

Voorwaarden en perspectieven voor herstel van verzuurde en geëutrofiëerde oppervlaktewateren

M.J.R. Cals, M.J.S. Bellemakers, M. Maessen en J.G.M. Roelofs
Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie, Katholieke Universiteit
Nijmegen, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

Inleiding

De achteruitgang, zowel in kwantitatieve als in kwalitatieve zin, van oligotrofe, zwakgebufferde milieus wordt al vele decennia onderkend. Tot het begin van deze eeuw waren de grootschalige ontginningen de belangrijkste oorzaak voor de achteruitgang van dit milieutype (Arts, 1987, 1990). Sinds die tijd hebben veel terreinen een beschermd status gekregen. De achteruitgang bleef echter doorzetten. Aanvankelijk werd gedacht dat dit uitsluitend toe te schrijven was aan menselijke activiteiten, zoals de inlaat van verontreinigd beekwater, het wassen van schapen, veen- en zandwinning en het gebruik als zwemwater, schaatsbaan of visvijver. Het beheer was vooral gericht op het isoleren van de natuurreservaten en het verbieden van dergelijke menselijke activiteiten. Isolatie in ruimte en gebruik was ook in Duitsland de strategie. Daar heeft Wittig al in de jaren zeventig een vergelijking gemaakt tussen wateren met een beschermd status waar menselijke activiteiten niet plaatsvonden en niet beschermd wateren waar menselijke activiteiten wel plaatsvonden (Wittig, 1980, 1982). Hij concludeerde dat de achteruitgang in de beschermd en geïsoleerde wateren sterker was dan in de niet beschermd terreinen. Uit onderzoek aan diatomeeën (Van Dam & Kooyman-van Blokland, 1978) en waterplanten (Roelofs, 1983; Roelofs et al., 1984) bleek dat verzuring van het water als gevolg van atmosferische depositie, de bovenvermelde isolatie en het weren van menselijke activiteiten zeer belangrijke oorzaken waren van de achteruitgang. Bovendien maakte verdergaand onderzoek duidelijk dat aan de zuurgraad gelieerde processen, namelijk de veranderingen in de koolstof- en stikstofhuishouding, de belangrijkste sturende processen zijn binnen deze problematiek (Roelofs, 1983; Roelofs et al., 1984; Schuurkes, 1987).

Sturende processen en limiterende factoren in verzurings- en eutrofiëringsgevoelige wateren

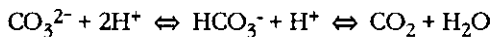
Voor een effectief natuurbeheer en -behoud is kennis van de de eisen die organismen stellen aan het milieu waarin ze voorkomen, onontbeerlijk. Om hierop in te kunnen spelen en de goede beheersmaatregelen (inclusief EGM) te kunnen formuleren is inzicht nodig in de totstandkoming van de betreffende standplaatscondities: de sturende processen in een bepaald type oecosysteem en hoe die gereguleerd kunnen worden.

De productiviteit van oecosystemen, en daarmee veelal ook de vegetatiesamenstelling, wordt bepaald door dat element dat limiterend is. Voor de waterplanten zijn stikstof (N), fosfor (P) en anorganische koolstof (C) bepalend voor de groei. Een essentiële vraag voor het beheer is: welk van deze elementen is door middel van beheersmaatregelen tot limiterende concentraties te reguleren, om overwoekering door algen of waterplanten te voorkomen?

Bij de huidige depositieniveaus van stikstof uit de lucht is het in aerobe vennen met een minerale bodem een vrijwel ondoenlijke zaak om stikstof limiterend te laten zijn.

Fosfaat is in veel aquatische oecosystemen in grote hoeveelheden aanwezig en wordt in veel natuurterreinen in (te) hoge concentraties via oppervlaktewater of grondwater en ook als gevolg van atmosferische depositie aangevoerd. Uitputting van fosfaat tot limiterende concentraties zou in veel gevallen een onbegonnen zaak zijn. De mobiliteit en beschikbaarheid van fosfaat kan alleen beperkt worden door beïnvloeding van factoren die de beschikbaarheid van het fosfaat bepalen.

De regulatie van de concentratie anorganisch koolstof van het water biedt wel goede aanknopingspunten. Het proces is het koolstofevenwicht in water:



De limiterende factor waar het beheer zich op kan richten is het kooldioxidegehalte van het water. Dat is afhankelijk van de totale hoeveelheid anorganische koolstof, de stof welke de buffercapaciteit van het water bepaalt. Deze buffercapaciteit wordt ook wel aangeduid met de termen alkaliniteit, zuurneutraliserend vermogen of biologische waterhardheid. Een beheer gericht op de limitatie van het anorganische koolstof van het water heeft een groot bijkomend voordeel: in aquatische oecosystemen waarin het bicarbonaatgehalte laag is, blijkt in het algemeen dat de beschikbaarheid van fosfaat minimaal is. Door de geringe mobiliteit van PO_4^{3-} van de bodem naar de waterlaag zijn zwakgebufferde wateren vaak voedselarm.

Voorwaarden voor herstel

Om te kunnen beoordelen of effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in een plas zinvol kunnen zijn, dient men na te gaan wat voor type oecosysteem het vroeger was en hoe het in de loop der jaren veranderd is. Op deze manier kan een streefbeeld voor de toekomst worden bepaald: namelijk, hoe een plas er na EGM uit moet komen te zien. Zowel van de historische als de actuele situatie zijn de biotische en abiotische gegevens van belang.

Abiotische gegevens

Wat de abiotische gegevens betreft zijn water- en bodemkwaliteit, hydrologische situatie en bodemopbouw van belang. Oude meetgegevens dienen vaak echter met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden. Het is bijvoorbeeld bekend dat in de vijftiger jaren op grote schaal gebruik gemaakt werd van een bepaald pH-papier dat vrijwel altijd een pH van ongeveer 5.5 aangaf.

Wat de bodemopbouw betreft is het al dan niet aanwezig zijn van leemlagen of veenresten van belang, evenals de hydrologische situatie (vroeger vergeleken met nu). Deze hydrologie is van belang in verband met de wijze van buffering: werd het water gebufferd door de aanvoer van kalkhoudend grondwater, door de inlaat van kalkhoudend oppervlaktewater of was het water hydrologisch geïsoleerd? Deze factoren kunnen belangrijke consequenties hebben voor de uitvoering in praktisch-technische zin.

Vegetatieontwikkeling

De historische vegetatieontwikkeling kan een indicatie geven van de fysisch/chemische water- en bodemkwaliteit van de plas, omdat een bepaald vegetatietype slechts voorkomt onder specifieke abiotische omstandigheden. Hieruit kan afgeleid worden of het systeem vroeger gebufferd was (de Lyon & Roelofs, 1986; Bloemendaal & Roelofs, 1988) en hoe dat in bepaalde tijdsperioden veranderd is.

Historische vegetatiegegevens zijn tevens belangrijk in verband met het al dan niet aanwezig zijn van een zaadbank in het sediment. Tot op heden is in wateren waar EGM in korte tijd tot succes leidde, gebleken dat snel herstel van de vegetatie plaatsvond vanuit de achtergebleven zaadbank in het sediment. (Her-)vestiging van soorten die geheel afhankelijk is van externe zaadbronnen (verspreiding vanuit de omgeving) verloopt beduidend moeilijker. Terreinen waarin een zaadbank naar verwachting niet aanwezig is

krijgen daarom in principe een lagere prioriteit voor de subsidiëring en uitvoering van EGM. Een uitzondering kan gemaakt worden voor die gevallen waarbij zaden vanuit de omgeving aangevoerd kunnen worden via verbindende waterlopen.

Er wordt hier veel nadruk gelegd op het belang van vegetatiegegevens. De reden daarvoor is de expertise die bestaat op het gebied van de relaties tussen waterplanten en de water- en bodemkwaliteit en dat van veel terreinen vegetatiegegevens voorhanden zijn die op hun beurt voor veel mensen toegankelijk en bruikbaar zijn. Expliciet wordt echter benadrukt dat bij voorkeur zoveel mogelijk groepen van organismen in de overwegingen betrokken moeten worden, dus ook microflora en fauna.

Beheer en gebruik

Verzuringsgevoelige wateren zijn vaak enigszins gebufferd doordat ze gebruikt zijn als schapenwasplaats, zwemplas, visvijver of doordat er oppervlaktewater (veelal ontginningswater) vanuit de omgeving werd ingelaten.

Ook dit zijn criteria aan de hand waarvan beoordeeld kan worden welke maatregelen genomen dienen te worden. Op basis van bovengenoemde gegevens kan beoordeeld worden of er sprake is van verzuring, alkalinisering of eutrofiëring door de atmosferische depositie of dat er aanvoer van te veel kalk en/of voedingsstoffen plaatsvindt. Tevens kan de belangrijkste oorzaak van het proces dat de achteruitgang van het ven stuurt worden vastgesteld.

Tot slot moet een toekomstperspectief geschetst worden: hoe moet het verzuurde/geëutrofeerde water er na EGM uit komen te zien. Dit toekomstperspectief moet zoveel mogelijk overeenkomen met de historische beschrijvingen van het water. De doelstelling van uit te voeren maatregelen en de verwachtingen voor de toekomst dienen geënt te zijn op het historisch referentiekader. Het heeft met andere woorden geen zin om in een plas waarvan alleen bekend is dat er vroeger zuurindicerende plantesoorten groeiden, maatregelen te treffen met de hoop of verwachting zeldzame soorten uit het zwakgebufferd milieu te krijgen.

