

**Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van
oppervlaktewateren**

Tussenrapport 1997
(kopie)

**Emiel Brouwer
Germa M. Verheggen
Roland Bobbink
Jan G.M. Roelofs**

Werkgroep Milieubiologie
Afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie
Katholieke Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 1 6525 ED Nijmegen
Mei 1998

In opdracht van het IKC Natuurbeheer
Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

© Vakgroep Oecologie, K.U.N. 1998

Inhoudsopgave

Voorwoord	6
H.1 Inleiding	7
H.2 Gebiedsbeschrijvingen	8
2.1 De Banen	8
2.2 De Landschotse heide	9
2.3 De Bergvennen	9
2.4 De Oisterwijkse vennen	10
2.5 Het Groot Meer bij Ossendrecht	11
2.6 De Schoapedobbe	12
2.7 De Bieze	12
H.3 Grondwaterinlaat	13
3.1 Buffering van de waterlaag en het sediment	13
3.2 Buffering en oligotrofiëring van de waterlaag	16
3.3 Grondwaterinlaat en knolrusgroei	19
3.4 Grondwaterinlaat en herstel van de vegetatie	21
3.5 Grondwaterinlaat als praktijkrijpe maatregel	23
H.4 Bekalking van het inziggebied	24
4.1 Experimentele bekalking	24
4.2 De Schoapedobbe	25
4.3 De Bieze	25
H.5 Voormalig geëutrofiëerde, verzuringsgevoelige wateren	27
5.1 De Banen, steunen op een gebufferd verleden	27
5.2 Het Groot Meer bij Ossendrecht, geen, gebufferd of verzuurd water?	31
H.6 Het Weerterbosch, van broekbos naar ven en moeras	34
H.7 Voorlopige conclusies monitoring 1997	35
H.8 Literatuur	36

Voorwoord

Bij deze willen wij alle instanties en personen bedanken die in 1997 hebben meegewerkt aan het onderzoek aan herstel mogelijkheden in geëutrofiëerde en verzuurde oppervlaktewateren. Onze dank gaat met name uit naar personen en instanties die toestemming verleenden voor en meewerkten aan het onderzoek, te weten:

- Dhr. de Wit en dhr. Grootenhuis van de stichting It Fryske Gea (Schoapedobbe)
- Dhr. Berends en dhr. Gerats van de Stichting het Limburgs Landschap (De Banen)
- Dhr. Coogels en dhr. Dooy (Groot meer Ossendrecht)
- Dhr. Klijn en dhr. van Tooren van Natuurmonumenten (Oisterwijkse vennen)
- Dhr. Aarts van de gemeente Oost-, West- en Middelbeers (Landschotse heide)
- Dhr. Koster van de Stichting het Overijssels Landschap (Bergvennen)
- De medewerk(st)ers van het hoofdkantoor van de Kroondomeinen 't Loo (De Bieze)

Tevens danken wij dhr. van Opstal en dhr. Schaap, de projectcoördinatoren OBN van het IKC-natuurbeheer en hun collega dhr. Beijer. Uiteraard is ook dank verschuldigd aan Martin Versteeg, Maria van Kuppeveld, Hilde Tomassen, Maaïke de Graaf, Paul van der Ven, Leon Lamers, Dries Boxman en de overige medewerkers/medewerksters van de werkgroepen Milieubiologie en Aquatische Oecologie van de vakgroep Oecologie voor hun hulp en ondersteuning.

H.1 Inleiding

Nederland bezit in vergelijking met de ons omringende landen een grote variatie aan veelal ondiepe oppervlaktewateren. Het grote aantal waterplanten in de Nederlandse flora is hiervan een direct gevolg. Enkele watertypen worden buiten Nederland weinig aangetroffen. Dit geldt vooral voor niet tot matig gebufferde, voedselarme wateren op en langs de pleistocene zandgronden, maar ook voor de plassen in de kalkarme en kalkrijke duinen. De natuurwaarden van deze oecosystemen zijn van nationale en internationale betekenis, maar zij zijn helaas ernstig aangetast door onder meer verzuring en eutrofiëring. Zo staat 75% van de in deze milieu's voorkomende waterplanten op de rode lijst en is Nederland voor 45% van internationale betekenis. Na het opstellen van het preadvies in begin 1990 zijn herstelmaatregelen (EGM) op praktischschaal genomen om de negatieve invloed van juist gemelde milieu-aantastingen te verminderen (Cals & Roelofs 1990). De resultaten van de eerste fase van het EGM monitoringsproject Oppervlaktewateren zijn in 1993 gepubliceerd (Bellemakers e.a. 1993). De tweede fase van de EGM monitoring in oppervlaktewateren is najaar 1996 afgerond met een eindrapport (Brouwer e.a. 1996). Voor een aantal typen oppervlaktewateren heeft dit tot een pakket van praktijkrijpe maatregelen geleid (Brouwer e.a. 1998). Dit geldt met name voor oligotrofe oppervlaktewateren waarin eutrofiëring de oorzaak is van achteruitgang van karakteristieke vegetaties van waterplanten. Voor wateren die (mede) door verzuring hun karakteristieke vegetatie hebben verloren of gevoelig zijn voor verzuring is nog geen volledig pakket van maatregelen voorhanden. In april 1996 is daarom door het Informatie en KennisCentrum (IKC)-Natuurbeheer van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij opdracht gegeven aan de werkgroep Milieubiologie van de afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie (K.U.Nijmegen) tot voortzetting van het monitoringsprogramma van effectgerichte maatregelen in verzuringsgevoelige oppervlaktewateren. Het betrof hier terreinen waar de nieuwe herstelmaatregelen pas onlangs zijn uitgevoerd en de monitoring zich nog in de eerste fase bevond, omdat in de uitvoering van de voorgestelde maatregelen door externe omstandigheden (grote vertraging is opgetreden. Overigens is in deze wateren de biotische en abiotische situatie voor EGM/OBN al wel vele jaren gevolgd. Het betrof de maatregel verwijdering sliblaag (soms vrijstellen oevers) en vervolgens gedoseerd inlaten van gebufferd grondwater in een vijftal van nature (zeer) zwak gebufferde, voedselarme wateren, te weten de Bergvennen bij Denekamp, de Banen bij Nederweert, het Groot Meer bij Ossendrecht, de Oisterwijkse vennen bij Oisterwijk en de Keyenhurk bij Middelbeers. Inmiddels is al wel duidelijk geworden dat directe bekalking van de waterlaag slechts leidt tot een gedeeltelijk en vaak tijdelijk herstel van kenmerkende vegetaties van waterplanten in deze verzuurde oppervlaktewateren. Naast een sterke kleuring van de waterlaag en jaarlijkse herverzuring bestaat de kans op interne eutrofiëring, een proces wat in veel bekalkte Noorse meren speelt en de diversiteit van de waterplantenvegetatie sterk vermindert (Roelofs e.a., 1994; 1995; Bobbink & Roelofs 1996). In dit rapport worden de resultaten besproken van de monitoring van bovengenoemde wateren in 1997 waar door middel van het inlaten van opgepompt grondwater gepoogd wordt de buffercapaciteit te herstellen of (her)verzuring te voorkomen. Verder zal verslag worden gedaan van de eerste ervaringen met een alternatieve maatregel tegen verzuring: de bekalkingen van het inzigtgebied van twee zwak gebufferde, geïsoleerde wateren in het poeltjescomplex de Bieze op de Veluwe en bij het ven de Schoapedobbe in Friesland. Tenslotte zijn in dit verslag ook enkele resultaten opgenomen van het weer omvormen van naalhoutaanplant en wilgenstruweel naar zwakgebufferde wateren in het Weerterbosch bij Weert.

Ronde ven (IV): Dit ven, ook bekend als het Lobelia-ven, is vanouds het meest voedselarme van de vennenreeks. In het midden en aan de zuidwestzijde was plaatselijk een meer dan 150 cm dikke laag slib aanwezig. In de ondiepe delen was deze begroeid met Riet, Grote lisdodde (*Typha latifolia*) en veenmossen. Op de zandige noord- en noordoostoever werden op plaatsen met periodieke grondwatertoestroming ondanks verzuring van de waterlaag nog steeds Oeverkruid en Waterlobelia aangetroffen. Het regelmatig plaggen van deze oever draagt bij aan de handhaving van deze soorten.

Eilandven (VI): In dit hoefijzervormige ven is plaatselijk een meer dan 150 cm dikke laag veen aanwezig. Vanaf 1945 tot 1972 zijn hier regelmatig Oeverkruid en Waterlobelia aangetroffen. Als gevolg van onder andere de aanwezigheid van een kleine kokmeeuwenkolonie is dit ven geëutrofeerd en zijn soorten als Grote lisdodde, Veenwortel (*Persicaria amphibia*), Wateraardbei (*Potentilla palustris*) en Pitrus (*Juncus effusus*) opgekomen. Door gericht beheer is de meeuwenkolonie verdwenen. In 1991 en 1992 werden enkele exemplaren Oeverkruid teruggevonden op de noordelijke oever op een locatie waar kwel uittreedt (Duijnste & Willems, 1992). Waterlobelia is niet meer gevonden voor uitvoer van de herstelmaatregelen.

Pluzenvan (VII): Dit ven dankt zijn naam aan het massale voorkomen van Veenpluis (*Eriophorum angustifolium*, "Pluzen"), wat al aangeeft dat het water van dit ven van oorsprong het meest zuur is. In dit ven, dat vroeger niet opgenomen is geweest in het slotensysteem, is tot 1973 regelmatig Waterlobelia gevonden; Oeverkruid is nooit aangetroffen. Voor uitvoer van de herstelmaatregelen was het diepere gedeelte van het ven geheel bedekt met aquatische mossen en wat Knolrus.

De herstelmaatregelen voor de Bergvennen vallen uiteen in twee delen (Cals & Roelofs 1990), namelijk a) verwijdering van de aanwezige sliblagen en weke, gedegradeerde veenpakketten en b) buffering van de vennen om verzuring tegen te gaan. De buffering van het water in de vennen gebeurt door gebufferd grondwater op te pompen van een diepte van ca. 30 m (buffercapaciteit ca. 3 meq l⁻¹). Het ingepompte grondwater kan via het hoogst gelegen ven (Rietven) door de deels nog bestaande en deels nieuw gemaakte verbindingen naar de lager gelegen vennen stromen. Hierdoor ontstaat er een gradient van zwak gebufferd water in het Rietven naar zuur water in het Pluzenvan. Het Ronde ven is niet in de keten opgenomen. De maatregelen zijn in oktober 1993 begonnen en zijn in maart 1994 afgerond. In de zomer 1994, en de winters 1995, 1997 en 1998 is gebufferd water ingelaten in het Rietven. De stuw naar het Ronde ven is tot nu toe gesloten gebleven. Inmiddels zijn er voorbereidingen gaande om ook de inlaat van gebufferd water in het Ronde ven mogelijk te maken.

2.4 De Oisterwijkse vennen

De drie opgeschoonde Oisterwijkse vennen maken deel uit van het door Natuurmonumenten beheerde natuurterrein "de Oisterwijkse Bossen en vennen". De vennen zijn tijdens de laatste ijstijd ontstaan in kalkarme dekzandruggen en vervolgens dichtgegroeid met veen. Vanaf de middeleeuwen is dit veen vergraven waardoor weer vennen ontstonden. In de vorige eeuw werd water vanuit het stroompje de Rozep naar het Kolkven geleid via sloten. Door gegraven verbindingen kon dit water uit het Kolkven verder stromen naar achtereenvolgens het Goorven, het Witven en het van Esschenven om uiteindelijk in de Achterste stroom uit te komen. Door deze verbindingen ontstond een gradiënt van matig voedselrijke, matig gebufferde vennen naar zwak gebufferde, voedselarme vennen (van Dam & Kooyman-van Blokland, 1978). Na de ontginning van het Moergestels Broek steeg de hoeveelheid via de Rozep aangevoerde voedingsstoffen. Andere vervuiliingsbronnen waren de sportvisserij in het Kolkven en lozing van riool van het restaurant "de Venkraai" op het

Goorven.

Om de eutrofiëring tegen te gaan zijn in 1950 de verbindingssloten afgesloten en is in het Goorven en het Witven de sliblaag verwijderd. Hierdoor vond aanvankelijk oligotrofiëring en hervestiging van plantengemeenschappen van de oeverkruidklasse plaats (van Dijk e.a., 1960). Echter door de isolatie van gebufferd water en atmosferische depositie heeft geleidelijk verzuring plaatsgevonden. Bovendien ontwikkelde zich weer een sliblaag op de opgeschoonde bodem, voornamelijk als gevolg van inwaai van bladeren en takken van het bos op de oever.

In de winter van 1995/1996 is de sliblaag van de bodem van het Voorste Goorven, verder aangeduid met Goorven, het Witven en het van Esschenven verwijderd. Teneinde verzuring op te heffen en te voorkomen kan ter hoogte van het restaurant de Venkraai gebufferd water opgepompt en ingelaten in het Goorven. Door de verbindingen tussen het Goorven, het Witven en het van Esschenven te herstellen kan de oude buffergradiënt weer worden hersteld. In de zomer van 1996 is gebufferd grondwater ingelaten in het Goorven. Vanwege de lage waterstanden was het toen niet mogelijk water door te laten stromen naar het Witven. Hernieuwde inlaat en doorstroming door de drie vennen heeft plaatsgevonden in de winters van 1997 en 1998.

