

Moerassystemen voor waterzuivering en natuurontwikkeling; ontwerpstudies voor de Veluwerandmeren

Inleiding

Waterzuivering met moerassystemen of helofytenfilters komt steeds meer in de belangstelling. Helofyten zijn moerasplanten die wortelen onder water en met stengels en blad boven het wateroppervlak uitsteken, zoals riet, biezen en lisdodde.

De Vierde Nota Ruimtelijke Ordening wijst op het mogelijk grote belang van helofytenfilters voor waterzuivering en natuurontwikkeling.



S. S. AKKERMAN
OD 205 Delft



J. L. FISELIER
Centrum voor Milieukunde
Leiden



S. H. HOSPER
DBW/RIZA, Lelystad

Ook de in het voorjaar van 1989 verschenen Nota Natuurontwikkeling van het ministerie van Landbouw en Visserij wijst op de veelbelovende mogelijkheden van dergelijke systemen.

Het gebruik van kunstmatig aangelegde moerassen voor afvalwaterzuivering wordt in Nederland al een twintigtal jaren onderzocht. Het gebruik is vooral in de Flevopolders tot ontwikkeling gekomen [zie onder andere Van der Aart, 1985; De Jong et al, 1986]. Daar wordt het afvalwater van campings en andere recreatievoorzieningen in kleinschalige systemen behandeld. Nieuw zijn deze systemen echter niet. In de vorige eeuw werden al op grote schaal moerassen toegepast bij de zuivering van stedelijk afvalwater. In Engeland alleen beschikten, omstreeks 1880, circa 130 steden over dergelijke zuiveringsystemen, 'sewing farms' genoemd [De Gruyter en Molt, 1955].

De toepassing van moerassystemen voor de verwijdering van nutriënten (N en P) uit het effluent van zuiveringsinstallaties is onderzocht bij de rwzi-Elburg in de periode 1978-1985. De verwijderingspercentages waren teleurstellend, voornamelijk als gevolg van een te hoge hydraulische belasting [Werkgroep Rietvelden, 1988].

Samenvatting

De ontwikkeling en het gebruik van kunstmatige en natuurlijke moerassystemen voor waterzuivering staat volop in de belangstelling. De ervaring met dit soort systemen voor de zuivering van oppervlaktewater is echter gering en ook de mogelijke combinatie met natuurontwikkeling of andere vormen van medegebruik is onvoldoende duidelijk. Ontwerpen en beheersaanbevelingen zijn in dit stadium prematuur te noemen. De verwachtingen rechtvaardigen echter nader onderzoek dat bij voorkeur in verschillendsoortige veldlocaties kan worden uitgevoerd. Onderzoeksvragen hebben vooral betrekking op het beheer, het medegebruik en de ruimtelijke en beleidsmatige inpassing.

De mogelijkheden voor de behandeling van oppervlaktewater met name ten behoeve van drinkwatervoorziening zijn verkend door Ducl en Saris [1986]. Zij wijzen er onder meer op dat de hydraulische belasting de belangrijkste factor is voor het zuiveringsrendement. De zuiveringsefficiëntie neemt af naarmate het systeem hoger wordt belast met nutriënten (boven opnamecapaciteit van bodem en plant) en naarmate de doorstroom c.q. de hydraulische belasting groter is. Bij een doorstroom van 200 tot 300 m³/ha/dag en als de opnamecapaciteit van bodem en planten niet wordt overschreden is een verwijderingspercentage te verwachten van circa 90%. De opnamecapaciteit hangt onder meer af van type bodem, vegetatietype, waterpeilbeheer en maaibeheer. Praktijkervaringen aan deze laagbelaste systemen ontbreken grotendeels.

De toepassingsmogelijkheden van moerassystemen voor het herstel van sterk geëutrofiëerde meren- en plassen-gebieden en de mogelijke betekenis van 'nieuwe' moerassen voor de natuurwaarde van deze gebieden zijn nog nauwelijks verkend. Het Centrum voor Milieukunde heeft in opdracht van en in samenwerking met DBW/RIZA nader onderzoek verricht naar deze aspecten [Fiselier, 1987; Akkerman en Fiselier, 1988].

Dit verkennend onderzoek had een tweeledig doel:

- het formuleren van ontwerprichtlijnen voor de aanleg van meerbegeleidende moerassen met het oog op de eutrofiëeringsbestrijding en natuurontwikkeling;
- het maken van ontwerpen voor concrete locaties. De gekozen locaties zijn de rwzi-Harderwijk en de mondingen van de Hierdense Beek en de Schuitenbeek.

Deze ontwerpstudies kunnen worden gezien als een haalbaarheidsstudie en als een methode voor het opsporen van inpassingsproblemen en van lacunes in kennis.

