

Fosfaat en eutrofiëring binnen het Hoogheemraadschap van Rijnland

Eutrofiëring is overvloedige groei van algen en andere waterplanten als gevolg van hoge gehalten aan voedingsstoffen in het oppervlaktewater. Het onderzoek naar algengroei is deze eeuw sterk toegenomen. De aanleiding ertoe was het vertroebelen van eertijds heldere meren, met name diepe bergmeren. Fosfaat kon hier vaak als sleutelfactor voor de algengroei worden aangewezen.

In vele gevallen leidde afvalwaterzuivering en fosfaatverwijdering op zuiveringsinstallaties tot een aanzienlijke verbetering



MEVR. A. D. SCHMIDT-VAN DORP

Hoogheemraadschap van Rijnland

van de waterkwaliteit. Het is echter niet bekend, of fosfaatverwijdering uit afvalwater de eutrofiëring van het Nederlandse oppervlaktewater overal zo sterk zal terugdringen.

Houdt de huidige mate van algengroei verband met het fosfaatgehalte en kan deze minder worden, door op zuiveringsinstallaties fosfaatverwijdering toe te passen? Deze vraag was voor het Hoogheemraadschap van Rijnland de aanleiding, om opdracht te geven voor een hydrobiologisch onderzoek naar de gevolgen van fosfaatverwijdering voor Rijnlands oppervlaktewater. Voorlopige resultaten van dit onderzoek worden hier beschreven.

Inleiding

Voor de groei van een algenpopulatie zijn vele voedingsstoffen en licht nodig. Wanneer één van de noodzakelijke voedingsstoffen niet in voldoende mate aanwezig is, vertraagt de groeisnelheid. De factor, die zo de groeisnelheid bepaalt, wordt de beperkende factor of minimumfactor genoemd. Omdat de laatste tijd twijfels zijn gerezen over de theorie van één beperkende factor, wordt in dit artikel in het vervolg gesproken over de primair beperkende factor. Vermindering van de primair beperkende factor doet de groeisnelheid van een algenpopulatie vertragen. Wanneer alle voedingsstoffen in voldoende mate aanwezig zijn, kunnen andere factoren zoals bijvoorbeeld licht of temperatuur de algengroei bepalen.

Verlaging van het fosfaatgehalte in oppervlaktewater zal alleen tot vermindering van eutrofiëring leiden, als fosfaat de primair beperkende factor voor algengroei is of wordt. Hoe laag de fosfaatconcentratie

daarvoor moet zijn, hangt af van de samenstelling van de algenpopulatie. Verschillende algensoorten hebben uiteenlopende fosfaatbehoeften, maar de huidige kennis hierover is nog gering. Soeder en medewerkers (1971) geven het volgende overzicht:

— Soorten, waarvan optimumgroei optreedt bij een fosfaatgehalte ergens boven $20 \mu\text{P/l}$. Dit zijn alle tot nog toe bestudeerde Chlorococcales, Staurastrum en andere Desmidiaceën, Fragillaria crotonensis, Tabellaria fenestrata, Stephanodiscus biederanus, Nitzschia actinastroides en Oscillatoria rubescens.

— Soorten, waarvan optimumgroei plaatsvindt bij een fosfaatgehalte beneden $20 \mu\text{g P/l}$. Genoemd worden Dinobryon divergens (twijfelachtig), Uroglena americana (twijfelachtig), Chara, Asparagopsis armata.

— Soorten, waarvan de optimumgroei begint beneden en zich voortzet tot boven $20 \mu\text{g P/l}$. Asterionella formosa.

Een optimale groeisnelheid van Scenedesmus vinden Golterman en medewerkers (1969) niet beneden $1,0 \text{ mg P/l}$. Vollenweider (1968) spreekt niet over groeisnelheid, maar vindt de grootste hoeveelheid algen van Scenedesmus en Ankistrodesmus boven $0,5 \text{ mg P/l}$, van Fragillaria en Tabellaria bij $0,045 \text{ mg P/l}$ en van Oscillatoria rubescens pas bij 3 mg P/l .

Of fosfaat de primair beperkende factor voor algengroei is, kan soms uit resultaten van veldonderzoek al enigszins worden afgeleid. Het opraken van anorganisch fosfaat in oppervlaktewater kan een aanwijzing hiervoor zijn. Het is echter geen bewijs, zoals de volgende overwegingen duidelijk maken.

— De algengroei hoeft niet onmiddellijk te vertragen of te stoppen, zelfs al wordt een zeer laag orthofosfaatgehalte in het water gevonden. Algen kunnen een reservevoorraad fosfaat in hun cel opslaan en deze in tijden van fosfaatgebrek gebruiken (Overbeck 1962).

— Een hoge mineralisatiesnelheid van afstervend materiaal kan een voortdurende stroom van orthofosfaat leveren (Golterman 1972), dat echter direct door algen kan worden opgenomen en dan niet als orthofosfaat in het water gemeten wordt.

