

10 357362

*AMOEBE Volkerak-Zoommeer*

---

Selectie van doelvariabelen  
uit de groep Blauwwieren  
(Cyanoprokaryota)

Adviesstudie  
in opdracht van het RIZA



koeman en bijkerk bv  
hydro-ecologisch onderzoek en advies



C26705

AMOEBE Volkerak-Zoommeer

---



Rijkswaterstaat/RIZA  
Rijksinstituut voor  
Integraal Zoetwaterbeheer en  
Afwatwaterbehandeling  
Documentatie  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

## Selectie van doelvariabelen uit de groep Blauwwieren (Cyanoprokaryota)

Adviesstudie  
in opdracht van het RIZA

Opdracht nr. 18630 / WS

auteurs R. Bijkerk  
A.M.T. Joosten

datum juli 1995

rapportnr 95-11

koeman en bijkerk bv  
hydro-ecologisch onderzoek en advies  
postbus 14  
9750 AA Haren

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	1
Samenvatting	2
Aanbevelingen	2
1 Inleiding	3
2 Selectie van doelvariabelen	5
2.1 Criteria	5
2.2 Blauwwieren in het Volkerak-Zoommeer	5
2.3 Selectie van soortcomplexen	7
3 Morfologische beschrijving van doelvariabelen	9
3.1 Microcystis groep aeruginosa	9
3.2 Aphanizomenon groep flos-aquae	10
3.3 Anabaena groep flos-aquae	11
4 Abundantiemaat en analysemethode	13
4.1 Abundantiemaat	13
4.2 Analysemethode	14
5 Huidige dichtheden in het Volkerak-Zoommeer	17
5.1 Microcystis groep aeruginosa	17
5.2 Aphanizomenon groep flos-aquae	17
5.3 Anabaena groep flos-aquae	18
6 Referentiedichtheden en huidige dichtheden voor de AMOEBE	19
6.1 Algemeen	19
6.2 Vergelijking met dichtheden elders en vroeger	20
Referenties	23
Bijlage 1 Voor- en nadelen van een zomergemiddeld percentage blauwwieren	25
Figuur 1 Vertegenwoordiging van blauwwiergeslachten langs de trofiegradiënt	4
Figuur 2 Dichtheidsverloop van de drie soortcomplexen in het Volkerak-Zoommeer	6
Tabel 1 Overzicht van blauwwierbloeien in het open water van het IJsselmeer	4
Tabel 2 Kenmerken van soorten uit het complex Microcystis groep aeruginosa	9
Tabel 3 Kenmerken van soorten uit het complex Aphanizomenon groep flos-aquae	11
Tabel 4 Kenmerken van soorten uit het complex Anabaena groep flos-aquae	12
Tabel 5 Seizoensgemiddelde dichtheid van Microcystis in het Volkerak-Zoommeer	17
Tabel 6 Seizoensgemiddelde dichtheid van Aphanizomenon in het Volkerak-Zoommeer	18
Tabel 7 Seizoensgemiddelde dichtheid van Anabaena in het Volkerak-Zoommeer	18
Tabel 8 Optreden van Aphanizomenon-bloeien afhankelijk van graasduk en fosfaat	19
Tabel 9 Huidige waarde en referentiewaarde van Microcystis (seizoensgemiddelden)	20
Tabel 10 Huidige waarde en referentiewaarde van Aphanizomenon (seizoensgemidd.)	20
Tabel 11 Huidige waarde en referentiewaarde van Aphanizomenon (seizoensmaxima)	20

## Samenvatting

Voor opname als doelvariabele in de AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer worden de volgende drie soortcomplexen uit de groep blauwwieren voorgesteld :

- (1) *Microcystis* groep *aeruginosa* (seizoensgemiddelde dichtheid in  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ )
- (2) *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* (seizoensgemiddelde dichtheid in  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ )
- (3) *Anabaena* groep *flos-aquae* (jaargemiddelde dichtheid in  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ )

De eerste twee domineren sinds 1992 de fytoplanktongemeenschap van het Volkerak-Zoommeer in de zomermaanden. De seizoensgemiddelde dichtheid wordt berekend over de maanden juni-oktober. De derde, *Anabaena*, is onregelmatig aanwezig maar wordt hier voorgesteld in verband met mogelijke negatieve effecten op de *Daphnia*-graasdruk.

De selectie van soortgroepen in plaats van soorten is noodzakelijk omdat een zekere determinatie tot op soortsniveau niet altijd mogelijk is. Een keuze voor het "zomergemiddelde percentage blauwwieren" wordt afgeraden omdat deze parameter minder eenvoudig en efficiënt te bepalen is, minder informatief en toetsbaar is en de bepaling ervan minder goed te standaardiseren is en minder betrouwbare resultaten geeft. Tips worden gegeven voor een betrouwbare bepaling van de dichtheid van de soortgroepen.

De huidige dichtheid van de doelvariabele *Microcystis* in het Volkerak bedraagt 2.600.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$  en in het Zoommeer 4.400.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ . De referentiewaarde is gesteld op 500.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$  en is een schatting van de dichtheid in het IJsselmeer rond het jaar 1938. De huidige dichtheid in het IJsselmeer is 4.100.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ .

De huidige dichtheid van de doelvariabele *Aphanizomenon* in het Volkerak bedraagt 2.400.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$  en in het Zoommeer 1.100.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ . De referentiewaarde is gesteld op 600.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$  en is bepaald uit een situatie met een aanmerkelijk lagere fosfaatbelasting dan de huidige en een aanwezigheid van grotere *Daphnia*'s. Het stimuleren van de graasdruk zonder sanering van de fosfaatbelasting zal waarschijnlijk leiden tot een toename van de *Aphanizomenon*-biomassa tot 4.000.000  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ , doordat de huidige soort *A. klebahnii* vervangen wordt door *A. flos-aquae*. Wel zal het doorzicht tijdens deze situatie toe kunnen nemen tot zeker 2 m. Dit komt omdat de fytoplanktonbiomassa hierbij geaggregeerd zal zijn in grotere eenheden (vlokvormige kolonies).

Voor *Anabaena* konden binnen het tijdsbestek van deze studie geen referentiewaarden worden bepaald.

## Aanbevelingen

Voor een uitwerking van ontwikkelings-scenario's voor het Volkerak-Zoommeer is het nodig om te weten of *Aphanizomenon flos-aquae* (de grote variëteit) op de achtergrond in dit meer voorkomt. Dit kan onderzocht worden door een analyse van grotere volumina, bijvoorbeeld door onderzoek van reeds genomen zoöplanktonmonsters.

Een actueel overzicht van de beschikbare ecologische informatie over de in dit rapport genoemde soortgroepen zou heel nuttig zijn. Belangrijke aspecten zijn de interactie met zoöplankton, de potentiële toxiciteit, de reactie op saneringsmaatregelen en de invloed op de nutriëntenhuishouding (de op de bodem overwinterende blauwwiersoorten als *Aphanizomenon* dragen bij aan de interne fosfaatbelasting).

Bij de uitgebreide fytoplanktonanalyses moet getracht worden onderscheid te maken tussen *Aphanizomenon klebahnii* en *A. flos-aquae*.

# 1 Inleiding

## Achtergrond

In het kader van de watersysteemverkenning (WSV) Volkerak-Zoommeer wordt een beschrijving gemaakt van de huidige en gewenste ecologische kwaliteit van dit systeem volgens de AMOEBE (Algemene Methode OEcossysteembeschrijving en BEoordeling). Eén van de doelvariabelen in deze beschrijving moet betrekking hebben op blauwwieren (cyanobacteriën), omdat van deze groep algen nadelige effecten op de waterkwaliteit verwacht kunnen worden. Als maat is het zomergemiddeld percentage blauwwieren gesuggereerd. Omdat hieraan een aantal nadelen kleven heeft het RIZA opdracht gegeven tot een korte adviesstudie.

Het doel van deze studie is drieledig :

- (1) Het selecteren van één of meerdere bruikbare doelvariabele(n);
- (2) Het formuleren van een bepalingsmethode voor de monitoring van de variabele(n);
- (3) Het beschrijven van de huidige waarden en de streefwaarden.

## Opzet van de rapportage

Bij de selectie van doelvariabelen is in deze studie vooral gelet op de informatiewaarde van de variabele en de mogelijkheid tot een zo duidelijk mogelijke afbakening (met het oog op toetsing en eenvoud van analyse) en op de efficiëntie en betrouwbaarheid waarmee de variabele in een monitoringprogramma kan worden gemeten.

Het rapport bestaat uit zes hoofdstukken :

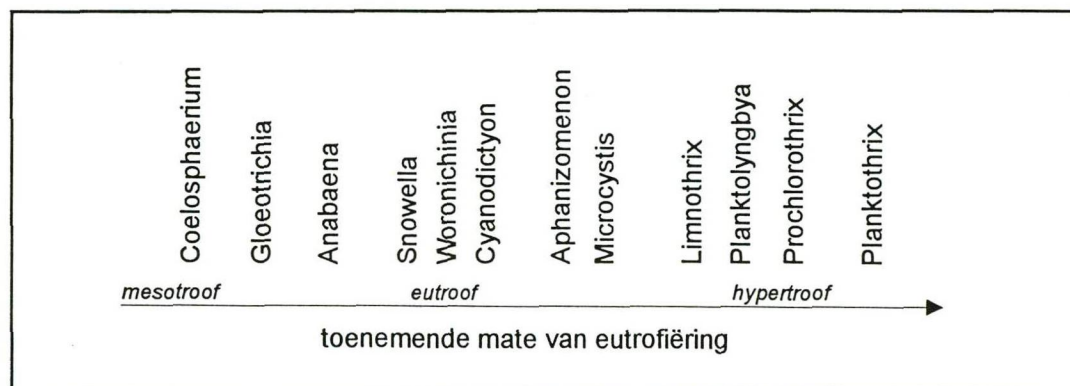
- (1) Deze inleiding.
- (2) Hoofdstuk 2 waarin de selectie van een drietal doelvariabelen (soortcomplexen) wordt gemotiveerd op basis van de binnen het RIZA gehanteerde criteria.
- (3) Hoofdstuk 3 waarin de geselecteerde soortcomplexen worden afgebakend op basis van een aantal morfologische karakteristieken die bruikbaar zijn voor lichtmicroscopisch onderzoek.
- (4) Hoofdstuk 4 waarin de abundantie-maten worden voorgesteld waarin de dichtheid van de doelvariabele kan worden uitgedrukt en tips worden gegeven voor een betrouwbare en effectieve bepaling van deze dichtheidsmaten.
- (5) Hoofdstuk 5 waarin een overzicht wordt gegeven van de grootte van de dichtheid van de doelvariabelen in het Volkerak-Zoommeer in de jaren 1992, 1993 en 1994 (sinds 1992 lijkt de planktonsamenstelling zich hier enigszins te stabiliseren).
- (6) Hoofdstuk 6 tenslotte, waarin de huidige dichtheden en de referentiedichtheden worden gepresenteerd, die vergeleken worden met dichtheden in enkele andere wateren waaronder het IJsselmeer.

