

Miljøministeriet,
Miljøstyrelsen
Strandgade 29 • 1401 København K.

Miljøministeriet 1975-80
Miljøstyrelsen J. nr.
A. 20331-3
31 MRS 1980

Vedrørende de kemisk-biologiske undersøgelser i Tystrup Sø fremsendes vedlagte status for halvåret 15 oktober 1979 til 15 marts 1980.

Metoder.

Primærproduktion.

Plantep planktonets primærproduktion er bestemt ved en semi in situ ^{14}C -metodik (Steemann Nielsen 1952). Repræsentative vandprøver fra den fotiske zone i Tystrup Sø blev udtaget på to stationer mellem kl. 8 og 10 på de respektive prøvetagningsdage. Prøverne blev herefter transporteret til Ferskvandsbiologisk Laboratorium i Hille-rød, hvor de blev tilsat 1-3 μCi ^{14}C (svarende til mellem 50 og 150 μl) og inkuberet på samme station i Frederiksborg Slotssø, så langt fra bredden, at beplantning og den øvrige topografi ikke påvirkede lysforholdene under inkubationsperioden (Jonasson & Mathiesen 1959, Kristiansen & Mathiesen 1964). Den vertikale fordeling af flaskerne i Frederiksborg Slotssø blev bestemt udfra den fotiske zones udstrækning i Slotssøen, målt som transparens og flaskerne blev udhængt i dybderne 0V, $\frac{1}{2}$ V, V og 2V, hvor V er transparensen i meter. En mørkeflaske fra hver station i Tystrup Sø blev udhængt i dybden $\frac{1}{2}$ V i Frederiksborg Slotssø. Under hensyntagen til den fotiske zones udstrækning i Tystrup Sø, må det antages, at det vil være uden betydning om der blev anvendt f.eks. $\frac{1}{2}$ V prøven fra Tystrup Sø til eksponering på samtlige dybder i Frederiksborg Slotssø, en modifikation, der sammen med den øvrige semi in situ metodik tidligere er diskuteret og anvendt af Steemann Nielsen (1958), Jonasson & Mathiesen (1959), Mathiesen (1962), Kristiansen & Mathiesen (1964) og Riemann (1976).

Inkubationstiden for produktionsflaskerne var $\frac{1}{2}$ soldøgn, målt fra "sand" middag til solnedgang. Ved inkubationstidens ophør blev flaskerne, beskyttet mod eventuelt lys med et mørkt klæde, transporteret til laboratoriet (ca 5 min transporttid), og delvolumener af de enkelte flasker (10-30 ml), udmålt i måleglas, blev filtreret igennem 0,2 μm , 35 mm Sartorius membranfiltre. Filtrene blev derefter eksponeret 5 min i formalindampe og 5 min i saltsyredampe og derefter

placeret i 10 ml Beckman Ready Solv HP scintillationsvæske i én-gangs glas scintillationsvials. Restvolumenet i de enkelte flasker blev ligeledes udmålt i måleglas. Alle vials blev senere, normalt 1-5 dage efter prøvetagning, talt på ^{14}C -centralen, og resultaterne, angivet i DPM, blev benyttet til beregningerne af primærproduktionen. Disse blev udført i overensstemmelse med Søndergaard & Riemann (1979), idet der dog blev anvendt en bladarealmåler til beregning af produktion per m^2 søoverflade. Disse målinger blev udført på kurver tegnet på millimeterpapir udfra resultaterne af produktionsmålingerne i de enkelte dybder justeret til lysforholdene i Tystrup Sø.

Klorofyl bestemmelse.

