

Algen in het Markermeer: groei of opwerveling?

Inleiding

In 1984 bracht de commissie IJff advies uit over de te verwachten kans op een (permanente) algenbloei in de randmeren van de Markerwaard en de maatregelen die een dergelijke bloei zouden kunnen beperken. [Adviescommissie Algenbloei Westelijke Randmeren Markerwaard, 1984]. De kans op het optreden van een permanente bloei van het blauwwier *Oscillatoria agardhii* werd gering geacht. De dynamische wisselwerking tussen slibopwerveling en licht-



E. JAGTMAN
Dienst Binnenwateren/RIZA
Lelystad



G. VAN URK
Dienst Binnenwateren/RIZA
Lelystad

klimaat werd hiervoor verantwoordelijk gesteld.

Samenvatting

In dit artikel wordt ingegaan op de slibdynamiek van het Markermeer, en de grote invloed daarvan op de algenbiomassa. Slib in het Markermeer interfereert met de licht- en nutriëntenvoorziening van algen, waardoor de groeiomstandigheden voor algen niet optimaal zijn. Veranderingen in de algenconcentraties in de waterkolom van het meer blijken echter niet veroorzaakt te worden door groei, maar door opwerveling van op de bodem aanwezige algen. Aanwijzingen daarvoor zijn een overeenkomend dynamisch patroon in slibgehalte, chlorofylgehalte en windsnelheden, een goede correlatie tussen mineraal slib en chlorofyl, concentratiegradiënten van algen nabij de bodem, en een toename van de algenbiomassa die niet overeenstemt met de waargenomen nutriëntendynamiek.

De chlorofylgehalten in het Markermeer zijn laag (gemiddeld 30-50 µg·l⁻¹). Een beheer gericht op de instandhouding van de slibdynamiek biedt goede kansen om deze gunstige situatie te handhaven.

In 1986 verwezen Berger et al. [1986] naar de grote slibdynamiek als verklaring voor de algenbiomassa in het Markermeer. Wisselingen in de windkracht zouden leiden tot sterke fluctuaties in het slibgehalte, en in samenhang daarmee, in de voor algen beschikbare hoeveelheid licht in het water. Door deze sterke slib- en lichtdynamiek zouden algen in het Markermeer niet optimaal kunnen groeien. Loogman [1982] vond in laboratoriumexperimenten met *Scenedesmus protuberans* een iets verlaagde

groeisnelheid bij hoog-frequente licht-donker wisselingen.

In publikaties over het Markermeer wordt een grote betekenis gehecht aan de slibdynamiek van het meer. In dit artikel zal de betekenis van een tot nu toe vrijwel buiten beschouwing gebleven aspect van de opwerveling van bodemmateriaal in het Markermeer nader worden toegelicht.

Onderzoek

Kennis over de processen die de algengroei in het Markermeer bepalen is nodig om het beheer van het Markermeer of de westelijke randmeren nader gestalte te kunnen geven.

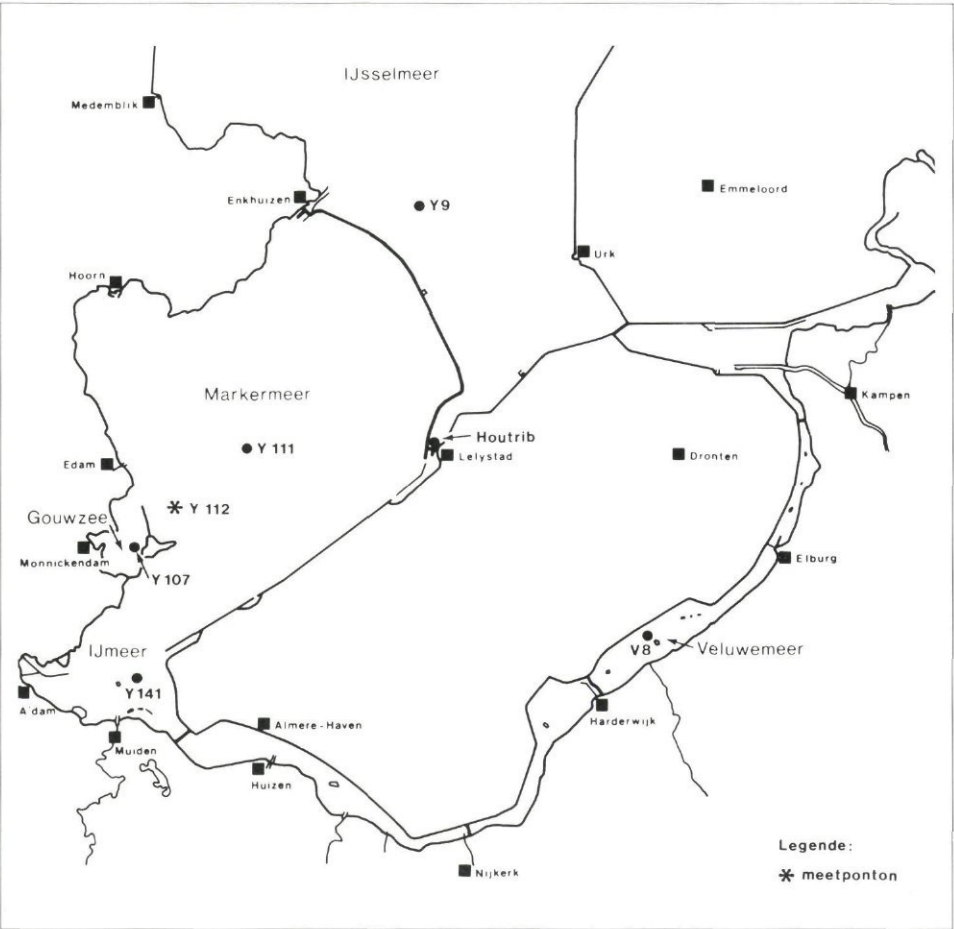
Tegen deze achtergrond wordt door de Dienst Binnenwateren/RIZA onderzoek gedaan in het Markermeer. De doelstellingen van het onderzoek zijn:

1. Inzicht krijgen in de invloed van primaire productie, sedimentatie en opwerveling op de ontwikkeling van de algenbiomassa in het Markermeer.

2. Het ontwikkelen of aanpassen van mathematische modellen om de invloed van het (voorgenomen) waterbeheer op algengroei en ecosysteemontwikkeling te kunnen beschrijven.

Het onderzoek is geconcentreerd rond de locaties IJ-111, in het open water van het Markermeer, en een meetpunt (IJ-112) ten noordoosten van Marken (afb. 1). Op dit punt worden door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en de Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA en Directie Zuiderzeewerken, continu gegevens ingezameld over waterkwaliteit, windsnelheid, golfhoogte en lichtklimaat. Daarnaast worden door regelmatige bemonsteringen aanvullende biologische en waterkwaliteitsgegevens verzameld. Hierbij is een samenwerking aangegaan met de Universiteit van Amsterdam. Deze gegevens leveren tesamen het basis-materiaal voor het procesonderzoek dat in het Markermeer plaatsvindt.

Afb. 1 - Overzichtskarta van het IJsselmeergebied met vermelding van de in het artikel besproken onderzoekslocaties.



Lichtklimaat Markermeer

Is het Markermeer nu inderdaad slibrijker dan andere meren? Ja, dat blijkt uit tabel I. Niet alleen liggen de gemiddelde slibconcentraties hoger, ook de binnen een jaar waargenomen concentratie-verschillen, een maat voor de dynamiek, liggen beduidend boven die van het Veluwemeer en het IJsselmeer. In het Markermeer zelf kan onderscheid gemaakt worden tussen het open water met hoge slibconcentraties en de meer voor de wind beschut gelegen delen als Gouwee en IJmeer, waar de slibconcentraties niet anders zijn dan in

TABEL I – Vergelijking van anorganische slibconcentraties (gloeirest in mg/l) in diverse meren en de jaarlijkse maximale slibconcentratie-verschillen in de periode 1982-1986.

Locatie	Gemiddelde slibconcentraties	Verskil tussen maximum en minimum
Markermeer open water	27-91	36-220
Gouwee	10-30	12-36
IJmeer	7-19	7-22
Veluwemeer	12-22	21-43
IJsselmeer	9-21	14-85

Veluwemeer en IJsselmeer. In het IJmeer zijn bovendien zandwinputten aanwezig die als slibvang kunnen fungeren. Een tweede belangrijke vraag is: beïnvloedt de slibdynamiek van het Markermeer méér dan in andere meren het lichtklimaat? Hiertoe zijn voor een aantal jaren in verschillende meren de relaties tussen enerzijds de minerale slibfractie en doorzicht en anderzijds chlorofyl en doorzicht onderzocht (tabel II). Uit deze analyse blijkt dat in alle delen van het Markermeer het doorzicht een grotere

TABEL II – Scoretabel voor de van jaar tot jaar onderzochte relaties tussen chlorofyl-doorzicht en slib-doorzicht. Een + wordt vermeld wanneer de gevonden relatie significant is ($p < 0,05$), een – wanneer er geen significant verband werd gevonden ($p \geq 0,05$). Steeds is het meest voorkomende resultaat **vet** afgedrukt.

