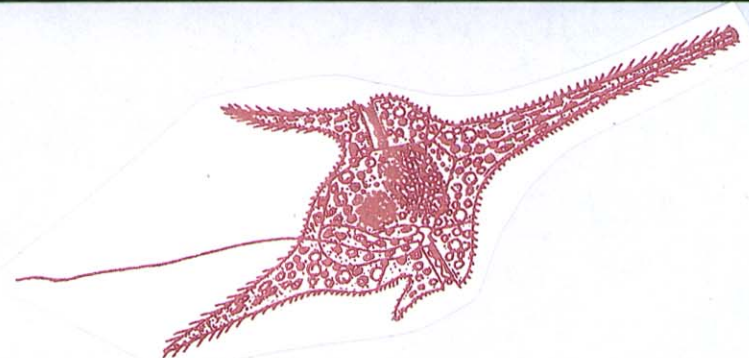




O-92040

# Akersvatnet 1994



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92040	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3230	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1994.	Dato: 15. 3. 1995	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Hydrobiologi	
Forfatter(e): Olav Skulberg	Geografisk område: Vestfold	
	Antall sider: 43	Opplag: 75

Oppdragsgiver: Vestfold interkommunale vannverk	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

## Ekstrakt:

En helinnsjøbehandling av Akersvatnet i 1994 med forsterkning av grunnvannstilførselen til innsjøen ble gjennomført og undersøkt med hensyn til virkninger for kjemisk og biologisk vannkvalitet. Det ble oppnådd en tilsiktet forandring i innsjøens vannmasser av stoffkonsentrasjoner. Blågrønnalgeutviklingen ble undertrykt. En uforutsett utvikling av dinoflagellaten *Ceratium hirundinella* fant sted i mai, og den dominerte algeplanktonet i Akersvatnet gjennom sommermånedene. Masseforekomst av *Ceratium hirundinella* vil være vanskelig å håndtere i en vannverksteknisk sammenheng. Problemene vil omfatte så vel filtreringsprosessen som hvordan algenes stoffskifteprodukter negativt påvirker sensoriske egenskaper (lukt og smak) til vannet.


4 emneord, norske

1. Vannkvalitet
2. Algeutvikling
3. *Ceratium hirundinella*
4. Vannforsyning

4 emneord, engelske

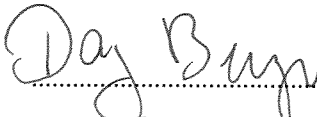
1. Water quality
2. Development of algae
3. *Ceratium hirundinella*
4. Municipal water supply

Prosjektleder



Olav Skulberg

For administrasjonen

  
Dag Berge

ISBN-82-577-2716-4

Norsk institutt for vannforskning

**O-92040**

**AKERSVATNET**

**Hydrobiologisk vannkvalitet og  
kontrollert utskiftning av vannmasser.  
Observasjoner 1994**

Oslo, 15. mars 1995

Olav Skulberg

"The most studied freshwater species is, as mentioned, *Ceratium hirundinella* or *Bursaria hirundinella* as it was named by Otto Friedrich Müller (1773, 1786) the Danish theologian, jurist and later biologist, on his first studying it."

H.V. Hauge (1958)

## Forord

Helinnsjøbehandlingen av Akersvatnet med kontrollert vannutskiftning ble utført etter den opptrukne planen i 1994. Vestfold interkommunale vannverk (VIV) opererte pumpeflåten nær utløpet av innsjøen gjennom tre vintermåned. NIVA foretok hydrobiologiske og kjemiske observasjoner for å følge utviklingen i de fri vannmasser og bedømme virkningene på vannkvalitet av fullskalaforsøket.

Det ble et uvanlig forløp av algeveksten i Akersvatnet gjennom vegetasjonsperioden i 1994. Oppblomstringen med flagellaten *Ceratium hirundinella* ble godt dokumentert. Så vel i praktisk som faglig sammenheng ble viktige erfaringer og resultater oppnådd ved undersøkelsen.