Evenals het Volkerak-Zoommeer valt het IJsselmeer in dezelfde klasse van matig diepe meren (2.5-5 m diepte). Bij voortschrijdende eutrofiëring ontwikkelen deze meren zich tot de zogenaamde *Microcystis-Scenedesmus*-meren, genoemd naar de belangrijkste vertegenwoordigers in het fytoplankton, in de hypertrofe situatie (Berger 1988).

Tabel 1. Overzicht van blauwwierbloeien in het open water van het IJsselmeergebied.

Jaar	IJsselmeer	Markermeer	IJmeer
1971	?	<i>Microcystis</i>	?
1972	?	<i>Microcystis</i>	-
1973	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>
1974	<i>Planktothrix</i> / <i>Microcystis</i>	-	<i>Microcystis</i>
1975	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>
1976	<i>Planktothrix</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>
1977	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>
1978	-	-	<i>Microcystis</i>
1979	<i>Planktothrix</i> / <i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis</i>
1981	-	-	-
1981	<i>Microcystis</i>	-	?
1982	<i>Aphanizomenon</i> / <i>Planktothrix</i>	<i>Aphanizomenon</i> / <i>Microcystis</i> / <i>Aphanocapsa</i>	?
1983	<i>Microcystis</i>	<i>Aphanizomenon</i>	?
1983	-	<i>Aphanizomenon</i>	?
1983	<i>Planktothrix</i>	<i>Planktothrix</i>	?

- = geen bloei geconstateerd      ? = geen waarneming beschikbaar  
 bronnen : Berger *et al.* 1986, Berger en Sweers 1988, Van Duin 1992



Figuur 1. Vertegenwoordiging van blauwwiergeslachten langs de trofiegradiënt.

## 2 Selectie van doelvariabelen

### 2.1 Criteria

De criteria waaraan een doelvariabele moet voldoen zijn voor het RIZA geformuleerd door Van der Velden c.s. (1994) :

- (1) De variabele moet eenvoudig, goedkoop en nauwkeurig te meten zijn;
- (2) Van de variabele moeten recente meetgegevens beschikbaar zijn;
- (3) Van de variabele moeten referentiewaarden bekend zijn (waarden in situaties zonder grote antropogene invloeden);
- (4) Van de variabele moet voldoende ecologische kennis beschikbaar zijn;
- (5) Er moet een duidelijke, gemotiveerde streefwaarde geformuleerd kunnen worden;
- (6) De variabele moet een politieke en maatschappelijke bekendheid genieten;
- (7) De variabele moet karakteristiek zijn voor (een deel van) het ecosysteem;
- (8) De variabele moet gestuurd worden door factoren die beïnvloed kunnen worden door het waterbeheer;
- (9) De variabele moet bruikbaar zijn voor een periode van minstens tien jaar.

Een doelvariabele moet dus indicatief zijn voor de mate van antropogene verstoring van het watersysteem en moet betrouwbaar maar zonder veel tijdsinspanning bepaald kunnen worden, zonder dat een specialistische kennis en ervaring is vereist.

### 2.2 Blauwwieren in het Volkerak-Zoommeer

Een voordeel van de keuze voor blauwwieren is dat deze groep algen bekend zijn geworden als exponenten van een slechte waterkwaliteit. Een reputatie overigens die uitsluitend van toepassing is op een klein aantal soorten uit deze groep. Dit zijn de soorten die algenbloei kunnen veroorzaken, wat bij sommige soorten kan leiden tot de vorming van drijfslagen. Een aantal soorten is in staat gebleken tot de productie van toxines. Een keuze voor deze hinderlijke soorten (of soortcomplexen) in plaats van een keuze voor de groep blauwwieren als geheel, heeft belangrijke voordelen.

Dit zijn vooral voordelen op methodisch gebied en voor de bruikbaarheid op middellange termijn. Door een zo specifiek mogelijke definiëring van de doelvariabele in taxonomische termen is een vergelijking met waarnemingen van anderen gemakkelijker, kan er beter gebruik worden gemaakt van ecologische literatuur en kan een verfijnder beoordelingssysteem ontwikkeld worden. Immers, er is een duidelijk verschil tussen soorten in de verspreiding langs de trofische gradiënt, dat ook op geslachtsniveau als gemiddelde voorkeur kan worden weergegeven (figuur 1).

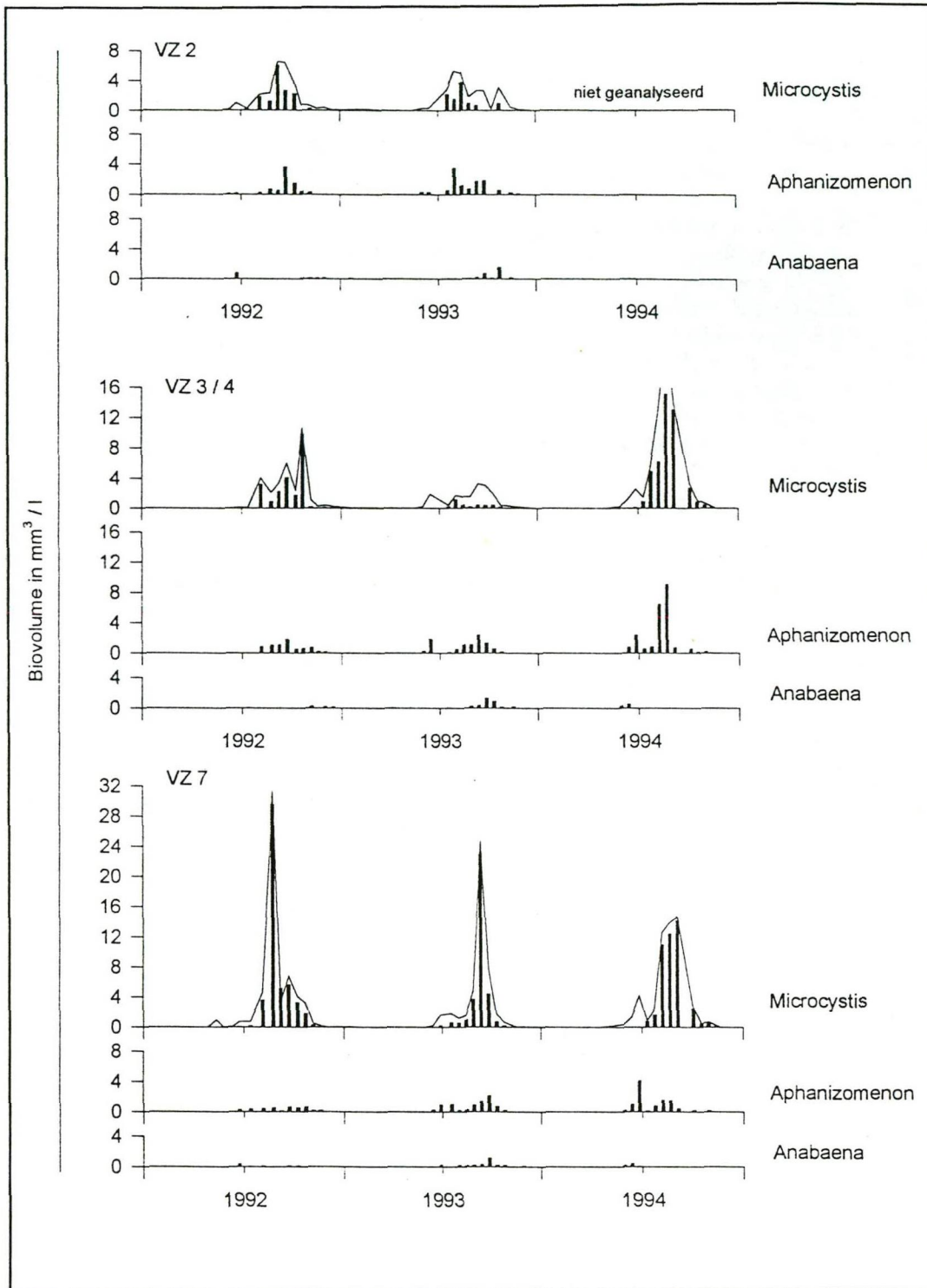
Het vóórkomen van de gekozen soort(en) dient in absolute termen te worden bepaald en niet in procenten. Hierdoor zullen efficiëntie en betrouwbaarheid aanzienlijk worden verbeterd. In bijlage 1 zijn de nadelen toegelicht van een keuze voor het zomergemiddelde percentage blauwwieren als doelvariabele.

In het Volkerak-Zoommeer zijn de volgende drie blauwwiergeslachten van belang :

- (1) *Microcystis*
- (2) *Aphanizomenon*
- (3) *Anabaena*

Voor deze drie wordt een implementatie als doelvariabele uitgewerkt. De volgorde in bovenstaand rijtje is een zekere prioriteitsvolgorde. Hieronder wordt de keuze kort toegelicht.





Figuur 2. Dichtheidsverloop (biovolume) van de drie soortcomplexen in het Volkerak op VZ 2 en VZ 3 (1994) / VZ 4 (1992-1993) en in het Zoommeer op VZ 7; de getrokken lijn in de staafdiagrammen van *Microcystis* geeft het totale blauwwiervolume aan.

### Microcystis en Aphanizomenon

Van *Microcystis aeruginosa* en verwante soorten zijn in de jaren 1992-1994 de hoogste biovolume-dichtheden gemeten (figuur 2). Vooral in het Zoommeer treedt *Microcystis* in de zomer sterk op de voorgrond. In het Volkerakmeer zijn de dichtheidsverschillen met *Aphanizomenon* kleiner. Van *Aphanizomenon* echter zijn de dichtheden in de laatste drie jaar toegenomen, terwijl die van *Microcystis* in het Zoommeer zijn gedaald. Beide zijn verantwoordelijk voor de toegenomen gehalten aan chlorofyla in de maanden juli-september en kunnen daarom beschouwd worden als karakteristiek voor het huidige Volkerak-Zoommeer-systeem. Daarbij komt dat deze algen in vergelijkbare, matig diepe, eutrofe meren als het IJsselmeer en het Markermeer, in de zeventiger en tachtiger jaren regelmatig verantwoordelijk waren voor blauwwierbloeien (tabel 1). Om deze redenen worden beide geslachten hier aanbevolen als doelvariabele.