Klorofyl a og faeopigment a bestemmelse blev udført delvist efter Søndergaard & Riemann (1979, metode II, p. 172), delvist efter Holm-Hansen & Riemann (1978). Den førstnævnte metode udnytter 96% ethanol som ekstraktionsmiddel, hvorimod sidstnævnte udnytter absolut methanol. Til beregning af klorofyl a koncentration anvendtes de specifikke absorptionskoefficienter angivet i Riemann (1978). Til beregning af phaeopigment a anvendtes i 96% ethanol Lorenzen's metode (1967) modificeret til 96% ethanol jvf. Nusch (in press). I absolut methanol anvendtes det samme beregningsgrundlag som angivet i Marker (1972) og Riemann (1976). Udover disse metoder er der på enkelte vandprøver anvendt en ny-revideret hexan-acetone fase separeringsteknik (Whitney & Darley 1979) efterfulgt af en ordinær Lorenzen (1967) syredosering.

Alle prøverne blev ekstraheret og målt på prøvetagningsdagene. Delprøver blev filtreret gennem 47 mm GF/C filtre og ekstraktionerne blev udført på disse efter vacuumtørring.

Der udføres i øjeblikket en intens metode forskning omkring målinger af klorofyl a og dets nedbrydningsprodukter. Målingerne her må derfor tages med et vist forbehold. Valget af metode(r) er baseret på en stadig mulighed for at sammenligne data med resultater fra andre metoder. I resultater, er klorofyl målingerne angivet som klorofyl a og faeopigment a, total klorofyl a (summen af klorofyl a og faeopigment a) samt procent faeopigment a (% af total klorofyl a). Resultaterne fra hexan-acetone fase separeringsmetoden og fra enkelte kromatografiske separationer af de indvovede pigmenter er endnu ikke endeligt bearbejdede. De vil blive præsenteret ved en senere rapportering, idet de dog allerede forventes at blive publiceret i forbindelse med den anden Europæiske Workshop vedrørende pigmentbestemmelse i Plön, juli 1980.

Alle næringsalte samt målinger af opløst silikat er foretaget på GF/C-filtrerede vandprøver (Søndergaard & Riemann 1979). Ammoniak, fosfat samt silikat er målt på selv prøvetagningsdagen, hvorimod prøver til nitrat bestemmelse blev opbevaret i syreskyllede glaskolber til dagen efter. Fosfat er bestemt efter Murphy & Riley (1962), ammoniak efter Sólorzano (1969), nitrat efter Strickland & Parsons (1972), reagerbart silikat efter Mullin & Riley (1955) og pH, ledningsevne og alkalinitet som beskrevet i Søndergaard & Riemann (1979).

Prøvetagningsfrekvens.

I perioden august/september 1979 blev der foretaget en del indledende metodiske studier over anvendelses mulighederne for de valgte analysemetoder. Et specielt fænomen for Tystrup Sø har været, sammenlignet erfaringsmæssigt med andre søer af denne type, den nu og da store mængde detritus i vandet, der bl.a. har generet diverse filtreringer specielt i klorofyl analysen. Udover dette, har det været en tidlig biologisk vinter i søen, forstået på den måde, at både klorofyl og produktion tidligt udviste så lave værdier, at det blev besluttet at indstille prøvetagningerne i 1979 d. 7/11. Se iøvrigt tabel 1, hvor prøvetagningsdage samt de målte variable er angivet.

Efter isdækning i begyndelsen af december 1979, har det endnu ikke den 15 marts 1980 været muligt at foretage anvendelige prøvetagninger med henblik på rutinemæssig behandling af prøverne. Der er for foråret 1980 iøvrigt planlagt en mere intensiv prøvetagningskampagne (én gang om ugen i de første 4-5 uger, derefter hver fjortende dag) for i højere grad end oprindeligt beskrevet i projektet, at tilgodese en mere detaljeret beskrivelse af et eventuelt forårsmaximum af kiselalger.

Vedrørende de foreløbige resultater.

