

Inleiding

Ongeveer 80% van de Nederlandse natuurgebieden lijdt onder verdroging [Van Gool *et al.*, 1990; Steenvoorden *et al.*, 1991]. De potentiële waterbron om verdroging te compenseren is Rijn- resp. Maaswater. In een droge zomer kan 80% van het Nederlandse oppervlaktewater beïnvloed worden door Rijnwater [ministerie VenW, 1989]. De inlaat van gebiedsvreemd water geeft aanleiding tot eutrofiëringsprocessen in voedselarme natuurgebieden, zowel door directe aanvoer van nutriënten als door



B. BELTMAN
Vakgroep Botanische Oecologie,
Universiteit Utrecht



T. VAN DER KRIEFF
Vakgroep Botanische Oecologie,
Universiteit Utrecht

indirecte eutrofiërende processen (interne eutrofiëring). Deze indirecte processen worden waarschijnlijk in gang gezet door de andere chemische samenstelling van het aangevoerde water. Voor de reductie van de nutriëntenlast in inlaatwater wordt een verlengde aanvoerweg c.q. een helofytenfilter aangelegd. Daarin leggen de planten de nutriënten vast in biomassa voordat het water het natuurgebied bereikt. Ook de chemische precipitatie, zoals bijvoorbeeld in de Loosdrechtse plassen en het Naardermeer wordt toegepast, waardoor vooral de fosfaatlast, gezien als limiterend ion voor de algenbloei, sterk gereduceerd wordt [De Rooter, 1988; Sinke, 1991; Vinke, 1991]. Het proces van interne eutrofiëring is minder onderzocht en mogelijk minder eenduidig qua processen. Vermoedelijk is het ook (meer) ecosysteemtype afhankelijk [Beltman *et al.*, 1990]. Een algemeen geaccepteerde verklaring voor dit verschijnsel is er (nog) niet. Hieronder zal op enkele opties worden ingegaan.

1. Als karakterisering van gebiedseigen water, wordt veelal het 'kwelwater karakter' genoemd [SWNBL, 1989]. Door de hoge concentratie van de kationen Ca^{2+} en Mg^{2+} , [Freeze & Cherry, 1989] slaan de Ca-Mg-fosfaatverbindingen neer, waardoor P als limiterend ion optreedt voor groei van planten. In de bodemkunde [o.a. Scheffer & Schachtschnabel, 1969; Weir & Soper, 1963; Larsen, 1966; Fixen *et al.*, 1983; O'Conner, 1986] is de binding bekend van

Samenvatting

Verdroging vormt een ernstige bedreiging voor het water- en natuurbeheer. Om het tekort te compenseren wordt water van buiten een gebied ingelaten. De kwaliteit van dit aangevoerde water verschilt echter veelal van het 'gebiedseigen water'. Naast externe eutrofiëring door directe aanvoer van nutriënten kan ook interne eutrofiëring plaatsvinden in gebieden waar gebiedsvreemd water wordt ingelaten. Gebiedsvreemd water bevat onder andere grotere concentraties aan sulfaat- en chloride-ionen. In dit onderzoek is gekeken naar de invloed van chloride en sulfaat op de fosfaatbeschikbaarheid voor plantengroei in veenbodem. Daarbij is gebruik gemaakt van slootoever-bodem uit Westbroek, provincie Utrecht. Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) is gebruikt als fyto-meter. Hiermee is onderzocht of de fosfaatopname toeneemt wanneer veenbodem gespoeld wordt met NaCl of Na_2SO_4 (3 meq/l) in vergelijking met blanco veenbodem. Er treedt geen effect op door het spoelen alleen. Er is een significante toename gemeten in fosfaatopname door planten (100-200% meer) die groeiden op NaCl of Na_2SO_4 gespoelde veenbodem in vergelijking met onbehandelde veenbodem. De inlaat van gebiedsvreemd water verandert blijkbaar de langdurig in de bodem opgeslagen fosfaat in een direct toegankelijke vorm.

Ca^{2+} en $\text{Fe}^{2+/3+}$ met PO_4 in mineralen zoals bijvoorbeeld hydroxi-apatiet en vivianiet [Inskip & Silvertooth, 1984] respectievelijk complexen met CaCO_3 en FeOOH . In aquatische en semi-terrestrische systemen is dit proces aangetoond of wordt verantwoordelijk gesteld [Golterman, 1975; Kemmers, 1986, 1990; Boyer & Wheeler, 1989; Wassen, 1990; Richardson & Marshall, 1986]. Door gebiedsvreemd water wordt water met een andere chemische samenstelling aangevoerd, waardoor dit limiterende proces stopt en er meer P beschikbaar komt.