Locatie	Tijdvak	Chlorofyl/doorzicht	Slib/doorzicht
Markermeer open water	1975-1985	+++	+++++++
Gouwee	1976-1986	++	+++++++
IJmeer	1982-1986	++	++++
Veluwemeer	1974-1986	+++++++	+++++
IJsselmeer	1975-1986	+++++	+++++++

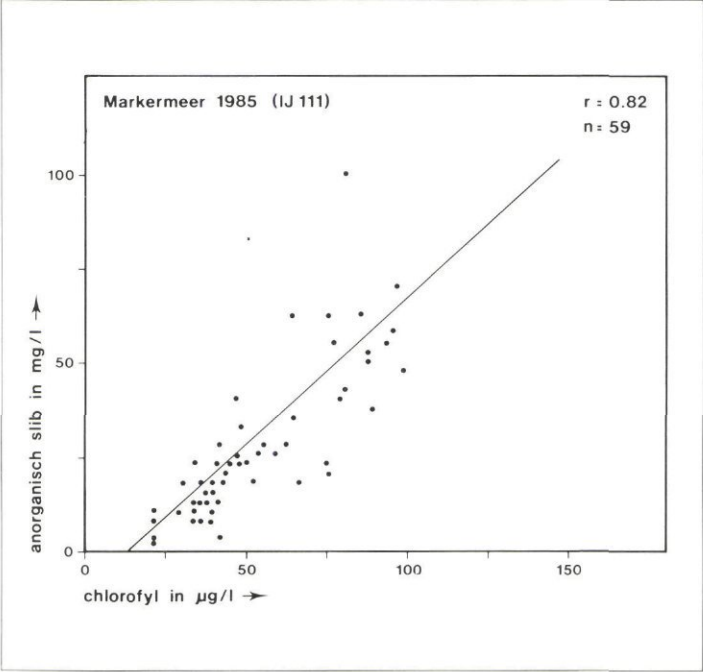
correlatie vertoont met de slibconcentratie in de waterkolom dan met het chlorofylgehalte. In het Veluwemeer zijn het juist de algen die het doorzicht bepalen; slib vertoont voor de onderzochte periode een veel minder duidelijke relatie met het doorzicht. In het IJsselmeer lijken beide elementen voor het lichtklimaat van belang te zijn. Het Markermeer wijkt dus door zijn bijzondere slibdynamiek inderdaad af van de omliggende meren. Hoge slibconcentraties kunnen er tot geringe doorzichtdieptes leiden. Als gevolg daarvan is de lichtvoorziening voor de groei van algen ongunstig. Licht-gelimiteerde algengroei ligt voor de hand. Men zou derhalve verwachten dat bij een langdurige periode van hoge slibgehalten, eventueel afgewisseld met korte rustige periodes, de algenbiomassa gaat afnemen. Dit is niet het geval. Juist in perioden met hoge slibconcentraties is ook de algenbiomassa in het Markermeer hoog. Er is een duidelijk verband tussen slibconcentratie en chlorofylgehalte in de waterkolom

(afb. 2). Voorts vertonen de slibconcentratie en de algenbiomassa door het jaar heen eenzelfde dynamisch patroon (afb. 3).

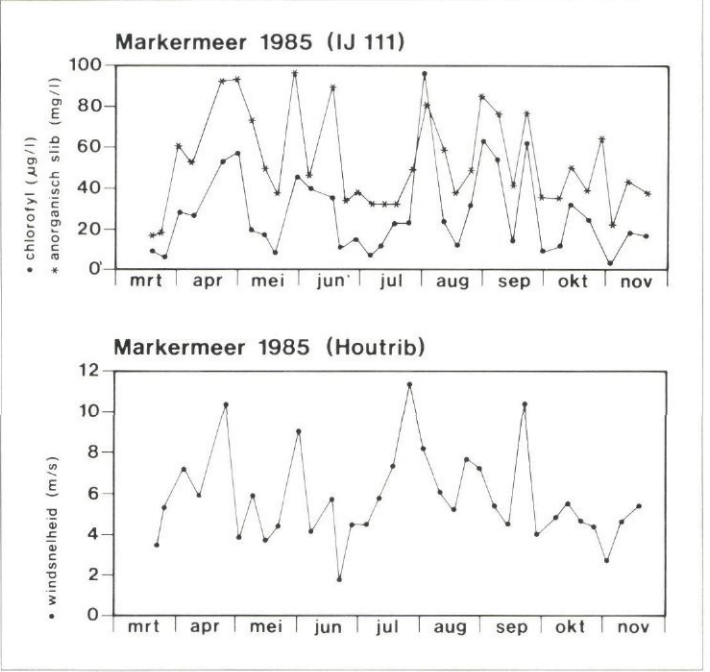
Dit wijst erop dat de dynamiek van zowel slibconcentratie als algenbiomassa door hetzelfde proces bepaald worden. Gezien de overeenkomst in het dynamisch patroon van windsnelheden, slib en algen (afb. 3) lijkt het aannemelijk dat opwerveling een belangrijke rol speelt. De *toename* van de algenbiomassa in de waterkolom zou dan meer een gevolg zijn van het proces windwerking – golfhoogte – stroming – opwerveling dan het resultaat van primaire produktie en groei. Uiteraard is de primaire produktie daarbij wel bepalend voor de totale omvang van de algenbiomassa in het meer. In het navolgende wordt het mogelijk belang van opwerveling van algen vanaf de bodem nader onderzocht.