— Vele algensoorten kunnen een aantal organische verbindingen uit het water opnemen. Welke dit zijn, is maar gedeeltelijk onderzocht, maar fosfaatbevattende verbindingen kunnen eveneens worden opgenomen (Overbeck 1972). Anderzijds kan een fosfaatgebrek voor de

algengroei optreden, ook al raakt het anorganisch fosfaat in oppervlaktewater niet uitgeput. Fosfaat kan voorkomen in een vorm, die voor algen niet opneembaar is. Uit experimenten van Golterman en medewerkers (1969) bleek, dat hydroxyapatiet voor de groei van Scenedesmus slechts gedeeltelijk kan worden opgenomen in laboratoriumexperimenten bij pH 8. Ook wanneer niet alle fosfaat uit het water zou kunnen worden opgenomen, zou men wel bij een zeker minimum in het gehalte van anorganisch fosfaat een maximum hoeveelheid algen verwachten. Er bestaat ook de mogelijkheid dat, ongeacht het anorganisch fosfaatgehalte, een verband tussen totaal fosfaatgehalten en de daarbij levende algenhoeveelheid wordt gevonden; ook dit zou een aanwijzing kunnen zijn, dat fosfaat een belangrijke rol bij de algengroei speelt.

Methoden

Hydrologie van het gebied (zie afb. 3) Rijnlands water wordt bij Gouda en Bodegraven binnengelaten en stroomt via een netwerk van boezemwateren naar Katwijk, Spaarndam, Halfweg en Leidschendam. Tientallen polders onttrekken in droge perioden water aan het boezemstelsel en malen in natte perioden hun overtollig water erop uit. Het water is uiteindelijk afkomstig van de Hollandse IJssel, maar vele lozingen van stedelijk-, agrarisch- en bedrijfsafvalwater komen erin, voordat het in de meren stroomt. Gegeven bepaalde bemalingstoestanden kan men in grote lijnen de waterbeweging en de debieten per kanaalvak berekenen.

Monsterpunten

Vanaf februari 1974 werden het Braassemermeer, de Mooie Nel, de Westeinder- en Kagerplassen, die alle tot de boezem behoren, eens per twee weken bemonsterd. De diepte der meren is ongeveer 2 tot 3 meter, met uitzondering van de vaargeul in het Braassemermeer en enkele gegraven en deels weer opgevlude zandputten (2 in de Mooie Nel, 1 in het Braassemermeer, 1 in de Kaag). De Nieuwkoopse- en de Langeraarse polderplassen werden van februari tot augustus 1974 onderzocht; ze zijn resp. $1\frac{1}{2}$ tot 3 en 2 tot 3 meter diep. Elk meer wordt op 7 punten van uiteenlopende eigenschappen bemonsterd.

Bemonstering

De monsternamen gebeurt tussen 8 en 10 uur 's ochtends, tenminste 50 meter uit de wal met een Friedinger monsterapparaat. Het water wordt genomen boven de doorzichtigheidsdiepte van de Secchischijf en meer dan 15 cm beneden de waterspiegel; het wordt

in zwarte plastic flessen geheveld en daarin vervoerd. Binnen 3 à 4 uur na bemonstering wordt het chlorophylgehalte bepaald en wordt water gefiltreerd voor de bepaling van het anorganisch stikstof- en ortho-fosfaatgehalte.

Chemische bepalingen

De bepalingen gaan volgens de NEN-normen voor analyse van afvalwater of drinkwater. NH₄⁺ (3235.6.1, NO₂⁻ (3235.6.3), NO₃⁻ (3235.6.4), totaal ammonium- en organisch gebonden stikstofgehalte (3235.6.5), PO₄³⁻ en totaal fosfaatgehalte (2e ontwerp 3235.8.2). De bepaling van totaal fosfaat en organisch gebonden stikstof gebeurt met ongefiltreerd water.

Chlorophylgehalte

Een bekend volume water wordt afgezogen over Gelman glasvezelfilter type A nr. 61695. Het filter wordt in een reageerbuis met 80 % ethanol gedurende 5 minuten bij 70 °C geëxtraheerd. Gedurende deze tijd wordt voorzichtig over het filter geroerd. Het extract wordt dan snel afgekoeld in smeltend ijs of onder stromend kraanwater en afgefiltreerd over papierfilter S & S 589². Van het extract meet men de extinctie bij 663 en 750 nm. Na toevoeging van enkele druppels verzadigde oxaalzuuroplossing wordt bij deze golflengtes opnieuw gemeten. Berekening van het chlorophylgehalte gaat op de in het IBP-handboek 8 beschreven manier. De gehele procedure wordt snel en bij zo laag mogelijke temperatuur afgewerkt. De af te zuigen waterhoeveelheid wordt zó gekozen, dat de extinctie bij 663 nm tussen 0,050 en 0,200 zal liggen.