### Anabaena

De maximale dichtheden van *Anabaena* zijn in 1992-1994 doorgaans lager gebleven, ofschoon deze alg in voor- en nazomer de blauwwiergroep qua biovolume kan domineren. Het zomergemiddelde biovolume van *Anabaena* vertoont een negatief verband met het zomergemiddelde biovolume van *Microcystis*, wat er voor pleit om ook *Anabaena* als doelvariabele op te nemen. Een andere reden is het vermoeden dat juist dit geslacht in het Volkerak-Zoommeer verantwoordelijk is voor een slecht functionerende *Daphnia*-gemeenschap. Een analyse van de fytoplanktonontwikkeling in de periode 1988-1994 toont dat watervlooiën uit de monsters verdwijnen op het moment dat *Anabaena*'s verschijnen, terwijl de zomer van 1994 met relatief hoge dichtheden van *Daphnia* gekenmerkt werd door het vrijwel afwezig zijn van *Anabaena*. Eén en ander wordt gepresenteerd in de Watersysteemrapportage Volkerak-Zoommeer 1987-1994, die momenteel in voorbereiding is. De remming van zoöplanktongraas in aanwezigheid van toxische stammen van *Anabaena* is sterker dan bij *Aphanizomenon* en *Microcystis* (Fulton 1988, Gilbert 1990).

## 2.3 Selectie van soortcomplexen

De belangrijkste soorten uit de drie genoemde geslachten zijn lichtmicroscopisch goed te onderscheiden, mits het gaat om goed ontwikkelde kolonies (*Microcystis*) of om individuen met zowel heterocysten<sup>1</sup> en akineten<sup>2</sup> (*Anabaena*). Dergelijke individuen zijn in monsters echter in de minderheid. In het geval van *Microcystis* zijn losse cellen vaak aanzienlijk talrijker dan de in kolonies gegroepeerde cellen. Deze losse cellen kunnen niet met zekerheid als *Microcystis aeruginosa* worden gedetermineerd.

Door deze identificatieproblemen en omwille van de eenvoud en betrouwbaarheid van de analyse dient de selectie te worden omschreven in termen van soortcomplexen. Het soortcomplex voor *Microcystis aeruginosa* omvat dan bijvoorbeeld alle *Microcystis*-soorten met grote cellen ( $\emptyset$  3-7  $\mu\text{m}$ ) die gasvacuolen bezitten.

Voor de praktijk is dit compromis noodzakelijk. Zelfs bij uitgebreide analyses van de soortensamenstelling in peiljaren zal het maar in beperkte mate mogelijk zijn om de aangetroffen cellen van *Microcystis* tot op soortsniveau te determineren.

---

<sup>1</sup> Heterocysten zijn afwijkend gevormde cellen met als functie het binden van moleculaire stikstof (stikstoffixatie). De omvang en positie van de heterocysten is een soortskenmerk. Recent is de term heterocyten aanbevolen, omdat cysten in feite rustcellen (sporen) zijn.

<sup>2</sup> Akineten zijn cellen die zich ontwikkelen tot sporen en daarbij een duidelijke vormverandering ondergaan. De omvang en positie van de akineten is een soortskenmerk.

Als doelvariabele worden de volgende soortcomplexen voorgesteld :

- (1) *Microcystis* groep *aeruginosa*
- (2) *Aphanizomenon* groep *flos-aquae*
- (3) *Anabaena* groep *flos-aquae*

In het volgende hoofdstuk worden deze drie soortcomplexen morfologisch beschreven, zodat een betrouwbare determinatie met behulp van het lichtmicroscop mogelijk is.

## 3 Morfologische beschrijving van doelvariabelen

### 3.1 *Microcystis* groep *aeruginosa*

#### Omschrijving

Het soortcomplex *Microcystis* groep *aeruginosa* omvat zes soorten :

- (1) *Microcystis aeruginosa*
- (2) *Microcystis botrys*
- (3) *Microcystis flos-aquae*
- (4) *Microcystis novacekii*
- (5) *Microcystis viridis*
- (6) *Microcystis wesenbergii*

Karakteristieken voor de identificatie van deze groep zijn de volgende kenmerken :

- (1) Bolvormige *Microcystis*-cellen met gasvacuolen (gasvacuolen zijn niet altijd zichtbaar en cellen in delingsstadia zijn niet bolvormig maar elliptisch);
- (2) Celdiameter tussen 3 en 7  $\mu\text{m}$  (met mogelijke uitschieters tot 8  $\mu\text{m}$ ).
- (3) Cellen zijn gegroepeerd in kleine tot zeer grote kolonies, die omgeven kunnen zijn door een duidelijke koloniemembraan (*M. wesenbergii*). De verspreiding van de cellen in de kolonies is zeer variabel, maar slechts zelden beperkt tot de periferie (*M. wesenbergii* ?); bloemkoolachtige aggregaten van subkolonies komen voor (*M. viridis*). In lugolgefixeerde monsters is een groot deel echter als losse cel aanwezig!

#### Toelichting

In *Microcystis*-waterbloeien zijn doorgaans meerdere soorten vertegenwoordigd. Losse cellen en kleine koloniefragmenten zijn niet betrouwbaar tot op soortsniveau te determineren. Volgroeide kolonies kunnen herkend worden aan de kolonievorm en aan de morfologische kenmerken van de slijmmantel (Komárek 1991, Komárková-Legnerová en Cronberg 1994). Tabel 2 geeft kenmerken van de belangrijkste soorten uit het complex.

Tabel 2. Kenmerken van soorten uit het complex *Microcystis* groep *aeruginosa*.

soort	celdiameter ( $\mu\text{m}$ )	kolonievorm
<i>M. aeruginosa</i>	3.5 - 5(6.5)	onregelmatig, gelobd, met gaten, kolonie zonder duidelijke slijmmantel
<i>M. botrys</i>	5-6	bolvormig geheel van bolvormige subkolonies, slijmmantel met buisvormige structuren
<i>M. flos-aquae</i>	(2.5)3 - 4.8(5.6)	bolvormig tot onregelmatig, scherp begrensd, cellen dicht opeengepakt
<i>M. novacekii</i>	(2.4)3 - 5.5(6)	bolvormig geheel van bolvormige subkolonies, slijmmantel duidelijk, zonder lichtbrekende rand
<i>M. viridis</i>	(3)4 - 7.5(7.9)	onregelmatig geheel van subkolonies, cellen in kubusachtige groepjes
<i>M. wesenbergii</i>	(4)4.5 - 7	bolvormig tot langwerpig, sterk gelobd, opvallende slijmmantel met lichtbrekende rand

Bronnen : Komárek (1991), Komárková-Legnerová en Cronberg (1994), Cronberg en Komárek (1994)

Bij een recente inventarisatie van een aantal Zweedse meren, werden *Microcystis*-soorten vrijwel uitsluitend gevonden in de eutrofe meren; de soort *M. aeruginosa* werd het vaakst aangetroffen (Cronberg en Komárek 1994). In de Nederlandse oppervlaktewateren zijn vooral *M. aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. wesenbergii* en *M. viridis* van belang, alsmede enkele soorten die nog taxonomische revisie behoeven.

Losse *Microcystis*-cellen zijn vrijwel het gehele jaar in de watermonsters te vinden en ook in het groeiseizoen kunnen zij talrijker zijn dan de kolonievormende cellen. Het optreden van losse cellen kan een gevolg zijn van monsternamen en fixatie, maar kan ook natuurlijke oorzaken hebben (begrazing, weersomstandigheden, fragmentatie van grote kolonies).

### 3.2 Aphanizomenon groep flos-aquae

#### Omschrijving

Het soortcomplex *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* omvat drie soorten :

- (1) *Aphanizomenon flexuosum*
- (2) *Aphanizomenon flos-aquae*
- (3) *Aphanizomenon klebahnii*

Karakteristieken voor de identificatie van deze groep zijn de volgende kenmerken :

- (1) Draadvormige blauwwieren met karakteristieke eindcel (een bleke, verlengde cel, niet altijd duidelijk), cilindervormige tot zwak-tonvormige cellen, weinig ingesnoerd op de tussenwanden, maar wel duidelijker dan bij *Planktothrix* ; heterocysten en akineten kunnen aanwezig zijn;
- (2) Diameter van de vegetatieve cellen tussen 4.3 en 7  $\mu\text{m}$  (met mogelijke uitschieters tot 8  $\mu\text{m}$ );
- (3) Filamenten kunnen gegroepeerd zijn tot bundel- of vlokvormige kolonies.

#### Toelichting

*Aphanizomenon*-soorten zijn filamenteuze (draadvormige) blauwwieren, met cilindervormige tot zwak tonvormige cellen, die heterocysten en, in het najaar, akineten kunnen vormen. De cellen bevatten gasvacuolen en de filamenten zijn recht. In tegenstelling tot *Anabaena* en *Planktothrix* zijn bij *Aphanizomenon* de vegetatieve cellen binnen één draad gedifferentieerd; de cellen in het centrum hebben een grotere diameter dan de cellen aan de uiteinden. De eindcellen zijn bij volgroeide draden duidelijk afwijkend van de overige cellen. Van sommige *Aphanizomenon*-soorten kunnen de draden samengroeien tot kolonies. Bij individuen uit Nederlandse oppervlaktewateren ontbreken vaak heterocysten en akineten, waardoor verwarring kan optreden met soorten uit het geslacht *Planktothrix*. Bij dit geslacht zijn de afzonderlijke cellen echter veel moeilijker te onderscheiden (geen duidelijke insnoering op de tussenwanden), terwijl ook de bleke eindcellen ontbreken.

In het Volkerak-Zoommeer komt, evenals in andere geëutrofiëerde meren de soort *Aphanizomenon klebahnii* voor. Kenmerkend zijn de verlengde, optisch ontkleurde (bleke) eindcellen. *A. klebahnii* is een recent tot aparte soort verheven variëteit van *Aphanizomenon flos-aquae* (Pechar en Kalina *in prep.*). *A. klebahnii* heeft kleinere afmetingen en vormt langwerpige kolonies (bundels van draden). De "echte" *A. flos-aquae* vormt grote (tot meer dan 2 mm), vlokvormige kolonies. Deze soort komt alleen tot bloei wanneer er een sterke graasdruk is door grote watervlooiën, op ander fytoplankton (o.a. *Microcystis* en *A. klebahnii*), bijvoorbeeld na afvissingsprojecten (Jepesen *et al.* 1990, Goldyn *et al.* 1994, Jacobsen 1994). Vandaar dat *A. flos-aquae* bekend staat als typisch geassocieerd met grote *Daphnia*-soorten (Kohl *et al.* 1985, Pechar en Fott 1991, Cronberg en Komárek 1994).