Samarbeidet mellom VIV og NIVA ble praktisert på beste måte. Det rettes takk til alle medarbeiderne for god hjelp og velvilje.

Oslo, 15. mars 1995

*Olav Skulberg*

*Bilder på omslagssiden:*

- *Pumpeflåten til VIV i Akersvatnet, august 1994. Brunfargen på vannmassene, og den brune randen med avsetninger på flytebøyene, skyldes flagellaten som hadde masseforekomst. (Fotografi: Olav Skulberg)*
- *Tegning av dinoflagellaten Ceratium hirundinella. Cellelengde ca 0.4 mm. (Lauterborn 1910).*

# Innhold

Forord .....	2
1. Sammenfatning og tilrådninger .....	5
2. Innledning.....	6
3. Sammenheng .....	6
4. Limnologiske forhold .....	7
5. Vannkvalitet .....	9
6. Diskusjon.....	10
7. Henvisninger .....	12
FIGURER .....	14

## VEDLEGG

1. Datasamling for Akersvatnet 1994.....	29
2. Oversikt over rapporter og publikasjoner.....	31

## FIGUROVERSIKT

Figur 1	Anskueliggjøring av vannvolumet som ble pumpet ut av Akersvatnet i perioden januar-mars 1994. ....	15
Figur 2	Observasjoner av vanntemperatur. Mars - september 1994. ....	16
Figur 3	Resultater av konduktivitetmålinger. Mars - september 1994. ....	17
Figur 4	Siktedypobservasjoner. Mars - september 1994. ....	18
Figur 5	Vannmassenes turbiditet. Mars - juli 1994. ....	19
Figur 6	Konsentrasjoner av totalfosfor. Mars - september 1994. ....	20
Figur 7	Konsentrasjoner av totalnitrogen. Mars - september 1994. ....	21
Figur 8	Tegning med informasjon om flagellaten som utviklet masseforekomst i Akersvatnet i vegetasjonsperioden 1994. ....	22
Figur 9	Forekomst og fordeling av <i>Ceratium hirundinella</i> i Akersvatnet i vegetasjonsperioden 1994. ....	23
Figur 10	Utviklingen av populasjonen med <i>Ceratium hirundinella</i> observert på hovedstasjonen (over dypeste punkt) i Akersvatnet. ....	24
Figur 11	Variasjon i forholdstallet mellom totalnitrogen og totalfosfor (TN:TP) i 1994. ....	25
Figur 12	Variasjon i nitrogenveksttallet ( $V_n$ ) i 1994. ....	26
Figur 13	Bedømmelse av vannmassenes egnethet som råvann for drikkevannsforsyning etter klassifikasjonssystemet til Statens forurensningstilsyn (SFT 1993). ....	27

## 1. Sammenfatning og tilrådninger

- Helinnsjøbehandlingen av Akersvatnet ble gjennomført etter planen, og felt- og laboratorieundersøkelsen av vannkvalitet ble foretatt i vegetasjonsperioden 1994.
- Vinterpumpingen av vann ble utført i tidsrommet januar - mars. Den tilsiktede, forsterkede grunnvannstilstrømning ble oppnådd og dokumentert.
- Blågrønnalgeutviklingen ble undertrykt. En uforutsett masseutvikling av flagellaten *Ceratium hirundinella* fant sted i mai. Flagellatpopulasjonen dominerte algeplanktonet i Akersvatnet gjennom sommermånedene frem til september.
- Populasjonen av *Ceratium hirundinella* var ikke giftproduserende. Men en vedvarende oppblomstring med den aktuelle intensitet er problematisk i vannverksteknisk sammenheng.
- Fenomenets årsaks-virknings-sammenheng drøftes, men er fortsatt under avklaring.
- Ved å svekke de stagnerende forhold - manglende vannutskiftning - i Akersvatnet under sommerperioden kan en uønsket masseutvikling med alger av aktuell kategori motvirkes. Dette kan eventuelt oppnås ved utpumping av vann fra innsjøen om sommeren med f.eks. tilbakeføring av vannet i geologiske dannelser i nedbørfeltet.
- Fullskalaforsøket for å bedre den biologiske vannkvalitet i Akersvatnet bør videreføres med observasjoner i 1995.
- Det er utarbeidet en oversikt over publikasjoner og rapporter knyttet til Akersvatnet.

