

Datablad

- Titel:** Interkalibrering af planteplankton - undersøgelser i søer
- Forfattere:** Jens Peder Jensen & Martin Søndergaard
Afdelingsnavn: Afdeling for Ferskvandsøkologi
- Serietitel og nummer:** Teknisk anvisning fra DMU nr. 8
- Udgiver:** Miljøministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser ©
- Udgivelsesår:** 1994
- Layout:** Kathe Møgelvang & Anne Mette Poulsen
Foto: Gertrud Cronberg
Teknisk assistance: Lisbet Sortkjær, Birte Laustsen & Lone Nørgaard
ETB: Anne Mette Poulsen
- Bedes citeret:** Jensen, J.P. & Søndergaard, M. (1994): Interkalibrering af planteplankton - undersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. 40 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 8.
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
- Frie emneord:** Planteplankton, interkalibrering, ultralyd, blågrønalg
- Redaktionen afsluttet:** Juni 1994
- ISBN:** 87-7772-148-9
ISSN: 0905-7811
Papirkvalitet: Cyclus
Tryk: Silkeborg Bogtryk
Oplag: 250
Sideantal: 40
- Pris:** 75,- kr (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
- Købes hos:** Danmarks Miljøundersøgelser
Afd. for Ferskvandsøkologi
Vejløvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf. 89 20 14 00, fax 89 20 14 14

Indhold

Forord 5

Resumé 7

1 Indledning og baggrund 9

2 Metoder og databearbejdning 11

3 Resultater 13

3.1 Knud Sø (den "rene" sø domineret af gulalger) 13

3.2 Skanderborg Sø, Store Sø (domineret af blågrønalger) 15

3.3 Lading Sø (domineret af grønalger) 19

4 Retningslinier og konklusioner 23

4.1 Artsbestemmelse 23

4.2 Biomasseberegning 24

4.3 GALD-værdier 26

5 Referencer 27

6 Bilagsoversigt 29

Danmarks Miljøundersøgelser

Forord

Denne anvisning under regi af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram er resultatet af en interkalibrering omfattende planteplanktonundersøgelser i ferskvand.

Interkalibreringen blev gennemført i sommeren/efteråret 1993 ved udsendelsen af tre forskellige planktonprøver til i alt 14 deltagere.

Deltagerne i interkalibreringen takkes for deres engagement og indsats, uden hvilken denne anvisning ville være umulig. En særlig tak rettes til Gertrud Cronberg, Lunds Universitet, og Jørgen Kristiansen, Københavns Universitet, der bistod som eksterne og uvildige eksperter.

Anvisningen er tænkt som et supplement til Miljøstyrelsens tidligere udsendte vejledning: "Planteplankton - metoder" (*Olrik, 1991*).

Resumé

Der blev i august-september 1993 gennemført en interkalibrering vedr. planteplanktontællinger i ferskvandssøer. I interkalibreringen deltog i alt 14 personer omfattende stort set alle, som beskæftiger sig med planteplanktontællinger i Overvågnings søerne. I mødet deltog også to eksterne eksperter (Jørgen Kristiansen, Københavns Universitet, og Gertrud Cronberg, Lunds Universitet) med speciale i henholdsvis gulalger og blågrønalger.

Interkalibreringen blev gennemført på grundlag af deltagernes tælling af tre udsendte prøver fra søer med forskelligt næringsstofniveau og dermed forskellige planteplanktonsamfund. På en efterfølgende workshop blev de indsendte prøver gennemgået i fællesskab og problemer i forbindelse med artsidentifikation og biomasseberegning diskuteret.

Interkalibreringen viste, at planteplanktonbestemmelsen blandt deltagerne generel var god på slægtsniveau, men at det i mange tilfælde er vanskeligt at foretage en god artsbestemmelse ved almindelig lysmikroskopi. Inden for de forskellige planteplanktonklasser blev det bl.a. på baggrund af deltagernes erfaring skitseret, til hvilken detaljeringsgrad bestemmelsen kan forventes gennemført.

Biomassebestemmelsen for to af de udsendte prøver, - med dominans af henholdsvis gulalger og grønalger, - var generelt rimelig ensartet bestemt af deltagerne og med en usikkerhed, der lå tæt på den statistisk forventede. For prøven domineret af blågrønalger var der imidlertid tale om meget store forskelle mellem de enkelte deltagere. Den totale biomasse varierede således med op til en faktor 20. Årsagen til den store variation skyldes primært vanskeligheden ved at biomassebestemme store kolonier af småcellede eller trådformede blågrønalger som f.eks. arter af *Microcystis* og *Anabaena*.

En efterfølgende udsendelse og bestemmelse af ultralydsbehandlede blågrønalgeprøver, hvorved kolonierne sønderdeles, viste, at forskellen mellem største og mindste biomassebestemmelse prøvetagerne imellem var reduceret til ca. en faktor 2, d.v.s. til 1/10 af den tidligere forskel.

For at forbedre biomasseberegningen af blågrønalger blev det derfor besluttet fremover at anbefale anvendelse af ultralyd forud for tællingen i prøver domineret af blågrønalger. Derved vil det være muligt at tælle enkeltceller og opnå en større sikkerhed på biomasseberegningen. Anvendelsen af ultralyd betyder dog samtidigt også, at visse arter inden for *Microcystis* slægten ikke længere kan adskilles.

1. Indledning og baggrund.

Kvantitative planteplanktonundersøgelser indgår som en obligatorisk del af søundersøgelserne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Af hensyn til vurdering af tilstanden og udviklingen i overvågnings søerne er det vigtigt, at kvaliteten af disse data er optimal.

Efter de første års resultater af Overvågningsprogrammet blev det klart, at det var ønskeligt med en højere grad af standardisering af disse undersøgelser både med hensyn til metodiske og bestemmelsesmæssige forhold. På denne baggrund blev det vedtaget at gennemføre en interkalibrering af planteplanktonundersøgelser i ferskvandssøer.

Formålet med denne interkalibrering var at standardisere arts- og biomassebestemmelsen af planteplankton i søer, samt at analysere usikkerheden ved disse bestemmelser for på denne baggrund at kunne forbedre mulighederne for at vurdere forskelle og ligheder for den enkelte sø samt mellem søer.

Danmark Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi (DMU), har stået for det praktiske i forbindelse med interkalibreringen samt indsamlet og bearbejdet resultaterne. For at bidrage til et højt fagligt niveau blev Docent Gertrud Cronberg, Limnologisk Institut, ved Lunds Universitet samt Docent Jørgen Kristiansen, Botanisk Institut, afdeling for svampe og alger ved Københavns Universitet, inddraget i interkalibreringen som eksterne eksperter.

Der deltog 14 personer i selve interkalibreringen, d.v.s. stort set alle de personer, der beskæftiger sig med planteplanktonundersøgelser i forbindelse med Overvågningsprogrammet og det amtskommunale miljøtilsyn i ferskvandssøer i øvrigt. En liste over deltagerne i interkalibreringen findes i bilag I. I bilag II er givet en samlet liste over biomassebestemte arter og deres biomasse i de tre søer.

Som bilag III er vedlagt en liste over den mest anvendte litteratur i forbindelse med planteplanktonbestemmelser. Endelig er der i bilag IV og V givet henholdsvis en tabel med forskellige artskarakterer blandt diverse blågrønalger samt den mulige bestemmelsesgrad af gulalger ved anvendelsen af almindelig lysmikroskopi.

2. Metoder og databearbejdning

Interkalibreringen bestod af tre faser:

- Fase 1:** udsendelse af planteplanktonprøver fra tre søer med forskellig næringsstofniveau. Disse blev bestemt af deltagerne efter deres sædvanlige rutine og med sædvanligt udstyr, og jvf. de regler, der er opstillet i forbindelse med etableringen af Vandmiljøplanens overvågningsprogram (*Kristensen et al., 1990* og *Olrik, 1991*). Resultaterne blev efterfølgende indsamlet og behandlet af DMU.
- Fase 2:** afholdelse af en workshop med deltagelse af alle de personer, der havde foretaget optællingen af de tre prøver. Her blev resultaterne fra de tre søer analyseret og diskuteret. Derudover blev det forsøgt at skabe størst muligt fodslag ved planteplanktonbestemmelser specielt med hensyn til arts- og biomassebestemmelse.

Resultaterne fra fase 1 og 2 fik som konsekvens, at man blev enige om at gennemføre endnu en fase:

- Fase 3:** der omfattede udsendelse af to ens prøver, der henholdsvis var behandlet med ultralyd og ubehandlet. Denne fases primære mål var at undersøge muligheden for forbedre biomassebestemmelserne for blågrønalger ved hjælp af ultralydsbehandling. Ultralydsbehandling foregik med ultralydstav, idet et ultralydsbad ikke er anvendelig til dette formål. DMU valgte at benytte en af de tidligere udsendte prøver for således også at kunne udnytte resultaterne fra fase 3 til at evaluere, om workshoppen havde haft den ønskede virkning med hensyn til standardisering m.v.

De tre prøver, der blev udsendt i fase 1, blev valgt således at såvel forskelle i variationer i dybdeforhold som forskelle i næringsstofniveau blev dækket. Således omfattede prøverne en rentvands-type fra en dyb sø (Knud Sø), en blågrønalge-type fra en middeldyb sø (Skanderborg Sø, Store Sø) og en grønalgedomineret prøve fra en meget lavvandet sø (Lading Sø). I tabel 2.1 er de tre søer, hvorfra prøverne stammer, kort beskrevet.

Dataindberetningen til DMU var anonym, og hver deltager var på forhånd blevet tildelt et "personnummer", der sikrede deltagerens anonymitet, men samtidigt gjorde det muligt for den enkelte deltager via sit nummer at genfinde sine egne resultater i de forskellige sammenstillinger. Gertrud Cronberg optalte også prøverne fra interkalibreringen. Disse resultater er medtaget på figurerne som et slags fikspunkt med personnummeret 99. Efter som Gertrud Cronberg allerede under fase 1 anvendte ultralyd til blågrønalgeprøven, deltog hun ikke i fase 3.