2.5 Het Groot Meer bij Ossendrecht

Het Groot Meer en het Klein Meer bij Ossendrecht waren oorspronkelijk voedselarme, zwak gebufferde wateren. In het Groot Meer waren de dominante soorten Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Stekelbiesvaren (*Isoetes echinospora*) en in mindere mate Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*). Het Groot meer stond bekend als één van de grootste vennen in Nederland, waar deze soorten groeiden (Van Der Voo, 1967). Het ven werd voornamelijk gevoed door toestroom van lokaal grondwater en door aanvoer van water uit de naburige Steertse heide in België. Onder meer door grondwateronttrekkingen is vanaf omstreeks 1930 de grondwaterstand in het gebied sterk gedaald (Cals en Roelofs, 1990). Hierdoor is het waterpeil in het ven gemiddeld meer dan een meter gedaald en ligt het ven geregeld droog (van der Drift & Groen, 1980). Vanaf 1960 is door de waterleidingsmaatschappij ter compensatie grondwater ingelaten via het Klein Meer, wat nauwelijks bijdroeg aan een stijging van het venpeil. Door ontginning van de Steertse heide en stijging van de fosfaatlast van het uit deze heide afkomstige water is het oostelijk deel van het groot Meer geleidelijk geëutrofiëerd (Cals en Roelofs, 1990). Ook in het westelijk deel vond eutrofiëring plaats als gevolg van een hier in het ven uitkomende riolering (van der Voo, 1957). Als gevolg van eutrofiëring en verdroging is de oppervlakte bezet door gemeenschappen uit de oeverkruidklasse sterk afgenomen en zijn eutrofiëringsindicatoren opgerukt. Enkele kritische soorten zijn verdwenen: Waterlobelia, Drijvende egelskop (*Sparganium angustifolium*) en Stekelbiesvaren. Van de laatste soort worden sporadisch nog enkele exemplaren gevonden (van Beers, 1996).

In de winter van 1995/1996 is het westelijke deel van het Groot Meer geheel opgeschoond. Tegelijkertijd is de oostelijke helft van het meer door een stuw afgescheiden van het westelijke deel, waardoor voedselrijk ontginningswater niet meer in het opgeschoonde deel kan komen. Aan de westzijde van het ven is een grondwaterpomp geslagen om verzuring van het ven te voorkomen. Helaas bleek ook hier het opgepompte water onvoldoende buffercapaciteit te bezitten (Brouwer e.a., 1996). Door de extreme lokale verdroging en het droge weer heeft het ven na de opschoning vrijwel continu drooggestaan.

2.6. De Schoapedobbe

De Schoapedobbe (amersfoort coördinaten 213, 552) is een terrein van het Fryske Gea dat aan de rand van het drechts plateau ligt. Het ven de Schoapedobbe ligt in een voormalig stuifduincomplex en is 0,6 ha groot en maximaal 1 meter diep. De waterlaag van de Schoapedobbe was voedselarm en zeer zwak gebufferd, gezien het voorkomen van Waterlobelia en Oeverkruid in het verleden. Het voorkomen van Drijvende Egelskop (*Sparganium angustifolium*) (van Beers & Kurstjens 1991), de ligging op een stuifduin en de naam van het ven doen vermoeden dat buffering tot stand kwam door respectievelijk inwaai van stuivend zand en menselijke activiteiten zoals zwemmen en het wassen van schapen. Na beëindiging van deze activiteiten, vastlegging van het stuifzand en verhoging van de atmosferische depositie is het ven gaan verzuren en zijn de oevers vergrast. Na opschooning in 1990 keerde een aantal bedreigde plantensoorten van de vochtige heide terug op de oever. In de waterlaag vond vrijwel geen uitbreiding van planten van zachte wateren plaats. De pH schommelde rond pH 4.5. In 1997 is een vooronderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van bekalking van het inzijggebied als middel om oppervlakkig instromend grondwater te bufferen. Naar aanleiding hiervan is eind 1998 een deel van het inzijggebied bekalkt.

2.7 De Bieze

De Bieze is de naam van een nat heideterrein in een slenk in het Kroondomein het Loo. Hierin ligt ook een complex van poeltjes, waarschijnlijk oude bomkraters, en een ven (0,5 ha). De door zeer zwak gebufferd, oppervlakkig kwelwater gevoede poeltjes waren als gevolg van atmosferische depositie verzuurd en dichtgegroeid met veenmos en Pijpestrootje. Op een enkele plek bevond zich nog Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*) en Vlottende bies (*Eleogiton fluitans*) (de Graaf e.a. 1994). In de omringende heide kwamen onder ander Gevlekte orchis (*Dactylorhiza maculata*) en Beenbreek (*Narthecium ossifragum*) voor, een aanwijzing van voeding door zwak gebufferd grondwater uit de omringende heide. Om het effect van eutrofiëring terug te dringen, is de toplaag van het terrein in het najaar van 1990 afgeplagd en is de sliblaag uit de putjes verwijderd. De opgeschoonde bomkraters worden vrij intensief door wilde zwijnen gebruikt voor het nemen van modderbaden. Het plaggen heeft geleid tot herstel van de vegetatie van natte heide en van zeer zachte wateren (Bobbink e.a. 1996). Evenals in de Schoapedobbe schommelt de pH van het water rond pH 4,5. Soms zijn uitschieters gemeten tot pH 6, wat mogelijk samenhangt met bodemomwoeling door Wilde zwijnen (*Sus scrofa*). Mogelijk kan hierdoor ook kieming en vestiging van zachtwatersoorten plaatsvinden. Echter, gedurende lange perioden ligt de pH tussen 4 en 4,5 en leiden genoemde zachtwatersoorten een marginaal bestaan. Eind 1997 is evenals langs de Schoapedobbe het aangrenzende inzijggebied van de poeltjes deels bekalkt.

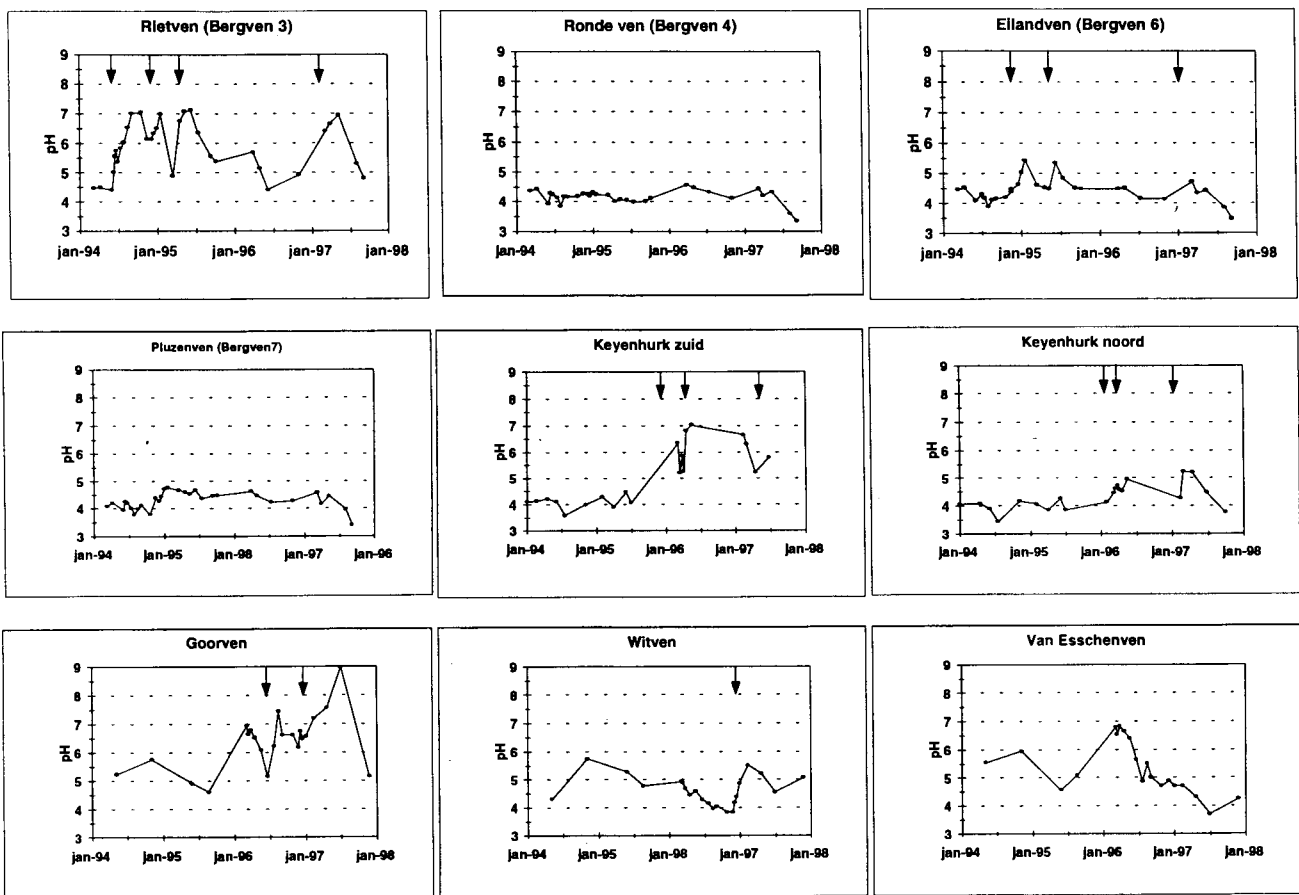
H.3 Grondwaterinlaat

Gebufferd, voedselarm water kan worden gebruikt om na herstel van de oorspronkelijke oligotrofe situatie de aanvoer van verzurende stoffen via het regenwater en het oppervlakkige grondwater te compenseren. Dit water is bedoeld om de waterkwaliteit te verbeteren en niet om de totale hoeveelheid water te vergroten, het is een anti-verzuring maatregel en geen anti-verdrogings maatregel. De jaarlijkse totale hoeveelheid in te laten gebufferd water is slechts een fractie van de totale inhoud van het ven. In het Beuven is al sinds 1986 ervaring opgedaan met het gebruik van gebufferd, voorgezuiverd oppervlaktewater na het herstel van een ven. Door een deel van het ven te gebruiken als voorbezinkingsbekken voor nutriënten is het hier mogelijk gebleken verzuring en eutrofiëring in de rest van het ven te voorkomen. In het ven bevindt zich momenteel één van de best ontwikkelde vegetaties van de oeverkruidklasse in Nederland. In veel gevallen is het gebruik van voorgezuiverd oppervlaktewater niet mogelijk; het aangrenzende water is te eutroof of het verzuurde water ligt geïsoleerd. In de meeste gevallen is het enige alternatief dan het oppompen van gebufferd, voedselarm grondwater. De hoeveelheid aan te voeren gebufferd water is afhankelijk van de verzurende capaciteit van het toestromende grond- en regenwater. Wanneer de atmosferische depositie daalt tot onder de kritieke waarden (Bobbink & Roelofs, 1995) kan de hoeveelheid aan te voeren gebufferd water sterk worden gereduceerd en in het geval van enige natuurlijke buffering via b.v. het grondwater zelfs achterwege blijven. Voor de hoeveelheid en samenstelling van het in te laten grondwater wordt verwezen naar Brouwer e.a.(1997).

Het gebruik van gebufferd grondwater is een vervanging van het gebruik van gebufferd, voedselarm oppervlaktewater. In veel heideterreinen zijn vroeger vennen met elkaar en met naburige waterlopen verbonden via sloten om de waterkwantiteit en -kwaliteit enigzins te kunnen reguleren. Hierdoor ontstonden reeksen van vennen die, naarmate ze verder verwijderd lagen van gebufferd, matig voedselarm water, zuurder en voedselarmer waren. Deze reeksen bezaten hierdoor een uiterst soortenrijke macrophyten- en algenflora. Het doel in deze venreeksen, in dit geval de Bergvennen en enkele Oisterwijkse vennen, is dus niet om alle vennen gelijkmatig te bufferen, maar om de oorspronkelijke gradiënt van zwak tot matig gebufferd naar zwak zuur weer te herstellen.

3.1 Buffering van de waterlaag en het sediment

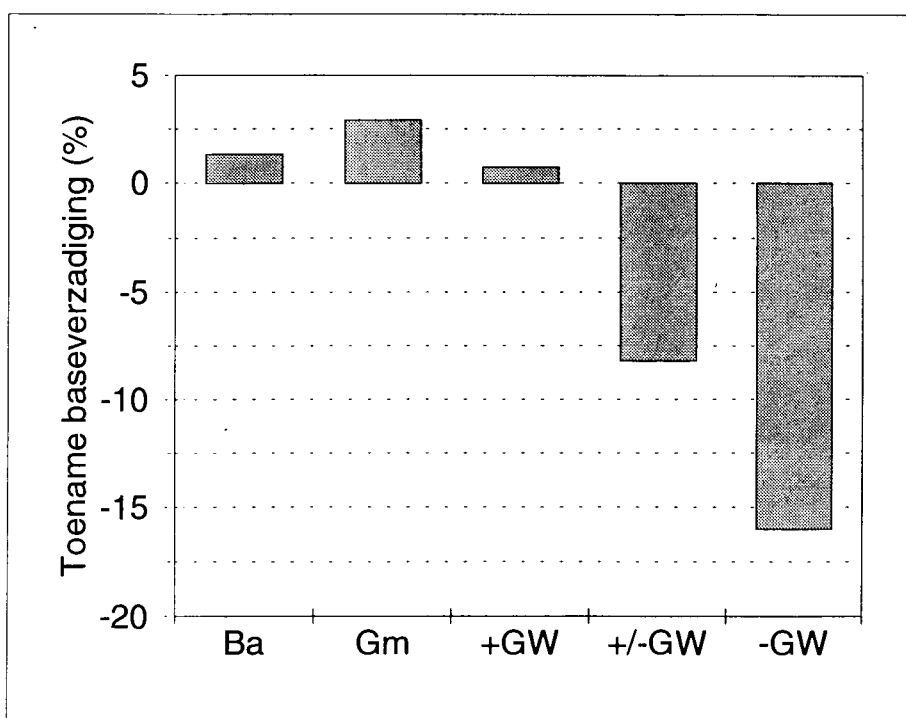
Na de natte winter van 1995 is een lange periode van droogte begonnen. Hierdoor is de inlaat van grondwater moeizaam verlopen. Wanneer de waterstand in het ven laag is, is het gevaar van een te sterke buffering van de geringe hoeveelheid resterend water groot. Bovendien is het onmogelijk om de oevers, de groeiplaats van het merendeel van de soorten van zwak gebufferde wateren, te bufferen middels buffering van de waterlaag. Een derde probleem doet zich voor in vennen die middels sloten met elkaar verbonden zijn. Doordat deze sloten tijdens laagwater droog staan kan alleen het ven waar het inlaatpunt zich bevindt worden gebufferd. Om deze redenen is het tot nu toe alleen mogelijk gebleken om het Goorven en het Rietven naar wens te bufferen (fig. 1). Ook de Keyenhurk en het Witven zijn recent van enige buffering voorzien. Het Van Esschenven, het Eilandven en het Pluzenvan zijn niet of nauwelijks voorzien van gebufferd water in deze periode. In het Ronde ven is begin 1998 voor het eerst enig water uit het Rietven ingelaten.