2. Door Roelofs [Bloemendaal & Roelofs, 1988; Roelofs & Cals, 1989; Roelofs, 1991], Barendregt *et al.* [1990] en Barendregt [1993] is gewezen op een veranderde an-ion samenstelling in het water. Door Curtis [1989] is een relatie tussen pH, sulfaatgehalte en de ortho-fosfaatconcentratie benadrukt. Caraco *et al.* [1989] hebben een correlatieve relatie aangetoond tussen een hoge sulfaatconcentratie en een hoge fosfaatconcentratie in circa 80 meren in de USA. Er werd verondersteld, dat de extra zuurstof door SO_4 tot een verhoogde afbraak van organische stof zou kunnen leiden [Roelofs & Cals, 1989; Meuleman & Sinke, 1990]. Uit ander onderzoek van Roelofs blijkt, dat vooral veranderingen in de pH van de vennen, gestuurd door geïmporteerd water met een hoog bicarbonaatgehalte, een verhoogde mineralisatie van de venige onderwaterbodem tot gevolg heeft. Deze mineralisatie maakt extra nutriënten vrij die eutrofiëring veroorzaken.

3. Een ander proces werkt via pyrietvorming. Het door de reductie van sulfaat vrijkomende sulfide concurreert met PO_4^{3-} voor de binding aan ferro-ijzer, zodat PO_4^{3-} vrijkomt [Van Bennekom, 1987; Smolders & Roelofs, 1995; Appelo & Postma, 1993].

4. Helofytenfilters ter zuivering van

gebiedsvreemd water verlagen wel de nutriëntenbelasting, maar niet de overige ionen [Meuleman *et al.*, 1989; Beltman, 1990; Meuleman *et al.*, 1996] of deze zijn niet onderzocht. De defosfateringsprojecten in bijvoorbeeld Loosdrecht en Naardermeer resulteren wel in een lagere P-vracht in het in te laten suppletiewater, maar een mogelijk effect van het verhogen van de 'zoutlast' is niet onderzocht tijdens het W.O.L.-onderzoek [Van Liere *et al.*, 1989]. Barendregt [1993] toonde aan, dat de zoutlast en de sulfaatconcentratie de belangrijkste scheidingscriteria zijn voor de clustering van de ruim 2000 vegetatieopnames in poldersloten in west-Nederland. Een hogere ionenconcentratie in het water/bodemmilieu zou de verhouding van bijvoorbeeld Ca^{2+} en Na^+ aan het bodemcomplex en de adsorptie van P aan bodemdeeltjes kunnen beïnvloeden. De adsorptie van ionen is naast concentratie afhankelijk ook afhankelijk van de totale ionenconcentratie in het water [Freeze & Cherry, 1979].

Opvallend afwezig in bovenstaande onderzoeken over de limitering van fosfaatbeschikbaarheid voor plantengroei is de rol van de organische stof in deze systemen. Draagt de organische stof alleen bij aan een eventuele hogere mineralisatie of heeft er ook nog een mate van binding plaats van de lange organische ketens met zuurgroepen met Ca en PO_4^{3-} complexen? Vindt adsorptie alleen aan de minerale delen plaats of ook aan de organische stof? De rol van inlaatwater is in verband met droogtebestrijding en integraal waterbeheer van belang, voor het behoud van natuurlijke aquatische en verlandingsystemen. Andere waterbeheersingsplannen brengen aanzienlijke kosten met zich mee. Het probleem van interne eutrofiëring heeft dus veel ruimtelijke

implicaties en financiële consequenties. Het is onbekend of veranderingen in de macro-ionensamenstelling van water effect hebben op de onderwaterbodem. Ook is het niet bekend of een eventuele toename in de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem ook leidt tot een verhoogde nutriëntenopname door planten. Daarom is een fyto-meterexperiment opgezet om de invloed van inlaatwater op de adsorptie-hypothese (4) te onderzoeken. Hiermee wordt de toename in de biomassa en de concentraties van N en P in de planten gebruikt als eutrofiëringsmaatlat [Wheeler *et al.*, 1992]. Voor dit experiment is veenbodem gebruikt uit slootoevers uit de polder Westbroek uit de Vechtstreek (zie tabel I voor algemene karakterisering), die nog niet onder invloed van gebiedsvreemd water heeft gestaan.

TABEL I - Algemene karakterisering van de veenbodem uit Westbroek.