Waarom moerassen?

Moerassen zijn permanente of tijdelijke ondiepe wateren rijk aan submerse (onder water) en emerse (wortelend in de bodem maar met blad boven water) waterplanten. Moerassen kunnen worden ingezet voor waterzuivering, maar kunnen daarnaast ook dienen voor natuurontwikkeling ter herstel, ondersteuning en het nieuw creëren van natuurwaarden.

Hoogopgaande moerasbegroeiing kan tegelijkertijd een rol spelen in het accentueren van bestaande en/of ontwikkelen van nieuwe landschapsstructuren. Verder kan het een belangrijke rol spelen in het kader van landinrichtingsprojecten [Toet et al, 1988].

Het *waterzuiverend vermogen* van moerassen is gebaseerd op:

- invangen van slib en daaraan geadsorbeerde nutriënten; in vele gevallen is de helft van de totale P-belasting geadsorbeerd aan slib;
- invangen van nutriënten door adsorptie aan de bodem (vooral) in de vorm van ijzerfosfaatverbindingen, hetgeen sterk afhankelijk is van gradiënten in zuurstofbeschikbaarheid, microbiologische activiteit, doorworteling van de bodem en waterpeilfluctuaties;
- opname en vastlegging van nutriënten door vegetatie, hetgeen sterk afhankelijk is van het groeiseizoen, type vegetatie en maaibeheer;
- denitrificatie, hetgeen vooral bevordert wordt door microbiologische activiteit en waterpeilfluctuaties;
- het bieden van luwte: vermindering van resuspensie van slib en mede ten gevolge hiervan een vermindering van desorberend fosfaat;
- het vergroten van algengraas door te fungeren als habitat voor algengrazend zoöplankton en snoek.

Een moeras kan binnen de eutrofiëeringsbestrijding getypeerd worden als een 'groene nier' voor het wegfilteren van nutriënten, slib en algen. Vooral het bevorderen van het weggrazen van algen door zoöplankton kan werken als een 'trigger', de wissel van 'troebel' brasem-

type naar 'helder' snoektype water [Hosper et al, 1987]. Rijkbegroeide oeverzones langs ondiepe Nederlandse plassen met een intensieve uitwisseling tussen moerassige oeverzones en open water zijn essentieel voor het handhaven van lage algendichtheden en helder water. Ondanks de vele jaren onderzoek naar zuivering van moerassen [zie Van der Aart, 1985] is nog niet goed bekend welke condities en welk beheer tot optimale zuiveringsefficiëntie leiden.

Vele belangrijke 'natte' natuurgebieden in ons land zijn in feite voedselrijke moerassen. De uiterwaarden langs de grote rivieren en de meren en plassen in het lage deel van ons land vormen de hoofdstructuur van de 'natte natuur' in Nederland. Ook in West-Europees verband vertegenwoordigen de Nederlandse moerasgebieden belangrijke waarden [Anonymus, 1988].

De natuurwaarde van moerasgebieden is gebaseerd op een aantal functies, zoals:

- broedgebied voor moeras- en watervogels en in de omgeving fouragerende vogels en verder als paaigrond voor vissen;
- fourageergebied voor moeras- en watervogels en kleine zoogdieren, die in het moeras zelf of in de omgeving broeden of slechts doortrekken;
- rust en overnachtingsbiotoop voor moeras- en watervogels en zoogdieren;
- onderdeel van de ecologische infrastructuur voor soorten zoals de otter;
- landschappelijk karakteristieke zonerings tussen open water en land.

De belangrijkste conditionerende factoren hierbij zijn vooral rust, een gevarieerd voedselaanbod en een voldoende groot broed-, fourageer- en rustgebied. Voedselrijke moerassen kunnen door natuurtechnische milieubouw met succes worden ontwikkeld, zoals met de Oostvaardersplassen is aangetoond. In vele waterrijke gebieden zijn moerasgebieden en moerasoevers karakteristieke landschapselementen waarvan de ontwikkeling bij kan dragen tot ontwikkeling en herstel van landschapsbeeld en ecologische relaties.

Naast het zo volledig mogelijk ontwikkelen en integreren van de functies van een moerasgebied voor waterzuivering en natuurontwikkeling zijn enkele additionele ontwerpprincipes opgesteld. Bij het scheppen van condities voor natuurontwikkeling gaat de voorkeur uit naar een natuurlijke ontstaanswijze en een natuurlijke regulatie. De belangrijkste processen hierbij zijn erosie en

sedimentatie, waterpeilfluctuaties en grazen van riet door ganzen. Voor de Oostvaardersplassen is naar voorbeeld van natuurlijke Canadese moerassen een om de 4 à 5 jaar wisselend waterpeil voorgesteld, zodat voortdurend sprake kan zijn van een hernieuwde vegetatiesuccessie, een gevarieerd voedselaanbod en een groot aantal verschillende biotopen [Iedema en Kik, 1986]. Een dergelijke benadering garandeert niet alleen de best voorspelbare resultaten maar houdt de beheersinspanning klein en daarmee de beheerskosten laag [Fiselier, 1985; Fiselier, 1987].

