het ontstaan van een duurzame geïnundeerde helofytenvegetatie worden besproken aan de hand van een aantal mogelijke toekomstige peilvarianten. Tevens worden voor elke peilvariant eventuele aanvullende beheersmaatregelen genoemd die nodig zijn om tot een vitale, geïnundeerde helofytenvegetatie te komen. Tenslotte volgen in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen ten aanzien van beheer en monitoring van de helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer.

Deze rapportage is in eerste instantie bedoeld voor nauw bij het project betrokken instanties. Daarnaast geeft deze rapportage betrokken beleidsmakers en onderzoekers een overzicht van de belangrijkste bevindingen van het binnen 'Planten in de Peiling' uitgevoerde onderzoek.

2 Helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer

Teneinde effecten van peilbeheer op de ontwikkeling van oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer in te kunnen schatten werd, gedurende de periode 1995 tot 1999, experimenteel veldonderzoek verricht op de Krammerse Slikken en de Dintelse Gorzen. Dit veldonderzoek was voornamelijk gericht op de ontwikkeling van helofyten in relatie tot peilbeheer, zoutgehalte van de bodem en begrazing door watervogels en vee. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van het veldonderzoek op de Krammerse Slikken en worden de resultaten van de helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer en zoutgehalte van de bodem besproken.

2.1 Veldonderzoek Krammerse Slikken

2.1.1 Onderzoeksvragen

In de oorspronkelijk opgestelde peilvarianten voor het Volkerak-Zoommeer (de Jong, 1994), werd uitgegaan van een aanloopfase met een verlaagd waterpeil. Daarom richtten de onderzoeksvragen gedurende de eerste twee jaar van het onderzoek zich met name op de effecten van peilverlaging als mogelijk onderdeel van het toekomstige peilbeheer. De belangrijkste onderzoeksvragen gedurende deze periode (Vulink & Coops, 1995) waren:

- Wat is de invloed van peilverlaging op de helofytenontwikkeling?
- Wat is de zouttoestand van de bodem en hoe wordt deze beïnvloed door peilverlaging?
- Hoe worden kieming, vestiging en vegetatieve groei van helofyten beïnvloed door de zoutconcentratie?

Gedurende 1997 en 1998 werd overgegaan op een natuurlijker peilverloop met relatief hoge waterstanden gedurende de winterperiode en lagere waterstanden gedurende de zomerperiode. Voor deze fase werden de volgende onderzoeksvragen geformuleerd (Vulink *et al.*, 1997):

- Wat is de invloed van peilfluctuaties op de vocht- en zouthuishouding van de bodem?
- Hoe ontwikkelt de helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer zich na instellen van het fluctuerend peil als is vastgesteld in het interim-peilbesluit?
- Wat is de invloed van de combinatie begrazing, zout en peilverandering op de helofytenontwikkeling?

2.1.2 Locatie van de proefgebieden

Om veldexperimenten te kunnen uitvoeren die gericht zijn op helofytenontwikkeling bij variabel waterpeil, werd een door damwanden omgeven proefvak aangelegd. Na bodemkundig onderzoek, bleek een locatie op de Krammerse Slikken-Oost het meest geschikt te zijn (Stoffer & Lenselink, 1995). Door middel van geohydrologisch onderzoek werd namelijk aangetoond dat de veenlaag die circa 2,0 m beneden maaiveld werd aangetroffen, een geringe doorlatendheid had. Hierdoor is de (zoute) kwelstroom gering (van Manen, 1999).

Tabel 2.1

Wetenschappelijke, Nederlandse en Engelse benaming van de in de veldexperimenten gebruikte helofytensoorten. Benamingen volgens Heukels' flora van Nederland (van der Meijden, 1996).

Wetenschappelijke naam	Nederlands (English)
<i>Bolboschoenus maritimus</i> L.	Heen (Sea clubrush)
<i>Phragmites australis</i> Cav.	Riet (Common reed)
<i>Schoenoplectus lacustris</i> L.	Mattenbies (Common clubrush)
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> C.C.Gmel.	Ruwe bies (Glaucous clubrush)
<i>Typha latifolia</i> L.	Grote lisdodde (Greater reedmace)
<i>Typha angustifolia</i> L.	Kleine lisdodde (Lesser reedmace)

Foto 6

Zaden van de verschillende helofytensoorten werden in het gebied zelf verzameld.



Foto 7

Metten van de helofyten groei.



Methode en inrichting spontane-vestigingsraaien

Om vast te kunnen stellen hoe de natuurlijke vestiging en ontwikkeling van helofyten binnen het proefvak verliepen in vergelijking tot de situatie langs de oever in het Volkerak-Zoommeer, werd binnen het proefvak en het referentievak een aantal raaien aangewezen (figuur 2.1). Binnen het voor watervogels en vee gesloten deel van het proefvak werden loodrecht op de waterlijn drie raaien aangelegd van elk 10 meter breed en 60 m lang. In het uitgerasterde deel van het referentievak werd één raai aangelegd van 10 m breed en 29 m lang, die op gelijke wijze werd ingericht als de raaien in het proefvak.

In het voorjaar van 1997 werd de helft van het proefvak opengesteld voor watervogels. Er werd een extra spontane-vestigingsraai aangewezen binnen het opengestelde deel van het proefvak. Ook binnen het uitgerasterde deel van het referentievak werd een raai toegevoegd. Hierdoor waren per behandeling twee raaien beschikbaar.

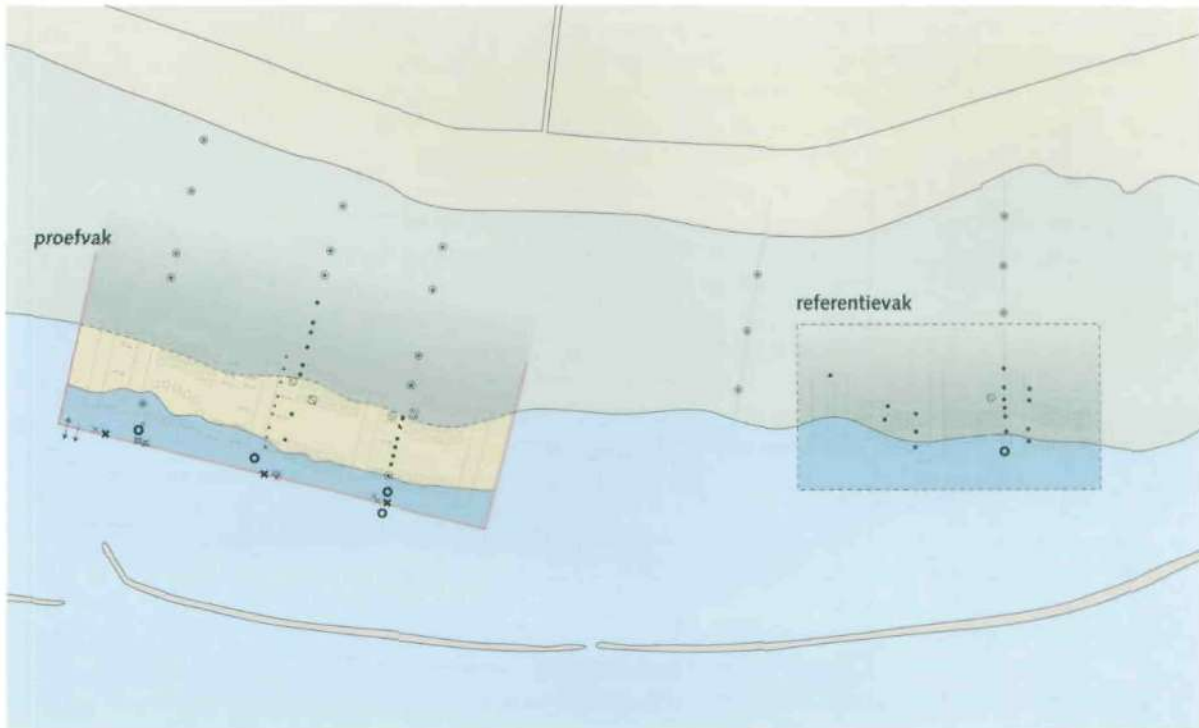
Jaarlijks werd in juni en september het aantal plantensoorten opgenomen en werd de bedekking van de dominante soorten geschat. Daarnaast werd van de aanwezige helofytensoorten de biomassa bepaald (Coops, 1996).

2.2 Abiotische omstandigheden

Het volgen van de abiotische omstandigheden, waaronder helofytenontwikkeling plaatsvond, was van belang. In de eerste plaats diende te

Figuur 2.2

Overzicht van de meetpunten van de abiotische parameters in het proefgebied.



- | | | |
|---|--|------------------|
| * handwaarneming grondwater | □ automatische registratie temperatuur | □ referentieraai |
| • automatische registratie grondwater | □ automatische registratie neerslag | □ plantvak |
| × automatische registratie open water | □ KNMI-regenwater | □ zaairai |
| * handwaarneming open water | • locatie zoutbemonstering | ↑ pompen |
| □ automatische registratie geleidbaarheid | ○ locatie waterkwaliteit bemonstering | ↓ inlaat |

worden vastgesteld of de ontwikkelingen die binnen het proefvak plaatsvonden vergelijkbaar waren met de ontwikkelingen in het referentievak. De aanwezigheid van een damwand zou, onafhankelijk van het gevoerde peilbeheer, via veranderingen in abiotische omstandigheden van invloed kunnen zijn op de helofytenontwikkeling. Wanneer dit inderdaad het geval is, dient hiermee bij de interpretatie van de resultaten rekening te worden gehouden. Ten tweede werd het effect van peilverandering op de abiotische parameters gemeten. Op grond van deze gegevens, gecombineerd met gegevens omtrent de helofyten groei, kan worden vastgesteld welke abiotische factoren van belang zijn voor de ontwikkeling van helofyten.

Naast gegevens betreffende de bodemopbouw en hoogteligging van het proefgebied werden gedurende de onderzoeksperiode ook metingen verricht met betrekking tot waterkwaliteit, grondwaterstand, open waterpeil en chloridegehalte van de bodem. Daarnaast werden gegevens over de relevante meteorologische parameters verzameld. Figuur 2.2 geeft een overzicht van de belangrijkste meetpunten in het proefgebied op de Krammerse Slikken

2.2.1 Bodemopbouw en hoogteligging proefgebied

De bodem ter plaatse van de proeflocatie op de Krammerse Slikken bestaat voornamelijk uit kleiarm zand met lutumpercentages variërend

Foto 8

Laaggelegen oevergebieden vallen droog bij afluende wind.



deze bovengrens enkele malen overschreden. 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 weer tot ongeveer NAP +0,15 m. Het jaar 1998 was uitzonderlijk nat. Dit kwam duidelijk tot uiting in de waterstanden van het Volkerak-Zoommeer. Als gevolg van de hoeveelheid neerslag, steeg de waterstand in maart 1998 korte tijd tot bijna NAP +0,30 m. Vanaf mei 1998 daalde de waterstand en varieerde het waterpeil. De ondergrens van NAP -0,10 m werd gedurende de zomerperiode echter niet bereikt. Opvallend is dat het gemiddelde zomerpeil in 1998 met NAP +0,08 m (tabel 2.2) vrijwel gelijk was aan het gemiddelde winterpeil van 1997/1998 (NAP +0,09 m). Het gemiddelde zomerpeil was tijdens de interimperiode ook hoger dan op voorhand werd verwacht (van Manen, 1999). Als gevolg van de overvloedige neerslag bereikte het waterniveau in september, met NAP +0,50 m, een recordhoogte sinds de afsluiting.

Waterpeil proefvak

Het waterpeil binnen het proefvak werd gedurende de eerste twee jaar van de onderzoeksperiode verlaagd naar NAP -0,30 m met een afwijking van 0,01 m (figuur 2.4; tabel 2.3). Het gemiddelde waterpeil van het Volkerakmeer gedurende deze periode was NAP -0,01 m met een afwijking van 0,03 m.

In december 1996 werd het peil in het proefvak verhoogd tot gemiddeld NAP +0,12 m. In het voorjaar van 1997 werd het waterpeil in het

Foto 9

Gedurende de eerste twee jaar van het onderzoek werd het waterpeil in het proefvak verlaagd.



proefvak verlaagd tot gemiddeld NAP -0,26 m. Getracht werd de fluctuaties in het meerpeil die gedurende de zomerperiode optreden zo goed mogelijk te simuleren. Voor de simulatie van deze fluctuaties werd met behulp van de waterbalans van het meer het peilverloop berekend over de periode 1989 tot 1997. Hieruit werd een representatieve periode genomen, waarvan de daggemiddelden van de waterpeilen gedurende de zomerperiode van 1997 en 1998 gesimuleerd werden. Hierdoor fluctueerde het zomerpeil in 1997 tussen NAP -0,24 m en NAP -0,28 m (tabel 2.3). Naast de simulatie van dagelijkse fluctuaties zijn ook de optredende uurlijkse fluctuaties zo goed mogelijk nagebootst (figuur 2.5).

Tabel 2.2

Gemiddelde waterstanden van het Volkerakmeer en de bandbreedte waarbinnen het waterpeil zich gedurende 90% van de tijd bewoog.

Periode	Gemiddelde waterstand Volkerak-Zoommeer (m t.o.v. NAP)	Bandbreedte (m t.o.v. NAP)
zomer 1995	- 0.013	-0.051 tot 0.043
winter 1995/1996	0.005	-0.049 tot 0.055
zomer 1996	0.003	-0.044 tot 0.058
winter 1996/1997	0.099	0.012 tot 0.170
zomer 1997	0.025	-0.064 tot 0.120
winter 1997/1998	0.088	-0.024 tot 0.187
zomer 1998	0.078	-0.015 tot 0.200

In augustus 1997 werd een natte periode gesimuleerd door water in te laten, waardoor het peil gedurende een korte periode steeg tot een maximale waarde van NAP -0,08 m. Vanaf november 1997 werd het peil weer opgezet tot gemiddeld NAP +0,13 m. In april van 1998 werd het

waterpeil verlaagd tot gemiddeld NAP -0,23 m. Het zomerpeil fluctueerde hierbij tussen NAP -0,22 m en NAP -0,25 m. Net als in het voorafgaande jaar werd in augustus een natte periode gesimuleerd waarbij het peil steeg tot een maximale waarde van NAP -0,12 m. Door de extreme neerslag in september 1998 steeg het waterniveau in het proefvak opnieuw.

In figuur 2.6 is de waterstand binnen het proefvak tijdens de zomer- en de winterperioden ruimtelijk weergegeven. Het gebied dat gedurende de zomer permanent overstroomde, had in de eerste twee jaar van het onderzoek een gemiddelde breedte van 21 m. In 1997 nam de breedte toe tot 36 m en in de zomer van 1998 tot 61 m (tabel 2.3). Door het simuleren van de natuurlijk optredende fluctuaties in de waterstand was in 1997 met name de zone die tijdelijk overstroomde sterk verbreed. Ook in 1998 werden de natuurlijke peilfluctuaties gesimuleerd, maar bij het in 1998 ingestelde gemiddelde zomerpeil was de breedte van de zone die onder invloed stond van deze fluctuaties, als gevolg van het steilere talud op deze hoogte, geringer dan in 1997 (tabel 2.3).

Tabel 2.3

Karakteristieken van het open water binnen het proefvak.

Periode	Basispeil (m t.o.v. NAP)	Genormaliseerd gemiddelde (m t.o.v. NAP)	Bovenwaarde standaardafwijking (m t.o.v. NAP)	Benedenwaarde standaardafwijking (m t.o.v. NAP)	Gem. breedte open water (m)	Gem. breedte nat/droog (m)
zomer 1995	-0,30	-0,303	-0,293	-0,313	21,70	8,50
winter 1995/1996	-0,30	-0,302	-0,284	-0,320	17,80	18,60
zomer 1996	-0,30	-0,301	-0,291	-0,312	19,60	8,20
winter 1996/1997	0,15	0,119	0,167	0,071	82,30	8,20
zomer 1997	-0,27	-0,258	-0,237	-0,279	36,40	27,70
winter 1997/1998	0,15	0,129	0,152	0,107	85,20	3,40
zomer 1998	-0,24	-0,231	-0,216	-0,246	60,80	7,20

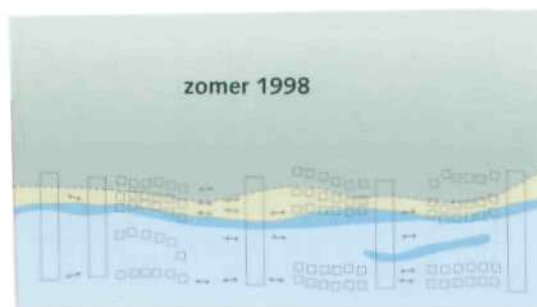
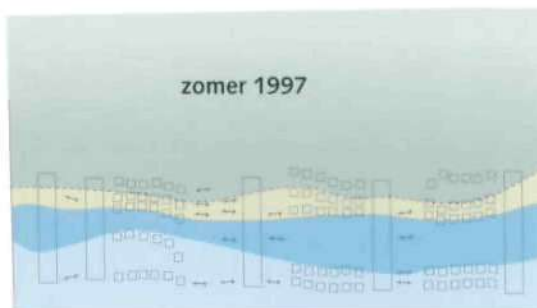
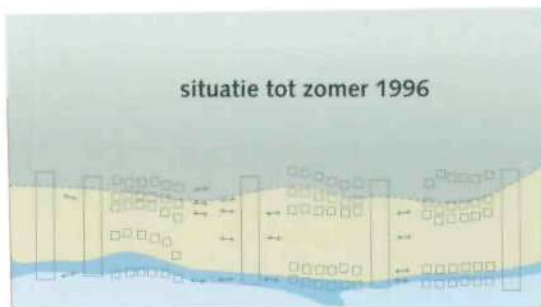
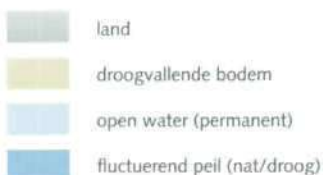
Waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer

De belangrijkste fosfaatimport naar het Volkerak-Zoommeer vindt plaats via het Hollandsch Diep, de Dintel en in mindere mate via de Steenbergse Vliet, Zoom, gemalen, RWZI's en neerslag. De fosfaatbelasting van het Zoommeer wordt voornamelijk bepaald door de ontwikkelingen in het Volkerakmeer. 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 aanliggende landbouwgebieden.

Door diverse maatregelen daalde tussen 1989 en 1991 de fosfaatconcentratie van de aanvoerbronnen en daarmee ook die van het Volkerakmeer. In de jaren daarna schommelde de gemiddelde fosfaatconcentratie in de zomer rond 0,10 mg l⁻¹ (tabel 2.4). De fosfaatconcentratie voldeed in 1998 niet aan de streefwaarde ($\leq 0,10$ mg l⁻¹) die nodig wordt geacht voor een gezond en duurzaam functionerend Volkerak-Zoommeer (tabel 1.1).

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). Hoewel de stikstofconcentratie van jaar tot jaar sterk fluctueerde, lag de gemiddelde concentratie nog altijd ver boven de in de Evaluatienota Water gestelde grenswaarde van 2,2 mg l⁻¹ (Anonymus, 1993).

Figuur 2.6
Beïnvloedingsgebied van het oppervlaktewater binnen het proefvak gedurende de onderzoeksperiode.



Het huidige fosfaat- en stikstofgehalte is niet beperkend voor algengroei (Breukers *et al.*, 1996; Wannings & Boute, 1997). In het voor- en najaar treedt dan ook algenvloei op. Na de voorjaarsvloei volgt, door een efficiënte begrazing van zoöplankton, een helder-waterperiode. De zomerperiode wordt gedomineerd door blauwwieren.

Het doorzicht nam in de periode 1990 tot 1995 geleidelijk af. Daarna was het gemiddeld doorzicht relatief stabiel en bereikte in 1998 de voorlopig laagste waarde van 1,1 m. De streefwaarde voor het Volkerak-Zoommeer (tabel 1.1) werd hiermee niet gehaald. Het doorzicht wordt

Tabel 2.4
Zomerhalfjaargemiddelden van eutrofiëringsparameters in het Volkerak-Zoommeer.

Parameter	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Totaal-P (mg l ⁻¹)	0,16	0,12	0,09	0,09	0,08	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13
Totaal-N (mg l ⁻¹)	4,7	5,0	4,2	5,0	5,5	5,1	6,4	5,4	2,7	4,3	6,7
Chlorofyl-a (µg l ⁻¹)	21	10	6	10	21	19	34	44	31	23	24
Doorzicht (m)	2,0	2,7	3,2	2,5	2,0	1,7	1,4	1,2	1,5	1,3	1,1

Foto 10

In voor- en najaar treedt algenbloei op.



met name bepaald door het chlorofyl-a gehalte. Ondanks de afgenomen chlorofyl-a concentratie gedurende de laatste jaren, werd de streefwaarde ($\leq 20 \mu\text{g l}^{-1}$) voor een gezond en duurzaam functionerend Volkerak-Zoommeer (tabel 1.1) ook in 1998 niet gehaald.

Waterkwaliteit proefvak

Ook de waterkwaliteit binnen het proefvak en het referentievak werd gevolgd. Daarnaast werd ook de waterkwaliteit net buiten het proefvak gemeten.

Gezien de isolatie van het proefvak werd verwacht dat de watertemperatuur binnen het proefvak af zou wijken van die in het referentievak. Hiervan bleek echter niet of nauwelijks sprake te zijn (figuur 2.7). De verschillen in dagelijkse temperatuurfluctuaties waren over het algemeen gering en de gemiddelde dagtemperaturen gedurende het groeiseizoen waren nagenoeg gelijk (zie inzet figuur 2.7). Gedurende de winterperiode waren de temperatuurverschillen tussen proefvak en referentievak iets groter (van Manen, 1999).

Uit het overzicht van de overige waterkwaliteitsparameters (tabel 2.5) blijkt dat de waterkwaliteit in het proefvak afweek van de waterkwaliteit in het referentievak. De waterkwaliteit in het referentievak en het meetpunt net buiten het proefvak was vergelijkbaar (Griffioen, 1999). De waarden in het proefvak waren in 1996, met uitzondering van het chlorofylgehalte, hoger dan die in het referentievak. Binnen het proefvak

Tabel 2.5

Zomerhalfjaargemiddelde waarden van waterkwaliteitsparameters.

De gemiddelden zijn berekend uit de afzonderlijke waarden van april tot en met september.

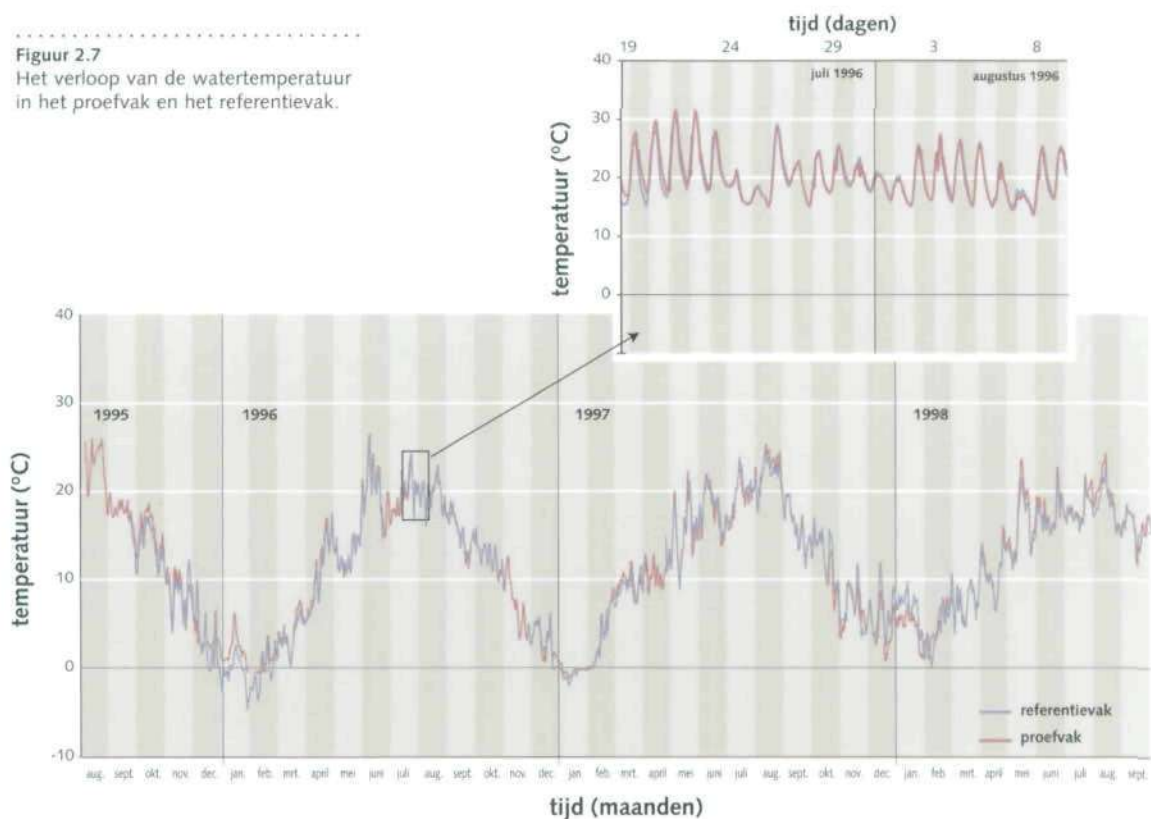
Parameter	1996		1997		1998	
	Proefvak	Referentievak	Proefvak	Referentievak	Proefvak	Referentievak
pH	9,2	8,8	8,5	9,0	8,5	8,7
Zuurstof (mg l ⁻¹)	9,3	7,1	9,1	9,5	8,8	10,3
P-totaal (mg l ⁻¹)	0,21	0,17	0,14	0,18	0,11	0,18
N-totaal (mg l ⁻¹)	3,28	2,60	2,24	3,79	2,85	5,95
Chlorofyl-a (µg l ⁻¹)	21,0	78,5	16,5	65,4	22,7	61,1

zelf werd voor de meeste waterkwaliteitsparameters wel een duidelijke gradiënt aangetoond. Dicht bij de waterinlaat waren de waterkwaliteitsparameters over het algemeen het laagst. Aan de oostkant van het proefvak waren de waarden het hoogst (Griffioen, 1999). Opvallend is dat vanaf 1997 alle waarden in het proefvak lager waren dan in het referentievak.

Het verloop van het chloridegehalte binnen het proefvak werd berekend uit geleidbaarheidsmetingen (van Manen, 1999). Er dient te worden opgemerkt dat de meetlocatie van de geleidbaarheid dicht bij het waterinlaatpunt ligt (figuur 2.2). Hierdoor is het berekende chloridegehalte lager dan de gemiddelde waarde van de handwaarnemingen (Griffioen, 1999). De chlorideconcentratie van het oppervlaktewater bin-

Figuur 2.7

Het verloop van de watertemperatuur in het proefvak en het referentievak.

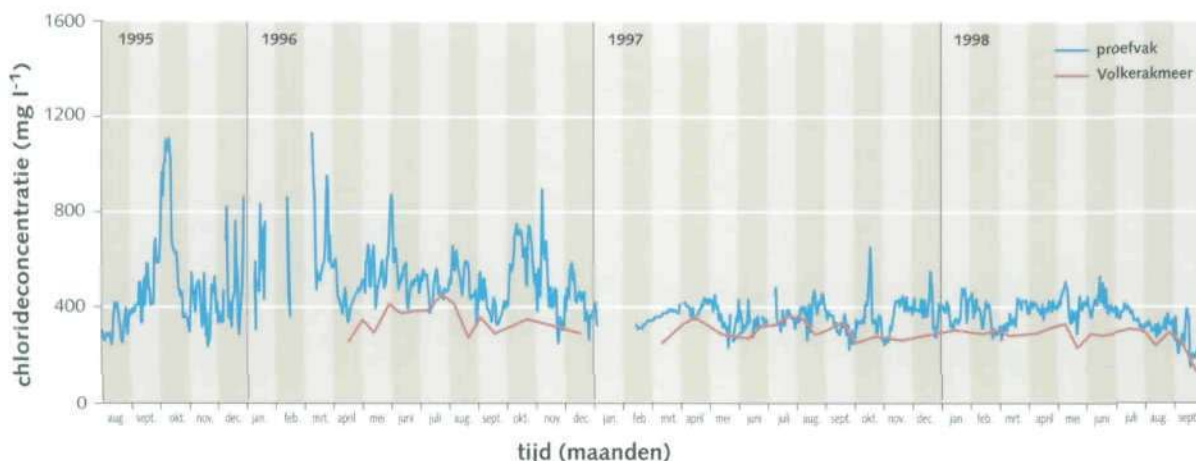


nen het proefvak (figuur 2.8) fluctueerde gedurende de onderzoeksperiode en was met een gemiddelde van 420 mg l^{-1} over de gehele periode gemiddeld ongeveer 140 mg l^{-1} hoger dan in het referentievak (Griffioen, 1999). Er trad geen noemenswaardige verzilting van het oppervlaktewater op binnen het proefvak; alleen in het najaar van 1995 en in maart 1996 werd het gehalte van 1 gC l^{-1} gedurende korte tijd overschreden. Gedurende 1997 en 1998 waren de fluctuaties geringer en schommelde het chloridegehalte rond de 400 mg l^{-1} .

De vegetatie-ontwikkeling in het proefvak verklaart waarschijnlijk de waargenomen verlaging van de N- en P concentratie gedurende de periode van onderzoek (tabel 2.5).