Bij deze benadering krijgt de historie een zeer zwaar stempel: in beginsel krijgen wateren waarin zeldzame en bedreigde soorten in het verleden voorkwamen maar nu door verzuring of eutrofiëring verdwenen zijn, dus hoge prioriteit voor de toekenning en uitvoering van EGM. Toch kunnen zich in de praktijk ook kansrijke situaties voor EGM voordoen waarbij die historie onduidelijk is of ontbreekt. Indien oude gegevens geheel ontbre-

ken dient men af te gaan op actuele gegevens. Daarbij kunnen zich heel globaal gezien drie situaties voordoen:

1. De zeldzame en bedreigde organismen uit het zwakgebufferd milieu komen voor, de omstandigheden voldoen aan de standplaatscondities van de betreffende soorten en de situatie is stabiel. In deze situatie hoeft men niets te doen.
2. De zeldzame en bedreigde organismen uit het zwakgebufferd milieu komen voor maar de omstandigheden zijn niet (meer) optimaal. Door naijl-effecten kunnen de organismen toch nog enige tijd stand houden ondanks het feit dat de omstandigheden in ongunstige zin veranderd zijn. In dergelijke gevallen zijn EGM zeker zinvol en kan een relatief eenvoudige analyse van de situatie vaak duidelijk maken welke maatregelen geschikt zijn.
3. De zeldzame en bedreigde soorten uit het zwakgebufferd milieu komen niet voor. In de regel is de kans op succesvolle EGM in plassen waarvan geen oude gegevens bekend zijn én momenteel uitsluitend zuur- of juist hard-water-indicerende soorten voorkomen, uitermate klein. In twijfelgevallen, indien bijvoorbeeld in de directe omgeving soortenrijke vergelijkbare wateren te vinden zijn, kan alleen experimenteel onderzoek, bijvoorbeeld het uitvoeren van maatregelen op kleine schaal, duidelijk maken wat de kansen kunnen zijn.

Overzicht van de effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren

De mogelijke effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren bestaan uit: baggeren, oevers vrijstellen en bufferen. Deze effectgerichte maatregelen worden in het algemeen beschouwd als eenmalige, actieve ingrepen in het oecosysteem die tot doel hebben de basiscondities (abiotische standplaatsomstandigheden) te herstellen. Aanvullend is veelal een vervolfbeheer noodzakelijk om de gecreëerde situatie te stabiliseren. Dit aanvullend beheer bestaat meestal uit reguliere beheersmaatregelen zoals het maaien van oevervegetaties en het waterpeilbeheer.

Baggeren

Het uitbaggeren van oppervlaktewateren is noodzakelijk indien zich in de loop der jaren een organische sliblaag heeft opgehoopt. Bij verzuring is dat

het gevolg van geremde afbraakprocessen naarmate de pH lager wordt en de tijdelijke massale ontwikkeling van knolrus. Bij eutrofiëring en alkalinisering is dat het gevolg van de overmaat aan voedingsstoffen.

Bij het uitbaggeren dient in de regel de organische sliblaag verwijderd te worden zodat een mineraal, zandig sediment aan de oppervlakte komt. Het uitbaggeren van de sliblaag tot op mineraal substraat is nodig om een situatie met een stabiele water- en bodemkwaliteit te creëren en om een geschikte kiemings- en vestigingsbodem voor planten te creëren en de oude zaadbank aan de oppervlakte te brengen.

Bij de aanwezigheid van leemlagen of veenpakketen (van soms wel meerdere meters dikte) dient echter alleen de bovenlaag die door de slechte waterkwaliteit gedegradeerd is (dat wil zeggen week en ongestructureerd geworden), verwijderd te worden. Het is praktisch gezien geen haalbare kaart en het is daarnaast ook niet nodig om dergelijke lagen geheel te verwijderen. Leem in het sediment kan bufferend werken. Het plaatselijk voorkomen van veen binnen een overwegend zandig sediment hoeft zeker niet ongunstig te zijn en kan zelfs de variatie aan abiotische en biotische omstandigheden van het oecosysteem vergroten.

Praktische aspecten en methodieken van baggeren

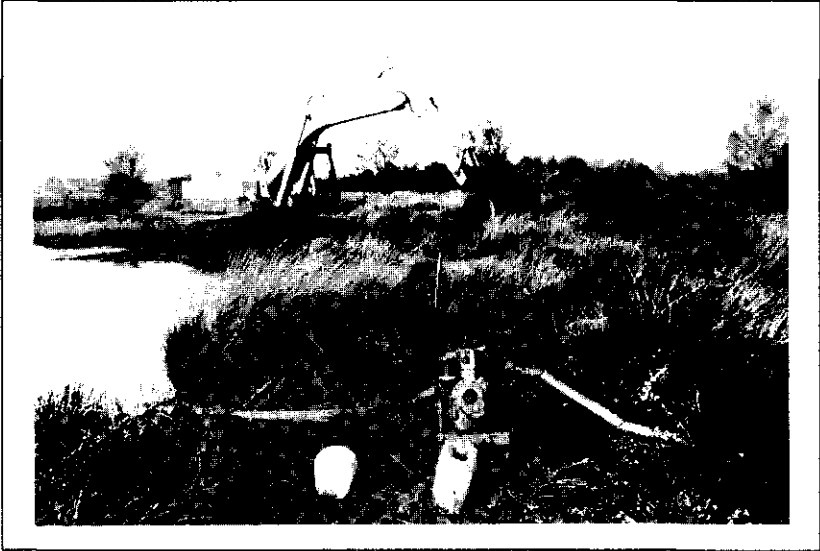
Er bestaan ten behoeve van venbeheer twee typen baggermethoden: het droog en nat baggeren. Voordat met baggeren wordt gestart is het noodzakelijk om een bathymetrisch onderzoek uit te voeren naar de dikte van de sliblaag en de totale hoeveelheid te verwijderen slib. Tevens is het belangrijk een beeld te hebben van de opbouw van de ondergrond. Om verontreiniging van de stortplaats van het afgevoerde slib te voorkomen is het noodzakelijk een zware-metalen analyse van het slib uit te voeren.

Voor uitvoering van droog baggeren (hierbij is er geen water in het ven) moet uitgezocht worden of er sprake is van een echte zandbodem met een grote draagkracht of van dunne zandlaagjes die zich bovenop leem- of veenlagen bevinden. Alleen in het eerste geval kan gebruik gemaakt worden van een (kleine) bulldozer op rupsbanden. In de laatste gevallen is de draagkracht van de bodem en de nauwkeurigheid waarmee de sliblaag verwijderd kan worden in het algemeen te klein om deze of vergelijkbare machines te gebruiken zonder het bodemprofiel definitief te verstoren. In deze situaties is het uiterst belangrijk om alléén de toplaag voorzichtig te verwijderen tot op de soms slechts één tot enkele centimeters dikke zandlaagjes en de leem- of veenlagen daaronder intact te laten.

Tot op heden zijn de beste resultaten in dit soort gevallen geboekt indien gewerkt werd met een kraan op rupsbanden met een extra lange

Figuur 1

Baggerwerkzaamheden in het kader van de regeling EGM. Een kraan met lange giek en kantelbare bak, geplaatst op rijplaten werkt vanaf het water naar de oevers toe. De waterstand wordt tijdelijk verlaagd met behulp van een pomp.



giek (ca. 20 meter) en een kantelbare bak (figuur 1). Een goede machinist kan op basis van de weerstandsverschillen tussen de slib- en de zandlaag met een grote nauwkeurigheid het slib verwijderen en een dun zandlaagje laten zitten. Er kan het best vanuit het centrum van de plas naar de oevers toe gewerkt te worden om eenmaal gereed gekomen stukken niet meer te belasten. In sommige wateren kan de draagkracht van de bodem zelfs te klein zijn om dergelijke machines te dragen zonder de ondoorlatende lagen of het profiel te beschadigen. In die gevallen wordt de maximaal bereikbare oppervlakte uitgebaggerd vanaf de kanten en kan er voor gekozen worden om het slib in het centrum van de plas niet te verwijderen. Indien een plas niet van nature droogvalt kan de uit te baggeren plas eventueel tijdelijk drooggelegd worden met behulp van een pomp. Zowel bij het 'baggeren' cq. het afschrappen van de sliblaag als bij het afvoeren van het materiaal moeten altijd rijplaten gebruikt worden om de beschadiging van de bodem te beperken.

Wanneer de bodem van een ven zeer kwetsbaar is of het ven niet leeg gepompt kan worden, kan de methode van nat baggeren toegepast worden. Hiertoe wordt vanaf een vlot vanuit het midden van de plas met behulp van een soort stofzuiger het slib opgezogen en vervolgens uit het water gefilterd. Het slib wordt dan in een depot gestort waar het kan inklinken. Het overblijvende water vloeit weer terug in het ven. Deze techniek is tot op heden in geen enkel project haalbaar gebleken. In de relatief kleine en ondiepe wateren waarover we in het kader van EGM spreken, is de hoeveelheid water dat als proceswater kan fungeren veel te klein.

Oevers vrijstellen

Met de oevers vrijstellen wordt bedoeld dat gebaggerd of geplagd wordt tot boven de hoogwaterlijn. Alleen dan kunnen oevers ontstaan die regelmatig droogvallen hetgeen nodig is voor plantesoorten uit het oeverkruidverbond. Onder het vrijstellen van de oevers wordt ook het verwijderen van bomen of dichte bossages verstaan. Dit is nodig om de windwerking op de oevers te vergroten, waardoor deze mineraal blijven. Bovendien wordt de eutrofiëring van het water als gevolg van de verhoogde invang van atmosferische depositie door bomen en de bladval in het water gereduceerd.

Bufferen

Regulatie van de buffercapaciteit van het water is noodzakelijk indien de natuurlijke of huidige aanvoer van bufferstoffen te weinig of juist te veel is om het systeem in zijn natuurlijke staat te behouden. Er bestaan verschillende methoden van bufferen, de meest gebruikte zijn:

- hydrologische ingrepen gericht op het herstel van de natuurlijke kwelstroom
- het inlaten van kalkhoudend grond- of oppervlaktewater
- het bekalken van het water.