Hver deltager havde mulighed for at angive, om planteplankton-

samfundene i de aktuelle prøver var nogle, man aldrig, sjældent eller jævnligt så. Herudover blev der for hver prøve indberettet oplysninger om en række metodiske forhold: mikroskoptyper og -forstørrelser, eventuelle fortyndingsfaktorer, sedimentationskammerstørrelser, sedimentationstider samt anvendt bestemmelseslitteratur.

Dataindrapporteringen omfattede en total artsliste, samt dimensioner, specifik volumen, antal og biomasse for de optalte og biomassebestemte arter i de tre prøver. Data blev lagret som de traditionelle planteplanktondata fra Vandmiljøplanens overvågningsprogram i DMU's database og kodet ved hjælp af DMU's artskodeliste, således at materialet kunne sammenlignes på tværs. På dette grundlag blev der udarbejdede en lang række sammenstillinger, som blev udleveret til alle deltagerne i forbindelse med den efterfølgende workshop. Heraf er kun de, der er mest relevante for vurderingen af sikkerheden på planteplanktonundersøgelser samt vigtige for standardiseringer af metoder, medtaget i denne rapport.

Under fase 3 skulle deltagerne kun bestemme og optælle blågrøn-alger fra de to prøver. Dataindberetningen, -lagringen og -bearbejdningen fulgte i øvrigt samme procedure som ovenfor beskrevet for fase 1.

Tablet 2.1 Oversigt over de tre søer hvorfra planteplanktonprøverne stammede fra. Prøvetagningstidspunktet var medio august 1993.

| Sø | Areal (km ²) | Middeldybde (m) | Maksimumsdybde (m) | Opholdstid (år) | Sigtdybde* (m) | Eutrofieringsgrad | Dominerende alger |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| Knud Sø | 1,9 | 13,4 | 29 | 1,3 | 3 | Oligo/-mesotrof | gulalger |
| Skanderborg Sø, Store Sø | 3,2 | 8,5 | 19 | 0,7 | 0,3 | Eutrof | blågrøn-alger |
| Lading Sø | 0,6 | 1,0 | 1,5 | 0,1 | 0,35 | Hyper-eutrof | grøn-alger |

* På prøvetagningstidspunktet

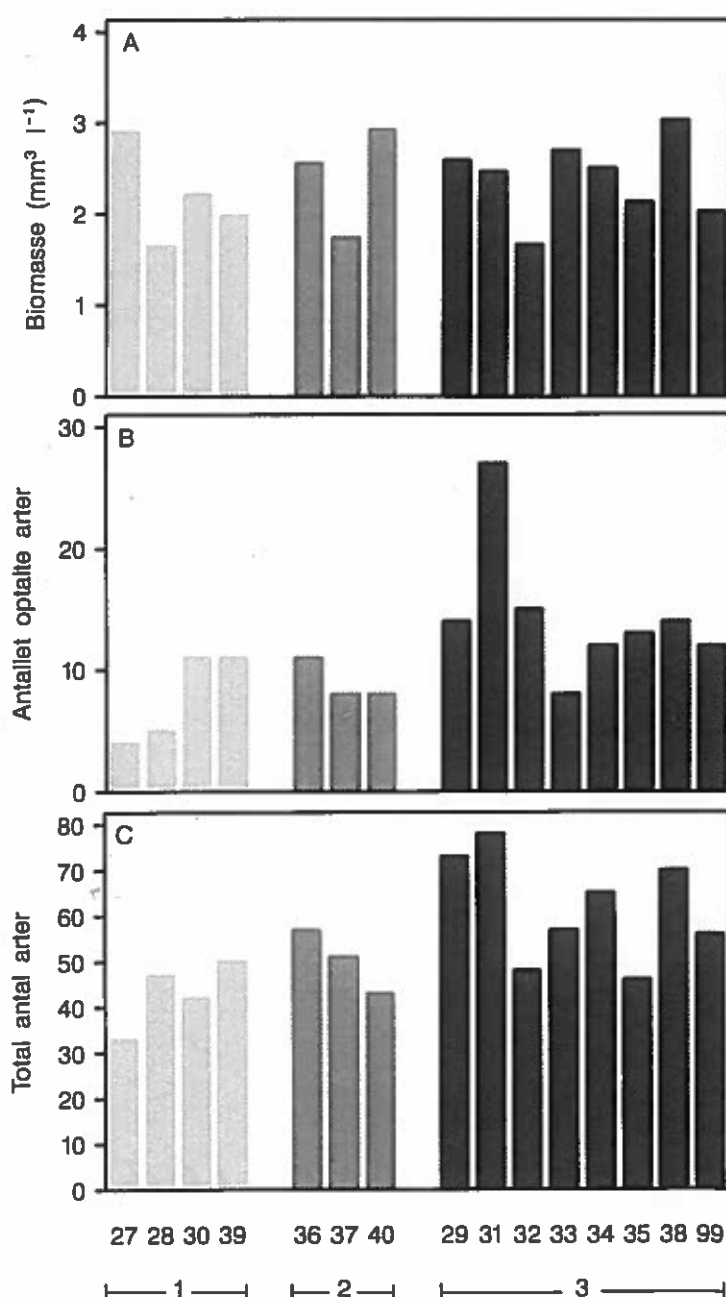
3. Resultater

Indledningsvis bør det nævnes, at de tre udsendte prøver bar stærkt præg af den kraftige vindpåvirkning op til prøvetagningen, bl.a. var prøvernes indhold af resuspenderet materiale fra bunden stort. Men også selve planteplanktonet var påvirket af den kraftige omrøring. Dette gjaldt især prøven fra Skanderborg Sø, Store Sø, hvor kolonierne af *Microcystis* var delvist sønderdelt. Disse forhold gjorde naturligvis oparbejdningen af prøverne mere besværlig end normalt, men ikke desto mindre er prøverne jo realistiske - omend ekstreme.

3.1 Knud Sø (den "rene" sø domineret af gualger)

Den samlede estimerede biomasse for planktonprøven fra Knud Sø varierede kun i mindre omfang mellem deltagerne (Fig. 3.1A).

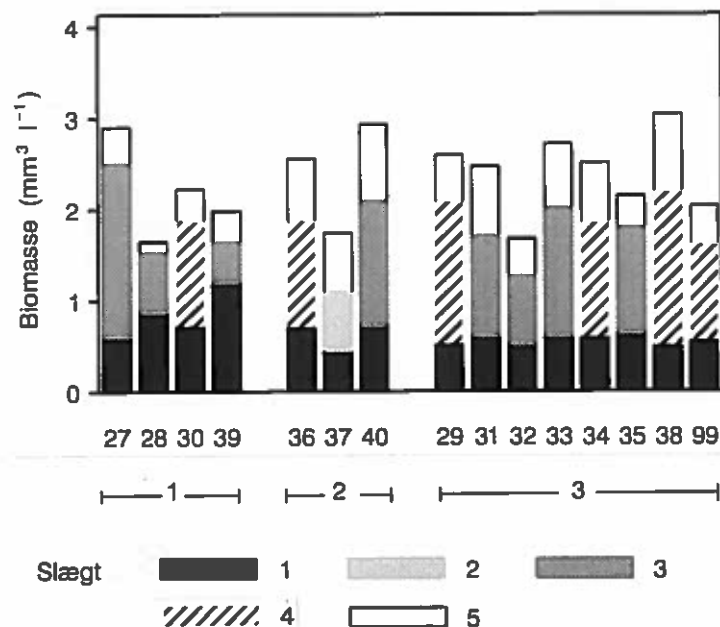
Figur 3.1 Resultater fra Knud Sø, hvor A) er de forskellige deltageres beregning af den samlede planteplanktonbiomasse, B) er antallet af arter anvendt ved biomasseberegningen og C) er det totale antal registrerede arter i prøven. Grupperingen af deltagerne i 1, 2 og 3 svarer til, om algeprøven var af en type, som de pågældende personer aldrig, sjældent eller jævnligt så.



Den estimerede biomasse kunne for alle deltagere stort set holdes indenfor $\pm 20\%$, hvilket svarer til tælleusikkerheden ved et tælle-tal på 100 individer. Hundrede individer er det minimum man som generel tommelfingerregel om muligt skal tælle ved plan-teplanktonundersøgelser (Olrik, 1991). Tillige er biomasseestimatet for denne prøve uafhængigt af deltagernes kendskab til den aktuelle prøvetype (Fig. 3.1A), d.v.s. om prøvetypen aldrig ses eller ses jævnligt ser ikke ud til at have nogen indflydelse på den samlede biomasse. Ej heller har det antal forskellige tælleenheder (arter, slægter eller højere taksonomiske enheder) deltagerne har valgt at optælle nogen indflydelse på den resulterende biomasse i prøven (Fig. 3.1B). Så det må konkluderes, at biomassebestemmelsen af prøven fra denne sø er tilfredsstillende og reproducerbar.

Antallet af arter fundet i prøven varierede derimod meget fra person til person (Fig. 3.1C). Således varierede antallet af arter, der blev brugt ved biomassebestemmelsen, mellem 4 og 27 for denne prøve. Der kunne spores en tendens til et højere antal arter, når personerne i forvejen havde kendskab til prøvetypen.

Figur 3.2: Den beregnede biomasse i Knud Sø fordelt på slægter: 1 = *Ceratium*, 2 = *Dinobryon*, 3 = *Ochromonas*, 4 = *Uroglena*, 5 = Øvrige. Deltagernes gruppering er efter samme princip som i 3.1.