Verskillende ontwerpinrichtingen

In een eerste verkenning is gezocht naar een synthese tussen ontwerp criteria voor natuurontwikkeling en eutrofiëringsbestrijding voor de stagnante zoete wateren (Fiselier, 1987). De aandacht ging daarbij vooral uit naar de Veluwerandmeren.

Bij de natuurontwikkeling stonden zoals gezegd een natuurlijke ontstaanswijze en regulatie voorop. De reductie van de P-belasting ter vermindering van de algengroei vormde daarbij het belangrijkste uitgangspunt voor de eutrofiëringsbestrijding, aangezien de algengroei in dit gebied P-gelimiteerd is [Hosper et al, 1986]. Infiltratievelden, waarbij het te behandelen water door de bodem percoleert, zijn niet in beschouwing

genomen. Ondanks de veelal veelbelovende resultaten hiermee, werden deze systemen vooral vanwege de verwachte hoge kosten niet verder als ontwerprichting uitgewerkt. De volgende meerbegeleidende ontwerpinrichtingen werden samengesteld (zie ook afb. 1).

'Vloeiervelden'-systeem

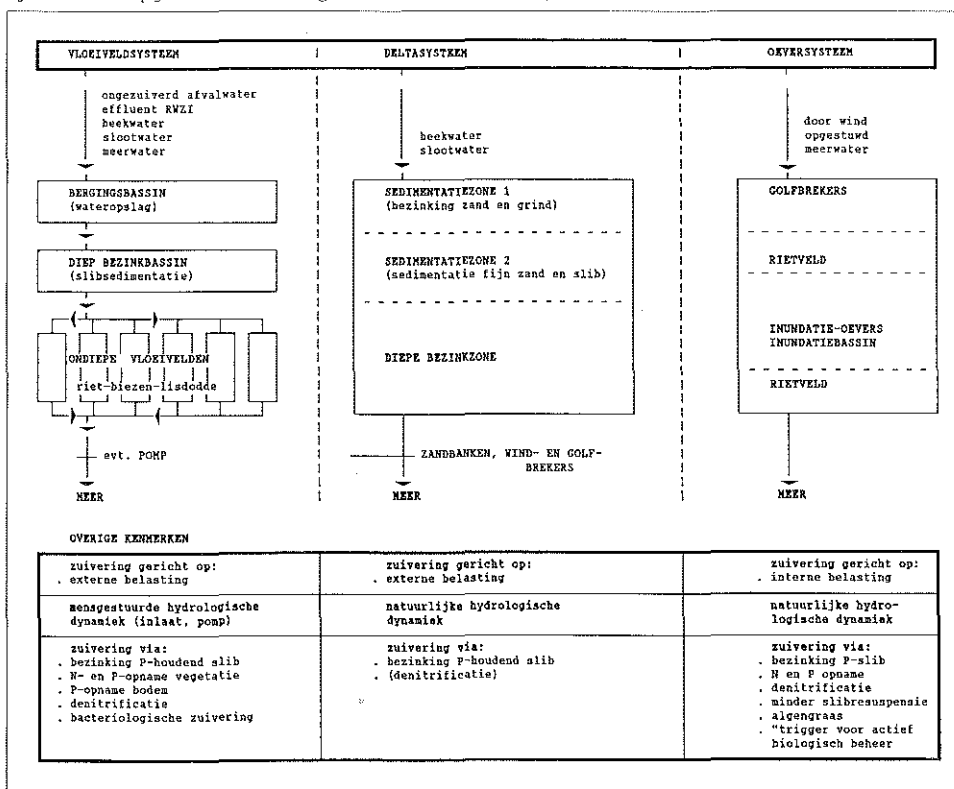
Dit systeem is vooral gericht op de verwijdering van nutriënten door sedimentatie van slib, bodemadsorptie en opname door vegetatie. Het gaat uit van volledige waterpeilbeheersing en een combinatie van bezinkvijvers en parallel geschakelde groepen van vloeiervelden. Ten behoeve van de waterzuivering wordt om de 15 dagen water ingelaten en uitgelaten. Dit zogenaamde pulserend in- en uitlaten vergroot de bodemaëratie, waardoor de zuiveringsefficiëntie wordt vergroot. Een tijdelijke drooglegging is daarnaast zeer aantrekkelijk voor tal van stellopers. Ten behoeve van een continue verjonging van de vegetatiesuccessie wordt bovendien gedacht aan een om de 2-5 jaar wisselend gemiddeld waterpeil per vloeierveld.