Sedimentatie en resuspensie van algen
Voor de verandering van de slibconcentraties zijn uiteraard sedimentatie en opwerveling

Afb. 2 - Correlatie-diagram voor anorganisch slib ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en chlorofyl ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) in het open water van het Markermeer (IJ-111).



Afb. 3 - Overzicht van het verloop van chlorofyl ($\mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$), anorganisch slib ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$) en windsnelheden ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) in 1985 in het open water van het Markermeer (IJ-111).



verantwoordelijk. Het ligt voor de hand na te gaan in hoeverre dezelfde processen een rol kunnen spelen bij veranderingen in de algen-aantallen.

Sedimentatie van algen is relatief goed onderzocht, waarbij verwezen kan worden naar de uitgebreide behandeling door Reynolds [1984]. Het sedimentatieproces bij afwezigheid van turbulentie kan globaal beschreven worden met de formule van Stokes:

$$v = \frac{d\rho^2 \cdot g}{18n} (\rho_p - \rho_w),$$

waarin:
v = sedimentatiesnelheid,
d = diameter deeltje,
g = versnelling van de zwaartekracht,
n = kinematische viscositeit, en
ρ = dichtheid van een deeltje (p) of water (w).

Voor niet-bolvormige cellen of kolonies moet dan nog rekening worden gehouden met een vormweerstandcoëfficiënt φ; bij metingen van de sedimentatiesnelheid van algencellen blijkt ook de fysiologische toestand van de cel belangrijk te zijn. Titman en Kilman [1976] geven voor *Scenedesmus quadricauda*, de meest voorkomende alg in het Markermeer, bezinksnelheden op van 0,27 m·d⁻¹ en 0,89 m·d⁻¹ voor exponentieel groeiende, respectievelijk stationaire cultures. Slibdeeltjes zijn in het algemeen kleiner dan algendeeltjes maar hebben een grotere dichtheid. Doordat vorming van aggegraten optreedt is de bezinksnelheid van slib onder praktijk-condities moeilijk te schatten. In deze aggegraten kunnen natuurlijk ook algencellen 'gevangen' worden. Metingen in het Markermeer wijzen op valsnelheden van algen van circa 1,5 m·d⁻¹ [Boers, ongepubliceerde gegevens]. Deze snelheden liggen boven de in de literatuur vermelde waarden, maar onduidelijk is of co-precipitatie hierbij een rol speelt. Bij een diepte van 3,5 meter zijn echter de sedimentatieverliezen van algen uit de waterkolom bij het uitblijven van opwerveling potentieel aanzienlijk.

In onderzoeken waaruit sedimentatie als belangrijke verliesfactor naar voren is gekomen, wordt doorgaans geen rekening gehouden met opwerveling [zie bijvoorbeeld Smith, 1982]. In diepe meren met een hypolimnion is deze aanname gerechtvaardigd; wanneer algen de grenslaag gepasseerd zijn zal geen opwerveling meer plaatsvinden. Voor het Markermeer is dit duidelijk niet het geval. Resuspensie is, evenals sedimentatie, afhankelijk van dichtheid en korrelgrootte. De aanwezigheid van aggegraten, ofwel de cohesiviteit van het sediment speelt echter

een nog grotere rol. Er bestaan echter geen eenvoudige mathematische model-formuleringen om de resuspensie van sediment waarin cohesie een belangrijke rol speelt te kunnen kwantificeren. De mate van opwerveling is dan ook niet gemakkelijk te voorspellen. Opwerveling van algen heeft alleen betekenis voor de primaire produktie als de opgewervelde algen ook weer in staat zijn te groeien, dus in staat zijn een vrij lange periode op of in het sediment te overleven. Het feit dat in sommige gevallen tot op 35 cm diepte in sediment intacte algencellen zijn gevonden [Stockner en Lund, 1970] geeft aan dat verschillende algensoorten hiertoe in principe in staat zijn. Samenvattend kan geconstateerd worden dat over opwerveling van algenmateriaal weinig informatie beschikbaar is; de sedimentatie van algen in het Markermeer zou aanzienlijk kunnen zijn. Zonder nu verder op de theoretische aspecten en de literatuur in te gaan kan gesteld worden dat het belang van sedimentatie en opwerveling uit de verdeling van algen over de waterkolom moet blijken.

