

Wat gebeurt er met fosfaat bij duininfiltratie?

1. Inleiding

Waardering dient te worden uitgesproken voor de studies naar het gedrag van fosfaat bij duininfiltratie van De Groot [1981] en ook van andere medewerkers van het Centrum voor Milieukunde te Leiden [De Groot et al, 1979]. Deze studies dragen bij aan de kennis van en het inzicht in dit onderwerp. Het gedrag van fosfaat is van belang voor de flora in de duinen en dus voor een goed natuurbeheer. Voor de kwaliteit van drinkwater is fosfaat van minder belang, omdat er geen gezondheidsrisico's verbonden zijn aan deze stof.



IR. C. G. E. M. VAN BEEK
KIWA NV



IR. J. VAN PUFFELEN
Duinwaterleiding
van 's-Gravenhage

Er worden op dit moment dan ook geen grensconcentraties (normen) voor fosfaat in drinkwater gesteld.

Waarom dan dit commentaar? Dit is naar onze mening nodig omdat de inhoud van de publicatie van De Groot [1981] aan een aantal punten voorbijgaat, waardoor de mogelijkheid zou kunnen ontstaan dat aan het door De Groot ontwikkelde model een te absolute toepassingswaarde wordt toegekend.

Ondanks dit bezwaar, dat door hem wordt toegegeven [De Groot 1981, p. 157], trekt De Groot toch een aantal conclusies niet alleen voor het huidige beheer, maar ook voor een 'oordeelkundig overgangsbeheer' (p. 158) die, op grond van het gepubliceerde, niet getrokken zouden kunnen worden.

In het navolgende zullen een aantal aspecten puntsgewijs worden besproken, die naar onze mening aandacht verdienen bij voortgezet onderzoek.

2. Uitgangspunten

Een algemeen bezwaar is dat De Groot voorbijgaat aan de vele literatuurgegevens die er zijn over het gedrag van fosfaat in zandgronden (bodemscheikunde) en in de pannen (limnologie); zie onder andere Beek [1979], Beek en Van Riemsdijk [1979], Ryden en Pratt [1980], Syers et al [1973], Nriagu [1976], Emsley [1980] en Hieltjes

Een commentaar op de publicatie van W. T. de Groot 'Het gedrag van fosfaat bij duininfiltratie' in *H₂O* (14) 1981, nr. 7, pag. 152-158.

[1980]. Een ander bezwaar betreft met name de stelling 'daar het vooral gaat om praktische voorspellingen ligt de nadruk op het globale input-output-gedrag, en niet op de chemische mechanismen' (p. 152). Wat De Groot in feite doet, is een model opzetten voor het gedrag van fosfaat uitgaande van slechts één mechanisme. Daarna meent hij zonder verificatie en toetsing van het model voorspellingen te mogen doen. In vergelijking met zijn eerdere publicatie over dit onderwerp in CML-mededeling nr. 1 [De Groot et al, 1979] zijn de voorspellingen in deze publicatie al veel voorzichtiger gesteld, maar ook nu nog onvoldoende onderbouwd. Hoe verdienstelijk de aanpak van De Groot ook is, voorspellingen zijn niet betrouwbaar zolang de belangrijkste biologische, chemische en fysische mechanismen er niet bij zijn betrokken. En dan nog zijn deze voorspellingen alleen toelaatbaar voor één stroomlijn en niet voor een totaal zeer divers gebied. Er bestaan grote verschillen in het gedrag van fosfaat van stroomlijn tot stroomlijn. Dit blijkt al uit afb. 6 van De Groot [1981] waarin de verschillen aan 'veen' worden toegeschreven. Gegevens uit de literatuur geven echter aan dat de aanwezigheid van veen juist resulteert in hogere fosfaatgehalten in plaats van lagere [Steenvoorden, 1973]. In