Med baggrund i de endnu relativt få indsamlede data vil det ikke være muligt at give en detaljeret redegørelse for de kemiske/produktionsmæssige forhold i Tystrup Sø. I tabel 1 er angivet resultaterne for henholdsvis primærproduktion, biomasse (klorofyl), næringsalte, pH, alkalinitet, ledningsevne, silikat og transparens. Værdierne for både klorofyl a og primærproduktion udviste begge en faldende tendens til typiske vinterværdier for eutrofe søer. Således er der for den stærkt eutrofe Mossø angivet primærproduktionsmålinger i størrelsesordenen 0,020 - 0,100 g C/m²/dag og klorofyl a værdier

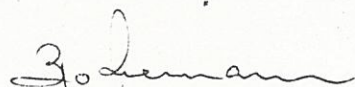
mellem 5 og 20 µg/liter (Riemann 1976). Mængden af faeopigment a udviste en svagt stigende tendens, hvilket ligeledes, sammenholdt med en stigning i både fosfat, nitrat og silikat er typiske for en vintersituation i mange eutrofe, danske søer. Værdierne for ammoniak udviste en faldende tendens sandsynligvis på grund af gode iltforhold, en reduceret nedbrydning af organisk stof, samt en fortsat nitrifikation af ammoniak til iltholdige uorganiske kvælstofkomponenter.

I relation til projektbeskrivelsen omkring Tystrup Sø, må det erkendes, at den forholdsvis tidlige og nu langvarige vinter har begrænset udbyttet i denne periode til forholdsvis få sammenlignelige prøveserier. Da dette endvidere, specielt for de kemisk/biologiske variables vedkommende, har medført en mere reduceret prøvetagningsintensitet en oprindeligt planlagt, er der i 1980 planlagt en række yderlige prøvetagninger samt en del ekstra prøver fra større dybder på de to stationer. Det skulle herefter i højere grad end hidtil være muligt at opnå en mere detaljeret evaluering omkring de kemisk/biologiske forhold i Tystrup Sø.

Litteratur.

- Holm-Hansen, O. & B. Riemann. 1978. Chlorophyll a determination: Improvements in methodology. *Oikos* 30: 438-447.
- Jonasson, P.M. & H. Mathiesen. 1959. Measurements of primary production in two Danish eutrophic lakes, Esrom Sø and Furesø. *Oikos* 10: 137-167.
- Kristiansen, J. & H. Mathiesen. 1964. Phytoplankton of the Tystrup-Bavelse lakes. Primary production and standing crop. *Oikos* 15: 1-43.
- Lorenzen, C.F. 1967. Determinations of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346.
- Marker, A.F.H. 1972. The use of acetone and methanol in the estimation of chlorophyll in the presence of phaeophytin. *Freshwat. Biol.* 2: 361-385.
- Mathiesen, H. 1962. Measurements of the production of the organic matter by the phytoplankton. In: Johnsen, P. et al.: Sorøsøerne, Lyngby Sø og Bagsværd Sø. Dansk Ingeniørforening, spildevandskomiteen. 14: 128-131.
- Mullin, J.B. & J.B. Riley. 1955. The colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 12: 162-176.
- Murphy, J. & J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.* 27: 21-26.

- Nusch, E. Factors affecting the determination of photosynthetic pigments. A critical comparison of methods. In: H. Rai (ed.), Proc. of the workshop: Measurements of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods, Plön, West-Germany, in press.
- Riemann, B. 1976. Studies on the biomass of the phytoplankton. Ph. D. Thesis. Univ. Århus. 186 p. ISBN 87-87600-00-5.
- Riemann, B. 1978. Absorption coefficients for chlorophylls a and b in methanol and a comment on interference of chlorophyll b in determinations of chlorophyll a. Vatten 3: 187-194.
- Solórzano, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. Limnol. Oceanogr. 14: 799-801.
- Steemann Nielsen, E. 1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. J. Conc. Intern. l'Explor. Mer. 18: 117-140.
- Steemann Nielsen, E. 1958. Experimental methods for measuring organic production in the sea. Rapp. Cons. Explor. Mer. 144: 38-47.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. J. Fish. Res. Bd. Can. No. 167.
- Søndergaard, M. & B. Riemann. 1979. Ferskvandsbiologiske analysemetoder. Akademisk forlag, 227 p. ISBN 87-500-1886-8.
- Whitney, D.E. & W.M. Darley. 1979. A method for the determination of chlorophyll a in samples containing degradation products. Limnol. Oceanogr. 24: 183-186.