Door de geringe waterdiepte in het proefvak werden hier voornamelijk bodemalgen aangetroffen en werd een verminderde ontwikkeling van typische planktonalgen uit diepere wateren waargenomen (Storm & Bijkerk, 1997). Dit verklaart het relatief lage chlorofylgehalte van het water in het proefvak.

Figuur 2.8
Het verloop van het chloridegehalte van het water in het proefvak en het Volkerakmeer gedurende de onderzoeksperiode.



2.2.3 Grondwaterstand en zouthuishouding van de bodem

De grondwaterstand binnen het proefvak was afhankelijk van het oppervlaktewaterpeil, neerslag en verdamping. Alleen in een smalle zone (enkele meters) boven de waterlijn bleef de grondwaterstand gelijk aan het waterpeil, waardoor deze zone het hele jaar vochtig bleef tot aan het maaiveld. Direct achter deze zone werd de grondwaterstand bepaald door neerslag en verdamping (van Manen, 1999). In figuur 2.9b/c is duidelijk te zien dat zones die in 1995 en 1996 nog een daling van de grondwaterstand lieten zien, als gevolg van het veranderde peilbeheer gedurende de zomerperiode van 1997 en 1998 voor het grootste deel nat bleven. Alleen op de hoogst gelegen locatie vond nog verlaging van de grondwaterstand plaats gedurende de zomerperiode.

In het Volkerak-Zoommeer is het zoutgehalte van de bodem naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke factor die de ontwikkeling van een helofytenvegetatie in de weg staat (Geilen, 1993). Gedurende het verloop van de veldexperimenten werd daarom regelmatig de chlorideconcentratie van de bodem gemeten (Slager, 1999). Op verschillende punten

langs het oeverprofiel werd de bodem tot 0,80 m beneden maaiveld bemonsterd en werd de chlorideconcentratie van verschillende bodemlagen bepaald. In april 1995 werd de uitgangssituatie vastgelegd. Vervolgens werd gedurende het verloop van de onderzoeksperiode jaarlijks verscheidene malen gemeten.

Nadat in april 1995 het waterpeil binnen het proefvak was verlaagd tot NAP -0,30 m, was de chlorideconcentratie van de drooggevalven oever en de zone net beneden de waterlijn laag. Dieper in het bodemprofiel nam de chlorideconcentratie geleidelijk toe. De hoger gelegen delen bleven relatief zout (figuur 2.9c). De situatie op de voormalige oever binnen het proefvak leek nog sterk op die van de drooggevalven gronden direct na afsluiting van de Philipsdam in 1987 (van Rooij & Groen, 1996). Gedurende de droge zomerperiode van 1995 (tabel 2.6), traden er binnen het proefvak aanzienlijke veranderingen op in de chlorideconcentratie van de bodem. Met uitzondering van een relatief smalle zone langs de waterlijn nam als gevolg van verdamping het vochtpercentage in de bovenste 0,10 m van het bodemprofiel af.

Doordat het chloride in de bodem achterbleef, nam in juli en augustus de chlorideconcentratie in deze bodemlaag sterk toe tot 55 g l^{-1} op de hoogst gelegen oeverdelen (figuur 2.9c). In het najaar van 1995 daalde de chlorideconcentratie in de bovenste 0,10 m van de bodem weer als gevolg van neerslag. In de diepere bodemlagen waren de veranderingen in de chlorideconcentratie minder extreem. Gedurende de gehele onderzoeksperiode was de chlorideconcentratie op 0,5 m beneden maaiveld 10 g l^{-1} op een hoogte van NAP -0,25 m en ongeveer 20 g l^{-1} op een hoogte van NAP +0,20 m.

.....

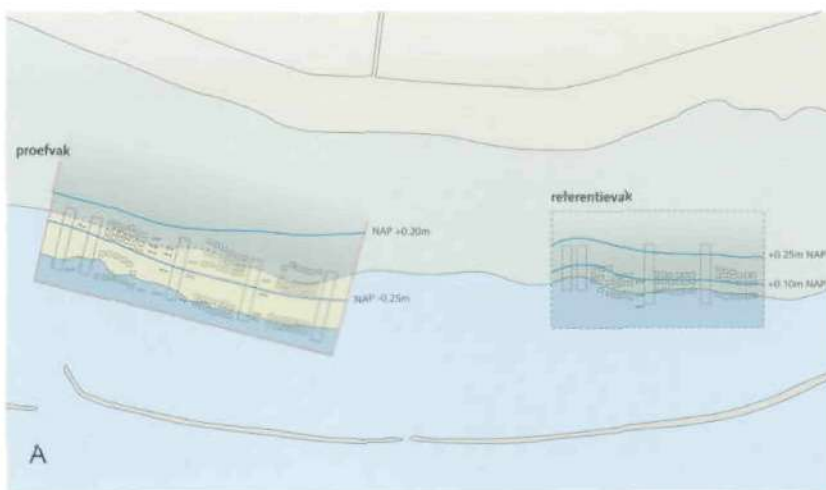
Foto 11

Zoutplanten geven kleur aan de voormalige schorren.

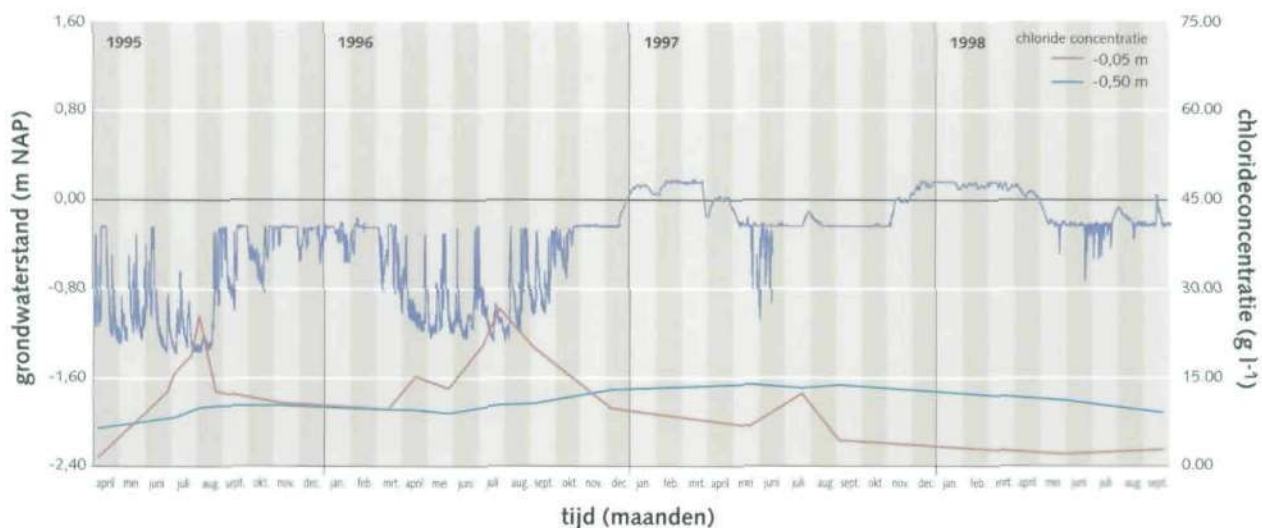


Figuur 2.9

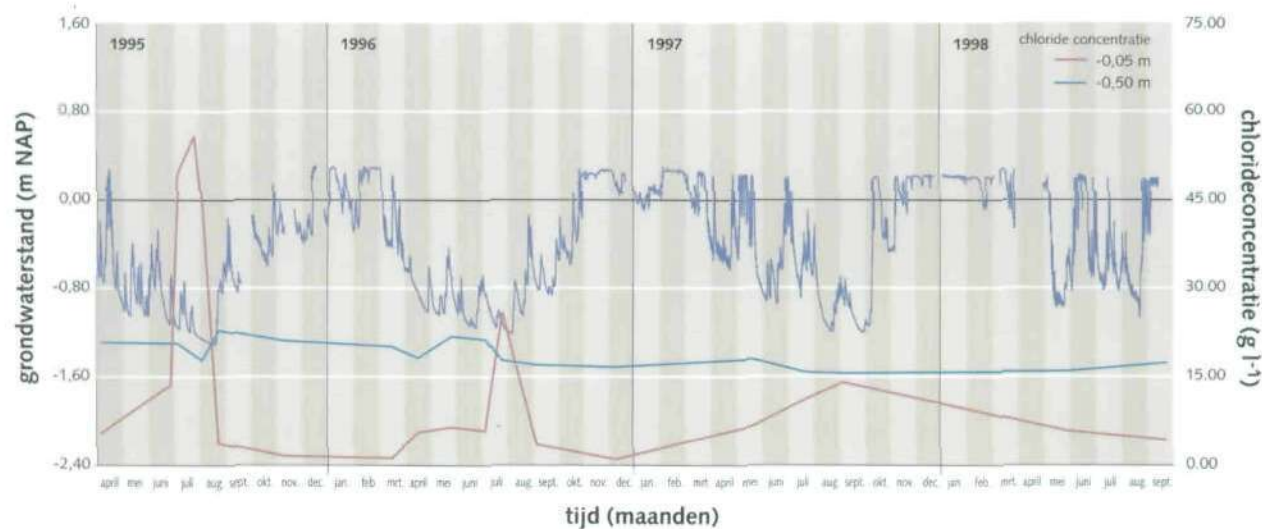
Grondwaterstand en chloridegehalte van de bodem op verschillende hoogtelijnen (A) binnen het proefvak (B, C) en referentievak (D, E) gedurende de onderzoeksperiode. Tevens is de hoeveelheid neerslag weergegeven (F).



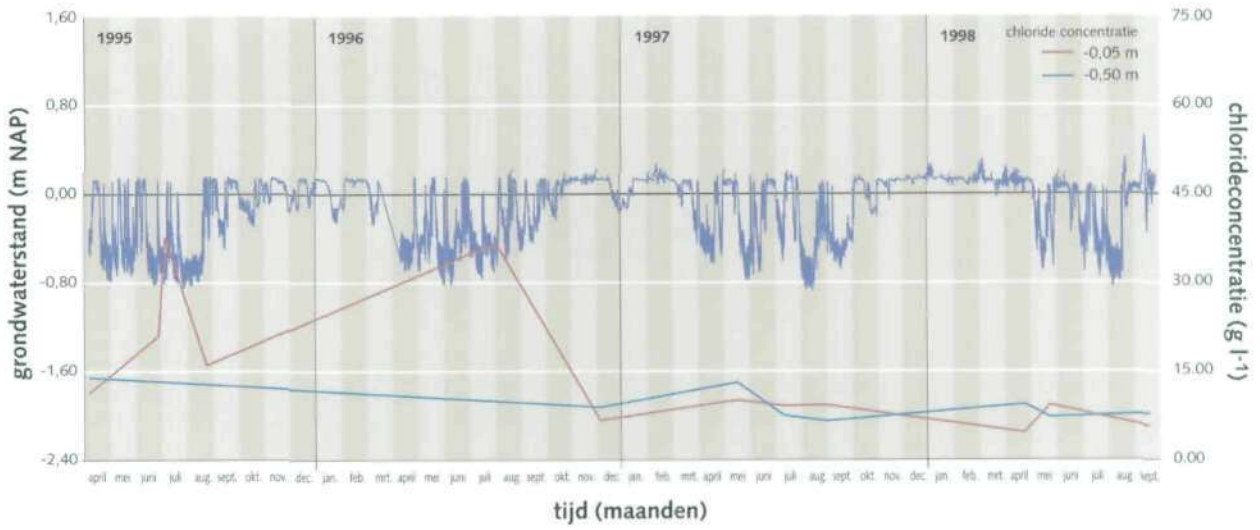
B NAP -0,25 m



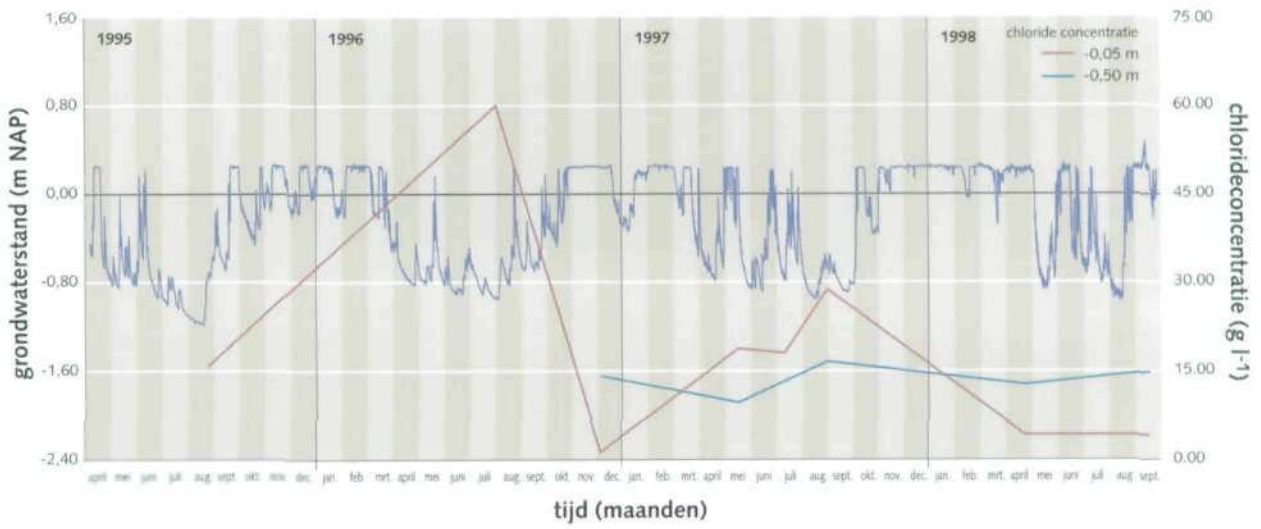
C NAP +0,20 m



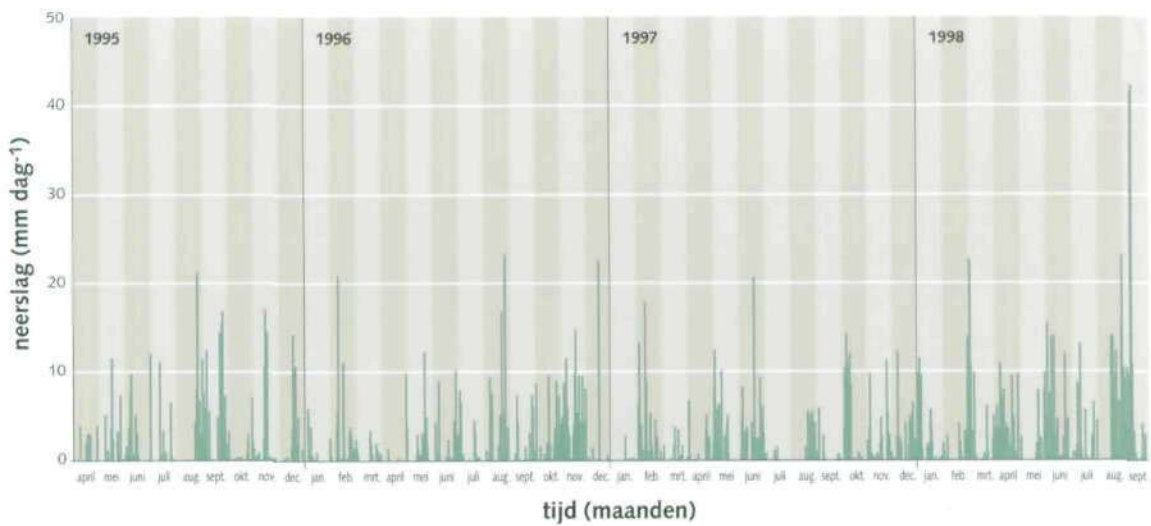
D NAP +0.10 m



E NAP +0.25 m



F



Doordat de winter van 1995/1996 droog was, bleef de indringing van neerslag beperkt en werd er weinig chloride naar diepere lagen van het bodemprofiel verplaatst. Hierdoor was de concentratie op de drooggeval- len oever in het voorjaar van 1996 hoger vergeleken met de uitgangssi- tuatie direct na droogvallen. Gedurende de zeer droge zomer van 1996 (tabel 2.6), steeg de chlorideconcentratie in de bovenste 0,10 m van de bodem op de drooggeval- len oever en de hogere delen opnieuw tot maxi- ma van 25 g l^{-1} . Vanaf het najaar van 1996 werd binnen het proefvak een natuurlijker peilverloop ingesteld. Door het opzetten van het water- peil in het najaar van 1996 daalde de chlorideconcentratie. Dankzij het hogere gemiddelde waterpeil gedurende de zomerperiode van 1997 en 1998 (respectievelijk NAP -0,26 m en NAP -0,23 m) daalde het chloride- gehalte in de bovenste 0,10 m van de bodem op de in voorgaande jaren droogvallende locaties. Dieper in het bodemprofiel bleef het chloridege- halte echter vrijwel onveranderd. Dit was gerelateerd aan het hogere winterpeil (NAP +0,12 m), waardoor middels diffusie chloride uit de bovenste bodemlaag verdween. In diepere bodemlagen is het effect van diffusie echter verwaarloosbaar.

Opvallend is dat ook op de hoger gelegen oeverdelen de chloridecon- centratie in de bovenste 0,10 m minder hoog opliep en in 1998 zelfs daalde. In de zomer van 1998 was er, in tegenstelling tot voorgaande zomers, sprake van een neerslagoverschot (tabel 2.6). Hierdoor vond geen indroging plaats en trad er een neerwaartse waterstroom door de bodem op, waardoor zout naar diepere bodemlagen werd getranspor- teerd.

Tabel 2.6
Meteoreologische gegevens.

seizoen	Neerslag (mm)	Verdamping (mm)	Neerslagoverschot (mm)
zomer 1995	297	576	-279
winter 95/96	213	119	94
zomer 1996	222	518	-296
winter 96/97	304	116	188
zomer 1997	215	545	-330
winter 97/98	359	119	240
zomer 1998	564	502	62

De situatie in het referentievak was vergelijkbaar met die in het proef- vak. Met uitzondering van een kortdurende grondwaterstandverlaging gedurende de zomerperiode bleef de grondwaterstand ook hier alleen in een smalle zone boven de waterlijn gedurende het grootste deel van het jaar nagenoeg gelijk aan het maaiveld. De grondwaterstand op de hoger gelegen oeverdelen (figuur 2.9d/e) werd bepaald door neerslag en ver- damping en daalde sterk, met name tijdens de droge zomers van 1995 en 1996.

De chlorideconcentraties van de bodem in het referentievak waren in de uitgangssituatie vergelijkbaar met die van het proefvak. De chloride- concentratie van de waterbodem was laag, terwijl op de droge delen van de oever nog veel chloride in het bodemprofiel aanwezig was. In de droge zomerperiodes van 1995 en 1996 liep ook hier de chlorideconcen- tratie zeer hoog op. Op een hoogte van NAP +0,25 m werd in augustus 1996 op 0,10 m beneden maaiveld zelfs 60 gCl l^{-1} gemeten (figuur 2.9e). Na instelling van het interimpeilbeheer daalde ook de chlorideconcentra- tie in het referentievak in de bovenste bodemlaag. Met name op een hoogte van NAP +0,10 m, was de chlorideconcentratie in 1997 en 1998

beduidend lager dan in de voorafgaande jaren. Op de hoogtelijn NAP +0,25 m nam de chlorideconcentratie in de bovenste 0,10 m van het bodemprofiel nog wel toe tot 30 g l^{-1} in augustus 1997. In de zomer van 1998 bleef de chlorideconcentratie ook op deze hoogtelijn laag vanwege het neerslagoverschot.

2.2.4 Discussie

Hoewel de water- en zouthuishouding van het proefvak nauwelijks beïnvloed werden door de aanwezigheid van damwanden, werden ten aanzien van andere abiotische parameters wel verschillen met het referentievak geconstateerd. Dit was met name het geval voor de waterkwaliteitsparameters. Opvallend was vooral de afname van het gehalte P- en N-totaal in het proefvak. In het proefvak vond gedurende de zomerperiode in geringere mate verversing op van het water dan in het referentievak waar voortdurende circulatie en menging van water plaatsvond. In combinatie met de opname van nutriënten door helofyten zijn de waarden hierdoor mogelijk lager. De waarden in het proefvak waren echter niet dusdanig dat van N- of P-limitatie gesproken kan worden. Samengevat wordt gesteld dat de geconstateerde verschillen in waterkwaliteitsparameters tussen beide vakken, niet geleid hebben tot verschillen in helofytenontwikkeling.

De aanwezigheid van de damwanden reduceerde ook de invloed van golfslag. Afhankelijk van waterdiepte kan de mechanische invloed van golfslag de zonering en groei van helofyten beïnvloeden (Coops, 1996). Door de aanwezigheid van een vooroever is de oevervegetatie in het referentievak echter ook redelijk beschermd. Daarnaast zijn de dagelijkse en uurlijkse peilfluctuaties langs de oevers van het Volkerakmeer vanaf 1997 zo goed mogelijk gesimuleerd binnen het proefvak. Verschillen in helofytenontwikkeling als gevolg van het verschil in expositie of overstromingsfrequentie en -duur van oevergebieden zijn dan ook naar alle waarschijnlijkheid gering.

Op grond van de verzamelde gegevens kan worden geconcludeerd dat de veranderingen in abiotiek, die werden veroorzaakt door de aanwezigheid van damwanden, de groei van helofyten niet of slechts in geringe mate heeft beïnvloed. Eventueel optredende verschillen in helofytenontwikkeling tussen beide vakken kunnen daarom direct toegeschreven worden aan het verschil in waterpeil tussen beide vakken.

Zoals verwacht heeft het gevoerde peilbeheer invloed gehad op het chloridegehalte van de bodem. Het gevoerde peilbeheer in het Volkerakmeer en het proefvak heeft ertoe geleid dat het chloridegehalte in de bovenste bodemlaag van de permanent of regelmatig overstroomde oevergebieden als gevolg van diffusie naar de waterkolom daalde. In de diepere bodemlagen bleef het zoutgehalte relatief hoog, doordat het regenwater als gevolg van het verhoogde winterpeil niet de bodem in kon dringen. Hierdoor vond geen transport van chloride naar diepere bodemlagen plaats. Naar verwachting heeft de daling van het chloridegehalte in de bovenste bodemlaag een positieve uitwerking op de helofytenontwikkeling.



Foto 12

Door de aanleg van eilanden werd de totale oeverlengte vergroot.

2.3 Ontwikkeling van helofyten

2.3.1 Ontwikkeling van de oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer vanaf 1987

De afsluiting in 1987 veroorzaakte grote veranderingen in de oevervegetatie van het Volkerak-Zoommeer (tabel 2.7). Na een beginfase die werd gekenmerkt door een ijle begroeiing met zilte pioniervegetatie vond in 1989, als gevolg van het ontziltingsproces, vestiging van grassen, ruigte- en helofytensoorten plaats in een smalle zone rond de waterlijn. Doordat de helofytensoorten Heen (*Bolboschoenus maritimus*) en Riet (*Phragmites australis*) reeds voor de afsluiting in het gebied voorkwamen en in vergelijking met andere helofytensoorten relatief zouttolerant zijn (Tosserams *et al.*, 1997), konden deze soorten de drooggevallen, kale oever snel koloniseren.

Andere helofytensoorten konden zich pas later in het gebied vestigen. Soorten als Grote lisdodde (*Typha latifolia*) en Kleine lisdodde (*Typha angustifolia*) 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 (*Iris pseudacorus*) en Rietgras (*Phalaris arundinacea*), meer tijd nodig om het gebied te bereiken en zich te vestigen. Naast de reeds genoemde soorten kwamen in 1990 ook plaatselijk Kalmoes (*Acorus calamus*), Grote egelskop (*Sparganium erectum*) en Liesgras (*Glyceria maxima*) voor (Coops & Schutten, 1991). In 1991 en 1994 werd Lidsteng (*Hippuris vulgaris*) aangetroffen (Schutten *et al.*, 1991; Geilen, 1994).

Na een relatief snelle vestiging verliep de verdere ontwikkeling van de helofytenzone traag en deze bleef beperkt tot een smalle strook langs de oever. In de periode van 1994 tot 1998 was drie tot vier ha van de oevers van de gorzen en slikken begroeid met helofyten (tabel 2.8; Boudewijn, 1997; De Groene Ruimte, 1998). De meest algemeen voorkomende helofytensoorten zijn Riet en Heen.

Tabel 2.7

Overzicht van de belangrijkste veranderingen in de oevervegetatie langs het Volkerak-Zoommeer sinds de afsluiting in 1987.

1987	Zilte pioniervegetatie; sporadische vestiging van Heen (<i>Bolboschoenus maritimus</i>).
1988	Op enkele plaatsen Heen, Ruwe bies (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>) en Riet (<i>Phragmites australis</i>).
1989	Op vrij veel plaatsen vestiging en enige uitbreiding van Riet en biezen. Vestiging van Grote lisdodde (<i>Typha latifolia</i>) en een dominantie van Moerasandijvie (<i>Tephroseria palustris</i>).
1990	Moerasandijvie blijft dominant. Riet, biezen en Grote lisdodde breiden zich enigszins uit. Sporadische vestiging van andere helofytensoorten - Liesgras (<i>Glyceria maxima</i>), Rietgras (<i>Phalaris arundinacea</i>), Grote egelskop (<i>Sparganium erectum</i>), zeggen, Gele lis (<i>Iris pseudacorus</i>) en Kalmoes (<i>Acorus calamus</i>). Ook vestiging van Kattenstaart (<i>Lythrum salicaria</i>) en Harig wilgenroosje (<i>Epilobium hirsutum</i>).
1991	Moerasandijvie zeer dominant. Nauwelijks toename van helofyten, noch vegetatieve uitbreiding. Lidsteng (<i>Hippuris vulgaris</i>) wordt aangetroffen (droog jaar).
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 (<i>Eleocharis palustris</i> subsp. <i>uniglumis</i>) en Grote waterweegbree (<i>Alisma plantago-aquatica</i>).
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 (<i>Typha angustifolia</i>), 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 (<i>Carex otrubae</i>) en Zeegroene rus (<i>Juncus inflexus</i>). Liesgras wordt weer aangetroffen.
1998	Op plaatsen met dominantie Harig wilgenroosje neem 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.

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

Op de oevers van de aangelegde eilanden werden in 1995 voornamelijk pioniervegetaties en oevervegetaties met Harig wilgenroosje aangetroffen. Hoewel de pioniervegetatie nog steeds het beeld bepaalde, was het areaal helofyten op de eilandoevers gedurende 1997 en 1998 toegenomen tot ongeveer 2,5 ha (De Groene Ruimte 1998). Riet en in mindere mate Heen, breidden zich gedurende deze periode sterk uit (tabel 2.8).

Tabel 2.8

Totale oppervlakte helofyten en het aantal overige soorten op de oevers van de gorzen en slikken (A) en op de oevers van de aangelegde eilanden (B; De Groene Ruimte, 1998).

(A) 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)	53 (3)	320 (3)	309 (4)
Totaal	34.017	32.404	28.864	37.982	40.044

(B) 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)	0	18 (2)	49 (2)
Totaal	326	4.076	25.671	25.739

(1): aantal soorten

Hoewel het totale areaal helofyten in het Volkerak-Zoommeer gedurende 1997 en 1998 verder toenam, is het vooralsnog niet mogelijk vast te stellen wat de rol van het interimpeilbeheer op de helofytenontwikkeling is geweest. Er zijn aanwijzingen dat het hogere winterpeil heeft geleid tot een versnelde ontzilting van de oeverzone, waardoor met name de uitbreiding van Riet in de richting van het land is toegenomen.

Anderzijds is door het hogere winterpeil echter ook de vraatgevoeligheid van de bestaande helofytenvegetatie toegenomen (hoofdstuk 3). Ondanks de geconstateerde toename van het helofytenbestand, blijft het totale oppervlak emerse vegetatie met 6,5 ha ver verwijderd van het streefbeeld voor het Volkerak-Zoommeer (370 ha; tabel 1.1).

2.3.2 Spontane vegetatie-ontwikkeling in de proefgebieden

Al snel na het verlagen van het waterpeil in het proefvak tot NAP -0,30 m trad kolonisatie van het drooggevallen oevergebied op in het onbegraste deel van het proefvak. In de periode van april tot juni 1995 werd de drooggevallen oever bezet met een snel kiemende pioniervegetatie met soorten als: Zilte schijnspurrie (*Spergularia marina*), Spiesmilde (*Atriplex prostrata*) en Krulzuring (*Rumex crispus*). In de periode daarna kwamen trager kiemende soorten als Heen tot ontwikkeling. Veel van de aangetroffen soorten waren nog aangepast aan de zoute omstandigheden zoals Zeekraal (*Salicornia spec.*), Zulte (*Aster tripolium*), Zilte greppelrus (*Juncus ambiguus*) en Schorrenkruid (*Suaeda maritima*). In mei 1995 werden 31 soorten aangetroffen. Dit aantal was in augustus 1995

Foto 13

Ruigtekruiden bepalen het beeld langs de oevers.



toegenomen tot 46 (Lauwaars & Kerkum, 1997). Omdat van de kiemen-
de soorten geen bloeiende exemplaren in de directe omgeving aanwezig
waren, kan worden geconcludeerd dat de zaden al in de zaadvoorraad
van de bodem aanwezig zijn geweest (van der Molen & Kerkum, 1996).

Op de voormalige oever was de bedekkingsgraad hoog (tot 70%;
figuur 2.10). Naast ruigtevegetatie werd hier voornamelijk Riet aangetrof-
fen. De bedekking met Riet was echter laag (5%). De totale bedekking
over de drooggevallen waterbodembedroeg ongeveer 40%. De vegetatie
bestond hier voornamelijk uit zoutminnende plantensoorten. In het water
nam het bedekkingspercentage snel af. Hier bestond de vegetatie uit
helofyten en waterplanten. De bedekking met helofyten was relatief laag
(15%) en bestond vrijwel uitsluitend uit Heen (figuur 2.11; tabel 2.9).