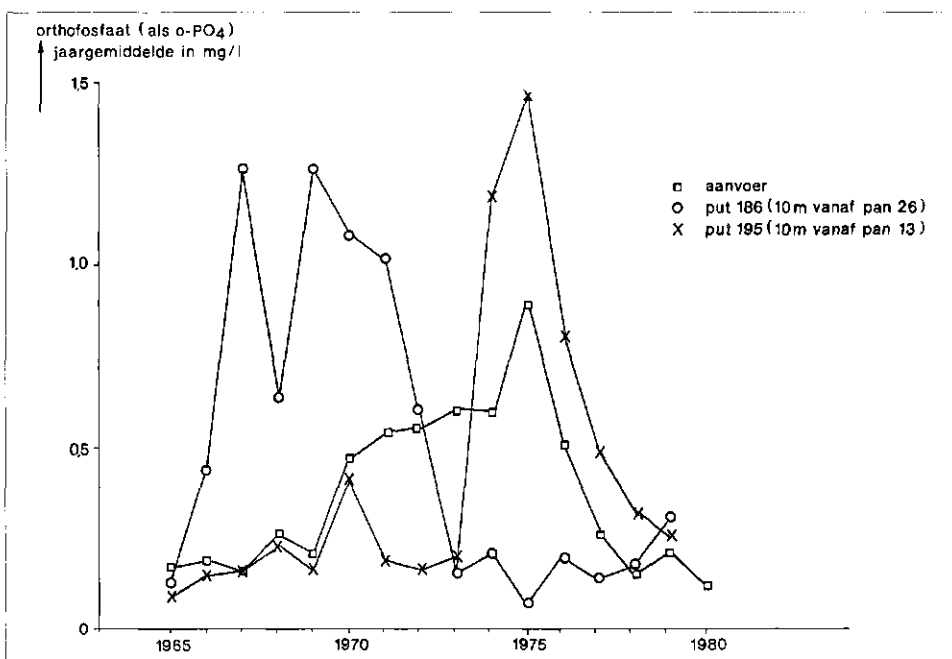
afb. 11 van Van Puffelen [1979] worden nog twee andere stroomlijnen gegeven, waarbij in één geval sterke desorptie van fosfaat optreedt van aanvang van de infiltratie af. Uit deze afbeelding blijkt ook dat in de pannen voor de eigenlijke infiltratie de fosfaatconcentratie al sterk wordt beïnvloed. Wellicht ten overvloede wordt in afb. 1 nog eens aangegeven hoe gecompliceerd het gedrag van fosfaat kan zijn. De gevonden concentraties overtreffen in dit geval de aanvoerconcentratie.

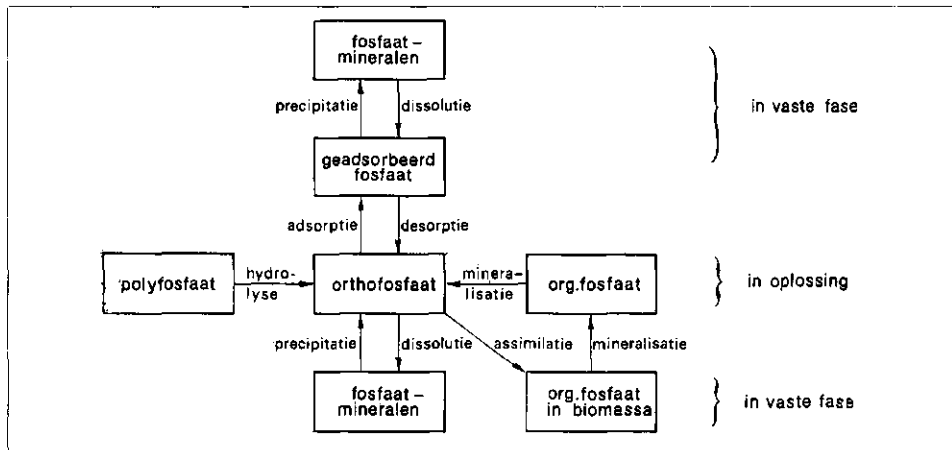
3. Processen

Bij fosfaten kan onderscheid gemaakt worden tussen orthofosfaat, polyfosfaten, incl. gecondenseerde fosfaten, en organische fosfaten. De onderlinge relaties zijn in afb. 2 samengevat. Onder invloed van hydrolyse zal polyfosfaat overgaan in orthofosfaat. Tussen orthofosfaat en organische fosfaten bestaat een evenwicht onder invloed van assimilatie respectievelijk mineralisatie.