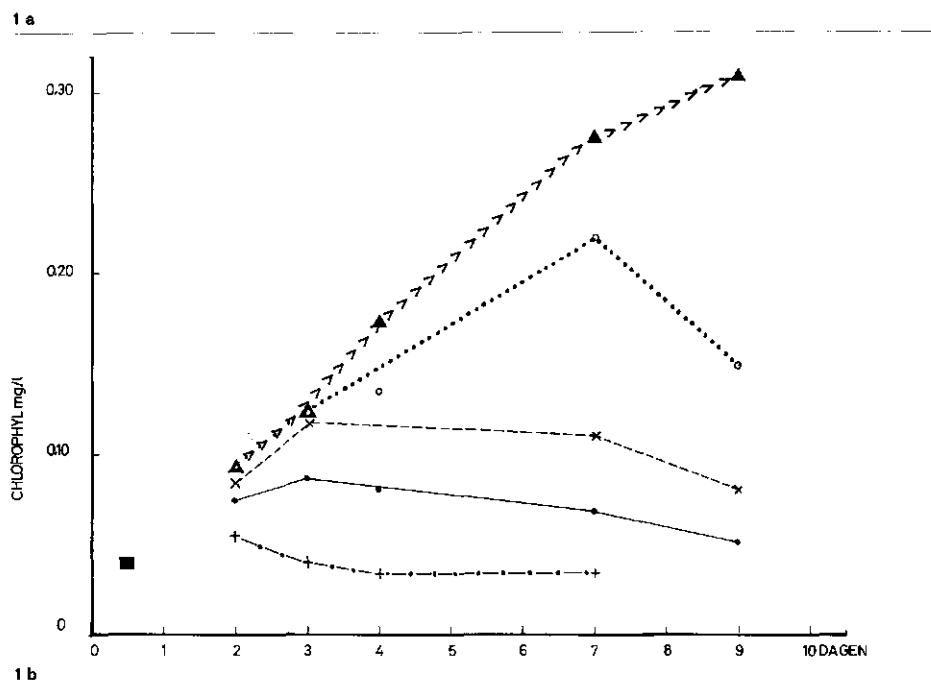
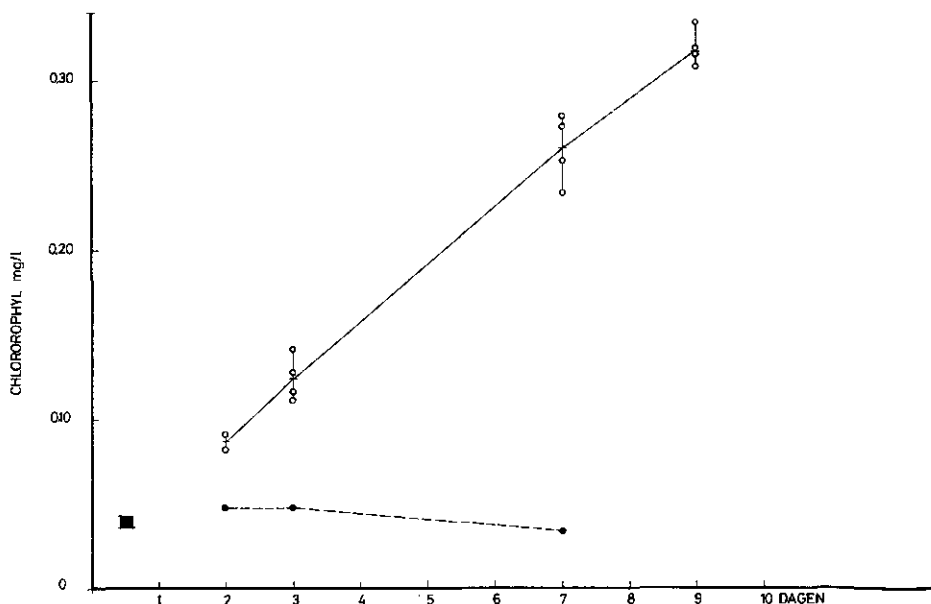
Biotest

Een watermonster wordt gefiltreerd over 80 µ planktonnet en verdeeld over beker-glazen van 1 liter. Aan één der glazen wordt niets toegevoegd; aan de andere wordt anorganisch stikstof toegevoegd als KNO₃ en/of NH₄Cl, en fosfaat als K₂HPO₄-KH₂PO₄ buffer pH 8. De toegevoegde hoeveelheden zijn zo klein, dat ze niet tot pH-veranderingen in het water leiden. De beker-glazen worden in een waterbad geplaatst bij kamertemperatuur en van 8 uur 's morgens tot 5 uur 's middags belicht met 4 Philips TLF 33 40 W. De lichtsterkte bij het beker-glas bedraagt 5 - 7 klux; dit is de lichtsterkte, waarbij optimale fotosynthesesnelheid is gevonden. Vóór 8 uur 's morgens en na 5 uur 's middags valt licht door de ramen naar binnen op de glazen. Om de 2 of 3 dagen wordt het chlorophylgehalte bepaald tot het een maximum bereikt en gaat afnemen. In de loop van de proef wordt bepaald, hoeveel anorganisch stikstof en -fosfaat nog in oplossing is.