Tabel 2.9

Totale bovengrondse biomassa van
helofyten in de spontane vestigings-
raaien van de onbegraasde delen in het
proefvak en referentievak in september

	Biomassa 1996 (gDW)		Biomassa 1997 (gDW)		Biomassa 1998 (gDW)	
	proefvak	referentievak	proefvak	referentievak	proefvak	referentievak
Grote lisdodde	112	0	474	0	645	0
Kleine lisdodde	4	0	141	1	466	9
Mattenbies	22	0	133	228	45	0
Riet	151	2	425	568	1429	1853
Ruwe bies	182	118	213	38	540	408
Heen	3536	2851	5794	3528	6680	3815
Totaal	4007	2971	7180	4363	9805	6085

Foto 14

In het proefvak zijn verschillende vegetatiezones te onderscheiden. Van boven naar beneden: waterlijn met helofyten, drooggevalle waterbodem met zoute vegetatie en voor-
malige oever met voornamelijk ruigtekruiden



De vegetatie-ontwikkeling op de droogvallende oeverdelen wordt in sterke mate bepaald door het chloridegehalte van de bodem. Gedurende de zomerperiode van 1995 bereikte het chloridegehalte in de bovenste 0,10 m van de bodem op de droogvallende delen van de oever een waarde van gemiddeld 16 g l^{-1} . Op de hoger gelegen oever werd een waarde van 50 gCl l^{-1} gemeten (Slager, 1999).

Helofyten kwamen alleen tot ontwikkeling wanneer het chloridegehalte beneden 10 g l^{-1} bleef. Dit was alleen het geval langs de waterlijn (NAP -0,30 m) en in een smalle zone langs de oorspronkelijke oeverlijn. Bij hogere chloridegehalten werden alleen zoutminnende plantensoorten aangetroffen met Zeekraal als dominante soort.

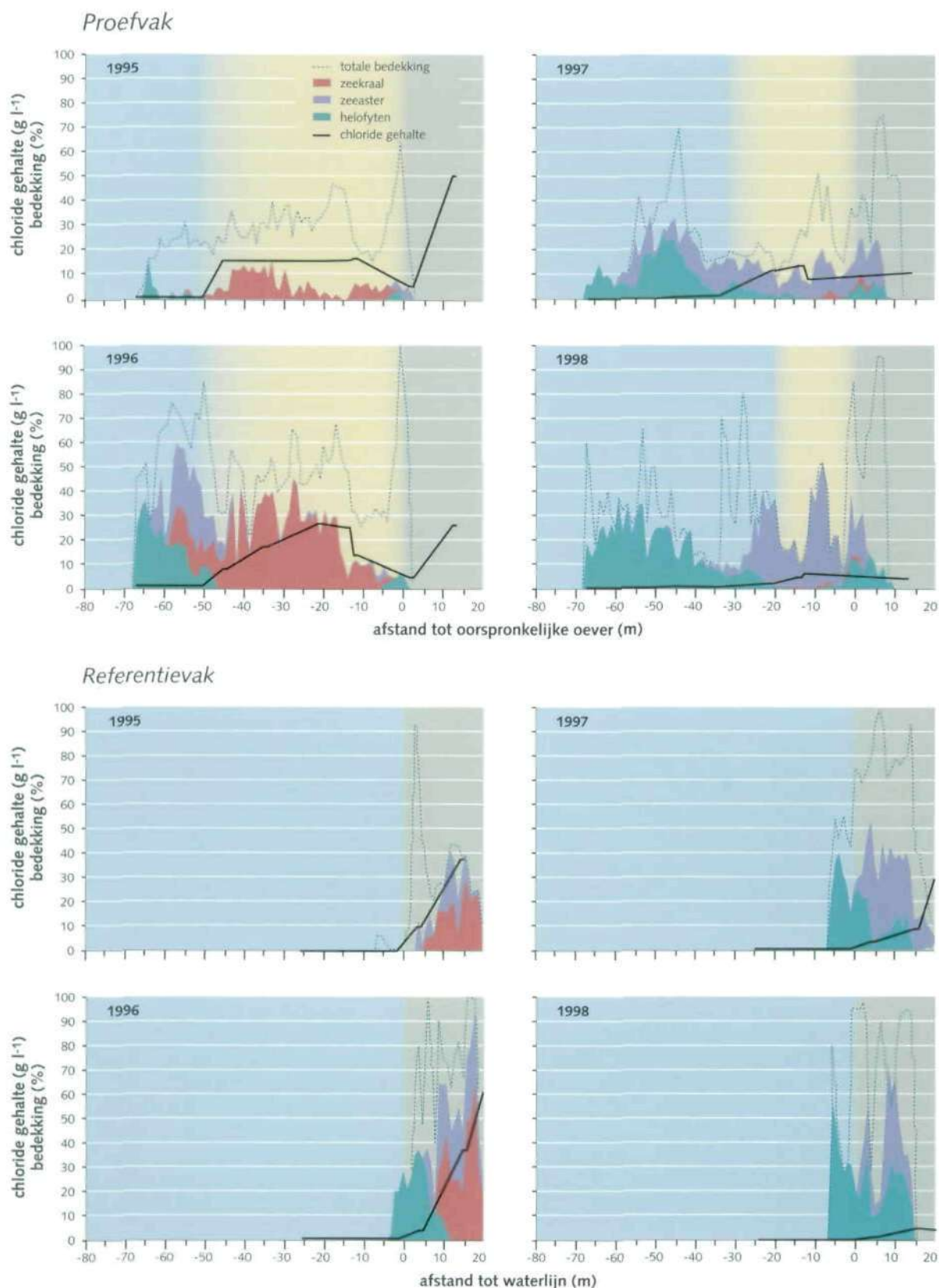
In het onbegraasde deel van het referentievak nam het aantal soorten dat gedurende het eerste groeiseizoen werd aangetroffen toe tot maximaal 38 soorten in augustus 1995 (Lauwaars & Kerkum, 1997). Op de hoogst gelegen delen bestond de vegetatie uit zoutminnende soorten en was de bedekking ongeveer 40% (figuur 2.10). Direct langs de waterlijn was de bedekking het grootst (92%). In het water nam de bedekking snel af en het aandeel helofyten was vrijwel nihil (0,2%). Ook in het referentievak is het chloridegehalte van de bodem in sterke mate bepalend voor de vegetatiesamenstelling. In de directe omgeving van de oeverlijn is de chlorideconcentratie laag maar deze stijgt snel tot ongeveer 40 g l^{-1} op 15 meter afstand van de oever. Ook hier is Zeekraal de dominante plantensoort.

Gedurende het groeiseizoen van 1996 was de totale bedekking in het proefvak vergeleken met 1995 toegenomen (figuur 2.10). Op de voormalige oever was de bedekking het hoogst (tot 98%). Over een groot deel van de drooggevallen oever varieerde het bedekkingspercentage sterk en bepaalden de zoutminnende soorten, met Zeekraal en Zulte als dominante soorten, het beeld. De dominante aanwezigheid van Zeekraal op de drooggevallen oeverdelen geeft aan dat ook in 1996 het chloridegehalte van de bodem relatief hoog was. Uitbreiding van helofyten bleef beperkt tot een relatief smalle zone langs de waterlijn die vanwege de constante invloed van het oppervlaktewater nagenoeg ontzilt was. De totale bedekking in de directe omgeving van de waterlijn was in vergelijking met 1995 verdubbeld. Het aandeel helofyten nam toe tot een maximale bedekking van 40%. Hoewel nu zes helofytensoorten werden aangetroffen (figuur 2.11; tabel 2.9), bleef Heen dominant (Lauwaars & Kerkum, 1997). Op de oorspronkelijke oever bleef het zoutgehalte beneden de 10 gCl l^{-1} (Slager, 1999), waardoor de aanwezige helofyten zich konden handhaven.

Ook in het referentievak nam de totale bedekking toe vergeleken met 1995 (figuur 2.10). Op de hoger gelegen, zoutere delen domineerden Zeekraal en Zulte. Zoals de vegetatiesamenstelling al aangeeft, was ook in het referentievak het chloridegehalte van de bodem op de hoger gelegen oeverdelen beperkend voor helofytenontwikkeling. Ten opzichte van 1995 nam, net als in het proefvak, de gemiddelde chlorideconcentratie in de bovenste 0,10 m van het bodemprofiel verder toe tot 60 g l^{-1} (Slager, 1999). Hoewel aan het einde van het eerste groeiseizoen langs de waterlijn nagenoeg geen helofyten werden aangetroffen, was het bedekkingspercentage in 1996 gestegen tot 80%. In tegenstelling tot het proefvak, waar zich spontaan zes soorten vestigden, werden in het referentievak slechts drie helofytensoorten aangetroffen. Ook hier was Heen de dominerende soort (figuur 2.11; tabel 2.9).

.....
Figuur 2.10

Spontane vegetatie-ontwikkeling en chloridegehalte van de bodem in het onbegraasde deel van het proefvak en het referentievak gedurende de onderzoeksperiode.



Nadat gedurende de winterperiode van 1996/1997 het waterpeil in het proefvak was verhoogd tot NAP +0,12 m, werd gedurende de zomerperiode het peil verlaagd tot NAP -0,26 m. In tegenstelling tot de twee voorafgaande jaren werden de natuurlijk optredende peilfluctuaties gesimuleerd, waardoor de waterlijn zich bewoog tussen NAP -0,24 m en NAP -0,28 m. Als gevolg van dit peilregime nam de totale vegetatiebedekking in eerste instantie af (Kerkum, 1999b). De totale bedekking op de oorspronkelijke oever was met 75% het hoogst. Opvallend is het verdwijnen van de dominantie van Zeekraal en de toegenomen bedekking met de iets minder zouttolerante Zulte. Deze verandering in vegetatiestructuur werd gereflecteerd in het chloridegehalte van de bodem. Door het gevoerde peilbeheer kwam een groter deel van het oevergebied onder directe invloed van het oppervlaktewater (tabel 2.3), waardoor het chloridegehalte van de bodem ten opzichte van voorgaande jaren afnam. De daling van het chloridegehalte had een gunstige uitwerking op de uitbreiding van de helofytenzone.

De maximale bedekking met helofyten nam weliswaar af tot ongeveer 30%, maar de breedte van de helofytenzone nam toe van 20 m in 1996, tot ongeveer 60 m in 1997. Heen bleef de dominante helofytensoort, maar ook de andere soorten breidden zich verder uit (figuur 2.11; tabel 2.9).

Figuur 2.11

Biomassaproductie van de spontaan gevestigde helofytensoorten binnen het proefvak en het referentievak in september.

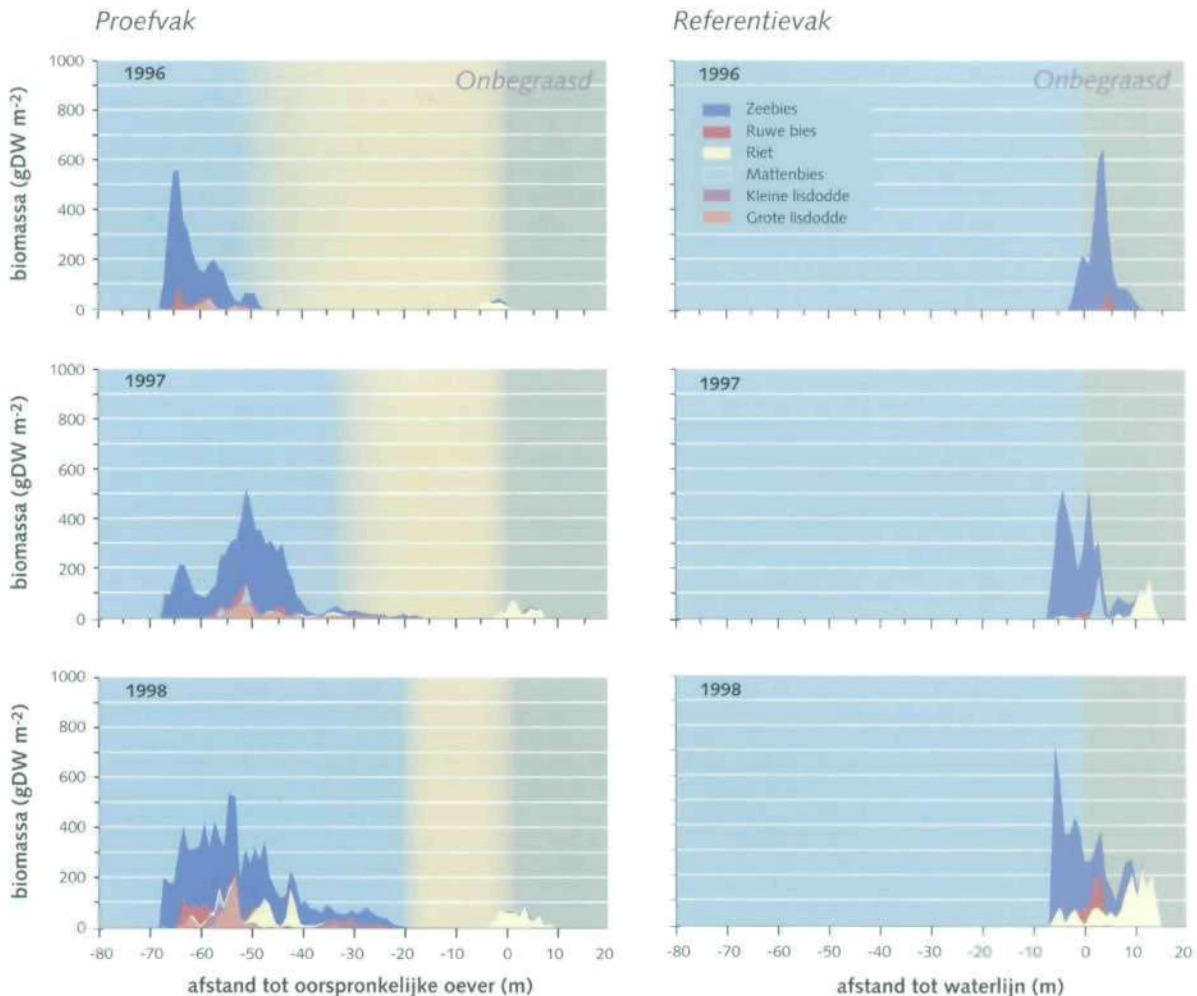


Foto 15
Ontwikkeling van de vegetatie in
het proefvak.



situatie direct na peilverlaging 1995



situatie voorjaar 1997



situatie zomer 1997

Op de oorspronkelijke oever, waar als gevolg van de winterinundatie het chloridegehalte van de bodem ook afnam, breidde Riet zich verder uit.

De instelling van het interimpeil was ook van invloed op de vegetatieontwikkeling in het referentievak. Hoewel de totale bedekking in het referentievak relatief hoog bleef, verdween Zeekraal vrijwel geheel (Kerkum, 1999b). Op de iets hoger gelegen delen van de oever nam ook hier de bedekking met Zulte toe.

Ook in het referentievak nam, als gevolg van de winterinundatie, het chloridegehalte van de bodem ten opzichte van 1995 en 1996 af (Slager, 1999). Hoewel de maximale bedekking door helofyten ten opzichte van 1996 verder afnam, breidde de helofytenzone zich ook hier verder uit. In de directe nabijheid van de oorspronkelijke oever blijft Heen de dominante soort, terwijl op de hoger gelegen delen Riet de dominante helofytensoort was (figuur 2.11; tabel 2.9).

Gedurende de winterperiode van 1997/1998 werd het waterpeil in het proefvak weer verhoogd tot NAP +0,13 m. Tijdens de zomer van 1998 werd het waterpeil ten opzichte van 1997 verder verhoogd tot een gemiddelde stand van NAP -0,23 m. Gedurende de zomerperiode bewoog de waterlijn zich tussen NAP -0,25 m en NAP -0,22 m. De maximale bedekking nam weer toe en bleef net als in de voorafgaande jaren met 95% het hoogst op de oorspronkelijke oeverlijn (Kerkum, 1999b). De bedekking met Zulte nam verder toe, maar bleef beperkt tot het gebied waar gedurende de zomerperiode sprake was van een verhoogd zoutgehalte. Het chloridegehalte van de bodem was ten opzichte van 1997 verder afgenomen (Slager, 1999) en bleef gedurende de zomerperiode beneden de voor helofytenontwikkeling kritische grens van 10 g l^{-1} (ter Heerdt, 1995; Hootsmans, 1996; Kerkum *et al.*, 1996; Hootsmans &

.....
Foto 16

In het referentiegebied vindt geen uitbreiding van helofyten buiten het raster plaats.



Foto 17

Riet en Zulte bepalen het beeld op de hoger gelegen oeverdelen.



Wiegman, 1998; Coops *et al.*, in prep.). De totale bedekking met helofyten nam toe tot maximaal 35%, terwijl de breedte van de helofytenzone vergelijkbaar bleef met die in 1997. Heen bleef de dominante soort, maar de overige soorten wisten zich ten opzichte van 1997 ook verder uit te breiden. In de zone beneden de oorspronkelijke oeverlijn nam de bedekking met Riet voor het eerst toe. Net als in 1997 nam op de oorspronkelijke oeverlijn, mede als gevolg van het dalende chloridegehalte van de bodem, het bedekkingspercentage van Riet verder toe.

In het referentiegebied bleef de totale bedekking onveranderd hoog. Als gevolg van het relatief lage chloridegehalte van de bodem nam de bedekking met Zulte ten opzichte van 1997 af. De helofytenvegetatie breidde zich verder uit. De maximale bedekking in het water was met een maximum van 50% hoger dan in het proefvak. De breedte van de helofytenzone bleef met 23 m ver achter bij de uitbreiding in het proefvak, waar de breedte van de totale helofytenzone inmiddels 65 m bedroeg.

Opgemerkt dient te worden dat verdere uitbreiding richting ondiep open water, in het onbegaasde deel van het proefvak werd verhinderd door begrazing. De uitbreiding van de vegetatie in het onbegaasde deel beperkte zich namelijk tot de zone binnen het raster, verdere uitbreiding buiten het raster trad nagenoeg niet op. Desondanks is het onwaarschijnlijk dat dezelfde breedte als in het proefvak zou zijn bereikt, aangezien de uitbreiding in het referentievak alleen via vegetatieve groei kon plaatsvinden, terwijl er in het proefvak naast vegetatieve uitbreiding ook duidelijk sprake was van generatieve uitbreiding.

2.3.3 Conclusies

In het onbegraasde deel van het proefvak bleek na twee jaar peilverlaging tot NAP -0,30 m dat de ontwikkeling van zaailingen, aangeplant materiaal en spontaan gevestigde helofyten vooral langs de nieuwe waterlijn plaatsvond (Tosserams *et al.*, 1997; Kerkum, 1999a,b; Röling, 1999). Op de oorspronkelijke oever was nog een smalle zone Riet aanwezig, maar de verdere ontwikkeling en uitbreiding was in september 1996 gering. Na het instellen van een meer natuurlijk waterpeil binnen het proefvak in het najaar van 1996, veranderde de situatie aanmerkelijk. Onder invloed van het verhoogde waterpeil en de simulatie van de natuurlijke peilfluctuaties gedurende de zomerperioden van 1997 en 1998, kon de inmiddels aaneengesloten helofytengordel zich in de richting van de voormalige oever uitbreiden. In september 1998 was de gemiddelde breedte van de helofytengordel, inclusief de vegetatie op de oorspronkelijke oever, 65 m. Opvallend bij de spontane vegetatieontwikkeling binnen het proefvak is dat de zoutminnende soort Zeekraal, die tot september 1996 dominant was, vanaf 1997 nagenoeg uit het proefvak is verdwenen.

Ook in het referentievak ontwikkelden de helofyten zich tot september 1996 met name langs de waterlijn (NAP 0 m). Vanwege de aanwezigheid van een steilrandje zijn de kiemings- en vestigingsmogelijkheden beperkt, waardoor de helofytenzone hier smaller bleef dan in het proefvak. Dit kwam ook tot uiting in het aantal spontaan gevestigde helofytensoorten dat in het referentievak kleiner was dan in het proefvak.

Door het interimpeilbeheer, dat vanaf november 1996 wordt uitgevoerd, veranderde ook de vegetatiestructuur in het referentievak. De helofytengordel in het omgeasde deel van het referentievak breidde zich uit in de richting van het ondiepe water en naar de hoger gelegen oeverdelen. Ondanks deze uitbreiding bleef de gemiddelde breedte van de helofytengordel, met ongeveer 20 m in september 1998, aanzienlijk achter bij de uitbreiding in het proefvak. Opvallend is dat ook in het referentievak de aanvankelijke dominantie van Zeekraal op de hoger gelegen oeverdelen na het instellen van het interimpeilbeheer verdween.

De chlorideconcentratie van de bodem vormt de belangrijkste verklaring voor de geconstateerde veranderingen in de vegetatiestructuur binnen het onbegraasde deel van het proefvak en het referentievak. De hoge chlorideconcentraties die gedurende de droge zomerperioden van 1995 en 1996 werden gemeten (Slager, 1999), verklaren de beperkte vestiging en uitbreiding van helofyten naar de hoger gelegen delen van de drooggevallen oever binnen het proefvak (figuur 2.10). In een smalle zone langs de voormalige oever was de chlorideconcentratie in de bovenste laag van het bodemprofiel als gevolg van uitspoeling door neerslag lager, waardoor de al aanwezige rietvegetatie zich kon handhaven. Ook op de oever van het referentievak was de zoutconcentratie in de bovenste bodemlaag op betrekkelijk korte afstand van de waterlijn te hoog voor helofytenontwikkeling. Bij een olopemde chlorideconcentratie (laag vochtgehalte) nam de bedekking door helofyten snel af en die van zoutminnende soorten zoals Zeekraal toe. Bij een gemiddelde chlorideconcentratie van 10 g l^{-1} in de bovenste 0,10 m van het bodemprofiel stagneerde de ontwikkeling van helofyten. De zaden van Riet en Heen ontkiemden weliswaar nog op de hoger gelegen zoute locaties, maar de verdere ontwikkeling van deze soorten bleef hier beperkt. Dit komt goed overeen met de bevindingen uit de laboratoriumexperimenten en de literatuurstudie (ter Heerdt, 1995; Hootsmans, 1996; Kerkum *et al.*, 1996;

Tosserams *et al.*, 1997; Hootsmans & Wiegman, 1998; Coops *et al.*, in prep).

Op basis van de resultaten kan geconcludeerd worden dat peilverlaging naar NAP -0,30 m leidt tot goede ontwikkelingsmogelijkheden voor helofyten. De afwezigheid van een steilrand maakt dat langs de nieuwe waterlijn de kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten toenemen. Binnen twee jaar ontstaat langs de waterlijn een gevarieerde soortenrijke helofytenzone. De mogelijkheden voor helofytenontwikkeling langs de oevers van het Volkerak-Zoommeer zullen waarschijnlijk groter zijn dan die in het proefvak. Door peilfluctuaties die optreden als gevolg van neerslag, verdamping en opwaaiing, zal in de normale situatie namelijk een bredere oeverzone regelmatig overstroomd worden. Hierdoor zal tijdens een periode van peilverlaging, ook gedurende droge zomerperioden, de chlorideconcentratie in de bovenste bodemlagen over een groter oppervlak laag genoeg blijven voor helofytenontwikkeling. Uit berekeningen blijkt dat op de Krammerse Slikken bij een minimum zomerpeil van NAP -0,30 m de breedte van de oeverzone die geregeld overstroomt als gevolg van optredende peilfluctuaties ongeveer 40 m zal bedragen (van Manen, 1999). Naarmate de ondergrens van het zomerpeil wordt verhoogd neemt de breedte van deze geregeld overstroomde zone echter snel af als gevolg van het steil verlopende oeverprofiel.

Als gevolg van het fluctuerend waterpeil dat vanaf november 1996 werd ingesteld, nam de chlorideconcentratie in de bovenste bodemlaag zoals verwacht af. Door de simulatie van de natuurlijke peilfluctuaties en

Foto 18

Peilverlaging zorgt voor nieuwe kiemingsmogelijkheden voor helofyten.



de verhoging van het gemiddeld waterpeil bleef ook gedurende de zomerperioden van 1997 en 1998 het chloridegehalte van de bovenste bodemlaag laag. Het gehele oevergebied dat tijdelijk of permanent overstromd werd, raakte naar de diepte steeds verder ontzilt. Deze verlaging van het chloridegehalte maakte de uitbreiding van de helofyten mogelijk ten koste van de zoutminnende vegetatie.

Ook op de hoger gelegen oeverdelen trad versnelde ontzilting van de bovenste bodemlaag onder invloed van het verhoogde gemiddelde winterpeil op. Het gemiddelde chloridegehalte bleef hier ook gedurende de zomerperiode onder de voor helofytenontwikkeling kritische grens van 10 g l^{-1} . Hierdoor kon de oevervegetatie op de voormalige oever zich zowel in het referentievak als in het proefvak verder landwaarts uitbreiden.

Het fluctuerend waterpeil dat na de twee jaar peilverlaging werd ingesteld, heeft via een verdere verlaging van de chlorideconcentratie van de bodem gezorgd voor verdere uitbreiding en verbreding van de helofytengordel. Het jaarlijks verhogen van het gemiddeld zomerpeil en de simulatie van de natuurlijke peilvariaties langs het meer heeft er via verdergaande ontzilting in geresulteerd dat de helofytengordel binnen het proefvak zich nagenoeg over de gehele oeverzone van NAP -0,30 m tot de oorspronkelijke oever (NAP 0 m) heeft kunnen uitbreiden. Ook het interimpeilbeheer leidde in het referentievak, met name door de verhoging van het gemiddeld winterpeil, tot een uitbreiding van de oevervegetatie landwaarts. Opvallend is wel dat de gemiddelde zomerpeilen sinds de start van het interimpeilbeheer hoger zijn dan in de periode eraan voorafgaand, waarin een streefpeil van NAP 0 m werd gehanteerd. Hierdoor is er alleen sprake van verbeterde kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten op de hoger gelegen, regelmatig overstromde oeverdelen en niet op nieuw droogvallende oevergebieden.

Samenvattend kan gesteld worden dat na een peilverlaging tot NAP -0,30 m, in afwezigheid van begrazing, de mogelijkheden voor helofytenontwikkeling toenemen en over een periode van twee jaar een gevarieerde, soortenrijke helofytenvegetatie kan ontstaan. Heen zal hierbij in eerste instantie domineren, maar uiteindelijk zal Riet dominant worden. De mogelijkheden tot verdere uitbreiding van de helofytengordel naar hoger gelegen delen worden in sterke mate gestuurd door de zoutconcentratie in de bovenste lagen van het bodemprofiel. Een laag chloridegehalte van de bovenste bodemlaag ($< 10 \text{ g l}^{-1}$) kan alleen worden gewaarborgd als de bodem regelmatig overstromt, zodat geen uitdroging optreedt. Hoe groter het oppervlak oever dat overstromt des te groter het potentiële areaal helofyten. Ontzilting van het gehele bodemprofiel wordt pas bereikt, als het peil langere tijd veel lager is waardoor neerslag door het bodemprofiel kan percoleren. Het instellen van een meer natuurlijk peilverloop met relatief hoge winterstanden en relatief lage zomerstanden kan leiden tot deze voor helofytenontwikkeling gewenste situatie. Het verschil tussen zomer- en winterpeil is hierbij bepalend voor het uiteindelijke areaal geïnundeerde helofytenvegetatie.

3 Helofytenontwikkeling in relatie tot begrazing

3.1 Begrazingsexperimenten Krammerse Slikken en Dintelse Gorzen

3.1.1 Aanleiding en onderzoeksvragen

Begrazing door herbivore watervogels en vee is, naast het chloridegehalte van de bodem, een belangrijke factor die de uitbreiding van een helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer kan beïnvloeden (Tosserams *et al.*, 1997). In andere gebieden, waaronder het Lauwersmeer en de Oostvaardersplassen, is gebleken dat begrazing door herbivoren een belangrijke invloed heeft op de helofytenvegetatie (Amat, 1995; Esselink *et al.*, 1997; van Rooij & Drost, 1996; van Eerden, 1997; Vulink & van Eerden, 1998). Teneinde meer duidelijkheid omtrent de effecten van begrazing op de helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer te verkrijgen, werd binnen het project 'Planten in de Peiling' experimenteel veldonderzoek verricht naar de invloed van begrazing door herbivore watervogels en vee op de helofytenontwikkeling. Dit onderzoek vond plaats op locaties langs de oevers van de Krammerse Slikken en de Dintelse Gorzen. Voor de eerste fase van het onderzoeksprogramma zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd (Vulink & Coops, 1995):

- Welke invloed heeft begrazing door herbivore watervogels en vee op de zich ontwikkelende helofytenvegetatie?
- Is de gevoeligheid voor begrazing door herbivoren afhankelijk van de leeftijd van de helofytenvegetatie?
- Hebben watervogels voorkeur voor bepaalde helofytensoorten?
- Kan een recent ontwikkelde helofytenvegetatie zich in aanwezigheid van begrazing, uitbreiden richting dieper water?

Voor de tweede fase van het onderzoek werden de volgende onderzoeksvragen toegevoegd (Vulink *et al.*, 1997):

- Wat is de invloed van begrazing door vee en/of watervogels op de ontwikkeling van helofyten bij interimpeil?
- Wat is de invloed van begrazing door watervogels op de ontwikkeling van helofyten bij fluctuerend waterpeil?