Over de aanwezigheid van de verschillende fosfaten in de Nederlandse oppervlaktewateren bestaat enige informatie, bijvoorbeeld in de RIWA-jaarverslagen. Orthofosfaat vertoont een aantal interacties met de vaste fase. Bij deze interacties spelen de pH en de redoxpotential een belangrijke rol. Zodra het oplosbaarheidsproduct wordt overschreden kan fosfaat een neerslag vormen, bijvoorbeeld als ijzerfosfaat, calciumfosfaat of aluminiumfosfaat. Orthofosfaat wordt door een aantal stoffen geadsorbeerd, onder andere door ijzeroxyden, aluminiumhydroxyden en kleimineralen.

Afb. 1 - Verloop van de orthofosfaatconcentratie in de aanvoer en in twee putten op 10 m afstand van respectievelijk pan 13 en pan 26.





Afb. 2 - Overzicht van de verschillende vormen van fosfaten en hun onderlinge relaties.

Ook in geadsorbeerde toestand kunnen met orthofosfaat neerslagen worden gevormd. Op deze wijze blijft de volledige adsorptiecapaciteit voor fosfaat behouden. Ook deze interacties zijn in afb. 2 aangegeven. Het spreekt vanzelf dat hoe minder interacties bestaan tussen het fosfaat in oplossing en de vaste fase des te mobieler de betreffende fosfaat component zal zijn. Dit geldt met name voor organische fosfaten. Informatie over de mobiliteit van fosfaten in zandgronden is onder andere te vinden in de literatuur op het gebied van landbehandeling van afvalwater, bijvoorbeeld bij Adriano et al [1975], Elliot et al [1977], Loehr et al [1979] en Ryden en Pratt [1980]. In de kanalen en pannen, waarin het oppervlaktewater wordt gebracht, is het fosfaat in verschillende biologische kringlopen betrokken. In deze kringlopen zijn zowel planten als dieren betrokken. Op de bodem van de plas bevindt zich veelal een sliblaag. In deze sliblaag bestaat een grote microbiologische activiteit. Afb. 3 geeft een indruk van de verschillende milieus (water, sliblaag, aeroob en anaeroob duinzand, veen) die achtereenvolgens doorstroomd kunnen worden. Voor ieder van deze milieus zal nagegaan moeten worden welke processen, zoals aangegeven in afb. 2, van belang zijn. Bovendien zullen, naast de variaties in de ruimte, ook de variaties in de tijd (bijvoorbeeld de pH in de pannen) van belang zijn. De Groot [1981] verstaat onder fosfaat uitsluitend orthofosfaat en neemt alleen adsorptie in beschouwing. Indien het model, zoals voorgesteld in afb. 2, ook geldig is voor het duinsysteem, dan volgt hieruit dat het gedrag van fosfaat bij adsorptie volledig verschillend is van dat bij desorptie; zie ook Syers et al [1973] en Tofflemire en Chen [1977]. Onze bezwaren op dit gebied kunnen als volgt worden samengevat: door De Groot

[1981] wordt geen duidelijk onderscheid gemaakt tussen de verschillende fosfaten, wordt alleen adsorptie beschouwd en worden in het duinsysteem geen subsystemen onderscheiden. In hoeverre al deze vereenvoudigingen zijn geoorloofd wordt door hem niet nader toegelicht.

4. Snelheid van adsorptie

Een trage evenwichtsinstelling, dat wil zeggen de afwezigheid van momentaan evenwicht tussen de geadsorbeerde fase en de oplossing, kan verschillende oorzaken hebben [Van Genuchten en Cleary, 1979, p. 362]. Er kan sprake zijn van een snelheid bepalend adsorptiemechanisme, dat wil zeggen de stof zal traag worden geadsorbeerd zelfs indien de te adsorberen stof en de plaats van adsorptie zich dicht bij elkaar bevinden. In dit geval is echt sprake van een geringe adsorptiesnelheid. Dit proces zal zich weerspiegelen in een afvlakking van het concentratiefront vergelijkbaar met een toeneming van de diffusie/dispersie coëfficiënt [Van Genuchten en Cleary, 1979, p. 379]. Tot nu toe is dit effect vooral gevonden bij het transport van be-