% org. stof	60 ± 2
pH _{H₂O} (n = 10)	5,4 ± 0,0
Totaal N (n = 10)	22,6 ± 1,9 mg/g
Totaal P (n = 10)	0,55 ± 0,13 mg/g

De polder Westbroek is gelegen in het Noorderpark, een deel van de Vechtstreek. Hier worden plannen ontwikkeld om de waterhuishouding te wijzigen in het kader van een landinrichting. Een eventuele aanvoer van gebiedsvreemd water voor droogtebestrijding zal ook natuurgebieden beïnvloeden.

Als ionen zijn chloride en sulfaat gekozen, die in gebiedseigen water een concentratie hebben van resp. 15 mg/l en 5 mg/l en in het inlaat Vecht/Rijnwater een concentratie van circa 100 mg/l Cl⁻. Voor SO₄²⁻ is qua vergelijkbaarheid eveneens 3 meq/l als concentratie gekozen.

Het indringingseffect van gebiedsvreemd water is nagebootst door spoelen of wassen van de veenbodem. Er is in dit experiment gekozen voor oplossingen met louter Cl⁻ of SO₄²⁻.

Proefopzet en methodes

Het onderzoek is in de kas uitgevoerd en als fyto-meter is de uit de landbouw bekende proef plant Reukgras (*Anthoxanthum odoratum*) gekozen. Om de jonge planten een goede uitgangspositie te verschaffen is tijdens de opkweekperiode (3 weken) gekozen voor het enkele malen toedienen van een Hoagland voedingsoplossing met micro- en macro-elementen.

Tijdens de voorkweek is gedurende 4 weken alleen demiwater aan de plantjes gegeven. Aan het begin van het experiment is in tienvoud van 10 planten het versgewicht en het drooggewicht van de wortel en de spruit bepaald. Vervolgens is het gedroogde materiaal van 10 monsters van

40 spruiten en 40 wortels gedestruerd met behulp van H₂SO₄ en seleenoxide als katalysator [Rouwenhorst & Schmitz, 1989]. Daarna werd de N- en P-concentratie in het destraat met de SKALAR auto-analyser bepaald. Van de planten die voor het experiment zijn gebruikt is het versgewicht bepaald. Dit was nodig om na het experiment te kunnen meten hoeveel de planten gegroeid waren.

Vervolgens zijn de planten in testgroepen verdeeld op de volgende bodems:

1. veengrond gespoeld met Na₂SO₄; 3 meq/l
2. veengrond gespoeld met NaCl; 3 meq/l
3. veengrond (blanco) vers

Per testgroep zijn 10 potten ingezet, elk met 5 planten. Er is gebruik gemaakt van potten zonder gaten om weglekken van water te voorkomen (zie afb. 1).



Afb. 1 - Opstelling in de kas.

Het mogelijk effect van het spoelen is ook onderzocht door verse bodem te vergelijken met bodem die, met demi gespoeld, respectievelijk met NaCl- en NaSO₄-oplossingen gespoeld is. De bodem in de potten werd gedurende 15 weken natgehouden met demiwater tot juist boven het bodemniveau. Op deze manier worden de waterverzadigde condities in het veen nagebootst. In deze periode is 2 maal aan alle potten 100 ml standaard voedingsmedium evenwel zonder KH₂PO₄ toegevoegd. Na 15 weken zijn de planten geoogst, waarna per pot het versgewicht van de wortel en de spruit is bepaald en na drogen (48 uur 70°C) het drooggewicht. Vervolgens zijn de wortels en de spruiten per pot vermalen, ingewogen en na zure destructie zijn de N- en P-concentraties

van de wortels en spruiten bepaald, zodat de N- en P-opname kon worden bepaald. Tot slot is door de P- en N-concentraties in de plant de N/P ratio berekend per behandeling. Door Koerselman [1992; Koerselman & Meuleman, 1995] is aangegeven, dat deze maat een goede indicatie is voor N- respectievelijk P-limitatie tijdens de groei.

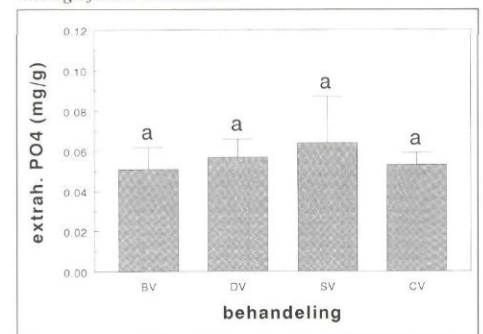
Alle data zijn met SAS [1988] statistisch getoetst. Wanneer de standaarddeviaties toenamen met een toenemend gemiddelde, werd er een logaritmische transformatie toegepast. Daarna is door middel van GLM en Tukey getoetst of er significante verschillen waren. De verschillen tussen de N/P ratio's zijn niet statistisch geanalyseerd.