De mogelijkheden voor een natuurlijke ontstaanswijze zijn in dergelijke systemen overigens zeer beperkt.

'Delta'-systemen in de monding van beken en rivieren

Dit systeem richt zich vooral op het

Afb. 1 - Ontwerpsystemen van meerbegeleidende moerassen.



Hierdense Beek en de Schuitenbeek gekeken naar een meer concrete invulling.

Rwzi Harderwijk (afb. 2)

Het reeds chemische gedefosfateerde effluent met gehalten van 1-2 mg P/l krijgt in deze opzet een aanvullende behandeling tot gehalten van minder dan 0,5 mg P/l. Hiervoor is een groot vloeiveldensysteem ontworpen met plaatselijk natuurlijke oevers en binnen de vloeivelden geïsoleerd gelegen eilandjes ten behoeve van de avifauna. Er wordt uitgegaan van laagbelaste systemen met een aanloopfase (circa 90 hectare groot waarvan 68 hectare riet) en zonodig een eindfase (circa 180 hectare groot waarvan 160 hectare riet). Verwacht wordt dat in de aanloopfase jaarlijks een maximale verwijdering van 3.700 kg P kan worden bereikt (tabel I). In de eindfase is dat circa 6.300 kg. Dit komt tegemoet aan de korte en lange termijn doelstellingen ten aanzien van de P-belasting van de rwzi op het Veluwemeer [zie PER, 1986].

De verwijdering van P berust op bezinking, opname en verwijdering door vegetatie en bodemadsorptie. De opname en verwijdering door de vegetatie is afhankelijk van het maaibeheer. Er wordt onderscheid gemaakt tussen extensief (eens per 3-4 jaar) en intensief maaibeheer (jaarlijks). Bij extensief maaibeheer wordt uitgegaan van een verwijdering van 15 à 20 kg P/ha-jaar, bij intensief maaibeheer van 25 kg P/ha-jaar. Bodemadsorptie kan daarnaast een groot additioneel effect hebben op de verwijdering van P uit het water. De verwijdering wordt gestimuleerd door een goede doorluchting van de bodem. Op de langere termijn wordt dit effect vanwege bodemverzadiging minder.

Uitgaande van kosten van rietinplant variërend van f 5.000,- tot f 28.000,- per

TABEL I - Verwachte jaarlijkse verwijdering van P door bezinking van vloeivelden.

	Aanloopfase 3.700 kg P/j	Eindfase 6.300 kg P/j
Bezinking	1.200 kg P/j	1.200 kg P/j
Vloeivelden	2.500 kg P/j ¹	5.100 kg P/j ²

¹ extensief maaibeheer: verwijdering via vegetatie = 15 à 20 kg P/ha-j.

² intensief maaibeheer: verwijdering via vegetatie = 25 kg P/ha-j.

TABEL II - Jaarlijkse kosten per kg verwijderde P.

	Aanloopfase 3.700 kg P/j	Eindfase 6.300 kg P/j
Met rietinplant	f 193,-	f 255,-
Zonder rietinplant	f 115,-	f 150,-

NB: looptijd 40 jaar, afschrijving en rente 7% en kosten rietinplant f 28.000,- per hectare.

ha (opgave RIJP) bedragen de aanlegkosten voor de aanloopfase circa f 2,1 tot 4,1 miljoen en voor de eindfase een additionele investering van circa f 1,9 tot 3,7 miljoen. De kosten van rietinplant nemen dus een groot deel van de totale kosten voor hun rekening.

De totale jaarlijkse kosten (zie ook tabel II) zijn het hoogst in de eindfase. De kosten zijn voor de eindfase met intensief maaibeheer en met kosten van rietinplant van f 28.000,-/ha circa 1,6 miljoen ofwel circa f 255,- per kilo verwijderde P. Zonder rietinplant bedragen de jaarlijkse kosten f 150,- per kg verwijderde P. Deze getallen geven slechts indicaties weer.