Figuur 1: De pH gedurende de periode 1994-1997 in acht opgeschoonde vennen. De pijltjes in de figuren geven een periode met inlaat van opgepompt grondwater weer.

Het inlaten van gebufferd grondwater is stopgezet wanneer een buffercapaciteit van ongeveer $500 \mu\text{eq l}^{-1}$ is bereikt in een aanzienlijk deel van het ven waar het grondwater in komt. Verder van het inlaatpunt gelegen water, bijvoorbeeld in het Witven, het Eilandven en de Keyenhurk noord, wordt dan veel minder sterk gebufferd, tot $100 \mu\text{eq l}^{-1}$. In alle gevallen wordt een snelle buffering (meest enkele weken) gevolgd door een langzame herverzuring. In het Rietven en het Goorven, waar het meeste gebufferde water is ingelaten, daalt de pH in de periode na buffering minder ver dan in minder gebufferde systemen. Dit wijst er op dat er een buffercapaciteit wordt opgebouwd in de bodem en dat na het opheffen van de verzuring in bodem en water een meer stabiele pH te verwachten is. Verder treedt verzuring vooral op tijdens droogvallen van het sediment. In vaker droogvallende vennen, zoals het Rietven en de Keyenhurk, treedt hierdoor sneller herverzuring op dan in permanent water houdende vennen, zoals het Goorven (fig. 1).

De kation-uitwisselingscapaciteit (CEC) en het baseverzadigingspercentage van het sediment zijn bepaald op alle meetlocaties in begin 1996 en begin 1997. Door de droogte hebben veel vennen geheel of gedeeltelijk droog gestaan in 1996. Oxydatie van gereduceerde verbindingen (ijzersulfiden, ammonium) en mineralisatie van organisch materiaal heeft geleid tot een behoorlijke productie van zuren en een afname van de CEC. Gemiddeld nam het organisch stof gehalte op de meetpunten af tot 71% van de hoeveelheid in 1996. Het Groot Meer is hierbij buiten beschouwing gelaten door het extreem lage gehalte organisch materiaal ($\pm 1\%$). Het baseverzadigingspercentage in de goed gebufferde bodems van de Banen en het groot Meer is niet teruggelopen (fig. 2). Dit is wel het geval in de meer verzuringgevoelige systemen. Wanneer gebufferd grondwater is aangevoerd, is geen verzuring maar ook geen oplading van het CEC opgetreden. Dit duidt er op dat de aangevoerde bufferstof geheel verbruikt is om de verzuring tijdens droogvallen te compenseren. In natte jaren zal deze verzuring veel minder optreden en kan zelfs enige alkalinitasie optreden door reductieprocessen in het sediment. Wel wordt dan waarschijnlijk meer zuur water vanuit het inziggebied aangevoerd. De verwachting is dat in nattere jaren minder grondwateraanvoer nodig zal zijn om verzuring te voorkomen dan in droge tijden.



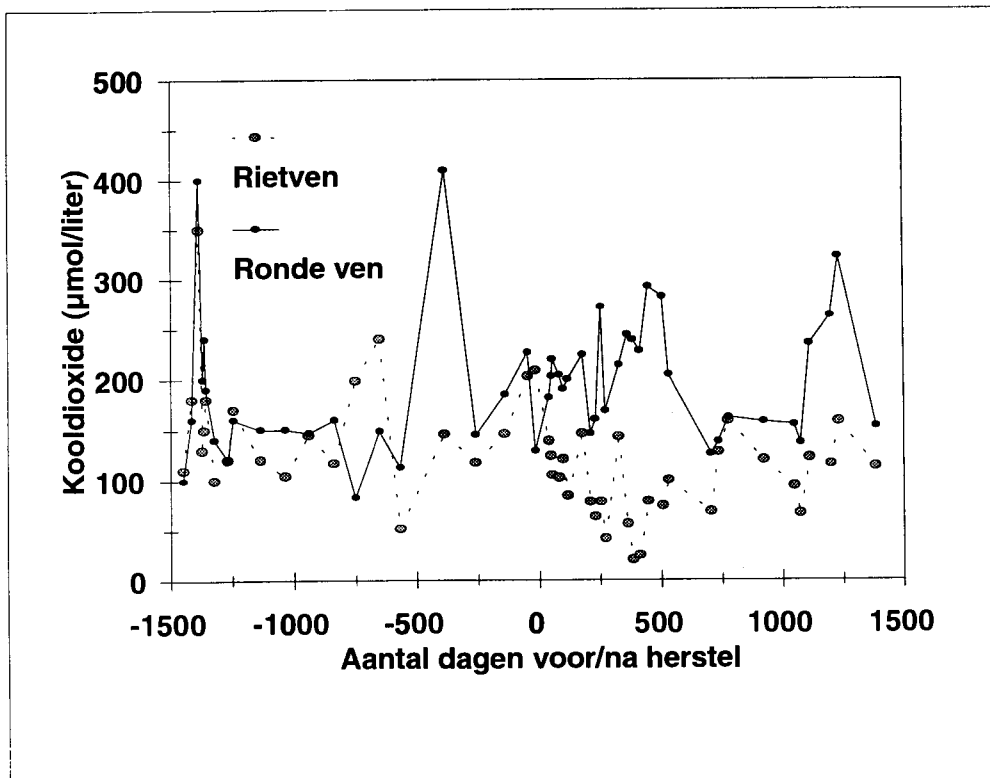
Figuur 2: Verandering in het baseverzadigingspercentage van het sediment in begin 1997 ten opzichte van begin 1996, op de vaste meetlocaties. Ba = Banen. GM = Groot Meer Ossendrecht. + GW (grondwater) = Rietven, Goorven., Keyenhurk zuid. +/- GW = Eilandven, Pluzenvan, Witven, Keyenhurk midden, noord. - GW = Ronde ven, Van Esschenven.

3.2 Grondwaterinlaat en oligotrofiëring

Uit het onderzoek van de afgelopen twee jaar is duidelijk naar voren gekomen dat de verandering in de pH als gevolg van de inlaat van gebufferd grondwater invloed heeft op de concentraties van de belangrijkste groei-limiterende voedingsstoffen. In verzuurde wateren is de hoeveelheid beschikbaar fosfaat vaak extreem laag (Grahn e.a, 1974). Buffering leidt tot een lichte stijging tot (nog steeds erg lage) concentraties die karakteristiek zijn voor oligotrofe, zwak gebufferde wateren. De twee overige belangrijke voedingsstoffen, koolstof en stikstof, zijn in verzuurde wateren juist in te grote hoeveelheden aanwezig en verdwijnen deels door de inlaat van grondwater.

De hoeveelheid kooldioxide in de waterlaag lijkt sterk af te hangen van de pH. In verzuurde wateren schommelt de concentratie meest tussen 100 en 300 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Na buffering van het Goorven, het Rietven en de Keyenhurk stijgt allereerst de pH van 4 naar 6 tot 7. Gelijktijdig daalt de kooldioxideconcentratie naar 50 tot 100 $\mu\text{mol l}^{-1}$ in alle drie de vennen (fig. 3).

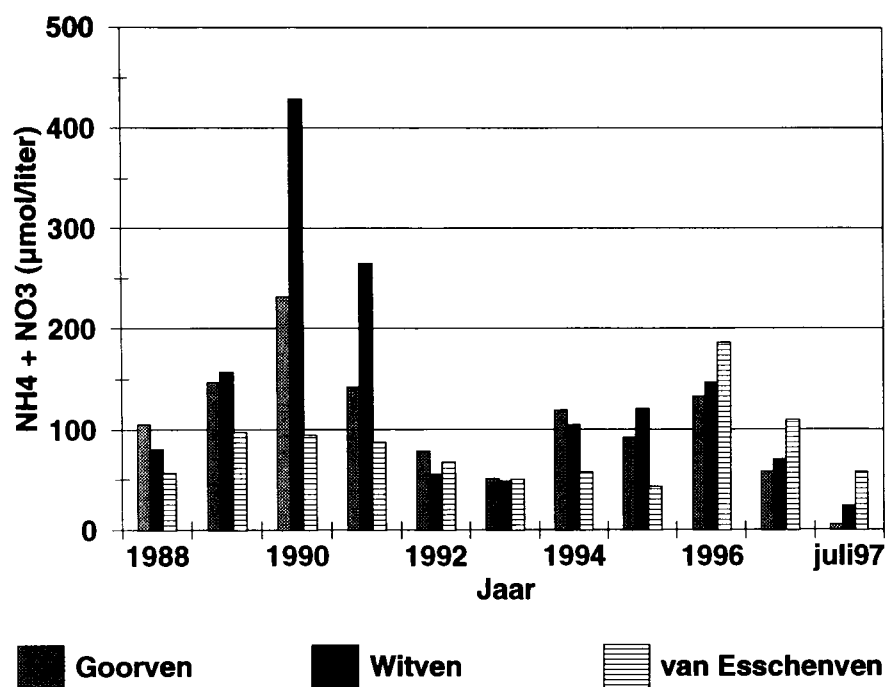
Verdere buffering leidt nauwelijks tot een stijging van de pH, maar wel tot een stijging van de buffercapaciteit. Tijdens herverzuring gebeurt het omgekeerde. Wanneer de buffercapaciteit is gedaald tot duidelijk beneden 100 $\mu\text{eq l}^{-1}$, gaat de pH dalen. Pas wanneer deze duidelijk beneden pH 5 daalt, kunnen ook de kooldioxideconcentraties weer gaan stijgen. De koolstoflimitatie in de herstelde en met grondwater behandelde vennen wordt dus pas opgeheven wanneer herverzuring optreedt tot duidelijk beneden pH 5. Alleen tijdens perioden met aanvoer van kooldioxide rijk grondwater of na perioden van droogvallen is de koolstofbeschikbaarheid tijdelijk groter. Voldoende oplading van het kation-uitwisselings-complex in de bodem is essentieel voor koolstoflimitatie in de zomer. Een gebufferde bodem voorkomt een te sterke pH-daling en stijging van de kooldioxide-concentratie in het groeiseizoen.



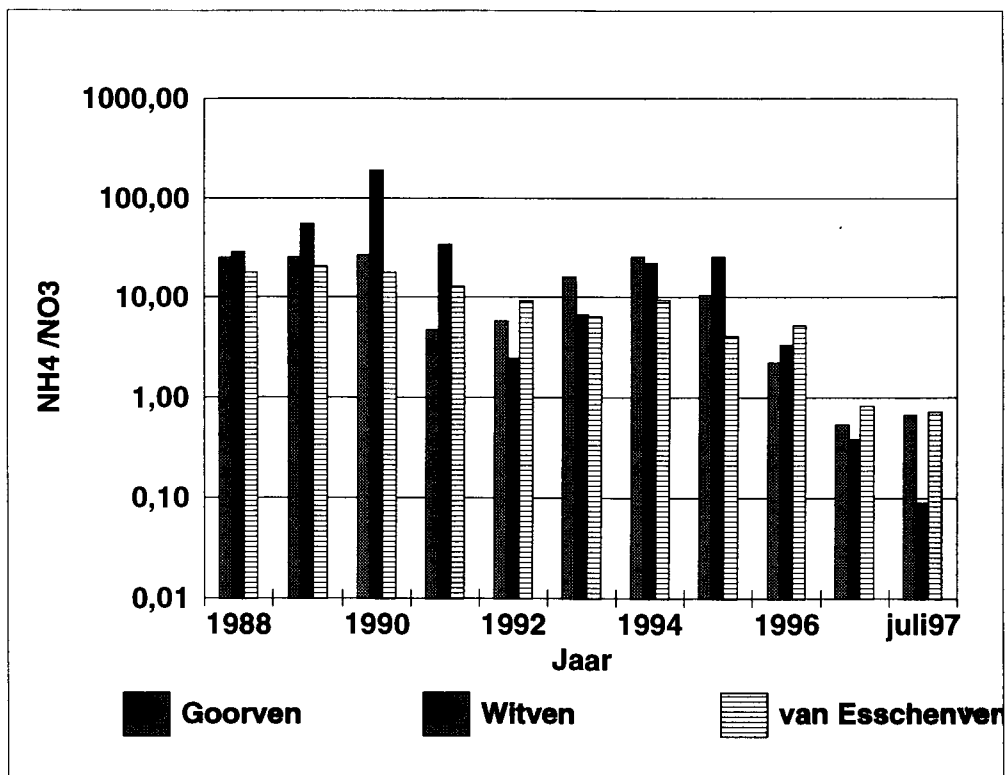
Figuur 3: Beschikbaarheid van koolstof in de waterlaag van een opgeschoonde ven zonder grondwaterinlaat (Ronde ven) en met grondwaterinlaat (Rietven).