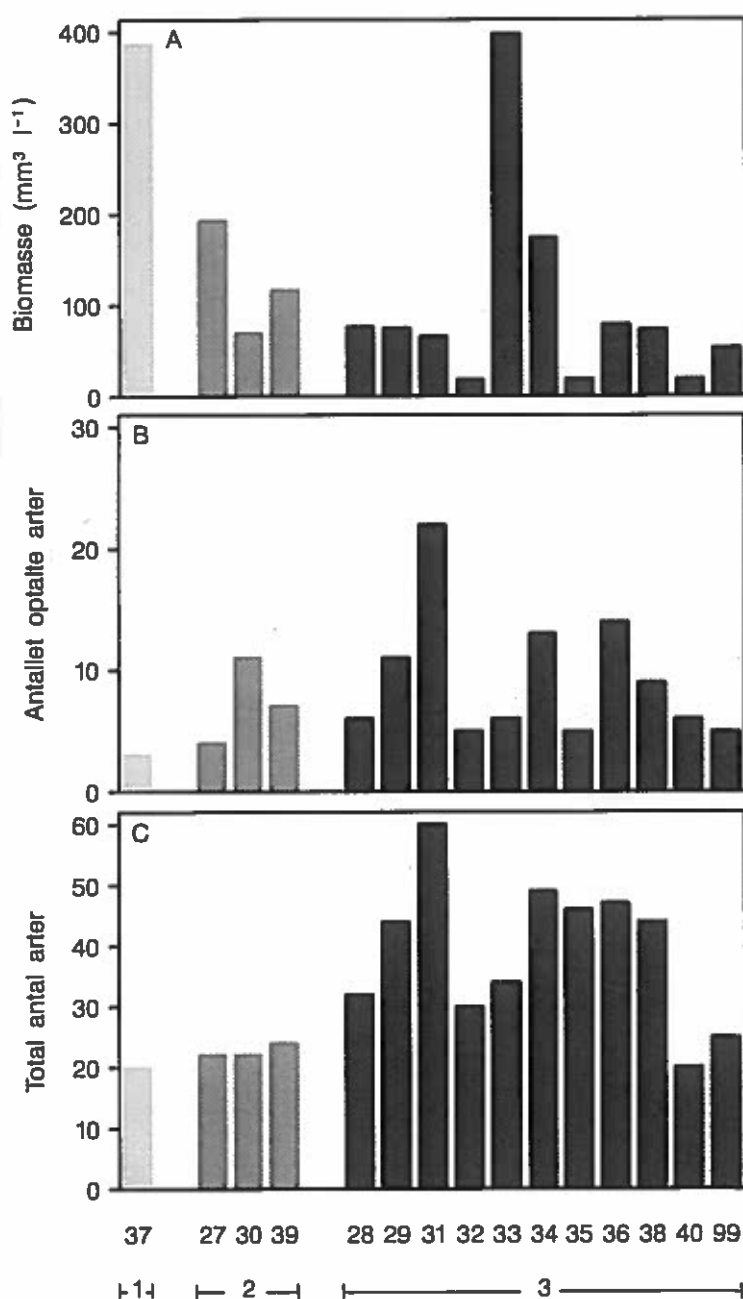


Deltagerne var generelt enige om, at furealger og gulalger udgjorde hovedparten af biomassen (Fig. 3.2), men deltagerne var dog uenige om hvilken gulalgeslægt, der var tale om. Det viste sig, at det drejede sig om en *Uroglena*-art, men at kolonierne ved fiksering var faldet fra hinanden, men i enkeltceller, hvorfor en del havde fejlbestemt slægten til den mere typisk solitære forekommende slægt: *Ochromonas*. Den lille *Chrysochromulina parva* havde kun under halvdelen af deltagerne optalt i prøven. Men herudover synes bestemmelsen af de arter/slægter, der udgjorde den væsentligste del af biomassen, at være gået nogenlunde. En mere detaljeret oversigt over de forskellige arter m.v. i prøven findes i bilag II.1.

3.2 Skanderborg Sø, Store Sø (domineret af blågrønalger)

Prøven fra Skanderborg Sø, Store Sø, viste meget stor variation med hensyn til den samlede biomasse (Fig. 3.3A), idet denne varierede mellem 20 og 400 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$. Ca. halvdelen af deltagerne var dog enige om en biomasse omkring 60-80 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$. Den store variation kunne ikke umiddelbart relateres til metodiske forskelle som antallet af forskellige tælleenheder, eller deltagerens kendskab til prøvetypen (Fig. 3.3B).

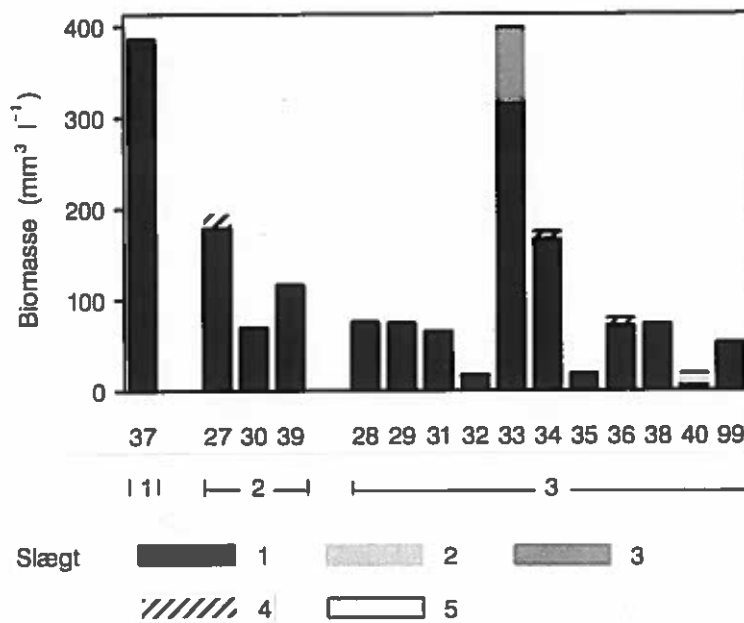
Figur 3.3: Resultater fra Skanderborg Sø, Store Sø, hvor A) er de forskellige deltagers beregning af den samlede planteplanktonbiomasse, B) er antallet af arter anvendt ved biomasseberegningen, og C) er det totale antal registrerede arter i prøven. Deltagerens gruppering er efter samme princip som i 3.1.



Antallet af arter varierede relativt mindre for denne prøve (Fig. 3.3C), men i absolutte tal var forskellen på det mindste og største antal arter dog 38 (fra 22 til 60). Antallet af arter var klart afhængigt af deltagerens kendskab til prøvetypen. Personer, der havde et godt kendskab til prøvetypen, turde sætte navn på flest arter. Alle deltagerne var dog enige om, at kun blågrønalger havde en væsentlig biomasse i prøven. Og samtidigt fandt alle

deltagerne, at slægten, der udgjorde hovedparten af biomassen, var *Microcystis* (Fig. 3.4). De tre almindelige arter af *Microcystis*: *M. aeruginosa*, *M. wesenbergii* og *M. viridis* turde de fleste sætte navn på, men et par stykker havde dog valgt optælle *Microcystis* spp. Yderligere oplysninger om de forskellige arter og slægter i prøven findes i bilag II.2.

Figur 3.4: Den beregnede biomasse i Skanderborg Sø, Store Sø, fordelt på grupper: 1 = *Microcystis*, 2 = blågrønalg, 3 = blågrønalgelignende, 4 = ubestemte, 5 = øvrige.



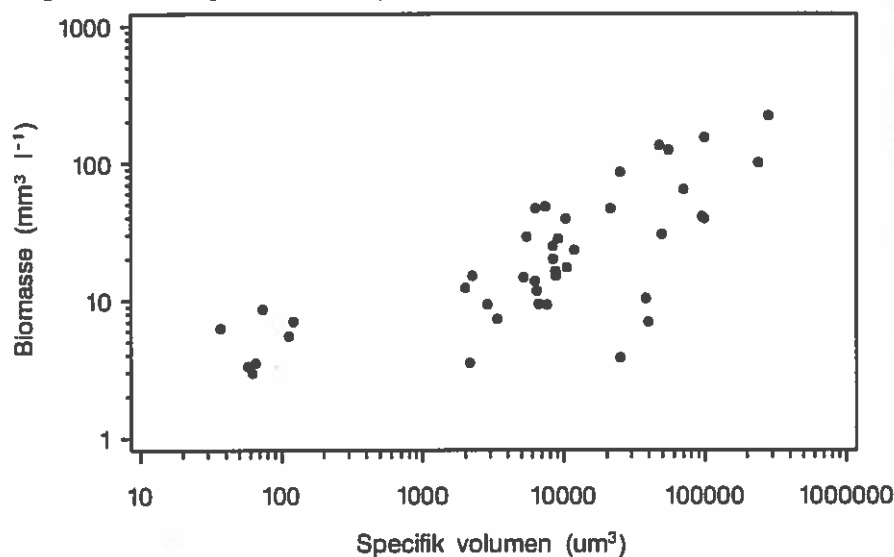
Tabel 3.1. Reduktionfaktorer anvendt for kolonidannende blågrønalg for sø 2. Opdelt på første og anden optælling.

| Person | 1. optælling | 2. optælling |
|--------|--------------|--------------|
| 40 | 0,5-0,8 | 0,34-0,54 |
| 39 | 0,4-0,8 | 0,4 |
| 38 | 0,3-0,8 | 0,3-0,8 |
| 29 | 0,3-0,8 | 0,3-0,7 |
| 34 | 0,3-0,7 | 0,2-0,3 |
| 33 | 0,3-0,7 | 0,1-0,6 |
| 27 | 0,3-0,7 | 0,1-0,6 |
| 35 | * | 0,1-0,4 |
| 31 | 0,15-0,8 | 0,2-0,5 |
| 32 | * | 0,1-0,4 |
| 28 | 0,76-0,77 | 0,35-0,5 |
| 30 | 0,4-0,5 | 0,4 |
| 36 | 0,3-0,4 | 0,3-0,4 |
| 37 | 0,3-0,65 | 0,2-0,4 |

* Disse personer estimerede celletallet i stedet

Som nævnt måtte det altså konkluderes, at biomassen i denne prøve var blevet bestemt til meget forskellige værdier af flere

Figur 3.5: Den beregnede biomasse af *Microcystis* i Skanderborg Sø, Store Sø i forhold til det anvendte specifikke volumen af delkolonierne.