Bij voorkeur wordt gekozen voor die methode van bufferen die het meest aansluit bij de natuurlijke wijze van bufferen van het systeem of de wijze van bufferen in het verleden. Daarbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van systeem-eigen stoffen en methodieken.

In wateren die vroeger deels grondwatergevoed waren maar waar de grondwaterinvloed nu verdwenen is of zover gereduceerd dat het niet meer voldoende buffering levert, wordt bij voorkeur de natuurlijke kwelinvloed hersteld of grondwater ingelaten. Bij wateren waar beekwater doorheen liep en/of nog loopt, worden bijvoorbeeld voorzieningen getroffen zodat de aanvoer van (voedselarm) beekwater naar behoeven gereguleerd kan worden. In hydrologisch geïsoleerde wateren die vroeger gebufferd waren als gevolg van antropogene activiteiten zoals het wassen van schapen, het gebruik als visvijver e.d., is bekalken van het water meestal de meest 'systeem-eigen' en beste optie.

Dosering

De streefwaarde voor de alkaliniteit van het water wordt afgeleid van historische (vegetatie-)gegevens. Hoeveel kalkhoudend water of kalk toegediend moet worden, wordt eerst berekend op basis van: de pH en alkaliniteit van

het water vroeger en nu, de te bufferen hoeveelheid water (volume van de plas), het bufferend vermogen van de toe te voegen stof of het in te laten water of de verzurende werking van de atmosferische depositie.

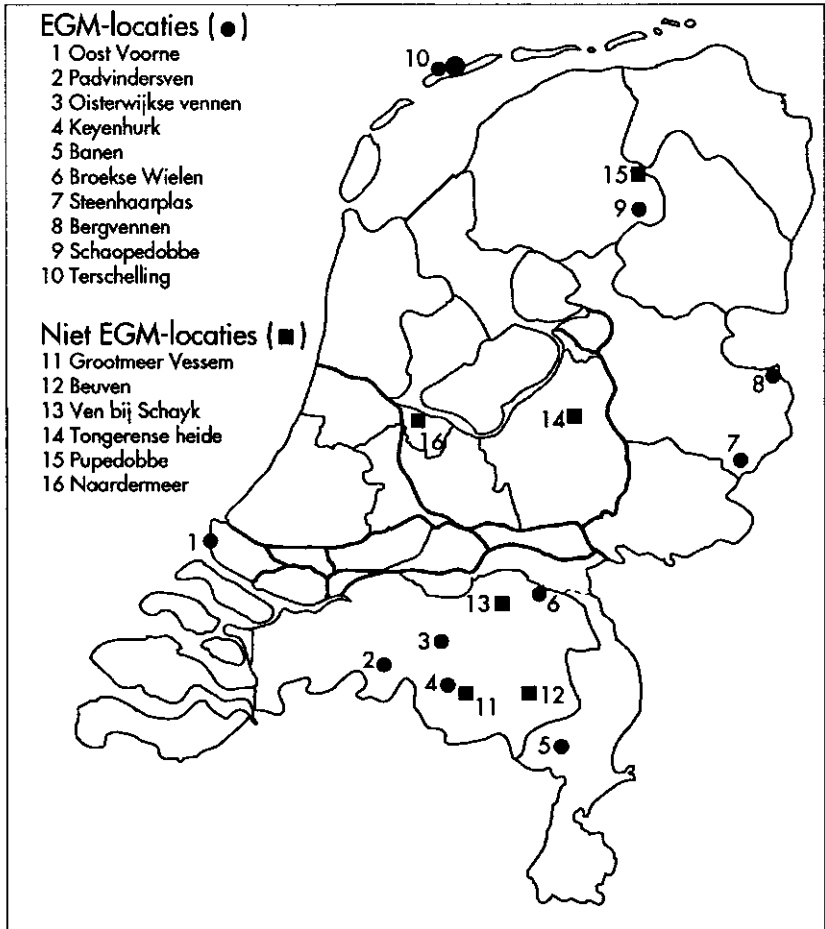
Op basis van de berekeningen wordt een (eerste) buffering aangebracht waarbij voor een 'voorzichtige' dosis wordt gekozen. De eerste tijd na het aanbrengen van de externe buffering is een intensieve monitoring en eventuele follow-up vereist. Afhankelijk van de waterkwaliteit, die regelmatig gecontroleerd wordt door fysisch-chemische analyse, wordt vastgesteld of een aanvullende buffering nodig is of niet. De uiteindelijke fijnafstelling van de bufferregulatie wordt aldus empirisch bepaald.

Er wordt met nadruk op gewezen dat een dergelijke intensieve begeleiding en monitoring in de eerste periode na uitvoering van de maatregelen absoluut noodzakelijk is. De eerste ervaringen met EGM op praktijkschaal in oppervlaktewateren leren dat ongeveer vijf jaren na uitvoering een stabiele situatie ontstaat. In de loop van die jaren kan de monitoring geleidelijk geëxtensiverd worden van een twee- à driemaandelijks monsternamen en controle naar een halfjaarlijkse tot jaarlijkse monitoring. In het eerste jaar na uitvoer vergt de bewaking en regulatie van de waterkwaliteit veel aandacht, in het tweede t/m vierde jaar gaat de aandacht uit naar de stabilisatie van het oecosysteem als geheel. In die jaren is de bijsturing vooral gericht op het in evenwicht brengen en houden van de concurrentiekracht van plantesoorten. Potentieel woekerende plantesoorten als Knolrus (*Juncus bulbosus*), Riet (*Phragmites australis*), op de oevers groeiende grassen e.d. waarvan vaak grote hoeveelheden zaden aanwezig zijn, moeten dan bijvoorbeeld in toom gehouden worden met behulp van een adequaat maai- en/of peilbeheer.

Referentieprojecten van de vakgroep Oecologie, KUN

Sinds 1989 verricht de vakgroep Oecologie van de K.U.N. 'de abiotische en biotische monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren' in opdracht van de directie N.B.L.F. van het ministerie van L.N.V. De in dit kader begeleide en onderzochte projecten zijn de zogenaamde referentieprojecten: zij beogen een min of meer representatief beeld te geven van de verschillende typen wateren die, bij begin van de regeling, voor EGM in aanmerking geacht werden te komen. Veel van de expertise en ervaring van de vakgroep is opgedaan in onderzoek en monitoring van projecten uit de daaraan voorafgaande jaren. De conclusies en aanbevelingen op het gebied van EGM in wateren zullen ook

Figuur 2
Onderzoeks-en
monitorings-
locaties in
Nederland van
de vakgroep
Oecologie,
K.U.N.;
nr 1 t/m 10 zijn
zgn. referentie-
projecten in het
kader van de
regeling EGM;
11 t/m 16 zijn
overige onder-
zoekslocaties.



op deze ervaringen worden gebaseerd. De belangrijkste onderzoeks- en monitoringsprojecten zijn aangegeven in figuur 2.

De verschillende typen oppervlaktewateren: indeling gebaseerd op EGM-relevante criteria

Op basis van het monitoringsprogramma en eerder opgedane ervaringen zijn de voor EGM in aanmerking komende oppervlaktewateren ingedeeld in categorieën of typen wateren. Hierbij werd uitgegaan van de indeling, gehanteerd door Bellemakers et al. (1990). Door nieuwe ontwikkelingen, als gevolg van de resultaten van het EGM-onderzoek, is deze indeling aangepast. De voornaamste criteria waarop de huidige indeling is gebaseerd,

zijn: de huidige en oorspronkelijke waterchemie en vegetatie, de wijze van buffering in het verleden en de oorzaak van achteruitgang van het systeem (verzuring, alkalinisering of eutrofiëring).

Op basis van deze EGM-relevante criteria (met de nadruk op de maatregelen) zijn de volgende typen onderscheiden:

1. Voorheen zwakzure (heide-)vennen die (verder) verzuurd zijn
 - optimale pH = 4 à 5; alkaliniteit = 0.1 - 0.2 meq/l;
 - vegetatie behorend tot het Sphagno-Utricularion
2. Voorheen zwakgebufferde wateren die verzuurd zijn
 - optimale pH = 5 à 6; alkaliniteit = 0.1 - 0.5 meq/l;
 - vegetatie behorend tot het Isoeto-Lobelietum
3. Voorheen zwak tot matig gebufferde wateren die in het algemeen eerst geëutrofeerd, eventueel later verzuurd zijn
 - optimale pH = 6 à 7; alkaliniteit = 0.1 - 1.0 meq/l;
 - vegetatie behorend tot de klasse der Littorelletea