*A. flexuosum* is nauw verwant aan *A. flos-aquae* en *A. klebahnii*. Deze soort heeft smallere cellen, waarbij de eindcel vaak duidelijk smaller is dan de overige cellen en hij vormt geen grote kolonies. Omdat het niet praktisch is om bij de analyse elke draad op te moeten meten is ook deze soort in het complex opgenomen. Tabel 3 geeft de karakteristieken van deze drie soorten.

Met het oog op de verschillende interacties met groter zoöplankton is het wel zinvol om bij uitgebreide fytoplankton-analyses alert te zijn op deze morfologische verschillen, zodat een vervanging van *A.klebahnii* door *A. flos-aquae* niet onopgemerkt blijft.

In Nederland komen nog diverse andere *Aphanizomenon*-soorten voor (met name *A. gracile* en *A. issatschenkoï*), die echter altijd solitair zijn en waarvan de eindcellen een andere vorm hebben of niet gebleekt zijn. Een goede beschrijving van deze soorten is te vinden in Komárek en Kováčik (1989).

Tabel 3. Kenmerken van soorten uit het complex *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* met die van *Aphanizomenon flexuosum* ter vergelijking (celdimensies betreffen de vegetatieve cellen, dus niet de terminale cellen, sporen, of heterocysten).

soort	celdiameter ( $\mu\text{m}$ )	cellengte ( $\mu\text{m}$ )	kolonies
<i>A. flexuosum</i>	(2.6)2.7 - 3.4(3.7) eindcel smaller	(3.1)4.3 - 8.5(10)	hoogstens kleine kolonies van enkele draden
<i>A. flos-aquae</i>	(4.6)5 - 6.8(7.8) eindcel niet smaller	(5)5.7 - 12.1(13.6)	vlokvormig en zeer groot 2.5-9(20) mm
<i>A. klebahnii</i>	4.3 - 5.4(5.7) eindcel niet smaller	4.3(5.7) - 10.7(11.4)	spoelvormig en kleiner 0.1-0.3(2) mm

Bron : Komárek en Kováčik (1989), Pechar en Fott (1991), Komárek (1994)

### 3.3 Anabaena groep flos-aquae

#### Omschrijving

Het soortcomplex *Anabaena* groep *flos-aquae* omvat zeven soorten :

- (1) *Anabaena flos-aquae*
- (2) *Anabaena compacta*
- (3) *Anabaena farcimiformis*
- (4) *Anabaena lemmermannii* var. *minor*
- (5) *Anabaena longicellularis*
- (6) *Anabaena mendotae*
- (7) *Anabaena sigmoidea*

Karakteristieken voor de identificatie van deze groep zijn de volgende kenmerken :

- (1) Draadvormige blauwwieren met bolvormige, tonvormige tot langwerpige-elliptische vegetatieve *Anabaena*-cellen, waarvan de filamenten gewonden zijn in een regelmatig helix of een onregelmatige schroef;
- (2) Diameter van de vegetatieve cellen tussen 3 en 6  $\mu\text{m}$ , de gemiddelde diameter van de vegetatieve cellen moet binnen de populatie 4-5  $\mu\text{m}$  bedragen; is deze groter dan 6  $\mu\text{m}$  zal het in de meeste gevallen gaan om soorten als *Anabaena spiroides*, *A. circinalis*, *A. crassa*, *A. mucosa* of *A. perturbata*. Dergelijke soorten spelen vooralsnog geen rol van betekenis in het Volkerak-Zoommeer.

### Toelichting

*Anabaena*-soorten zijn filamenteuze (draadvormige) blauwwieren, met bolvormige tot langwerpige elliptische cellen met gasvacuolen, die heterocysten en akineten kunnen vormen. Bij een aantal soorten waaronder *flos-aquae* kunnen deze draden samengroeien tot vlokvormige kolonies van 0.2 mm of meer. Kenmerkend voor de groep *flos-aquae* zijn de bolvormige, elliptische tot tonvormige cellen met een relatief kleine celdiameter en de spiraalvormig tot onregelmatig gewonden filamenten.

Kenmerken van de genoemde soorten zijn samengevat in tabel 4. Zie verder : Nygaard (1949), Hickel (1985), Cronberg en Komárková (1988), Komárková (1988), Komárková-Legnerová en Eloranta (1992), Cronberg en Komárek (1994).

De soorten komen voor in eutrofe wateren, vaak als component van waterbloeien. Soms zelfs als belangrijkste veroorzaker van een bloei, zoals de soort *A. lemmermannii* var. *minor* in ondiepere Nederlandse meren als de Binnenschelde (Bijkerk 1995) en het IJmeer bij Muiden (Joosten en Bijkerk ongepubl.).

Tabel 4. Kenmerken van soorten uit het complex *Anabaena* groep *flos-aquae* (celvorm en -dimensies betreffen vegetatieve cellen en niet sporen of heterocysten).

soort	celvorm	celdiameter ( $\mu\text{m}$ )	winding
<i>A. compacta</i>	rond tot elliptisch	4 - 5	zeer compacte helix
<i>A. farcimiformis</i>	kort-lang-elliptisch	4.3 - 4.8(5.7)	losse helix
<i>A. flos-aquae</i>	cirkelrond	3.5 - 5(7?)	onregelmatig
<i>A. lemmermannii</i> var. <i>minor</i>	kort tot lang elliptisch	(2.9)- 4.5 - (9)	onregelmatig
<i>A. longicellularis</i>	tonvormig-cylindrisch	5 - 6	compacte helix
<i>A. mendotae</i>	cylindrisch	2.5 - 4	losse helix
<i>A. sigmoidea</i>	bol tot lang-elliptisch	3 - 4	onregelmatig

Bronnen : Nygaard (1949), Hickel (1985), Cronberg en Komárková (1988), Komárková (1988), Komárková-Legnerová en Eloranta (1992), Cronberg en Komárek (1994)

Op basis van de vorm van heterocysten en rijpe akineten en de positie van deze laatste ten opzichte van de heterocysten, de vorm van de windingen en de aan- of afwezigheid van een slijmmantel kunnen de in tabel 4 genoemde soorten uit elkaar worden gehouden. Omdat deze kenmerken niet altijd beoordeeld kunnen worden, onder meer omdat rijpe akineten maar op bepaalde momenten in het jaar aanwezig zijn, moeten bovengenoemde soorten worden samengenomen in een soortcomplex.

## 4 Abundantiemaat en analysemethode

### 4.1 Abundantiemaat

Voorgesteld wordt om de talrijkheid van de doelvariabelen uit te drukken in cellen per ml. Dit is de meest éénduidige maat en heeft als bijkomend voordeel dat biovolumina eenvoudig te berekenen zijn. Bij de bepaling dient echter ook het aantal waargenomen eenheden te worden genoteerd (losse cellen, filamenten, of kolonies). Bij draadvormige blauwwieren kan men zeker niet volstaan met het bepalen van het aantal filamenten, immers de lengte van de filamenten is onderhevig aan temporele en locale variatie. Als alternatief voor een bepaling van het aantal cellen per filamenten kan het biovolume per filament worden bepaald.

Voor opname in de AMOEBE kan een gemiddelde worden berekend over het groeiseizoen van het soortcomplex in kwestie. Voor *Microcystis* groep *aeruginosa* en voor *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* wordt een gemiddelde over de maanden juni tot en met oktober voorgesteld, voor *Anabaena* groep *flos-aquae* een gemiddelde over het jaar (zie hoofdstuk 5). De gemiddelden worden berekend over de data waarop vertegenwoordigers van het betreffende soortcomplex in de monsters zijn aangetroffen.

Eén en ander impliceert dat per tijdvak (lees groeiseizoen) een vast aantal monsters dient te worden geanalyseerd, met een frequentie van twee keer per maand in verband met de korte duur van de periode met piekdichtheden. Ontbrekende waarnemingen dienen zonnodig te worden geschat door interpolatie, waarbij het chlorofylla-gehalte als controlemiddel bruikbaar kan zijn.

#### Cellen versus individuen

Het tellen van cellen is echter in strijd met de op veel instituten ontstane praktijk om individuen te tellen, waarbij een individu gedefinieerd is als de verschijningsvorm van de soort in het plankton (Koeleman 1992). Drie grote nadelen hiervan zijn :

- (1) Het informatieverlies  
(Temporele of locale verschillen in individugrootte worden niet gemeten);
- (2) Het interpretatieprobleem  
("Met welke individugrootte is hier gerekend ?");
- (3) Het standaardisatieprobleem  
(Hoe meer afspraken nodig zijn hoe moeilijker een analyse te standaardiseren is).

Het interpretatieprobleem als nadeel van deze benadering wordt ook al geïllustreerd door Koeleman (1992), wanneer losse *Microcystis*-cellen herrekend dienen te worden naar de "oorspronkelijke" koloniegrootte. Voor deze oorspronkelijke koloniegrootte zal altijd een aanname moeten worden gedaan. Eén manier is om hiervoor een arbitrair, vast aantal cellen te nemen, bijvoorbeeld 100. Een andere, maar statistisch onbetrouwbare manier is, om de oorspronkelijke koloniegrootte te schatten uit de in het monster aanwezige intacte kolonies. Beide manieren echter moeten worden beschouwd als gegevensverwerking en niet gegevensverzameling.

Voor draadvormige blauwwieren, waar losse cellen zelden gevonden worden, is het makkelijker om consequent individuen te tellen, ofschoon een kolonie van bijvoorbeeld *Aphanizomenon*- of *Anabaena*-draden wel weer de vraag op kan roepen waar het ene individu ophoudt en het andere begint. Tenzij de kolonie als één individu wordt beschouwd. Het standaardisatieprobleem van de individuenbenadering is dat de analyse gebaseerd moet worden op een set van duidelijke afspraken omtrent de kwantificering. Deze set moet altijd bij de analyseresultaten bewaard worden en dan nog blijft het de vraag of de verzamelde gegevens vergeleken zullen kunnen worden met gegevens die elders, of in het verleden zijn verzameld.



### Aantal waargenomen eenheden

De enige reden om rekening te houden met de verschijningsvorm in het plankton is de statistische betrouwbaarheid van de telling. Voor een betrouwbare schatting van de dichtheid van losse *Microcystis*-cellen zal het voldoende kunnen zijn om 50 cellen te tellen. Voor een betrouwbare schatting van de dichtheid van *Anabaena* groep *flos-aquae* zullen 120 cellen nog niet voldoende zijn, wanneer deze 120 tot één kolonie gegroepeerd zijn. Met het doel betrouwbaarheid voor ogen spreken we echter liever van "aantal waarnemingen" dan van "aantal individuen".