Tijdens het dimensioneren kwamen de volgende knelpunten naar voren:

- de zuiveringsefficiëntie en -capaciteit is moeilijk in te schatten vanwege de relatief lage nutriëntenbelasting en een mede op de natuurontwikkeling gerichte afwijkende vorm van waterpeil- en maaibeheer. Grote onduidelijkheid bestaat over de rol van bodemadsorptie en de invloed van het jaarlijks (= intensief) maaien, aan het eind van het groeiseizoen, op de vitaliteit van het riet. Het tot dusver uitgevoerde onderzoek heeft vrijwel uitsluitend betrekking op hoogbelaste systemen. Op basis van maaigegevens van riet- en biezenvelden in de Flevopolders werd uitgegaan van een jaarlijkse verwijdering van 25 kg P/ha [Greiner en Butijn, 1985]. De nutriëntenbelasting van deze systemen ligt echter aanzienlijk hoger en het beheer is anders.

Deze berekeningswijze gaat voorbij aan de bodemadsorptie die zeer aanzienlijk kan zijn;

- het systeem vergt een groot ruimtebeslag. Voor andere meerfuncties, zoals recreatie en visserij is dat niet aantrekkelijk. Verder wordt gevreesd voor muggenlagen;
- de kosten zijn hoog en bestaan voor een groot deel uit de kosten voor de inplant van riet. Een uitzaai van riet en een spontane uitgroei lijkt weliswaar mogelijk, maar de optimale kiemingscondities en de snelheid van uitgroeien blijven onduidelijk;
- voor de lange termijn kan ophoping van slib in het moeras op gaan treden en een daaraan gekoppelde mogelijke aanrijking van micro-verontreinigingen en zware metalen.

Wel zijn er goede mogelijkheden voor natuurontwikkeling en met name als broed- en fourageergebied voor moeras- en watervogels. De aanleg van een groot-schalig moerassysteem bij Harderwijk kan

verder goed aansluiten bij de wens om in dit deel van de Randmeren een leefgebied voor de Otter te ontwikkelen [RWS, 1989]. De mogelijke accumulatie van microverontreinigingen en zware metalen kan echter problematisch zijn voor natuurontwikkeling.

Hierdense beek (afb. 2)

Voor de monding van de Hierdense Beek is een *deltasysteem* geschetst. Ten behoeve van het behoud van het landschapsbeeld is de voorkeur gegeven aan luwtegevend zandbanken in plaats van eilanden. Dit deltasysteem vormt een onderdeel van de eindfase van het vloeiveldensysteem van de rwzi Harderwijk. De aanlegkosten bedragen circa 1 miljoen gulden.

Ook bij de inpassing van dit systeem treden problemen op:

- de zuiveringsefficiëntie kan eigenlijk niet goed worden ingeschat vanwege de onbekende fosfaatverzadiging van het sediment, de verdeling van de sedimentfracties, en de effectiviteit van de sedimentatie. Voorts blijft onduidelijk in hoeverre vanuit het gesedimenteerde slib nog P kan desorberen. De bijdrage van deze maatregel aan de eutrofiëringsbestrijding van het Veluwemeer is waarschijnlijk klein;
- de monding van de Hierdense Beek heeft al grote natuurwaarde. Er is derhalve een voorkeur voor een ontwerp dat het oorspronkelijke gebied zo veel mogelijk onverlet laat.

Schuitenbeek: de combinatie met afleiden (afb 3)

De Schuitenbeek heeft een sterk wisselende aanvoer. Een vloeiveldensysteem zou in het betreffende deel van het Nuldernauw al meer plaats innemen dan voorhanden is. Afleiding van het beekwater naar het aangrenzende Eemmeer via een moeraszone lijkt het meest voor de hand te liggen. Hiermee kan namelijk de P-belasting van het Wolderwijd-Nuldernauw aanzienlijk worden teruggebracht terwijl de afleiding slechts een kleine toename van de belasting van het al zeer sterk belaste Eemmeer oplevert. De afleiding bestaat uit een plaatselijk breed overloop systeem met bij hogere wateraanvoer overstromende rietmoerassen in de vorm van uiterwaarden. De zuivering is naar verwachting gering maar er wordt op deze wijze waarschijnlijk ook nauwelijks extra P aan het 'herstel' met zijn Eemmeersysteem toegevoegd. De kosten van dit ontwerp bedragen circa 2,5 miljoen gulden.

Problemen bij dit ontwerp zijn met name:

- de periodiek hoge afvoer (met name in

de winter) leidt er toe dat de bijdrage van de moerasvegetatie aan de waterzuivering slechts gering kan zijn. Het wegvangen van slib is naar verwachting veel belangrijker;

- voor de monding van de Schuitenbeek is een jachthaven gelegen, terwijl de oever en het aanliggende water deels een recreatieve functie hebben;
- het past niet in het beleid het eutrofiëringsprobleem op te lossen door de belasting te verplaatsen. Vanuit dit oogpunt is een afleiding alleen acceptabel als er sprake is van geen extra belasting van het Eemmeer vergeleken met de huidige situatie.