Afb. 1 - Verandering van het chlorophylgehalte bij toevoeging van stikstof of fosfaat. Norremeer (Kagerplassen) bemonsterd op 26 augustus 1974. Totaalfosfaatgehalte 0,44 mg P/l, totaalstikstofgehalte 2,1 mg N/l. Stikstof toegevoegd als KNO₃ en NH₄Cl (1 N : 1 N). Fosfaat toegevoegd als K₂HPO₄-KH₂PO₄-buffer pH 8.

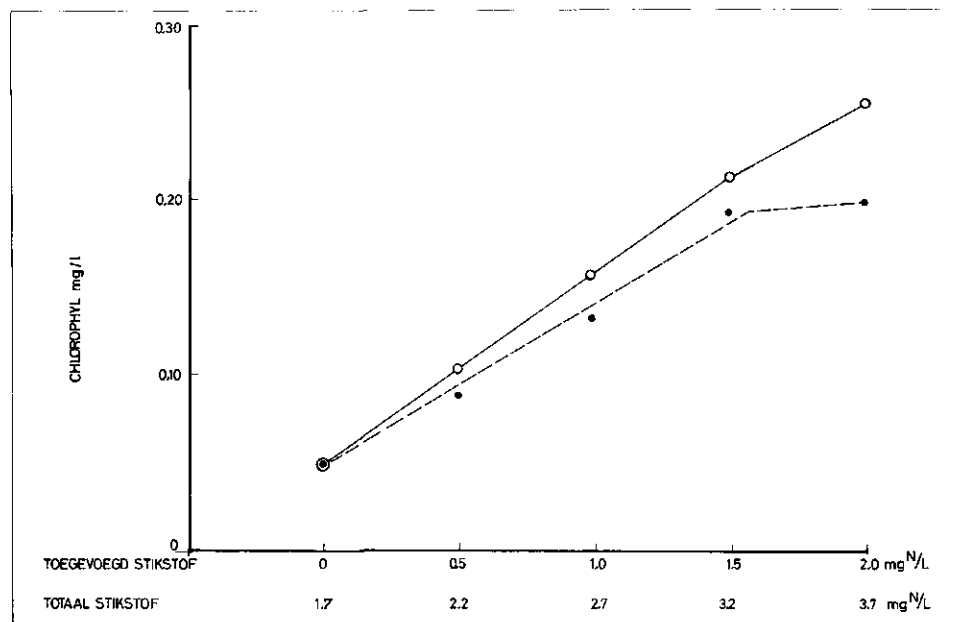
Afb. 1a - Toevoeging van + geen N, • 0,5 mg N/l, x 1,0 mg N/l, o 2,0 mg N/l, ▲ 5,0 mg N/l.

Afb. 1b - Toevoeging van • geen N en 0,20 mg P/l, o 5 mg N/l en fosfaat in 4 series: 0,05 mg P/l, 0,10 mg P/l, 0,15 mg P/l en 0,20 mg P/l. Lijn verbindt het gemiddelde van deze 4 series.



TABEL I - Maximum chlorophylgehalte van 1974 met de daarbij gevonden zichtdiepte, fosfaat- en stikstofgehaltes.

Meer	chlorophyl mg/m ³	maand 1974	zichtdiepte cm	totaalfosfaat mg P/l	totaalstikstof mg N/l
Braassem	33	juli	85	0,4	3,5
Kaag	45	augustus	65	0,5	2,2
Westeinder	59	september	50	0,2	2,5
Mooie Nel	71	september	55	1,6	4,8
Langeraar	168	juli	25	1,2	5,1
Nieuwkoop	197	augustus	20	0,2	3,8
Nieuwkoop-Noorden	32	maart	130	0,2	1,8



Afb. 2 - Verandering van het chlorophylgehalte bij toevoeging van stikstof en fosfaat. Westeinderplas vóór de Vrieseekoopse polder bemonsterd op 24 juli 1974. Totaalfosfaatgehalte 0,20 mg P/l. Totaalstikstofgehalte 1,7 mg N/l. Stikstof toegevoegd als KNO_3 en/of NH_4Cl ; fosfaat toegevoegd als K_2HPO_4 . De maximum-chlorophylgehalten van de groeicurve zijn gegeven, proef afgebroken op 2 augustus 1974. Toevoeging van - - - - alleen stikstof, —○— behalve stikstof ook 0,20 mg P.

TABEL II - Minimum orthofosfaatgehalte van 1974 en het daarbij gevonden totaalfosfaatgehalte.

Meer	ortho-fosfaat mg P/l	totaal-fosfaat mg P/l	maand 1974
Braassem	0,21	0,35	mei
Kaag	0,14	0,29	april
Westeinder	0,01	0,13	april
Mooie Nel	1,17	1,28	februari
Langeraar	0,16	0,47	april
Nieuwkoop	<0,01	0,13	maart
Nieuwkoop-Noorden	0,03	0,08	maart

Resultaten

Van februari tot en met september 1974 werden ongeveer 600 watermonsters onderzocht. Van deze monsters werd o.a. gemeten de concentratie van chlorophyl, van ammonium, nitraat en orthofosfaat, van totaal-fosfaat en organisch gebonden stikstof.