Resultaten

Effecten van spoelen op de veenbodem

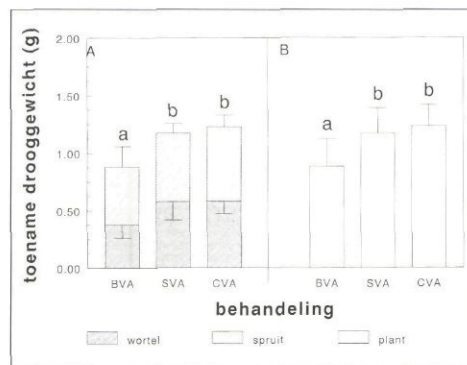
Een mogelijk spoel-effect is onderzocht door de P-beschikbaarheid op twee manieren te analyseren; door demi-extractie (vrij-PO₄), lactaat-extractie (biologisch beschikbare P) en totaal N- en P-concentraties van bodems en met verschillende media: onbehandeld vers veen, demi-gespoeld, Cl-gespoeld en SO₄ gespoeld. De demi-P concentraties vielen bij alle behandelingen beneden de detectiegrens (<0.01 mg/l). De lactaat-P gehalten verschilden niet significant (afb. 2). De totaal N en P verschilden ook niet significant (tabel II), noch was er sprake van een interactie tussen behandeling en concentratie. Er is dus geen enkel verschil door spoelen aantoonbaar.

Afb. 2 - Gemiddelde concentratie lactaat extraheerbaar PO₄ (± SD) in mg per gram drooggewicht veen. Met de veenbodem zijn 4 behandelingen uitgevoerd: BV = blanco veen (n = 10), DV = demi gespoeld veen (n = 10), SV = sulfaat gespoeld veen (n = 10) en CV = chloride gespoeld veen (n = 10). Staven met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.



TABEL II - Gemiddelde totaal N en P concentraties (± SD, n = 10) van de veenbodem na verschillende behandelingen. Verschillen getoetst met GLM en Tukey waren niet significant. Concentratie in mg/g droge bodem.

behandeling	P-conc	N-conc.
blanco	0,55 ± 0,13	22,63 ± 1,89
demi-gespoeld	0,53 ± 0,04	23,49 ± 0,60
SO ₄ -gespoeld	0,55 ± 0,07	23,21 ± 1,33
Cl-gespoeld	0,58 ± 0,06	23,51 ± 1,39

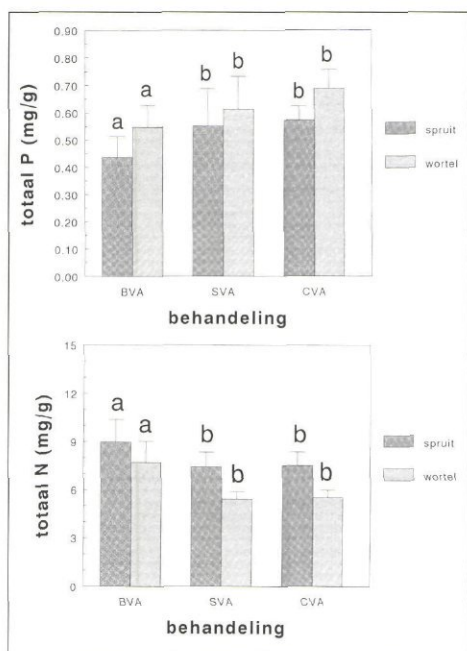


Afb. 3 - Gemiddelde toename van het drooggewicht in gram van de wortel en de spruit (A) en de totale plant (B). De planten zijn opgegroeid op 3 verschillende behandelde veenbodems. BVA = blanco veen, SVA = sulfaat gespoeld veen en CVA = chloride gespoeld veen. Staven met dezelfde letter zijn niet significant verschillend. Voor iedere staaf: $n = 10$.