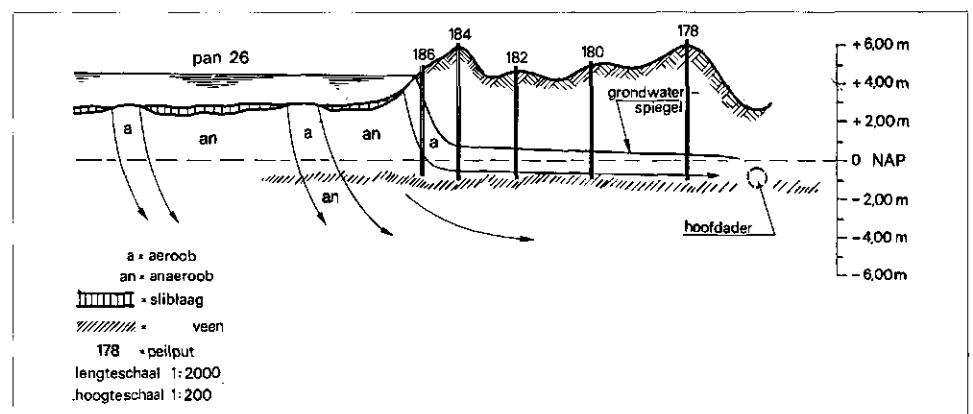
strijdingsmiddelen en borium door de bodem. Een trage evenwichtsinstelling kan ook veroorzaakt worden door de weerstand die een stof ondervindt om de adsorptieplaats te bereiken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen mobiel en stagnerend water in de bodem. Om te kunnen worden geadsorbeerd moet de stof eerst uit het mobiele gedeelte van het water naar het stagnerende gedeelte diffunderen alvorens te kunnen worden geadsorbeerd. De adsorptieplaatsen worden hierbij dus geacht omgeven te zijn met een stagnerende waterfilm. Dit effect zal zich vooral manifesteren in geaggregeerde gronden en situaties waarbij de bodem niet volledig met water is verzadigd. Bij geaggregeerde gronden bevindt het mobiele water zich tussen de aggregaten, het stagnerende erin. In zandgronden zal hoogstens een minimaal gedeelte van het water stagnerend aanwezig zijn [Olsthoorn, 1977].

Met betrekking tot de adsorptie van fosfaat is de situatie nogal gecompliceerd. Er wordt snel een evenwicht bereikt tussen de oplossing en de geadsorbeerde fase. De daaropvolgende reactie, de vastlegging als vast fosfaat (zie afb. 2), verloopt wel traag, [Mansell et al, 1977; Ryden en Pratt, 1980]. In hoeverre dit proces ook in de duinen optreedt is niet bekend. Onze bezwaren op dit gebied kunnen als volgt worden samengevat: door De Groot [1981] wordt niet duidelijk gemaakt wat hij nu precies onder adsorptie verstaat, en wordt niet aangetoond dat de door hem waargenomen verschillen in gedrag van fosfaat door verschillen in adsorptiesnelheid kunnen worden verklaard. Bovendien wordt geen duidelijk (kwantitatief) verband gelegd tussen het gedrag van fosfaat bij adsorptie en de voorgestelde beheersmaatregelen.

5. Slotbeschouwing

Door De Groot [1981] is een eerste aanzet

Afb. 3 - Illustratie van de verschillende milieus die tijdens de beweging van fosfaat door het duin aanwezig kunnen zijn.



gegeven voor het onderzoek naar het gedrag van fosfaat in de duinen. Een gevolg van een eerste aanzet is dat anderen gelegenheid wordt geboden te reageren en bij verschillende punten enige kanttekeningen te plaatsen. Deze kanttekeningen dragen dan ook niet het karakter van een kritiek, maar moeten eerder gezien worden als een bijdrage om gezamenlijk tot een beter inzicht in deze problematiek te komen. De Groot [1981] doet op grond van een eenvoudig model een aantal voorspellingen zonder dat eerst het model aan beschikbare informatie wordt getoetst. Wij willen met deze reactie niet beweren, dat fosfaat plaatselijk niet zou kunnen 'doorslaan'. Het tegendeel is in de literatuur voor hoge fosfaatbelastingen bij zandige gronden beschreven [Beek et al, 1977, en Brouwer, 1973]. Ons bezwaar geldt juist de geringe onderbouwing van een aantal uitspraken en van de voorstellen voor (toekomstig) terreinbeheer.

In onze reactie hebben wij ons beperkt tot een aantal aspecten, te weten de chemie van fosfaat en het verschijnsel van het al of niet optreden van momentaan evenwicht bij adsorptie.