Proceduren ved biomassebestemmelse af kolonidannende blågrøn-alger er at underopdele kolonierne i delkolonier, der optæles. Delkolonierne antages at være kugleformede, og hermed kan den samlede biomasse for kolonierne estimeres. De store biomasser i prøven fra Skanderborg Sø var sammenfaldende med en stor størrelse af delkolonierne (Fig. 3.5). Problemet syntes at være, at der blev valgt så store delkolonistørrelser at diameteren af kuglen ikke var afstemt efter koloniernes tykkelse. Hvis kuglens diameter overstiger tykkelsen af kolonien overestimeres biomassen derfor. Det modsatte vil naturligvis være tilfældet med for små delkolonier, men dette syntes ikke at være et problem i dette tilfælde.

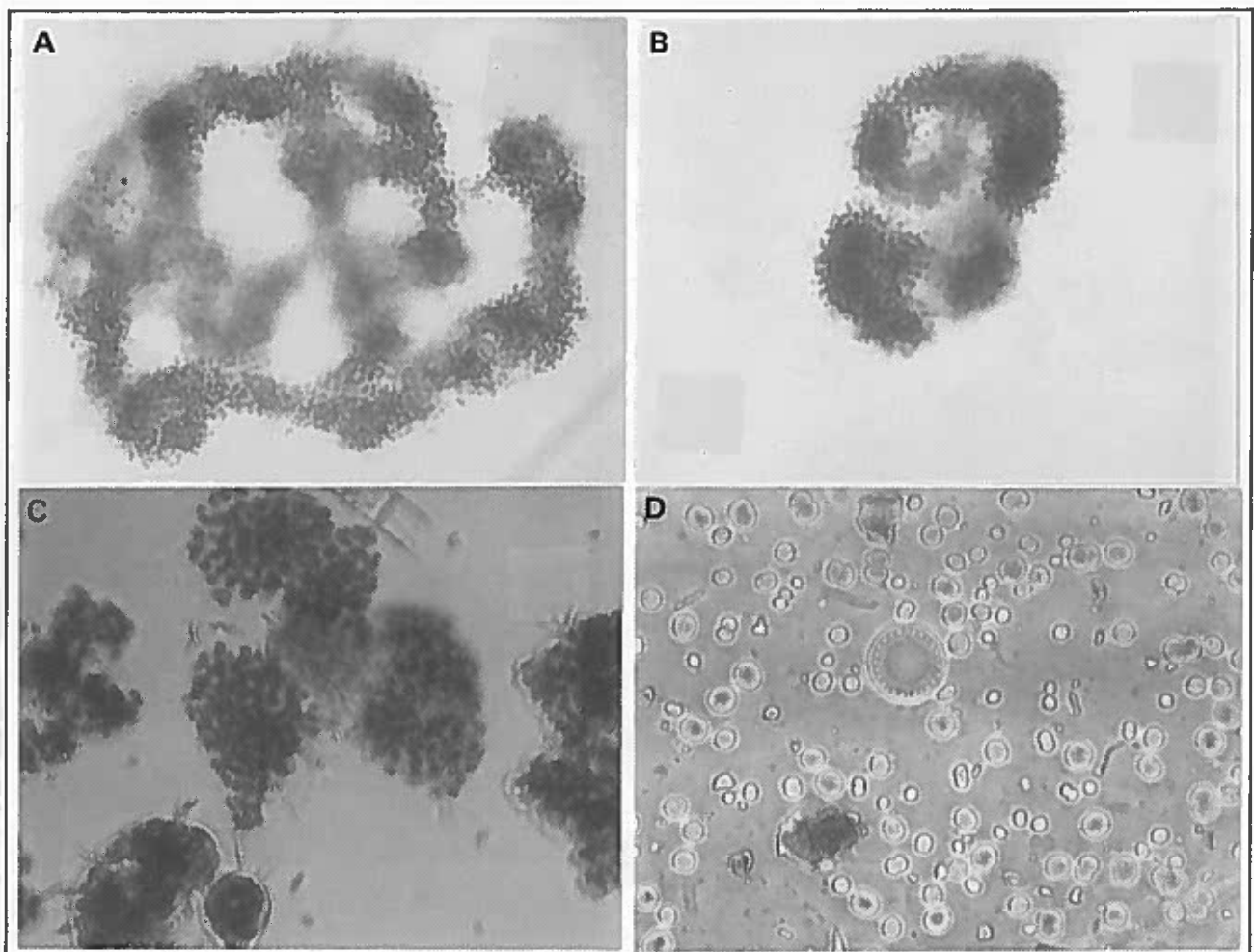
En yderligere usikkerhedsfaktor ved biomassebestemmelsen af de kolonidannende blågrøn-alger er, at der skønnes en reduktionsfaktor, der bruges til at reducere den fundne biomasse, der er inklusiv gelekappen, til cellebiomasse. Forskellig brug af reduktionsfaktoren kunne dog ikke umiddelbart relateres entydigt til forskelle i den resulterende biomasse, men måske er faktoren generelt med til at overestimere biomassen af blågrøn-algekolonier. At denne reduktionsfaktor typisk er mellem 0,2 og 0,8 (Tabel 3.1), på trods af at teoretiske overvejelser omkring det antal mindre kugler, der kan pakkes i en større kugle, tyder på, at den maksimalt kan antage en værdi på 0,5.

Resultaterne fra biomassebestemmelsen af denne prøve samt de deraf følgende diskussioner under workshoppen fik som konsekvens, at det blev vedtaget at overveje muligheden af ultralydsbehandling før biomassebestemmelsen af denne type blågrøn-alger i prøver, hvor disse udgør en væsentlig andel (>30 %). Ultralydsbehandlingen sønderdeler disse kolonier og gør det muligt at optælle enkeltcellerne direkte. Det blev vedtaget at gennemføre en fase 3 af interkalibreringen, hvor deltagerne skulle estimere biomassen i henholdsvis en ultralydsbehandlet og en ubehandlet prøve for at teste metoden. Ultralydsbehandlingsens effekt er illustreret i

ill. 1, hvor man henholdsvis ser tre *Microcystis*-arters kolonier før ultralydsbehandlingen samt prøven efter behandlingen - alle fotos er fra prøven fra Skanderborg Sø.

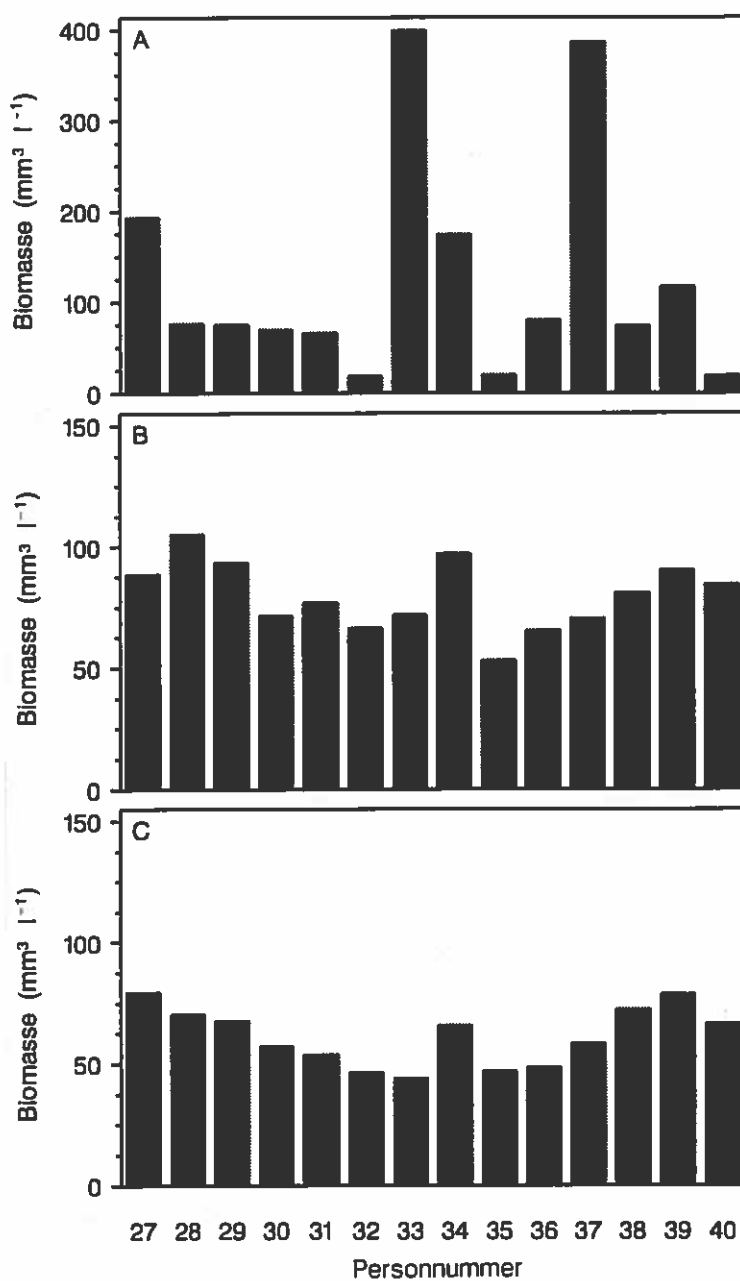
Ultralydsbehandlingen viste, at variationen i biomassebestemmelserne i blågrønalgesøen var betydeligt mindre end ved bestemmelsen af den samme prøve under fase 1 (Fig. 3.6). Hvor biomassen under fase 1 varierede med en faktor 20 (mellem 19 og 398 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$), varierede biomassebestemmelsen i de ultralydsbehandlede prøver kun med en faktor 2 (mellem 53 og 105 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$). Der er altså tale om øget sikkerhed i bestemmelsen deltagerne imellem.