Gezien de mogelijkheid tot wegvangen van nutriënten in de geplande bezinkingsvijvers en inundatieoeveren kan aan deze eis in zekere zin worden voldaan.

Conclusies

De ontwerpstudie in de Veluwerandmeren heeft tot de volgende conclusies geleid:

- de zuiveringsefficiëntie is nog niet voldoende bekend met name bij nieuwe vormen van aanleg en beheer en bij lage belasting; de marge in de te verwachten zuiveringsefficiëntie is groot en daarmee ook de marge op het ruimtebeslag en in de kosten;
- de zuiveringsefficiëntie en de te maken kosten voor aanleg en beheer zijn sterk afhankelijk van de aard, fluctuatie en het

moment van de slibaanvoer, de nutriënten- en de hydraulische belasting.

De zuiveringsefficiëntie is waarschijnlijk het hoogst bij een lage hydraulische belasting in combinatie met een relatief constante en hoge zomerse nutriëntenbelasting. Er kunnen daarom geen betrouwbare uitspraken worden gedaan ten aanzien van de verwachte zuiveringsefficiëntie bij verschillende belaste systemen;

- uit een discussiebijeenkomst van lokale waterbeheerders en bestuurders bleek dat er inpassingsmoeilijkheden kunnen worden verwacht. Hierbij werd onder meer genoemd het grote ruimtebeslag en de strijdigheid met de huidige waterfuncties;
- het uitzaaien van riet en een spontane ontwikkeling als goedkoop alternatief voor het dure inplanten dient nader te worden onderzocht.

Voorstel voor praktijkonderzoek

Moerassen lijken kansrijk voor zowel waterzuivering als voor natuurontwikkeling, maar er is experimenteel onderzoek nodig ten behoeve van dimensionering en het inschatten van de zuiveringsefficiëntie en optimale beheersvorm. In principe kan bij dit experimentele onderzoek gekozen worden voor studie van processen van waterzuivering in volledig geconditioneerde modellsystemen of meer praktijkgericht- of veldonderzoek op kansrijke

locaties waar de resultaten van zuivering, zoals het herstel van een plas of een beek, mede een doel zijn van het onderzoek.

Het voordeel van een experimentele proefopzet is dat vrijwel alle factoren beheerst en gecontroleerd kunnen worden. Dit soort onderzoek is echter duur. Voordelen van veldonderzoek combineren praktijkervaring met tegelijkertijd eutrofiëringsbestrijding, natuurontwikkeling en landschappelijke zonering.

Onze voorkeur gaat alsnog uit naar deze laatste vorm, vooral als dat kan plaatsvinden in een potentieel kansrijke situatie. De kans van slagen hangt niet alleen af van de aard van de belasting, maar ook van de inpasbaarheid, multifunctioneel gebruik en kosten.