Een indruk van de resultaten hiervan geven de tabellen I en II. Een maximum chlorophylconcentratie trad op in de zomermaanden (tabel I) en viel met een minimum orthofosfaatconcentratie (tabel II), dat in de lente werd gevonden. Er was geen verband tussen de chlorophylgehalten en totaal-fosfaatgehalten ter plaatse, en evenmin tussen het maximum chlorophylgehalte in het jaar en het totaal-fosfaatgehalte.

Toen in de zomer het gehalte van anorganisch stikstof in verschillende meren sterk daalde, werd met water van alle meren een aantal biotests uitgevoerd. De phytoplanktonsoorten, die Rijlands boezemwater in de zomer domineerden waren groenwieren,

en hiervan voornamelijk Chlorococcales (vooral Scenedesmus, maar ook Pediastrum, Crucigenia, Ankistrodesmus, Tetraëdon, Actinastrum), Tribonema en in geringer aantal Oscillatoria en Microcystis (blauw-wieren), Stephanodiscus, Nitzschia en Cyclotella (diatomeeën). In de polderplassen heerste, behalve in de Nieuwkoopse plassen ter hoogte van het dorp Noorden, het gehele jaar een bloei van Oscillatoria, terwijl enkele andere algensoorten (Scenedesmus en andere Chlorococcales, Stephanodiscus) zeer gering in aantal waren.

In watermonsters van alle meren kon men door toevoeging van anorganisch stikstof in het laboratorium de algengroei stimuleren. De mate van stimulering was soms recht evenredig met de toegevoegde hoeveelheid stikstof o.a. in de Kaag (afb. 1a). Het toevoegen van orthofosfaat had dan op de algengroei geen invloed, bijv. bij een basis-totaalfosfaatgehalte van 0,44 mg P/l in de Kaag (afb. 1b).

Bij een basis-totaalfosfaatgehalte van 0,20 mg P/l in de Westeinder werd na toevoeging van een overmaat fosfaat bij olopemde stikstofconcentraties nog een geringe toename van het chlorophylgehalte gevonden (afb. 2).

Bij een basis-totaalfosfaatgehalte van 0,12 mg P/l in de Wijde van de Vliet was de chlorophyltoename duidelijk groter, wanneer men behalve een overmaat stikstof ook fosfaat toevoegde; of behalve een overmaat fosfaat ook stikstof toevoegde (tabel III).

TABEL III - Verandering van het chlorophylgehalte bij toevoeging van anorganisch stikstof en -fosfaat.

Wijde van de Vliet (Nieuwkoopse plassen ter hoogte van dorp Noorden) bemonsterd op 16-8-1974. Totaalfosfaatgehalte 0,12 mg P/l. Totaalstikstofgehalte 1,9 mg N/l. Stikstof toegevoegd als KNO_3 en NH_4Cl (1 N : 1 N). Fosfaat toegevoegd als K_2HPO_4 - KH_2PO_4 buffer pH 8.

TABEL IIIa - Verandering van het chlorophylgehalte.

Toevoeging		Chlorophylgehalte (mg/m ³)		
mg P/l	mg N/l	19/8	22/8	23/8
—	—	13	11	15
0,20	—	10	13	15
0,20	0,5	68	50	42
0,20	1,0	100	81	66
0,20	2,0	112	140	127
0,20	5,0	110	158	209
—	5,0	108	123	121
0,05	5,0	106	142	197
0,10	5,0	112	166	219
0,15	5,0	106	178	249

TABEL IIIb - Restant anorganisch stikstof en -fosfaat in oplossing.

Toevoeging		19/8		22/8	
mg P/l	mg N/l	mg P/l	mg N/l	mg P/l	mg N/l
—	—	0,06	0,2	0,03	0,1
0,20	—	0,22	0,2	0,18	0,2
0,20	0,5	0,16	0,2	0,11	0,2
0,20	1,0	0,14	0,6	0,06	0,2
0,20	2,0	0,02	2,7	0,02	0,4
0,20	5,0	0,03	4,6	0,02	3,0
—	5,0	0,07	5,0	0,02	3,6
0,05	5,0	0,03	4,6	0,01	3,6
0,10	5,0	0,07	4,5	0,02	3,2
0,15	5,0	0,10	4,5	0,02	3,1

Discussie

Hoewel nog geen volledige overeenstemming bestaat over de manier, waarop eutrofiëring het best kan worden gemeten, kan men bij de gevonden chlorophylgehalten en geringe doorzichtdiepte in Rijlands meren wel over eutroof tot hypertroof water spreken. Uit de veldresultaten bleek geen verband tussen het totaal-fosfaatgehalte en het maximum chlorophylgehalte; het orthofosfaat raakte 's zomers niet uitgeput. Beide gegevens wijzen erop, dat fosfaat in 1974 in deze meren niet de grootte van de algenpopulatie bepaalde. Het is echter misschien mogelijk, dat de fosfaatconcentraties wel zo laag waren, dat de groeisnelheid der algen niet optimaal was. Omdat over groeibeperkende fosfaatconcentraties in oppervlaktewater nog niet veel bekend is en deze bovendien afhangen van de samenstelling der algenpopulatie, kon alleen met behulp van een biotest deze mogelijkheid worden onderzocht.