3.1.2 Locatie proefgebieden en proefopzet

Teneinde de effecten van begrazing op de helofytenontwikkeling in afhankelijkheid van peilbeheer te kunnen vastleggen, werden op verschillende locaties in het Volkerak-Zoommeer begrazingsexperimenten uitgevoerd:

1. De invloed van begrazing door watervogels op de helofytenontwikkeling bij heersend peil in het Volkerak-Zoommeer (NAP 0 m en vanaf 1996 NAP +0,15 m/-0,10 m) werd onderzocht aan de hand van de twee naast elkaar liggende spontane ontwikkelingsstroken binnen het referentiegebied (figuur 2.1).

Door de twee buitenste spontane ontwikkelingsstroken in het proefvak op de Krammerse Slikken alleen uit te rasteren voor vee, kon de invloed van begrazing door herbivore watervogels op de spontane helofytenontwikkeling na peilverlaging (NAP -0,30 m) gevolgd worden gedurende 1995 en 1996. In 1997 en 1998 werd de helofyten-

ontwikkeling van deze stroken verder gevolgd bij fluctuerend peilbeheer (zie 2.2.2). Daarnaast werd in het voorjaar van 1997 de helft van het proefvak geopend voor watervogels, waardoor gedurende de tweede fase van het onderzoek de effecten van een natuurlijker peilverloop op reeds gevestigde helofyten konden worden onderzocht. De effecten van begrazing op reeds gevestigde helofyten werd bestudeerd aan de hand van de uitbreiding van de aangeplante helofytensoorten in het onbegraste en in het sinds 1997 begraste deel van het proefvak (figuur 2.1; Röling, 1999).

2. In april 1995 werd op zowel de Krammerse Slikken als de Dintelse Gorzen een gebied beschermd tegen begrazing door zowel watervogels als vee (Daling & Zijlstra, 1999). Beide gebieden waren circa 35 m lang (5 m op land en 30 m in water) en 30 m breed. Deze 'exclosures' werden vervolgens verdeeld in 8 stroken met een breedte van ongeveer 3,5 m. Tevens werd buiten de afrastering aan weerszijden van de 'exclosures', een strook aangewezen die als referentiestrook werd gebruikt (figuur 3.1a). Deze strook kon door watervogels en door vee worden begraasd. Door de helofytenontwikkeling binnen en buiten het raster te vergelijken kon een beeld verkregen worden van de invloed van begrazing door vee en watervogels op de ontwikkeling van een relatief jong helofytenbestand. Vanaf het voorjaar van 1996 werden jaarlijks stroken opengesteld voor vee en watervogels (alleen 1996) of voor alleen watervogels (figuur 3.1a).
3. Naast het aanleggen van nieuwe 'exclosures' werd ook gebruik gemaakt van een reeds bestaande 'exclosure' op de Krammerse Slikken (Daling & Zijlstra, 1999) om de effecten van begrazing op een oudere helofytenvegetatie te kunnen bestuderen. Hier was vanaf 1993 begrazing door watervogels en vee uitgesloten en werd Riet aangeplant (Houmes, 1996). Deze 'exclosure' is ca. 35 m lang en bestaat uit stroken van elk 12 m breed (figuur 3.1b). Ook hier werd aan weerszijden van de 'exclosure' een referentiestrook van dezelfde afmetingen aangelegd. Deze referentiestroken waren tot 1996 alleen toegankelijk voor watervogels, maar werden in april 1996 ook opengesteld voor vee. Daarnaast werd in zowel 1996 als 1997 een strook opengesteld voor watervogels en een strook voor vee en watervogels (figuur 3.1b). Door de helofytenontwikkeling van de uitgerasterde stroken te vergelijken met de referentiestroken, wordt een beeld verkregen van de invloed van begrazing door respectievelijk watervogels en door vee en watervogels op oudere, reeds gevestigde helofyten.

3.2 De invloed van begrazing op de helofytenontwikkeling

3.2.1 Aantalsontwikkeling herbivore watervogels

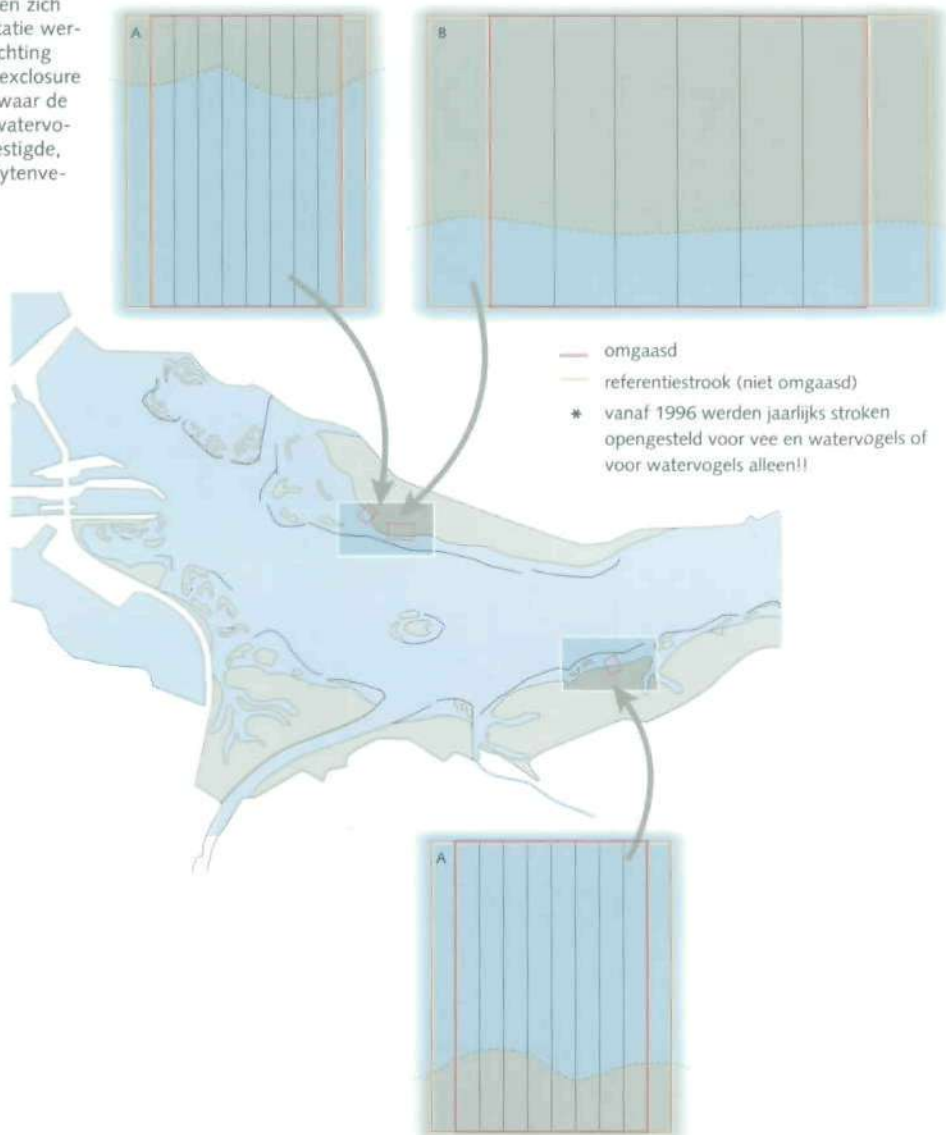
In het Volkerakmeer vormen de herbivore watervogels de meest talrijke voedselgroep (van Dam & Noordhuis 1995; Breukers *et al.*, 1996; figuur 3.2). Van veel van deze soorten verblijft meer dan 1% van de totale West-Europese populatie in het Volkerak-Zoommeer. Mede hierdoor is het Volkerak-Zoommeer opgenomen in de lijst van belangrijke vogelgebieden (van den Tempel & Osieck, 1994). De grootste aantallen herbivore watervogels worden waargenomen in de periode vanaf de nazomer tot de vroege winter (figuur 3.3). De meest voorkomende soorten zijn de Wilde eend, Smient, Meerkoet, Knobbelzwaan, Grauwe gans

en Krakeend (Boudewijn & van der Winden, 1997). Knobbelzwaan, Wilde eend, Krakeend en Meerkoet foerageren vooral op waterplanten, terwijl soorten als Grauwe gans, Brandgans en Smient vooral op de oevers foerageren.

Tot 1992/1993 nam het aantal vogeldagen en het aantal soorten toe. Vanaf 1994 loopt het aantal vogeldagen iets terug. Deze afname is waarschijnlijk gerelateerd aan het afgenomen oppervlak waterplanten (van Dam & Noordhuis 1995).

Figuur 3.1

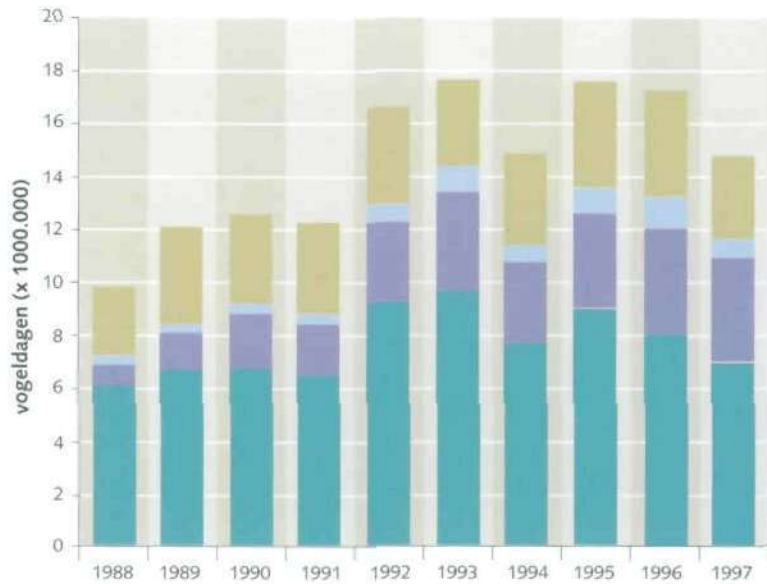
Ligging en inrichting van de enclosure op de Krammerse Slikken en Dintelse Gorzen waar de effecten van begrazing door watervogels en vee op een zich ontwikkelende helofytenvegetatie werden onderzocht (A) en de inrichting van de sinds 1993 bestaande enclosure op de Krammerse Slikken (B) waar de effecten van begrazing door watervogels en vee op een reeds gevestigde, deels aangeplante (Riet) helofytenvegetatie werden gevolgd.



Met betrekking tot de begrazing van helofyten zijn met name de Grauwe gans en de Meerkoet van belang (Boudewijn, 1997; Zijlstra & Daling, 1999). Deze soorten zijn zelfs in staat door begrazing de helofytenontwikkeling te sturen (Dirksen & Boudewijn, 1994; Esselink *et al.*, 1997; Tosserams *et al.*, 1997). De Meerkoet benut alleen in de periode maart-juli helofyten als voedselbron. Grauwe ganzen foerageren in de

Figuur 3.2
Aantal vogeldagen per voedselgroep in de periode 1988-1998 in het Volkerak-Zoommeer.

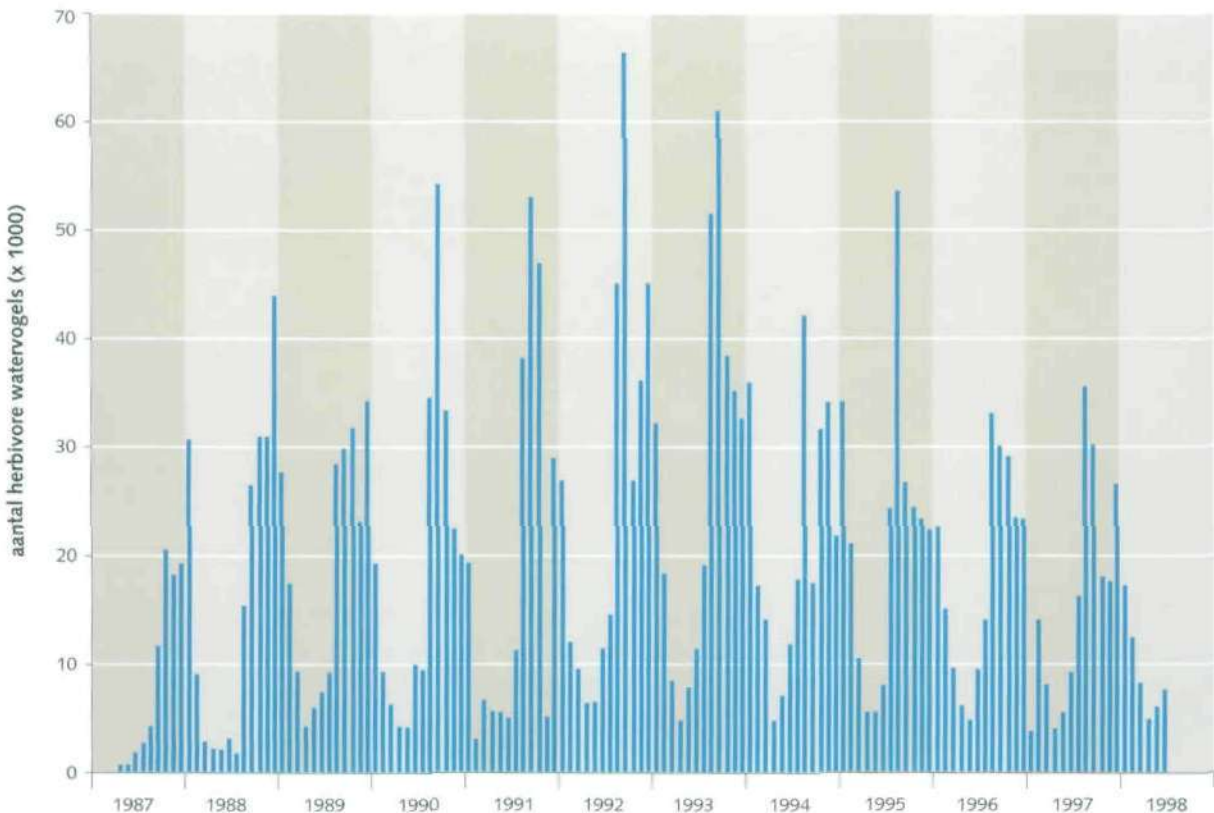
- plantetende vogels
- bodemfauna etende vogels
- visetende vogels
- rest



perioden maart-juni en september-februari op helofyten. In deze laatste periode benutten Grauwe ganzen in eerste instantie zowel de boven- als ondergrondse delen van helofyten. Vanaf november beperkt het gebruik zich tot de ondergrondse delen, omdat de bovengrondse delen dan vrijwel zijn afgestorven.

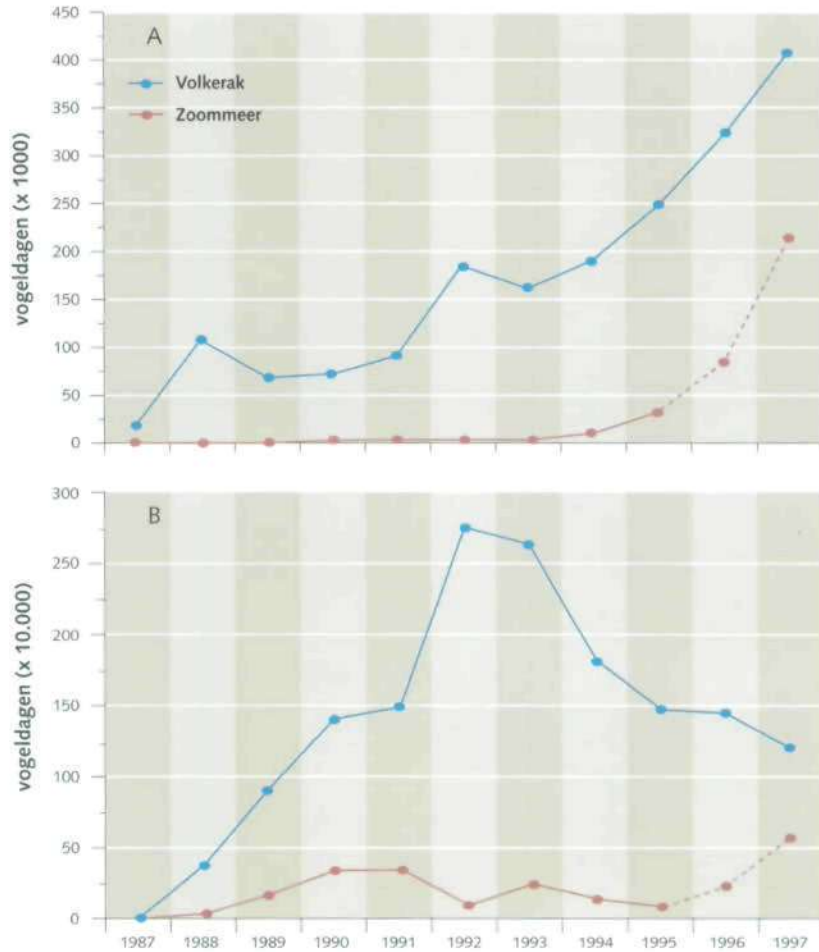
Het aantal dagen dat Grauwe ganzen in het Volkerak-Zoommeer verbleven nam gedurende de periode 1987-1997 sterk toe (figuur 3.4a; Zijlstra & Daling 1999). Aanvankelijk waren er voornamelijk Grauwe gan-

Figuur 3.3
Totaal aantal herbivore watervogels in het Volkerakmeer gedurende de periode april 1987-juni 1998.



Figuur 3.4

Aantalsontwikkeling van de Grauwe gans (A) en Meerkoet (B) in het Volkerakmeer en het Zoommeer gedurende de periode 1987-1997.

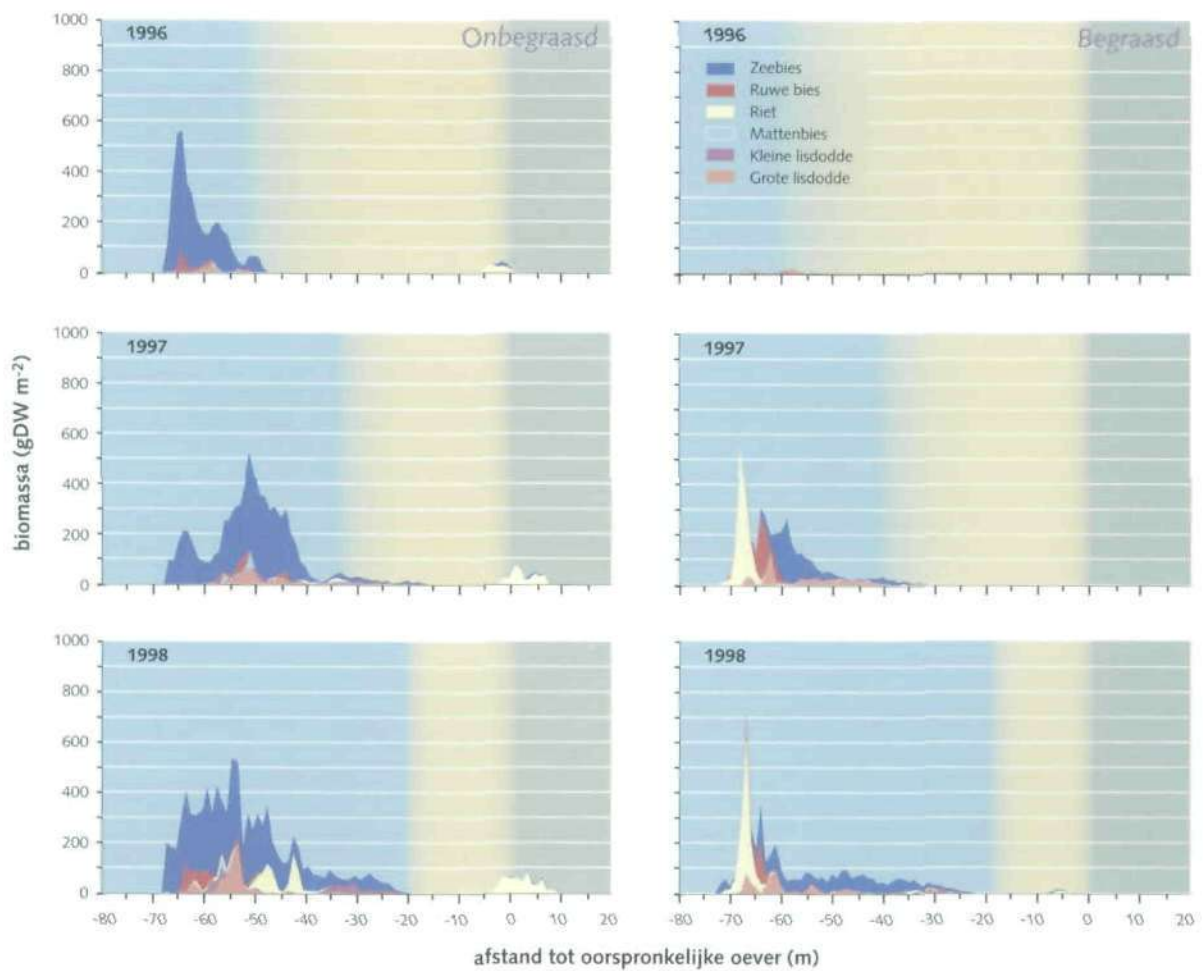


zen aanwezig gedurende de winterperiode, later werden de zomermaanden ook steeds belangrijker. Het aantal vogeldagen in het Volkerakmeer was aanzienlijk groter dan in het Zoommeer, hoewel de laatste twee jaar ook een sterke toename van het aantal vogeldagen in het Zoommeer heeft plaatsgevonden.

Het aantal vogeldagen van de Meerkoet (figuur 3.4b; Zijlstra & Daling, 1999) liet een stijging zien tot 1992. Vanaf 1993 neemt het aantal vogeldagen 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 vanaf 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. Opvallend is wel dat, in tegenstelling tot het Volkerakmeer, het aantal vogeldagen van de Meerkoet in het Zoommeer gedurende de laatste twee jaar toeneemt.

3.2.2 Begrazing door herbivore watervogels in het proefvak en het referentievak

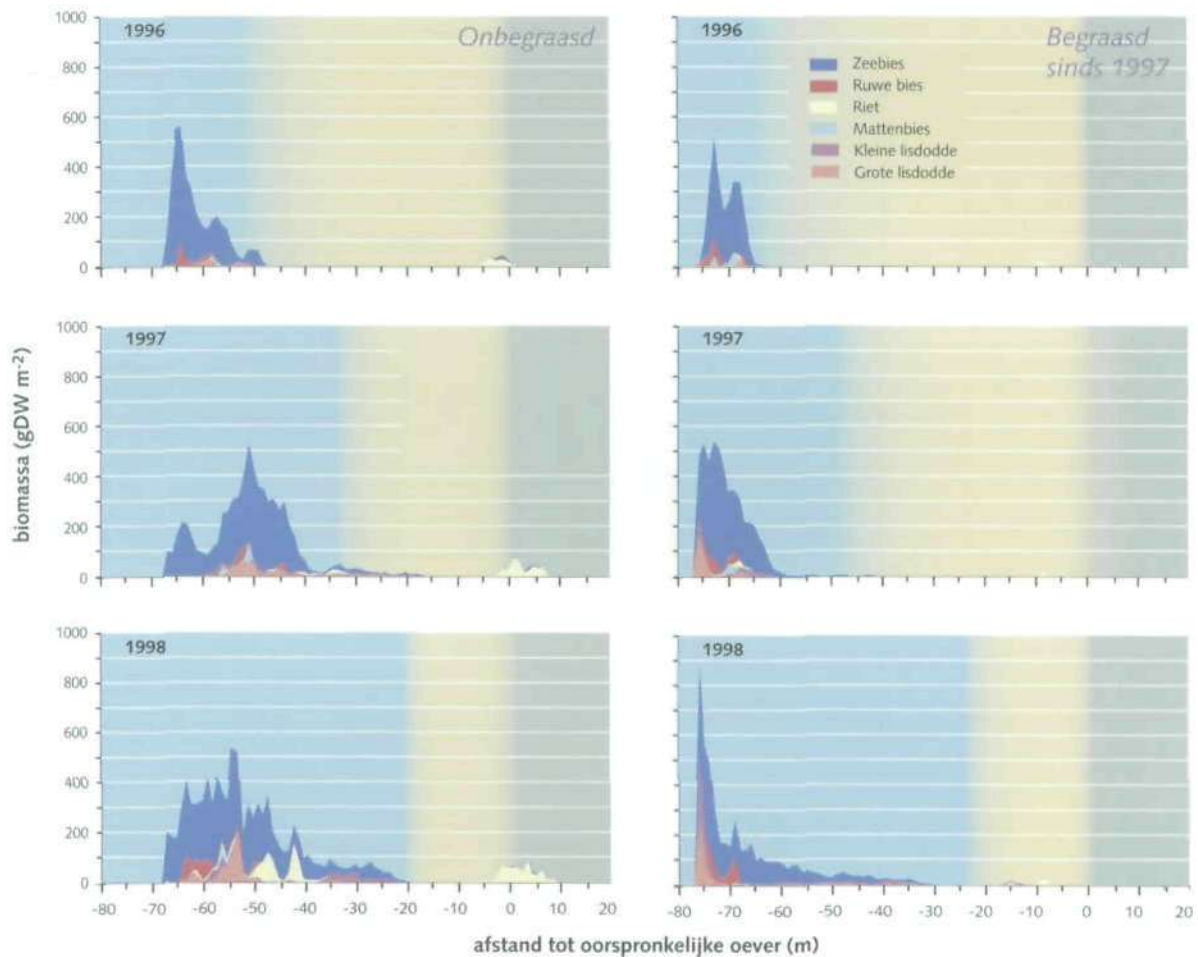
Binnen het voor vee en watervogels uitgerasterde deel van het proefvak was na twee jaar peilverlaging tot NAP -0,30 m in de spontane ontwikkelingsraaien een helofytenvegetatie tot ontwikkeling gekomen in de directe nabijheid van de waterlijn (figuur 3.5). Heen was de meest dominante soort (zie ook 2.3.2). In de twee spontane ontwikkelingsraaien binnen het proefvak die vanaf het begin van de experimenten wel



Figuur 3.5
 Gemiddelde biomassa van de helofytensoorten die werden aangetroffen binnen het onbegraste (A) en het permanent voor watervogels toegankelijke (B) deel van het proefvak.

Foto 19
 Grauwe ganzen.





Figuur 3.6
 Gemiddelde biomassa van de helofytensoorten die werden aangetroffen binnen het uitgerasterde en het sinds voorjaar 1997 voor watervogels toegankelijke deel van het proefvak.

toegankelijk waren voor watervogels, bleef deze ontwikkeling als gevolg van begrazing grotendeels achterwege (figuur 3.5; Kerkum, 1999b). Na instelling van een meer natuurlijk peilverloop, breidde de helofytenvegetatie binnen het omgaaide deel zich verder uit. In september 1998 had de helofytenzone een breedte van ongeveer 65 m. Heen was nog steeds dominant, maar ook de biomassa van de andere helofytensoorten nam verder toe. Op de oorspronkelijke oever nam de biomassa van Riet toe en was deze soort dominant. Ook in de beide spontane ontwikkelingsraaien die permanent toegankelijk bleven voor vogels nam de biomassa toe. De breedte van de helofytenzone was hier ongeveer 60 m, maar de dichtheden en de totale biomassa waren lager dan in het onbegraste deel van het proefvak. Hoewel ook in deze raaien Heen het grootste areaal innam, valt op dat in de diepste delen Riet dominant was.

In het voorjaar van 1997 werd de helft van het oorspronkelijk geheel omgaaide deel van het proefvak opengesteld voor herbivore watervogels. Hierdoor konden de effecten van begrazing door herbivore watervogels op een reeds gevestigde helofytenvegetatie bij een natuurlijker peilverloop bestudeerd worden. Ten opzichte van het onbegraste deel van het proefvak bleven zowel de dichtheid als de biomassa van de verschillende helofytensoorten achter (figuur 3.6; Kerkum, 1999b).