## 2. Innledning

Akersvatnet har en problematisk vannkvalitet som råvannskilde til drikkevannsforsyning (NIVA 1991). Stor forekomst med alger medfører vanskeligheter for renseprosessen i Akersvannverket, og masseutvikling av blågrønnalger med toksindannelse har vært årvisse fenomener.

VIV har gjort omfattende bestrebelser på å forbedre så vel renseprosessen (NIVA 1986b) som råvannskvaliteten i innsjøen (1986a). I den sistnevnte sammenheng inngår fullskalaforsøket med å forsterke grunnvannsinntakflytelsen på vannmassene (NIVA 1992). Det er resultatene av tiltaket oppnådd i 1994 som blir behandlet i det følgende.

Foruten denne kortfattede rapporten, vil det bli laget to publikasjoner som bl.a. behandler resultatene fra Akersvatnet i 1994. Disse har foreløpig arbeidstitlene:

- The rise and fall of a toxigenic population of *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae/-Cyanobacteria) - a decade observations in Lake Akersvatn, Norway.
- An anthropogenic induced bloom of *Ceratium hirundinella* O.F.M. (Dinophyceae) in Lake Akersvatn, Norway - population development and ecological considerations.

Begge artiklene kommer til å publiseres i internasjonale fagtidsskrifter. Vestfold interkommunale vannverk (VIV) vil få dokumentert arbeidet med forvaltningen og undersøkelsene av vannkvaliteten i Akersvatnet.

## 3. Sammenheng

Det er gjennom undersøkelsene fremkommet holdepunkter for at en betydelig grunnvannsandel inngår i vannmassene til Akersvatnet. Ved ulike praktiske tiltak er det muligheter for i perioder å forsterke grunnvannspåvirkningen av innsjøen. Forholdet åpner for en manøvrering av vannutskiftningen som eventuelt kan bidra til å minske problemene med alger og risiko for oppblomstringer med toksindannende blågrønnalger (NIVA 1991, Utkilen 1992).

Gjennom systematiske inngrep i vannføring, vannutskiftning, vannstandsvekslinger osv. kan det oppnås en gunstig påvirkning av en innsjø for å bedre råvannskvaliteten til vannforsyningsformål. Disse fremgangsmåtene forutsetter god kunnskap om limnologiske og hydrogeologiske sider ved lokaliteten (Schneider 1973).



Tankegangen for helinnsjøbehandlingen bygger på at det er mulig å gjøre en påvirkning av hydrologiske faktorer som kan bidra til å bedre råvannskvaliteten og motvirke masseutvikling av blågrønnalger. Det representerer en type straksløsning ved at virkningen av tiltaket følger tilnærmet samtidig med gjennomføringen.

Det er hovedsakelig to hensikter som vil bli forsøkt oppnådd:

- forsterke grunnvannsinntaket - øke prosentandelen av rent grunnvann - på vannmassene i Akersvatnet
- minske oppodningen med blågrønnalger og begrense deres utviklingsmuligheter.

Tiltaket består i en kontrollert utskiftning av vann i Akersvatnet. Ved en tilrettelagt pumping av vann ut av innsjøen - f.eks. 300 l/s over en valgt periode - vil det kunne bli en utskiftning av et vannvolum tilsvarende ca 25% med grunnvann. Det er vinteren som fortrinnsvis benyttes til formålet, et tidsrom da det gjennomgående er minimal tilførsel av overflatevann til Akersvatnet.