De in de zomer dominerende algensoorten behoorden, voorzover de opsomming in de inleiding vermeldt, tot de groep met een optimumgroei boven 20 μg P/l. In biotests bleek toevoegen van fosfaat aan opper-

vlaktewater de algengroei nauwelijks te stimuleren, wanneer het basis-totaal-fosfaatgehalte in het water 0,20 mg P/l was en een overmaat stikstof werd toegevoegd. Bij een basis-totaal-fosfaatgehalte van 0,12 mg P/l en na toevoegen van een overmaat stikstof, trad binnen enkele dagen duidelijk meer algengroei op wanneer ook fosfaat werd toegevoegd. De groeisnelheid van de groenwierpopulatie bereikte dus bij ongeveer 0,2 mg P/l een verzadigingswaarde.

Deze verzadigende fosfaatconcentratie is lager dan die van Scenedesmus- en Ankis-trodesmuscultures in het laboratorium (Golterman en medewerkers 1969, Vollenweider 1968). Enerzijds zou de reden van dit verschil kunnen liggen in het feit, dat men in oppervlaktewater met een gemengde algenpopulatie te maken heeft. Anderzijds wordt ook verondersteld, dat algen uit buitenwater fosfaat tot een lagere concentratie kunnen onttrekken, dan uit een kunstmatig voedingsmedium (Vollenweider 1968). Hierdoor zou in oppervlaktewater de optimumgroeisnelheid bij een lagere fosfaatconcentratie bereikt kunnen worden dan in laboratoriumcultures.

De resultaten der biotests mogen in zoverre in de veldsituatie geïnterpreteerd worden, dat ze aangeven welke algenhoeveelheid zich bij een bepaalde fosfaat- en stikstofconcentratie in oppervlaktewater kan ontwikkelen; en welke fosfaat- en stikstofconcentraties voor een populatie onder optimale omstandigheden verzadigend zijn. De resultaten geven echter niet aan, met welke snelheid een algenpopulatie in het veld zou zijn gegroeid.

De resultaten van het veldwerk en de biotests maken aannemelijk, dat fosfaat in de zomer van 1974 in Rijnlands meren geen primair beperkende factor voor de algengroei is geweest, met uitzondering misschien van het zuidelijk deel van de Nieuwkoopse plassen; met het water hiervan zijn echter geen biotests uitgevoerd. Ook mag men veronderstellen, dat op sommige plaatsen bij een iets groter stikstofaanbod, fosfaat in korte tijd misschien wel de primair beperkende factor had kunnen worden. Op enkele plaatsen zijn de gehalten aan stikstof en fosfaat het gehele jaar zo groot, dat geen van beide factoren meer beperkend voor de algengroei is. Een zelfde opeenvolging van de twee voedingsstoffen in de rol van primair beperkende factor werd in naburige landen verondersteld.

Thomas (1963) vergeleek meren in Zwitserland en aangrenzende gebieden; hij veronderstelde, dat bij geringe eutrofiëring fosfaat de primair beperkende factor is, bij grotere eutrofiëring stikstof en tenslotte andere factoren.

Bringmann en medewerkers (1965) vonden in biotests, waarbij Scenedesmus uit een culture geënt werd in oppervlaktewater uit verschillende streken van Duitsland, de volgende resultaten: in water met zeer lage basis-fosfaatgehalten had het toevoegen van fosfaat veel effect op de algengroei; het toevoegen van nitraat had dan weinig effect. Pas bij hogere basis-fosfaatwaarden was het relatieve effect van stikstof groot. Bij nog hogere basis-fosfaatwaarden was het effect van de stikstof toevoeging weer minder, waarschijnlijk omdat andere factoren beperkend waren.