Samtidigt er det bemærkelsesværdigt, at også den ikke ultralydsbehandlede prøve blev bestemt med en langt mindre variation under fase 3 (Fig. 3.6). Også her varierede biomassebestemmelsen nu kun med ca. en faktor 2 (mellem 44 og 79 $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$). Årsagen til denne forbedring skyldes formentlig især den fælles afklaring under workshoppen om, hvordan underopdelingen i delkolonier bedst foretages. Samtidigt var der efter workshoppen nok også en lidt større enighed om brugen af reduktionsfaktorerne (Tabel 3.1), selv om dette kun har haft mindre betydning for den mere ensartede bestemmelse. Endelig kan en del af forklaringen skyldes, at deltagerne under gennemgangen efterhånden er blevet "for godt" kendt med prøven, så denne analyse giver for pænt et billede.



Ill.1: A-C: Før ultralydsbehandling, D: Efter ultralydsbehandling.

Figur 3.6: Den beregnede biomasse i Skanderborg Sø, Store Sø ved A) den første og oprindelige optælling, B) optælling efter ultralydsbehandling, og C) anden optælling efter den "gamle" metode. Bemærk den forskellige Y-akse mellem a og b samt c.



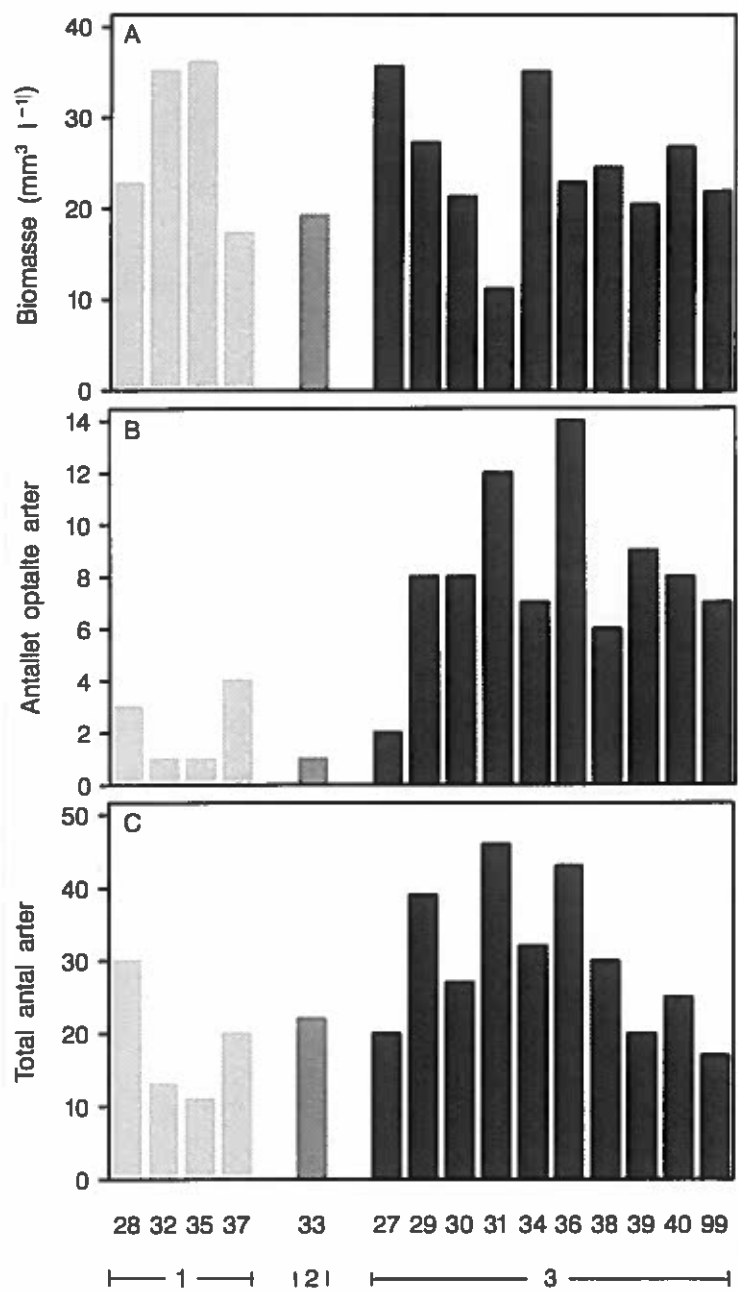
3.3 Lading Sø (domineret af grønalger)

Den samlede biomasse fra Lading Sø var betydeligt mere ensartet bestemt end prøven fra Skanderborg Sø (fase 1), men der var dog også her en utilfredsstillende høj forskel mellem det største og mindste biomasseestimat (hvh. 36 og 11 mm³ l⁻¹), selv hvis kun gruppen af deltagere, der ser prøvetypen jævnlgt, betragtes (Fig. 3.7A).

Som ved de to foregående prøver var der ingen sammenhæng mellem det antal forskellige arter (tælleenheder), der blev optalt, og den samlede biomasse (Fig. 3.7B). I denne prøve kunne en del af forskellen i den samlede biomasse henføres til forskelle i det specifikke volumen, der lå til grund for biomasseberegningen. Med hensyn til artsbestemmelser fandtes den samme tendens i denne prøve som ved de øvrige prøver, således at det ikke over-

raskende var de personer, der havde et godt kendskab til prøvety-
pen, der havde de længste artslistor (Fig. 3.7C).

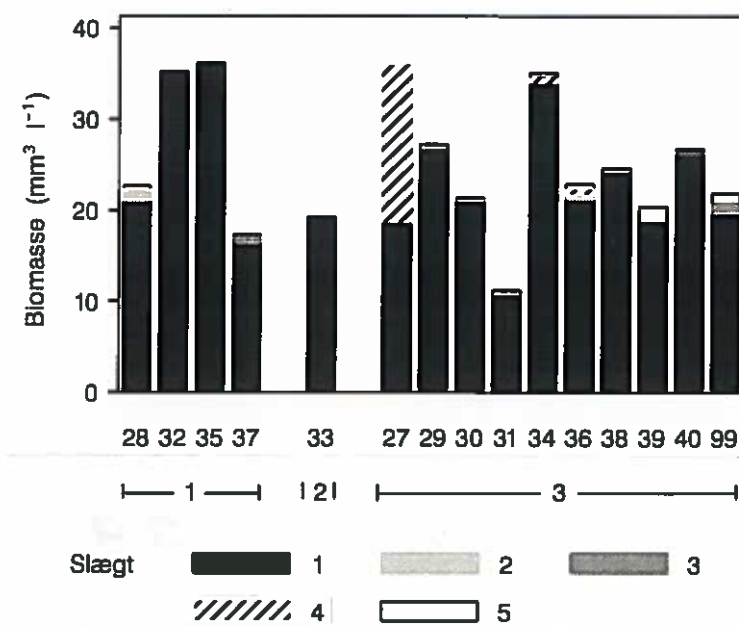
Figur 3.7: Resultater fra Lading Sø, hvor A) er de forskellige deltageres be-
regning af den samlede
planteplanktonbiomasse, B)
er antallet af arter anvendt
ved biomasseberegningen,
og C) er det totale antal
registrerede arter i prøven.
Deltagernes gruppering er
efter samme princip som i
3.1.



Alle deltagerne var enige om, at det var grønalgslægten: *Scenedesmus*, der udgjorde hovedparten af biomassen (Fig. 3.8), samtidig fandt de fleste, at forskellige kiselalger udgjorde en signifi-
kant, omend lille del, af den samlede biomasse.

Niveauet af artsbestemmelsen for slægten: *Scenedesmus* var meget
forskellig; nogle stoppede artsbestemmelsen ved *Scenedesmus* spp.,
andre optalte og bestemte biomassen for 5 forskellige *Scenedesmus*-
arter (Bilag II.3).

Figur 3.8: Den beregnede biomasse i Lading Sø fordelt på slægter: 1 = *Scenedesmus*, 2 = *Fragilaria*, 3 = *Synedra*, 4 = ubestemte, 5 = øvrige.



4. Retningslinier og konklusioner

På baggrund af deltagernes bestemmelse af de tre prøver samt afestningen af ultralydsbehandlingen er der i det følgende givet en række retningslinier for, hvorledes planteplanktontællinger under Overvågningsprogrammet i søer bør gennemføres.

4.1 Artsbestemmelse

Det højeste informationsniveau opnås naturligvis, hvis alle planteplankton typer kan henføres til art. Derfor skal man som udgangspunkt forsøge at bestemme ned til så detaljeret et taxonomisk niveau som muligt. For mange arter er det dog ikke muligt alene på grundlag af lysmikroskopi, at foretage en sikker artsbestemmelse. Her skal man være forsigtig med at påføre et artsnavn, med mindre man er "temmelig" sikker.

Table 4.1 Generel angivelse af den opnåelige bestemmelsesgrad ved almindelig lysmikroskopi inden for de almindeligste planteplanktonklasser.

| Klasse/gruppe | Bestemmelsesgrad |
|---------------|---|
| Gulalger | De fleste slægter og nogle arter, især inden for kolonidannende <i>Dinobryon</i> -arter, kan bestemmes. Se i øvrigt bilag V |
| Rekylalger | <i>Rhodomonas lacustris</i> er nem at bestemme. <i>Cryptomonas</i> -lignende i øvrigt: hvis størrelsen > 20 µm, <i>Cryptomonas</i> sp. hvis størrelsen < 20 µm, Cryptomonader, opdelt efter størrelse |
| Blågrønalger | De fleste kan henføres til slægt og en del til art. Taxonomien er p.t. under ændring; de primære referencer for ændringerne er Komárek og Anagnostidis' arbejder (se Bilag III). Til slægter og arter fra ordenen <i>Chlorococcales</i> kan tabellerne i bilag IV være en god hjælp |
| Furealger | Kan bestemmes rimeligt let, men for de fleste dog kun på baggrund af plademønstre, hvilket er vanskeligt på lugol-fixerede prøver |
| Kiselalger | Nogle slægter og få arter kan bestemmes, men ofte er det kun muligt at opdele i centriske eller pennate kiselalger, der så kan størrelsesopdeles. Taxonomien er p.t. under ændring |
| Grønalger | En del arter og stort set alle slægter kan bestemmes. Dog er de små arter (grønne kugler) meget vanskelige. <i>Scenedesmus</i> -arter kan som minimum henføres til grupperne angivet i Huber-Pestalozzi (se Bilag III) |

Ved prioriteringen af arbejdsindsatsen er det som hovedregel vigtigere at lave en god artsbestemmelse af de dominerende arter end at bruge for megen tid på at lave en fuldstændig artsliste og

optælling. Dette betyder f.eks., at man ikke behøver at bruge megen tid på artsbestemmelsen af en biomasse-mæssig ubetydelig art, mens det for biomasse-mæssig vigtige arter er vigtigt at lave en god artsbestemmelse. I sidstnævnte tilfælde kan det derfor være nødvendigt at forbehandle prøven (f.eks. affarvning eller glødning) og at gennemføre artsbestemmelsen i et retvendt mikroskop.