N- en P-opname door de fytometer

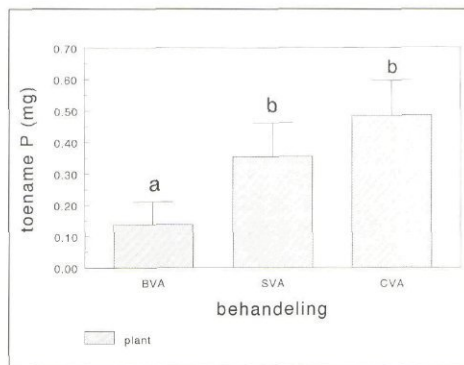
De toename van het drooggewicht van de wortel en de spruit zijn beide significant groter voor de Cl⁻ en SO₄ gespoelde potten dan de blanco potten (afb. 3).

De concentraties P in de plant (spruit en wortel) zijn significant lager in de blanco dan in beide behandelings, er is geen verschil tussen de behandelings (afb. 4). De concentraties N zijn significant hoger in de blanco vergeleken met Cl of SO₄ behandelings. Ook hier is geen verschil in plant-N-concentratie tussen Cl⁻ of SO₄ gespoelde bodem (afb. 4).

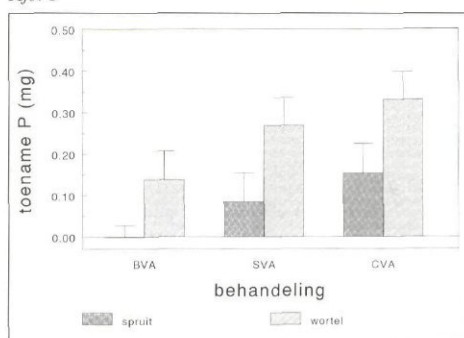


Afb. 4 - Gemiddelde concentratie P \pm SD (A) en N \pm SD (B) in mg per gram drooggewicht. Codes zie afbeelding 3. BVA verschil significant van SVA en CVA, zowel voor N en P.

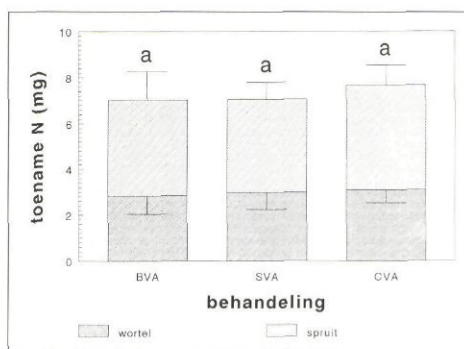
De opname van P (afb. 5a) levert een overeenkomstig beeld. Een significante toename van de P-opname in beide



Afb. 5



Afb. 5a - Gemiddelde toename van het totale P-gehalte in de wortel en in de spruit en in de totale plant in mg (\pm SD). Codes zie afbeelding 3. $n = 8$ voor BVA en $n = 10$ voor SVA en CVA. De toename van P in spruit en wortel in BVA was significant lager dan in CVA of SVA.



Afb. 5b - Gemiddelde toename van het totale N-gehalte in de wortel en in de spruit en in de totale plant in mg (\pm SD). Codes zie afbeelding 3. $n = 9$ voor BVA en $n = 10$ voor SVA en CVA. De toename van N in spruit en wortel verschilde niet significant tussen blanco en behandelings.

behandelingen vergeleken met de blanco. Ook blijkt de opname van P in de Cl-behandeling significant groter dan blanco of SO₄ behandelings en dat van de SO₄ behandelings groter dan de blanco. De opname van N van de wortel, of spruit noch van de totale plant blijkt significant te verschillen (afb. 5b).

N/P ratio

De ratio van de blanco wortels is neutraal circa 15. Na beide behandelings ontstaat een ratio die wijst op een relatief overschot aan P ten opzichte van N. In de spruit van de blanco is een relatief overschot aan N. Dit overschot neemt af na behandeling met

TABEL III - Gemiddelde N/P ratio's van *Anthoxanthum odoratum* op veengrond bij twee verschillende behandelings en controle (\pm S.D.; $n = 10$).

behandeling	N/P ratio	
	wortel	spruit
controle	14,8 \pm 4,0	21,3 \pm 5,9
SO ₄ -gespoeld	9,0 \pm 1,0	14,1 \pm 2,8
Cl-gespoeld	8,1 \pm 0,7	13,2 \pm 1,5

SO₄ en Cl, want de ratio gaat naar neutraal (Tabel III).