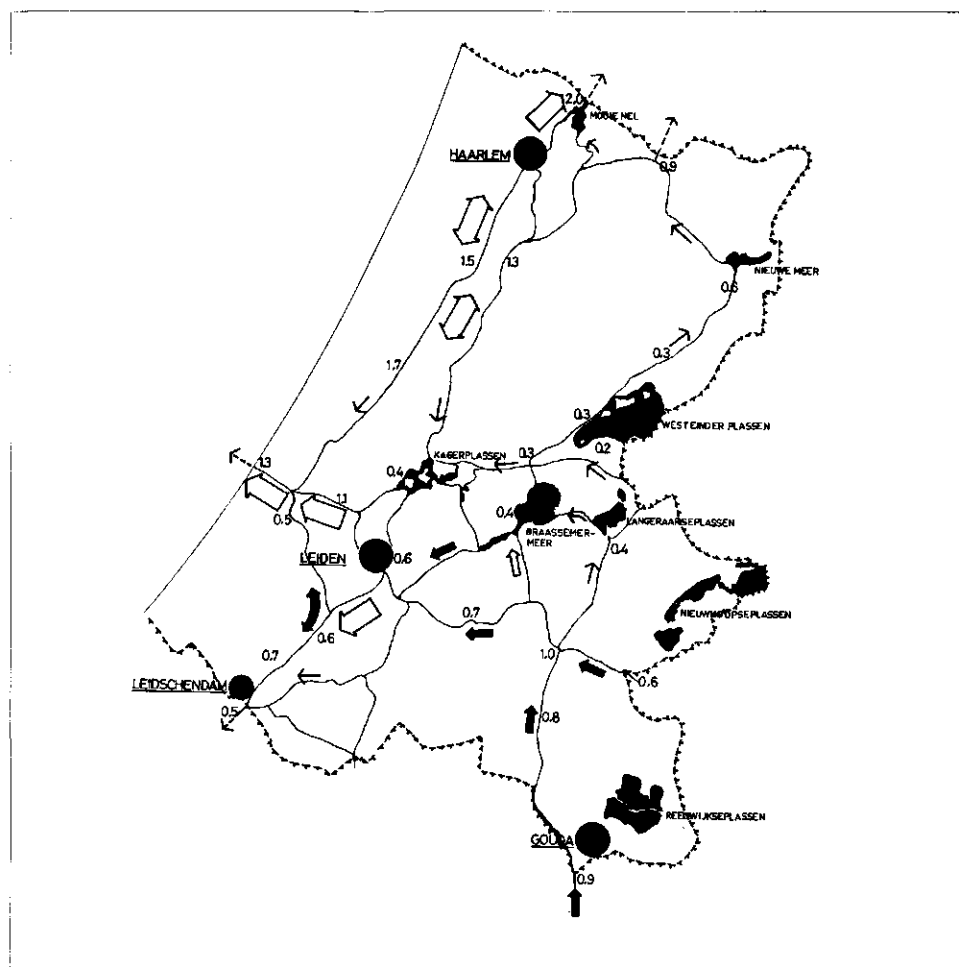
Lichtsterkte en temperatuur bijv. zijn factoren, die in het veld de mate van algengroei belangrijk medebepalen. Vooral in enigszins troebel water kan licht zo weinig beneden het wateroppervlak doordringen, dat de algengroei lichtgebrek ondervindt. Zowel de lagere temperaturen, als het ontbreken van langdurig zonnig weer, hebben er in 1974 waarschijnlijk toe bijgedragen, dat de algengroei minder uitbundig was dan voorgaande jaren.

Verwachtingen ten aanzien van defosfatering

Op 41 plaatsen in rivieren en kanalen, waar maandelijks onder andere totaal-fosfaat- en chlorophylgehalten worden bepaald, zijn de totaal-fosfaatgehalten hoog en vertonen geen enkele correlatie met de chlorophylgehalten. Of het fosfaatgehalte door defosfateren zover wordt verlaagd, dat het een primair beperkende factor voor de algengroei wordt, kan men bij benadering voorspellen, als veel bekend is over de bronnen van fosfaat-toevoer, de hoeveelheid geloosd fosfaat en de waterstroom, waarin het terecht komt. Hoewel meer dan de helft van het afvalwater binnen Rijnland enige vorm van zuivering ondergaat, is toch nog 2/3 van de totale fosfaattoevoer aan Rijnlands oppervlaktewater afkomstig van afvalwater; een kwart van de fosfaattoevoer komt binnen met rivierwater. Welk effect fosfaatverwijdering op zuiveringsinstallaties op de fosfaattoevoer zou hebben, is hier schematisch weergegeven.

Na verstrekkende riolering en defosfatering

Afb. 3 - Belangrijkste boezemwateren van het Hoogheemraadschap van Rijnland. Pijlen geven de fosfaattoevoer in de zomer aan; een pijl wijst in de richting, waarin het water stroomt; de dikte ervan is een aanduiding van de hoeveelheid toegevoerd fosfaat. De cijfers geven de totaal-fosfaatgehalten aan, zoals die van maart t/m augustus 1974 in oppervlaktewater werden gemeten.



zou de huidige fosfaattoevoer aan oppervlaktewater dus gehalveerd kunnen worden. Van de 41 monsterpunten, die maandelijks worden onderzocht, is het totaalfosfaat-

Wijze van afvalwaterzuivering en de hierbij aan totale fosfaattoevoer onttrokken fosfaat

Huidige zuivering (deels niets, deels mechanisch en biologisch *)	18 %
Indien bij huidige zuivering ook gedefosfateerd **)	40 %
Indien 90 % van lozingen gerioleerd en gezuiverd	27 %
Indien 90 % van lozingen gerioleerd, gezuiverd en gedefosfateerd	61 %