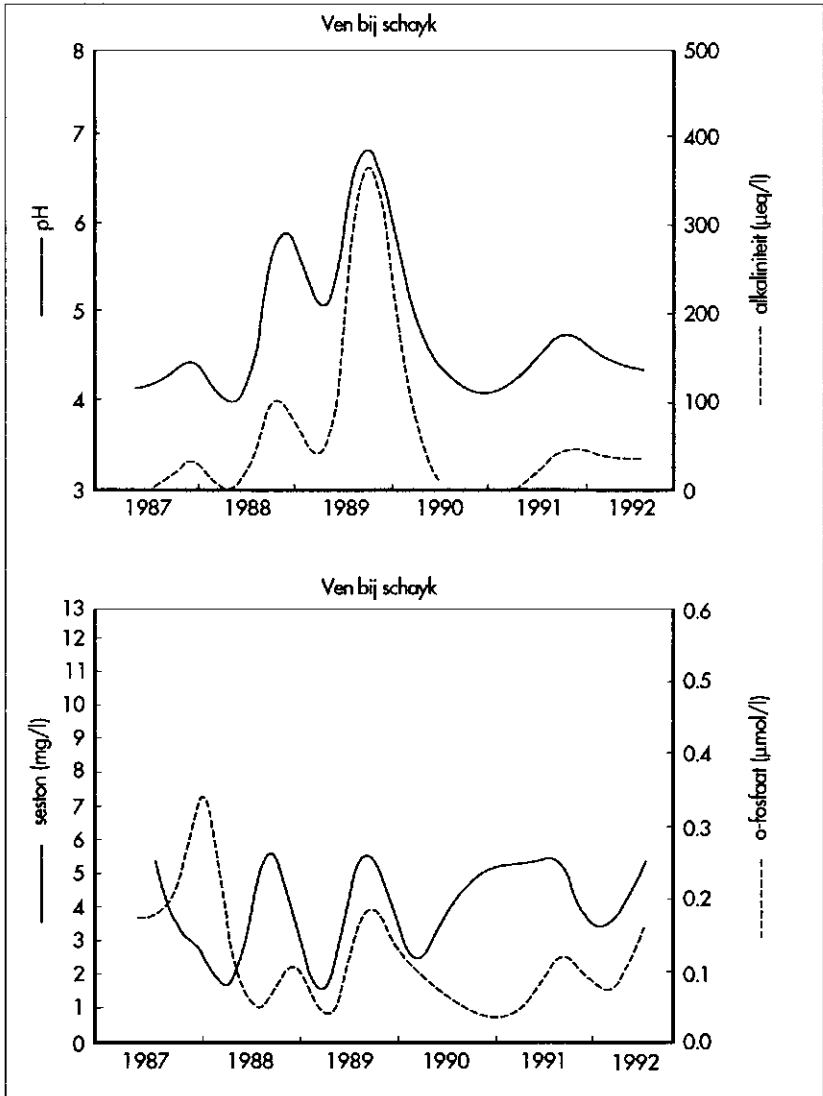
Categorie drie omvat een scala aan mogelijkheden en wordt nog verder onderverdeeld.

Voorheen zwakzure (heide-)vennen die (verder) verzuurd zijn

Tot deze categorie worden de heidevennen gerekend die van nature of altijd al relatief zuur zijn geweest met een pH tussen 4 en 5 en een buffercapaciteit tot ca. 0.2 meq/l. De vegetatie wordt in het algemeen gekenmerkt door veenmossen, eventueel Klein blaasjeskruid, Veenpluis, Snavelzegge of andere zuurindicerende soorten. Deze relatief zure wateren zijn in veel gevallen verder verzuurd, dat wil zeggen nog iets zuurder geworden dan ze van nature al zijn: de alkaliniteit is gelijk aan 0 geworden en de pH gedaald tot 4.2 of lager. Een dergelijke verzuring heeft niet direct ingrijpende consequenties voor de vegetatie omdat die bestaat uit zuurtolerante plantesoorten. Het uitbaggeren van dergelijke vennen of het treffen van andere maatregelen met als doel andere plantesoorten te krijgen (bijvoorbeeld uit het Oeverkruidverbond) is in dit type wateren verspilde moeite, weggegooid geld en vaak zelfs ongewenst. Na uitbaggeren zullen immers dezelfde plantesoorten terugkomen als in de uitgangssituatie en in de meest ongelukkige gevallen wordt zelfs een fraaie hoogveenontwikkeling verstoord.

Verdere verzuring van dit type wateren kan echter wel problematisch zijn voor amfibieënpopulaties. In figuur 3 is te zien dat de eieren van ver-

Figuur 6
Verloop van de pH, alkaliniteit, het seston- en ortho-fosfaat-gehalte in het ven bij Schayk in de jaren 1987 t/m 1992



Omdat het water in 1988 al weer net zo zuur was als voor bemergeling, werd besloten een tweede bemergeling uit te voeren. In augustus 1988 werd wederom 500 kg mergel in het ven aangebracht. Ditmaal werd grof gemalen mergel gebruikt met een maximale diameter van 3 mm. Ook deze bemergeling werkte te weinig en te kort: de alkaliniteit was ca. een half jaar na bemergeling slechts 0.05 meq/l. In juni 1989 werd het ven bij Schayk voor de derde keer bemergeld met 1000 kg grof gemalen mergel (max. diameter 3 mm).

In figuur 6 is te zien dat de bemergelingen de pH en de alkaliniteit telkens tijdelijk deden stijgen, maar al snel weer uitgewerkt waren. Het (geleidelijk) in oplossing gaan van mergel is niet sterk pH-afhankelijk: dit werd bevestigd door experimenten waaruit bleek dat korrelgrootte en temperatuur de belangrijkste sturende factoren zijn voor het oplossen van mergel (Bellemakers et al., 1990). Aan het verloop van de gehalten seston en orthofosfaat is te zien dat ook de voedingsstoffenhuishouding nauwelijks beïnvloed werd. In de fysisch-chemische waterkwaliteit werden dus geen essentiële of blijvende effecten gemeten. De ontwikkeling van de vegetatie verliep navenant: meer zeldzame soorten uit het Oeverkruidverbond kwamen niet terug op het organische deel en ook niet op het minerale deel. Helaas bleek al snel het risico van bekalking in dit type verzuurde systemen waarin ook het sediment zuur is: Knolrus breidde zich enorm uit. Voor een meer uitgebreide beschrijving en achtergrondinformatie wordt verwezen naar Bellemakers et al. (1990).

Uit deze ervaringen kan geconcludeerd worden dat niet baggeren in dit type oecosystemen in ieder geval niets oplevert en baggeren ook hier noodzakelijk lijkt. Dit doet overigens niets af aan het feit dat de perspectieven voor herstel van dit type oecosysteem met behulp van bekalking in zijn algemeenheid gering zijn. De problemen die optreden als gevolg van herhaaldelijke verzuring na bekalking, kunnen wellicht voorkomen worden bij een zeer geleidelijke en continue buffering door middel van een reguleerbare (grond-)waterinlaat.

In 1993 worden in de Bergvennen (Overijssel) en de Keyenhurk (Noord-Brabant) EGM-projecten uitgevoerd waarbij een geleidelijke en continue buffering van de plassen centraal staat. In de Bergvennen zal er grondwater ingelaten worden, terwijl de Keijenhurk gebufferd oppervlaktewater zal ontvangen. De effecten van deze wijze van buffering dienen intensief gemonitord te worden in fase 2 van het EGM-monitoringsprogramma in oppervlaktewateren. Voor een gedetailleerde beschrijving van de plannen in deze vennen wordt verwezen naar paragraaf D.

Wanneer geleidelijke buffering niet mogelijk is, is het raadzaam het ven niet uit te baggeren. Uit het oogpunt van vegetatieontwikkeling kan men het ven zich het beste laten ontwikkelen tot een hoogveen of een hoogveenachtig systeem. Deze ontwikkeling wordt verhinderd door herhaaldelijk baggeren.

Voorheen zwak tot matig gebufferde wateren die in het algemeen eerst geëutrofeerd, eventueel later verzuurd zijn

Schaminée et al. (1992) onderscheiden binnen de klasse der Littorelletea de associaties van het Littorellion uniflorae, Potamion graminei, Hydrocotylo-Baldellion, Samolo-Baldellion en het Eleocharition acicularis. Binnen de tot categorie drie behorende wateren betreft het met name wateren waarvan de vegetatie behoort tot het Hydrocotylo-Baldellion en het Samolo-Baldellion hoewel de overige associaties niet uitgesloten worden. Bij de wateren die tot deze categorie behoren is de wijze en (ten minste tijdelijke) instandhouding van de buffercapaciteit van groter belang dan de (vegetatiekundige) karakteristieken van het systeem op zich. Het betreft namelijk de wateren die, omdat ze van oorsprong of in vroeger jaren een redelijke buffercapaciteit tegen verzuring hadden, eerst eutrofeerden (mede of voornamelijk) als gevolg van de stikstofverbindingen in de atmosferische depositie, en hooguit in een later stadium zijn gaan verzuren. In de afgelopen jaren is gebleken dat in deze categorie wateren de perspectieven voor herstel in het algemeen goed te noemen zijn. Het blijkt dat de kiemkracht van de zaadbank in geëutrofeerde oecosystemen veel langer behouden blijft dan in verzuurde sedimenten. Dit is een van de belangrijkste, zo niet het belangrijkste verschil tussen geëutrofeerde en verzuurde systemen wat de potenties voor (vegetatiekundig) herstel betreft. Een goed inzicht in de sturende factoren, met name op het gebied van de buffering is daarbij echter een basisvoorwaarde. De wijze waarop een oecosysteem oorspronkelijk gebufferd werd, is met name voor de te formuleren EGM van wezenlijk belang.

Categorie drie kan worden onderverdeeld in:

- A. Wateren die eerst geëutrofeerd en daarna verzuurd zijn door uitputting van de (natuurlijke) buffercapaciteit
- B. Wateren die geëutrofeerd zijn door vnl. atmosferische depositie
- C. Wateren die geëutrofeerd zijn door atmosferische depositie en doordat oppervlaktewater werd – en nog steeds wordt – ingelaten
- D. Wateren die eerst geëutrofeerd zijn doordat vroeger oppervlaktewater werd ingelaten en die daarna verzuurd zijn

Bij wateren die eerst geëutrofeerd en daarna verzuurd zijn door uitputting van de (natuurlijke) buffercapaciteit moet men vooral denken aan wateren die vroeger door grondwater werden gevoed maar waar die invloed op een gegeven moment is weggevallen door dalingen in de grondwaterstand.