Af hensyn til sammenligneligheden og evt. senere artsbestemmelse er det vigtigt, at notere hvilke bestemmelsesværker, der har været anvendt ved klassifikationen. I Tabel 4.1 er der angivet den opnåelige bestemmelsesgrad for en række planteplanktonklasser.

I de tilfælde, hvor det ikke kan lade sig gøre at identificere en algart kan det være formålstjenligt at gruppere de ubestemte arter i en række størrelsesgrupper. For at lette tolkningen af data anvendes der standardiserede størrelsesgrupper (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Standardiserede størrelsesinddelinger af planteplankton.

| | | |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Størrelsesklasser (μm): | 0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-50 | |
| for kiselalger kan der evt. anvendes: | >10, 10-20, 20-30, 30-50, 50-100, > 100 | |
| for rekyalger kan evt. anvendes | 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, >30 | Cryptomonader <i>Cryptomonas</i> |

Det understreges dog, at man ved beregning af individvolumenet skal anvende aktuelle mål (f.eks. størrelsesgruppe 50-100 μm i opmålingen, Fås en middelværdi på 60 μm i diameter skal denne anvendes i stedet for middelværdien for størrelsesgruppen (= 75 μm).

4.2 Biomasseberegning

Ved beregning af biomassen er det ligeså vigtigt at estimere det specifikke volumen for de forskellige arter godt bl.a. ved at opmåle et tilstrækkeligt stort antal individer, som at få talt et tilpas stort antal individer. Der skal kun relativt små unøjagtigheder til ved opmålingen af de forskellige dimensioner, før det, når dimensionerne ganges sammen og eventuelt opløftes i anden eller tredje potens, får en væsentlig indflydelse på biomassen. Af hensyn til målesikkerheden er det derfor vigtigt, at måleskalaen er tilstrækkelig fin. Den mindste måleenhed bør være cirka 2-3 μm ved en forstørrelse på 400 gange. Det er naturligvis helt legalt at stoppe artsbestemmelsen på slægtsniveau, men man skal være påpasselig med ikke at tvinge to forskellige typer til at have samme størrelse og eventuelt geometrisk form, hvis der er væsentlige forskelle mellem disse. I sådanne tilfælde skal de forskellige typer optælles og opmåles separat.

Hvis der ses bort fra forholdene omkring volumenbestemmelserne, ser de metodiske forhold (sedimentationstid, kammerstørrelse,

fortynding m.v.) ikke ud til at kunne forklare nogen væsentlig del af variationen i biomasseestimatene. Men det skal dog nævnes, at i forbindelse med en prøve, der er så tæt som Lading Sø (og Skanderborg Sø), er det også vigtigt ved behandlingen af prøven (ophælding m.v.), at man sørger for at prøven er fuldt opblandet under hele ophældningsproceduren. En vurdering af prøvebehandlingens indflydelse har det ikke været muligt at inddrage i denne interkalibrering, men det er kendt, at hvis prøverne ikke behandles omhyggeligt introduceres nemt en væsentlig fejl.

Som det fremgår af den store variation mellem biomassen bestemt af de enkelte deltagere i interkalibreringen, ser der især ud til at være problemer i forbindelse med biomasseberegningen hos blågrønalger. Den store variation skyldes især den usikkerhed, der opstår i forbindelse med den subjektive vurdering af størrelsen af delkolonierne samt i mindre grad reduktionsfaktoren.

På baggrund af diskussionerne under workshoppen blev det vedtaget at foreslå følgende retningslinier:

1) Hvis biomassen af de "svært tællelige arter" skønnes at udgøre mere end 1/3 af den samlede biomasse anvendes ultralyd. Der anvendes en ultralydsstav og ikke et ultralydsbad.

2) Hvis der ikke anvendes ultralyd (d.v.s. hvis biomassen af de svært tællelige blågrønalger udgør mindre end 1/3 af den samlede biomasse), skal kolonierne inddeles i et passende stort antal delkolonier, således at delkoloniernes diameter svarer til koloniens "dybde".

3) Ved anvendelsen af ultralyd:

- hvis en art skønnes at udgøre mere end 90% af den samlede biomasse, henføres hele biomassen til denne.
- hvis der ikke kun er en dominerende art, inddeles arterne i grupper efter størrelse, der så kan omfatte 2-3 arter. Dette angives f.eks. som *Microcystis botrys*/*M. viridis*/*M. wesenbergii*.

4) Det er en god idé at bruge et forholdsvis finmasket kvadratnet i stedet for traditionelt måleokular. Et kvadratnet med kendt størrelse af ruderne, der dækker hele synsfeltet i okulalet, gør såvel tællinger som målinger nemmere og sikrere.

5) Man skal være opmærksom på ikke at overestimere reduktionsfaktoren, der kun i helt tætpakkede kolonier kan overstige 0,5.

Ved anvendelse af ultralyd er det nødvendigt at prøve sig frem for at finde den rette behandlingstid. Normalt er det nok med ca. 1 minut, men visse kolonier som f.eks. kolonier af *Microcystis wesenbergii* er vanskelige at slå i stykker og kan kræve længere tid. Men samtidigt er det vigtigt ikke at give ultralydsbe-

handling for længe, idet de enkelte celler derved kan slås i stykker. En mere indgående beskrivelse af ultralydsmetodikken findes i *Cronberg (1982)*.

4.3 GALD-værdier

Ved GALD-værdien forstås den største lineære dimension af en planteplanktonorganisme (Greatest Axial Linear Dimension). Under udregningen af GALD-værdien medtages alle synlige vedhæng, det vil sige, at f.eks. hornene hos *Scenedesmus* medregnes. Det skal i denne forbindelse nævnes, at GALD-værdien er et obligatorisk mål ved planteplanktonundersøgelser i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, og man skal således ved bl.a. ultralydsbehandlede prøver sørge for at få denne målt i den ubehandlede prøve. GALD-værdien har betydningen ved vurdering af dyreplanktons græsning.

5. Referencer

Cronberg, G. 1982. Phytoplankton changes in Lake Trummen induced by restoration. *Folia Limnol. Scand.* 18: 1-119.

Kom.-Legn., J. & G. Cronberg. In press. Planctic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. *Arch. Hydrobiol. Algological Studies.*

Kristensen, P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Mortensen & A. Rebsdorf. 1990. Prøvetagning og analysemetoder i søer: Overvågningsprogram. *Danmarks Miljøundersøgelser*, 32 s.

Olrik, K. 1991. Planteplankton - metoder. Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen. 108 s.

6. Bilagsoversigt

Bilag I: Deltagerliste

Bilag II: Artsliste m.v. for de enkelte prøver/søer.

Bilag III: Udvalgte bestemmelsesværker (delvist efter Gertrud Cronberg, pers. med.)

Bilag IV: Tabeller med karakterer for almindeligt forekommende blågrønalger (Chroococcales) (efter *Kom.-Legn. & Cronberg, in press*).

Bilag V: Oversigt over mulig bestemmelsesgrad af gulalger ved lysmikroskopi

Bilag I

Liste over deltagere i Interkalibrering for Planteplankton

| Navn | Stilling | Institution |
|-------------------------|----------|---|
| Flemming Bach | Biolog | Hedeselskabets Laboratorium |
| Gertrud Cronberg | Docent | Ekologiska Inst./Limnologi, Lunds Universitet |
| Lisbeth Drasbech | Biolog | Århus Amt |
| Lone Reersø Hansen | Biolog | Carl Bro as |
| Bodil Aavad Jacobsen | Biolog | Miljøbiologisk Laboratorium |
| Birgit Jacobsen | Laborant | Fyns Amt |
| Helle Jensen | Biolog | Århus Amt |
| Jens Peder Jensen* | Biolog | Danmarks Miljøundersøgelser |
| Jørgen Kristiansen* | Docent | Botanisk Institut, Københavns Universitet |
| Birte Laustsen | Laborant | Danmarks Miljøundersøgelser |
| Jette Mikkelsen | Biolog | Bio/Consult |
| Mona Nielsen | Laborant | Vejle Amt |
| Vibeke Nordby | Biolog | Storstrøms Amt |
| Lone Nørgaard* | Laborant | Danmarks Miljøundersøgelser |
| Kirsten Olrik | Biolog | Miljøbiologisk Laboratorium |
| Martin Søndergaard* | Biolog | Danmarks Miljøundersøgelser |
| Annie Sørensen | Biolog | Miljøbiologisk Laboratorium |
| Helle Bjerg Sørensen | Biolog | Københavns Kommune |
| Henriette Lang Sørensen | Biolog | Vejle Amt |

* Deltog ikke i planteplanktontællingerne

Bilag II

Oversigt over de biomasseopgjorte "tælleenheder" i de tre prøver sorteret efter den gennemsnitlige biomasse. Antal obs. angiver, hvor mange af de 15 deltager, der har registreret den pågældende art/type.