De verticale verdeling van *Scenedesmus* sp. in het Markermeer

In het routinematig waterkwaliteits-onderzoek van het Markermeer worden alleen monsters genomen nabij het wateroppervlak. Om na te gaan in hoeverre sedimentatie en opwerveling de aantallen algen bepalen is het nodig inzicht te krijgen in de verdeling van algen over de verticaal. Daartoe zijn enige malen algentellingen uitgevoerd op verschillende plaatsen in de waterbodem, gericht op *Scenedesmus* sp. Uit oriënterende metingen bleek al snel dat nabij de bodem de algenconcentraties veel groter kunnen zijn dan nabij het oppervlak. Op 29 augustus 1984 werden op circa twintig centimeter boven de bodem 81.000 *Scenedesmus*-cellen per ml geteld, terwijl bij het wateroppervlak de aantallen niet hoger waren dan 1.300 per ml; de monsters werden in dit geval met een Wohlenberg-monsternemer genomen. Toen dit was vastgesteld was de volgende vraag of een schatting kon worden gemaakt van het totaal aantal algen in de waterkolom. Hiervoor is meer nodig dan een aantal steek-monsters verdeeld over de waterkolom. Ten eerste moet het aantal algen dat op of in de bodem aanwezig is worden bepaald; ten tweede moet vrij nauwkeurig kunnen worden vastgesteld hoe het aantalsverloop is in de onderste waterlagen waar de schuifspanning de grootste invloed heeft op de waterbeweging. Er moet dus een ongestoord monster van de bodem en onderste waterlagen genomen kunnen worden. Hiervoor is gebruik gemaakt van een steekbuis die aan boven- en onderkant

TABEL III – Markermeer, voorjaar 1985. Aantallen *Scenedesmus* per ml in monsters genomen op verschillende plaatsen in de waterkolom.

Datum	17-4	22-4	1-5
Diepte ten opzichte van wateroppervlak:			
1,00 m	5.800	11.900	13.200
3,00 m	7.500	13.200	14.900
Afstand ten opzichte van grensvlak water/sediment:			
0,10 - 0,20 m	13.200	15.200	18.600
0,01 - 0,10 m	18.900	21.500	24.700
0,00 - 0,01 m	742.800	456.200	215.400
Bodemmateriaal	579.600	456.500	155.800

afgesloten wordt met een opblaasbare rubber ring (Eykelkamp mudsampler; zie voor een beschrijving Siebers en Donze, [1984], en produktinformatiebulletin 04.10). Helaas kon deze monsterprocedure tot dusver uitsluitend getest worden in periodes met vrij veel wind. Een overzicht van resultaten wordt gegeven in tabel III.

Steeds is de algenconcentratie op drie meter diepte (half tot een meter boven de bodem) iets hoger dan nabij het wateroppervlak; in de onderste centimeters zijn de concentraties zelfs veel hoger, maar ten opzichte van het gesommeerde aantal over de hele waterkolom is het aandeel van deze onderste centimeters in deze situatie niet meer dan een paar procent. Onderzoek onder rustiger weersomstandigheden zal moeten uitwijzen of er scherpere concentratiegradiënten mogelijk zijn. Verondersteld wordt dat bij rustiger omstandigheden de algenconcentraties in de waterkolom lager zullen zijn ten opzichte van de bij de bodem optredende concentraties.

Interactie tussen slib, algen en nutriënten

Analyse van de wijze waarop particulier gebonden nutriënten verdeeld zijn over anorganisch slib, algen en overig materiaal (restfractie) biedt inzicht in hoeverre nutriënten daadwerkelijk door algen benut kunnen worden. Om dit te onderzoeken werden de gegevens aan een multi-regressie analyse onderworpen (tabel IV). Daarbij werd de restfractie gedefinieerd als de hoeveelheid particulier gebonden nutriënt die niet in algen of anorganisch slib is vastgelegd (detritus, zoöplankton, bacteriën). Voor stikstof is deze restfractie in alle onderzochte meren de belangrijkste 'sink'. Een groot aandeel van de vastgelegde stikstof, circa 50-80%, is dus niet door algen benut. In concentraties uitgedrukt is dit circa 1,0-1,2 mg/l, een waarde die goed in overeenstemming is met de in de derde CUWVO eutrofiëringenenquête in meren gevonden gemiddelde inerte stikstofconcentratie van 1 mg N/l [Lyklema et al., 1988]. De verdeling van fosfaat over de

TABEL IV – Verdeling van particulier gebonden nutriënten over diverse fracties in het IJsselmeergebied, zoals bepaald met multi-regressie analyse.

Locatie	Particulair gebonden fosfor (mg/l)	waarvan:	Locatie	Particulair gebonden stikstof:	waarvan:
Markermeer open water (r = 0,96)	0,146	in slib: 55% in algen: 25% restfractie: 20%	Markermeer open water (r = 0,94)	1,72	in slib: 26% in algen: 19% restfractie: 54%
Gouwee (r = 0,67)	0,146	in slib: 38% in algen: 11% restfractie: 51%	Gouwee (r = 0,73)	1,42	in slib: 13% in algen: 8% restfractie: 79%
IJmeer (r = 0,90)	0,094	in slib: 30% in algen: 20% restfractie: 50%	IJmeer (r = 0,80)	1,31	in slib: 11% in algen: 11% restfractie: 78%
Veluwemeer (r = 0,70)	0,115	in slib: 18% in algen: 46% restfractie: 36%	Veluwemeer (r = 0,83)	1,88	in slib: 2% in algen: 45% restfractie: 53%
IJsselmeer (r = 0,95)	0,137	in slib: 31% in algen: 24% restfractie: 45%	IJsselmeer (r = 0,76)	1,30	in slib: 8% in algen: 27% restfractie: 65%