Daarnaast kan het gaan om wateren met een mesotrofe bodem die wat buffering kan leveren en waarin vroeger bijvoorbeeld schapen werden gewassen of die vroeger als zwemplas werden gebruikt. Deze gebruiksfunctie levert een buffering die in vroeger tijden wel voldoende was maar tegenwoordig onvoldoende is om het systeem te behoeden voor verzuring. Indien het wegvallen van de grondwaterinvloed de belangrijkste reden van verzuring is, dan is het herstel van de grondwaterstand en -stroming de meest aangewezen maatregel. Dergelijke hydrologische ingrepen reiken vaak echter ver buiten het betreffend natuurerrein en zijn niet snel of helemaal niet realiseerbaar. In die gevallen, en meestal ook in geval van schapenwasplaatsen en zwemplassen, is de betreffende plas te beschouwen als hydrologisch geïsoleerd. Indien hydrologische maatregelen niet realiseerbaar zijn, dan kan herstel van de buffercapaciteit geschieden door middel van bekalken. Voordat tot bemergelen wordt overgegaan is het noodzakelijk dat de plas wordt uitgebaggerd. In literatuur over de bekalking van meren, die veelal handelt over verzuurde en bekalkte meren in Scandinavische landen, de V.S. en Canada (Schils, 1987), wordt vaak gewaarschuwd voor het gevaar van een pH-shock. In de bemergelde referentieprojecten is een pH-shock tot op heden niet waargenomen. Voorwaarde is uiteraard wel dat de dosering vooraf wordt berekend en is afgestemd op de pH en volume van de te bemergelen plas en de zuurlast ter plekke. In deze categorie wateren kan de buffering ook plaatsvinden door de inlaat van grondwater dat ter plekke wordt opgepompt. De duurzaamheid van een aangebrachte externe buffering hangt sterk af van het feit of de plas droogvalt of niet. Bij droogvallen krijgen oxidatieve, in het algemeen zuurleverende processen de overhand. Bij langdurig onder water staan is het zuurstofgehalte van het sediment laag en krijgen reductieve, in het algemeen zuurconsumerende of alkaliserende processen de overhand. Bij droogvallen vindt dan een sterke ophoping van zuurionen in het sediment plaats. Indien boven dit sediment weer water komt te staan komt een deel van deze zuurionen vrij in het water. Dit pleegt een grote aanslag op de buffercapaciteit van het systeem. Bemergelde wateren moeten om die reden na droogvallen vaak opnieuw bemergeld worden. In wateren waarin de externe buffering gereguleerd wordt door middel van de inlaat van kalkhoudend water treedt dit proces van verzuring uiteraard ook op. Ook dan vereist de regulatie van de buffering tijdens en/of na droogvallen de nodige aandacht en bijstelling maar dit kan veel geleidelijker en continu gebeuren. De verzuring van het sediment tijdens droogvallen en de daarmee gepaard gaande, periodiek hoge CO₂ spiegels die optreden bij de bekalking daarna, kunnen dan voorkomen worden door permanent in een zeer lage dosering grondwater in te laten.

Het droogvallen van de bodem is voor plantesoorten uit de klasse der Littorelletea overigens vaak gunstig, zo niet noodzakelijk.

Methodieken van bufferen in de voorheen zwak tot matig gebufferde wateren die eerst geëutrofeerd en (eventueel) later verzuurd zijn

Al eerder werd benadrukt dat de wijze van buffering die toegepast kan worden als effectgerichte maatregel tegen verzuring, bij voorkeur aansluit of beter nog gebaseerd wordt op de wijze van buffering in het verleden. Dit betekent dat er niet een algemeen toepasbare standaard-methodiek gegeven kan worden. Mede daarom worden de tot op heden geplande of uitgevoerde maatregelen aan de hand van praktijkvoorbeelden beschreven.

A. Wateren die eerst geëutrofeerd en daarna verzuurd zijn door uitputting van de (natuurlijke) buffercapaciteit

Een voorbeeld van een ven dat eerst geëutrofeerd en daarna verzuurd is omdat de buffercapaciteit uitgeput raakte, is het Padvindersven (gelegen in de gemeente Etten-Leur in de provincie Noord-Brabant en in eigendom en beheer van de Stichting Het Brabants Landschap). Het Padvindersven ontving en ontvangt nog steeds oppervlakkig afstromend grondwater vanuit het aangrenzende landbouwgebied. Omdat de kalkvoorraad van landbouwgronden in het algemeen op een (relatief) hoog niveau wordt gehouden is dit grondwater matig kalkhoudend. Dit zorgde er vroeger voor dat het ven zwakgebufferd was. De bufferende werking die van de grondwaterinvloed uitging was lange tijd voldoende om te voorkomen dat het ven verzuurde. Bij de toenemende depositieniveau's van zure en verzurende stoffen echter bleek dit niet meer genoeg te zijn en vanaf de zestiger jaren verzuurde het ven. Er werd besloten om het ven uit te baggeren tot op het minerale zand en het water aanvullend te bufferen. Door medewerkers van de vakgroep Oecologie (K.U.N.) werd in eerste instantie nagegaan of het mogelijk zou zijn om de grondwaterinvloed in het ven te kunnen doen toenemen. Dit werd door de beherende instantie niet wenselijk en haalbaar geacht. Daarom werd besloten om het tekort aan kalk te compenseren door het water (direct) te bemergelen.

De baggerwerkzaamheden zijn uitgevoerd in het najaar van 1989 en in het voorjaar van 1990 is het water licht bemergeld. Een vergelijking van de vegetatiekaarten van 1989 en 1990 (voor versus na uitvoering van EGM) maakt duidelijk dat binnen één jaar de variatie aan plantesoorten sterk toenam (figuur 7). Zeldzame plantesoorten als Witbloemige waterranonkel (*Ranunculus ololeucos*), Oeverkruid (*Littorella uniflora*), Waterpostelein (*Lythrum portula*) en Moerashertshooi (*Hypericum elodes*) werden al in 1990 aangetroffen terwijl Knolrus, die voor uitvoering massaal werd aange-

troffen, in lage abundanties voorkwam. Het belang van de minerale, droogvallende oevers is goed te zien aan het verspreidingspatroon van de bijzondere soorten. Voor meer informatie wordt verwezen naar Bellemakers et al. (1990, 1993).

B. Wateren die geëutrofeerd zijn door vnl. atmosferische depositie

Wateren die eutrofiëren als gevolg van de stikstofbelasting vanuit de lucht betreffen in het algemeen wateren met een kalkhoudende bodem die voldoende bicarbonaat levert of wateren met een grondwaterinvloed. Hierbij kan gedacht worden aan duinplassen of poelen of wateren binnen rivierduincomplexen zoals bijvoorbeeld de Broekse Wielen (gelegen in de gemeente Grave in de provincie Noord-Brabant en in eigendom en beheer van Staatsbosbeheer). Duinplassen, en dit geldt ook voor de duinplassen in het zogenaamde kalkloze district waar het kalkgehalte van de bodem lager is dan 5%, verzuren slechts bij uitzondering op korte termijn. Bij de huidige depositieniveaus moet hierbij gedacht worden aan een periode van enkele tientallen jaren.

De carbonaatvoorraad van de bodem levert aan het bovenstaande water veelal voldoende buffering tegen de verzurende werking van de atmosferische depositie. In dit type oecosystemen is het terugdringen van de eutrofiëring door de plas uit te baggeren de enig noodzakelijke en afdoende maatregel voor herstel. Een voorbeeld van (duin-)plassen die geëutrofeerd zijn, (voornamelijk) als gevolg van de atmosferische depositie, is het Griltjeplak (gelegen op Terschelling en in eigendom en beheer van Staatsbosbeheer). In het Griltjeplak breidden Riet (*Phragmites australis*), Wilde gagel (*Myrica gale*) en Kruiwilg (*Salix repens*) zich in de loop van de tachtiger jaren sterk uit terwijl het wateroppervlak sterk gereduceerd werd (figuur 8). Hoewel dit proces hoort bij de natuurlijke successie van dergelijke duinplassen, was het tempo waarin dit verliep beduidend hoger dan van nature. Dit proces werd niet alleen versneld door de atmosferische depositie, maar ook door de te hoge waterstanden. In de in de dertiger jaren aangelegde Weeversdam, was een afvoerpunt aanwezig op het oorspronkelijke peilniveau. Dit afvoerpunt was echter op een gegeven moment gedicht. Dit leidde er toe dat het Griltjeplak veel minder vaak droogviel dan voorheen en dat op de bodem levende waterplanten vaak het gehele jaar onder water stonden en overschaduwde werden. Het gevolg van de bemestende atmosferische depositie en deze (te) hoge waterstanden was een sterke uitbreiding van ondergedoken waterplanten, mossen en algen ten koste van plantesoorten uit de Waterpunge-Oeverkruidgemeenschap (*Samolo-Littorellum*). De pH (ca. 8) en alkaliniteit (1 - 2 meq/l) van deze en vergelijkbare

Figuur 8

Het Griltjeplak
vóór (1991) en
ná (1992) de
uitvoering van
EGM



duinplassen is hoger dan de gemiddelde waarden waarbij soorten uit het Oeverkruidverbond gewoonlijk voorkomen (pH = 6 à 7; alkaliniteit tot ca. 1 meq/l; De Lyon & Roelofs, 1986). Voor de handhaving van de betreffende soorten bij dergelijke relatief hoge pH- en alkaliniteitswaarden en de stabiliteit van het aquatisch oecosysteem is het noodzakelijk dat de waterstanden in zulke duinplassen de natuurlijke fluctuaties volgen en de oevers bij lage waterstanden geregeld droogvallen.

In het Griltjeplak werden daarom naast het uitbaggeren dat plaatsvond in het najaar van 1991, aanvullende maatregelen genomen om het geschikte

waterpeil in de toekomst te kunnen vaststellen en reguleren: het waterafvoerpunt in de Weeversdam is weer opengemaakt en daar is een stuw met schotbalken geplaatst. Voor meer informatie wordt verwezen naar Cals (1992) en Bellemakers et al. (1993).