| Antal obs. | Tælleenhed | Gns. biomasse (mm ³ l ⁻¹) |
|------------|--|---|
| 3 | UROGLENA SPP. | 1.46 |
| 1 | OCHROMONAS SPP. | 1.37 |
| 6 | OCHROMONAS SP. | 1.17 |
| 3 | UROGLENA SP. | 1.09 |
| 2 | CERATIUM FURCOIDES | 0.74 |
| 1 | DINOBRYON SP. | 0.65 |
| 13 | CERATIUM HIRUNDINELLA | 0.64 |
| 1 | OCHROMONAS OVALIS | 0.46 |
| 1 | MICROCYSTIS SPP. | 0.39 |
| 2 | ubestemte FLAGELLATER | 0.21 |
| 2 | MICROCYSTIS AERUGINOSA | 0.17 |
| 7 | CRYPTOMONAS SPP. | 0.15 |
| 3 | RHODOMONAS LENS | 0.14 |
| 4 | CHRYSOCHROMULINA PARVA | 0.12 |
| 1 | CHROMULINA SPP. | 0.12 |
| 8 | CRYPTOMONAS SP. | 0.12 |
| 9 | UBESTEMTE STØRRELSES-OPDELTE | 0.11 |
| 5 | CRYPTOPHYCEAE | 0.11 |
| 2 | CHROOMONAS SP. | 0.10 |
| 3 | ANABAENA SPP. | 0.07 |
| 2 | ANABAENA FLOS-AQUAE | 0.07 |
| 5 | PERIDINIUM CINCTUM | 0.06 |
| 2 | ANABAENA SP. | 0.06 |
| 2 | CHRYSOCHROMULINA SP. | 0.05 |
| 8 | ANABAENA CIRCINALIS | 0.04 |
| 1 | GYMNODINIUM SP. | 0.04 |
| 1 | GYMNODINIUM UBERRIMUM | 0.04 |
| 1 | PERIDINIUM SPP. | 0.04 |
| 3 | CHLOROCOCCALES | 0.04 |
| 1 | APHANIZOMENON FLEXUOSUM | 0.03 |
| 1 | MALLOMONAS SP. | 0.03 |
| 2 | CHLAMYDOMONAS SP. | 0.03 |
| 2 | RHODOMONAS SP./CHROOMONAS | 0.03 |
| 4 | APHANIZOMENON FLOS-AQUAE | 0.02 |
| 2 | NØGNE FUREALGER | 0.02 |
| 3 | aphanizomenon flos-aquae v. klebahnii = A. KLEBAH. | 0.02 |
| 1 | ubestemte NANOFLAGELLATER | 0.02 |
| 3 | THEKATE FUREALGER | 0.02 |
| 4 | anabaena flos-aquae f. lemmermannii = A. LEMMERM. | 0.01 |
| 2 | MICROCYSTIS WESENBERGII | 0.01 |
| 4 | GYMNODINIUM HELVETICUM | 0.01 |
| 2 | ANABAENA SPIROIDES | 0.01 |
| 3 | PERIDINIOPSIS POLONICUM | 0.01 |
| 1 | ENTZIA ACUTA | 0.01 |
| 1 | NITZSCHIA SP. | 0.01 |
| 1 | SAMLEGRUPPE FOR FÅTALLIGE | 0.01 |
| 2 | SCENEDESMUS SPP. | 0.01 |
| 2 | RHODOMONAS LACUSTRIS | 0.01 |
| 2 | oscillatoria agardhii = PLANKTOTHRIX AGARDHII | 0.01 |
| 1 | RHODOMONAS SP. | 0.01 |
| 1 | MONORAPHIDIUM CONTORTUM | 0.00 |
| 1 | melosira italica = AULACOSEIRA ITALICA | 0.00 |
| 1 | STEPHANODISCUS BINDERANUS | 0.00 |
| 1 | DIPLOPSALIS ACUTA | 0.00 |
| 1 | lyngbya limnetica = PLANKTOLYNGBYA LIMNETICA | 0.00 |
| 1 | ASTERIONELLA FORMOSA | 0.00 |
| 1 | PEDIASTRUM DUPLEX | 0.00 |
| 1 | nostocophyceae = CYANOPHYCEAE | 0.00 |
| 1 | MICROCYSTIS VIRIDIS | 0.00 |
| 1 | PSEUDOSPHAEROCYSTIS LACUSTRIS | 0.00 |

Sø nr. 2 - Skanderborg Sø, Store Sø.

| Antal obs. | Tælleenhed | Gns. biomasse (mm ³ l ⁻¹) |
|------------|--|---|
| 1 | Blågrønalgelignende celler/kolonier | 80.35 |
| 15 | MICROCYSTIS AERUGINOSA | 52.00 |
| 1 | MICROCYSTIS BOTRUS/WESENBERGII/VIRIDIS | 38.09 |
| 12 | MICROCYSTIS VIRIDIS | 28.80 |
| 14 | MICROCYSTIS WESENBERGII | 26.33 |
| 3 | MICROCYSTIS SP. | 15.39 |
| 6 | MICROCYSTIS SPP. | 13.90 |
| 3 | MICROCYSTIS FLOS-AQUAE | 10.19 |
| 1 | nostocophyceae = CYANOPHYCEAE | 10.17 |
| 6 | UBESTEMTE STØRRELSES-OPDELTE | 2.45 |
| 1 | NITZSCHIA KUETZINGIANA | 1.50 |
| 1 | ANABAENA SPIROIDES | 1.14 |
| 3 | NITZSCHIA SPP. | 0.78 |
| 3 | aphanizomenon flos-aquae v. klebahnii= A. KLEBAH. | 0.72 |
| 2 | CYCLOTELLA SPP. | 0.54 |
| 2 | NITZSCHIA SP. | 0.48 |
| 1 | FRAGILARIA SP. | 0.46 |
| 5 | STEPHANODISCUS ROTULA | 0.46 |
| 1 | BACILLARIALES pennat kiselalge | 0.40 |
| 5 | PSEUDANABAENA MUCICOLA | 0.35 |
| 6 | APHANIZOMENON FLOS-AQUAE | 0.26 |
| 1 | ANABAENA SPP. | 0.18 |
| 1 | DIPLOPSALIS ACUTA | 0.09 |
| 1 | melosira spp. = AULACOSEIRA SPP. | 0.08 |
| 1 | gomphosphaeria compacta = WORONICHINIA COMPACTA | 0.07 |
| 1 | COELASTRUM SPP. | 0.07 |
| 1 | oscillatoria limnetica = PSEUDANABAENA LIMNETICA | 0.06 |
| 2 | ANABAENA SP. | 0.06 |
| 1 | CRYPTOMONAS SP. | 0.03 |
| 2 | CHLOROCOCCALES | 0.03 |
| 1 | CLOSTERIUM SPP. | 0.02 |
| 2 | SCENEDESMUS SPP. | 0.02 |
| 1 | gomphosphaeria naegeliana= WORONICHINIA NAEGELIANA | 0.02 |
| 1 | COELOMORON PUSILLUM | 0.02 |
| 1 | PEDIASTRUM BORYANUM | 0.01 |
| 1 | PEDIASTRUM DUPLEX | 0.01 |
| 1 | melosira granulata v. angustissima=AULACOSEIRA G. | 0.01 |
| 1 | CRYPTOPHYCEAE | 0.01 |
| 1 | ASTERIONELLA FORMOSA | 0.00 |

Sø nr. 3 - Lading Sø.

| Antal obs. | Tælleenhed | Gns. biomasse (mm ³ l ⁻¹) |
|------------|--|---|
| 2 | SCENEDESMUS SEMPERVIRENS | 35.67 |
| 10 | SCENEDESMUS SPP. | 17.19 |
| 1 | SCENEDESMUS SP. | 11.69 |
| 4 | SCENEDESMUS QUADRICAUDA | 11.46 |
| 3 | SCENEDESMUS ARMATUS | 7.33 |
| 2 | SCENEDESMUS OPOLIENSIS/PROTUBERANS | 7.01 |
| 2 | SCENEDESMUS OPOLIENSIS | 4.85 |
| 5 | UBESTEMTE STØRRELSES-OPDELTE | 3.62 |
| 1 | SCENEDESMUS INTERMEDIUS | 1.61 |
| 1 | SYNEDRA SP. | 1.13 |
| 1 | PEDIASTRUM DUPLEX | 1.11 |
| 2 | FRAGILARIA SP. | 1.01 |
| 1 | CYCLOTELLA SPP. | 0.79 |
| 1 | SCENEDESMUS SPINOSUS | 0.55 |
| 2 | SYNEDRA ACUS | 0.52 |
| 1 | PHACOTUS LENTICULARIS | 0.37 |
| 3 | EUPODISCALES/CENTRALES centriske kiselalger | 0.24 |
| 3 | PEDIASTRUM BORYANUM | 0.24 |
| 3 | NITZSCHIA ACICULARIS | 0.22 |
| 1 | BACILLARIALES pennat kiselalge | 0.16 |
| 1 | FRAGILARIA ULNA | 0.16 |
| 3 | CHLOROCOCCALES | 0.15 |
| 1 | STEPHANODISCUS/CYCLOTELLA | 0.15 |
| 2 | ubestemte FLAGELLATER | 0.13 |
| 1 | lyngbya limnetica = PLANKTOLYNGBYA LIMNETICA | 0.09 |
| 8 | lyngbya contorta = PLANKTOLYNGBYA CONTORTA | 0.09 |
| 1 | SCENEDESMUS DIMORPHUS | 0.08 |
| 1 | CHROOMONAS ACUTA | 0.08 |
| 3 | oscillatoria planctonica = LIMNOTHRIX PLANCTONICA | 0.07 |
| 1 | SCENEDESMUS ACUMINATUS | 0.06 |
| 1 | CHLAMYDOMONAS SP. | 0.06 |
| 1 | oscillatoria limnetica v. acicularis=PSEUDANAB.AC. | 0.06 |
| 1 | SAMLEGRUPPE FOR FÅTALLIGE | 0.05 |
| 1 | RHODOMONAS SP./CHROOMONAS | 0.04 |
| 1 | CRYPTOPHYCEAE | 0.04 |
| 2 | BICOSOECA PLANCTONICA | 0.02 |
| 1 | SCENEDESMUS ACUMINATUS/ACUTUS | 0.02 |
| 1 | CYANODICTYON SPP. | 0.02 |
| 1 | PEDIASTRUM SPP. | 0.01 |
| 1 | PEDIASTRUM TETRAS | 0.00 |

Bilag III

Litteraturliste

Cyanophyceae (blågrønalger)

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1985. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 1. - Introduction.
- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatorials.
- Bourrelly, P. 1970. Les algues d'eau douce. 3. Les algues bleues et rouges. - Paris. 512 pp.
- Elenkin, A.A. 1933. Über neue Familien der Cyanophyceen aus der Gruppe der Stereomehae Elenk. der Ordnung der Chroococcales Geitler (1925). - Acta Inst. bot Acad. Sci. Urss. Ser.2, crypt. 1: 23-34.
- Geitler, L. 1925. Cyanophyceae. - In: Pascher (ed.), Süßwasser-flora von Mitteleuropas 12, 450 pp.
- Geitler, L. 1932. Cyanophyceae. In Rabenhorst Kryptogamenflora. - Fl. 14, Leipzig, 1096 pp.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2 - Chroococcales.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 - Nostocales.
- Skuja, H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. - Nova acta R. Soc.Sci. upsal. Ser. 4. 18(3): 1-404.
- Smith, G.M. 1920. Phytoplankton of the inland lakes of Wisconsin, I. -Wisc. geol. nat. hist. surv. 57, ser.sci. 12: 1-234.
- Starmach, K. 1966. Cyanophyta-sinice, Galukophyta - glaukofity. - Flora slodkow. Polski 2, Warszawa, 807 pp.