### Bepaling van biovolume

Het aantal cellen per ml zal éénvoudig omgerekend kunnen worden in biovolume per ml, door gebruik te maken van een gemiddeld volume per cel. Omdat de doelvariabelen vrij scherp zijn afgegrensd in termen van dimensies en de variatie in celdimensies van de genoemde blauwiersoorten beperkt is, moet deze omrekening tot bruikbare gegevens leiden die vergeleken kunnen worden met chlorofylla-gehalten.

Samengevat moet de kwantitatieve analyse de volgende gegevens op kunnen leveren :

- (1) Het aantal waargenomen cellen;
- (2) Het aantal waargenomen eenheden (= statistische waarnemingen);

Uit deze gegevens moeten de volgende grootheden kunnen worden berekend :

- (1) Het aantal cellen per ml;
- (2) Het gemiddeld aantal cellen per filament of kolonie;
- (3) Het aantal filamenten of kolonies per ml;
- (4) Het biovolume in  $\mu\text{m}^3$  per ml.

Om voor *Microcystis* het gemiddeld aantal cellen per kolonie te kunnen berekenen dient onderscheid te worden gemaakt tussen losse cellen en in-kolonies-gegroepeerde cellen. Ook wanneer geen interesse is in dit gemiddelde dient dit onderscheid te worden gemaakt omwille van een efficiënte en betrouwbare analysemethode. In paragraaf 4.2 wordt dit verder toegelicht.

## 4.2 Analysemethode

### Principe

Een kwantitatieve analyse van plankton dient te gebeuren volgens de Utermöhl-methode (Utermöhl 1958, Sournia 1978). Hierbij wordt een bekend volume van een met lugol gefixeerd watermonster overgebracht in een sedimentatiekamer (cuvet). Na bezinking van de organismen wordt de kamer onderzocht met behulp van een omkeermicroscop. Voor een betrouwbare identificatie en kwantificering is een goede optiek noodzakelijk. Met name voor de telling van losse *Microcystis*-cellen is een olie-immersieobjectief van  $60\times$  eigenlijk onontbeerlijk.

Bij het inzetten van de monsters voor analyse zijn twee aspecten belangrijk :

- (1) Een optimale dichtheid van de te tellen organismen per beeldveld (niet te veel en niet te weinig), door per monster meerdere verdunningen/concentraties in te zetten;
- (2) Een bij benadering random verspreiding van organismen op de bodem van de sedimentatiekamer, door voorzorgsmaatregelen bij de voorbehandeling.

Om een analysemethode voor een gerichte telling te kunnen formuleren moeten twee vragen beantwoord worden :

- (1) Welke detectielimiet moet gerealiseerd worden;
- (2) Welke betrouwbaarheid moet gerealiseerd worden.

Beide statistische parameters refereren aan de dichtheid van organismen in het sedimentatiecuvet en doen dus geen uitspraak over de betrouwbaarheid van het analyseresultaat, als schatting van de populatiedichtheid in het watersysteem.

De statistische uitwerking van de methode rekent met het aantal verzamelde waarnemingen. Dit betekent dat, waar nodig, bij de analyse onderscheid gemaakt moet worden tussen losse cellen of filamenten en kolonies van cellen of filamenten.

#### Detectielimiet

Bij fytoplanktonanalyses wordt de haalbaarheid van een detectielimiet voor een willekeurig taxon in het algemeen bepaald door de totale fytoplanktondichtheid, de aanwezigheid van overig seston (slib en detritus), alsmede de tijdsinvestering in de telling.

Voor relatief makkelijk detecteerbare filamenteuze blauwwieren uit de groepen *Anabaena* en *Aphanizomenon* is een detectielimiet van 1 filament per ml theoretisch haalbaar. De inspanning die in de praktijk zal moeten worden geleverd is sterk afhankelijk van de samenstelling van het plankton. Bestaat het plankton voor het merendeel uit kleine, bolvormige algen dan zullen grote filamenten met weinig inspanning en bij een relatief zwakke vergroting al gedetecteerd kunnen worden. Bestaat het plankton voor een deel uit *Planktothrix agardhii* dan kost het meer inspanning om een betrouwbare schatting te produceren. Relatief het meest tijdrovend is het tellen van losse *Microcystis*-cellen indien er sprake is van lage aantallen per ml in een monster met een hoog gehalte aan seston of andere kleine algen.

Voor de monitoring van de doelvariabele is een lage detectielimiet van minder belang. Het is beter om energie te steken in een goede schatting van gewone en maximale dichtheden, dan in een goede schatting van lage dichtheden aan het begin en einde van het groeiseizoen. Immers, bij het berekenen van een rekenkundig gemiddelde is de invloed van zeer lage dichtheden toch verwaarloosbaar.

#### Betrouwbaarheid

Voor de dichtheidsschatting in de sedimentatiecuvet is een 90% betrouwbaarheidsinterval van  $\pm 20\%$  ruim voldoende. Voor een uit een analyse berekende dichtheid van 100 filamenten per ml van *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* betekent dat bijvoorbeeld, dat de werkelijke dichtheid met 90% waarschijnlijkheid tussen 80 en 120 filamenten per ml zal liggen.

Het aantal beeldvelden dat hiertoe geteld moet worden is afhankelijk van de gemiddelde dichtheid van het organisme per beeldveld. Bij een gemiddelde van 5 waarnemingen per beeldveld bijvoorbeeld, moeten 15 random beeldvelden worden onderzocht om te komen tot de gewenste betrouwbaarheid van  $\pm 20\%$  met 90% waarschijnlijkheid. Bij een gemiddelde van 1 per beeldveld bedraagt het aantal te tellen velden 80. Met behulp van de schema's van Cassell (1965) kunnen deze gegevens snel worden afgeleid, maar steeds moet voldaan zijn aan de voorwaarde dat de organismen volgens het toeval verspreid zijn over de cuvetbodem.

Van een random verspreiding is in de praktijk soms duidelijk geen sprake. In ieder geval wordt dit nooit getoetst voorafgaand aan de analyse. Daarbij komt dat we vanuit onze eigen ervaring weten dat de grootste foutenbron (afgezien van de monsternamen in het veld) veelal geïntroduceerd wordt door het nemen van een deelmonster uit de fles van 1 of 2 liter. Het is daarom beter om het aantal waarnemingen per cuvet te beperken en per fles 2 of 3 onafhankelijk van elkaar genomen deelmonsters te analyseren.

Wat betreft het aantal waarnemingen per cuvet levert een aantal van minimaal 15 waarnemingen in minimaal 10 beeldvelden vaak al een betrouwbare schatting op. Het is niet mogelijk om algemene richtlijnen op te stellen voor een optimale keuze van het aantal deelmonsters, het aantal te tellen beeldvelden per deelmonster en het aantal waarnemingen per beeldveld. Dit komt omdat een groot aantal laboratorium-afhankelijke factoren van invloed kan zijn op de betrouwbaarheid van de verschillende analysestappen (bijvoorbeeld de wijze waarop deelmonsters genomen worden, het type cuvet dat gebruikt wordt, de wijze waarop beeldvelden gekozen worden en de optiek die gebruikt wordt). Sournia (1978) geeft nuttige informatie over de statistische aspecten van deelbemonstering en de analyse van beeldvelden. Tips voor een werkwijze worden hieronder als aanknopingspunt samengevat.

### Samenvattend

Een praktische analysemethode die gegevens moet opleveren voor een bepaling van een seizoensgemiddelde dichtheid van één doelvariabele ziet er als volgt uit :

- (1) Analyseer bij voorkeur 2 à 3 deelmonsters per fles;
- (2) Verdun of concentreer de deelmonsters zodanig dat het aantal waarnemingen per beeldveld gemiddeld 1 à 5 bedraagt;
- (3) Kies de beeldvelden random (door gebruik te maken van een vooraf opgestelde lijst van random coördinaten), of in ieder geval zodanig dat bij een eventueel randeffect in de verspreiding van organismen, het aantal "randbeeldvelden" in een goede verhouding staat tot het aantal centraler gelegen beeldvelden (een goede verhouding is één die rekening houdt met de bijdrage van de randzone aan het totale cuvetoppervlak, bijvoorbeeld doordat de beeldvelden een sector vormen van de cuvetbodem);
- (4) Verzamel minimaal 15 waarnemingen per cuvet in minimaal 10 beeldvelden als een zwakke vergroting ( $200\times$ ) wordt gebruikt en in minimaal 30 beeldvelden als een sterkere vergroting wordt gebruikt ( $600\times$ ); kies de beeldvelden per cuvet zo dat zowel de randzone als het centrale deel representatief vertegenwoordigd zijn;
- (5) Maak onderscheid tussen losse cellen en kolonies, dat betekent dat punt (4) voor zowel losse cellen als kolonies afzonderlijk moet worden uitgevoerd; in het algemeen zullen grote kolonies veel schaarser zijn dan losse cellen en in een groter volume, of in een hogere concentratie, of bij een zwakkere vergroting geteld moeten worden;
- (6) Noteer het aantal waarnemingen en het aantal cellen per waarneming;
- (7) Vermijd zoveel mogelijk systematische onder- of overschattingen die kunnen ontstaan door bijvoorbeeld het negeren van randeffecten, of het tellen onder suboptimale omstandigheden.

## 5 Huidige dichtheden in het Volkerak-Zoommeer

### 5.1 *Microcystis* groep *aeruginosa*

Losse *Microcystis*-cellen zijn het gehele jaar in de monsters aan te treffen. Vanaf mei nemen de dichtheden snel toe om vanaf oktober weer te dalen. Grote kolonies worden gevonden in de maanden juli-september. Een bepaling van de dichtheid van de doelvariabele kan daarom beperkt blijven tot de maanden juni tot en met oktober.

Tabel 5 geeft deze seizoensgemiddelden over de maanden juni-oktober. Waargenomen maxima liggen een factor 3 tot 6 hoger dan deze gemiddelden.

In het Zoommeer zijn de dichtheden in 1992-1994 hoger dan in het Volkerak. In 1993 is de dichtheid in beide meren lager dan in 1992 en 1994 (zie ook figuur 1). Als voorlopige waarde voor de huidige dichtheden kan het gemiddelde bepaald worden van de dichtheid in  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$  over de seizoenen 1992-1994, op VZ 3/4 en VZ 7 (hoofdstuk 6).