De hoeveelheid nitraat en ammonium in het water is meer indirect afhankelijk van de pH. Door de verstoring tijdens de herstelwerkzaamheden stijgt tijdelijk de hoeveelheid stikstof in de waterlaag (fig. 4, 1996). Daarna vindt in het weer snel herverzuurd van Esschenven een daling plaats naar het niveau van voor de hersteloperatie. Door de verwijdering van anaërobe lagen met opgehoopt organisch materiaal en het droogliggen van het sediment tijdens de herstelwerkzaamheden vindt een verbetering van de zuurstofbeschikbaarheid in de bodem plaats. Dit stimuleert de nitrificatie van ammonium, waardoor de ammonium/nitraat ratio daalt (fig. 5, van Esschenven). Echter, in het Witven en met name het Goorven loopt de stikstofbeschikbaarheid terug naar waarden die tien jaar niet meer zijn gemeten. Grondwaterinlaat zorgt hier voor een verdere nitrificatie van ammonium en daling van de ammonium/nitraat ratio (fig. 5, Witven). In het Goorven zijn zowel ammonium als nitraat in de zomer van 1997 in zeer lage concentraties aanwezig die overeenkomen met de natuurlijke waarden. Ook hier geldt dat nieuw aangevoerd ammonium, via depositie of grondwateraanvoer, snel wordt omgezet in nitraat zo lang het betreffende water niet te sterk herverzuurt.

Er zijn nog geen aanwijzingen gevonden voor verschuivingen in de hoeveelheid beschikbaar ammonium en nitraat in het bodemvocht als gevolg van grondwaterinlaat. Met name in de bodem van de Oisterwijkse vennen worden nog altijd hoge ammoniumconcentraties en lage nitraatconcentraties gemeten (ongeveer 250, resp. 5 $\mu\text{mol l}^{-1}$). Waarschijnlijk hangt dit ook in grote mate samen met de anaërobie in het sediment. Hierin zal pas verandering komen wanneer zich sterk wortelende, isoetide waterplanten gaan vestigen. Deze ontbreken hier nog altijd.



Figuur 4: Beschikbaarheid van stikstof in de waterlaag van drie in begin 1996 opgeschoonde, verzuurde vennen nabij Oisterwijk. Door de invloed van grondwater is de waterlaag zwak gebufferd in het Goorven en zeer zwak gebufferd in het Witven.



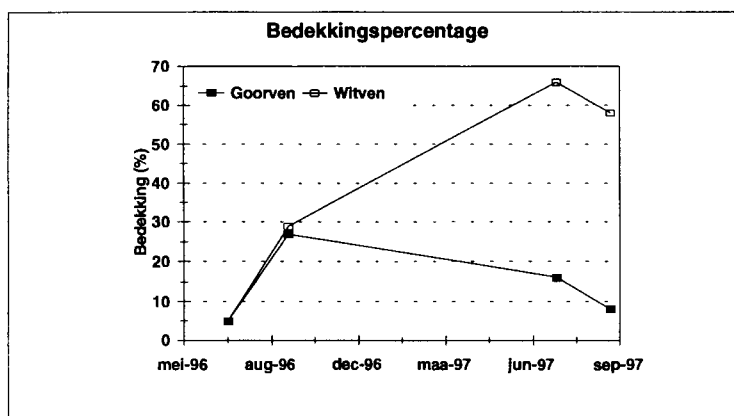
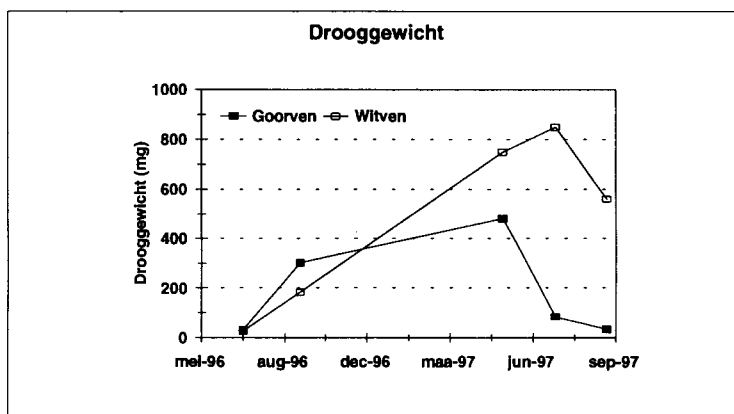
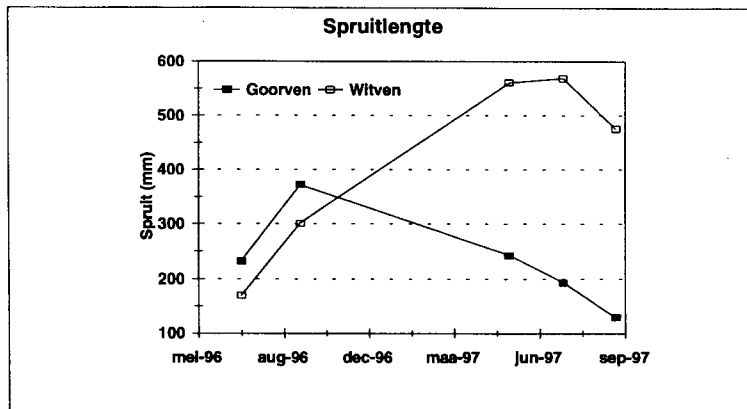
Figuur 5: De ammonium/nitraat ratio in de waterlaag van drie in begin 1996 opgeschoonde, verzuurde vennen nabij Oisterwijk. Door de invloed van grondwater is de waterlaag zwak gebufferd in het Goorven en zeer zwak gebufferd in het Witven.

3.3 Grondwaterinlaat en knolrusgroei

Ammoniumdepositie veroorzaakt in vennen verzuring van de waterlaag, remming van de nitrificatie, uitputting van nitraat en ophoping van ammonium. Deze pH daling en ophoping van ammonium veroorzaken het verdwijnen van karakteristieke soorten van zachte wateren. Alleen Knolrus (*Juncus bulbosus*) is hiervoor niet gevoelig. Recent onderzoek in Noorwegen heeft duidelijk laten zien dat Knolrus zelfs zeer snel kan groeien als zowel het aanbod ammonium (in water en/of bodem) als het aanbod kooldioxide (water) hoog is. Door concurrentie om o.a. licht draagt Knolrus bij aan het verdwijnen van andere planten van zachte wateren en. Ook in herstelde vennen kan Knolrus zich explosief ontwikkelen. In voorgaande paragraaf is te zien dat de beschikbaarheid van ammonium en kooldioxide in de waterlaag snel afneemt na aanvoer van grondwater. De verwachting was dan ook dat aanvoer van grondwater al na enige maanden een negatief effect zou hebben op de knolrusgroei. De groei van Knolrus is gevolgd in het Goorven en het Witven. In het Goorven kon verzuring in 1996 worden voorkomen door de inlaat van grondwater. Hierdoor daalde ook de beschikbaarheid van stikstof en koolstof flink. Het Witven verzuurde in de loop van dat jaar en kon pas begin 1997 enigzins worden gebufferd. Koolstof- en stikstofconcentraties waren hier aanmerkelijk hoger. Toch is aanvankelijk de groei van Knolrus in het Goorven eerder groter (fig. 6). Pas in mei 1997 vindt in het Goorven een plotseling afsterven van Knolrus plaats. Dit ging gepaard met een algenbloei op de afstervende vegetaties en daardoor een tijdelijke sterke stijging van de pH (fig. 1). Afsterven van Knolrus en algenbloei vonden pas in de loop van de zomer en in veel mindere mate plaats in het dan enigzins gebufferde Witven. Inmiddels hebben zich wel grote knolrusplanten ontwikkeld in het vrijwel niet gebufferde Van Esschenven.

De aanvankelijk snelle groei van Knolrus in het Goorven is waarschijnlijk een gevolg van de diffusie van kooldioxide uit het vers blootgelegde sediment. Deze kan wel worden opgenomen door de plant, maar wordt niet gemeten in de bovenste waterlagen. Snelle knolrusgroei is ook waargenomen in het eerste jaar na herstel van soortgelijke vennen als het Beuven en de Banen. Bovendien zijn de sedimenten in de opgeschoonde Oisterwijkse vennen nog steeds rijk aan ammonium.

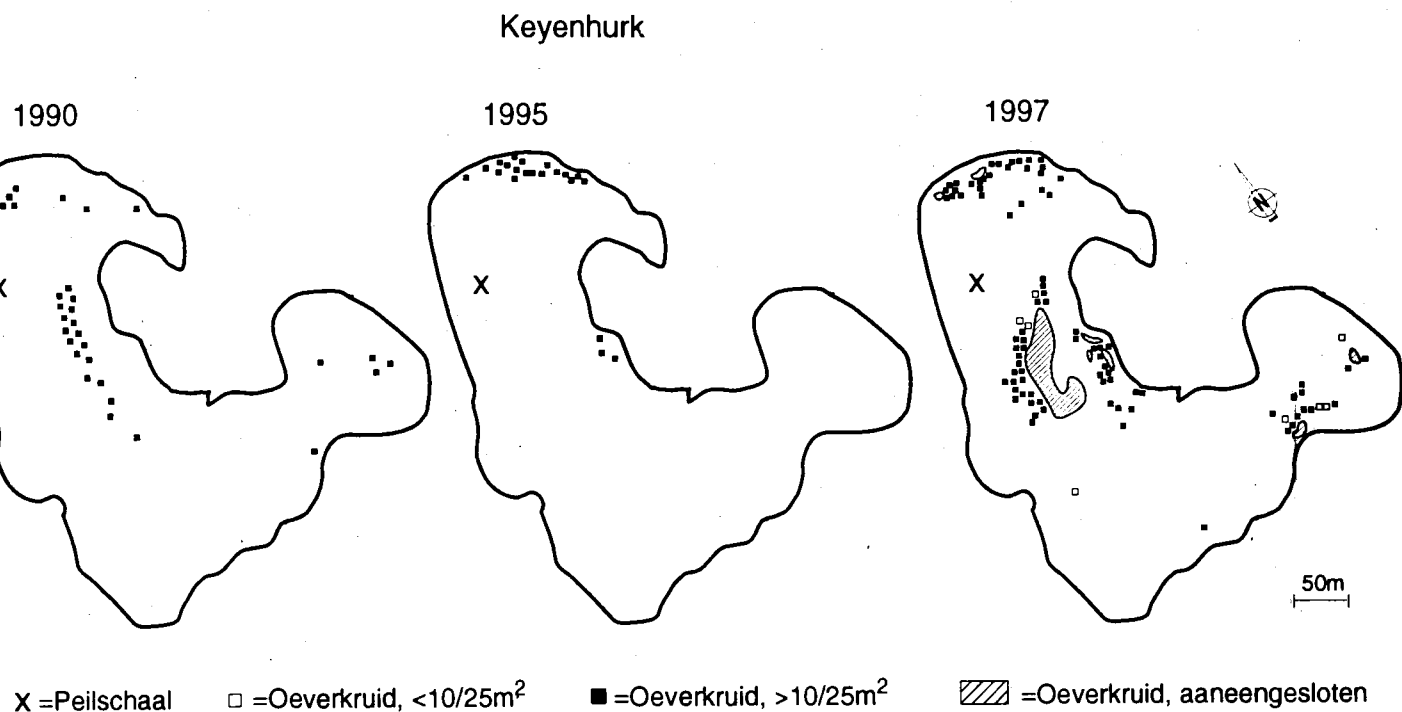
Ook andere waterplanten in het Goorven reageerden sterk op het verminderde kooldioxideaanbod. In 1997 waren met name Ongelijkbladig en Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton gramineus* en *polygonifolius*) veel minder in aantal en bedekking dan in 1996. Door-schijnend glanswier (*Nitella translucens*), handhaafde zich op de bodem. De vestiging van isoetide waterplanten als Oeverkruid en Stijve moerasweegbree (*Echinodorus repens*) is tot nu toe uitgebleven, wat er op duidt dat er van deze soorten geen zaadbank meer aanwezig was. Ook na de opschoning in de jaren vijftig zijn isoetiden niet of nauwelijks gesignaleerd (van Dijk e.a., 1960). In relatief geïsoleerde delen van het Goorven overheerst de invloed van relatief zuur oppervlakte- en grondwater. Hier ontwikkelde zich dichte vegetaties van Knolrus en Duizendknoopfonteinkruid.



Figuur 6: Bedekking, spruitlengte en bovengrondse biomassa van knolrusplanten op 5 plaatsen in het Goorven en het Witven, gedurende 1996 en 1997.