Chrysophyceae (gulalger)

- Asmund, B. & Kristiansen, J. 1986. The genus Mallomonas (Chrysophyceae). - Opera Botanica 85: 1-128.
- Bourrelly, P. 1957. Recherches sur les Chrysophycées. - Rev. algol., Mém. Hors. Sér. 1: 1-142.
- Bourrelly, P. 1968. Les algues d'eau douce. 2. Les algues jaunes et brunes. Paris, 438 pp.
- Kristiansen, J. 1991. A checklist of Danish Freshwater Chrysophytes. Copenhagen. 54 pp.
- Huber-Pestalozzi, G. 1941. Das phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16: 2(1).

Nygaard, G: 1949. Hydrological studies in some Danish ponds and lakes. II. - Kongl. danske vidensk. Biol. Skr. 7(1): 1-293.

Siver, P. 1991. The biology of Mallomonas. Morphology, taxonomy and ecology. Developments in Hydrobiology 63: 1-230.

Skuja, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. - Symbot. upsal. 9(3):1-399.

Skuja, H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. - Nova acta R. Soc.Sci. upsal. Ser.4. 18(3): 1-404.

Skuja, H. 1964. Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. - Nova acta R. Soc.Sci. upsal. Ser.4. 18(3): 1-465.

Starmach, K. 1985. Chrysophyceae und Haptophyceae. - Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 1. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 515 pp.

Takahashi, E. 1978. Electronmicroscopical studies of the Synuraceae (Chrysophyceae) in Japan. Taxonomy and Ecology. Tokyo University Press. 194 pp.

Chlorophyceae (grünalger)

Bourelly, P. 1972. Les algues d'eau douce. I. Les algues vertes. - Paris. 569 pp.

Huber-Pestalozzi, G. 1961. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:5: 744 pp.

Huber-Pestalozzi, G. 1972. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:6: 116 pp.

Huber-Pestalozzi, G. 1982. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:8(1): 543 pp.

Huber-Pestalozzi, G. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:7(1): 1045 pp.

Euglenophyceae (øjealger)

Huber-Pestalozzi, G. 1955. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:4: 606 pp.

Cryptophyceae (rekylalger)

Huber-Pestalozzi, G. 1968. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:3(2): 322 pp.

Dinophyceae (furealger)

Huber-Pestalozzi, G. 1968. Das Phytoplankton des Süßwassers. - Binnengewässer 16:3(2): 322 pp.

Popovsky, J. & Pfiester, L.A. 1990. Dinophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 6.

Gustav Fischer Verlag. Stuttgart 272 pp.

Bacillariophyceae (kieselalger)

Kramer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986-91. Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. Band 2/1-4 876, 896, 576, 437 pp.

Bilag IV (efter Cronberg, i trykken)

Bilag IV.1. Characteristic features of the *Aphanocapsa* species recorded in this investigation

| <i>Aphanocapsa</i> | Cell size (µm) | Colony form, shape, size (µm) | Comments |
|----------------------------|----------------|----------------------------------|--|
| <i>delicatissima</i> | 0.5-1 | spherical or oval, 14-30 x 15-50 | without aérotopes, cells regularly located |
| <i>conferta nov. comb.</i> | 1.6-2 | spherical or oval 73-52 | without aérotopes, sometimes groups of two |
| <i>pulchra</i> | 3.5-5 | spherical or oval < 200 | facultatively with aérotopes, large cells |

Bilag IV.2. Characteristic features of the *Cyanodictyon* species

| <i>Cyanodictyon</i> | Cell size (µm) | Cell form | Comments |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--|
| <i>endophyticum</i> | 0.5-(1.5) | spherical | In mucilage of other algae |
| <i>filiforme nov. sp.</i> | 1.5-2.1-2.4 x 0.2-0.5 | rod-like | cells in pairs, long filaments, loose bundle-like colonies |
| <i>imperfectum</i> | 0.4-0.8-1.0 | spherical | cells in pairs, short filaments, colony-forming, with Fe-incrustations |
| <i>planctonicum</i> | 0.5 x 0.8-1 | ellipsoid | net-like colonies |
| <i>reticulatum</i> | 1-1.5 | spherical | net-like colonies |
| <i>tubiforme</i> | 2.2-3-3.8 x 1.9-2-2.2 | spherical to short rod-like | cells irregularly arranged in rows, long filaments up to densely packed colonies |

Bilag IV.3. Characteristic features of the *Microcystis* species recorded in this investigation

| Microcystis | Cell size (µm) | Mucilage | Colonies size, shape | Comments |
|---------------------|----------------|---|---|---|
| <i>aeruginosa</i> | (3.5-5)-6-6.2 | diffluent | large, cells in old colonies loosely spread | frequent, forms monospecific blooms |
| <i>botrys</i> | 5-6 | radial, indistinct tube-like formations | large, with subcolonies, outer cells arranged in more or less radial rows | frequent, probably misinterpreted as <i>M. aeruginosa</i> |
| <i>flos-aquae</i> | (3)-4.2-4.8 | very narrow, diffluent | with dense cells, | often associated with <i>M. aeruginosa</i> |
| <i>holsatica</i> | 0.8-1-1.13 | diffluent | cloud-like, irregular; cells evenly spread inside the colonies | mixed with other blue-green algae, without aerotops |
| <i>ichthyoblabe</i> | 2-2.6-3.2 | wide, fine diffluent | spherical, ellipsoidal, composed of smaller colonies | uncommon |
| <i>natans</i> | 1-2.2 | diffluent, fine | 20-200 µm, spherical-ovale | frequent, probably overlooked |
| <i>viridis</i> | 4-6-7.5 | well-defined, waved+-refractive | small packet-like, | occurs often with other <i>Microcystis</i> species |
| <i>wesenbergii</i> | 4-5-6.5-7 | well-defined, smooth, distinctly refractive | ellipsoidal to irregular, sack-like | forms sometimes monospecific blooms |

Bilag V. Oversigt over mulig bestemmelsesgrad af gualger ved almindelig lysmikroskopi (efter J. Kristiansen, unpubl.)

| Form | Slægt | Bestemmelsesgrad/metode |
|-------------------|---------------------------|---|
| Nøgne | <i>Uroglena</i> | De fleste arter kan kun bestemmes v.h.a. deres cyster |
| | <i>Ochromonas</i> | Artsbestemmelse frarådes generelt |
| | <i>Chromulina</i> | Artsbestemmelse frarådes generelt |
| Former med lorica | <i>Chrysococcus</i> | Bestemmes især på antallet af porer i lorica, hvilket kan være vanskeligt i lysmikroskopi |
| | <i>Kephyrion</i> | Kun få arter kan bestemmes med sikkerhed, f.eks. <i>K. spirale</i> og <i>K. moniliforme</i> |
| | <i>Dinobryon</i> (enlige) | <i>D. suecicum</i> kan bestemmes, mens det kræver cyster at bestemme <i>D. crenulatum</i> |
| | <i>Dinobryon</i> (koloni) | Arter kan som regel bestemmes |
| Skælbærende | | For de fleste arter er det nødvendigt med elektronmikroskop |
| | <i>Mallomonas</i> | Dog kan <i>Mallomonas akrokomos</i> , <i>M. teilingii</i> , <i>M. caudata</i> , <i>M. tonsurata</i> , <i>M. punctifera</i> , <i>M. crassisquama</i> bestemmes med sikkerhed |
| | <i>Synura</i> | Elektronmikroskopi som regel nødvendigt |
| | <i>Chrysosphaerella</i> | Elektronmikroskopi nødvendigt |
| | <i>Spiniferomonas</i> | Artsbestemmelse kun i elektronmikroskop |
| | <i>Paraphysomonas</i> | Kun <i>P. vestita</i> kan bestemmes i lysmikroskop |

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

| | |
|-----------------------------|---|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Direktion og Sekretariat</i> |
| Postboks 358 | <i>Forsknings- og Udviklingssekretariat</i> |
| Frederiksborgvej 399 | <i>Afd. for Forureningskilder og</i> |
| 4000 Roskilde | <i>Luftforurening</i> |
| | <i>Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi</i> |
| Tlf. 46 30 12 00 | <i>Afd. for Miljøkemi</i> |
| Fax 46 30 11 14 | <i>Afd. for Systemanalyse</i> |

| | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Afd. for Ferskvandsøkologi</i> |
| Postboks 314 | <i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i> |
| Vejlsøvej 25 | |
| 8600 Silkeborg | |

Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

| | |
|-----------------------------|--|
| Danmarks Miljøundersøgelser | <i>Afd. for Flora- og Faunaøkologi</i> |
| Grenåvej 12, Kalø | |
| 8410 Rønde | |

Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 15 14

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, Danish Review of Game Biology samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.