Geraadpleegde literatuur

- Adriano, D. C., Novak, L. T., Erickson, A. E., Wolcott, A. R. and Ellis, B. G. (1975). *Effect of long term land disposal by spray irrigation of food processing wastes on some chemical properties of the soil and subsurface water*. J. Env. Quality, 4 (2) 242-248.
- Beek, J. (1979). *Phosphate retention by soil in relation to waste disposal*. Dissertatie Wageningen, 161 p.
- Beek, J. and Riemsdijk, W. H. van (1979). *Interaction of orthophosphate ions with soil*. Ch. 8 in: Bolt, G. H. (Ed.) Soil Chemistry, B: Physico Chemical Models, Developments in Soil Science 5 B, Elsevier, p. 259 - 284.
- Beek, J., Haan, F. A. M. de and Riemsdijk, W. H. van (1977). *Phosphates in soils treated with sewage water: I. General information on sewage farm, soil and treatment results*. J. Env. Quality 6 (1) 4 - 7.
- Bolt, G. H. (1979). *Movement of solutes in soil: principles of adsorption/exchange chromatography*. Ch. 9 in: G. H. Bolt (Ed.) Soil Chemistry, B: Physico Chemical Models, Developments in Soil Science 5 B, Elsevier, p. 285 - 348.
- Brouwer, H. (1973). *Renovating secondary effluent by groundwater recharge with infiltration basins*. Ch. 8 in: Sopper, W. E. and Kardos, L. T. (Ed.) *Recycling treated municipal waste water and sludge through forest and cropland*. The Pennsylvania State University Press, University Park, p. 164-175.
- Groot, W. T. de. *Het gedrag van fosfaat bij duininfiltratie*. H₂O (14) 1981, nr. 7, blz. 152 - 158.
- Groot, W. F. de, Melman, Th. C. P., Schoneveld, J., Steenkamp, F. E. M. en Ude de Haes, H. A. (1979). *Waterwinning in de duinen; aantasting en regeneratiemogelijkheden van het abiotisch milieu*. CML, Mededelingen nr. 1, Leiden.
- Elliott, L. F., Stevenson, F. J., Frink, C. R. et al (1977). *Soils for management of organic wastes and waste waters*. SSSA, ASA, CSSA, Madison, 650 p.
- Hieltjes, A. H. M. (1980). *Eigenschappen en*

- gedrag van fosfaat in sedimenten*. Dissertatie Enschede, 300 p.
- Emsley, I. (1980). *The phosphorus cycle*, in: Hutzinger, O. (Ed.). *The handbook of environmental chemistry*, vol. I, part A, p. 147-167, Springer, Berlin.
- Loehr, R. C., Jewell, W. J. and Novak, J. D. et al (1979). *Land application of wastes*, vol. I and II. Van Nostrand Reinhold, New York, 308 + 431 p.
- Mansell, R. S., Selim, H. M. and Fiskell, J. G. A. (1977). *Simulated transformations and transport of phosphorus in soil*. Soil Science 124 (2) 102 - 109.
- Nriagu, J. O. (Ed.) (1976). *Environmental biogeochemistry*, vol. I, Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and selenium cycles. Proc 2nd Symp. on Env. Biochemistry, Ann Arbor Science, Ann Arbor, 432 p.
- Olsthoorn, Th. N. *In Nederlandse zandformaties zijn het doorstroomde en het totale porievolumen aan elkaar gelijk*. H₂O (10) 1977, nr. 7, p. 118 - 122.
- Ryden, J. C. and Pratt, P. F. (1980). *Phosphorus removal from waste water applied to land*. Hilgardia 48 (1), 1 - 36.
- Steenvoorden, J. H. A. M. en Oosterom, H. P. (1973). *Stikstof, fosfaat en organisch materiaal in het grond- en oppervlaktewater van enkele gebieden*. Cultuur. Tijdschrift 12 (6), 1 - 19.
- Syers, J. K., Harris, R. F. and Armstrong, D. E. (1973). *Phosphate chemistry in lake sediments*. J. Env. Quality 2 (1), 1 - 14.
- Tofflemire, T. J. and Chen, M. (1977). *Phosphate removal by sands and soils*. Groundwater 15 (5), 377 - 387.
- Genuchten, M. T. van and Cleary, R. W. (1979). *Movement of solutes in soil: computer-simulated and laboratory results*. Ch. 10 in G. H. Bolt (Ed.) Soil Chemistry, B: Physico-Chemical Models, Developments in Soil Science 5 B, Elsevier, p. 349 - 386.
- Puffelen, J. van. *Berging van oppervlaktewater in de ondergrond*. H₂O (12) 1979, nr. 24, p. 537 - 548.