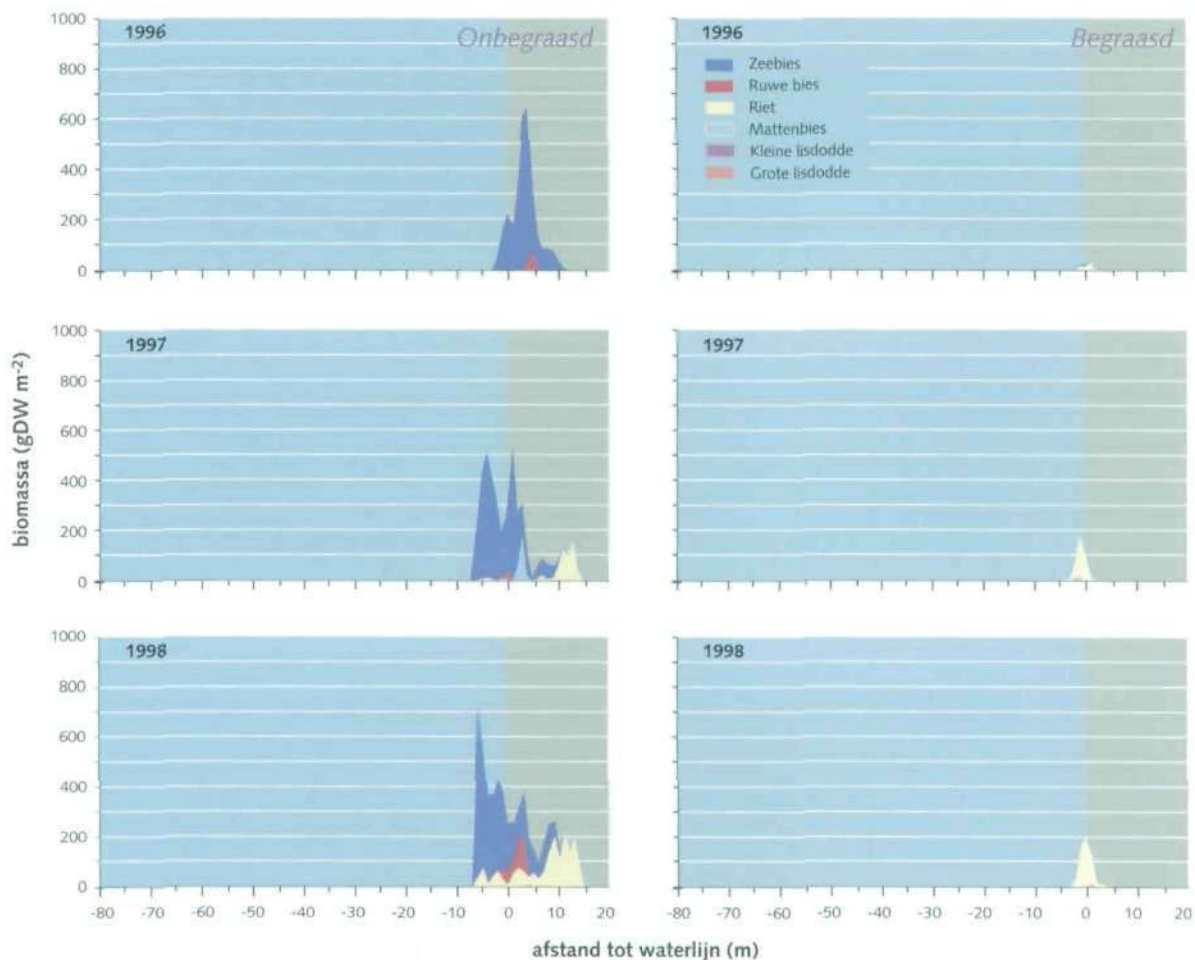
Foto 20

Situatie in het onbegraasde deel van het proefvak (boven) en het sinds 1997 voor watervogels opengestelde deel (onder) in het voorjaar van 1998.



Net als in het permanent opengestelde deel van het proefvak werd de grootste biomassa aangetroffen in de diepste delen. Opvallend in vergelijking tot de permanent opengestelde raaien is dat Heen ook in de diepere delen dominant bleef.

In het referentievak vond een vergelijkbare ontwikkeling plaats. Net als in het proefvak kwamen in september 1996 rond de waterlijn binnen het uitgerasterde gebied helofyten tot ontwikkeling met Heen als dominante soort (figuur 3.7). In september 1998 was de breedte van de helofytenzone ongeveer 20 m en werd Riet op de hoger gelegen delen dominant. Rond de oever en in het water bleef Heen de dominante soort. De helofytenontwikkeling in het gebied dat open stond voor begrazing door watervogels was in 1996 te verwaarlozen. Ook in 1997 en 1998 bleef de ontwikkeling van helofyten hier beperkt tot een zeer smalle zone langs de waterlijn. Alleen Riet en in mindere mate Heen konden zich hier handhaven.



.....
Figuur 3.7
 Gemiddelde biomassa van de helofytensoorten die werden aangetroffen binnen het uitgerasterde en het permanent voor watervogels toegankelijke deel van het referentievak.

3.2.3 Effecten van begrazing op de helofytenuitbreiding in het proefvak

In september van 1996 werd de uitgangssituatie vastgelegd voor de bepaling van de uitbreiding van de verschillende helofytensoorten in de twee laagst gelegen aanplantstroken binnen het proefvak. Op dat moment was alle aanplant nog omgeasd. Voor de bedekking van alle helofytensoorten gold dat het totale oppervlak in het open te stellen deel van het proefvak op dat moment hoger was dan het oppervlak binnen het plantvak dat onbegaasd zou blijven (figuur 3.8). Vanaf het voorjaar van 1997 werd de helft van het proefvak opengesteld voor begrazing door herbivore watervogels. Twee van de drie aanplantvakken lagen binnen dit begraasde deel (zie figuur 2.1). In het onbegaasde plantvak nam het oppervlak van alle helofytensoorten van jaar tot jaar toe (figuur 3.8). Heen breidde zich in dit deel van het proefvak het sterkst uit en bedekte in 1998 een totaal oppervlak van ongeveer 2700 m². In het begraasde deel kon voor zowel Heen als beide lisdodde soorten al in 1997 een duidelijke afname in oppervlak worden waargenomen ten opzichte van het onbegaasde deel. Deze lijn zette zich door naar 1998, toen het totale oppervlak van Heen en lisdodde in de begraasde delen respectievelijk 47% en 31% minder was dan in het onbegaasde deel van het proefvak.

In het najaar van 1998 werd veldonderzoek verricht naar de invloed van begrazing door Grauwe ganzen (Voogd & Loonen, 1999). Dit onderzoek vond plaats binnen het proefvak op de Krammerse Slikken. Tijdens de onderzoeksperiode die liep van 1 oktober tot 16 december, zijn de aantallen Grauwe ganzen die aanwezig waren op de Krammerse Slikken en de aangrenzende binnendijkse gebieden geteld. In de directe nabijheid van het proefvak werd een observatietoren geplaatst. Van hieruit werd dagelijks het gedrag van de wilde ganzen tijdens het foerageren in het proefvak bestudeerd. Naast de observatie van de aanwezige wilde ganzen werd, 16 november tot 16 december, binnen het proefvak van een experiment uitgevoerd met tamme Grauwe ganzen.

Tijdens dit veldexperiment werd met name gekeken hoeveel ondergrondse biomassa per tijdseenheid door ganzen wordt geconsumeerd. Tevens werd bestudeerd in hoeverre de ganzen voorkeur hebben voor bepaalde helofytensoorten.

De vorstperiode zorgde ervoor dat de oevervegetatie in het proefvak enige tijd ontoegankelijk was voor ganzen. Daarnaast konden door de grote hoeveelheid neerslag veel landbouwgewassen niet worden geoogst. Dit is van invloed geweest op het veldonderzoek, aangezien de aanwezige ganzen gedurende een langere periode gebruik konden maken van het ruime aanbod van voedsel op de landbouwgronden. Het bezoek van wilde ganzen in het proefgebied was hierdoor vergeleken met voorafgaande jaren beduidend lager. Het maximaal aantal Grauwe ganzen dat tijdens de onderzoeksperiode op de Krammerse Slikken werd geteld was 2500 (figuur 1). Het aantal Grauwe ganzen in de directe nabijheid van het proefvak was daarentegen beduidend geringer (figuur 1). De ganzen waren met name gedurende de nacht actief in het proefvak. Duidelijk is te zien dat de aantallen ganzen afnemen tijdens de vorstperiode.

Hoewel het aantal Grauwe ganzen in het proefvak relatief laag was, werd in de ijle vegetatiezone binnen 12 dagen 83% van de jonge lisdodde vegetatie en 56% van de jonge Heen planten verwijderd. In de gesloten helofytenvegetatie was de begrazing gering. Uit de proef met de tamme Grauwe ganzen bleek dat met name de rhizomen in de bovenste 0,10 m van de bodem worden opgegraven. Hierbij was er een duidelijke voorkeur voor Grote en Kleine lisdodde en voor Heen. Van de lisdodde vegetatie was 70% van de ondergrondse biomassa benut en van de Heen vegetatie 51% (tabel 1).

Tabel 1

Afname van de ondergrondse biomassa in de enclosure met de tamme Grauwe ganzen binnen het proefvak van 16 november tot 16 december 1998.

Soort	Oppervlak (m ²)	Totale biomassa voor (kgDW)	Totale biomassa na (kgDW)	Afname biomassa (%)
Grote lisdodde	24	1,85	0,552	70
Kleine lisdodde	122	33,6	10,2	70
Heen	401	20,1	9,81	51
Mattenbies	12	6,21	3,45	44
Ruwe bies	29	2,84	2,96	0
Riet	67	9,35	5,59	40
Totaal	1136	74	32,6	56

Op grond van de gegevens uit het onderzoek met de tamme ganzen kan de effectieve opnamesnelheid van ondergronds materiaal worden berekend. Deze bedraagt gemiddeld 78 gram drooggewicht per gans per uur. In totaal neemt één gans per dag gemiddeld 209 g drooggewicht ondergronds materiaal tot zich. Deze waarde komt overigens goed overeen met de geschatte waarde (202 g gans⁻¹ dag⁻¹) die is gebruikt voor de desk research naar de potentiële effecten van herbivore watervogels op de helofytenontwikkeling (Boudewijn, 1997).

Figuur
Totaal aantal Grauwe ganzen op de Krammerse Slikken (A) en in de directe nabijheid van het proefvak (B) van 2 oktober tot 16 december 1998.

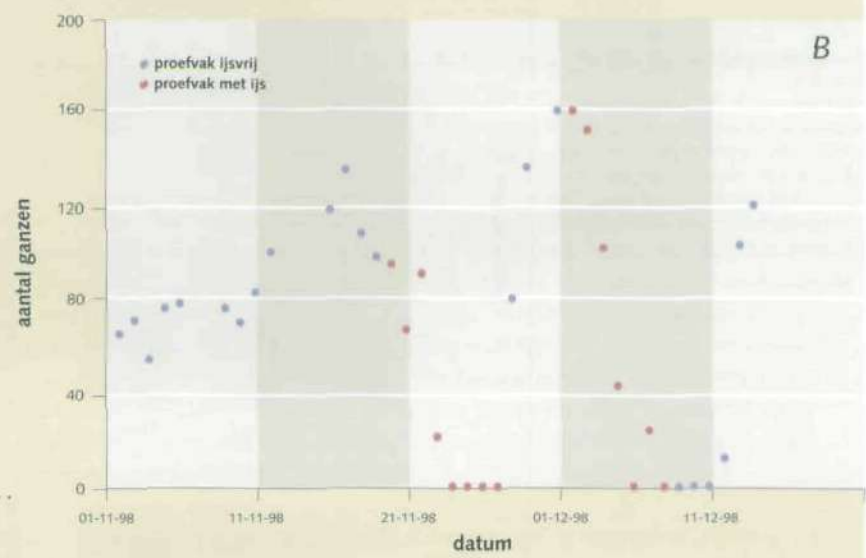
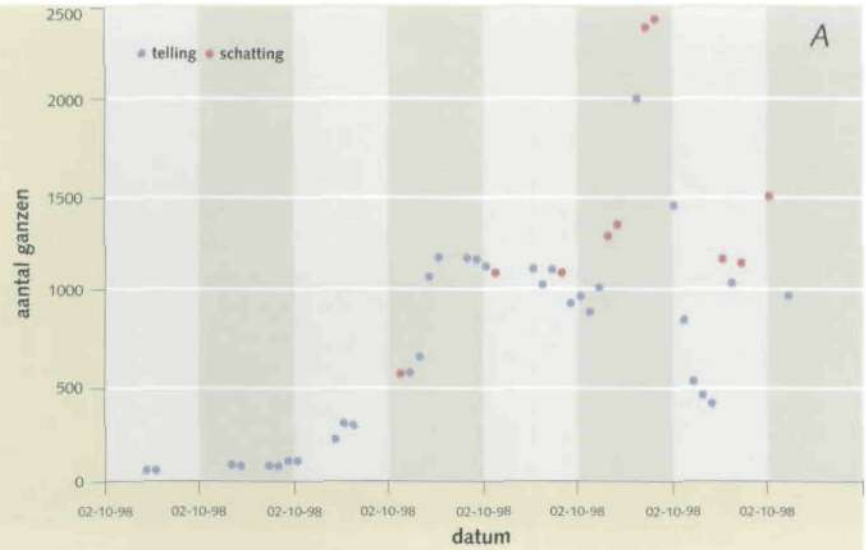


Foto 21
De observatietoren op de Krammerse Slikken.



Foto 22
De aanwezigheid van Grauwe ganzen in het proefvak werd beïnvloed door de vorst.

op. In september 1996 was de helofytenvegetatie in het voor vee en watervogels opengestelde gebied grotendeels verdwenen. Dit kwam voornamelijk door de invloed van de grote grazers. In de raaien die vanaf 1996 opengesteld waren voor watervogels liep de totale biomassa-productie van jaar tot jaar terug. In tegenstelling tot de situatie op de Krammerse Slikken, was in september van 1998 nog wel biomassa aanwezig in deze raaien. Het opruimen van de helofytenvegetatie verliep op de Dintelse Gorzen dus trager dan op de Krammerse Slikken. Het effect van begrazing door watervogels en/of vee leek niet te worden beïnvloed door de leeftijd van de aangeboden helofytenbestanden.

.....
Foto 25

Binnen uitgerasterde oevergebieden vond spontane vestiging van helofyten plaats.

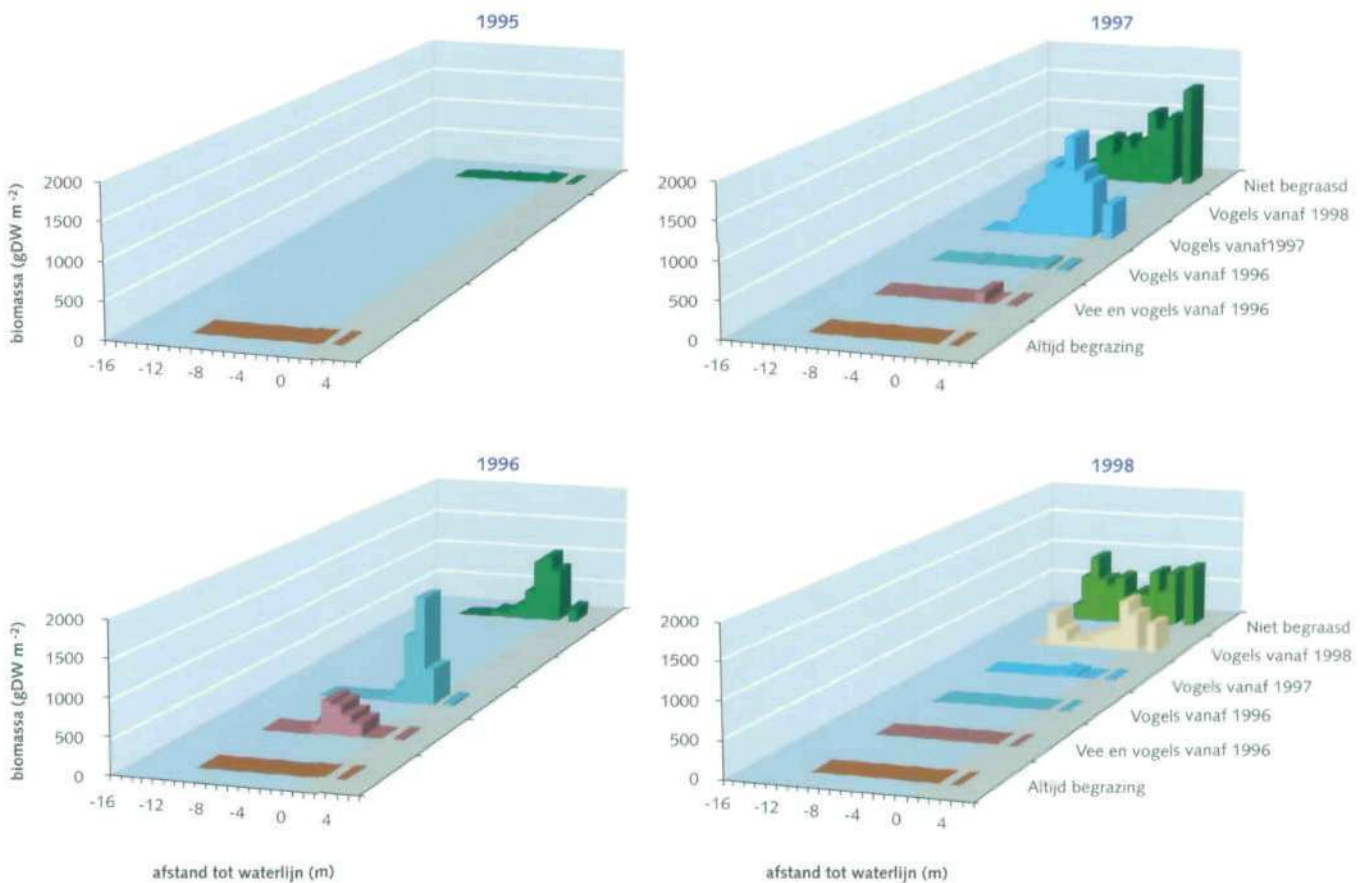


3.2.5 Begrazing van reeds gevestigde helofyten

Door gebruik te maken van reeds langer bestaande 'exclosures' waar in 1993 Riet werd aangeplant kon, door gedeeltelijke openstelling voor vee en/of watervogels, de invloed van begrazing op een reeds langer gevestigde helofytenvegetatie worden onderzocht (figuur 3.11; Daling & Zijlstra, 1999).

De vegetatie in het altijd omgaaide gebied handhaafde zich gedurende de loop van het experiment. In de controle raaien die vanaf het begin toegankelijk waren voor watervogels en vee, werden in september 1995 geen helofyten aangetroffen. In september 1996 was er wel sprake van enige spontane vestiging van helofyten, maar na de winter van 1996/1997 was alle vegetatie in deze raaien verdwenen.

In de raaien die altijd toegankelijk zijn geweest voor vogels was in september 1995 en 1996 nog helofyten aanwezig. Vanaf 1997 was de



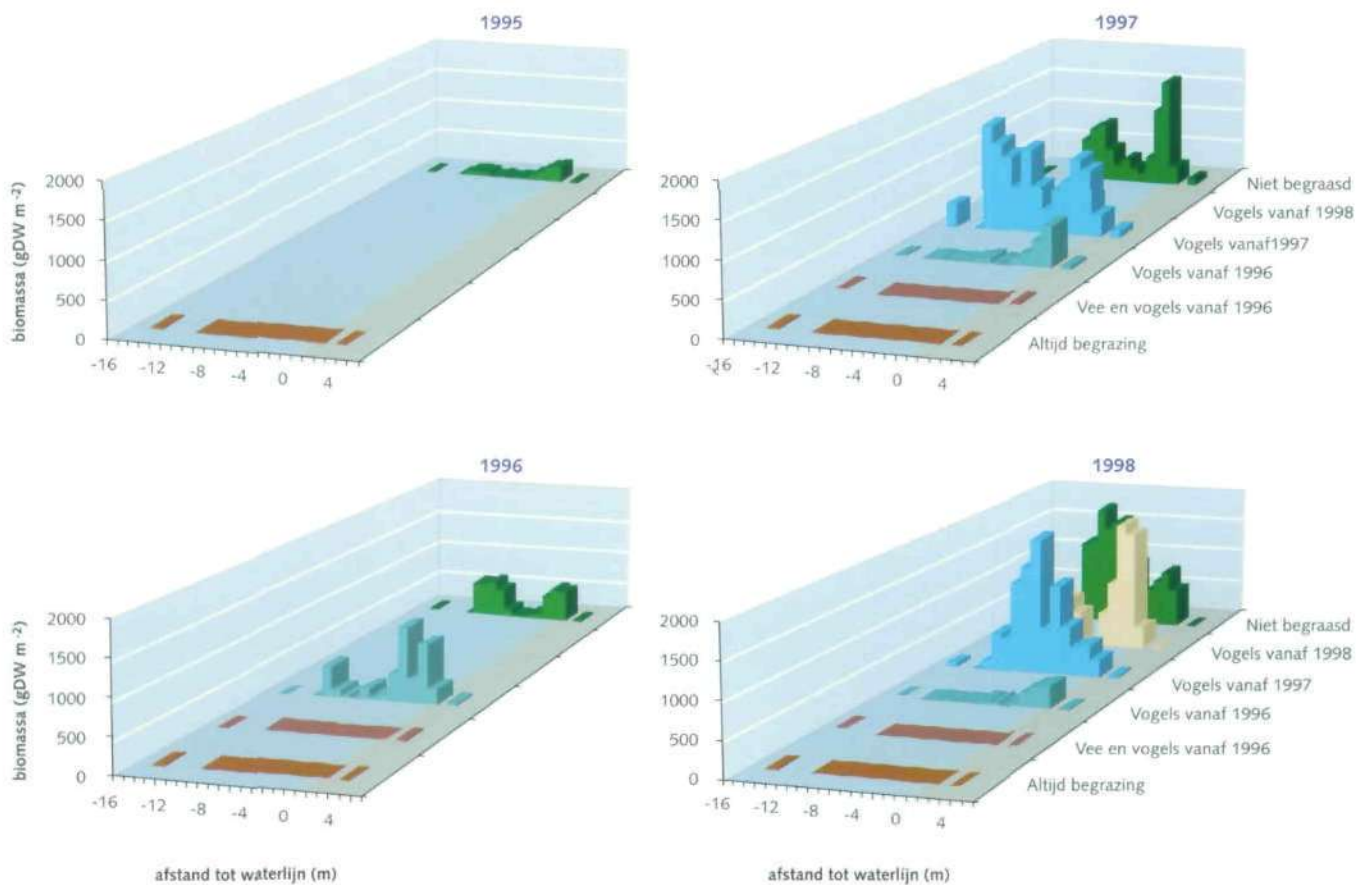
Figuur 3.9
De invloed van begrazing door vee én watervogels of door alleen watervogels op de gemiddelde biomassa van helofyten binnen de exclusie op de Krammerse Slikken.

vegetatie in deze raaien verdwenen ten gevolge van winterbegrazing door ganzen. In de raaien die in 1996 en 1997 opengesteld werden voor vee én watervogels, was in het jaar volgend op de openstelling alle vegetatie definitief verdwenen. In de raaien die in 1996 en 1997 nieuw werden opengesteld voor begrazing door watervogels alleen, werden alle geïnundeerde helofyten opgeruimd. Alleen de vegetatie op de oever kon zich in deze raaien tot september 1998 handhaven.

3.3 Conclusies

Naast de factoren zoutgehalte van de bodem en waterpeil, is ook begrazing door herbivoren een belangrijke sturende factor voor helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer. Uit de 'exclusie' experimenten en de experimenten die zijn uitgevoerd in het proefvak en het referentievak blijkt eenduidig dat, na uitsluiting van begrazing, spontane helofytenontwikkeling op gang kan komen. Begrazing door met name Grauwe gans en Meerkoet (Boudewijn & van der Winden, 1997; Daling & Zijlstra, 1999), leidt er bij het huidige peilbeheer toe dat de ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie niet of slechts in zeer beperkte mate plaatsvindt.

Bij een combinatie van begrazing door zowel watervogels als vee, zijn de negatieve effecten op de helofytenontwikkeling als verwacht groter

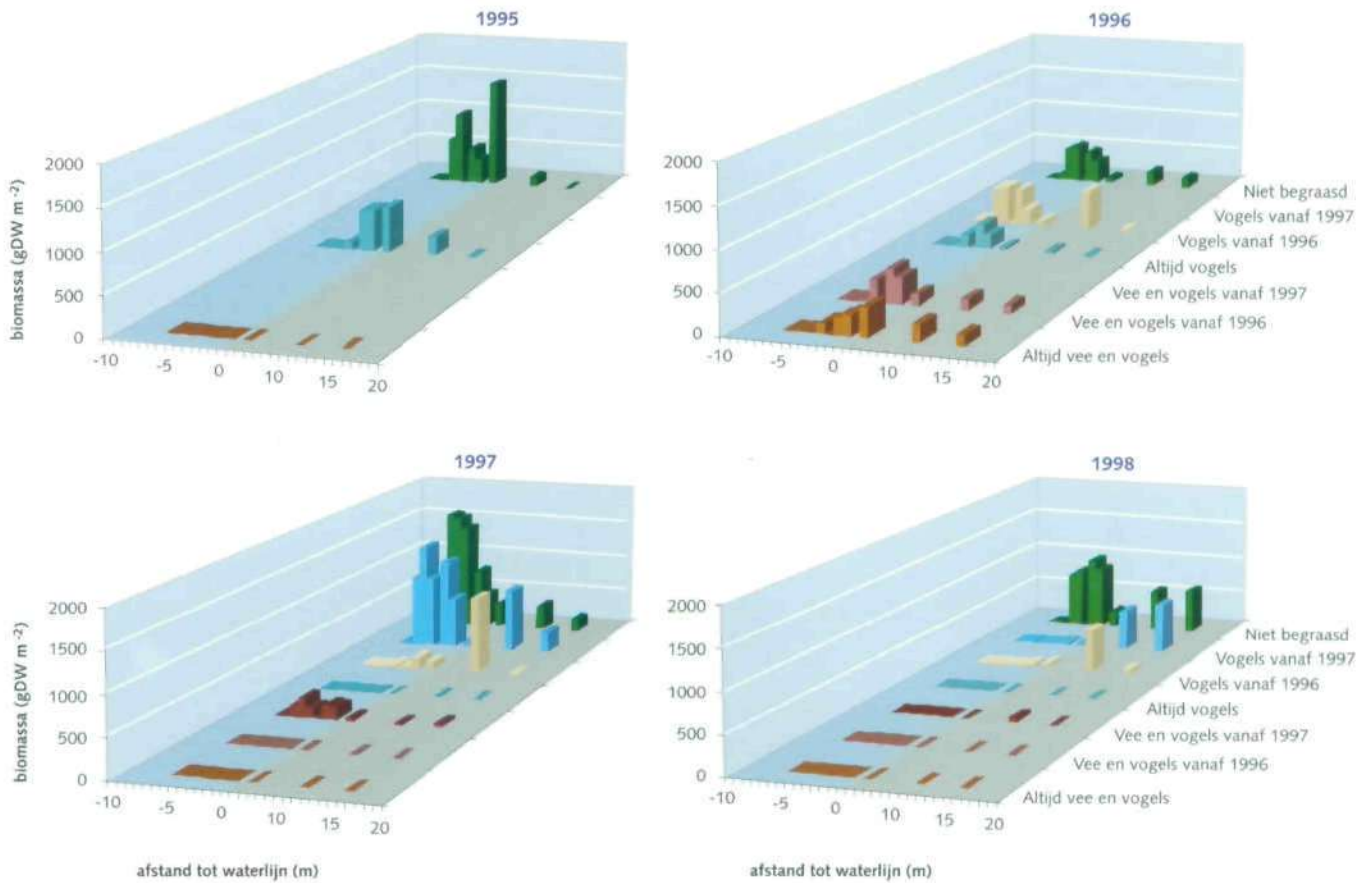


Figuur 3.10

De invloed van begrazing door vee én watervogels of door alleen watervogels op de gemiddelde biomassa van helofyten binnen de exclusie op de Dintelse Gorzen.

dan wanneer alleen begrazing door watervogels plaatsvindt. Onder invloed van begrazing door watervogels en vee, kwam helofytenontwikkeling in het geheel niet van de grond (Daling & Zijlstra, 1999). Vee begraast namelijk zowel de droge oevervegetatie als de oevervegetatie in ondiep water. Op de open plekken die door betreding door vee ontstaan, vond tot 1997 veelal kieming van ruderaal soorten plaats, die de plaats van helofyten innamen. Naast de directe begrazings- en betredingseffecten is er mogelijk ook sprake van indirecte invloed op de helofytenontwikkeling. Na het instellen van het interimpeil in november 1996 werkt de zomerbegrazing door vee plaatselijk faciliterend voor de winterbegrazing door watervogels. De ondergrondse delen van in de zomer door vee begraasde vegetatie zijn gedurende de winterinundatie gemakkelijker bereikbaar voor herbivore watervogels. Hierdoor verdwijnen de helofyten ook op deze voorheen voor vogels onbereikbare plaatsen definitief. Daarnaast kan op permanent droge gebieden door bodemverdichting de zuurstofvoorziening van de bodem negatief worden beïnvloed en neemt de mechanische weerstand voor wortelontwikkeling van helofyten toe (Engelaar, 1994).

Watervogels benutten gedurende de zomerperiode met name de nieuwe uitlopers van helofyten. Hierdoor wordt uitbreiding van oevervegetatie in de richting van dieper water sterk vertraagd, waardoor voornamelijk uitbreiding landinwaarts kan plaatsvinden. Gedurende de



Figuur 3.11

De invloed van begrazing door vee én watervogels of door alleen watervogels op de gemiddelde biomassa van reeds gevestigde helofyten binnen de in 1993 aangelegde 'enclosure' op de Krammerse Slikken.

winterperiode worden met name de ondergrondse delen van de helofyten benut. Vooral ganzen graven de ondergrondse delen van geïnundeerde helofyten op. De vogels hebben hierbij een voorkeur voor bepaalde helofytensoorten. In eerste instantie worden de ondergrondse delen van Heen en lisdodde geconsumeerd, waarna ook Riet en biezen worden begraasd. De maximale waterdiepte waarbij nog vraat werd geconstateerd, is ongeveer 0,60 m. Deze waterdiepte is vergelijkbaar met resultaten uit gecontroleerde proefomstandigheden (Pol, 1998). Eén gans consumeerde per dag ongeveer 200 gram drooggewicht aan ondergronds materiaal (Boudewijn, 1997; Voogd & Loonen, 1999).

De leeftijd van de helofytenbestanden lijkt niet van belang te zijn. Zowel oude als jonge bestanden worden begraasd. Wel lijkt het het er sterk op dat een ijlere vegetatie de voorkeur heeft boven een dichtere vegetatie. Naast het feit dat de ondergrondse delen van ijlere vegetaties makkelijker bereikbaar zijn voor de watervogels, kan een dergelijk bestand vanuit verschillende richtingen worden aangepakt.