Undersøkelsen i 1994 tok utgangspunkt i observasjoner og prøvetaking i Akersvatnet. Dette arbeidet ble foretatt etter rutinemessig opplegg og med standard fremgangsmåte (NIVA 1991). Det ble i felt gjort målinger av fysiske faktorer (temperatur, siktedyp) og innsamlet prøver til kjemiske og biologiske analyser. Laboratoriebearbeiding av prøvene begynte umiddelbart etter innsamling med måling av turbiditet og pH, og filtrering for bestemmelse av seston (Skulberg 1978). Vannprøvene ble deretter transportert til NIVAs laboratorier i Oslo for videre analysering. Metodene som ble anvendt var de vanlige for undersøkelser av kjemisk og biologisk vannkvalitet (NIVA 1994). Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop. Planktonbearbeiding ble utført med kvantitativ metode (Utermöhl 1958).

## 4. Limnologiske forhold

Det ble i tidsrommet 3. januar - 28. mars 1994 pumpet ut vann av Akersvatnet tilsvarende 2,288 mill. m<sup>3</sup>. Snøsmeltingen ble innledet i slutten av mars, og innsjøen var isfri 18. april.

I FIGUR 1 er det anskueliggjort hvor stor andel av innsjøens vannvolum som inngikk i utpumpingen. Dybdevolumkurven er benyttet. Volumet 2,288 mill. m<sup>3</sup> tilsvarer f.eks. vannmassene i dypet av Akersvatnet fra 7,6 m ned til bunnen, eller vannlaget ned til 1,03 m under vannoverflaten.

Erfaringene viste at operasjonen til VIV var teknisk vellykket. Det ble oppnådd en betydelig og tilsiktet forandring i innsjøens vannkvalitet med stoffkonsentrasjoner som følger økt grunnvannsinntilflytelse. Virkningen av vinterpumpingen var f.eks. typisk til stede ved innledningen til sommersituasjonen (NIVA-notat, 15.7. 1994).

Vannmassene gikk raskt over i fullsirkulasjon etter isløsningen. Vanntemperaturen økte jevnt gjennom mai til mer enn 15 °C i juni. Virkningen av vinterutpumpingen av vann var da fremdeles tydelig til stede i Akersvatnet. Verdier for konduktivitet holdt seg f.eks. i området 22 mS/m 25°C også etter at snøsmeltingen var tilbakelagt. Oksygenkonsentrasjonene i vannet avtok som følge av oppvarming og forbruk knyttet til nedbrytning av organisk stoff gjennom mai og juni. Men på grunn av algenes store fotosyntesaktivitet var oksygenmetningen større, og vannmassenes pH steg opp til verdier mot 9,5 (CO<sub>2</sub>-opptak). Den store algeproduksjonen registreres i bl.a. turbiditetsverdiene, som i juni var større enn 4,0 FTU. Men først og fremst klorofyllmålingene gir en direkte beskrivelse av algemengden. Klorofyllverdiene var svært høye på forsommeren, i juni i nivået 70 µg Chl.a/l. Årsaken var masseutviklingen av dinoflagellaten *Ceratium hirundinella*. Denne masseforekomst gjorde seg vedvarende gjeldende ut over ettersommeren og høsten. Det var først i oktober at populasjonen av *Ceratium hirundinella* fikk en tilbaketrasket plass i organismesamfunnet. En stor produksjon av dinocyster var påvist.

Den varierende hydrografiske situasjon i Akersvatnet i 1994 fremgår av et utvalg grafiske fremstillinger.

- FIGUR 2. Temperaturvariasjoner.
- FIGUR 3. Resultater av konduktivitetmålinger.
- FIGUR 4. Siktedypobservasjoner.
- FIGUR 5. Vannmassenes turbiditet.
- FIGUR 6. Konsentrasjoner av totalfosfor.
- FIGUR 7. Konsentrasjoner av totalnitrogen.