diverse fracties is complexer. In het open water van het Markermeer is slib de voornaamste invanger van fosfaat, in het Veluwemeer wordt het fosfaat vooral in de algen vastgelegd, in IJsselmeer, Gouwee en IJmeer legt de restfractie het meeste fosfaat vast. Opvallend is dat met uitzondering van het Veluwemeer slechts een klein percentage van het fosfaat, minder dan 25%, in de algen is vastgelegd. Daarbij is de berekende binding van fosfaat door algen per gewichtseenheid algen overal ongeveer even groot (tabel V). Dat geldt niet voor de binding van nutriënten aan slib. Zowel voor fosfaat als stikstof werd bij een afnemende invloed van IJsselmeer-water een daarmee corresponderende afnemende vastlegging per milligram anorganisch slib berekend. Uit tabel V volgt dat in het slibrijke Markermeer de aanwezige hoeveelheid slib in totaal circa vier maal zoveel P vastlegt als in het Veluwemeer. Dit wordt vrijwel geheel veroorzaakt door de verschillende slibgehalten in deze meren, en ten dele door de grotere binding van fosfaat aan slib in het Markermeer. Slib blijkt in het Markermeer voor algen een belangrijke concurrent te zijn bij de binding van voedingsstoffen.

TABEL V – Door middel van multiregressie analyse berekende vastlegging van nutriënten in algen (µg nutriënt per µg chlorofyl) en anorganisch slib (µg nutriënt per mg slib), alsmede anorganische slibconcentraties (mg/l) in diverse meren in het IJsselmeergebied.

Bindingscoëfficiënt	P / chl	P / slib	N / chl	N / slib	slibconc.
IJsselmeer (1973-1986)	0,60	3,97	3,66	13,11	18,9
Markermeer (1982-1986)	0,66	1,96	6,01	10,89	43,3
IJmeer (1982-1986)	0,63	1,53	4,73	7,20	21,0
Gouwee (1973-1986)	0,49	1,49	3,84	5,40	35,5
Veluwemeer (1980-1986)	0,65	1,26	10,28	2,27	16,5

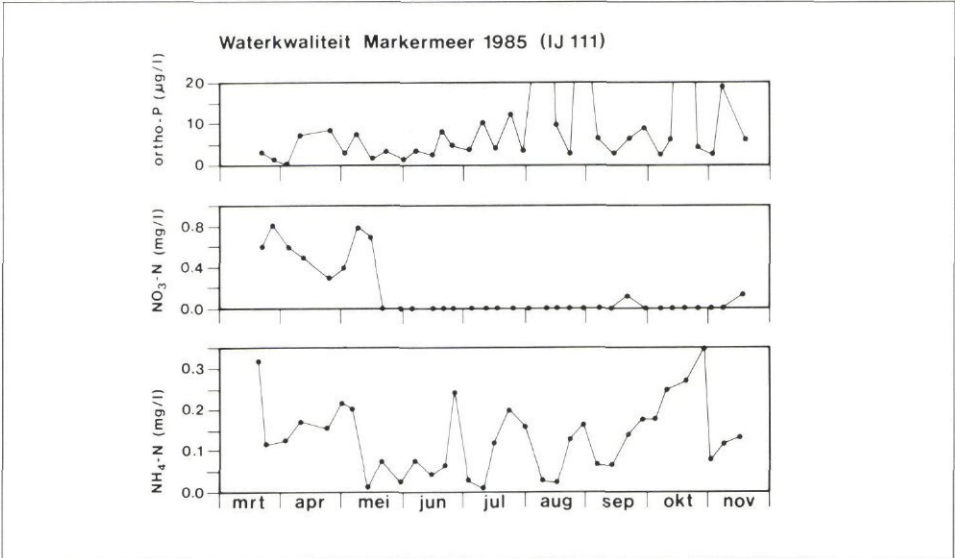
TABEL VI – Waargenomen concentratieveranderingen voor ortho-P en chlorofyl in het Markermeer (IJ-111) in 1987. Voor het berekenen van de potentiële biomassa-aanwas is gebruik gemaakt van de gegevens uit tabel V. Alle eenheden in µg/l.

Datum:	21-7 / 28-7	25-8 / 1-9	6-10 / 13-10
A. Nalevering/desorptie van P	9	14	14
B. Waargenomen toename ortho-P concentratie	5	18	18
C. Potentieel verbruik van P door algen (A - B)	4	—	—
D. Potentiële biomassa aanwas	6	—	—
E. Waargenomen biomassa aanwas	11	18	26

P vrij groot: 0,03-0,07 mg P/l in het Markermeer, 0,04 mg P/l in het Veluwemeer, en 0,09 mg P/l in het IJsselmeer.