Wanneer begrazing door zowel vee als watervogels plaatsvindt, kan een aanzienlijk areaal helofyten binnen een jaar verdwijnen (Daling & Zijlstra, 1999). Wanneer alleen begrazing door watervogels optreedt, zal het oprollen van een vergelijkbaar areaal helofyten iets trager verlopen. Gezien de ontwikkeling van het aantal vogeldagen (figuur 3.4), zal de

vegetatie uiteindelijk wel overal opgeruimd worden. Het geïnundeerde deel van de oevervegetatie zal binnen twee tot drie jaar verdwenen zijn. Alleen de niet geïnundeerde helofyten zijn onbereikbaar voor de watervogels.

Uit de begrazingsexperimenten binnen het proefvak en het referentievak kwam ook naar voren dat begrazing de vegetatiesuccessie beïnvloedt. De successie van altijd begraasde oeverdelen verloopt namelijk anders dan die van onbegraasde of later voor watervogels opengestelde oeverdelen. In de onbegraasde situatie en in de sinds 1997 begraasde delen van het proefvak, was Heen in eerste instantie de dominante soort. Na vier tot vijf jaar nam Riet de belangrijkste plaats in. In de altijd begraasde situatie daarentegen, was Riet vanaf het begin dominant, doordat de bedekking met Heen vanaf het begin werd gereduceerd door begrazing.

.....
Foto 26

De wortels van helofyten worden bij voorkeur in ondiep water opgegraven door de ganzen.



Voorwaarde voor de ontwikkeling van een geïnundeerd helofytenbestand in het Volkerak-Zoommeer is in de eerste plaats dat begrazing door vee wordt uitgesloten. Daarnaast dient ook de begrazing door watervogels, in ieder geval gedurende de eerste jaren van ontwikkeling en vestiging, zoveel mogelijk te worden beperkt. Dit kan gerealiseerd worden door middel van een gericht peilbeheer tijdens de periode van ondergrondse begrazing (hoofdstuk 4). Daarnaast kunnen aanvullende beheersmaatregelen zoals het uitrasteren van oevergebieden voor watervogels of het treffen van bodembeschermende maatregelen en taludverflauwing worden toegepast.

4 Perspectief voor helofytenontwikkeling

Na een korte bespreking van de belangrijkste sturende factoren voor helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer zullen in dit hoofdstuk de kansen voor helofytenontwikkeling bij vier verschillende peilbeheerscenario's worden ingeschat. Bij de eerste drie peilscenario's wordt er van uitgegaan dat het peilverloop eenmalig ingesteld wordt. Daarnaast wordt een scenario gepresenteerd waar het peilbeheer als gerichte beheersmaatregel wordt gebruikt ten behoeve van helofytenontwikkeling. Van elk scenario wordt op basis van de neerslag- en verdampingsgegevens van de periode 1990 tot en met 1999 een simulatie gepresenteerd van het waterpeilverloop. Daarnaast is het verloop van het zoutgehalte op verschillende hoogtelijnen gesimuleerd. Voor de verschillende peilscenario's zal vervolgens de invloed van het zoutgehalte van de bodem en begrazing door herbivore watervogels op de helofytenontwikkeling worden besproken. Tenslotte wordt voor elk scenario de verwachte ontwikkeling van oevervegetatie weergegeven. De resultaten en conclusies van de voorgaande rapportage (Tosserams *et al.*, 1997) zijn hierbij zoveel mogelijk als uitgangspunt genomen.

4.1 Sturende factoren ten aanzien van helofytenontwikkeling

De ontwikkeling van oevervegetatie in het Volkerak-Zoommeer wordt bepaald door zowel abiotische als biotische factoren. Het onderzoek dat de afgelopen vier jaar plaatsvond, heeft duidelijk gemaakt welke factoren van primair belang zijn en welke factoren minder bepalend zijn.

Voor de ontwikkeling van een brede strook oevervegetatie is een geleidelijke overgang van een droge naar een natte situatie met een uitgebreide plas-dras zone optimaal. In een dergelijke zone ontstaan optimale condities voor de kieming, vestiging en vegetatieve uitbreiding van oeverplanten. Een dergelijke vestigingszone kan gerealiseerd worden door middel van een fluctuerend waterpeil met relatief hoge waterstanden in de winter en relatief lage waterstanden in de zomer. De breedte van deze zone wordt bepaald door het verschil tussen zomer- en winterpeil en de hellingshoek van het talud. Een geleidelijke peilverlaging in het voorjaar als gevolg van het verdampingsoverschot zorgt voor optimale kiemings- en vestigingscondities voor helofyten. Van belang tijdens de vestiging van de helofyten zijn het chloridegehalte van de bodem en begrazing.

In de buitendijkse gebieden van het Volkerak-Zoommeer, waar begrazing door vee is uitgesloten, wordt de vegetatie-ontwikkeling van de oevergebieden met name bepaald door het zoutgehalte van de bodem. Als gevolg van het estuariene verleden is in deze gebieden namelijk nog veel zout in de bodem aanwezig. De resultaten van 'Planten in de Peiling' laten duidelijk zien dat in gebieden die niet regelmatig onder directe invloed staan van het water, het chloridegehalte van de bodem bepalend is voor de uitbreiding van oevervegetatie naar hoger gelegen oevergebieden. Gedurende droge zomerperioden kan als gevolg van verdamping het chloridegehalte in de bovenste bodemlaag van de hoger gelegen oevergebieden sterk stijgen. Dit heeft tot gevolg dat de vegetatie op deze plaatsen wordt gedomineerd door zoutminnende planten-

soorten. Bij hoge chlorideconcentraties ($> 15 \text{ g l}^{-1}$) is Zeekraal dominant. Wanneer de chlorideconcentratie afneemt, wordt Zulte dominant. De ontwikkeling van oevervegetatie komt pas goed op gang wanneer de chlorideconcentratie beneden 10 g l^{-1} is gedaald. In eerste instantie zullen Heen en Riet zich ontwikkelen. Wanneer de chlorideconcentratie verder daalt, verschijnen ook biezen en tenslotte ook de meest zoutgevoelige soorten als lisdodde. Optimale ontwikkeling van helofyten wordt pas verwacht wanneer de doorwortelde bodemlaag volledig is ontzilt (chlorideconcentratie $< 1 \text{ g l}^{-1}$). Modelberekeningen (van Rooij & Groen, 1996) geven aan dat het voor de hoger gelegen delen van de oeverzone nog meer dan 40 jaar zal duren voordat volledige ontzilt van het bodemprofiel tot een diepte van 0,80 m is opgetreden.

De aanwezigheid van steilrandjes en golfslag kunnen ook een belangrijke rol spelen in de uitbreiding van oevervegetatie. Toch zijn deze abiotische factoren voor de ontwikkeling en uitbreidingspotentie van een helofytenvegetatie in het Volkerak-Zoommeer minder bepalend dan het chloridegehalte van de bodem. Steilrandjes worden aangetroffen langs het overgrote deel van de oevergebieden. Ook op de aangelegde eilanden heeft afslag van oevers plaatsgevonden. Door de aanwezigheid van deze steilranden zijn de kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten beperkt tot een smalle, ontzilde zone van enkele meters rond de waterlijn (hoofdstuk 2). Wanneer eenmaal vestiging van oevervegetatie heeft plaatsgevonden is de aanwezigheid van een steilrandje niet beperkend voor de vegetatieve uitbreiding van de oevervegetatie in de richting van het water. Dit is door het onderzoek bevestigd, aangezien in het onbegraasde deel van het referentievak op de Krammerse Slikken,

Foto 27
Door oevererosie zijn steilranden ontstaan.



ondanks de aanwezigheid van een steilrandje, wel degelijk vegetatieve uitbreiding van oevervegetatie richting dieper water plaatsvond.

Opmerkelijk was dat de uitbreiding stopte bij het raster. Dit benadrukt nogmaals het feit dat de verdere vegetatieve uitbreiding van helofyten richting dieper water voornamelijk verhinderd wordt als gevolg van begrazing door herbivore watervogels. Overigens kan in relatie tot de functie van helofyten als mogelijke paai- en schuilplaats voor vis de aanwezigheid van een steilrandje gunstig zijn, omdat in geval van helofyten-uitbreiding richting water al op betrekkelijk korte afstand van de oever grotere waterdieptes worden bereikt (Rommelzwaal *et al.*, 1998).

Ook de factor golfslag is in het Volkerak-Zoommeer niet dermate bepalend dat deze de uitbreiding van oevervegetatie in de richting van dieper water verhindert. Verreweg het grootste deel van de buitendijkse gebieden is beschermd tegen oevererosie door de aanleg van vooroeververdedigingen (Rommelzwaal *et al.*, 1998). Hierdoor is de invloed van golfslag op de ontwikkeling van oevervegetatie beperkt. Dit wordt bevestigd door de uitbreiding van de helofytenvegetatie richting dieper water, binnen het omgaasde deel van het referentievak op de Krammerse Slikken.

De belangrijkste biotische factor die bepalend is voor de helofyten-ontwikkeling is begrazing door herbivoren. In het Volkerak-Zoommeer zijn dit de grote grazers die ten behoeve van het beheer van de oevergebieden worden ingezet en de herbivore watervogels. Op grond van de resultaten uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat wanneer grote grazers toegang hebben tot de oevergebieden, geen ontwikkeling van oevervegetatie plaats kan vinden. Ook de begrazing door herbivore watervogels kan een bepalende rol spelen bij de vegetatie-ontwikkeling in wetlands (Amat, 1995; Esselink *et al.*, 1997; Vulink & van Eerden, 1998). Het onderzoek heeft duidelijk aangetoond dat deze groep van watervogels ook in het Volkerak-Zoommeer van grote invloed is op de vegetatie-ontwikkeling van de oevergebieden. Gedurende de zomerperiode worden de nieuwe uitlopers van helofyten begraasd, waardoor op plaatsen waar helofytenontwikkeling op de oever heeft plaatsgevonden, geen verdere uitbreiding in de richting van dieper water plaatsvindt. Gedurende de winterperiode worden de ondergrondse delen van overstromde helofyten opgegraven door ganzen. De lengte van de periode waarin begrazing door ganzen plaatsvindt, wordt grotendeels bepaald door het aanbod van voedsel op de aangrenzende landbouwgronden. De laatste jaren is de verblijftijd van de populatie Grauwe ganzen sterk toegenomen. Hierdoor is in gebieden waar begrazing door vee werd uitgesloten de helofytenontwikkeling alleen mogelijk in een smalle, ontzilte zone in de directe omgeving van de waterlijn, die tijdens de winterperiode niet overstromt.

Concluderend kan worden gesteld dat naast het chloridegehalte van de bodem, begrazing door vee bepalend is voor de uitbreidingsmogelijkheden van oevervegetatie naar de hoger gelegen oeverdelen. De uitbreidingsmogelijkheden voor oevervegetatie in de richting van dieper water worden in het Volkerak-Zoommeer met name door de factor begrazing bepaald. De kansen voor het ontstaan van een duurzame, geïnundeerde helofytenvegetatie zullen dan ook toenemen wanneer de invloed van beide factoren afneemt of kan worden opgeheven. Dit kan onder andere worden gerealiseerd middels een gericht peilbeheer, of een combinatie van peilbeheer en andere beheersmaatregelen.

4.2 Peilbeheer als vast gegeven

Bij de in deze sectie besproken peilscenario's kan het peilverloop gezien worden als een vast gegeven. Dit wil zeggen dat volgend op het peilbesluit direct een vast peilverloop wordt ingesteld. Net als in de vorige rapportage zullen drie mogelijke peilscenario's de revue passeren. Als eerste worden de verwachte effecten van een vast waterpeil op de helofytenontwikkeling besproken. Vervolgens worden twee 'meer natuurlijke' peilvarianten behandeld. Hierbij wordt het waterpeil bepaald door neerslag en verdamping. Voor elk peilscenario wordt het verloop van de zoutconcentratie op verschillende hoogtelijnen gesimuleerd en wordt de verwachte helofytenontwikkeling ingeschat, rekening houdend met vraat door herbivore watervogels en het uitsluiten van begrazing door vee. Indien noodzakelijk, wordt aangegeven welke aanvullende beheersmaatregelen noodzakelijk zijn om de gewenste ontwikkeling van de helofytenvegetatie te realiseren.

4.2.1 Vast waterpeil op NAP 0 m

Tot 1996 was er in het Volkerak-Zoommeer sprake van een peilbeheer waarbij een vast waterpeil (NAP 0 m) werd nagestreefd. Wanneer dit peilbeheer in de toekomst zou worden voortgezet, zal het bestaande areaal helofyten constant blijven of zich slechts zeer langzaam uitbreiden (figuur 4.1). De beperkte uitbreiding van de helofytenvegetatie bij deze variant is het gevolg van een aantal factoren.

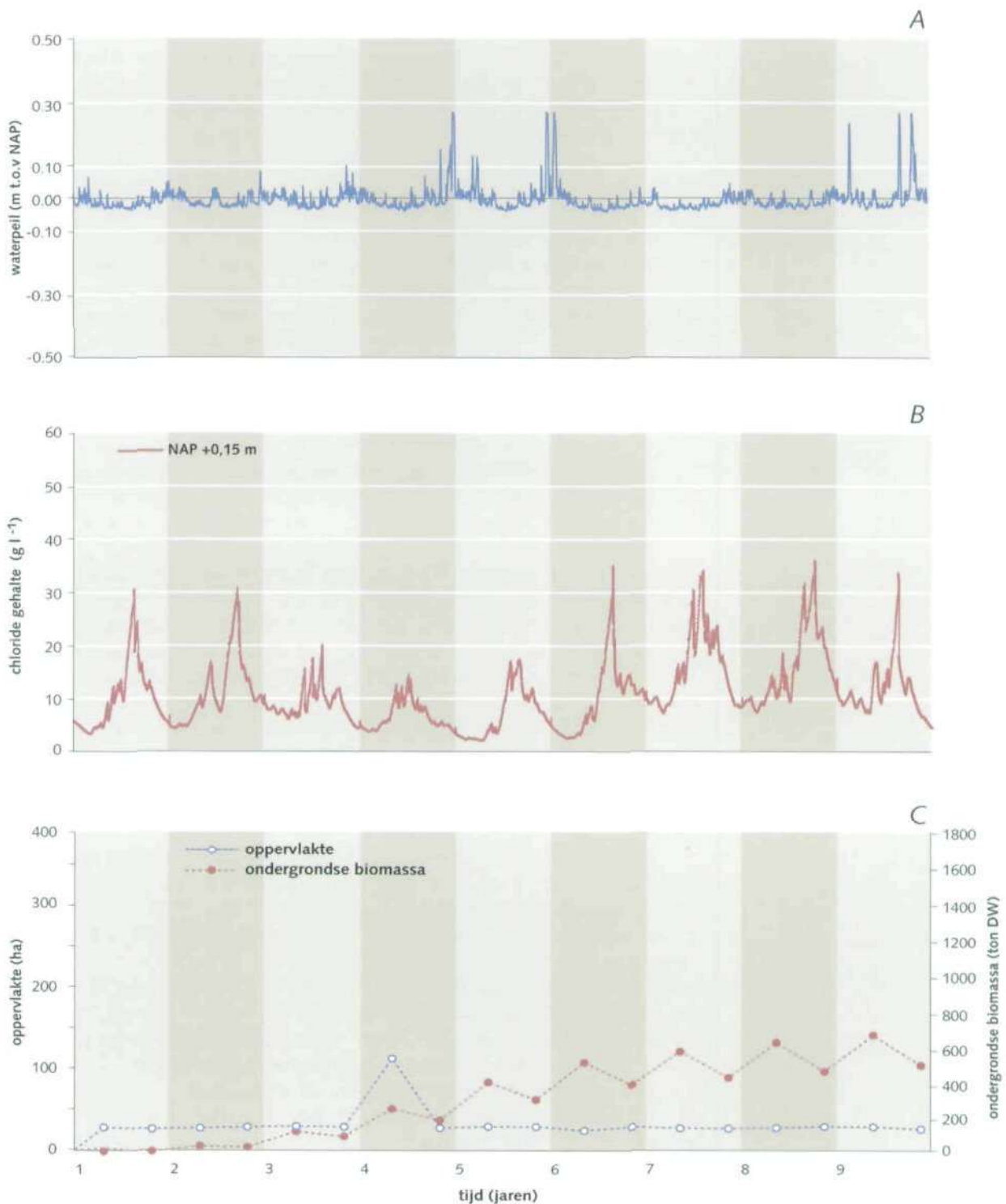
In de eerste plaats speelt het chloridegehalte van de bodem een belangrijke rol (figuur 4.1b). De chlorideconcentraties van de oeverdelen die na afsluiting van het Volkerak-Zoommeer in 1987 droogvielen, zijn nog dermate hoog dat helofytenontwikkeling slechts in een smalle zone rond de waterlijn mogelijk is. Verdere uitbreiding van deze zone is afhankelijk van de ontziltingssnelheid van de drooggevalen gronden.

De chlorideconcentratie in de bodem op de laag gelegen slikken, waar nog relatief veel zout in het bodemprofiel aanwezig is, is sterk afhankelijk van de klimatologische omstandigheden. In een zomer met een normaal neerslagpatroon is de chlorideconcentratie in de wortelzone (ongeveer 0,10 m beneden maaiveld) volgens berekeningen maximaal 15 g l^{-1} (Slager & Groen, 1995). Het oppervlak met deze concentratie blijft beperkt tot ongeveer 25% van het totale gebied. Gedurende droge periodes, zoals in de droge zomers van 1995 en 1996, kan de chlorideconcentratie in het doorwortelde bodemprofiel sterk stijgen. Onder deze omstandigheden stijgt de chlorideconcentratie van de doorwortelde bodem op ongeveer de helft van de drooggevalen oevers tot meer dan 10 g l^{-1} (Slager & Groen, 1995), waardoor de groei van helofyten sterk wordt belemmerd. De literatuurstudie van ter Heerdt (1995) en de onderzoeksgegevens laten zien dat alleen Riet en Heen zich onder deze omstandigheden kunnen handhaven. Verdere uitbreiding vindt echter niet plaats.

De grenswaarde voor ontzilting is 1 gCl l^{-1} (Groen & Slager, 1993). Wanneer de bodem tot een diepte van ongeveer 0,80 m is ontzilt, wordt aangenomen dat het eventueel dieper in het profiel aanwezige zout niet meer tot in het wortelmilieu van de helofyten kan doordringen. De helofytenontwikkeling zal dan ook gedurende de zomerperiode geen nadelige gevolgen ondervinden van zout. Bij een vast waterpeil op NAP 0 m duurt het langer dan 10 jaar, voordat de chlorideconcentratie van de wortelzone in het hele gebied van NAP 0 m tot NAP +0,15 m permanent beneden 10 g l^{-1} zal zijn gedaald en uitbreiding van de minder zoutgevoelige

Figuur 4.1

Berekend peilverloop (A), chlorideconcentratie van de bodem (B) en de helofytenontwikkeling (C), aangenomen dat een vast peil van NAP 0 m is ingesteld. Voor de berekening van het peilverloop zijn de waterbalansgegevens gebruikt over de periode 1990-1999. Het verloop van de chlorideconcentratie van de bodem werd berekend met het model SWATRE. Voor de simulatie van de helofytenontwikkeling is aangenomen dat er in de uitgangssituatie nog geen helofytenvegetatie aanwezig is en dat begrazing door vee in de oevergebieden is uitgesloten.



helofyten Riet en Heen kan plaatsvinden. Optimale ontwikkeling van helofyten wordt pas verwacht wanneer de doorwortelde bodemlaag volledig is ontzilt. Modelberekeningen (van Rooij & Groen, 1996) geven aan dat het voor dit deel van de oeverzone nog meer dan 40 jaar zal duren voordat volledige ontziling van het bodemprofiel tot een diepte van 0,80 m is opgetreden.

Naast de hoge chlorideconcentraties in de bodem van de oevergebieden vormt voor dit peilsценario ook de aanwezigheid van een steilrand een beperking voor de generatieve uitbreiding van een helofytenvegetatie. Deze steilrand wordt aangetroffen langs het overgrote deel van de oevergebieden en op de aangelegde eilanden. Hoewel vegetatieve uitbreiding niet wordt belemmerd door de aanwezigheid van een steilrandje, zijn bij een vast peil op NAP 0 m de kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten beperkt tot een smalle zone van enkele meters rond de waterlijn. Voor de optimale ontwikkeling van een brede strook oevervegetatie is een geleidelijke overgang van een droge naar een natte situatie met een uitgebreide plas-dras zone gewenst.

Tenslotte speelt begrazing door watervogels een belangrijke rol. Gezien de ontwikkeling van het aantal vogeldagen wordt bij een vast peil van NAP 0 m geen uitbreiding van helofyten richting ondiep water verwacht. De helofytenontwikkeling zal zich blijven beperken tot een smalle zone rond de waterlijn, maar alleen dan wanneer begrazing door vee wordt uitgesloten. Aangezien de zone boven NAP 0 m gedurende de winter droog blijft, vindt er geen begrazing van ondergrondse delen plaats door ganzen. Hierdoor kan de ondergrondse biomassa van de helofyten in deze zone geleidelijk toenemen (figuur 4.1c). Van een geïnundeerde helofytenvegetatie is echter in het geheel geen sprake. De helofytenzone die uiteindelijk ontstaat, bestaat enkel uit droog rietland.

Samenvattend kan worden gesteld dat bij een vast waterpeil van NAP 0 m, door de aanwezigheid van de steilrand in combinatie met de nog relatief hoge chlorideconcentratie in het wortelmilieu van de oeverzone en vraat door (vee en) herbivore watervogels, uitbeiding van de bestaande helofytenvegetatie niet of slechts in zeer beperkte mate mogelijk is. Het streefbeeld van 300-500 ha geïnundeerde helofytenvegetatie zal niet gerealiseerd worden zonder aanvullende beheersmaatregelen.

4.2.2 Fluctuerend waterpeil tussen NAP +0,15 m en -0,10 m

In maart 1996 is, vooruitlopend op het peilbesluit voor het Volkerak-Zoommeer dat in 2000 zal worden genomen, een 'meer natuurlijk' interimpeil ingesteld. Het waterpeil van het meer kan hierbij afhankelijk van neerslag en verdamping fluctueren tussen een maximum peil van NAP +0,15 m en een minimum peil van NAP -0,10 m. Het totale oppervlak (inclusief de eilandjes) van de oeverzone dat door dit peilbeheer zal worden beïnvloed, bedraagt naar schatting 182 ha (tabel 4.1).

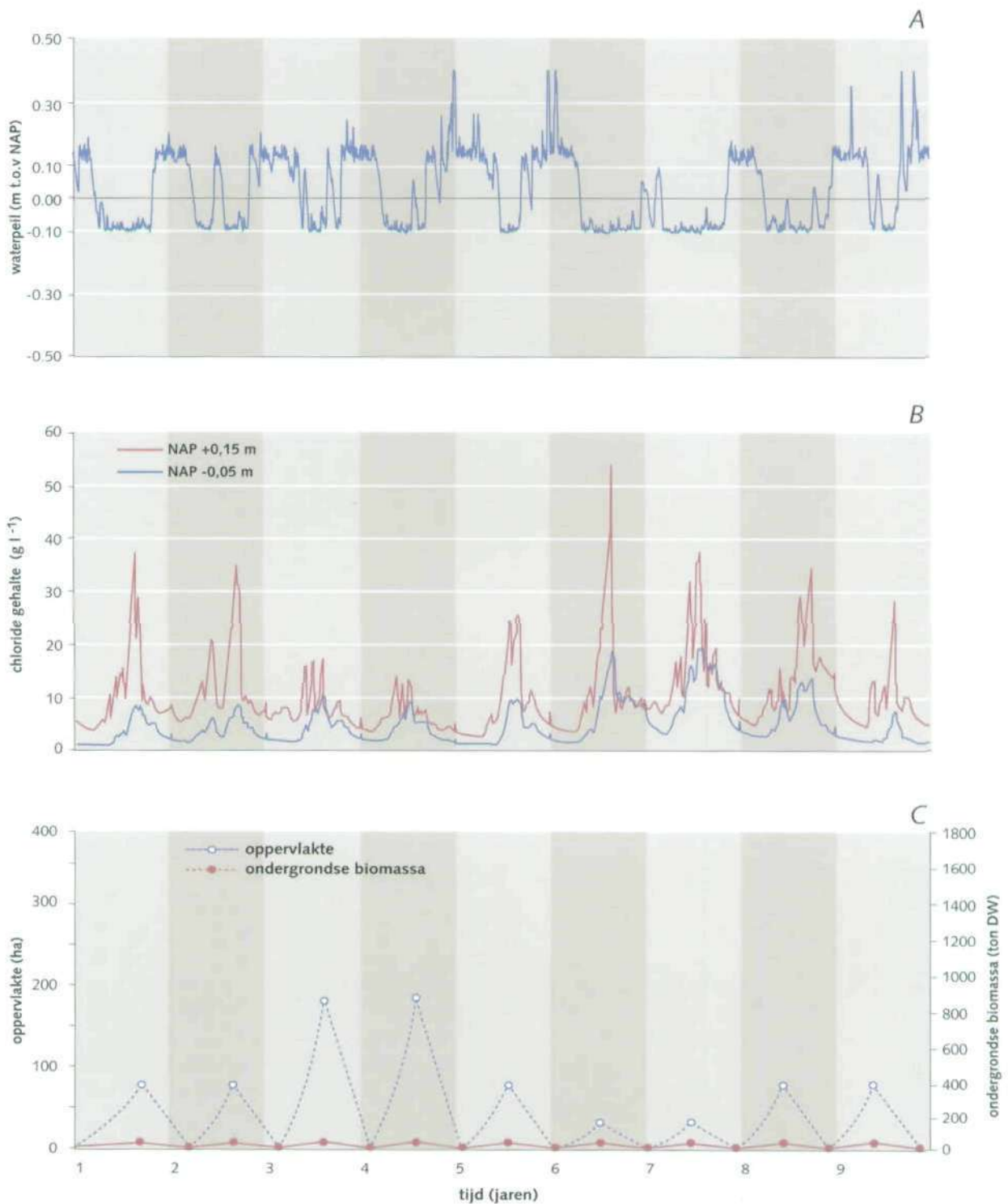
De verwachting ten aanzien van helofytenontwikkeling, wanneer het interimpeil zou worden voortgezet, verschilt niet veel van de situatie die is geschetst voor het vaste waterpeil van NAP 0 m. Ook bij dit peilverloop zal nagenoeg geen helofytenontwikkeling op gang komen (figuur 4.2).

Dit wordt onder andere veroorzaakt door de hoge chlorideconcentratie van de bodem in de zone tussen NAP 0 m en NAP +0,15 m (figuur 4.2b). Ontziling vindt voornamelijk plaats doordat gedurende de winterperiode chloride naar diepere bodemlagen wordt getransporteerd via indringing van regenwater. Als de zone tot NAP +0,15 m overstroomt gedurende de winterperiode, kan echter geen indringing van regenwater optreden. De ontziling van de bovenste bodemlaag in deze zone zal

.....
Figuur 4.2

Berekend peilverloop (A), chlorideconcentratie van de bodem (B) en de helofytenontwikkeling (C), aangenomen dat een peilverloop wordt ingesteld dat afhankelijk van neerslag en verdamping fluctueert tussen NAP +0,15 m en NAP -0,10 m.

Voor overige informatie zie figuur 4.1.



alleen als gevolg van diffusie kunnen plaatsvinden. Diffusie is echter een betrekkelijk traag verlopend proces. Gedurende drogere zomers kan het zoutgehalte van de bovenste bodemlaag dan ook weer oplopen, doordat middels verdamping zout vanuit diepere bodemlagen naar het oppervlak wordt getransporteerd. Hoewel de chlorideconcentratie van de bovenste bodemlaag in de zone van NAP 0 m tot NAP +0,15 m onder normale klimatologische omstandigheden relatief snel zal dalen, zal het ook voor dit scenario nog ongeveer 40 jaar duren voordat het doorwortelde bodemprofiel permanent ontzilt zal zijn.

In de zone tussen NAP 0 m en NAP -0,10 m is de chlorideconcentratie van de bodem als gevolg van de invloed van het meerwater al tot op grotere dieptes relatief laag. De chlorideconcentratie zal hier dan ook niet meer extreem oplopen, er van uitgaande dat deze oeverzone onder directe invloed blijft van het oppervlaktewater. Gedurende langdurige drogere perioden kan de chlorideconcentratie ook in deze zone nog aanzienlijk stijgen (figuur 4.2b)

Als gevolg van de aanwezigheid van een steilrand langs grote delen van de oevergebieden (inclusief de aangelegde eilanden) blijft het oppervlak waar nieuwe kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten ontstaan beperkt tot 76 ha (tabel 4.1). Bij een waterpeil van NAP -0,10 m zou de maximale breedte van de plas-dras zone in het proefgebied op de Krammerse Slikken slechts 1,5 m bedragen. Het is mogelijk dat, als gevolg van de toegenomen hydrodynamiek, de morfologie van de oevers verandert, waardoor de omstandigheden voor helofytenontwikkeling verbeteren. Er is echter nog onvoldoende informatie beschikbaar om aan te geven in welke mate een fluctuerend peilverloop invloed heeft op de morfologie van de oevers in het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 4.1
Het oppervlak (in hectares) van verschillende hoogtezones (in m NAP).