Erfaringene fra 1994 viser at helinnsjøbehandlingen (NIVA 1992) lar seg praktisk gjennomføre etter det hydrologiske resonnementet som ligger til grunn. Spørsmålet blir om det vil la seg gjøre å

tilpasse intensiteten av utpumpingen av vann til et nivå som sikrer en best mulig egnet råvannskvalitet for vannverket.

## 5. Vannkvalitet

Den biologiske tankegang med helinnsjøbehandlingen er å undertrykke blågrønnalger ved å fremme de øvrige algenes konkurranseevne. Erfaringen fra de tidligere undersøkelser av Akersvatnet har vist at det er en periode etter vårfullsirkulasjon og fram til medio juli, da det er en god balanse mellom algeproduksjon og nedbeiting med zooplankton (NIVA 1994). Forholdene innebærer da en brukbar vannkvalitet for råvannet til VIVs reservevannverk. Det er ønskelig å kunne utvide varigheten av denne type innsjøtilstand frem til høsten.

Akersvatnet fikk imidlertid i 1994 en overraskende algeutvikling i vegetasjonsperioden. Allerede i mai ble det masseforekomst av flagellaten *Ceratium hirundinella* (NIVA-notat, 15.7. 1994). Dette er en algeart med store individdimensjoner. Cellene kan f.eks. være bortimot 0,5 mm lange, noe som tilsvarer om lag ti ganger størrelsen til de sedvanlige organismer i Akersvatnets planteplankton. Samtidig har *Ceratium hirundinella* en fysiologi som kombinerer egenskaper til både planter og dyr (lever både autotroft og heterotroft). Denne flagellaten har da dominert Akersvatnets algesamfunn gjennom undersøkelsesperioden fra mai til september.

*Ceratium hirundinella* er en særpreget art i planktonet (FIGUR 8). I litteraturen er cellene angitt til å være 90-450 µm lange. På grunn av sine mange eiendommeligheter hører denne algen til de best undersøkte av planktonorganismene:

- arten er godt beskrevet med hensyn til taksonomiske karakterer (Popovsky & Pfister 1990)
- fysiologiske og økologiske egenskaper er studert (Pollinger 1988)
- praktiske problemer den kan forårsake, er behandlet (Holden 1970).

Til det siste punktet hører bl.a. vanskeligheter for vannverk med en masseutvikling av *Ceratium hirundinella* i råvannet. Filtreringsproblemene er på grunn av organismens størrelse relativt rimelige å mestre. Men da flagellaten lett blir ødelagt ved trykkforandringer, kan celleinnholdet (cytoplasmaet) gjennom den mekaniske behandling komme ut i vannmassene og negativt påvirke drikkevannskvaliteten. Dette kan medføre f.eks. lukt- og smakspåvirkning og gi uheldige sekundære konsekvenser i vannforsyningsnettet gjennom mikrobiologiske prosesser.

*Ceratium hirundinella* har vært en vanlig komponent i Akersvatnets plankton (NIVA 1991). Men den har vært en ettersommerart, med sin største forekomst i f.eks. august. Så vel med hensyn til tidspunkt for oppblomstring, oppblomstringens intensitet og varighet, samt størrelse av biomasseutvikling gjør at 1994 peker seg ut som et ekstraordinært år for utvikling av *Ceratium hirundinella* (FIGUR 9).

Det ble foretatt biotester for å vurdere eventuell toksisitet av *Ceratium hirundinella*-populasjonen i Akersvatnet. Resultatene viste at denne organismen ikke var giftproduserende. Samtidig kan det nevnes at flagellaten er verdifull som primærprodusent i innsjøsystem (Riemann & Søndergaard 1986). Det er også rapportert at masseforekomst av *Ceratium hirundinella* i forbindelse med nedbrytning av organisk stoff har kunnet forårsake problemer for fiskebestanden i eutrofe innsjøer (Nicholls et al. 1980).