C. Wateren die geëutrofiëerd zijn door atmosferische depositie en doordat oppervlaktewater werd -en nog steeds wordt- ingelaten

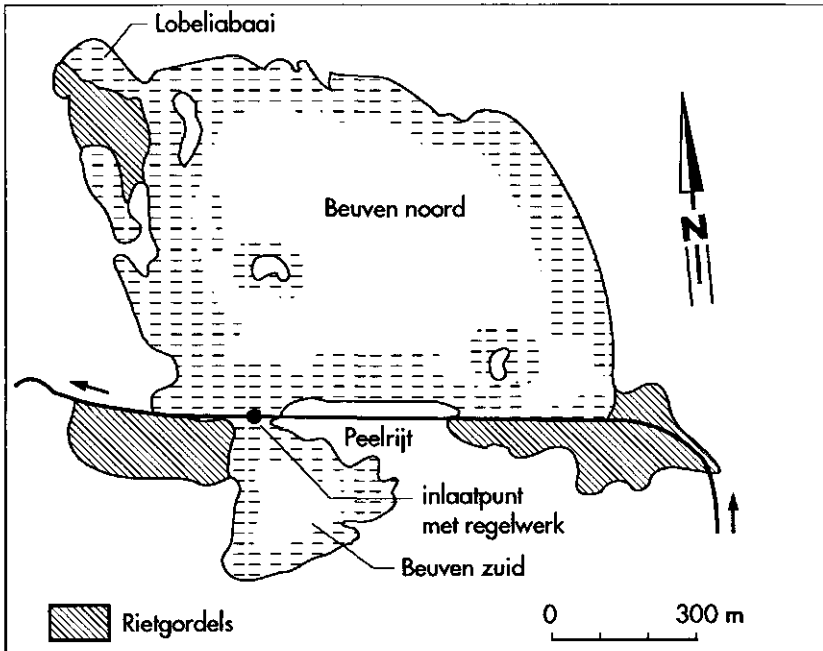
Een categorie zwakgebufferde wateren die grote potenties bezitten betreft de wateren die geëutrofiëerd zijn doordat voedselrijk, kalkhoudend water werd, en nog steeds wordt ingelaten. Een voorbeeld hiervan is het Beuven (in eigendom en beheer van de gemeente Someren, provincie Noord-Brabant). In het Beuven, vroeger reeds bekend om zijn rijkdom aan bijzondere en zeldzame plantesoorten, zijn in 1986 maatregelen uitgevoerd. Tot 1986 stroomde voedselrijk water van de beek de Peelrijt, afkomstig van een bovenstrooms gelegen landbouwgebied, het Beuven in. Dit leidde tot eutrofiëringsverschijnselen. De verrijking met fosfaten werd voornamelijk veroorzaakt door het aangevoerde beekwater terwijl de verrijking met stikstofverbindingen voor ca. 80% aan de atmosferische depositie te wijten was (Buskens, 1989). Er ontstond een dikke organische laag op de oorspronkelijke minerale zandbodem, het rietmoeras breidde zich sterk uit terwijl de oorspronkelijke vegetatie met soorten uit de Oeverkruidklasse (*Littorelletea*) achteruitging. Om een verdere achteruitgang te voorkomen, is het Beuven in 1986 uitgebaggerd. Tevens werd de belangrijkste eutrofiëringsbron, de aanvoer van voedselrijk en kalkhoudend, Peelrijtwater omgeleid. Indien er echter helemaal geen kalkhoudend water meer aangevoerd zou worden, dan zou het Beuven binnen korte tijd verzuren. Om dit te voorkomen is het Beuven-Zuid afgescheiden van de rest van het ven (Beuven-Noord). Peelrijtwater wordt eerst voorgezuiverd in Beuven-Zuid (figuur 9).

Nadat de voedingsstoffen zijn bezonken wordt het inmiddels voedselarme, maar nog steeds kalkhoudende water vanuit Beuven-Zuid ingelaten in Beuven-Noord indien de pH en de buffercapaciteit te laag dreigen te worden.

In figuur 10 is te zien dat de pH en de buffercapaciteit, die voor uitvoering van de maatregelen veel te hoog waren, sindsdien op het goede peil zitten. Tevens is de trofiegraad, met name het fosfaatgehalte door de maatregelen tot een laag niveau terug gebracht. Het herstel van de vegetatie was spectaculair te noemen en verliep zeer snel. Alle zeldzame plantesoorten waarvan bekend was dat ze ooit in het Beuven zijn waargenomen, groeien er nu weer. De enige uitzondering vormt Drijvende egelskop (*Sparganium angustifolium*) waarvan alleen een melding uit het eind van de dertiger jaren bekend is.

Figuur 9

Overzichtskaart van het Beuven met de belangrijkste waterlopen en de positie van het regelwerk met behulp waarvan voorgezuiverd, bufferend beekwater naar behoefte kan worden ingelaten vanuit Beuven-Zuid naar Beuven-Noord



Voor meer informatie over het Beuven wordt verwezen naar Buskens (1989) en Bellemakers et al. (1990).

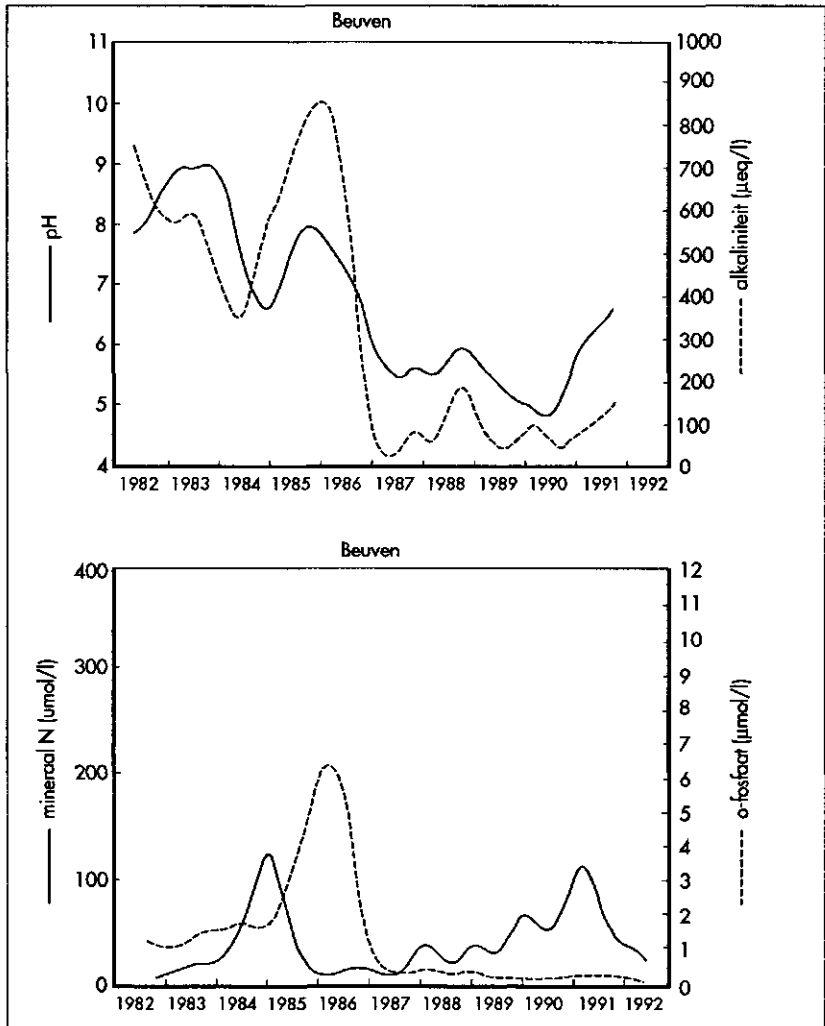
D. Wateren die eerst geëutrofeerd zijn doordat vroeger oppervlaktewater werd ingelaten en die daarna verzuurd zijn

Van deze categorie wateren worden twee voorbeelden besproken: de Bergvennen (gelegen in de provincie Overijssel) en de Keijenhurk, een ven in de Landschotse Heide (provincie Noord-Brabant).

Natuureservaat de Bergvennen (gelegen in de gemeente Denekamp in de provincie Overijssel) bestaat uit heide, naald- en loofbos en een aantal vennen. Het terrein is eigendom van de Stichting Het Overijssels Landschap. In figuur 11 is te zien dat de vennen tot ca. 1960 onderling verbonden waren door sloten waardoorheen ontginningswater liep.