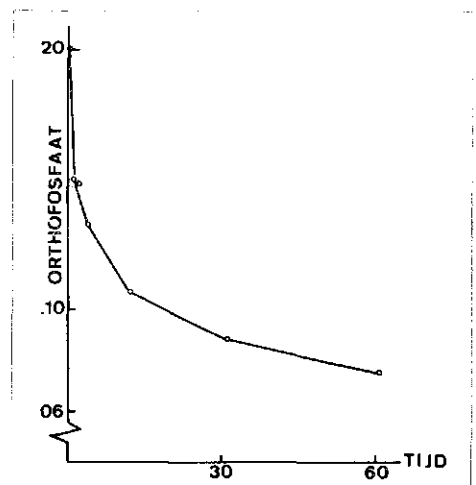
Nawoord van de auteur

De bijdrage van Van Beek en Van Puffelen kan in grote lijnen als zinvol worden beschouwd; de in het commentaar genoemde bezwaren berusten echter gedeeltelijk op een misverstand of herhalen stellingen en feiten die reeds in het artikel zijn genoemd. Andere bezwaren betreffen vooral de eenvoud van de gevormde theorie, zonder dat inhoudelijk duidelijk wordt dat een grotere complexiteit noodzaak is. Dit nawoord zal zich beperken tot de meest relevante punten. Achtereenvolgens zullen aan de orde komen: de term adsorptie, het gebruikte model, de invloed van het veen, de bindingsnelheid en de toetsing van de gevormde hypothesen. Voor de definitie van het gebruikte adsorptie-begrip kan worden verwezen naar de eerste alinea van par. 2. Gezien de daar gegeven ruime omschrijving, die alle in het commentaar genoemde bindingsprocessen omvat, ware het wellicht beter geweest als slechts de term 'binding' zou zijn gebruikt. In het artikel wordt inderdaad uitgegaan van een eenvoudig model met twee fosfaat-

'potjes', opgelost P en gebonden P. Voor het beantwoorden van praktische ('input-output') vraagstellingen is dit een in de literatuur zeer gebruikelijke gang van zaken. Soms [Beek, 1979, Overman et al., 1976] wordt een derde fosfaat-vorm toegevoegd om een betere beschrijving van gemeten kinetiek te verkrijgen. Het in het commentaar voorgestelde model met 5 fosfaatvormen gaat weer een stap verder. Maar: nooit is a priori aantoonbaar dat 'de belangrijkste mechanismen' zijn opgenomen en ook dan blijven de gevonden verbanden slechts correlatief. De volledigheid van een model kan alleen achteraf worden gecontroleerd, aan de hand van het verklarend en voorspellend vermogen van de gevormde theorie. Tegen elk model, ook het in het commentaar voorgestelde is ad infinitum het 'bezwaar' te maken dat het niet fundamenteel genoeg is en voorspellingen daarom niet toelaatbaar zijn. Het punt van belang is dat de zekerheid en specificiteit van voorspellingen in een toelaatbare verhouding staan tot het gebruikte model en de onzekerheden daarbinnen. In het artikel leidt een globale theorie op stroomlijn- en gebiedsniveau tot globale uitspraken op die niveau's. In het commentaar zijn geen logische of empirische aanwijzingen te vinden dat bij die uitspraken de verhouding tot het model ontoelaatbaar zou zijn. Er wordt op gewezen dat alles heel ingewikkeld is; dat ontkent natuurlijk niemand, maar wat is de relevantie?