Tabel 5. Gemiddelde dichtheid over juni-oktober van *Microcystis* groep *aeruginosa* in het Volkerak, VZ 2 en VZ 3 (1994) / VZ 4 (1992-1993) en in het Zoommeer (VZ 7).

locatie	jaar	dichtheid in cel/ml	dichtheid in $\mu\text{m}^3/\text{ml}$
VZ 2	1992	44.200	1.592.000
	1993	31.200	1.126.000
	1994	geen data	geen data
VZ 4	1992	68.400	2.464.000
	1993	9.700	349.000
VZ 3	1994	129.300	4.909.000
VZ 7	1992	144.800	5.475.000
	1993	95.600	3.445.000
	1994	113.600	4.364.000

### 5.2 *Aphanizomenon* groep *flos-aquae*

*Aphanizomenon* is vanaf eind mei in dichtheden groter dan 1 filament per ml aanwezig. Vanaf september nemen de dichtheden weer geleidelijk af. Een bepaling van de dichtheid van de doelvariabele kan daarom evenals bij *Microcystis* beperkt blijven tot de maanden juni tot en met oktober.

In 1992-1994 zijn de dichtheden in het Volkerak hoger dan in het Zoommeer. In beide meren neemt de dichtheid in deze periode toe. Tabel 6 geeft de gemiddelden over de maanden juni tot en met oktober. Het waargenomen, jaarlijkse maximum aan filamenten per ml ligt een factor 3 hoger dan de seizoensgemiddelden.

Als voorlopige waarde voor de huidige dichtheden kunnen de gemiddelden worden bepaald van het aantal filamenten per ml en het biovolume in  $\mu\text{m}^3$  per ml over de seizoenen 1992-1994, op VZ 3 / 4 en VZ 7 (zie hoofdstuk 6).

Tabel 6. Gemiddelde dichtheid over juni-oktober van *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* in het Volkerak, VZ 2 en VZ 3 (1994) / VZ 4 (1992-1993) en in het Zoommeer (VZ 7).

locatie	jaar	filament/ml	cel/ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$
VZ 2	1992	340	6.700	818.000
	1993	760	12.300	1.095.000
	1994	geen data	geen data	geen data
VZ 4	1992	360	5.900	681.000
	1993	460	10.500	940.000
VZ 3	1994	1.470	27.400	2.417.000
VZ 7	1992	260	3.800	443.000
	1993	490	8.300	737.000
	1994	680	12.400	1.097.000

### 5.3 Anabaena groep *flos-aquae*

Het optreden van blauwwieren uit de *Anabaena*-groep is wat minder regelmatig en voorspelbaar dan van de vertegenwoordigers van de voorgaande twee groepen (zie figuur 1 op pag. 6). Soorten uit deze groep kunnen het gehele jaar in de monsters voorkomen en relatief hoge dichtheden zijn zowel in het voorjaar (mei-juni) als in de herfst (oktober-november gevonden). Er lijkt sprake te zijn van een omgekeerd verband tussen de dichtheid van *Anabaena* groep *flos-aquae* en de dichtheid van *Microcystis* groep *aeruginosa*. In de zomer van 1993, met een relatief lage zomergemiddelde dichtheid van *Microcystis*, was *Anabaena* talrijker dan in 1992 en 1994, toen *Microcystis* gemiddeld talrijker was. Voor deze groep is een berekening van de jaargemiddelde dichtheid het meest voor de hand liggend. Tabel 7 geeft de jaargemiddelden voor 1992-1994. Waargenomen jaarlijkse maxima liggen een factor 3 tot 5 hoger.

Als voorlopige waarde voor de huidige dichtheden kunnen de gemiddelden worden bepaald van het aantal filamenten per ml en het biovolume in  $\mu\text{m}^3$  per ml over de seizoenen 1992-1994, op VZ 3 / 4 en VZ 7.

Tabel 7. Gemiddelde dichtheid over januari-december van *Anabaena* groep *flos-aquae* in het Volkerak, VZ 2 en VZ 3 (1994) / VZ 4 (1992-1993) en in het Zoommeer (VZ 7).

locatie	jaar	filament/ml	cel/ml	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$
VZ 2	1992	40	1.300	109.000
	1993	80	2.800	229.000
	1994	geen data	geen data	geen data
VZ 4	1992	40	1.100	86.000
	1993	300	3.200	262.000
VZ 3	1994	50	1.300	105.000
VZ 7	1992	50	1.000	82.000
	1993	110	2.700	219.000
	1994	50	1.000	81.000

## 6 Referentiedichtheden en huidige dichtheden voor de AMOEBE

### 6.1 Algemeen

#### Vóórkomen in relatie tot trofiegraad

Een algemene tendens in het vóórkomen van blauwwieren is een toename van de soortdiversiteit en de totale blauwwierbiomassa met een toename van het nutriëntengehalte, de geleidbaarheid en de pH (Komárková-Legnerová en Eloranta 1992). Dit is de natuurlijke tendens gaande van oligotroof naar eutroof/alkalisch.

#### Vóórkomen in relatie tot eutrofiëring

Met een toename van de externe belasting aan nutriënten kunnen zich in eutrofe maar ook in zure, oorspronkelijk voedselarme wateren, zware bloeien voordoen van blauwwieren. De omvang en stabiliteit van deze bloeien wordt bepaald door de mate van eutrofiëring en de watersysteemeigenschappen verblijftijd, diepte en turbulentie (George *et al.* 1990, Reynolds *et al.* 1994). In dergelijke situaties is de diversiteit onder de blauwwiergemeenschap gering, al kunnen meerdere blauwwiersoorten codominant zijn. Bekende eindsituaties zijn de dominantie van *Planktothrix agardhii* in ondiepe hypertrofe meren zoals de randmeren en de Friese boezem en de dominantie van *Microcystis aeruginosa* tezamen met groenwieren uit het geslacht *Scenedesmus* in hypertrofe, matig diepe (2.5-5 m) meren zoals het IJsselmeer (Berger 1987). Volgens deze auteur zal de reductie van de biomassa in *Microcystis-Scenedesmus*-meren, de sanering, zich meer lineair met de reductie van de fosfaatbelasting ontwikkelen dan de sanering van *Planktothrix*-meren.

#### Sturingsmogelijkheden

Een belangrijk punt is dat de reductie van de dichtheid van blauwwieren in het Volkerak-Zoommeer alleen kan worden bewerkstelligd door een reductie van het gehalte aan voedingsstoffen, met name fosfaat (tabel 8). Een stimulering van de graasdruk van grotere watervlooien (*Daphnia pulex* en *Daphnia galeata*) bij de huidige fosfaatgehalten zal waarschijnlijk leiden tot een vermindering van de dichtheden van *Microcystis aeruginosa* en *Aphanizomenon klebahnii*, maar tot een toename van *Aphanizomenon flos-aquae* en mogelijk *Anabaena* (Jeppesen *et al.* 1990). Ook voorstelbaar is een toename van de gemiddelde koloniegrootte van *Microcystis*, bij een reductie van het aantal kolonies per ml. Door deze sterkere "aggregatie" van biomassa zal wel het doorzicht toe kunnen nemen tot ca. 2 m (*cf.* Jacobsen 1994).

Tabel 8. Optreden van *Aphanizomenon*-bloeien afhankelijk van graasdruk en fosfaat.

watervlooien	lage fosfaatbelasting	hoge fosfaabelasting
Grote <i>Daphnia</i> 's aanwezig	<i>A. flos-aquae</i> bloeien met matige dichtheid, grote kolonies	<i>A. flos-aquae</i> bloeien met hoge dichtheid, grote kolonies
Grote <i>Daphnia</i> 's afwezig	<i>Aphanizomenon</i> -bloeien afwezig, filamenten schaars in zomermaanden	<i>A. klebahnii</i> bloeien met hoge dichtheid, kleine kolonies

Naar : Pechar en Fott (1991)

Positieve correlaties zijn gevonden tussen de seizoensmaximale biomassa van *Aphanizomenon flos-aquae* en achtereenvolgens, het zomergemiddelde gehalte totaal-fosfaat ( $r=0.69$ ) en het gemiddeld aantal *Daphnia*'s per liter ( $r=0.84$  tot  $0.91$ ) (Pechar en Fott 1991). Jaarlijkse variaties in de dichtheid van *Aphanizomenon* kunnen in diepere meren worden bepaald door verschillen in de abundantie van *Daphnia*'s en stabiliteit van stratificatie (George *et al.* 1990).

Wat *Microcystis* betreft is een sterke toename geconstateerd nadat de jaarlijkse maxima van het gehalte aan orthofosfaat toenamen van 4 tot 7  $\mu\text{g PO}_4\text{-P l}$  (George *et al.* 1990).

## 6.2 Vergelijking met dichtheden elders en vroeger

### Microcystis

De seizoensgemiddelden over 1992-1994 van *Microcystis* zijn in het Volkerak momenteel nog lager dan in het IJsselmeer op IJ 23 (tabel 9). Alleen in 1994, toen *Microcystis* in het Volkerak domineerde, was het gemiddelde vergelijkbaar.

Referentiedichtheden voor *Microcystis* zijn moeilijk af te leiden uit de beschikbare literatuur. Gegevens over de abundantie van blauwwieren in vroeger tijd zijn semikwantitatief of niet goed te relateren aan de huidige, bijvoorbeeld omdat de dichtheid van *Microcystis* wordt opgegeven in kolonies per l. Wat het IJsselmeer betreft kan uit het werk van Wibaut-Isebree Moens (1954) worden afgeleid dat *Microcystis aeruginosa* na 1934 "tot de meest gewone soorten behoorden". Anders dan voor *Aphanizomenon* maakte zij geen melding van bloeien van *Microcystis*. In de zeventiger jaren treden wél herhaaldelijk *Microcystis*-bloeien op (tabel 1).

Volgens Berger (1987) is de totale fytoplanktonbiomassa in het IJsselmeer sinds de dertiger jaren met een factor 5 à 10 toegenomen. Met toenemende eutrofiëring neemt de abundantie toe van soorten die typisch zijn voor eutrofe meren, waaronder *Microcystis*, terwijl de kwalitatieve soortensamenstelling niet sterk verandert (George *et al.* 1990, Watersysteemrapportage IJsselmeer 1992 *in druk*). Uit eigen analyses, verricht in opdracht van het RIZA, weten we dat de zomergemiddelde bijdrage van *Microcystis* aan het totale fytoplanktonvolume op IJ 23 in 1994 20% bedroeg. In de dertiger jaren zal dit waarschijnlijk minder zijn geweest. Aangenomen kan worden dat het seizoensgemiddelde biovolume van *Microcystis* in de dertiger jaren minstens 5 à 10 keer lager zal zijn geweest dan de huidige waarden, dus ca. 200.000-1.000.000  $\mu\text{m}^3$  per ml. Een voorlopige referentiewaarde van 500.000  $\mu\text{m}^3$  per ml, als gemiddeld biovolume over juni-oktober lijkt daarom een redelijk getal.