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

Ook bij deze peilvariant zal de begrazing door vee en herbivore watervogels de helofytenontwikkeling in sterke mate sturen. Zelfs wanneer begrazing door vee totaal wordt uitgesloten, zal de helofytenvegetatie gezien het huidige aantal herbivore watervogels en de verwachte toename op de lange termijn (Boudewijn, 1997) zich nauwelijks richting ondiep water kunnen uitbreiden. In het najaar staat de vegetatie op plaatsen waar enige helofytenontwikkeling heeft kunnen plaatsvinden bloot aan begrazing door watervogels. Met name de ondergrondse delen van de geïnundeerde helofyten worden in deze periode benut. In tegenstelling tot de situatie bij vast peil zal bij het maximum peil van NAP +0,15 m ook de reeds bestaande helofytenvegetatie beschikbaar komen voor watervogels. Omdat het maximale verschil tussen zomer- en winterpeil ongeveer 0,25 m bedraagt, zijn de ondergrondse delen van de helofyten in de gehele zone van NAP -0,10 m tot +0,15 m goed bereikbaar

voor herbivore watervogels. De helofyten die zich gedurende de zomer hebben gevestigd, zullen gedurende de winter door begrazing worden verwijderd (figuur 4.2c).

4.2.3 *Fluctuerend waterpeil tussen NAP +0,15 m en -0,30 m*

Ook bij een meer natuurlijk peilbeheer waarbij de waterstand in afhankelijkheid van neerslag en verdamping mag fluctueren tussen NAP +0,15 m en NAP -0,30 m, zal de ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenzone waarschijnlijk gering zijn (figuur 4.3).

Ontziltling van de bovenste 0,10 m van de bodem in de zone van NAP 0 m tot NAP +0,15 m gebeurt bij inundatie gedurende de winterperiode alleen door diffusie van chloride naar de waterkolom. De ontziltling van het gehele bodemprofiel gaat bij dit peilverloop wel sneller dan bij de vorige scenario's, aangezien gedurende een deel van het jaar het waterpeil en de daarmee samenhangende grondwaterstand lager is. Er kan gedurende deze periode meer regenwater door het bodemprofiel dringen, waardoor chloride naar diepere bodemlagen wordt getransporteerd. Ook voor dit scenario geldt echter dat het nog vele jaren zal duren voor de bodem in deze zone tot een diepte van 0,80 m is ontzilt.

Aangezien dit deel van de oever gedurende de winter overstromt, vindt geen indringing van regenwater plaats. De helofytenontwikkeling zal hier dan ook in eerste instantie beperkt blijven, doordat het zoutgehalte van de bodem groei van helofyten vooralsnog belemmert (hoofdstuk 2). Wanneer de bovenste bodemlaag van deze zone voldoende is

Foto 28

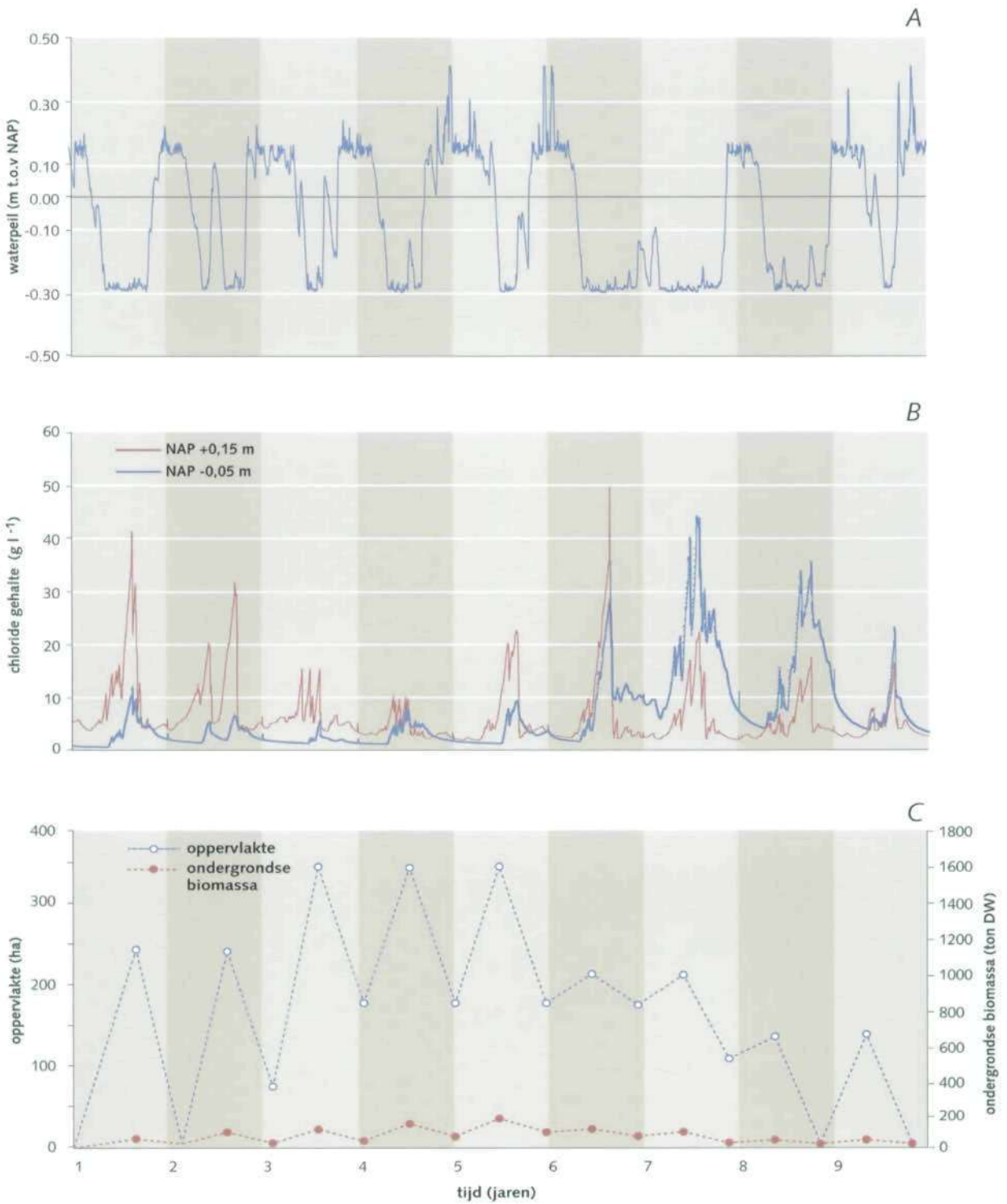
De aanwezigheid van grote grazers verhindert de helofytenontwikkeling.



Figuur 4.3

Berekend peilverloop (A), chlorideconcentratie van de bodem (B) en de helofytenontwikkeling (C), aangenomen dat een peilverloop wordt ingesteld dat afhankelijk van neerslag en verdamping fluctueert tussen NAP +0,15 m en NAP -0,30 m.

Voor overige informatie zie figuur 4.1.



ontzilt, kan uitbreiding van de helofytenvegetatie plaatsvinden. Het is echter wel mogelijk dat de uitbreiding in deze zone gedurende droge zomerperioden, waarin het waterpeil daalt tot NAP -0,30 m, wordt beperkt door droogte en oplopende zoutgehaltes als gevolg van nalevering van chloride uit diepere bodemlagen (figuur 4.3b).

In tegenstelling tot de reeds besproken scenario's zal de mogelijkheid voor kieming en vestiging van helofyten in de zone van NAP 0 m tot NAP -0,30 m toenemen. Bij dit peilscenario zal namelijk een maximaal oppervlak van circa 248 ha droogvallen (tabel 4.1). Het totale oppervlak van de oeverzone (inclusief de eilandjes) dat door dit peilbeheer zal worden beïnvloed, bedraagt naar schatting 354 ha (tabel 4.1). Omdat de plas-dras zones die rond de eilanden zijn aangelegd een maximale diepte van 0,2 m hebben, zullen deze bij een peil van NAP -0,30 m volledig droogvallen. Bij langdurig droog weer zullen deze zones mogelijk minder geschikt zijn als kiemings- en vestigingsplaats voor helofyten. Omdat de hellingshoek van het oevertalud aan de randen van de aangelegde plas-dras zone snel toeneemt, is het oppervlak nieuwe plas-dras zone bij een minimum peil van NAP -0,30 m relatief gering (tabel 4.1).

De vegetatiesamenstelling zal in sterke mate bepaald worden door het tijdstip van droogvallen. Tijdens een nat voorjaar wordt het minimale peil pas eind juni bereikt (figuur 4.3a), terwijl dit onder droge omstandigheden al eind april het geval is. Ook langdurige droge perioden komen voor. Het peil blijft dan voortdurend beneden NAP -0,15 m, terwijl gedurende andere perioden het minimale waterpeil slechts gedurende korte tijd wordt gehaald (figuur 4.3a). De uiteindelijke structuur en uitbreiding van de helofytenvegetatie op de droogvallende oevergebieden zullen bij

Foto 29
Begraasde helofyten op drooggevallen oever.



een fluctuerend peilverloop dan ook in sterke mate afhankelijk zijn van de klimatologische omstandigheden.

Ook de chlorideconcentratie van de drooggevalen waterbodem zal afhankelijk zijn van de weersomstandigheden. Gedurende droge zomers zal de chlorideconcentratie in de bodem als gevolg van verdamping sterk toenemen (figuur 4.3b; hoofdstuk 2). Helofytenontwikkeling zal alleen plaatsvinden in de oeverzone die gedurende het grootste deel van het jaar onder directe invloed van het water staat en dus vochtig en zoet blijft. Hoe vaker de drooggevalen waterbodem overstromt des te groter de kansen voor helofyten. Als gevolg van neerslag, verdamping en opwaaiing, varieert het waterpeil langs de oevers voortdurend. Hierdoor zal afhankelijk van de ligging en het oevertalud een deel van de drooggevalen oevers regelmatig overstromen. De chlorideconcentratie in de bovenste bodemlagen van deze oevergebieden zal dan ook gedurende droge zomerperioden niet extreem oplopen, waardoor helofytenontwikkeling mogelijk blijft. Uit berekeningen blijkt dat op de Krammerse Slikken bij een minimum zomerpeil van NAP -0,30 m de oeverzone die geregeld overstromt als gevolg van optredende peilfluctuaties ongeveer 40 m zal bedragen (van Manen, 1999). De breedte van deze geregeld overstromde oeverzone neemt snel af naarmate de ondergrens van het zomerpeil wordt verhoogd (zie 2.2.2).

Hoewel tijdens de zomerperiode kieming en vestiging van helofyten mogelijk is, zal de overleving van de zaailingen afhangen van een aantal factoren. In de eerste plaats zijn tijdens het stijgen van het peil in het najaar zowel de boven- als ondergrondse delen van alle zaailingen tijdelijk beschikbaar voor herbivore watervogels. Ook kan door de werking van golfslag plantenmateriaal worden uitgespoeld. Daarnaast hangt de overleving van de zaailingen af van de bereikte lengte gedurende het eerste groeiseizoen. Van Riet en Iisdodde is bekend dat aangevreten of afgebroken planten na inundatie in het najaar (of voorjaar) niet zullen overleven doordat de luchtholtes zich vullen met water en de plant als het ware 'verdrinkt'. Planten die in de zomer in de nabijheid van de waterlijn (NAP -0,30 m) zijn ontkiemd, zullen dus minimaal 0,45 m lang moeten zijn om een winterinundatie te kunnen overleven. Het hangt dus sterk af van de in het eerste groeiseizoen bereikte lengte en de begrazingsdruk in het najaar en het voorjaar of de helofyten zich in het volgende groeiseizoen kunnen uitbreiden.

Gezien het huidige aantal herbivore watervogels en de verwachte toekomstige aantalstoename (Boudewijn, 1997), wordt gedurende de zomerperiode nauwelijks uitbreiding verwacht van de helofytenzone richting dieper water (NAP < -0,30 m). Als gevolg van het neerslagoverschot zal het waterpeil gedurende het najaar normaal gesproken stijgen (tot maximaal NAP +0,15 m). Afhankelijk van de klimatologische omstandigheden staan de ondergrondse delen van alle nieuw gevestigde helofyten tijdens het stijgen van het waterpeil gedurende kortere of langere tijd bloot aan begrazing door watervogels. Ook de al aanwezige helofyten in de zone van NAP 0 m tot NAP +0,15 m zijn dan beschikbaar voor watervogels. De waterdiepte op de standplaats en de worteldiepte bepalen of de ondergrondse delen van de helofytenvegetatie wel of niet beschikbaar zijn voor watervogels. Aangenomen kan worden dat de ondergrondse delen van gevestigde helofyten tot een waterdiepte van 0,50 m benut zullen worden door watervogels. Opgemerkt dient te worden dat de uiteindelijke begrazingsdruk ook sterk afhankelijk zal zijn van het voedselaanbod op de aangrenzende landbouwgronden (hoofdstuk 3). Hoewel een groot areaal voor helofytenontwikkeling beschikbaar is bij dit peilsce-

nario, zal de totale biomassa-productie relatief gering zijn als gevolg van de uitgeoefende begrazingsdruk (figuur 4.3c)

Concluderend kan worden gesteld dat bij een peilbeheer met fluctuerende waterstanden tussen NAP +0,15 m en NAP -0,30 m, het afhankelijk zal zijn van de klimatologische omstandigheden, de begrazingsdruk en de standplaats en lengte van de jonge helofyten, of een duurzame geïnundeerde helofytenzone kan ontstaan. Gebaseerd op de huidige kennis wordt verondersteld dat (ook bij dit peilscenario) zonder aanvullende beheersmaatregelen, het streefbeeld van 300-500 ha geïnundeerde helofytenvegetatie, niet zal worden gerealiseerd.

4.2.4 Aanvullende beheersmaatregelen

Het gewenste areaal helofyten zal bij de bovengenoemde peilbeheerscenario's niet op korte termijn tot ontwikkeling komen. Aanvullende beheersmaatregelen zullen daardoor noodzakelijk zijn om de gewenste helofytenontwikkeling te laten plaatsvinden. Hierbij kan gedacht worden aan het uitrasteren van oevergebieden tegen watervogels, het treffen van bodembeschermende maatregelen om vraat van de ondergrondse plantdelen te voorkomen en het aanplanten van helofyten. In deze paragraaf zullen de aanvullende beheersmaatregelen de revue passeren. Aangenomen wordt dat in alle gebieden waar dergelijke maatregelen worden getroffen begrazing door vee is uitgesloten. Tenslotte zal voor elk bovengenoemd scenario de extra beheersinspanning worden ingeschat en zal worden aangegeven in welke gebieden deze maatregelen toegepast kunnen worden.

Aanplanten van helofyten

Teneinde een versnelde ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie te bewerkstelligen is het, naast het instellen van een meer natuurlijk peilbeheer waardoor de kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten toenemen, tevens mogelijk helofyten aan te planten. Zoals gezegd is dit met name van belang bij een peilbeheer met een vast waterpeil of met een betrekkelijk kleine amplitude ($\leq 0,25$ m) tussen zomer- en winterpeil. Inzaaien van helofyten behoort ook tot de mogelijkheden, maar het succespercentage van deze methode is beduidend lager dan bij aanplant. Voor peilscenario's met een grotere amplitude tussen zomer- en winterpeil zou zaaien in combinatie met aanplant kunnen worden toegepast. Het zaaien dient dan te gebeuren in de zone die gedurende langere tijd plas-dras is. Op deze locatie zijn de kiemings en vestigingsmogelijkheden voor de helofyten optimaal.

Wanneer tot aanplant wordt overgegaan heeft het de voorkeur om gebiedseigen materiaal te gebruiken. De helling van de oever moet stabiel zijn en op fijne zandgronden, zoals in het Volkerak-Zoommeer, niet steiler zijn dan 1:4 (Simons *et al.*, 1995). Indien de oevervegetatie meer dan een meter breed moet worden is de aanwezigheid van een flauwe oever vereist. De plas-dras gebieden rond de aangelegde eilanden zouden eventueel als proeflocatie voor helofytetaanplant kunnen worden gebruikt.

Vanwege de zandige bodem en het lage organisch stofgehalte van de oevergebieden in het Volkerak-Zoommeer, zal de ontwikkelingstijd van Riet en biezengrassen ongeveer twee jaar in beslag nemen. De planten moeten bij voorkeur in de periode maart-april worden aangeplant in de directe nabijheid van de waterlijn. Een waterdiepte van 5 tot 20 centimeter wordt aanbevolen (Simons *et al.*, 1995), maar aanplant in een plas-dras situatie is ook mogelijk. Hoewel alle in dit rapport besproken helofyten-

soorten in monocultuur kunnen worden aangeplant, heeft menging van diverse helofyten vanuit ecologisch standpunt de voorkeur.

De kansen voor de verdere ontwikkeling van aangeplant materiaal zijn afhankelijk van de begrazingsdruk en eventueel optredende zoutstress. Omdat vraat door herbivore watervogels kan worden verwacht, geeft kluitaanplant de meeste kans van slagen (Simons *et al.*, 1995; Rimmelzwaal & Doze, 1999). Tevens is het mogelijk klonen te selecteren die beter bestand zijn tegen begrazing. Uit onderzoek in de Oostvaardersplassen is gebleken dat bepaalde klonen van Riet beter bestand zijn tegen begrazing door ganzen dan andere (persoonlijke mededeling M. van Eerden, RIZA). Het aanplanten van bepaalde genotypen zou dan ook de kans op succes van aanplant doen toenemen. Daarnaast geldt hoe groter het aangeplante areaal geïnundeerde helofyten, des te groter de kans op succes. Het effect van aanplanten kan verder worden verhoogd door het aangeplante oppervlak in eerste instantie uit te rasteren, waardoor vraat door watervogels wordt voorkomen. Wanneer het aangeplante materiaal voldoende is aangeslagen en uitbreiding heeft plaatsgevonden, kan het raster worden verwijderd. Het verwijderen van het raster zou in juni kunnen plaatsvinden, omdat de begrazingsdruk op dat moment relatief gering is.

Afrasteren van oevergebieden

Wanneer vee en watervogels toegang hebben tot de oevergebieden worden helofyten nauwelijks aangetroffen (hoofdstuk 3). Ook wanneer begrazing door vee wordt uitgesloten, kan helofytenontwikkeling alleen plaatsvinden in een smalle zone langs de waterlijn. De uitbreiding richting ondiep water wordt nagenoeg volledig verhinderd door herbivore watervogels. Hierdoor komt de gewenste ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenzone niet op gang.

Het afrasteren van grotere oppervlakten oevergebied tegen watervogels biedt goede mogelijkheden om de ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie in gang te zetten. Wanneer oevergebieden worden uitgerasterd, treedt op relatief korte termijn spontane vestiging van helofyten op binnen deze gebieden (hoofdstuk 3). In de uitgerasterde gebieden is het dan ook niet perse noodzakelijk helofyten aan te planten. Wel zal de vestiging en ontwikkeling van aangeplante helofyten sneller verlopen dan de spontane ontwikkeling.

Foto 30

Schelpen beschermen de helofyten tegen begraving van ondergrondse delen door watervogels.



Binnen drie tot vier jaar zal binnen de rasters, afhankelijk van de locatie, een goed ontwikkelde helofytenzone zijn gevestigd. De rasters kunnen dan verwijderd worden. Zoals gezegd zou het afrasteren van oevergebieden als aanvullende maatregel kunnen worden overwogen bij de peilscenario's die in de vorige paragraaf zijn besproken. Vooral bij peilscenario's met een groter verschil tussen minimum en maximum peil (bijvoorbeeld NAP +0,15 tot NAP -0,20 of -0,30 m) zou de natuurlijke ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie de meeste kans van slagen hebben. Bij dergelijke peilscenario's ontstaan tijdens droge periodes namelijk voldoende mogelijkheden voor kieming en vestiging van helofyten. Hoe groter het oppervlak oever dat regelmatig overstroomt, des te groter het potentiële areaal helofyten. Naast de steilheid van het talud is het verschil tussen zomer- en winterpeil hierbij bepalend voor het uiteindelijke areaal geïnundeerde helofytenvegetatie. Met name bij een peilscenario met een vast peil op NAP 0 m moet tevens aanplant van helofyten overwogen worden om op korte termijn de gewenste uitbreiding en vestiging van helofyten te bewerkstelligen. Voor alle genoemde scenario's geldt dat de kansen ten aanzien van het ontstaan van een geïnundeerde helofytenvegetatie toenemen, naarmate het uitgerasterde oppervlak groter wordt. Door middel van monitoring moet vastgesteld worden of de genomen maatregelen daadwerkelijk hebben geleid tot een duurzame vestiging van een geïnundeerde helofytenzone.

Toepassen van bodembeschermende maatregelen

Op plaatsen waar veel schelpen in de bodem aanwezig zijn, vindt plaatselijk uitbreiding van helofyten richting dieper water plaats. Op deze plaatsen zijn de ondergrondse delen voor de ganzen moeilijker bereikbaar. Naast het uitrasteren van oevergebieden kunnen dan ook bodembeschermende maatregelen worden getroffen. Hierdoor kan de begrazing van de ondergrondse delen van geïnundeerde helofyten gedurende het winterseizoen worden beperkt of voorkomen. Er kunnen verschillende materialen worden toegepast. Voorbeelden zijn open soorten geotextiel van natuurlijk materiaal of zandcementsteen (Remmelzwaal *et al.*, 1998). Zandcementsteen wordt al op verscheidene plaatsen in het Volkerak-Zoommeer als oeverbescherming toegepast. De duurzaamheid van de zandcementsteen is afhankelijk van de fijnheid van het zand, het cementgehalte en de belasting door golfslag. Van belang voor de uitbreiding van de oevervegetatie is dat het materiaal niet te snel afbreekt. Zandcementsteen met 3 - 7% cement moet ter plekke gemaakt worden, wat beperkingen oplegt aan het toepassingsgebied. Aangezien zandcementsteen alkalisch en kalkrijk is, kan dit gevolgen hebben voor de begroeiing op het materiaal zelf en op de plaats waar het materiaal wordt gesneden (Simons *et al.*, 1995).

Overigens zal het toepassen van bodembeschermende maatregelen alleen succesvol zijn, wanneer helofyten worden aangeplant. Daarnaast is het niet op voorhand duidelijk of het vermijden van alleen de ondergrondse begrazing zal leiden tot de gewenste uitbreiding van de aangeplante helofyten, aangezien gedurende de zomerperiode begrazing van nieuwe uitlopers kan plaatsvinden door watervogels.

Verwijderen van steilranden

Voor optimale kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten is een geleidelijke overgang van water naar land gewenst. Deze situatie komt in het Volkerak-Zoommeer nauwelijks voor, doordat als gevolg van het stagnante waterpeil steilranden zijn ontstaan langs grote delen van de oevers. Hoewel de meeste oevers momenteel beschermd worden door

vooroeververdedigingen, is op de meeste plaatsen nog steeds een steilrand aanwezig. Door de aanwezigheid van deze steilranden moet het minimum peil gedurende het groeiseizoen beneden de steilrand worden ingesteld, wil er voldoende oppervlak vrijkomen voor kieming en vestiging van helofyten (zie tabel 4.1). Het zou bij bepaalde peilscenario's (met name bij vast peil op NAP 0 m) overwogen kunnen worden om plaatselijk tot verwijdering van deze steilrand over te gaan. Door het afvlakken van de oevergebieden zullen, ook bij een peilverloop met een relatief kleine amplitude, nieuwe kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten ontstaan. Bij het verwijderen van steilranden heeft het de voorkeur te werken vanaf het water. Werken vanaf de landzijde zal een grotere en mogelijk blijvende negatieve invloed op de ontwikkeling van de oevergebieden hebben.

Zoals besproken zal een geïnundeerde helofytenvegetatie alleen ontstaan, wanneer begrazing door vee en watervogels wordt beperkt of uitgesloten. Naast het verwijderen van steilranden zullen dan ook andere maatregelen moeten worden genomen om het ontstaan van een duurzame, in het water groeiende helofytenvegetatie te kunnen realiseren. Momenteel is het nog onduidelijk welke invloed een fluctuerend peilverloop op de morfologie van de oevergebieden zal hebben en of het verwijderen van steilranden een duurzame maatregel zal zijn. Nader onderzoek naar de invloed van waterpeil op de oevermorfologie en naar de effecten van mechanische afvlakking van steilranden is dan ook aan te bevelen, voordat daadwerkelijk tot deze maatregel wordt overgegaan.

Foto 31

Door het verwijderen van steilranden ontstaan weer natte graslanden.



4.2.5 Conclusies

Het instellen van een vast waterpeil zal niet leiden tot de in de verschillende beleidsnota's genoemde gewenste situatie van 300-500 ha geïnundeerde helofytenvegetatie. Ook wanneer een meer natuurlijk peilverloop zal worden ingesteld is het onwaarschijnlijk dat deze doelstelling op korte termijn gerealiseerd zal worden. Aanvullende beheersmaatregelen zijn dan ook noodzakelijk. In de voorafgaande paragraaf is een aantal beheersmaatregelen genoemd die toegepast zouden kunnen worden. De extra beheersinspanning die nodig is om de beleidsdoelstelling te kunnen realiseren verschilt echter per scenario. Voor een peilscenario met een vast waterpeil zijn meer en andere aanvullende maatregelen noodzakelijk dan voor de peilscenario's met een grotere amplitude tussen zomer- en winterpeil. Voor de meer natuurlijke peilscenario's geldt: hoe groter het verschil tussen zomer- en winterpeil des te minder beheersinspanning is noodzakelijk. Tegelijkertijd zal dan het areaal waarop spontane vestiging en uitbreiding van helofyten kan plaatsvinden groter zijn. Daarnaast is ook de morfologie van de oeverzone op de locatie waar helofytenontwikkeling plaats moet gaan vinden van belang. Op plaatsen waar een steilrand aanwezig is kan eventueel gedacht worden aan het afvlakken van deze steilrand, terwijl dit op andere locaties met een geleidelijk verloop oevertalud niet noodzakelijk is.

Ten aanzien van de meest geschikte locaties voor oevervegetatie-ontwikkeling ligt het voor de hand aan te sluiten bij de in de beheersvisie (Beheerscommissie Kramer-Volkerak, 1991) genoemde gebieden. Oevervegetatie zou met name tot ontwikkeling kunnen komen op de Kramerse Slikken, de Plaat van de Vliet en de Slikken van de Heenwest. Daarnaast zouden ook delen van de aangelegde eilanden en gebieden als de Prinsesseplaat in het Zoommeer, aangewezen kunnen worden voor de ontwikkeling van oevervegetatie. In deze gebieden kan het oppervlak dat bij een fluctuerend waterpeil tussen NAP +0,15 m en NAP -0,10 m in aanmerking komt voor de ontwikkeling van een geïnundeerde helofytenvegetatie, maximaal 152 ha bedragen. Bij een scenario met een waterpeil tussen NAP +0,15 m en NAP -0,30 m is dit zo'n 275 ha. Eventuele aanvullende beheersmaatregelen zouden dan in deze gebieden geconcentreerd kunnen worden.

4.3 Waterpeil als beheersmaatregel

Om de kansen voor helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer te vergroten, zullen met name de negatieve gevolgen van zout en begrazing op de groei van helofyten beperkt moeten worden. Daarnaast zal tevens het areaal waar kieming en vestiging van helofyten kan optreden, uitgebreid moeten worden. De hiervoor besproken peilscenario's voldoen niet of slechts ten dele aan deze voorwaarden. Bij deze scenario's kan het peilbeheer min of meer als een vast gegeven worden beschouwd. Zowel bij scenario's waarbij een vast peil wordt nagestreefd als bij de meer natuurlijke peilscenario's zijn in meer of mindere mate aanvullende beheersinspanningen noodzakelijk om het gewenste areaal helofytenvegetatie te realiseren. Het blijft echter moeilijk op voorhand aan te geven of dergelijke ingrijpende beheersmaatregelen uiteindelijk wel tot de gewenste duurzame vestiging van een geïnundeerde helofytenvegetatie zullen leiden.

In deze paragraaf zal een peilscenario gepresenteerd worden dat specifiek gericht is op oevervegetatie-ontwikkeling. Dat wil zeggen dat

Naast de positieve effecten met betrekking tot begrazing, neemt ook het chloridegehalte op de hogere oeverdelen tijdens de bovengenoemde startfase relatief snel af (figuur 4.4b). Vanwege het lage grondwatervniveau kan regenwater door het bodemprofiel dringen en wordt het zout naar diepere bodemlagen verplaatst. Alleen gedurende langdurige droge periodes zoals in het zesde en zevende jaar, kan de chlorideconcentratie in de bovenste lagen van het bodemprofiel weer toenemen (figuur 4.4b). Op de lager gelegen oeverdelen blijft het chloridegehalte aanvankelijk relatief hoog.

Na de vrij onnatuurlijke startfase die er primair op gericht is de helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer op gang te helpen, kan besloten worden over te gaan op een meer natuurlijk peilverloop met vastgestelde boven- en ondergrenzen. Doordat zich reeds een geïnundeerde helofytenzone heeft gevestigd, kan worden volstaan met minimale waterstanden van bijvoorbeeld NAP -0,20 m en maximale waterstanden van NAP +0,15 m. Het oppervlak dat maximaal droog kan vallen, bedraagt bij dit peilbeheer 161 ha (tabel 4.1). Omdat de chlorideconcentratie in de bodem van de lager gelegen oeverdelen na instelling van een fluctuerend peil laag blijft, kunnen de gevormde helofytenbestanden zich over de gehele zone verder uitbreiden (figuur 4.4c). De reeds gevestigde helofytenvegetatie is tevens beter bestand tegen begrazing en golfslag. Ook zal de lengte van de helofyten voldoende zijn om inundatie gedurende de winterperiode te overleven.

Met behulp van een monitoringsprogramma zou vastgesteld moeten worden of de gevestigde helofytenzone daadwerkelijk duurzaam is. Bovendien kan dan, indien nodig, tijdig worden ingegrepen wanneer ongewenste ontwikkelingen plaatsvinden. Indien noodzakelijk zou de op ontwikkeling van oevervegetatie gerichte startfase herhaald kunnen worden. Dit zou mogelijk kunnen leiden tot een cyclisch peilbeheer, waarbij een periode van 3 tot 4 jaar gericht peilbeheer wordt afgewisseld met een periode van 5 tot 10 jaar met een natuurlijker fluctuerend peil.