Voor het beleid m.b.t. de toekomst van de duininfiltratie kan het misschien nodig zijn minder globale en onzekere uitspraken te eisen dan die tot welke de gevormde theorie in staat is. Dan kan men een

Afb. 1 - De daling van het gehalte opgelost orthofosfaat (in mg P/l) door binding aan duinzand, in een zand-water mengsel (batchproef), uitgezet tegen de tijd (in dagen). Grondmonster van de oever van pan 13 (Meijendel). Aeroob, neutrale pH. Bron: Van Oosterhout et al. (in voorbereiding).



onderzoek beginnen vanuit een uitgebreider basismodel en een opsplitsing naar bijv. zand, veen, klei, calcium-gebonden P, aluminium-gebonden P enz. Dit is echter een afweging die niet te baseren is op de nogal triviale notie dat alles altijd ingewikkelder is. De noodzakelijke mate van detail wordt uiteindelijk bepaald door de beleidsvragen en een confrontatie tussen de daaruit voortvloeiende vraagstellingen enerzijds en de empirische kracht van de bestaande theorie anderzijds. Zo'n confrontatie zou kunnen uitwijzen dat een opsplitsing van het fosfaatmodel nodig is, bijv. tot een vorm zoals door Van Beek en Van Puffelen aangegeven. Een synthese tussen bodemchemisch laboratoriumwerk en een voortgaande analyse van veldgegevens lijkt een zinvolle strategie voor zulk nader onderzoek.

De kritiek van Van Beek en Van Puffelen m.b.t. de aan veen toegeschreven invloed op de orthofosfaatgehalten lijkt moeilijk houdbaar. De hypothese in het artikel is in overeenstemming met de bevindingen van Van Dijk [1979] en Van Oosterhout et al. (in voorber.), die betrekking hebben op duinveen. De gegevens van Steenvoorden Oosterom [1973] hebben betrekking op laagveen in polders. Door Steenvoorden en Oosterom [1979] worden deze aangevuld met gegevens over mobiel fosfaat bij hoogveengronden. Hieruit blijkt dat het oppervlakkig grondwater in natuurlijke hoogveengronden de laagste orthofosfaatgehalten vertoont ($< 0,01$ mg P/l), met de zandgronden ($0,02$ mg P/l) en het laagveen ($0,04$ mg P/l) daaropvolgend. Eenzelfde beeld komt naar voren bij de cultuurgronden, waar zandgrond en oude hoogveen-ontginningsgrond het laagste totaal-P-gehalte in het drainwater hebben ($0,02$ à $0,04$ mg P/l), terwijl het laagveen $0,11$ mg P/l oplevert. Veen kan blijkbaar zowel een hoger als lager grondwater-fosfaatgehalte bezitten dan zand; de in het artikel geformuleerde hypothese is derhalve niet in tegenspraak met de meest recente literatuur. De in raai 2 gemeten orthofosfaatwaarden van rond de $0,02$ mg P/l liggen ook in absolute zin binnen de bovengenoemde range.

De kritiek op de veen-hypothese heeft in feite ook geen betrekking op de hypothese zelf. Die luidt dat in duinveen de binding relatief snel verloopt en een grote capaciteit bezit (bindingscurve A_1 in het artikel). Hieruit volgt dat zich in veen fosfaatfronten zullen vormen met een lage concentratie aan de benedenstroomse zijde en een hogere concentratie bovenstrooms, in principe gelijk aan de input-concentratie. Het is voor Van Beek en Van Puffelen, gezien de instituten waarbij zij werkzaam zijn, eenvoudig om op de betreffende

plaats in raai 2 enkele monsters te nemen en te meten of zich daar zoals voorspeld, veen bevindt en een fosfaatfront. Dat zou de basis kunnen zijn voor een werkelijk inhoudelijke kritiek op het artikel. Met betrekking tot de bindingsnelheid het volgende. Het commentaar geeft enige chemische achtergrond van wat in het artikel (par. 5) reeds aan de orde is geweest: 'bij fosfaatbinding wordt meestal gevonden dat een deel van de capaciteit in enige uren of dagen wordt opgevuld, waarna een tweede, trager proces de capaciteit geheel vol maakt'. Dat de langzame component een belangrijke factor kan zijn in duinzand is niet alleen te deduceren uit het in het artikel gegeven materiaal, maar is ook in recent laboratorium-onderzoek van de Vakgroep Milieubiologie (RUL) aangetoond, zoals blijkt uit afb. 1, een deel van de resultaten van Van Oosterhout et al. (in voorber.). Uit deze afb. is duidelijk dat de daling van het orthofosfaat-gehalte ook in de tweede maand van de proef nog doorzet.