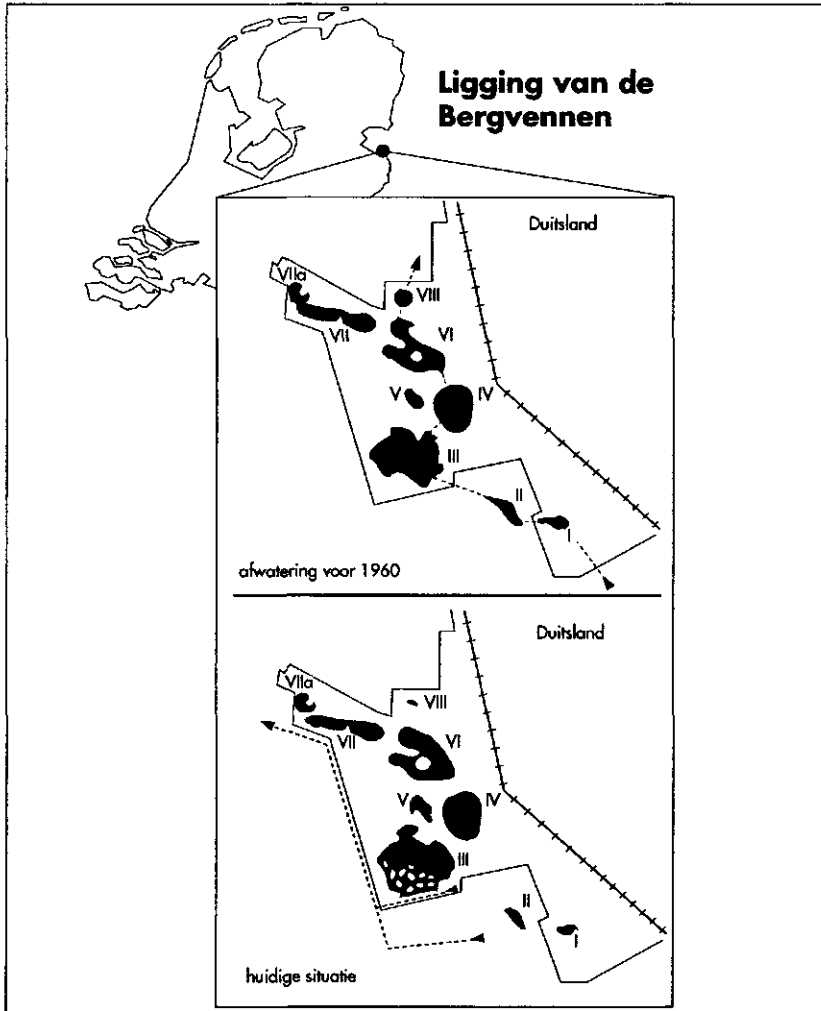
Het gevolg van deze doorstroming met ontginningswater was dat er een gradiënt in voedselrijkdom en buffering ontstond die afliep van ven I naar II naar III en via IV naar VI en VIII. Vanwege de eutrofiëring die optrad werden de Bergvennen aan het eind van de vijftiger jaren uitgebaggerd. Tevens werd het ontginningswater omgeleid (zie figuur 11; vennen I en II lagen inmiddels buiten het natuureservaat). Dit leidde in de eerste jaren tot een verbetering van de waterkwaliteit en een herstel van de oorspronkelijke vegetatie. In het begin van de zeventiger jaren echter werd deze positieve

Figuur 10
Verloop in de pH, buffercapaciteit ($\mu\text{eq l}^{-1}$), mineraal N en o-fosfaat ($\mu\text{mol l}^{-1}$) in het Beuven van 1982 tot 1992



verandering ten negatieve gekeerd doordat verzuring zijn intrede deed. Het verdwijnen van de meeste ondergedoken waterplanten behalve Veenmossen (*Sphagnum spec.*) en Knolrus (*Juncus bulbosus*) en de toename van stikstofminnende soorten als Pitrus (*Juncus effusus*), Kruipend struisgras (*Agrostis canina*) en Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) in de oeverzone waren het welbekende, karakteristieke gevolg. De laatste jaren is de pH in alle vennen rond de 4. Op de oostelijke oever van ven IV, op het wat hoger gelegen terrestrische deel, groeit een gageelstruweel. Dit is een indicatie voor een horizontale toestroming van oppervlakkig grondwater in deze oeverzone. In deze zone hebben Waterlobelia (*Lobelia dortmanna*) en Oeverkruid (*Lit-*

Figuur 11
Overzichtskaart
van de Berg-
vennen met de
belangrijkste
waterlopen in
de periode voor
en na 1960



rella uniflora) zich tot op heden kunnen handhaven, waarschijnlijk dankzij deze grondwaterinvloed. De plannen voor EGM, die hopelijk in 1993 uitgevoerd kunnen gaan worden, bestaan er uit

1. de vennen uit te baggeren en
2. de vennen onderling weer te verbinden en te laten doorstromen met bufferend water teneinde weer een gradiënt van meer naar minder gebufferd te creëren.

De bodemopbouw van de Bergvennen is complex en ruimtelijk zeer divers: op sommige plaatsen is de bodem mineraal maar op veel andere plaatsen

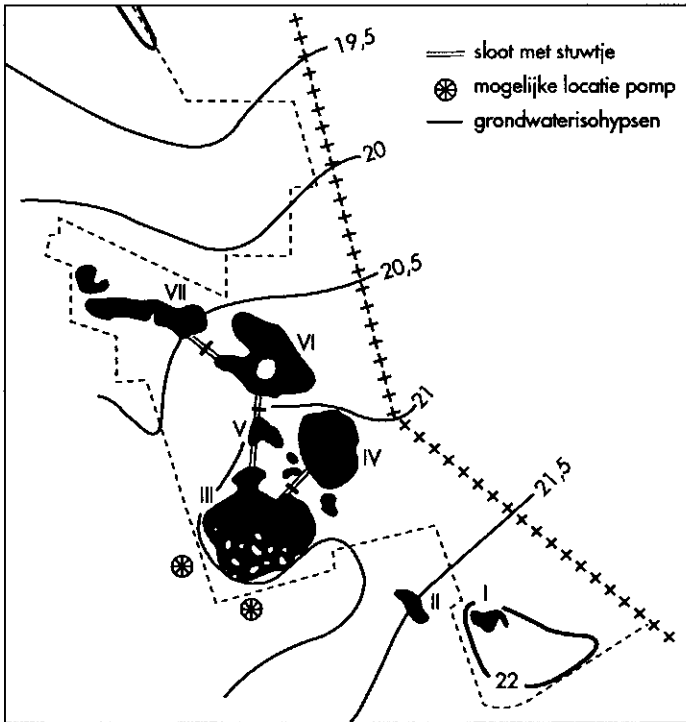
bevinden zich dikke veenpakketten waaroverheen afwisselend wel en niet zandlaagjes zijn gestoven. In eerste instantie werd er daarom vanuit gegaan dat de vennen het best nat uitgebaggerd konden worden met behulp van een 'stofzuiger' op drijvende pontons. Dit blijkt in de praktijk niet haalbaar te zijn omdat er veel te weinig water in de vennen aanwezig is en ook niet vanuit de omgeving geleverd kan worden. Er is een zekere hoeveelheid water nodig zodat de pontons kunnen drijven en er is proceswater nodig voor deze baggertechniek. Waarschijnlijk zullen de vennen zover mogelijk worden drooggelegd en dan worden uitgebaggerd met behulp van een kraan met extra lange giek. De kraan zal in ieder geval op rijplaten staan en er zal zoveel mogelijk vanaf de (drooggepompte) randen gewerkt worden: vanaf het centrum naar de oevers toe.

Er is over gedacht om, net als vroeger, ontginningswater te gebruiken voor de inlaat. Hiervoor is uiteindelijk niet gekozen vanwege de volgende argumenten. Eén ven, en dat zou alleen ven III kunnen zijn, zou moeten gaan fungeren als voorbezinkingsbekken en daarmee worden opgegeven als groeiplaats voor soorten uit het Oeverkruidverbond (*Littorellion*). Dit werd als een (te) zware tol ervaren. De ervaringen bij het Beuven hebben geleerd dat de omleiding van de beek een aanzienlijke kostenpost vormde op het totale budget van de operatie en dat het een goede organisatie en veel overleg vergt om de wateraanvoerbehoefte (aan te geven door de beheerder) en de feitelijke wateraanvoer (te leveren door – bijvoorbeeld – het waterschap) goed op elkaar aan te laten sluiten indien daar verschillende instanties verantwoordelijk voor zijn. De coördinatie van de aanvoer van voldoende water en vervolgens de inlaat van de benodigde hoeveelheid kan veel makkelijker binnen een en dezelfde instantie geregeld worden. Vanwege deze redenen is er voor gekozen om grondwater op te pompen en in te laten. Uit vooronderzoek is gebleken dat het grondwater ter plaatse voldoende gebufferd, voedsel- en sulfaatarm is. Het is dus zeer geschikt voor externe buffering terwijl eutrofiëring achterwege zal blijven. Een ander voordeel van een grondwaterpomp is de eenvoudige bediening en regulatie van de inlaat die overigens ook eenvoudig opgeheven kan worden zodra de luchtverontreiniging zodanig is teruggedrongen dat deze noodmaatregel niet meer nodig zal zijn. Een overzicht van de hydrologische situatie in de Bergvennen na uitvoering van de geplande EGM is weergegeven in figuur 12.

Bij de Oisterwijkse Vennen vinden we eenzelfde doorstroomsysteem en dezelfde ontwikkeling in de loop der tijd. Daar zijn dan ook vergelijkbare maatregelen voorgesteld (Cals & Roelofs, 1990).