Tabel 9. Huidige waarde en referentiewaarde van het seizoensgemiddelde biovolume van *Microcystus* groep *aeruginosa* (biovolume in  $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ , berekend als het gemiddelde over juni t/m oktober over de aangegeven jaren).

meer	locatie	jaar	biovolume/ml
Markermeer	M 111	1993	45.000
IJsselmeer	IJ 23	1993-1994	4.100.000
Volkerak	VZ 3 en 4	1992-1994	2.600.000
Zoommeer	VZ 7	1992-1994	4.400.000
Referentiewaarde	IJsselmeer	ca. 1938	500.000

### Aphanizomenon

Van *Aphanizomenon* zijn meer kwantitatieve gegevens beschikbaar dan van *Microcystis*. In publicaties worden dichtheden uitgedrukt in filamenten per l, cellen per l, biomassa per l,  $\mu\text{g}$  Chlorofyla per l, of  $\mu\text{g}$  N per l. Soms zijn alleen de seizoensmaxima gegeven. Een opvallend verschil tussen *Microcystis* en *Aphanizomenon* is dat bloeien van de laatste ook zijn waargenomen in referentiesituaties, of in ieder geval situaties waarin de nutriëntenbelasting veel lager was dan tegenwoordig (Wibaut-Isebreë Moens 1954, George *et al.* 1990). De omvang van deze bloeien zal kleiner zijn geweest dan tegenwoordig en traden vermoedelijk op in de aanwezigheid van grote watervlooiën (tabel 8). *Aphanizomenon* kan echter ook schaars zijn in eutrofe wateren met een lage fosfaatbelasting (Komárek 1974). Deze waarnemingen kunnen betrekking hebben gehad op meren met relatief geringe dichtheden van grote watervlooiën (tabel 8).

Tabel 10. Huidige waarde en referentiewaarde van de seizoensgemiddelde dichtheid van *Aphanizomenon* groep *flos-aquae* (berekend als het gemiddelde over juni t/m oktober over de aangegeven jaren).

meer	locatie	jaar	$\mu\text{m}^3/\text{ml}$	filamenten/ml
Markermeer	M 111	1992-1993	2.400.000	1.450
IJsselmeer	IJ 23	1992-1994	1.600.000	1.300
Volkerak	VZ 3/4	1994	2.400.000	1.470
Zoommeer	VZ 7	1994	1.100.000	680
Velký Pálenec	1.36 g P/m <sup>2</sup> /j	> 100 <i>Daphnia</i> /l	34.000.000	1.600
	0.10 g P/m <sup>2</sup> /j	< 100 <i>Daphnia</i> /l	4.400.000	200
Referentie	0.1 mg P <sub>tot</sub> /l	ca 50 <i>Daphnia</i> /l	4.000.000	180
	0.08 g P/m <sup>2</sup> /j	ca 10 <i>Daphnia</i> /l	600.000	30

Data Velký Pálenec : berekend uit Pechar en Fott (1991)

Tabel 11. Huidige waarde en referentiewaarde van het seizoensmaximum van de dichtheid van filamenten van *Aphanizomenon* groep *flos-aquae*.

meer	locatie	jaar	filamenten/ml
Markermeer	M 111	1992	6.900
IJsselmeer	IJ 23	1993	5.300
Volkerak	VZ 3 en 4	1994	5.100
Zoommeer	VZ 7	1994	2.200
Lake Arreskov		1992	8.300
Esthwaite Water		1956-1972	525
Referentiewaarde	0.1 mg P/l	ca 50 <i>Daphnia</i> /l	570
	0.08 g P/m <sup>2</sup> /j	ca 10 <i>Daphnia</i> /l	110

Data Lake Arreskov : Jacobsen (1994) ; Esthwaite Water : George *et al.* (1990)



In het IJsselmeer zijn de seizoensgemiddelden in de periode 1992-1994 gedaald. In het Volkerak-Zoommeer zijn ze gestegen. De huidige waarde voor dit meer, in tabel 10, is daarom alleen op 1994 gebaseerd. Tabel 11 geeft de seizoensmaxima, omdat deze variabele in de literatuur regelmatig gebruikt wordt.

Als referentiewaarde voor *Aphanizomenon* is hier gekozen voor een situatie met een hoge dichtheid van grote watervlooien, de situatie dus waarbij een geringe tot matige bloei van *A. flos-aquae* optreedt. De referentiewaarden zijn berekend uit Pechar en Fott (1991) met behulp van omrekeningsgegevens uit Komárek (1994, tabel 3). Hierbij is uitgegaan van een zomergemiddeld totaal-P-gehalte van 0.1 mg/l, de streefwaarde voor een duurzaam Volkerak-Zoommeer (Breukers 1995). Deze referentiewaarde mondt uit in een hoger seizoensgemiddeld biovolume dan de huidige waarde, die betrekking heeft op de soort *A. klebahnii*. In de huidige planktongemeenschappen in IJsselmeer en Volkerak-Zoommeer treden, naast *A. klebahnii* ook *Microcystis* en veel groenwieren op, heerst een matig grote tot relatief lage graasdruk in de zomermaanden en is het doorzicht beperkt omdat de biomassa veel meer verdeeld is in kleine eenheden. Is vergroting van het doorzicht het enige doel van het waterbeheer dan kan dit wellicht bereikt worden door een stimulering van de graasdruk via afvissingsprojecten eens in de vier à vijf jaar. Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met het optreden van bloeien van *Aphanizomenon flos-aquae* en *Anabaena*. Het optreden van *Anabaena*-bloeien zou deze inspanningen weer ten dele teniet kunnen doen, door een negatief effect op de begrazing door grotere watervlooien

Een tweede referentiewaarde is daarom berekend voor een lagere fosfaatbelasting van 0.08 g P/m<sup>2</sup>/jaar, die moet resulteren in een zomergemiddeld totaal-P-gehalte van beneden 0.1 mg P/l. De huidige belasting van het Volkerak-Zoommeer wordt geschat op 3.5-4.5 g P/m<sup>2</sup>/jaar en resulteert in een zomergemiddelde van 0.11-0.13 mg P/l (Breukers 1995). De productie op dit tweede referentieniveau is duidelijk gedaald waardoor ook het aantal *Daphnia*'s per liter lager is.

#### **Anabaena**

De beschikbare tijd liet niet toe om onderzoek te doen naar referentiewaarden voor *Anabaena* groep *flos-aquae*. Gegevens voor deze groep zijn wat moeilijker te verzamelen vanwege de determinatie- en interpretatieproblemen en vanwege het feit dat het soorten zijn waarvan het optreden niet zo voorspelbaar lijkt als van de andere twee hier beschreven complexen, zowel in de tijd als in relatie tot eutrofiëring.

Bloeien van *Anabaena*-soorten kunnen optreden in wateren waar de fytoplanktonbiomassa in de zomermaanden laag is, bijvoorbeeld door een rijke ontwikkeling van waterplanten en een hoge graasdruk. Vaak gaat het dan om ondiepere meren.

Tijdens zulke bloeien kan het aantal filamenten makkelijk oplopen tot 2.200 per ml en het biovolume tot 9.100.000 µm<sup>3</sup> per ml (Bijkerk 1995). Dergelijke pieken kunnen heel kortstondig zijn maar gaan vaak gepaard met het verdwijnen van *Daphnia*'s, met name soorten als *D. pulex* en *D. magna*.

## Referenties

- Berger C (1987) Habitat en ecologie van *Oscillatoria agardhii* Gomont. *Van Zee tot Land* 55 : 1-233, Rijksdienst IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Berger C (1988) *Oscillatoria*-meren, een eindfase van eutrofiëring: Ontstaan, kenmerken en sanering. *De Levende Natuur* 89 : 112-120.
- Berger C en Sweers HE (1988) The IJsselmeer and its phytoplankton - with special attention to the suitability of the lake as a habitat for *Oscillatoria agardhii* Gomont. *J Plankton Res* 10 : 579-599.
- Berger C, Bouman JEG, Ente PJ, De Jong J, Schultz E, Uunk EJB en Menting GAM (1986) De kans op blauwalgenbloei in de randmeren van de Markerwaard. *Flevobericht* 268 : 1-90, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
- Breukers CPM (1995) Volkerak-Zoommeer. Situatie tot en met 1994, korte prognose gekoppeld aan een aanbeveling voor het beheer. Werkdocument 95.088X : 1-41, RIZA, Lelystad.
- Bijkerk R (1995) Fytoplankton en zoöplankton in de Binnenschelde, West-Brabant, 1994. Rapport 95-1, Koeman en Bijkerk bv, Haren : 1-41.
- Cassell EA (1965) Rapid graphical method for estimating the precision of direct microscopis counting data. *Appl Microbiol* 13 : 293-296.
- Cronberg G en Komárek J (1994) Planktic Cyanoprokaryotes found in South Swedish lakes during the XIth International Symposium on Cyanophyte Research, 1992. *Algological Studies* 75 : 323-352.
- Cronberg G en Komárková J (1988) *Anabaena farcimiformis*, a new nostocacean blue-green alga from Scania, South Sweden. *Algological Studies* 50-53 : 277-282.
- Fulton RS (1988) Grazing on filamentous algae by herbivorous zooplankton. *Freshwater Biology* 20 : 263-271.
- George DG, Hewitt DP, Lund JWG en Smyly WJP (1990) The relative effects of enrichment and climate change on the long-term dynamics of *Daphnia* in Esthwaite Water, Cumbria. *Freshwater Biology* 23 : 55-70.
- Gilbert JJ (1990) Differential effects of *Anabaena affinis* on cladocerans and rotifers: mechanisms and implications. *Ecology* 71 : 1727-1740.
- Goldyn R, Kozak A en Kostka K (1994) Causes of changes in the water quality of the restored Maltanski Reservoir in Poznan. *Poznanskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk Wydział Matematyczno-Przyrodniczy prace Komisji Biologicznej* 74 : 33-59.
- Hickel B (1985) Observations on *Anabaena compacta* (Nygaard) nov. comb. (Cyanophyta) with helical, planktonic filaments and macroscopic aggregates. *Algological Studies* 38/39 : 269-270.
- Jacobsen BA (1994) Bloom formation of *Gloeotrichia echinulata* and *Aphanizomenon flos-aquae* in a shallow, eutrophic, Danish lake. *Hydrobiologia* 289 : 193-197.
- Jeppesen E, Jensen JP, Kristensen P, Søndergaard M, Mortensen E, Sortkjær en Olrik K (1990) Fish manipulation as a lake restoration tool in shallow, eutrophic, temperate lakes 2: threshold levels, long-term stability and conclusions. *Hydrobiologia* 200/201 : 219-227.
- Koeleman RB (red) (1992) Determineren van fytoplankton en epifytische diatomeeën in Noord- en Zuid-Holland. Werkgroep Hydrobiologie Holland : 1-26.
- Kohl J-G, Dudel G, Schlangstedt M en Kühl H (1985) Zur morphologischen und ökologischen Abgrenzung von *Aphanizomenon flos-aquae* und *A. gracile*. *Algological Studies* 38/39 : 271-272.
- Komárek J (1958) Blaualgen aus dem Naturschutzgebiet Řežabinec bei Ražice. *Nova Hedwigia* 26 : 601-643.
- Komárek J (1991) A review of water-bloom forming *Microcystis* species, with regard to populations from Japan. *Algological Studies* 64 : 115-127.
- Komárek J (1994) Current trends and species delimitation in the cyanoprokaryote taxonomy. *Algological Studies* 75 : 11-29.