Uit het commentaar blijkt dat er nog steeds geen duidelijkheid is over het verschil tussen de *absolute* en (t.o.v. de verblijftijd) *relatieve* bindingsnelheid. De eerste is causaal verbonden met de chemische processen, de tweede met de input-output-karakteristieken. Eenzelfde chemisch proces kan bij een korte verblijftijd de i-o-curve van een relatief langzame binding opleveren en bij een lange verblijftijd van een relatief snelle.

Tenslotte het 'niet toetsen en verifiëren' van de voorspellingen aan 'beschikbare informatie'. In het artikel is het gegeven materiaal vooral gebruikt voor de theorieopbouw en wordt afdoende duidelijk hoe toetsing kan plaatsvinden. Bovenstaand is een toetsingsmogelijkheid aangegeven. Als er informatie beschikbaar is die de gevormde theorie tegensprekt zou het zinvol zijn geweest als dit uit het commentaar zou zijn gebleken.

Literatuur

- Beek, J. (1979). Reeds geciteerd in het Commentaar.
 Dijk, H. W. J. van (1979). *Gevolgen van waterwinning door infiltratie op de vegetatie in de duinen*. Rapportage aan het Ministerie van V & M, Vakgroep Milieubiologie RU Leiden.
 Oosterhout, E. van, Janze, G. C., Groot, W. T. de en Dijk, H. W. J. van (in prep.). *Fosfaatbinding van duinzand, relaties met duininfiltratie*.
 Overman, Allen R., Ro-lan Chu and Leseman, William G. (1976). *Phosphorus Transport in a Packed Bed Reactor*. Journal WPCF (48), 880-888.
 Steenvoorden, J. H. A. M. en Oosterom, H. P. (1979). *Natural and artificial sources of Nitrate and Phosphate pollution of surface waters in The Netherlands*. Inst. f. Land and Water Man. Res., Wageningen, Techn. Bull. 114.

• Slot van pagina 598

Literatuur

- Lettinga, G., Velsen, A. F. M. van, Hobma, S. W., Zeeuw, W. de en Klapwijk, A. (1980). *Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept of Biological waste water treatment, especially for anaerobic treatment*. Biotechn. and Bioeng. 12: 699-734.
- Vleiter, R. de en Pette, K. C. (1981). *Toepassing van anaerobe zuivering van afvalwater; enkele praktijkvoorbeelden*. PAO - Gezondheidstechniek. Maart 1981. Delft.
- Versprille, A. (1981). *Het opstarten van installaties voor de anaerobe zuivering van afvalwater; enkele praktijkvoorbeelden*. PAO - Gezondheidstechniek. Maart 1981. Delft.
- Lok, J. H. G. (1978). *Tweetraps anaerobe zuivering van het afvalwater van een aardappelverwerkend bedrijf*. De ingenieur 90: 765-767.
- Heidemij rapport. *Full-scale anaerobic digestion of maize starch waste water*. In preparation.
- Koot, A. C. J. (1980). *Behandeling van afvalwater*. Waltman Delft. 2e druk.
- Noordam-Goedewagen, M. A. (1949). *The influence of sulphite on the methane fermentation of sodium and calcium acetates*. Antonie van Leeuwenhoek 15: 65-85.
- Bellegem, T. M. van (1981). *Problemen en mogelijkheden bij de anaerobe zuivering van afvalwater van de aardappelzetmeelindustrie*. PAO - Gezondheidstechniek. Maart 1981. Delft.
- Zehnder, A. J. B., Huser, B. A., Brock, T. D. and Wuhrmann, K. (1980). *Characterization of an acetate - decarboxylating non - hydrogen - oxidizing - Methane Bacterium*. Arch. Microbiol. 124: 1-11.
- Vogel, A. L. *A textbook of Quantitative Inorganic Analysis*, third edition.
- NEN 3235 - *Nederlands Normalisatie Instituut*.

Rijncursus

De vijfdaagse multi-disciplinaire Rijncursus: 'De Rijn, waterbron voor Nederland', van de Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek, welke op 12, 13, 14, 19 en 20 januari a.s. te Delft gehouden zal worden, heeft een kleine wijziging ondergaan. In de plaats van de voordracht over het belang van de industrie bij Rijnwater zal een voordracht over 'modelmatige benadering van de Rijnvervuiling' worden opgenomen. Deze voordracht wordt gegeven door ir. J. A. van Pagee, medewerker van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft. De inschrijvingstermijn sluit 22 december a.s.