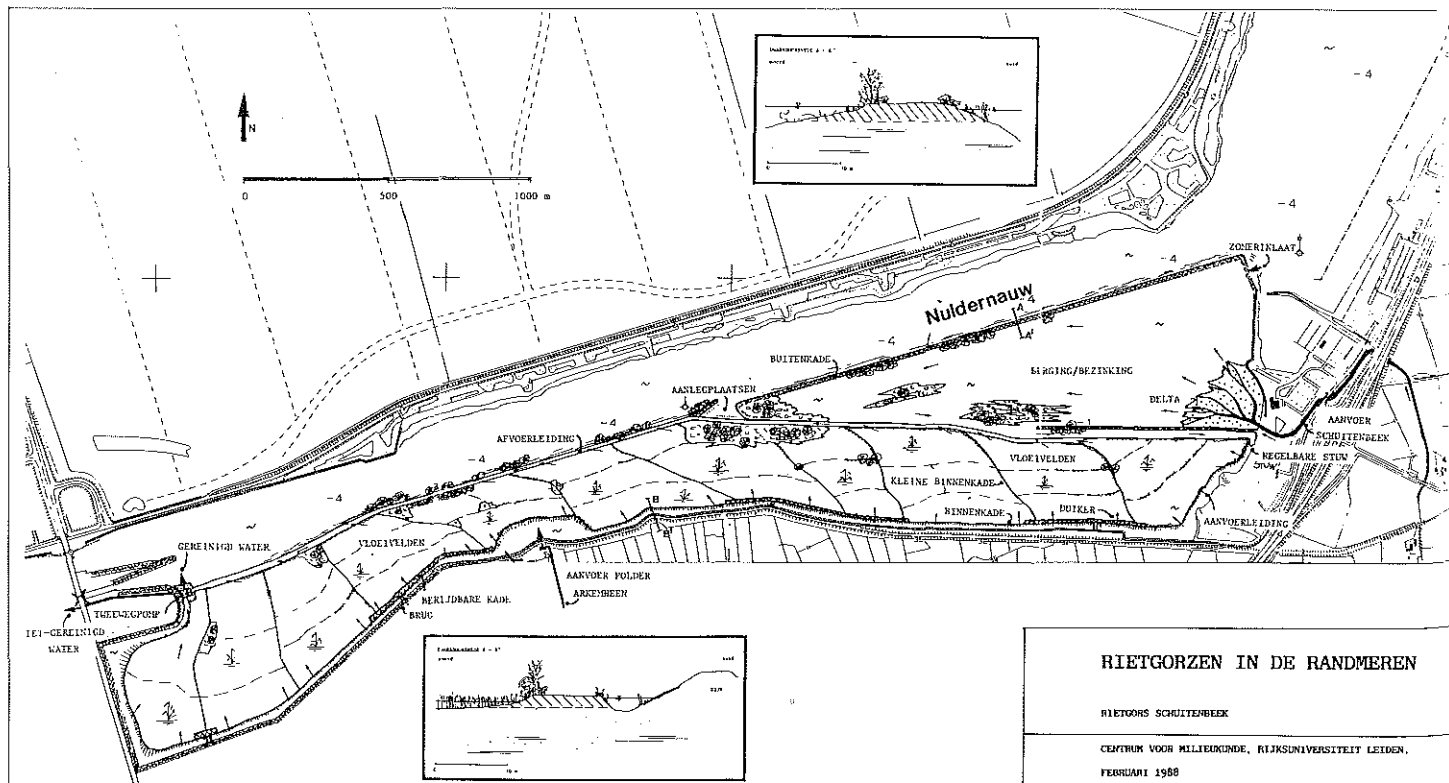
Met een dergelijke aanpak kunnen we gematigd optimistisch zijn over de slagingskans van zuiveringsmoerassen waarbij tegelijkertijd praktijk- en wetenschappelijke resultaten kunnen worden bereikt.

Interessante situaties voor toepassing en verder veldonderzoek kunnen gericht zijn op afvalwaterzuivering of op oppervlaktewaterzuivering:

Met het oog op de afvalwaterzuivering:

- RWZI: continue afvalwaterstroom; combinatiemogelijkheden van moeras met chemische defosfatering;
- overstort: incidenteel hoge belasting met

Afb. 3 - Moeraszuiveringssystemen Schuitenbeek, de combinatie afleiden.



name in het winterhalfjaar; onderzoek naar nutriënten en micro-verontreinigingen;

- *camping*: semi-continue belasting in het zomerhalfjaar; onderzoek naar micro-verontreinigingen en nutriënten;

- *afvalwater geïsoleerde bebouwing*: kleine continue afvalwaterstroom van niet op de riolering aangesloten bebouwing.

Met het oog op oppervlaktewaterzuivering:

- *slootbegeleidend in landelijk gebied*: doorgaans een door landbouwactiviteiten bepaalde vervuiling (met name hoog in het vroege voorjaar). Moerassystemen zijn mogelijk uit te voeren als plasbermen met moerasvegetaties langs polder- en boezemwater en gebruik makend van waterpeilfluctuaties [zie ook Van der Aart et al, 1986], te combineren met een optimale positionering van in- en uitlaatpunten van boezemwater en het verlengen c.q. omleggen van sloten. Ook kan worden gedacht aan de zuivering van inlaatwater voor natuurgebieden, waaraan vooral in drogere zomers behoefte is.

- *beek/rieverbegeleidend*: afvoeren incidentele piek vooral in het winterhalfjaar, accent op waterzuivering (slib-*invang*) en natuurontwikkeling (vloedbos). Mogelijk is dit te combineren met de buffering van hoge piekafvoeren;

- *meerbegeleidend*: oeverssystemen met nadruk op stimuleren biologische zuiveringsmechanismen door habitatverbetering van grote zoöplanktonsoorten ('algen-eters'); deltasystemen met nadruk op slibvang en inundatie-oever gericht op vloedbosontwikkeling, bodemadsorptie en denitrificatie;

- *inundatiepolders*: het inunderen van 'waterhuishoudkundig problematische' polders voor het oplossen van waterhuishoudkundige problemen en waterzuivering. Het voorstel tot inunderen van de Horstermeer leidt tot minder waterverlies door wegzijging naar omliggende polders en mogelijkheden tot voorzuivering inlaatwater voor omringende plassen [zie onder meer Witmer, 1989].