3.4 Grondwaterinlaat en herstel van de vegetatie

Door de inlaat van grondwater wordt de oorspronkelijke waterkwaliteit in een korte periode grotendeels hersteld. De reactie van de plantengroei op de inlaat van grondwater voltrekt zich bijna even snel als de veranderingen in de waterchemie. Het best is dit zichtbaar in de Keyenhurk (fig. 7). Enkele maanden voor verwijdering van organisch materiaal in 1990 kwamen de volgende indicatoren van zachte wateren voor in het ven: Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Moerashertshooi (*Hypericum elodes*, enkele exemplaren) en Witbloemige water-
 ranonkel (*Ranunculus ololeucos*, enkele exemplaren) (van Beers & Kurstjens, 1991). Na opschoning vond vrijwel geen buffering vanuit het bekalkte Scherpven plaats, waardoor de Keyenhurk verzuurd bleef (fig.1) (Bobbink e.a., 1995). Moerashertshooi werd niet teruggevonden en Witbloemige water-
 ranonkel verdween na enkele jaren. Oeverkruid verdween vrijwel uit de waterlaag, maar handhaafde zich op enkele plaatsen op de oevers (fig. 7). Mogelijk zijn enkele verspreide individuen over het hoofd gezien. Vrijwel onmiddellijk na de
 aanvang van grondwaterinlaat in 1996 begon Oeverkruid zich uit te breiden vanuit bestaande populaties en werden ook nieuwe vestigingen waargenomen. In 1997 werd weer Moerashertshooi waargenomen. Waterpostelein (*Peplis portula*) en Duizendknoopfontein-
 ruid vestigden zich.



Figuur 7: Verspreiding van Oeverkruid (*Littorella uniflora*) in het ven de Keyenhurk voor herstel, na verwijdering van opgehoopt slib in 1991 en na buffering met grondwater in 1996 en 1997.

In de Bergvennen zijn het vooral Oeverkruid, Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) en Drijvende egelskop (*Sparganium natans*) die positief reageren op de inlaat van grondwater. In het Rietven heeft zich in enkele jaren een populatie van enkele honderden Waterlobelia's gevestigd (tab. 1). Deze vestiging is vertraagd door de weinig voorkomende combinatie van strenge vorst en lage waterstanden in begin 1993 en begin 1996. Terwijl een uitbreiding plaatsvond in het Rietven, kwam de uitbreiding in het door de droogte onvoldoende van grondwater voorziene Eilandven tot stilstand. In het niet door grondwater beïnvloede Ronde ven vond in dezelfde periode achteruitgang van de bestaande populaties Waterlobelia en Oeverkruid plaats. Slechts tijdens en na perioden waarin de groeiplaatsen droogvielen trad weer kieming en vestiging van Waterlobelia op. Verder vestigde zich hier vrijwel geen nieuwe planten op de opgeschoonde delen. Wel kon het hier in 1996 opgedoken Canadees Hertshooi (*Hypericum canadense*) zich uitbreiden op dunne humuslaagjes op de oostoever. Vanwege de minder gunstige ontwikkeling in het Ronde ven word nu door het Overijssels Landschap nagedacht over mogelijkheden om ook dit ven te bufferen.

Tabel 1: Aantalsontwikkelingen van de populaties Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) in drie herstelde Bergvennen. In 1996 zijn door het bevroren van drooggevallen planten en vervolgens (vrijwel) geheel droogvallen van de groeiplaatsen alleen enkele minieme Waterlobelia's waargenomen in het Ronde ven.

	'90-'93	1994	1995	1996	1997
Rietven	0	0	13	?	± 320
Ronde ven	± 250	± 50	± 210	?	± 130
Eilandven	0	0	2	?	3

3.5 Grondwaterinlaat als praktijkrijpe maatregel

Drie jaar na de start van de inlaat van grondwater tegen verzuring is inmiddels duidelijk dat deze maatregel met succes kan worden toegepast, zonder al te veel negatieve bijwerkingen. Het is de bedoeling om op grond van de voorbeeldprojecten te komen tot algemener geldende regels aan de hand waarvan terreinbeherende instanties zelfstandig inlaat van grondwater kunnen toepassen. Belangrijkste informatie die hiervoor nodig is, is met name de pH en buffercapaciteit van de waterlaag in de uitgangssituatie, de kwaliteit en kwantiteit van het aangevoerde grondwater, het venvolume, het baseverzadigingspercentage en de kation-uitwisselingscapaciteit (CEC) van het sediment, de hoeveelheid verzurende depositie en de waterpeilfluctuaties. Echter, om de maatregel als praktijkrijp te kunnen doen gelden ontbreekt nog een aantal gegevens. Verwacht wordt dat voor de rapportage van het volgende jaar voldoende gegevens voorhanden zullen zijn om een aantal richtlijnen op te kunnen stellen.

Allereerst kunnen twee (uiterste) uitgangssituaties worden onderscheiden: verzuurde en voldoende gebufferde, verzuringsgevoelige wateren. Ook het gegeven of slechts één ven of een reeks van vennen dient te worden gebufferd vanuit één punt is van belang.

De meest éénvoudige situatie is één niet verzuurd, verzuringsgevoelig ven. Voorbeelden daarvan zijn de Banen en het Groot Meer. Helaas is in beide systemen nog geen ervaring opgedaan met de inlaat van grondwater. Enkele jaren na opschoning is in beide systemen (gelukkig) nog geen sprake van ernstige verzuring. Ook de ervaringen met het Beuven hebben geleerd dat in niet verzuurde wateren slechts weinig inlaat van gebufferd water nodig is, hooguit enkele procenten van het venvolume per jaar. In een gebufferde situatie kan op deze manier naar verwachting een door het jaar heen relatief constante waterkwaliteit worden gehandhaafd.

Ervaring met grondwaterinlaat in één verzuurd systeem wordt opgedaan in de Keyenhurk. De wegens omstandigheden beperkte hoeveelheid ingelaten water en de herverzuring die gedurende het zomerseizoen optreden geven aan dat hier nog geen stabiele situatie is bereikt. Zuurnalevering vanuit de bodem en vanuit toestromend water vanuit de omgeving vindt plaats. Na voldoende buffering van de bodem zal de waterkwaliteit stabiel worden. Ditzelfde geldt ook voor verzuurde venreeksen. Hier speelt nog het extra probleem dat door zuurnalevering vanuit de omgeving en de bodem het water op zijn weg door de venreeks snel zijn buffercapaciteit verliest, waardoor de tweede en vooral derde vennen weinig gebufferd water ontvangen. Deze gradiënt zal naar verwachting minder steil worden wanneer in het eerste ven een stabiele situatie wordt bereikt. Tenslotte wordt ook het aflaten van water om de doorstroming te bevorderen vooral in droge winters door behorende instanties als een probleem gezien. Het is dan kiezen tussen water vasthouden en verzuring of enig water aflaten en een betere buffering. Analoog aan de greppels in blauwgraslanden is het beter om voor enige afwatering te kiezen, iets wat ook hier aansluit op de vroegere situatie.

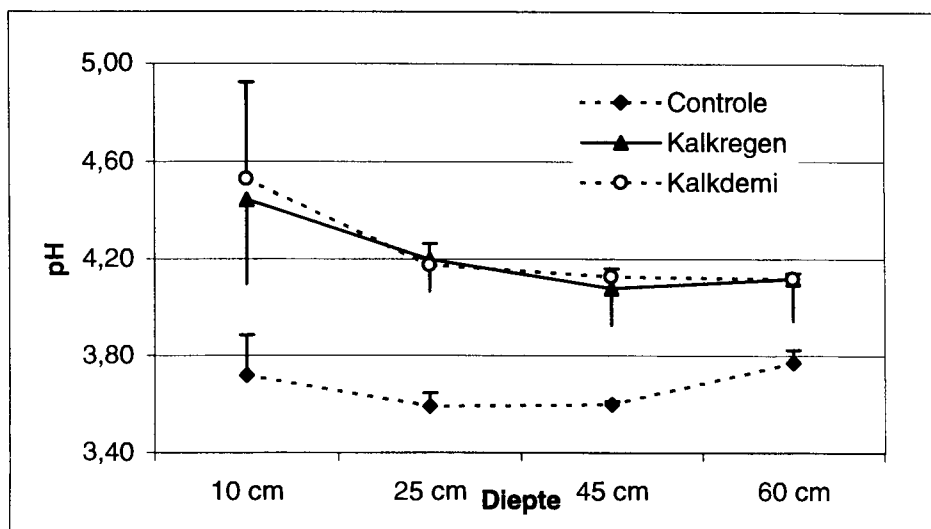
Zo lang er in de voorbeeldprojecten middels grondwaterinlaat nog geen stabiele situatie is bereikt, kan deze maatregel nog niet als praktijkrijp worden beschouwd.

H. 4 Bekalking van het inzijsgebied

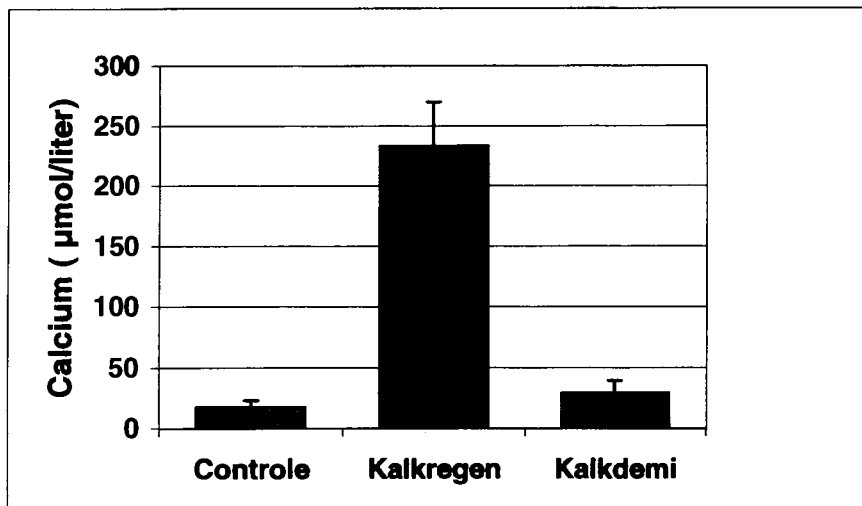
In vorige rapportages is al gemeld dat directe bekalking van de waterlaag een aantal negatieve bijverschijnselen tot gevolg kan hebben, onder andere interne eutrofiëring (Bobbink e.a., 1995, Brouwer e.a., 1996). De opkomst van Pitrus op de oevers van het bekalkte en opgeschoonde Scherpven in 1997 is mogelijk een gevolg van bekalking. Vooral op de plaatsen waar de kalk is uitgestrooid en uitgezakt naar de bodem, is zich een gesloten vegetatie van Pitrus aan het ontwikkelen. Evenals de ontwikkeling van Knolrus in Noorse meren heeft het enige jaren geduurd voordat deze groei op gang kwam (Roelofs e.a., 1994).

4.1 Experimentele bekalking

Het gebruik van enkele tonnen kalk ha^{-1} heeft geen eutrofiërend effect op de bodem en vegetatie in de eerste jaren na toediening (Barendregt e.a., 1997). Uit kolomexperimenten blijkt dat de snelheid waarmee de bodem gebufferd wordt aanzienlijk lager is dan de verplaatsingssnelheid van opgelost calcium (Brock, 1997). Wanneer deze kolommen worden beregend met ammoniumrijk, kunstmatig regenwater lost de toegediende kalk relatief makkelijk op. Na enkele maanden is de concentratie op 60 cm. diepte al vertienvoudigd (fig. 8). De pH loopt vooral in de bovenste laag op, maar ook is na een half jaar op 60 cm. diepte een kleine stijging waarneembaar (fig. 9). Dezelfde pH-stijging laten ook de kolommen beregend met gedemineraliseerd water zien. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de pH aan het begin van het experiment met de kolommen tussen pH 4 en pH 4,5 lag. Tijdens de proef is enige verzuring opgetreden in de controle behandelingen. De hoeveelheid kalk die oplost is in combinatie met beregening met schoon (demi-) water gering, getuige de lage calcium-concentraties in het bodemvocht. Dit komt overeen met de geringe stijging van de pH. Wanneer bekalkt wordt in een situatie met een ammoniumrijke neerslag lost wel meer kalk op, maar stijgt de pH niet verder. Dit wijst op zuurproductie door nitrificatie van ammonium. Vooral in de bovenste bodemlagen stijgt na bekalking het base-verzadigingspercentage (niet weergegeven).



Figuur 8: De pH van intacte bodemprofielen van de oever van de Schoapedobbe, 31 weken na bekalken. Kalkregen = bekalkt en daarna beregend met kunstmatig regenwater. Kalkdemi = bekalkt en daarna beregend met gedemineraliseerd water.



Figuur 9: De calciumconcentratie van bodemvocht op 60 cm. diepte van intacte bodemprofielen van de oever van de Schoapedobbe, 31 weken na bekalken. Kalkregen = bekalkt en daarna beregend met kunstmatig regenwater. Kalkdemi = bekalkt en daarna beregend met gedemineraliseerd water.

4.2 De Schoapedobbe

Bekalking van het hydrologisch voedingsgebied is langs het ven de Schoapedobbe uitgevoerd op 20 november 1997. De gebruikte doses variëren van 2 ton dolokal ha⁻¹ op delen met een soortenrijke vochtige heide tot 5 ton dolokal ha⁻¹ op delen met een soortenarme droge heide. Na de bekalking is de vegetatie met water besproeid om verbrandingsschade door het kalkstof te voorkomen. Het effect van bekalking wordt gevolgd in drie transecten van hoge oever naar ven. Hierin wordt de samenstelling van het vocht in de bovenste laag van de bekalkte oever, van het oppervlakkig afstromende grondwater, van het diepere, wegzijgende grondwater en het venwater gevolgd. Inmiddels is uit de metingen van de grondwaterstanden duidelijk geworden dat het hydrologisch voedingsgebied van de Schoapedobbe zich uitstrekt rond het ven, exclusief de westzijde. Op de westoever is tot nu toe alleen een sterke wegzijging gemeten op de oever. Metingen in februari geven aan dat effecten van bekalking meetbaar zijn op 10 cm diepte in de bodem. Hier zijn de pH en de buffercapaciteit reeds gestegen.