Bo Riemann
Lektor

Prøvetagninger og analysevariable.

| <u>Variabel</u> | <u>Dato</u> | <u>3/10</u> | <u>10/10</u> | <u>7/11</u> |
|----------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| | <u>Kode</u> | <u>2</u> | <u>3</u> | <u>5</u> |
| Primærproduktion | | x | x | x |
| Klorofyl <u>a</u> | | x | x | x |
| Faeopigment <u>a</u> | | x | x | x |
| pH | | x | x | x |
| Alkalinitet | | x | x | x |
| Ledningsevne | | x | x | x |
| Orto-fosfat | | x | x | x |
| Nitrat | | x | x | x |
| Ammoniak | | x | x | x |
| Silikat | | | x | x |

Tabel 1 fortsat

| | <u>pH</u> | <u>µS</u> | <u>Alk</u> | <u>V</u> | <u>pH</u> | <u>µS</u> | <u>Alk</u> | <u>V</u> | <u>pH</u> | <u>µS</u> | <u>Alk</u> | <u>V</u> |
|------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|------------|----------|
| Station 11 | 8,5 | 510 | 3,82 | 150 | 8,5 | 505 | 3,91 | 305 | 8,2 | 610 | 3,84 | 160 |
| 12 | 8,5 | | 3,72 | | 8,5 | | 3,92 | | | | | |
| 13 | 8,5 | | 3,80 | | 8,5 | | 3,92 | | | | | |
| 14 | 8,5 | | 3,76 | | 8,5 | | 3,90 | | 8,2 | 610 | 3,84 | |
| Station 21 | 8,5 | 510 | 3,78 | 180 | 8,5 | 505 | 3,91 | 290 | 8,3 | 610 | 3,88 | 160 |
| 22 | 8,5 | | 3,75 | | 8,5 | | 3,90 | | | | | |
| 23 | 8,5 | | 3,78 | | 8,5 | | 3,91 | | 8,3 | 610 | 3,92 | |
| 24 | 8,5 | | 3,73 | | 8,5 | | 3,85 | | 8,4 | 610 | 3,92 | |
| Dato | | 3/10 | | | | 10/10 | | | | 7/11 | | |
| Kode | | 2 | | | | 3 | | | | 5 | | |

pH, ledningsevne (µS), alkalinitet (Alk, i meq/liter) og transparens (V i cm) i Tystrup Sø efterår 1979.

| | | <u>g C/m³</u> | <u>g C/m²</u> | <u>g C/m³</u> | <u>g C/m²</u> | <u>g C/m³</u> | <u>g C/m²</u> |
|-------------|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Station | 11 | 0,049 | 0,079 | 0,125 | 0,064 | 0,010 | 0,013 |
| | 12 | 0,046 | | 0,016 | | 0,008 | |
| | 13 | 0,010 | | 0,011 | | 0,002 | |
| | 14 | 0,002 | | 0,002 | | - | |
| Station | 21 | 0,031 | 0,049 | 0,005 | 0,039 | 0,009 | 0,012 |
| | 22 | 0,032 | | 0,007 | | 0,008 | |
| | 23 | 0,014 | | 0,008 | | 0,002 | |
| | 24 | 0,001 | | 0,003 | | - | |
| <u>Dato</u> | | 3/10 | | 10/10 | | 7/11 | |
| <u>Kode</u> | | 2 | | 3 | | 5 | |

Primærproduktion i Tystrup Sø i efteråret 1979. Værdierne er angivet i g C/m³/dag og i g C/m²/dag.