Algen in het Markermeer: groei of opwerveling?

Voor het beantwoorden van bovenstaande vraag zijn in het voorgaande de volgende aanwijzingen verkregen. Het proces windwerking – golfhoogte – stroming – opwerveling beïnvloedt de toename van de algenbiomassa in de waterkolom. Dit blijkt uit een overeenkomend dynamisch patroon van slibgehalte, chlorofylgehalte en windsnelheden, een correlatie tussen anorganisch slibgehalte en chlorofylgehalte en concentratie-gradiënten van algen nabij de bodem.



Afb. 4 - Overzicht van de concentraties voor algen beschikbare voedingsstoffen in het open water van het Markermeer (IJ-111; 1985). Ammonium en nitraat in mg · l⁻¹, ortho-fosfaat in µg · l⁻¹.

Dit onderstreept nogmaals het belang van de slibdynamiek in het Markermeer voor de groeikansen van algen. Voorts is de hoeveelheid niet voor algen beschikbaar Een direct antwoord op de vraag of groei of

opwerveling verantwoordelijk is voor de toename van de algenbiomassa in de waterkolom zou verkregen kunnen worden door de totale hoeveelheid algen in de waterkolom en de bodem van het Markermeer te kwantificeren. Dit stuit echter op het praktische probleem dat hiervoor enorme aantallen monsters nodig zijn, meer dan met een schip op een dag te verzamelen zijn. Een alternatieve benadering om na te gaan of sprake is van groei op opwerveling zou kunnen zijn het volgen van de concentratieveranderingen van nutriënten. Voor een toename van de biomassa van algen zijn nutriënten nodig. Groei van algen betekent in het algemeen een afname van de concentratie ortho-fosfaat en van ammonium/nitraat in de waterfase, tenzij er voldoende compensatie plaatsvindt door nalevering vanuit de bodem of desorptie vanaf slib. Interessant zijn situaties waarin zowel de algenbiomassa als de nutriëntenconcentraties toenemen (tabel VI).

Dan blijkt dat in het Markermeer bij een gemeten nalevering van $3,5 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{dag}$ ($H = 3,5 \text{ m}$) en een concentratie-afhankelijk adsorptie/desorptie-evenwicht (gemiddeld $6,1 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{dag}$; [Coops, 1987]) er situaties zijn waarin de waargenomen toename in de algenbiomassa niet gepaard gaat met een overeenkomstige afname van het ortho-P gehalte. Dit is in overeenstemming met het idee dat veranderingen in de algenconcentraties in de waterkolom van het Markermeer niet het gevolg zijn van groei, maar van opwerveling van al aanwezige algen. Door groei neemt de totale omvang van de aanwezige algenbiomassa in water en bodem toe, maar dat is niet altijd zichtbaar als verhoogde chlorofylgehalten in de waterkolom; daarvoor is de invloed van de opwerveling op de algenbiomassa in de waterkolom te groot.

Een laatste opmerking over de groei van algen betreft het optreden van nutriënt-limitaties. In de zomer worden in het Markermeer regelmatig ortho-fosfaatconcentraties van nul tot enkele microgrammen per liter gemeten. Uitgaande van de bovenvermelde fosfaatfluxen, en een fosfaatlimitatie grens van circa $10 \mu\text{g/l}$ [Zevenboom, 1980] kan geconcludeerd worden dat de algengroei in het Markermeer regelmatig fosfaatgelimiteerd zal zijn.

Conclusies voor het Markermeer

- Zwevend slib interfereert met de lichtvoorziening van de algen.
- Opwerveling van algen vanaf de bodem kan een belangrijke bijdrage leveren aan de algenbiomassa in de waterfase.
- Zwevend slib kan met algen concurreren bij de vastleging van vrije nutriënten.
- Zowel licht- als nutriëntgelimiteerde groei van algen kan in het Markermeer voorkomen.
- Algen komen in het Markermeer voor op de bodem of in de waterkolom. De verdeling van algen over waterkolom en bodem wordt vooral bepaald door fysische processen (windwerking, golfhoogte, stroming, opwerveling, sedimentatie). De totale omvang van de algenbiomassa in het systeem wordt vooral bepaald door biologische processen (groei, sterfte, grazing) en chemische processen (beschikbaarheid nutriënten).

Conclusie voor het beheer

- Indien de slibdynamiek dominant is voor het sturen van de algenbiomassa in de waterkolom dan is handhaving van de slibdynamiek een vereiste om de algenbiomassa laag te houden. Dit is van belang bij aanleg van de Markerwaard.
- Aanleg van de Markerwaard kan leiden tot verlaagde slibconcentraties.

Hierdoor kunnen zowel licht als nutriënten (minder adsorptie door slib) voor algen beter beschikbaar komen, hetgeen de kans op ongewenste algenbloei vergroot.