Een tweede voorbeeld van wateren waarin vroeger kalkhoudend water werd ingelaten en dat naderhand is verzuurd doordat die waterinlaat werd

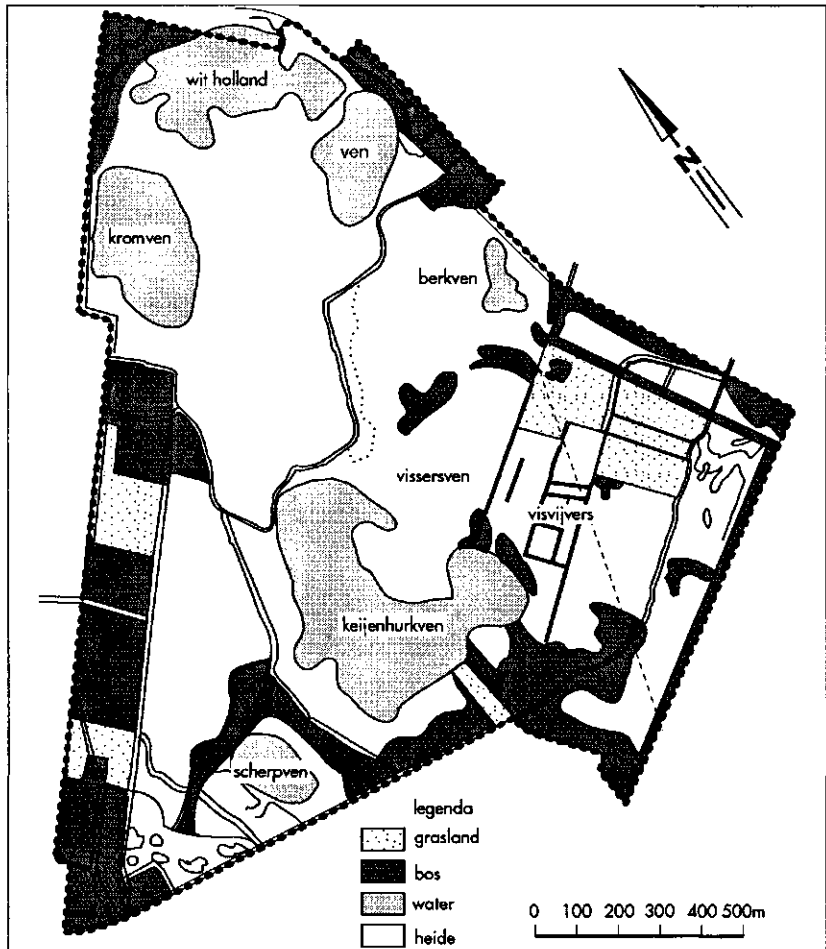
Figuur 12
Overzichtskaart
van de Berg-
vennen na uit-
voering van de
(in 1993 ge-
plande) EGM



stopgezet, betreft vennen in de Landschotse Heide (eigendom van en gelegen in de gemeente Oost-, West- en Middelbeers in de provincie Noord-Brabant). Tot 1989 vond in het grootste ven van de Landschotse Heide, de Keijenhurk bij hoge waterstanden inundatie plaats van kalkhoudend (gekalkt) water vanuit nabijgelegen visvijvers. Vanuit de Keijenhurk kon overtollig water doorstromen naar de laagte waarin zich het Vissersven bevindt en vervolgens eventueel naar het Berkven (zie figuur 13). Om het natuurreservaat te vrijwaren van het water uit deze visvijvers zijn de kaden rondom de visbassins in 1989 opgehoogd. Dit had tot gevolg dat reeds in 1990 verschijnselen van beginnende verzuring zichtbaar werden. Om deze ontwikkeling te keren is het ven in 1991 en 1992 uitgebaggerd en zijn maatregelen getroffen om kalkhoudend water (gecontroleerd) in te laten.

Teneinde de buffering te reguleren is het Scherpven uitgebaggerd. De baggerwerkzaamheden zijn uitgevoerd in het najaar van 1992. In januari 1993 wordt het Scherpven bekalkt. Een reeds bestaande sloot vanuit dit ven naar de Keijenhurk is geschoond en kan gaan fungeren als aanvoersloot van gebufferd water. In deze sloot is een stuw met schotbalken geplaatst zodat de inlaat gereguleerd kan worden afhankelijk van de pH en buffercapaciteit van het water in de Keijenhurk. Indien de maatregelen succesvol

Figuur 13
Overzichtskaart
van de Land-
schotse Heide



zullen blijken te zijn kan deze methodiek vanuit de Keijenhurk worden uitgebreid naar het Vissersven en het Berkven.

Conclusies

Welke EGM zinvol zijn in een oppervlaktewater dient te worden vastgesteld op basis van veranderingen in abiotische en biotische omstandigheden en veranderingen in gebruik en beheer in de loop der jaren tot op heden. EGM in oppervlaktewateren kunnen bestaan uit:

- baggeren
- reguleren van de buffering

- vrijstellen van de oevers
- aanvullend beheer (waterpeilbeheer, maaien etc.) voor de stabiliteit van het gerestaureerde oecosysteem

In van nature relatief zure heidevennen die (verder) verzuurd zijn (type 1), is uitbaggeren teneinde een andere vegetatiesamenstelling te krijgen zinloos. Wel kan een subtiele bemergeling een succesvolle maatregel zijn om de beschimmeling van amfibieëneieren te voorkomen.

In zwakgebufferde wateren met een voedselarme, minerale bodem die verzuurd zijn (type 2), kan bemergelen het risico inhouden dat Knolrus (*Juncus bulbosus*) gaat woekeren. Indien de verzuring zeer geleidelijk wordt opgeheven door grondwater of daarop lijkend bufferend oppervlaktewater in te laten wordt dit risico aanzienlijk lager ingeschat. De kiemkracht van de zaadbank kan in dergelijke verzuurde sedimenten sterk gereduceerd zijn. In dit type wateren lijkt baggeren noodzakelijk.

In zwakgebufferde wateren die geëutrofeerd (eventueel in een later stadium verzuurd; type 3) zijn, kunnen – de op het oecosysteem toegesneden – EGM binnen korte tijd leiden tot herstel van de water- en bodemkwaliteit en de vegetatie. De vitaliteit van de zaadbank kan enkele decennia behouden blijven.

De duurzaamheid van de aangebrachte buffering hangt, zeker bij bemergelen, sterk af van het feit of de plas droogvalt of niet. Tijdens en/of na droogvallen is een bijstelling van de buffering in het algemeen noodzakelijk.

Dankzij de uitvoering van EGM is de afgelopen jaren het aantal vindplaatsen van enkele, zeer zeldzaam geworden plantesoorten van het zwakgebufferd aquatisch milieu, voor het eerst in wellicht 30 jaren weer toege-nomen.

Literatuur

- Arts, G.H.P., 1987. Geschiedenis van de verzuring van zwak gebufferde wateren in Nederland onder invloed van atmosferische depositie. Rapport 28-01 Dutch priority programme on acidification. In opdracht van het Ministerie van V.R.O.M., 50 pp en bijlagen.
- Arts, G.H.P., 1990. Deterioration of atlantic soft-water systems and their flora, a historical account. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen, 197 pp.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen & G.M. Verheggen, 1990. Restauratie van verzuurde en geëutrofeerde zwak gebufferde ondiepe oppervlaktewateren; mogelijkheden tot herstel. Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie K.U.N. i.o.v. het Ministerie van V.R.O.M., 96 pp.
- Bellemakers, M.J.S., H. van Dam & A.J.M. Roozen, (1991). Kan Heikikker worden behouden door bekalking van heidevennen? *De Levende Natuur* 1991 no.6: 228-232.

- Bellemakers, M.J.S. & H. van Dam, 1992. Improvement of breeding success of the moor frog (*Rana arvalis*) by liming of acid moorland pools and the consequences of liming for water chemistry and diatoms. *Environ. Pollut.* 78: 165-171.
- Bellemakers, M.J.S., M. Maessen, M.J.R. Cals & J.G.M. Roelofs, 1993. Monitoring van effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewateren; eindrapport eerste fase. Vakgroep Oecologie, Werkgroep Milieubiologie K.U.N. in opdracht van de Directie N.B.L.F., Ministerie L.N.V., in prep.
- Buskens, R.F.M., 1989. Beuven: herstel van een ecosysteem. Vakgroep Aquatische Oecologie & Biogeologie K.U.N. in opdracht van de Directie N.M.F., Ministerie L. & V., 153 pp.
- Cals, M.J.R. & Roelofs, J.G.M., 1990. Prae-advies effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiëring in oppervlaktewater. Uitgave Vakgroep Aquatische Oecologie en Biogeologie, Katholieke Universiteit Nijmegen, 88 pp.
- Cals, M.J.R., 1992. De grote schoonmaak van het Gritjeplak en de Badhuiskuil. *De Levende Natuur* 93:180.
- De Lyon, M.H.J. & Roelofs, J.G.M., 1986. Waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en bodemgesteldheid, deel 1 en 2. Laboratorium voor Aquatische Oecologie, 232 pp.
- Leuven, R.S.E.W. & J.A.A.R. Schuurkes, 1985. Effecten van zure neerslag op zwak gebufferde en voedselarme wateren. Publicatiereeks Lucht no 47, Ministerie van V.R.O.M., 131 pp.
- Roelofs, J.G.M., 1983. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I: Field observations. *Aquat. Bot.* 17: 139-155.
- Roelofs, J.G.M., J.A.A.R. Schuurkes & A.J.M. Smits, 1984. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters. II: Experimental studies. *Aquat. Bot.* 18: 389-411.
- Schaminée, J.H.J., V. Westhoff & G.H.P. Arts, 1992. Die Strandlinggesellschaften (Littorelletea Br.-Bl. et Tx. 43) der Niederlande, in europäischem Rahmen gefaßt. *Phytocoenologia* 20: 529-558.
- Schils, E.G.P., 1987. Restauratie van verzuurde meren. Scriptie no. 70, Laboratorium voor Aquatische Oecologie K.U. Nijmegen, 51 pp.
- Schuurkes, J.A.A.R., 1987. Acidification of surface waters by atmospheric deposition: with emphasis on chemical processes and effects on vegetation. Proefschrift Katholieke Universiteit Nijmegen, 160 pp.
- Van Dam, H. & H. Kooyman-van Blokland, 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: 587-607.
- Wittig, R., 1980. Die geschützten Moore, und oligotrophen Gewässer der Westfälischen Bucht. Schriftenreihe der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Nordrhein-Westfalen 5: 1-228.
- Wittig, R., 1982. The effectiveness of the protection of endangered oligotrophic-water vascular plants in nature conservation areas of Northrhine-Westphalia. In: J.J. Symoens, S.S. Hooper and P. Compère (eds.), *Studies on Aquatic Vascular Plants*. R. Bot. Soc. Belgium, Brussels: 418-424.