0.012

0.032 g O₂ m⁻²

0.001 mol. C.

| | | NO ₃ | NH ₃ | NO ₃ | NH ₃ | NO ₃ | NH ₃ |
|---------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Station | 11 | 1,08 | 0,22 | 4,31 | 0,17 | 7,89 | 0,07 |
| | 12 | 1,01 | 0,22 | 4,17 | 0,21 | 7,58 | 0,06 |
| | 13 | 1,06 | 0,24 | 4,16 | 0,16 | 7,69 | 0,06 |
| | 14 | 1,06 | 0,64 | 4,13 | 0,16 | 7,56 | 0,06 |
| Station | 21 | 1,14 | 0,23 | 4,30 | 0,19 | 7,73 | 0,07 |
| | 22 | 1,06 | 0,24 | 4,14 | 0,17 | 7,57 | 0,06 |
| | 23 | 1,02 | 0,25 | 4,16 | 0,16 | 7,58 | 0,05 |
| | 24 | 1,03 | 0,24 | 4,18 | 0,18 | 7,53 | 0,05 |
| Dato | | 3/10 | | 10/10 | | 7/11 | |
| Kode | | 2 | | 3 | | 5 | |

Nitrat (NO₃) og ammoniak (NH₃) i mg/liter i Tystrup
Sø efterår 1979.

| | PO ₄ -P | PO ₄ -P | SiO ₂ | PO ₄ -P | SiO ₂ |
|------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
| Station 11 | 0,473 | 0,496 | 4,730 | 0,526 | 5,340 |
| 12 | 0,490 | 0,497 | 4,700 | 0,515 | 5,400 |
| 13 | 0,480 | 0,496 | 4,675 | 0,507 | 5,390 |
| 14 | 0,479 | 0,500 | 4,625 | 0,506 | 5,375 |
| Station 21 | 0,482 | 0,496 | 4,630 | 0,502 | 5,410 |
| 22 | 0,485 | 0,498 | 4,640 | 0,501 | 5,415 |
| 23 | 0,492 | 0,498 | 4,680 | 0,500 | 5,415 |
| 24 | 0,477 | 0,496 | 4,655 | 0,499 | 5,415 |
| Dato | 3/10 | 10/10 | 7/11 | | |
| Kode | 2 | 3 | 5 | | |

Orto-fosfat ($\mu\text{g/liter}$) og reagerbart silicium
(mg/liter) i Tystrup Sø efterår 1979.

mg l⁻¹

Tabel 1 fortsat

| Station | <u>Chl</u> | <u>Pha</u> | <u>Tot</u> | <u>%</u> | <u>Chl</u> | <u>Pha</u> | <u>Tot</u> | <u>%</u> | <u>Chl</u> | <u>Pha</u> | <u>Tot</u> | <u>%</u> |
|---------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|----------|
| 11 | 1,4 | 2,1 | 3,5 | 60 | 0,5 | 0,6 | 1,1 | 55 | 1,2 | 2,3 | 3,5 | 66 |
| 12 | 1,7 | 2,2 | 3,9 | 56 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 50 | 0,7 | 2,3 | 3,0 | 77 |
| 13 | 1,2 | 2,0 | 3,2 | 63 | 0,6 | 0,6 | 1,2 | 50 | 1,0 | 1,9 | 2,9 | 66 |
| 14 | 1,2 | 2,1 | 3,4 | 62 | 0,7 | 0,6 | 1,3 | 60 | 1,4 | 1,8 | 3,2 | 56 |
| 21 | 1,2 | 1,8 | 3,0 | 60 | 0,5 | 0,6 | 1,1 | 55 | 1,0 | 2,4 | 3,5 | 69 |
| 22 | 2,0 | 1,6 | 2,6 | 62 | 0,6 | 0,7 | 1,3 | 54 | 0,8 | 2,0 | 2,8 | 71 |
| 23 | 1,2 | 1,7 | 2,9 | 59 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 50 | 0,8 | 2,2 | 3,0 | 73 |
| 24 | 1,3 | 1,8 | 3,1 | 58 | 1,0 | 0,7 | 1,7 | 41 | 0,9 | 2,1 | 3,0 | 70 |
| Dato | | | 3/10 | | | | 10/10 | | | | 7/11 | |
| Kode | | | 2 | | | | 3 | | | | 5 | |

Klorofyl a (Chl), faepigment a (Pha), total klorofyl a (klorofyl a + faepigment a, Tot) i $\mu\text{g/liter}$, samt faepigment a som procent af total klorofyl a (%) i Tystrup Sø efterår 1979.