4.3 De Bieze

De poeltjes in de Bieze liggen in een slenk die water ontvangt vanuit de 1 à 2 meter hoger gelegen natte heide aan de zuidzijde. Na regenrijke perioden stroomt het water ook oppervlakkig van de poeltjes aan de zuidzijde naar het ven. Het ven loopt dan aan de noordzijde over, waar het water snel inzijgt. Kennelijk ontbreekt daar een waterkerende laag. Op dit laagste terreindeel groeit vooral droge heide. Bekalking van het hydrologisch voedingsgebied aan de zuidzijde is uitgevoerd op 16 december 1997. Over een oppervlak van ongeveer 400 m² is hier 2 ton dolokal ha⁻¹ uitgestrooid in vochtige heidevegetaties en op een aansluitend voormalig stuifduintje. De twee transecten waarin de effecten gevolgd worden hebben ongeveer dezelfde opbouw als in de Schaopedobbe. In tegenstelling tot de Schaopedobbe is hier niet besproeid na afloop. Wel heeft het in de dagen na de bekalking regelmatig geregend. Tijdens een bezoek in maart 1998 bleek dat op plekken met grote kalkconcentraties Gewoon haarmos (*Polytrichum commune*) grotendeels was afgestorven. Massaal optreden van Gewoon haarmos is vaak een teken van verstoring of eutrofiëring. Karakteristieke hogere planten van vochtige heiden, zoals Moeraswolfsklauw (*Lycopodium inundatum*), Kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*) en Dopheide (*Erica tetralix*) vertonen nog geen reactie. Evenals in de laboratorium-experimenten blijkt weer dat bekalking allereerst effecten heeft op de moslaag.

H. 5 Voormalig geëutrofiëerde, verzuringsgevoelige wateren

5.1 De Banen, steunen op een gebufferd verleden

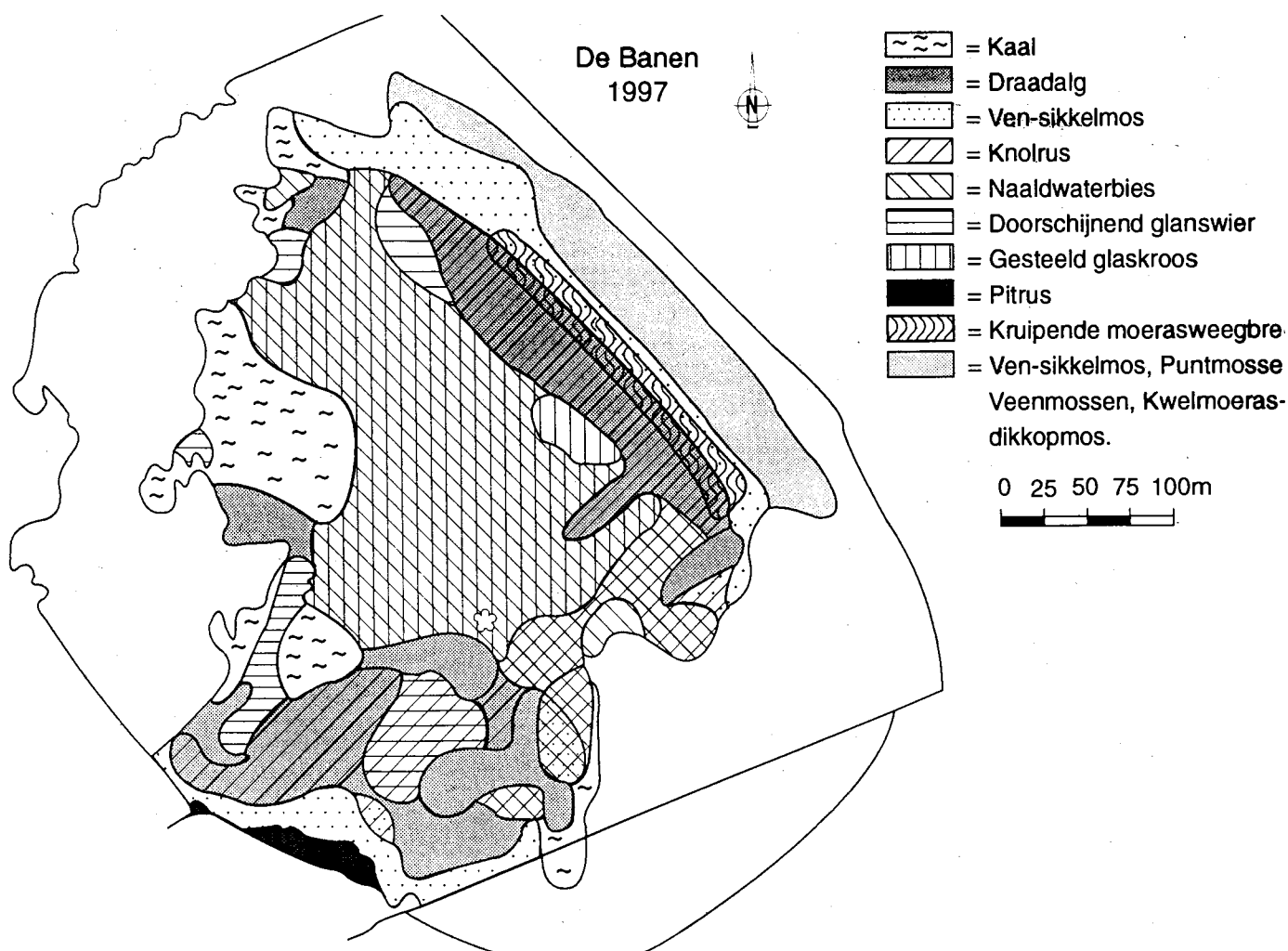
In het voorbeeldproject de Banen wordt in de loop van 1998 de aanvoer van voedselarm grondwater van 90 meter diepte mogelijk. Verzuring wordt nu voorkomen door de hoge buffercapaciteit van de onderwaterbodem en de niet opgeschoonde delen. De recent opgeschoonde delen aan de zuid- en noordkant hebben een voornamelijk zandige ondergrond. De eerste metingen geven aan dat de waterlaag hier zuurder is, ongeveer pH 4. Verder is door het langdurig droogvallen in 1996 de buffercapaciteit van de onderwaterbodem in het centrale deel bijna gehalveerd. Voorlopig is dit nog voldoende om verzuring te voorkomen en kan door contact met water uit het centrale deel waarschijnlijk ook in de andere delen in buffering worden voorzien. Het is echter duidelijk dat er op korte termijn in extra buffering moet worden voorzien.

Door het lange droogvallen in 1996 is het sediment geoxideerd en zijn met name sulfideverbindingen omgezet in sulfaat (tab. 2) Bovendien zijn door de hierdoor gestimuleerde mineralisatie extra voedingsstoffen vrijgekomen, met name fosfaat, stikstof en kalium. Na inundatie was dit ook duidelijk meetbaar in de waterlaag. Aanvankelijk leidde dit in 1997 tot een sterke uitbreiding van draadalgen en aquatische mossen. Nadat deze het merendeel van de voedingsstoffen hadden vastgelegd kregen macrofyten weer de overhand (fig. 10 en 11). Ook in de bodem daalde de nutriëntenbeschikbaarheid sterk. Vooral de soorten die afhankelijk zijn van kooldioxide in de waterlaag keerden in grote mate terug: Knolrus, Doorschijnend glanswier (*Nitella translucens*), Loos blaasjeskruid (*Utricularia australis*) en Ongelijkbladig fonteinkruid. In mindere mate vestigde zich ook Vlottende bies (*Eleogiton fluitans*), Ondergedoken moerasscherm (*Apium inundatum*), Teer vederkruid (*Myriophyllum alterniflorum*) en Stekelbiesvaren (*Isoetes echinospora*). Op de meer zandige en diepere delen bleven lager blijvende soorten overheersen, vooral Gesteeld glaskroos (*Elatine hexandra*) en Naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*).

De oostoever groeit in toenemende mate dicht met een dicht mostapijt (tab. 3). Dit is een teken van eutrofiëring, waarschijnlijk door mineralisatie na langdurig droogvallen. Bovendien zijn lokaal grote hoeveelheden afgestorven plantenmateriaal aangespoeld. Ook grenst het opgeschoonde deel aan een meer dan tien meter hoog berkenbos. Door bladinwaai, vermindering van de windwerking, schaduw en hierdoor een vochtiger microklimaat wordt de mosgroei verder gestimuleerd. Door het verder opstuwen van de Rietbeek is de kans op langdurig droogvallen waarschijnlijk verminderd. Echter, het berkenbos is een blijvende bron van eutrofiëring voor de oostoever, ook al door de fosfaten die bij hoge waterstanden vrij kunnen komen (Soontiëns, 1996). De Stichting het Limburgs landschap overweegt nu gedeeltelijke kap van deze bosrand.

Tabel 2: Veranderingen in de samenstelling van het bodemvocht in het sediment van de Banen als gevolg van droogvallen in de maanden juni, juli en augustus 1996. Zo = Zuidoost, N = Noord. Concentraties in $\mu\text{eq. l}^{-1}$ (alkaliniteit) en $\mu\text{mol l}^{-1}$.

		Alk	Ca	S04	Na	K	NH4	NO3	0-PO4
Mrt '96	Zo	299	251	225	642	75	49	4	0,13
	N	198	524	705	764	126	7	2	0,08
Sep '96	Zo	242	1111	1620	1340	231	78	71	1,58
	N	214	1192	1828	1160	226	60	50	1,46
Mei '97	Zo	170	400	552	541	-	19	21	0,3
	N	193	869	1106	794	189	6	9	0,6
Okt '97	Zo	171	492	543	592	-	7	3	0,3
	N	210	328	269	519	61	5	4	0,4

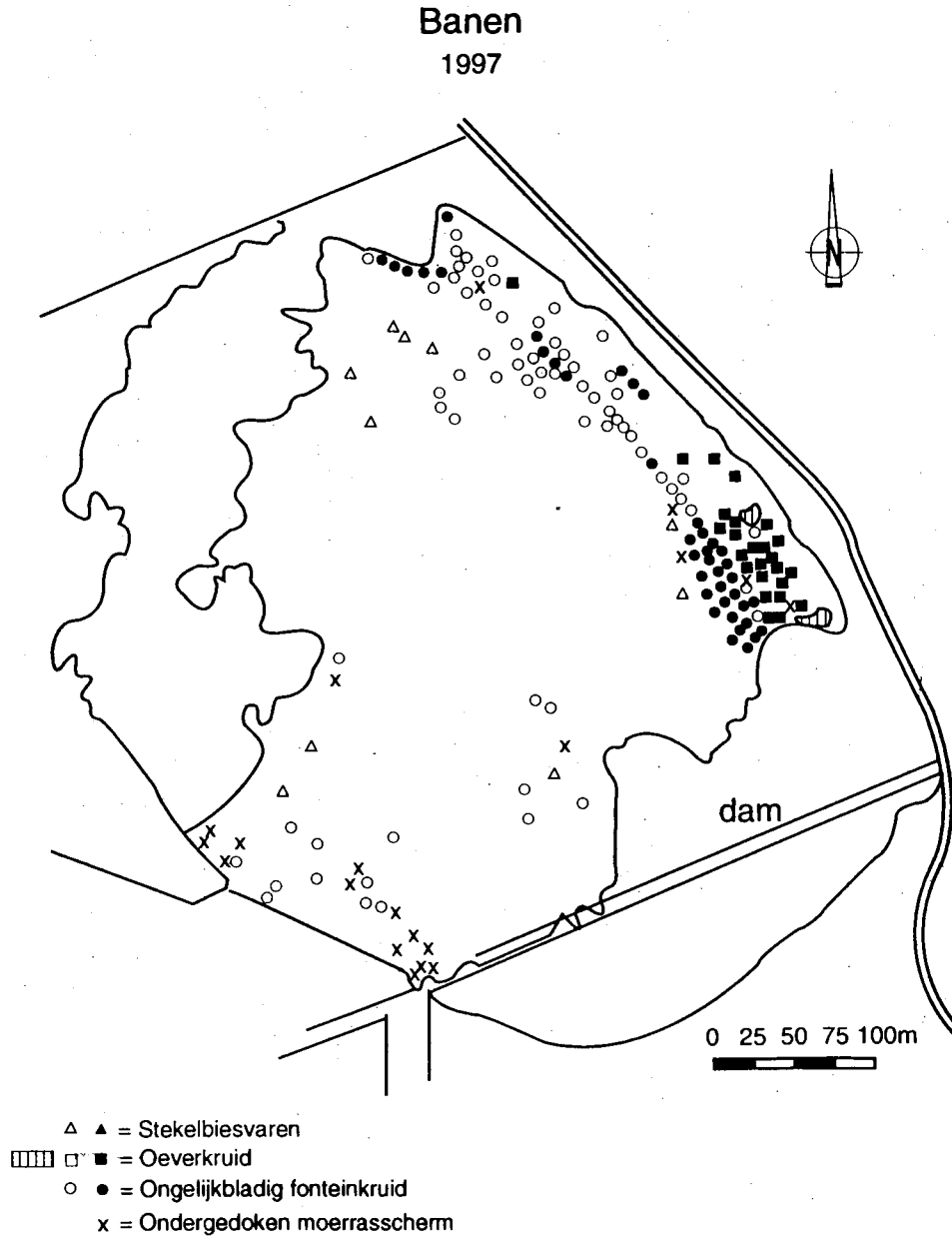


Figuur 10: (Co-)Dominante plantensoorten in het opgeschoonde deel van het ven de Banen in de nazomer van 1997.