Voortzetting onderzoek

Het onderzoek in het Markermeer zal worden voortgezet. In 1987-1988 ligt de nadruk op de volgende aspecten:

- Zijn opgewervelde algen in staat een significante bijdrage te leveren aan de primaire productie?
- Nutriëntenopname-experimenten en bio-assays: Welke nutriënten zijn wanneer limiterend?
- Onderzoek naar de grootte van de primaire productie. Is de productie onvoldoende groot om de toename van de algenbiomassa in de waterfase te kunnen verklaren?
- Wat zijn de effecten van een discontinue lichtvoorziening op de groei van algen in het Markermeer.
- Wat zijn de adsorptiekenmerken van zwevend materiaal in de waterfase.

Verantwoording

Commentaar en suggesties voor dit artikel werden geleverd door M.-L. Meijer, P. C. M. Boers, E. J. B. Uunk, F. A. M. Claessen en J. Leentvaar (allen DBW/RIZA). De illustraties in het artikel werden verzorgd door R. Helsdingen.

Referenties

- Adviescommissie Algenbloei Westelijke Randmeren Markerwaard (1984). *Advies van de Commissie Algenbloei Westelijke Randmeren Markerwaard*. Hilversum, januari 1984.
- Berger, C. et al. (1986). *De kans op blauwalgenbloei in de randmeren van de Markerwaard*. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Flevovericht nr. 268, Lelystad.
- Coops, O. (1988). *Fosfaathuishouding in het oppervlaktewater*. Stageverslag DBW/RIZA, Lelystad.
- Loogman, J. G. (1982). *Influence of photoperiodicity on algal growth kinetics*. Thesis, Universiteit van Amsterdam.
- Lijklema, L., Janse, J. H., Roijackers, R. R. M. en Meijer, M.-L. (1988). *Eutrofiëring in Nederland*. H₂O (21) 1988, in druk.
- Reynolds, C. S. (1984). *The ecology of freshwater plankton*. Cambridge University press. X + 384 pp.
- Siebers, H. H. en Donze, M. (1984). *Een nieuw apparaat voor het nemen van ongestoorde sedimentmonsters*. H₂O (17) 1984, p. 74-77.
- Smith, I. R. (1982). *A simple theory of algal deposition*. Freshwater Biology 12: 445-449.
- Stockner, J. G. and Lund, J. W. G. (1970). *Live algae in postglacial lake deposits*. Limnology and Oceanography 15: 41-58.
- Titman, D. and Kilham, P. (1976). *Sinking in freshwater phytoplankton: some ecological implications of cell nutrient status and physical mixing processes*. Limnology and Oceanography 21: 409-417.
- Zevenboom, W. *Growth and nutrient uptake kinetics of Oscillatoria agardhii*. Thesis, Universiteit van Amsterdam.



Actief Biologisch Beheer; herstel van meren en plassen

Actief biologisch beheer vormt het onderwerp van een nieuwe film van het ministerie van Verkeer en Waterstaat.

De meeste Nederlandse meren en plassen zijn groen en troebel door overmatige algen-groei. De bestrijding van deze algenproblemen richt zich in de eerste plaats op aanpak van de lozingen van meststoffen. Het planten- en dierenleven in onze algenrijke wateren is echter zo ontregeld dat waterkwaliteitsherstel moeilijk op gang komt. Waterplanten en een belangrijke roofvis als de snoek zijn op veel plaatsen verdwenen. Algen en 'verbraseming' bepalen nu het beeld. Vooral de grote brasemstand staat het herstel waarschijnlijk in de weg. Wij hebben te maken met een vicieuze cirkel waar de natuur op eigen kracht haast niet meer uitkomt. Een visstandbeheer gericht op minder brasem en meer roofvis biedt mogelijkheden om het herstelproces te versnellen. Kansrijk zijn vooral de kleinere, min of meer afgesloten meren en plassen. De Dienst Binnenwateren/RIZA van Rijks-waterstaat is in 1985 gestart met onderzoek in deze richting. Een samenwerking is aangegaan met de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij; het Limnologisch Instituut en de Provincie Utrecht. De eerste resultaten zijn veelbelovend. De film geeft een beeld van de ecologische achtergronden en praktische mogelijkheden van visstandbeheersmaatregelen bij het bestrijden van algenproblemen. Waterbeheerders, hengelsportverenigingen, beroepsvissers en de Raad voor Milieu- en Natuuronderzoek geven hun visie op 'actief biologisch beheer'.

De film is kosteloos te leen voor geïnteresseerden en verkrijgbaar in de formaten 35 mm en 16 mm en in alle videosystemen. Een Engelstalige versie is eveneens beschikbaar.

Contactpersoon: mw. M. Wouters of mw. A. Dijksterhuis, DBW/RIZA, Postbus 17, 8200 AA Lelystad, tel.: 03200 - 7 04 11.