Discussie

Het experiment met behandelde veenbodems heeft een aantal onverwachte resultaten opgeleverd. Er werd geen spoel-effect waargenomen, wat erop duidt, dat de nutriënten niet direct beschikbaar zijn of komen. Met de fytometer, die het effect op langere termijn weergeeft, werd een overduidelijk effect van verschillende behandelings aangetoond. Vooral dat chloride-concentraties zo'n groot effect op de nutriëntenbeschikbaarheid hadden was onverwacht. Voor SO₄ zou zowel het pyriet concurrentiemechanisme, zoals geformuleerd in hypothese 3 als het adsorptieproces (hypothese 4) kunnen werken. Voor chloride, dat immers altijd als inert is beschouwd [Golterman, 1975] kan alleen een mogelijk adsorptie-effect spelen, wat aansluit op de vierde hypothese, die wijzigingen in de mate van adsorptie centraal stelt. Ook de N/P ratio's wijzen op een fosforlimitering van de planten [Koerselman, 1992; Koerselman & Meuleman, 1995], die opgeheven wordt door de behandeling. De plant gebruikt de aanwezige N voor de groei en neemt zelfs extra P op.

Wat is nu het belang van dit aangetoonde effect van interne eutrofiëring voor de nutriëntenbeschikbaarheid van de ecosysteme-bodem (sloot, plas en moeras o.a.)? Doordat de planten na waterinlaat makkelijker bij de aanwezige nutriënten in de (onderwater)bodem kunnen komen, komen deze extra nutriënten na het afsterven van de plant direct weer beschikbaar voor planten en algengroei. De nutriëntenkringloop lijkt daarmee versneld te worden: de langdurige opslag in de bodem wordt vervangen door een korte termijn binding in plantenmateriaal.

Als een wijziging in concentratie van circa 15-20 mg/l Cl⁻ naar 100 mg/l al zo'n groot effect (100-200% toename in P-opname!) heeft, kan dit de plaats van suppletiewater in het integrale waterbeheer nader ter discussie stellen. Vervolgonderzoek met andere concentratiebereiken, kunstmatig rivierwater in plaats van mono-oplossingen en met al vervuilde onderwaterbodems zouden een begaanbaar pad moeten opleveren naar een begrip van het proces,

dat beïnvloed wordt door de wisseling in waterkwaliteit. Ook is onderzoek gewenst of bovenstaand mechanisme alleen werkt voor de minerale fractie of ook voor de organische component van de venige bodem. Hierdoor kan de discussie over zonder meer afwijzen of toepassen van suppletiewater omgebogen worden naar een afweging van het tolereren van enige droogteschade aan het gewas en eventuele extra mineralisatie van venige oevers of een langduriger (?) verandering in bodemvruchtbaarheid door een waterinlaat.

Verantwoording

Auteurs danken dr. Rien Aerts voor zijn kritisch commentaar op het manuscript.