Tabel 3: Ontwikkeling van de vegetatie in een permanent vierkant (Braun-blanquet) op de oostoever van de Banen, in de voormalige rietzone.

	16-9-93	3-8-94	11-10-'95	30-5-'96	23-9-'97
Totale bedekking (%)	50	95	85	90	99
Slibdikte (cm.)	0	0	0	0-1	1-2
Aantal soorten	23	17	25	50	29
Agrostis canina				r	2
Algen		3			
Alisma plantago-aquatica			r	1	
Apium inundatum			r		r
Betula spec. (k)				r	r
Bidens tripartita					+
Brachythecium mildeanum			1	3	3
Calamagrostis canescens					+
Calliergonella cuspidata			1	1	2
Calliergon cordifolium		r	+	1	
Callitriche hamulata		+	+	r	
Carex oederi	r				
Carex pseudocyperus	+			+	
Chara globularis		+			
Cicuta virosa	r	r		r	r
Conyza canadensis					r
Drepanocladus fluitans			1	2	3
Echinodorus repens	+	1	3	1	2
Eleocharis acicularis				+	
Eleocharis palustris	+	+	+	+	3
Galium palustre	r		+	+	1
Gnaphalium uliginosum	r			r	r
Holcus lanatus	r				
Hydrocotyle vulgaris			+	r	+
Hypericum elodes			+		r
Hypochaeris radicata	r		r		
Juncus bulbosus	2	3	3	3	1
Juncus effusus	+				
Lemna minor		+			
Littorella uniflora	r				+
Lycopus europaeus	+			1	2
Lysimachia thyriflora					+
Lysimachia vulgaris				r	1
Lythrum portula	r	r	1	+	r
Lythrum salicaria	r			r	
Mentha aquatica	+	r	+	1	
Mentha arvensis					1
Myriophyllum alterniflorum	r		+		
Nitella translucens		+			
Oenanthe aquatica	r		r	r	r
Pilularia globulifera			+	+	
Phragmites australis	3	+	1	r	+
Potamogeton gramineus		1	r	+	r
Ranunculus flammula			r	r	
Ranunculus repens	r				
Riccia fluitans		r		+	
Rorippa palustris			+	r	r
Salix cinerea (k)	+				
Scirpus fluitans	r		+		
Sphagnum denticulatum			1	+	2
Typha angustifolia		r		+	
Utricularia australis		+			
Veronica serpyllifolia					r

1996: Agrostis stolonifera, Bryum tenuisetum, Calliergon stramineum, Cirsium arvense, Cirsium palustre, Eleocharis palustris, Epilobium palustre, Epilobium spec., Leptobryum pyriforme, Leptodictium riparium, Myosotis scorpioides, Persicaria maculata, Persicaria mitis, Pinnus sylvestris (k), Poa annua, Poa trivialis, Pohlia nutans, Ranunculus sceleratus, Sphagnum palustre, Stellaria uliginosa.



Figuur 11: Verspreiding van enkele karakteristieke plantensoorten van zachte wateren in het opgeschoonde deel van het ven de Banen in de nazomer van 1997.

Ten noorden van het huidige ven de Banen is de toplaag van een weiland verwijderd en is een wilgenbroekbos deels verwijderd teneinde het noordelijk deel van het vroeger veel grotere ven te herstellen. Deze werkzaamheden zijn uitgevoerd in september 1997. De pH van het water in dit deel is laag, pH 4 tot 5. Wanneer deze laag blijft of nog verder daalt, zou een verbinding met het centrale deel van de Banen voor enige buffering kunnen zorgen. In de winter is veel kiemende sterrekroos (*Callitriche*) waargenomen.

5.2 Het Groot meer bij Ossendrecht, geen, gebufferd of verzuurd water?

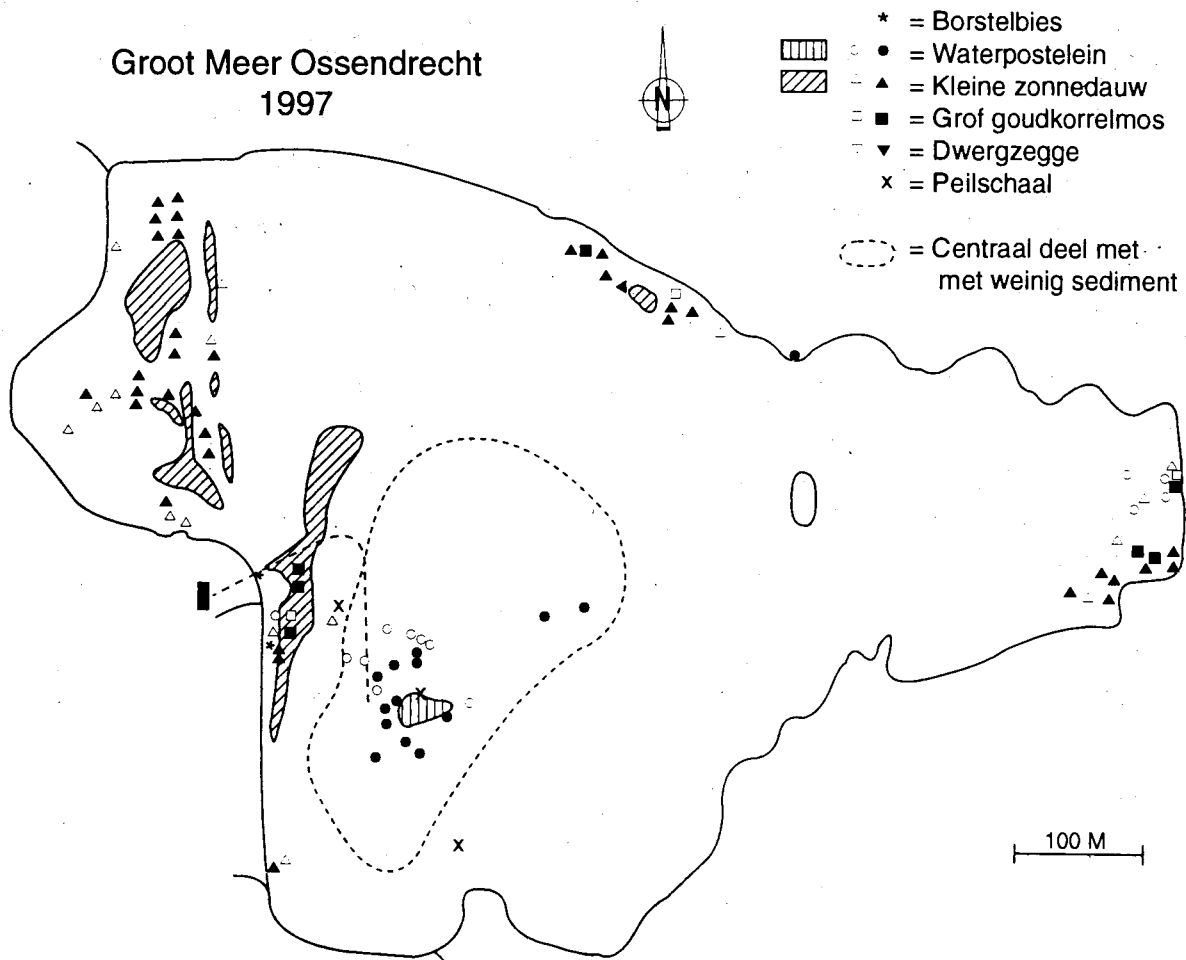
De combinatie van structurele verdroging met de geringe hoeveelheden neerslag hebben er toe geleid dat het Groot meer al sinds het "herstel" vrijwel geheel droog staat. Alleen op het centrale deel met een veenbodem en op enkele delen van de oevers waar na perioden met regen lokaal grondwater toestroomt staan enkele soorten van vochtige heiden en venoevers, zoals Kleine zonnedauw (*Drosera intermedia*), Grof goudkorrelmos (*Fossombronia foveolata*) en Waterpostelein (*Peplis portula*) (fig 12). Van de karakteristieke venplanten trotseert alleen Oeverkruid de aanhoudend droge omstandigheden (tab. 4). Verder zijn enkele soorten van het Dwergbiezenverbond opgedoken op een venig deel van de oever met wat periodieke, lokale grondwaterkwel: Borstelbies (*Scirpus setaceus*) en Dwergzegge (*Carex oederi*). Van de overige soorten van dit verbond handhaaft Grondsterretje (*Illecebrum verticillatum*) zich goed op de centrale, venige delen. Rimpjes (*Corrigiola littoralis*) is door droogte en mogelijk ook voedselarmoede weer verdwenen.

Na de hersteloperatie zijn door het hele ven Duizendknopen (*Polygonum* spp.) opgekomen en plaatselijk dominant geworden. In het centrale venige deel is ook veel Pitrus opgekomen. In 1997 is het grootste deel van deze duizendknopen niet teruggekomen, ondanks dat de grotendeels open venbodem bedekt was met een laag zaad (tab. 4). Resterende voedingsstoffen zijn waarschijnlijk zeer snel uitgespoeld uit het humusarme zand. Op het venige deel heeft Pitrus inmiddels plaatselijk gesloten vegetaties gevormd. Voedingsstoffen spoelen hier minder makkelijk uit en bovendien kunnen door mineralisatie na langdurig droogvallen voedingsstoffen worden gemobiliseerd.

De veenbodem heeft behalve een grotere bindingscapaciteit voor voedingsstoffen ook een ongeveer 10 maal grotere kation uitwisselingscapaciteit. In begin 1997 was de basebezetting hiervan vrij goed, ongeveer 80%. De zandbodem in de rest van het ven heeft een aanzienlijk lagere basebezetting. Ook de plantengroei laat hier een tendens tot verarming en verzuring zien, gezien de achteruitgang van Duizendknopen en de opkomst van Moerasstruisgras (*Agrostis canina*) (tab. 4). Hierdoor is de kans groot dat na een periode met hevige regenval het Groot meer zich vult met zuur water. Door de minerale, geoxideerde bodem zijn de kiemingscondities voor soorten van zwak gebufferde wateren dan goed. Echter, de meeste kiemplanten zullen wanneer het water niet gebufferd is weer snel afsterven. Dit leidt er toe dat dan een groot deel van de zaadbank verloren gaat. In dat geval kan als noodmaatregel toch grondwater opgepompt worden, hoewel de buffercapaciteit hiervan vrij gering is en er enige fosfaat- en ammoniumverontreiniging in zit.

Tabel 4: Soortensamenstelling en abundantie (Tansley) in het uitgedroogde Groot Meer op 28 juni 1996 en 29 juli 1997.

96=18-6-96		97 = 29-7-97		96		97		96		97	
Agrostis canina	f	c	Epilobium ciliatum	r	Plantago lanceolata		r				
Aira praecox		r	Epilobium parviflorum	s	Plantago major		r	f			
Alopecurus aequalis	s	r	Epilobium tetragonum	r	Poa annua		o	r			
Alopecurus geniculatus	s	r	Erica tetralix	r	Pohlia spec.		r	o			
Aphanes microcarpa	r	s	Erodium cicutarium	r	Polygonum aviculare		r	o			
Atrichum tenellum		c	Eupatorium cannabinum	r	Polytrichum commune		s	o			
Atriplex prostrata	f	r	Fossombronia foveolata	o	Populus nigra (k)		s	r			
Betula pendula (k)	s	o	Galium palustre	o	Pseudotsuga menziesii (k)			s			
Bidens frondosa	r		Glyceria fluitans	r	Quercus robur (k)		r	r			
Bulboschoenus maritimus		r	Gnaphalium luteo-album	r	Ranunculus sceleratus		s				
Bryum argenteum		f	Gnaphalium uliginosum	f	Ranunculus flammula			r			
Bryum tenuisetum	r	a	Holcus lanatus	r	Rhamnus frangula (k)		s				
Calamagrostis spec.	r	f	Hydrocotyle vulgaris	f	Rhytidiadelphus squarrosus			r			
Calliergonella cuspidata		r	Hypochaeris radicata	r	Rorippa palustris		a	o			
Callitriche hamulata	o		Illecebrum verticillatum	o	Rubus fruticosus**		r	s			
Calluna vulgaris		r	Isolepis setaceus		Rumex acetosella		o	f			
Campylopus spec.		r	Juncus articulatus		Rumex maritimus		f	r			
Capsella bursa-pastoris	s		Juncus bufonius	s	Rumex obtusifolius			s			
Carduus crispus		s	Juncus bulbosus	la	Rumex palustris			r			
Carex arenaria	r	r	Juncus effusus	o	Sagina procumbens		r	r			
Carex cf. disticha	r		Juncus tenuis	s	Salix aurita			r			
Carex echinata		r	Leptobryum pyriforme	r	Salix cinerea (k)			o			
Carex oederi		r	Littorella uniflora	la	Salix repens		r				
Carex ovalis		r	Lolium perenne	s	Senecio inaequidens			r			
Carex spec.	s		Lotus uliginosus		Senecio jacobea			r			
Cerastium semidecandrum	s		Luzula multiflora		Senecio sylvaticus			r			
Ceratodon purpureus		o	Lycopus europaeus	f	Solanum nigrum		s	r			
Chamerion angustifolium		s	Luysimachia vulgaris		Solanum triflorum			r			
Chenopodium album	r		Lythrum portula	o	Sorbus aucuparia (k)		s	r			
Chenopodium ficifolium	r		Marchantia polymorpha		Spergularia rubra		o	o			
Chenopodium rubrum	o	r	Matricaria discoidea	r	Sphagnum denticulatum			r			
Cirsium arvense	f	f	Matricaria recutita		Stellaria media			r			
Cirsium palustre	r	r	Mentha aquatica	s	Taraxacum officinale			r			
Cirsium vulgare	r	o	Mentha arvensis		Trifolium repens		r	r			
Coryza canadensis		a	Molinia caerulea	o	Tripleurospermum maritimum			r			
Coronopus didymus		r	Myosotis arvensis	s	Tussilago farfara			r			
Corrigiola littoralis	s		Myosotis laxa	r	Typha angustifolia			r			
Coryspermum leptopterum		r	Persicaria amphibia	a	Urtica dioica			s			
Crepis capillaris		r	Persicaria hydropiper	o	Urtica urens		r	s			
Dicranella cerviculata		f	Persicaria lapathifolia	o	Veronica arvensis			s			
Drepanocladus fluitans	r	o	Persicaria maculata	ld	Veronica scutellata			r			
Drosera intermedia	r	o	Persicaria minus	f	Veronica serpyllifolia		s	r			
Echinogloa crus-galli		r	Persicaria mite	r				o			
Eleocharis multicaulis		r	Phleum pratense					s			
Eleocharis palustris	o		Pinus spec. (k)	f				o			



Figuur 12: De verspreiding van enkele plantensoorten van de oevers van zachte wateren in het Groot meer bij Ossendrecht, in de zomer van 1997. Op het middendeel van de noord-en westoever treedt periodieke, oppervlakkige kwel op.