Alle bovengenoemde situaties hebben een eigen inpassingsproblematiek. Toch zal steeds gezocht moeten worden naar nieuwe en andere mogelijkheden voor multifunctioneel gebruik, koppeling met beleidsinstrumentarium en regelingen ten behoeve van het natuur- en landschapbehoed. In veel gevallen kan men met het veldonderzoek aansluiten bij reeds bewust of onbewust gerealiseerde rietvelden, plasbermen, inundatiegebieden en dergelijke, zodat de kosten beperkt kunnen worden gehouden.

Geraadpleegde literatuur

Akkerman, S. S. en Fisclier, J. L. (1988). *Rietgorzen in de Randmeren*. CML-mededeling no. 36,

Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.

Anonymus (1984). *Rapport Werkgroep Evaluatie Beheersmethoden*. Snoek, Snoekbaars en Brasem, RIVO, S&B, OVB.

Anonymus (1988). *De internationale betekenis van de Nederlandse natuur*. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Jong, J., de Greiner, R. W. en Butijn, G. D. (1986). *Abwasserbehandlung und Klärschlammwässerung in Schilfbepflanzten Anlagen in den Niederlanden*. In: Pflanzenkläranlagen. Udo Pfiemer Buchverlag in der Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin.

Duel, H. (1986). *Waterzuivering door macro-helofytenfilters (moerassystemen)*. SCMO-TNO Delft, RUU Milieukunde.

Duel H. en Saris, F. J. A. (1986). *Waterzuivering door macro-helofytenfilters*. Landschap nr. 4.

Gruyter, P., de en Molt, E. L. (1955). *Rijnlands Boezem; de hoedanigheid van het boezemwater*.

Greiner, R. W. en Butijn, G. D. (1985). *Afvalwaterzuivering met behulp van begroeiende vloeiende*.

In: PAO-cursus 'Moerassen voor de zuivering van afvalwater'. The Utrecht Plant Ecology Report.

Fisclier, J. L. met medewerking van H. A. Udo de Haes en R. A. M. Stevens (1985). *Kosten-Baten Analyse Natuurbouw Kuslocatie*. CML-mededeling 22, Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.

Fisclier, J. L. (1987). *Meerbegeleidende moerassen voor waterzuivering en natuurontwikkeling*. CML-mededelingen nr. 30, Centrum voor Milieukunde. Rijksuniversiteit Leiden.

Hosper, S. H., Meijer, M. L. en Eulen, J. R. (1986). *Herstel van het Veluwemeer, recente ontwikkelingen*. In: H₂O 1986, no. 18: 416.

Hosper, S. H., Meijer, M. L. en Jagtman, E. (1987). *Actief biologisch beheer, nieuwe mogelijkheden voor het herstel van meren en plassen*. H₂O no. 12, 1987, p. 274-279.

Icdema, C. W. en Kik, P. (1986). *Het zoetwatermoeras de Oostvaardersplassen*. Flevoverricht 259.

Iammens, E. (1986). *Interactions between fishes and the structures of fish communities in dutch shallow, eutrophic lakes*.

PER (1986). *Bestrijding van de eutrofiëring van het Veluwemeer-Drontermeer*. DBW/RIZA, ZZW, RIJP, Zuiveringsschap Veluwe, Lelystad.

Richter, B. (1985). *Mogelijkheden van biomanipulatie ten behoeve van waterkwaliteitsbeheer in Nederland*. Limnologisch Instituut, 8.

Rijkswaterstaat (1989). *Natte ecologische infrastructuur; de ontwikkeling van de moeraszone door laag-Nederland*. Studicnota ten behoeve van de derde Nota Waterhuishouding, DBW/RIZA (in druk).

Toet, C., Asjes, J. P. en Aalderink, R. H. (1988). *Waterkwaliteitsverbetering in het kader van landinrichting*. In: Landinrichting, 28, 2.

Aart, P. J. M., van der (cd) (1985). *PAO-cursus 'Moerassen voor de zuivering van afvalwater'*.

The Utrecht Plant Ecology News Report.

Aart, P. J. M., van der, Kemmers, R. H. en Verhoeven, J. T. A. (1986). *Eutrofiëring in het landelijk gebied; Probleemschets en mogelijke oplossingen*. Bijdrage symposium integraal waterbeheer.

Weller, M. W. (1978). *Management of fresh marches for wildlife*. In: Freshwater Wetlands; Good, R. E. et al. Acad. Press. Inc.

Werkgroep Rietvelden (1988). *Evaluatie nareinigingsveld rioolwaterzuivering Eilburg*.

Red. G. D. Butijn.

Witmer, M. C. H. (1989). *Integrated water-management at the regional level: an environmental study of the Gooi and the Vechtstreek*. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