Literatuur

- Appelo, C. A. J. and Postma, D. (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Balkema Rotterdam. 536 pp.
- Barendregt, A., Wassen, M. J. en Van Leerdam, A. (1990). *Nivellering van de verlanding; een gevolg van veranderingen in hydrologie en beheer*. Landschap, 7, 17-32.
- Barendregt, A. (1993). *Hydro-ecology of the Dutch polder landscape*. proefschrift Univ. Utrecht. 200 pp.
- Beltman, B. (1990). *Aquatic macrophytes: a useful tool against eutrophication*. 8th Int. Symp. on Aquat. Weeds. Eur. Weed Res. Soc. 35-38.
- Beltman, B., Koerselman, W., Kooijman, A. M. en Meuleman, A. F. M. (1990). *Workshop Interne Eutrofiering*. Newsreport 10. 53 pp.
- Bennekom, C. A. van (1987). *Kwaliteitsveranderingen van grondwater als gevolg van uitspoeling van meststoffen*. H₂O (20) 1987, p. 194-199.
- Bloemendaal, F. H. J. L. en Roelofs, J. G. M. (1988). *Waterplanten en waterkwaliteit*. KNNV uitg. Utrecht. 189 pp.
- Boyer, M. L. H. and Wheeler, B. D. (1989). *Vegetation patterns in spring-fed calcareous fens: calcite precipitation and constraints on fertility*. Journal of Ecology, 77, 597-609.
- Caraco, N. F., Cole, J. J. and Likens, G. E. (1989). *Evidence for sulphate-controlled phosphorus release from sediment of aquatic systems*. Nature, 341, 316-318.
- Curtis, P. J. (1989). *Effects of hydrogen ion and sulphate on the phosphorus cycle of a precambrian Schield Lake*. Nature, 337, 156-158.
- Fixen, P. E., Ludwick, A. E. and Olsen, S. R. (1983). *Phosphorus and potassium fertilization of irrigated alfalfa on calcareous soils. II Soil phosphorus solubility relationships*. Soil Sc. So. Am. J., 47, 112-117.
- Freeze, R. A. and Cherry, J. A. *Groundwater*. Prentice-Hall Englewood Cliffs. N. J. 604 pp.
- Golterman, H. L. (1975). *Physiological Limnology*. Elsevier Amsterdam.
- Gool, G. R. van, Groen, C. L. G., Runhaar, J. en Amstel, A. R. van (1990). *Verdroging van natuur in Nederland. deel I. Inventarisatie van de omvang van het probleem*. Landschap, 7, 145-165.
- Inskeep, W. P. and Silvertooth, J. C. (1988). *Inhibition of hydroxyapatite precipitation in the presence of fulvic, humic and tannic soils*. Soil. Sc. So. Am. J., 52, 941-946.
- Kemmers, R. H. (1986). *Calcium as hydrochemical characteristic for ecological states*. Ekologia (CSSR), 5, 271-282.
- Kemmers, R. (1990). *De stikstof- en fosforhuishouding van mesotrofe standplaatsen in relatie tot mogelijkheden van aanvoer van gebiedvreemd water*. in Beltman et al. (eds) 1990 Workshop Interne Eutrofiering. 7-23.
- Koerselman, W. (1992). *Een koninkrijk voor koningimekruid* H₂O (25) 1992, p. 80-85.
- Koerselman, W. en Meuleman, A. F. M. (1995). *De N:P ratio: een eenvoudig hulpmiddel bij ecologisch beheer van waterwingebieden*. H₂O (28) 1995, p. 94-97.
- Larsen, S. (1966). *The solubility of phosphate in a calcareous soil*. J. of Soil Sc., 17, 121-127.
- Liere, L. van, Roijackers, R. M. M. en Verstraelen, P. J. T. (1989). *Integraal waterbeheer in het Goois/Utrechts stuwwallen enplassegebied*. Provincie Utrecht/Zuiveringsschap Amstel en Gooiland/Rapporten en Nota's CHO-TNO no. 22, 299 pp.
- Meuleman, A. F. M., Beltman, B. and Bruin, H. de (1989). *The use of vegetated ditches for water quality improvement; a tool for nature conservation in wetland areas*. Proc. symp. on constructed wetlands. Cambridge 1989.
- Meuleman, A. F. M. en Sinke, A. (1990). *De rol van sulfatareduktie in de decompositie van organisch materiaal*. in Beltman et al. 1990.
- Meuleman, A. F. M., Beltman, B. en Scheffer, R. A. (1996). *Aanvoer van gebiedsvreemd water in het veenzwiedgebied. Probleem of oplossing*. Landschap (in druk).
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989). *Derde Nota Waterhuishouding, water voor nu en voor later*. S.D.U. publ. Den Haag. 253 pp.
- O'Connor, G. A., Knudtsen, K. L. and Connell, G. A. (1986). *Phosphorus solubility in sludge-amended calcareous soils*. J. Environ. Qual., 15, 308-312.
- Richardson, C. J. and Marshall, P. E. (1986). *Processes controlling movement, storage and export of phosphorus in a fen peatland*. Ecological Monographs, 65, 279-302.
- Roelofs, J. G. M. en Cals, M. J. R. (1989). *Effecten van de inlaat van gebiedsvreemd water op waterkwaliteit en vegetatie-ontwikkeling in laag- en hoogveenplassen*. In Roelofs, J. G. M. (ed) *Aanvoer van gebiedsvreemd water: omvang en effecten op ecosystemen*. Roelofs, J. G. M. (1989). *Aanvoer van gebiedsvreemd water: omvang en effecten op ecosystemen*. Symp. Proc. Aquat. Oecol. KN Nijmegen. 145 pp.
- Roelofs, J. G. M. (1991). *Inlet of alkaline river water into peaty lowlands: Effects on water quality and Stratiotes aloides stands*. Aquatic Botany, 39, 267-293.
- Rouwenhorst, T. G. en Schmitz, M. B. (1989). *Handleiding voor de destructie van plantenmateriaal t.b.v. totaal N, P en K*. rapport vakgr. Bot. Oecologie Utrecht.
- Ruiter, M. A. de, Liere, L. van, Kal, B. F. M. en Buyze, J. J. (1988). *Worden de Loosdrechtse Plassen weer helder?* H₂O (21) 1988, p. 482-485.
- SAS 1988. SAS/STAT users guide for personal computers. SAS-inst. Inc. N. Carolina USA.
- Scheffer, F. en Schachtschnabel, P. (1972). *Bodenkunde*. Ferd. Enke Verlag Stuttgart. 250 pp.
- Sinke, A. J. C. (1992). *Phosphorus dynamics in the sediment of a eutrophic lake*. proefschrift Wageningen. 120 pp.
- Smolders, A. en Roelofs, J. G. M. (1995). *Internal eutrophication, iron limitation and sulfide accumulation due to the inlet of river Rhine water in peaty shallow waters in The Netherlands*. Archiv f. Hydrobiologie, 133, 349-365.
- Steenvoorden, J. H. A. M., Stuyt, L. C. P. M., Bakel, P. C. T. van, Kemmers, R. H. en Hoeks, J. (1991). *Van verdrogen naar vernatten*. NRLO-rapport 91/10, 59pp.
- S.W.N.B.L. (1989). *Water boven Water*. Studietoelaten 1983-1987 van de studietoelaten Waterbeheer, Natuur, Bos en Landschap. Utrecht.
- Vinke, G. B. (1991). *Waterkwaliteitsonderzoek Loosdrechtse Plassen: uitgebreid onderzoek verbeterde niet het doorzicht wel het inzicht*. H₂O (24) 1991, p. 267-269.
- Wheeler, B. D., Shaw, S. C. and Cook, R. E. D. (1992). *Phytometric assessment of the fertility of undrained rich-fen soils*. J. of Appl. Ecol. 29, 466-475.
- Wilson, K. A. and Fitter, A. H. (1984). *The role of phosphorus in vegetational differentiation in a small valley mire*. J. of Ecol., 74, 463-473.
- Wassen, M. J. (1990). *Water flow as a major landscape ecological factor in fen development*. Thesis. Univ. Utrecht The Netherlands. 199 pp.
- Weir, C. C. and Soper, R. J. (1963). *Solubility studies of phosphorus in some calcareous Manitoba soils*. J. of Soil. Sc., 14, 256-262.