*) Uitgaande van een gemiddelde fosfaatreductie bij de huidige zuiveringsmethoden van 40 % en
**) van een gemiddelde fosfaatreductie van 90 % bij defosfatering.

gehalte in de periode van april tot en met september gemiddeld 0,9 mg P/l. Over Rijnland als geheel beschouwd, mag men dus verwachten, dat halvering van de fosfaattoevoer aan oppervlaktewater geen effect zal hebben op de eutrofiëring. Binnen Rijnland heeft echter een groot gebied fosfaatgehalten ver beneden dit gemiddelde; de Westeinder met 0,2 mg P/l behoort hiertoe (afb. 3). Het is daarom zinvol om op veel kleinere schaal na te gaan, hoe de fosfaattoevoer in een bepaald gebied de fosfaatgehalten in oppervlaktewater zover kan verminderen, dat de totaal-fosfaatgehalten dalen beneden 0,2 mg P/l. Hoe groot tengevolge hiervan de verbetering van de waterkwaliteit zou zijn, is nog niet te voorspellen. Ten eerste is nog niet duidelijk, wat er gebeurt als het fosfaatgehalte het gehele jaar door beneden 0,2 mg P/l blijft, omdat daarvan geen voorbeelden in Rijnlands boezemwater te vinden zijn. Ten tweede is de verspreiding van geloosd fosfaat van plaats tot plaats verschillend; afhankelijk van vele fysisch-chemische factoren kan het al dan niet in oplossing blijven, adsorberen en in suspensie blijven, neerslaan of bezinken. Tenslotte kan weliswaar het fosfaatgehalte in oppervlaktewater dalen, maar men moet rekening houden met de mogelijkheid, dat fosfaat in het bodemslib onder bepaalde omstandigheden weer in de bovenstaande waterlaag in oplossing kan gaan en het bodemslib zo misschien een eutrofiëeringsbron vormt. Veel oppervlaktewater in Nederland is van nature mesotroof en het fosfaatgehalte zal hier misschien nooit beneden een zekere, niet lage basiswaarde dalen.

Terwijl het effect van defosfatering nog niet exact te voorspellen is, kunnen toch wel gebieden worden aangewezen, waar de kans op verbetering van de kwaliteit groot is.

Op een aantal plaatsen is de fosfaattoevoer echter zo groot, dat ook na defosfatering het fosfaatgehalte in het ontvangende oppervlaktewater niet voldoende zou dalen, om de huidige algengroei te verminderen. Voor dergelijke plaatsen moet naar aanvullende of effectiever maatregelen worden gezocht.

Verder moet worden overwogen, dat defosfatering naast gunstige neveneffecten, zoals grotere verwijdering van zware metalen uit het afvalwater, en een grotere BZV/CZV-verwijdering tijdens de bezinking, ook enige bezwaren met zich meebrengt. De afzet van het slib kan belemmerd worden door het verhoogde gehalte aan zware metalen, de capaciteit voor de slibverwerking moet worden afgestemd op een grotere slibproductie, en het zoutgehalte van het effluent neemt toe.

Konklusie

Verwijdering van fosfaat uit afvalwater zal niet in alle delen van Rijnland leiden tot een verbetering van de waterkwaliteit in de zin van eutrofiëring. Alleen daar, waar een totaal-fosfaatgehalte beneden 0,2 mg P/l bereikt kan worden, mag men verbetering verwachten; in welke mate is echter nog niet te zeggen.

Dit artikel is de uitwerking van een lezing, die in september 1974 werd gehouden. Prof. dr. R. Brouwer en dr. H. L. Golterman dank ik voor hun nuttige aanwijzingen bij het manuscript.

Literatuur

- Bringmann, P. G. en Kühn, R. *Nitrat oder Phosphat als Begrenzungsfaktor des Algenwachstums*. (1965) *Gesundheits Ing.* 7, 210 - 214.
- Golterman, H. L., Bakels, C. C. en Jakobs-Mögelin, J. *Availability of mud phosphates for the growth of algae*. (1969) *Verh. Intern. Verein. Limnol.* 19, 39 - 58.
- Golterman, H. L., *The role of phytoplankton in detritus formation*. (1972) *Mem. Inst. Ital. Idrobiol.* 28 Suppl. 89 - 103.
- Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters*. IBP Handbook no. 8. Golterman, H. L., Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Overbeck, J. *Untersuchungen zum Phosphathaus-halt von Grünalgen*. (1962) *Archiv. Hydrobiol.* 58, (2) 162 - 209 en (3) 81 - 108.
- Soeder, C. J., Müller, H., Payer, H. D. and Schulle, H. *Mineral nutrition of planctonic algae: some considerations, some experiments*. (1971) *Mitt. Verein. Limnol.* 17, 467 - 479.
- Thomas, E. A., *Empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimumstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenzender Gebiete*. (1953) *Schweiz. Ver. Gas Wasserfachm.* 2, 1 - 15.
- Vollenweider, R. A. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. (1968) OECD-Report.