Foto 32



Een dergelijk cyclisch peilbeheer is reeds met succes toegepast in de Oostvaardersplassen (Iedema & Kik, 1986; Huijser *et al.*, 1995; Jans & Drost, 1995).

4.4 Conclusie

Samenvattend kan worden gesteld dat het peilbeheer in het Volkerak-Zoommeer er op gericht moet zijn de negatieve gevolgen van het hoge zoutgehalte van de bodem en de begrazing door watervogels en vee op de zich ontwikkelende helofytenvegetatie te beperken. Daarnaast moet vanwege de aanwezigheid van steilranden het minimum peil zodanig laag zijn dat er voldoende kiemings- en vestigingsmogelijkheden voor helofyten ontstaan. De meest kansrijke locaties voor het ontstaan van een geïnundeerde helofytenvegetatie liggen in het westelijk gelegen deel van de Krammerse Slikken, in het Zoommeer en op de aangelegde eilandjes (Tosserams *et al.*, 1997).

Wanneer direct een fluctuerend peilverloop wordt ingesteld, zonder een op helofytenontwikkeling gerichte aanloopperiode, zullen aanvullende beheersingrepen noodzakelijk zijn. Zoals reeds werd aangegeven door de Jong (1994), is het effect van deze maatregelen echter niet altijd op voorhand voorspelbaar en is het onduidelijk of deze maatregelen een structurele oplossing bieden voor de lange termijn.

Een fluctuerend peil dat wordt voorafgegaan door een aanloopfase, waarin het waterpeil erop is gericht de negatieve invloed van zout en begrazing te voorkomen, biedt op grond van de huidige gegevens de beste kansen voor de ontwikkeling van een duurzame geïnundeerde helofytenvegetatie. Indien noodzakelijk kan een cyclisch peilbeheer mogelijk uitkomst bieden. Hierbij wordt aangenomen dat begrazing door vee is uitgesloten. Het succes van een dergelijk peilbeheer zal in belangrijke mate afhankelijk zijn van de klimatologische omstandigheden en van de handhaving van het peilverloop gedurende de aanloopfase. Daarnaast is het verschil tussen het maximum en minimum peil van belang. Hoe lager het toelaatbare minimum peil des te groter is het oppervlak waar zich nieuwe mogelijkheden voor helofyten zullen voordoen. Daarnaast zal de lengte van de aanloopfase in sterke mate de samenstelling van de helofytenvegetatie bepalen. Naarmate de aanloopfase langer duurt zal de helofytenvegetatie in toenemende mate gedomineerd gaan worden door Riet. Wanneer de aanloopfase beperkt blijft tot enkele jaren, zullen in eerste instantie Heen en pioniersoorten als Moerasandijvie en Iisdodde het beeld bepalen, waarna Riet meer en meer zal gaan domineren.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Zoutgehalte en helofytenontwikkeling

- Het zoutgehalte van de oevergebieden in het Volkerak-Zoommeer is een belangrijke bepalende factor ten aanzien van de mogelijkheden voor helofytenontwikkeling in het gebied. Het nog relatief hoge zoutgehalte van de in 1987 drooggevallen oevergebieden vormt een belangrijke beperkende factor voor de helofytenontwikkeling. Het zoutgehalte van de oevergebieden kan onder droge omstandigheden plaatselijk oplopen tot meer dan 40 gCl l^{-1} in de bovenste 0,10 m van de bodem. Alleen in de oeverzone die regelmatig onder directe invloed van het oppervlaktewater staat en zodoende zoet blijft, kan helofytenontwikkeling en uitbreiding plaatsvinden. De breedte van deze zone wordt bepaald door de dagelijkse peilfluctuaties langs de oevergebieden die ontstaan als gevolg van neerslag, verdamping en opwaaiing, de steilheid van het oevertalud en de aan- of afwezigheid van een steilrand alsmede de hoogte ervan.
- De maximale chlorideconcentratie waarbij nog groei van helofyten wordt waargenomen, bedraagt $12\text{-}16 \text{ g l}^{-1}$. Het zaailingstadium is het meest gevoelig voor zout. Voor alle ontwikkelingsfasen geldt dat Heen en Riet het best bestand zijn tegen zoute omstandigheden, daarna volgen Ruwe bies en Mattenbies. Grote en Kleine lisdodde zijn het meest gevoelig voor zout.
- Bij overspoeling door peilverhoging gedurende de winterperiode, zal ontzilting van de bovenste 0,10 m van het bodemprofiel optreden middels diffusie. In de diepere bodemlagen verandert de chlorideconcentratie nagenoeg niet.
- Een verlaging van het waterpeil gedurende de winterperiode is bevorderlijk voor de ontzilting van de diepere bodemlagen van de hoger gelegen oevergebieden. Aangezien neerslag in het bodemprofiel kan doordringen, kan het zout naar diepere bodemlagen getransporteerd worden.
- Onder gemiddelde klimaatomstandigheden zal het bij voortzetting van het huidige peilbeheer nog zeker 10 tot 20 jaar duren, voordat het zoutgehalte van de hoger gelegen oeverdelen voldoende laag is om uitbreiding van helofyten naar deze oeverdelen mogelijk te maken.

5.2 Begrazing en helofytenontwikkeling

- Begrazing van de oeverzone door herbivore watervogels en/of vee is een belangrijke regulerende factor voor helofytenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer. Wanneer begrazing door watervogels én vee plaatsvindt is geen helofytenontwikkeling mogelijk. Deze constatering is onafhankelijk van het gevoerde peilbeheer.

Foto 33



- Bij uitsluiting van begrazing door vee kan groei van helofyten plaatsvinden in een smalle zone langs de waterlijn. Uitbreiding van deze helofytenvegetatie richting ondiep en dieper water wordt, zowel bij vast peil als bij een fluctuerend peilverloop, grotendeels verhinderd vanwege de begrazing door herbivore watervogels.
- Gedurende de zomerperiode wordt de uitbreiding van de helofyten richting water beperkt door de begrazing van nieuwe uitlopers door watervogels. Gedurende het najaar en de winterperiode is met name de *begrazing van overstromde ondergrondse plantdelen door* Grauwe ganzen bepalend voor de helofytenontwikkeling in het volgende groeiseizoen.
- Met name de geïnundeerde ondergrondse delen van (jonge) Heen en lisdodde planten blijken te worden begraasd door de Grauwe ganzen. Vervolgens worden echter ook de ondergrondse delen van Riet en de verschillende biezensoorten begraasd.
- Indien geen ander voedsel wordt aangeboden, wordt per Grauwe gans ongeveer 210 g droge stof aan ondergronds plantmateriaal per dag genuttigd. De maximale waterdiepte, waarbij de ondergrondse delen nog bereikbaar zijn voor de ganzen, ligt tussen de 0,50 en 0,60 m.
- De begrazingsdruk die door de populatie ganzen op de helofytenvegetatie wordt uitgeoefend is afhankelijk van de klimatologische condities, het voedselaanbod op de landbouwgronden tijdens het najaar

Foto 34



en de winterperiode alsmede de mate van verstoring die in deze gebieden optreedt.

- Hoewel in eerste instantie makkelijk bereikbaar materiaal wordt uitgegraven, worden ook de ondergrondse delen van dichtere helofytenbestanden genuttigd. De leeftijd van de helofytenbestanden is hierbij niet van belang.
- Wanneer alle begrazing wordt uitgesloten treedt spontane vestiging en uitbreiding van een geïnundeerde helofytenvegetatie op. Vanwege het relatief hoge zoutgehalte van de bodem blijft de uitbreiding naar de hoger gelegen oeverdelen beperkt.

5.3 Helofytenontwikkeling in relatie tot peilbeheer

- Een meer natuurlijk peilverloop, met relatief hoge winterwaterstanden en relatief lage zomerwaterstanden, is in principe ideaal voor helofytenontwikkeling. Gedurende het voorjaar en de zomer kunnen op de droogvallende oeverdelen kieming en vestiging van helofyten plaatsvinden. Gedurende de winterperiode worden de helofyten beschermd tegen vorst en wordt strooisel afgevoerd. Vanwege de specifieke omstandigheden in het Volkerak-Zoommeer kan, zowel bij een vast waterpeil op NAP 0 m als bij een meer natuurlijk fluctuerend peilverloop, het gewenste areaal geïnundeerde helofytenvegetatie niet ontstaan. Het zoutgehalte van de bodem en de begrazing door watervogels en/of vee zijn hierbij de voornaamste beperkende factoren. De aanwezigheid van een steilrand beperkt voornamelijk het areaal waar kieming en vestiging van nieuwe helofyten kan plaatsvinden, maar is vanwege de geringe hoogte op de meeste plaatsen niet beperkend voor de uitbreiding richting water.
- Teneinde helofytenontwikkeling te stimuleren kunnen gedurende een aantal jaren aanvullende beheersmaatregelen worden toegepast. Hierbij kan gedacht worden aan het uitrasteren van oevergebieden tegen vee en watervogels, eventueel in combinatie met de aanplant van helofyten. Daarnaast kunnen bodembeschermende maatregelen

worden getroffen in combinatie met aanplant. Voor bepaalde peilsce-
nario's kan ook het afvlakken van steilranden plaatselijk worden over-
wogen. Vooronderzoek naar de duurzaamheid van deze laatste
maatregel wordt wel geadviseerd. Na eventuele uitvoering van deze
maatregelen dient de duurzaamheid middels een monitoringspro-
gramma nader te worden vastgesteld.

- De aanvullende beheersmaatregelen zouden bij voorkeur toegepast kunnen worden op de in de beheersvisie Krammer-Volkerak aangege-
ven locaties voor helofytenontwikkeling.
- De beste mogelijkheden voor de ontwikkeling van een geïnundeerde
helofytenvegetatie ontstaan, wanneer gedurende de eerste jaren een
gericht peilbeheer wordt gevoerd, waarbij de negatieve invloed van
zout en begrazing op de helofytenontwikkeling zoveel mogelijk wordt
beperkt. Dit kan eventueel worden gecombineerd met aanvullende
beheersmaatregelen. Na deze aanloopfase kan worden overgescha-
keld op een meer natuurlijk fluctuerend waterpeil met relatief hoge
winterpeilen en lage zomerpeilen. De amplitude tussen het winter- en
zomerpeil bepaalt hierbij het areaal geïnundeerde helofytenvegetatie
dat uiteindelijk ontstaat. Afhankelijk van de ontwikkeling van de helo-
fytenvegetatie kan, indien noodzakelijk, de instelling van een cyclisch
peilbeheer overwogen worden.
- Voortgaande monitoring is noodzakelijk om de gevolgen van het
gevoerde peilbeheer op de helofytenontwikkeling te evalueren. Een
dergelijk gericht monitoringsprogramma maakt het daarnaast mogelijk
tijdig in te spelen op ongewenste ontwikkelingen.

.....
Foto 35



Literatuur

Amat, J.A. 1995. Effects of wintering greylag geese (*Anser anser*) on their *Scirpus* food plants. *Ecography* 18: 155-163.

Anonymus 1993. Evaluatienota Water. Aanvullende beleidsmaatregelen en financiering 1994-1998. RIZA. In opdracht van Rijkswaterstaat, Hoofddirectie van de Waterstaat.

Beheerscommissie Krammer-Volkerak 1991. Beheersvisie Krammer-Volkerak, Eendracht, Zoommeer. Ministerie van landbouw en Visserij/Ministerie van Verkeer en Waterstaat. ISBN 90-369-1064-1.

Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak 1987. Beleidsplan Krammer-Volkerak.

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.

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.

Coops, H. 1996. Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen. RIZA notanr. 96.013, Lelystad.

Coops, H., Kerkum, F.C.M. & Slager, H.. Helophyte development on a lakeshore and the interaction between salinity and drought. (in voorbereiding)

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 werkdocumentnr. 99.097x, Lelystad.

De Groene Ruimte 1998. Planten in de Peiling - Inventarisatie Oeverplanten 1997-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 98.158x Lelystad.

de Jong, S.A. 1994. Kansen voor natuurontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer bij verschillende peilbeheervarianten. Rijkswaterstaat Directie Zeeland Nota AX 94.009.

Dirksen, S. & Boudewijn, T.J. 1994. Begrazing van oevervegetaties door watervogels en Muskusratten: literatuurstudie en aanzetten voor inrichting en beheer. Bureau Waardenburg bv in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA, rapportnr. 94.21, Culemborg.

Engelaar, W.M.H.G. 1994. Roots, nitrification and nitrate acquisition in waterlogged and compacted soils. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.

Esselink, P., Helder, G.J.F., Aerts, B.A. & Gerdes, K. 1997. The impact of grubbing by Greylag Geese (*Anser anser*) on the vegetation dynamics of a tidal marsh. *Aquatic Botany* 55: 261-279.

Geilen, N. 1993. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1992. RIZA werkdocumentnr. 93.008x, Dordrecht.

Geilen, N. 1994. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1994. RIZA werkdocumentnr. 94.173x, Lelystad.

Griffioen, A. 1999. Planten in de Peiling - De waterkwaliteit in en nabij het damwandenproefvak op de Krammersche Slikken in het Volkerak Zoommeer. Eindrapportage over 1996 t/m 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.101x, Lelystad.

Groen, K.P. & Slager, H. 1993. De ontziltling van de Krammerse Slikken. Rijkswaterstaat Directie Flevoland; Intern Rapport 1993-18 Lio.

Hootsmans, M.J.M. 1996. The effect of chronic and temporary saltstress on growth and development of four species of helophytes. RIZA notanr. 96.039.

Hootsmans, M.J.M. & Wiegman, F. 1998. Four helophyte species growing under salt stress: their salt of life? *Aquatic Botany* 62: 81-94.

Houmes, W. 1996. Evaluatie vegetatiekernen Volkerak-Zoommeer (juni 1994 t/m mei 1995). Rijkswaterstaat Directie Zeeland.

Huijser, M., Drost, H. & Röling, Y 1995. Vegetatie-ontwikkeling en cyclisch waterpeilbeheer in de Oostvaardersplassen. *De Levende Natuur* 96(6): 213-222.

Iedema, C.W. 1992. En de zee werd meer ..., Evaluatie waterbeheer Volkerak/Zoommeer. RIZA notanr. 92.029, Rijkswaterstaat Directie Zeeland Nota AX 92.087.

Iedema, C.W. & Kik, P. 1986. Het zoetwatermoeras de Oostvaardersplassen. *Flevobericht* 259. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.

Ivens, E. 1991. Natuurontwikkeling in de drooggevalen gebieden van het Volkerak/Zoommeer van 1987-1990. Rijkswaterstaat/Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapportnr. MI-OL-90-42.

Jans, L. & Drost H.J. 1995. De Oostvaardersplassen: 25 jaar vegetatieonderzoek. Flevovericht nr. 382. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1996. Planten in de Peiling - Kieming van oeverplanten op een droogvallende oever van de Krammerse Slikken: Voortgangsrapportage 1995. RIZA Notitie nr. 96.011, Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1999a. Planten in de Peiling - De kieming van zaden van helofyten en de verdere ontwikkeling van kiemplanten op een droogvallende oever in de periode 1995 tot en met 1997; Eindrapport -. RIZA werkdocumentnr. 99.100x, Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1999b. Planten in de Peiling - Spontane ontwikkeling van vegetatie onder invloed van waterpeilfluctuaties in de periode 1995 tot en met 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.096x, Lelystad.

Kerkum, F.C.M., Pannenbakker, C. & Coops, H. 1996. Kieming van oeverplanten in relatie tot het zoutgehalte in het substraat. RIZA werkdocumentnr. 96.011X, Lelystad.

Lauwaars, S.G. & Kerkum, F.C.M. 1997. Planten in de Peiling - Spontane ontwikkeling van vegetatie op een droogvallende oever van het Volkerak-Zoommeer. RIZA werkdocumentnr. 97.030X, Lelystad.

Ligtvoet, W. & de Jong, S.A. 1995. Ecosystem development in lake Volkerak-zoom: concept and strategy. *Wat. Sci. Tech.* 31(8): 239-243.

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.

Ministerie V&W 1989. Derde nota waterhuishouding: water voor nu en later. Den Haag.

Pol, M.A. 1998. De benutting van ondergelopen oevervegetaties door de grauwe gans (*Anser anser*): het kwantificeren van de efficiëntie van opname in een experimentele opzet. Stageverslag, Van Hall Instituut, Leeuwarden.

Remmelzwaal, A.J., Platteeuw, M., Lenselink, G. & Oosterberg, W. 1998. Evaluatie van de oeverinrichting van het Volkerak-Zoommeer. RIZA rapportnr. 98.061, Lelystad.

Remmelzwaal, A.J. & Doze, J.H. 1999. Monitoring natuurontwikkelingsproject Abbert II jaarverslag 1998. RIZA werkdocumentnr. 98.047x, Lelystad.

Röling, Y.J.B. 1997. Planten in de Peiling - Aanplantproeven damwandproefvak: Resultaten 1995 en 1996. RIZA werkdocumentnr. 97.101x, Lelystad.

Röling, Y.J.B. 1999. Planten in de Peiling - Aanplantproeven; Ontwikkelingen 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.102x, Lelystad.

Schutten, J., Geilen, N. & Coops, H. 1991. Oeverplanten langs het Volkerak/Zoommeer in 1991. RIZA werkdocumentnr. 91.177x, Lelystad.

Simons, H.E.J., Koolen, J.L. & Verkade, G.J. 1995. Natuurvriendelijke oevers. CUR-publicatie 168, Stichting CUR in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Slager, H. 1999. Planten in de Peiling - Zoutbeweging in de bodem van de proefvakken op de Krammerse Slikken en op 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.

Stoffer, M. 1996. Planten in de Peiling - Hoogteligging en bodemopbouw proefgebied Krammerse Slikken. RIZA werkdocumentnr. 96.211x, Lelystad.

Stoffer, M. & Lenselink, G. 1995. Planten in de Peiling - Bodemkundig onderzoek damwandenproef Krammer-Volkerak. RIZA werkdocumentnr. 95.100x, Lelystad.

Storm A.A & Bijkerk, R. 1997. Waterkwaliteit en planktonontwikkeling in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer en het proefgebied Krammerse Slikken. Koeman en Bijkerk bv in opdracht van Rijkswaterstaat RIZA, rapportnr. 96-23, 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.

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.

van Dam, E.M. & Noordhuis, R. 1995. Watervogels op het Volkerak-Zoommeer in 1994. RIZA werkdocumentnr. 95.086x, Lelystad.

van Eerden, M.R. 1997. Patchwork: patch use, habitat exploitation and carrying capacity for water birds in Dutch freshwater wetlands. Van Zee tot Land 65, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad.

van den Tempel, R. & Osieck, E. 1994. Belangrijke vogelgebieden in Nederland. Techn. Rapport Vogelbescherming Nederland 13. Vogelbescherming Nederland, Zeist.

van der Meijden, R. 1996. Heukels' flora van Nederland. Wolters-Noordhoff bv Groningen, Nederland.

van der Molen, P.C. & Kerkum, F.C.M. 1996. Planten in de Peiling - Zadenvoorraad in de bodem van de Krammerse Slikken. RIZA werkdocumentnr. 96.182x, Lelystad.

van Manen, H.A. 1999. Planten in de Peiling - Hydrologie van het proefgebied, april 1995 tot oktober 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.098x, 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.

Voogd, F.J. & Loonen, M.J.J.E. 1999. Planten in de Peiling - Benutting van oevervegetatie door grauwe ganzen (*Anser anser*) op de Krammerse Slikken -. Rijksuniversiteit Groningen, RIZA werkdocumentnr. 99.094x, Lelystad.

Vulink, J.Th. & Coops, H. 1995. Projectplan 'Planten in de Peiling' - Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peilbeheer. RIZA notanr. 95.037, Lelystad.

Vulink, J. Th., Coops, H. & Stegeman, F.J. 1997. Planten in de Peiling - Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peilbeheer; Projectvoorstel fase II -. RIZA werkdocumentnr. 97.133x, Lelystad.

Vulink, J.Th. & van Eerden, M.R. 1998. Herbivory and waterlevel regime as key operators for ecosystem development in Dutch man-made wetlands. In: M.F. Wallis de Vries, J.P. Bakker & S.E. van Wieren (eds.). Grazing and ecosystem management. Chapman & Hall, London.

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.

Zijlstra, M. & Daling, J. 1999. Planten in de Peiling - Aantalsontwikkeling van herbivore watervogels in het Volkerak Zoommeer in 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.099x, Lelystad.

In de reeks 'Planten in de Peiling' is verschenen:

Vulink, J. Th. & Coops, H. 1995. Projectplan 'Planten in de Peiling' - Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peil-beheer -. RIZA notanr. 95.037, 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.

Slager, H. & K. Groen, K. 1995. Planten in de Peiling - Zoutdynamiek in de bodem langs de oevers van het Volkerak Zoommeer -. RIZA notanr. 95.042, Lelystad.

Stoffer, M. & Lenselink, G. 1995. Planten in de Peiling - Bodemkundig onderzoek damwandenproef Krammer-Volkerak -. RIZA werkdocumentnr. 95.100x, Lelystad.

Kerkum, F.C., 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.

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.

Hootsmans, M.J.M. & Wiegman, F. 1998. Four helophyte species growing under salt stress: their salt of life? *Aquatic Botany* 62: 81-94.

van Manen, H.A. 1996. Planten in de Peiling - Kwelproeven ten behoeve van het damwandenproefvak -. RIZA werkdocumentnr. 96.068x, Lelystad.

Auteurs: projectgroep 'Planten in de Peiling' 1996. Planten in de Peiling - Tussenrapportage juni 1994/maart 1996 -. RIZA werkdocumentnr. 96.122x, Lelystad.

Slager, H. 1996. Planten in de Peiling - Ontziltingsverloop in 1995 op de drooggevallen oever in het proefvak op de Krammerse Slikken en op verspreid liggende plekken rondom de waterlijn -. RIZA werkdocumentnr. 96.147x, Lelystad.

van der Molen, P.C. & Kerkum, F.C.M. 1996. Planten in de Peiling - Zadenvoorraad in de bodem van de proefvakken op de Krammerse Slikken -. RIZA werkdocumentnr. 96.182x, Lelystad.

van der Molen, P.C. & Kerkum, F.C.M. 1996. Planten in de Peiling - Zaadaanvoer op de oevers in en rond het proefgebied op de Krammerse Slikken -. RIZA werkdocumentnr. 96.190x, Lelystad.

Gerrits, L.R.G. & Jansonius, H.C. 1996. Planten in de Peiling - Kartering oeverplanten 1990 - 1996 -. RIZA werkdocumentnr. 96.198x Lelystad.

Stoffer, M. 1996. Planten in de Peiling - Hoogteligging en bodemopbouw proefgebied Krammerse Slikken -. RIZA werkdocumentnr. 96.211x Lelystad.

-
- Slager, H.* 1997. Planten in de Peiling - Zoutbeweging in de bodem in 1995 en 1996 op de drooggevallen oever in het proefvak op de Krammerse Slikken -. RIZA werkdocumentnr. 97.005x, Lelystad.
- Lauwaars, S.G. & Kerkum, F.C.M.* 1997. Planten in de Peiling - Spontane ontwikkeling van vegetatie op een drooggevallen oever van het Volkerak-Zoommeer -. RIZA werkdocumentnr. 97.030x, Lelystad.
- Kerkum, F.C.M.* 1997. Planten in de Peiling - Kieming van oeverplanten op een droogvallende oever van de Krammerse Slikken; Voortgangsrapportage 1996 -. RIZA werkdocumentnr. 97.089x, Lelystad.
- Röling, Y.J.B.* 1997. Planten in de Peiling - Aanplantproeven damwandenproefvak; Resultaten 1995 en 1996 -. RIZA werkdocumentnr. 97.101x, Lelystad.
- Vulink, J. Th., Coops, H. & Stegeman, F.J.* 1997. Planten in de Peiling - Ontwikkeling van oeverplanten in het Volkerak-Zoommeer onder invloed van peilbeheer; Projectvoorstel fase II -. RIZA werkdocumentnr. 97.133x, Lelystad.
- van Manen, H.A.* 1997. Planten in de Peiling - Hydrologie van het proefgebied. Rapportage 1995-1997 -. RIZA werkdocumentnr. 97.191x, Lelystad.
- Gerrits, L.R.G. & Jansonius, H.J.* 1997. Planten in de Peiling - Oeverplanten langs het Volkerak-Zoommeer -. RIZA werkdocumentnr. 97.198x Lelystad.
- 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. Rapport nr 96.43, Culemborg.
- Storm A.A & Bijkerk, R.* 1997. Waterkwaliteit en planktonontwikkeling in ondiepe gebieden van het Volkerak-Zoommeer en het proefgebied Krammerse Slikken. Koeman & Bijkerk bv., Rapport 96-23.
- Tosserams, M., Vulink, J. Th. & Coops, H.* 1997. Peilbeheer Volkerak Zoommeer - Perspectief voor oeverplanten. Rapportage 'Planten in de Peiling' 1994-1997. RIZA Rapport 97.065 (ISBN: 90-369-5112-7), Lelystad.
- Daling, J. & Zijlstra, M.* 1998. Planten in de Peiling - Helofyten en begrazing in het Volkerak-Zoommeer; periode 1995-1996 -. RIZA werkdocumentnr. 98.011x, Lelystad.
- Verbove, M. & Kerkum, F.C.M.* 1998. Planten in de Peiling - Biomassa schatting van helofyten met behulp van een berekeningsformule -. RIZA werkdocumentnr. 98.042x Lelystad.
- Slager, H.* 1998. Planten in de Peiling - Zoutbeweging in de bodem in de proefvakken op de Krammerse Slikken en op lage oevers; Voortgangsrapportage 1995-1997 -. RIZA werkdocumentnr. 98.084x Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1998. Planten in de Peiling - Spontane ontwikkeling van vegetatie op een droogvallende oever van het Volkerak-Zoommeer. Voortgangsrapportage 1997 -. RIZA werkdocumentnr. 98.102x, Lelystad.

van Manen, H.A. 1998. Planten in de Peiling - Hydrologie van het proefgebied. Rapportage 1997 -. RIZA werkdocumentnr. 98.122x, Lelystad.

Daling, J., Zijlstra, M. & Röling, Y.J.B. 1998. Planten in de Peiling - Onderzoek naar begrazing van helofyten door vee en watervogels 1996-1997 -. RIZA werkdocumentnr. 98.147x, Lelystad.

Röling, Y.J.B. 1998. Planten in de Peiling - Aanplantproeven, Voortgangsrapportage 1997 -. RIZA werkdocumentnr. 98.148x, Lelystad.

Boudewijn, T.J. & van der Winden, J. 1998. Planten in de Peiling - Aantalsontwikkeling van herbivore watervogels in het Volkerak-Zoommeer in de periode 1987-1995 -. RIZA werkdocumentnr. 98.156x, Bureau Waardenburg BV, Culemborg.

Bureau de groene ruimte 1998. Planten in de Peiling - inventarisatie Oeverplanten 1997-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 98.158x Lelystad.

Voogd, F.J. & Loonen, M.J.J.E. 1999. Planten in de Peiling - Benutting van oevervegetatie door grauwe ganzen (*Anser anser*) op de Krammerse Slikken -. RIZA werkdocumentnr. 99.094x, Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.

Slager, H. 1999. Planten in de Peiling - Zoutbeweging in de bodem van de proefvakken op de Krammerse Slikken en op lage oevers van het Volkerak-Zoommeer, 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.095x, Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1999. Planten in de Peiling - Spontane ontwikkeling van vegetatie onder invloed van waterpeilfluctuaties in de periode 1995 tot en met 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.096x, Lelystad.

Daling, J. & Zijlstra, M. 1999. Planten in de Peiling - Helofyten en begrazing in het Volkerak-Zoommeer 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.097x, Lelystad.

van Manen, H.A. 1999. Planten in de Peiling - Hydrologie van het proefgebied, april 1995 tot oktober 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.098x, Lelystad.

Zijlstra, M. & Daling, J. 1999. Planten in de Peiling - Aantalsontwikkeling van herbivore watervogels in het Volkerak-Zoommeer in 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.099x, Lelystad.

Kerkum, F.C.M. 1999. Planten in de Peiling - De kieming van zaden van helofyten en de verdere ontwikkeling van kiemplanten op een droogvallende oever in de periode 1995 tot en met 1997; Eindrapport -. RIZA werkdocumentnr. 99.100x, Lelystad.

Griffioen, A. 1999. Planten in de Peiling - De waterkwaliteit in en nabij het damwandenproefvak op de Krammersche Slikken in het Volkerak-Zoommeer: Eindrapportage over 1996 t/m 1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.101x, Lelystad.

Röling, Y.J.B. 1999. Planten in de Peiling - Aanplantproeven; Ontwikkelingen 1995-1998 -. RIZA werkdocumentnr. 99.102x, Lelystad.

Colofon

Coördinatie productie

H. Bos & R. Fokkema (RIZA)

Foto's

H. Coops & Meetkundige Dienst,
Afdeling Grafische Technieken omslag

T. Vulink nr. 1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 17, 22,
26, 28, 31, 33, 35

M. Tosserams nr. 8, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 29, 30,
32, 34

Meetkundige Dienst,
Afdeling Grafische Technieken nr. 3, 12, 15, 25, 20

M. Zijlstra nr. 2, 19

F. Kerkum nr. 13

H. van Manen nr. 14

Kaarten en figuren

I. Joustra/F. v.d. Veen, Haarlem
Evers Design, Almere

Vormgeving, lithografie en drukwerk

Evers Litho & Druk bv, Almere

ISBN 90-369-5255-7