Drinkwaterprijs WOB stijgt met 10 cent

De NV Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant (WOB) verhoogt per 1 januari 1997 de tarieven voor waterlevering met 10 cent per m³. Het tarief voor huishoudelijk en klein verbruik komt hiermee in het grootste gedeelte van het voorzieningsgebied op f 1,69 per m³. Voor een gemiddeld gezin betekent dit een verhoging van f 14,- per jaar.

In de per 1 januari 1996 overgenomen gebieden 's-Hertogenbosch, Rosmalen, Nuland, Berlicum, Esch en Boxtel wordt het tarief gefaseerd gebracht op het WOB-standaardtarief. Het tarief in deze gebieden wordt per 1 januari 1997 verhoogd naar f 1,58 per m³.

Deze tariefstijging houdt voornamelijk verband met noodzakelijke omvangrijke investeringen in de komende jaren, met name veroorzaakt door de omschakeling naar het gebruik van oppervlaktewater voor de drinkwaterbereiding. Tot op heden is de bron voor het drinkwater in Midden- en Oost-Brabant grondwater. In verband met beperkingen, die met ingang van het jaar 2000 door de overheid worden opgelegd op het gebruik van grondwater, bereidt de WOB een grootschalig oppervlaktewaterproject Project Infiltratie Maaskant (PIM) voor in de gemeente Lith. Hier zal de WOB in eerste instantie 12,5 miljoen m³ per jaar en in een later stadium 25 miljoen m³ per jaar uit de Maas zuiveren tot drinkwater. De kosten hiervan voor de eerste fase geraamd op een bedrag van globaal f 400 miljoen, zijn aanmerkelijk hoger dan van een traditionele grondwaterwinning. De tarieven zullen hierdoor de eerste jaren extra stijgen. Door PIM wordt de drinkwatervoorziening voor de inwoners en bedrijven van Midden- en Oost-Brabant tot ver in de volgende eeuw veiliggesteld. (Persbericht WOB)

Cursus Omgaan met onzekerheden in grondwatermodellen

De Stichting Postacademische Onderwijs Gezondheidstechniek en Milieutechnologie organiseert de cursus 'Omgaan met onzekerheden in grondwatermodellen'. De cursus vindt plaats op 11, 12 en 13 februari 1997 bij de Technische Universiteit Delft.

Nadere inlichtingen: PAO-Delft, mevrouw ir. M. L. Nieuwenhuis, Postbus 5048, 2600 GA Delft, telefoon 015-2784618, fax 015-2784619, e-mail m.nieuwenhuis@pao.tudelft.nl.