H. 6 Het Weerterbos, van broekbos naar ven en moeras

Ten noordwesten van Weert bevindt zich een uitgestrekte leemlaag in de ondergrond. Op de laagste delen ontwikkelde zich in het verleden een groot moeras. Door het graven van talrijke ontwateringsgreppels is het gebied droog genoeg geworden om grote oppervlakten naaldbos aan te kunnen planten. Echter, de natste delen staan nog steeds vrijwel het hele jaar onder water. Hier bevindt zich nog plaatselijk elzenbroekbos, wilgenbroekbos en open water. Door de aanwezigheid van een dikke leemlaag in de ondergrond biedt het hele gebied grote potenties voor herstel. Ook de vegetatie wijst hierop. Zo zijn onder andere Bospaardestaart (*Equisetum sylvaticum*), Schildereprijs (*Veronica scutellata*), Waterviolier (*Hottonia palustris*), Grote waterranonkel (*Ranunculus peltatus*), Kleinste egelskop (*Sparganium minimum*), Duizendknoopfonteinkruid (*Potamogeton polygonifolius*), Vlottende bies (*Eleogiton fluitans*), Koningsvaren (*Osmunda regalis*), Gagel (*Myrica gale*), veenmosrijk broekbos en grote zeggenvegetaties aanwezig in het gebied. Vooronderzoek moet uitwijzen welk streefbeeld hier het beste past. Op vele plaatsen is sprake van lokale, zwak gebufferde kwel. Hier is herstel van venmilieu's en misschien beginnende hoogveenvorming mogelijk. Vermoedelijk is op enkele plaatsen ook sprake van diepere, meer kalkrijke kwel, wat mogelijkheden biedt voor bijzondere laagveenvegetaties en blauwgraslandachtige vegetaties. Schouwenaars e.a. (1997) hebben waargenomen dat op plaatsen met een stabiele waterstand en met gebufferd kwelwater zeer gunstig zijn voor de ontwikkeling van eerst laagveen en vandaar uit ook hoogveen. Verder hangen herstelmogelijkheden in grote mate af van de zaadbank. Over de vegetatie in het verleden is echter weinig bekend. Bij wijze van proef is begin 1997 op één plek al een deel van het aangeplante bos en wat verdroogd broekbos weggehaald tot op de zand-, veen- en leemondergrond, het Koolespeeltje. In de zo ontstane waterplas werden in 1997 onder andere Duizendknoopfonteinkruid, Vlottende bies, Pilvaren (*Pilularia globulifera*) en Veelstengelige waterbies (*Eleocharis multicaulis*) gevonden. Op een andere plek zijn Drijvende waterweegbree (*Luronium natans*) en Moerashertshooi (*Hypericum elodes*) opgekomen. Dit duidt er op dat op veel plekken nog een vitale zaadbank aanwezig is. De pH schommelt rond pH 5.

H. 7 Voorlopige conclusies monitoring 1997

De gunstige resultaten in 1996 van de inlaat van opgepompt grondwater zijn tijdens dit jaar nog wat duidelijker geworden. Grondwaterinlaat zorgt binnen een vrij korte periode voor dalende koolstof- en stikstofconcentraties in de waterlaag. In de drie vennen waar verzuring op deze manier is tegengegaan blijft de groei van Knolrus beperkt en breiden soorten van zachte wateren zich uit. De monitoring van de buffercapaciteit van de bodem laat zien dat door grondwaterinlaat oplading van de bodem met kationen plaatsvindt. Dit is nog niet in voldoende mate gebeurd om een stabiele waterkwaliteit te krijgen. Doordat het sediment nog onvoldoende buffering biedt tegen verzuring kan enkele maanden na grondwaterinlaat weer enige verzuring en stijging van stikstof- en koolstofconcentraties plaatsvinden. Deze schommelingen blijven in het ven de Banen achterwege. Dit ven bezit vanuit het geëutrofiëerde verleden nog een goed gebufferde bodem. Ook in het Beuven is dit het geval. De verwachting is dat na herhaalde inlaat van grondwater ook in de andere voorbeeldprojecten een stabielere waterkwaliteit kan worden bereikt. In het komende jaar zal aan de hand van de monitoringsgegevens een meer modelmatige invalshoek worden gekozen om zodoende te komen tot algemene beheersrichtlijnen voor het inlaten van gebufferd water in verzuurde zachte wateren.

Een belangrijk knelpunt blijft de hydrologie van het Groot Meer bij Ossendrecht. Door de structurele verdroging en het droogliggen sinds de hersteloperatie hebben maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring hier tot nu toe geen effect gehad. Bovendien is de kans op verzuring, en hierdoor een negatief effect van de hersteloperatie, groot wanneer er niet vóór het aanbreken van een regenrijke periode kan worden voorzien in een mogelijke buffering.

Experimentele bekalking van intacte bodemprofielen van de oever van het ven de Schaopedobbe laten zien dat bekalking van de oever leidt tot een stijging van de pH en de hoeveelheid kationen in het bodemvocht in de oever. Echter, deze stijging is gering en voltrekt zich langzaam. Driekwart jaar na bekalking is de pH een halve tot een hele eenheid opgelopen tot op ongeveer een halve meter in de bodem. Wel komt vrij snel na bekalking transport van opgelost calcium op gang. Er zijn geen eutrofiërende effecten gemeten als gevolg van de bekalking. Wel is op de langdurig drooggevallen bodem van het in 1993 bekalkte Scherpven groei van Pitrus op gang gekomen op enkele plaatsen waar veel kalk naar de bodem was uitgezakt. Mogelijk is dit een teken van eutrofiëring. Enkele maanden na grootschaliger bekalking van de oevers van de Schaopedobbe zijn daar duidelijk gestegen pH waarden gemeten. Onderzoek naar de effecten van bekalking op bodem, water en vegetatie van zowel het ven als de natte en droge heide is in 1998 voortgezet op twee locaties.

H.8 Literatuur

- Barendregt, A, Beltman, B., Bootsma, M.C., Amesz, M & Broek, T. Van den., 1997. Herstel van verzuurde laagvenen met oppervlaktewater en mergel. Eindrapportage 1991-1996. Universiteit Utrecht, vakgroep Milieukunde & vakgroep Botanische oecologie en evolutiebiologie. IO.V. IKC - Ministerie LNV.
- Beers, P.W.M., van (1996). Inventarisatie Noord-Brabantse vennen 1994. Rapport Provincie Noord-Brabant. 46 pp plus bijlagen (258 pp).
- Beers, P.W.M. van & Kurstjens, G.H.S., 1991. Onderzoek naar de restauratiemogelijkheden van zwak gebufferde wateren in Nederland. Voorbereidend onderzoek en biomonitoring. Doctoraalverslag nr. 321. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U.Nijmegen. 125 pp.
- Bellemakers, M.J.S., Maessen, M., Cals, M. & Roelofs, J.G.M., 1993. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma eerste fase. Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Bobbink, R., Brouwer, E., Coenraats, M., Graaf, M.C.C. de, Lamers, L.P.M., Roelofs, J.G.M., Verbeek, P.J.M. & Verheggen, G.M., 1995. Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren en heischrale milieus. Interim-rapport 1994, Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen. In opdracht van het Ministerie van LNV.
- Bobbink, R. & J.G.M. Roelofs, 1995. Nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: the empirical approach. *Water, Air and Soil Pollution* 85:2413-2418.
- Bobbink, R., de Graaf, M.C.C., Roelofs, J.G.M. & van der Ven, P.J.M. (1996). Vervolgonderzoek naar knelpunten bij effectgerichte maatregelen tegen verzuring en verdroging in droge en vochtige heischrale milieus. Tussenrapport 1996. Vakgroep Oecologie, K.U.Nijmegen. 30 pp.
- Brock, A., 1997. Experimentele bekalking van venoevers. Bodem, waterkwaliteit en vegetatie. Doctoraalverslag 455, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Verheggen, G.M. (1997). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Tussenrapport 1996. Vakgroep Oecologie, K.U.Nijmegen. 41 pp.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Verheggen, G.M. (1996). Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van oppervlaktewateren. Eindrapport monitoringsprogramma tweede fase. Vakgroep Oecologie, K.U. Nijmegen. 200 pp.
- Brouwer, E., Roelofs, J.G.M., Bobbink, R. & Verheggen, G.M., 1998. Herstelbeheer in verzuurde en geëutrofiëerde zachte wateren: waar en wanneer zinvol? In: Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. & Thomassen, H., 1998. Effectgerichte maatregelen en behoud van biodiversiteit. Verslag van een symposium georganiseerd door de afdeling Aquatische oecologie, IKC en de Directie Natuurbeheer van het ministerie van LNV.
- Cals, M.J.R. & Roelofs, J.G.M. (1990). Prae-advies effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U.Nijmegen, in opdracht van het Ministerie van LNV, 96 pp. + bijlagen.
- Dam, H. van & Kooyman-van Blokland, H. (1978). Man-made changes in some dutch moorland pools, as reflected by historical and recent data about diatoms and macrophytes. *Int. Revue. Ges. Hydrobiol.* 63 (5): blz 587-607.
- Drift, L.N.J.M. van der & Groen, J.A. (1980). Hydrologisch onderzoek "de Groote Meer". Onderzoek naar de oorzaken van de wegzijging van de waterstand in het ven "de Groote Meer". Rapport TH Delft, 266 pp + bijlagen.
- Duijnste, I. & Willems, N. (1992). Herstelmogelijkheden van de zachtwaterflora en effecten van buffering en sliblaagverwijdering op de waterchemie van de Bergvennen. Docto-

- raalverslag no. 345, Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 64 pp + bijlagen.
- Dijk, J. van, Graaf, F. De, Graafland, W., Groot, A.A. de, Heimans, J., Koster, J.T., Vos, A.P.C. de, Vries, H.F. de, Werff, A. Van der & Westhoff, V., 1960. Hydrobiologie van de Oisterwijkse vennen. Hydrologische Vereniging Amsterdam.
- Geenen, J.P.W. (1991). De vegetatie van de Banen. Verslag no. 312. Vakgroep voor Aquatische Oecologie en Biogeologie, K.U.Nijmegen, 58 pp.
- Graaf, M.C.C. de, Verbeek, P.J.M., Cals, M.J.R., & J.G.M. Roelofs, 1994. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring van matig mineraalrijke heiden en schraallanden. Eindrapport monitoringsprogramma eerste fase. Vakgroep Oecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 227 pp.
- Grahn, O., Hultberg, H. & Landner, L., 1974. Oligotrofication - a self accelerating process in lakes subjected to excessive supply of acid substances. *Ambio* 3 (2) 92-94.
- Roelofs, J.G.M., Smolders, A.J.P., Brandrud, T.E. & Bobbink, R., 1995. The effect of acidification, liming and reacidification on macrophyte development, water quality and sediment characteristics of soft-water lakes. *Water, Air and Soil Pollution* 85:967-972.
- Roelofs, J.G.M., Brandrud, T.E. & Smolders, A.J.P., 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lakes. *Aquatic Botany* 48: 187-202.
- Schouwenaars, J.M., Esselink, H., Lamers L.P.M. & Molen, P.C. van der., 1997. Hoogvenen en herstel in Nederland, bestaande kennis en benodigd onderzoek. Pre-advies hoogvenen, IKC, Wageningen.
- Svedäng, M.A., 1990. The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. - a strategy to avoid competition? *Aquatic Botany* 37: 123-138.
- Soontiëns, J., 1996. De invloed van waterkwaliteit en herstelmaatregelen op vegetatie en bodem in de Banen en het Sarsven. Doctoraalverslag nr. 423. Vakgroep Oecologie, afdeling Aquatische Oecologie en Milieubiologie, K.U.Nijmegen. 82 pp.
- Voo, E. van der (1957). Groote Meer. Excursierapport SOL. NWA SBB Doss. 49G, 5pp. + Bijlagen.
- Voo, E. van der (1967). De gevolgen van de wateronttrekking voor de flora van de "Groote Meer" onder Ossendrecht. *Gorteria* 3, blz 126-130.