- Komárek J en Kováčik L (1989) Trichome structure of four *Aphanizomenon* taxa (Cyanophyceae) from Czechoslovakia, with notes on the taxonomy and delimitation of the genus. *Plant Syst Evol* **164** : 47-64.
- Komárková J (1988) Morphological variation in natural populations of *Anabaena lemmermannii* in respect to existence of *Anabaena utermoehlii*. *Algological Studies* **50-53** : 93-108.
- Komárková-Legnerová J en Cronberg G (1994) Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. *Algological Studies* **72** : 13-51.
- Komárková-Legnerová J en Eloranta P (1992) Planktic blue-green algae (Cyanophyta) from Central Finland (Jyväskylä region) with special reference to the genus *Anabaena*. *Algological Studies* **67** : 103-133.
- Nygaard G (1949) Hydrobiological studies on some Danish ponds and lakes II. *Kong Danske Vidensk Selsk, Biol Skr* **7**(1) : 1-293.
- Pechar L en Fott J (1991) On the occurrence of *Aphanizomenon flos-aquae* var. *flos-aquae* in fish ponds. *Int Rev ges Hydrobiol* **76** : 57-66.
- Pechar L en Kalina T (*in prep*) Ecological, morphological and ultrastructural differentiation of two types of *Aphanizomenon flos-aquae* : a study of natural populations.
- Reynolds CS, Descy J-P en Padisák J (1994) Are phytoplankton dynamics in rivers so different from those in shallow lakes ? *Hydrobiologia* **289** : 1-7.
- Sournia A (red) (1978) Phytoplankton manual. *Monographs on oceanological methodology* **6** : 1-337. UNESCO, Parijs.
- Utermöhl H (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt int Ver theor angew Limnol* **9** : 1-38.
- Van der Velden JA, Laane WEM, Kerkhofs MJJ, Hoeser SH en De Hoog JEW (1994) Presentations of the aquatic ecosystem health for water policy. Proceedings of the conference Living with water, Amsterdam, 26-29 September 1994 : 681-683.
- Van Duin EHS (1992) Sediment transport, light and algal growth in the Markermeer. Proefschrift, Landbouwniversiteit Wageningen : 1-274.
- Wibaut-Isebree Moens NL (1954) Plankton. In : De Beaufort LF (red) *Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee na de afsluiting in 1932* : 90-155. Nederlandse Dierkundige Vereniging, Den Helder.

## Bijlage 1 Voor- en nadelen van een zomergemiddeld percentage blauwwieren

---

### Bijlage 1.1 Voordelen

Blauwwieren genieten een politieke en maatschappelijke bekendheid als exponenten van een slechte waterkwaliteit.

Het zomergemiddelde percentage sluit gevoelsmatig aan bij zomergemiddelden van het chlorofylla-gehalte, het totaal-fosfaatgehalte en het doorzicht.

### Bijlage 1.2 Nadelen

#### Lagere betrouwbaarheid en efficiëntie

Een bepaling van het zomergemiddeld percentage blauwwieren is geen optimale keuze als het gaat om eenvoud, betrouwbaarheid en efficiëntie.

De keuze voor een bepaling van het totaal aan blauwwieren impliceert dat de analist in staat moet zijn om een groot aantal blauwwiersoorten tot op minimaal klasse-niveau te determineren, wat niet eenvoudig is. Juist bij het herkennen van blauwwieren doen zich in ringonderzoeken de grootste discrepanties voor. Sommige soorten worden niet als blauwwier herkend, maar, bijvoorbeeld, als detritus door het bezit van bruine ijzerincrustaties (*Cyanodictyon imperfectum*), of als bacterie door hun geringe afmetingen (*Aphanocapsa delicatissima*, *Merismopedia minima*, *Synechococcus* sp.). Een onbekend aantal losse cellen wordt vermoedelijk als "kleine ronde cel" in de categorie "Overige algen" gestopt.

Het dreigend verlies aan betrouwbaarheid door determinatieproblemen wordt versterkt door de ontstane praktijk om individuen te tellen. Een individu is de verschijningsvorm van de soort in het plankton (Koeleman 1992). Sommige blauwwieren komen voor als losse cel (*Synechococcus*), andere in draden van cellen (*Oscillatoria*, *Aphanizomenon*) en een derde groep in driedimensionale kolonies. *Microcystis aeruginosa* vormt driedimensionale kolonies die 16 cellen groot kunnen zijn maar ook een omvang kunnen bereiken van 10.000 cellen. Het aantal individuen per liter heeft dus geen directe relatie met het chlorofylla-gehalte. Van *Microcystis aeruginosa* worden in fytoplanktonmonsters ook veelvuldig losse cellen aangetroffen. De individu-telling schrijft voor dat het aantal losse cellen herrekend wordt naar de "oorspronkelijke" koloniegrootte. Hiertoe zijn twee methoden geformuleerd :

- (1) De oorspronkelijke koloniegrootte wordt bepaald als het gemiddelde van de grootte van intacte kolonies in het monster;
- (2) De gemiddelde koloniegrootte wordt gesteld op bijvoorbeeld 100 cellen.

Methode (1) is niet werkbaar omdat er geen objectieve criteria zijn om onderscheid te kunnen maken tussen intacte kolonies en gedeeltelijk uitelkaargevallen kolonies en omdat het gemiddelde sterk bepaald kan worden door een enkele, zeer grote kolonie. Een verschil met een factor acht hierdoor is goed mogelijk.

Methode (2) voorkomt het meten met een variabele maat als ook voor de intacte kolonies een standaardkoloniegrootte van 100 wordt gehanteerd. In feite komt deze methode neer op het tellen van cellen.

Bij het bepalen van procentuele abundanties van taxa<sup>1</sup> worden geen dichtheden gemeten maar de bijdrage aan het totale aantal alge-individuen in het monster. Om het percentage blauwwieren te kunnen vaststellen moeten dus ook vertegenwoordigers van andere algengroepen in de analyse betrokken worden.

Het aantal waargenomen blauwwier-individuen is daardoor afhankelijk van de talrijkheid en de verschijningsvorm van andere algen. Voor de AMOEBE is de kwantificering van andere algen een nutteloze inspanning, maar deze inspanning ondergraaft wel de betrouwbaarheid van de abundantieschatting van de blauwwieren.

#### **Informatieverlies**

De groep blauwwieren is een taxonomisch bepaalde eenheid en geen functionele groep. Het is een heterogene groep van algen met uiteenlopende levenswijzen, milieuvorkeuren en relaties met andere organismen. Het samennemen in één groep van uiteenlopende soorten gaat gepaard met informatieverlies. Hierdoor wordt het moeilijker om het functioneren van een aquatische gemeenschap te begrijpen en om te putten uit ecologische en ecofysiologische literatuur.

Een belangrijk nadeel is dat het zomergemiddelde percentage blauwwieren zal kunnen toenemen als gevolg van beheersmaatregelen die bedoeld zijn om de graasdruk van groter zoöplankton te stimuleren. Alleen door onderscheid te maken tussen bijvoorbeeld *Microcystis* en *Aphanizomenon* kunnen de gedifferentieerde effecten op de fytoplanktongemeenschap gemeten worden.

#### **Bruikbaar voor minstens tien jaar**

Een belangrijk nadeel van het percentage blauwwieren met het oog op lange-termijn monitoring is, dat een bepaling van deze variabele moeilijk te standaardiseren is.

---

<sup>1</sup> Taxa zijn systematische eenheden, groepen van organismen die één of meer kenmerken gemeenschappelijk hebben. Het begrip wordt gebruikt voor groepen op uiteenlopende taxonomische niveau's. Een taxon is bijvoorbeeld de afdeling Cyanobacteria, het geslacht *Microcystis* maar ook de soort *Microcystis aeruginosa*.



koeman en bijkerk bv

hydrö-ecologisch onderzoek en advies

postbus 14, 9750 AA Haren

telefoon (050) 63 22 65

telefax (050) 63 52 05

Ir. C.P.M. Breukers,  
Rijkwaterstaat RIZA  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

datum 27 juli 1995

kenmerk 95/162

onderwerp Doelvariabele  
Blauwwieren VZM

Geachte mevrouw Breukers,

Hierbij sturen wij u vijf exemplaren van het rapport "Selectie van doelvariabelen uit de groep Blauwwieren". Dit rapport is het resultaat van onze studie in opdracht van het RIZA, gericht op opname van blauwwieren in de AMOEBE van het Volkerak-Zoommeer.

In het rapport wordt aanbevolen om de doelvariabelen specifiek te omschrijven en suggereert de selectie van een drietal soortgroepen. De twee belangrijkste zijn naar onze mening de soortgroepen *Microcystis* groep *aeruginosa* en *Aphanizomenon* groep *flos-aquae*. Deze worden op uiterlijke kenmerken afgebakend om een betrouwbare kwantificering via lichtmicroscopie mogelijk te maken. De doelvariabelen dienen te worden gekwantificeerd in biovolume/ml, waarvan het seizoensgemiddelde (berekend over de maanden juni-oktober) gehanteerd kan worden als abundantie maat voor de AMOEBE. Het rapport geeft tips voor een betrouwbare en efficiënte analysemethode.

In de laatste twee hoofdstukken wordt een overzicht gegeven van de huidige seizoensgemiddelde dichtheden en worden referentiewaarden hiervoor gepresenteerd. Om deze referenties te kunnen bereiken dient de fosfaatbelasting van het Volkerak-Zoommeer aanzienlijk te worden verminderd. Door stimulering van de graasdruk van grotere *Daphnia*'s alléén, zal de dichtheid van *Microcystis* kunnen verminderen, maar zal de dichtheid van *Aphanizomenon* waarschijnlijk toenemen tot boven de huidige waarde. Wel zal het doorzicht in een dergelijke situatie toe kunnen nemen tot minstens 2 m.

Wij hopen u met deze rapportage van dienst te zijn geweest. Mocht u vragen of opmerkingen hebben dan horen wij dat graag.

Met vriendelijke groeten,

Ronald Bijkerk  
Ton Joosten