## 6. Diskusjon

De spesielle hydrobiologiske forhold i Akersvatnet i 1994 er fortsatt under faglig utredning når det gjelder årsaker og virkninger. I det følgende blir det gitt en omtale av noen foreløpige vurderinger som er gjort.

Hovedtrekkene i Akersvatnets hydrografiske forhold er beskrevet i tidligere rapporter (NIVA 1991, 1994). Sammenliknes observasjonene som ble gjort i 1994 med resultatene fra tidligere år, er det flere omstendigheter som fremhever seg som særegne. I vannkjemisk forbindelse gjelder dette i første rekke hvordan effektene av vinterpumpingen (januar-mars) medførte en spesiell vanntype i innsjøen ved innledningen til vegetasjonsperioden. Det kan f.eks. nevnes at så vel konduktiviteten som vannmassenes innhold av kalsium var preget av grunnvannstilstrømninger betinget av utpumpingen (NIVA-notat, 15.7. 1994). Ved prøvetakingen i mars ble *Ceratium hirundinella* ikke funnet i Akersvatnet, men denne flagellaten var allerede massivt etablert i planteplanktonet ved prøvetakingen i mai.

Det vil være et samspill mellom flere miljøfaktorer samt utgangsbestander av organismer som er utslagsgivende for et slikt fenomen. Under vanlige betingelser i Akersvatnet har *Ceratium hirundinella* hatt en kort oppblomstringsperiode på ettersommeren. Det er et avvikende utviklingsmønster i innsjøen å få en stor forekomst av denne flagellaten under vår og forsommeren. Tre forhold synes eventuelt å være av særlig utslagsgivende betydning for det aktuelle hendelsesforløpet i Akersvatnet:

- I august 1993 var det en stor forekomst av *Ceratium hirundinella* i planteplanktonet (NIVA 1994). Denne populasjonen dannet dinocyster som overvintret i bunnsedimentene.
- Vinterpumpingen av vann medførte en økt grunnvannstilstrømning til innsjøen. Direkte og indirekte kan dette ha påvirket oppodningen med *Ceratium hirundinella* fra dinocystene i bunnsedimentene (Pollinger et al. 1993).
- Vannkvaliteten i innsjøen som ble betinget av vinterpumpingen, var gunstig for utviklingen av *Ceratium hirundinella* (Bruno & Mclaughlin 1977).

Gjennom hele sommersituasjonen og frem til september var *Ceratium hirundinella* den dominerende organismen i Akersvatnets planteplankton (FIGUR 10). De meteorologiske og hydrologiske forhold i 1994 ble i utpreget grad gunstige for en blågrønnalgeutvikling (NIVA 1991). Også de hydrokjemiske faktorer i vannmassene ville under vanlige omstendigheter ha begunstiget fremvekst av blågrønnalgene. Dette kommer klart frem f.eks. av bestemmelsene av forholdstallet mellom totalnitrogen og totalfosfor - TN:TP - i vannmassene (FIGUR 11), og bestemmelsene av nitrogenveksttallet ( $V_n$  - NIVA 1991, side 48) (FIGUR 12). Når en stor blågrønnalgeutvikling likevel ikke ble realisert i Akersvatnet i 1994, er det bare biologiske faktorer knyttet til organismenes innbyrdes konkurransevne (Krebs 1978) som kan forklare den vedvarende dominans av *Ceratium hirundinella*. Først gjennom høstmånedene fikk flagellaten en tilbaketrukket plass i organismsamfunnet.

Det foreliggende materialet av hydrokjemiske resultater kan benyttes til en klassifisering av hvordan vannmassene i Akersvatnet er egnet som råvannskilde for en drikkevannsforsyning (SFT 1993). I FIGUR 13 er det gjort en sammenstilling av faktorene i en skjematisk, grafisk fremstilling til formålet. Som det fremgår, samsvarer de fleste verdier som inngår i bedømmelsen med tilstandsklassen ikke egnet i dette klassifikasjonssystemet.

## 7. Henvisninger

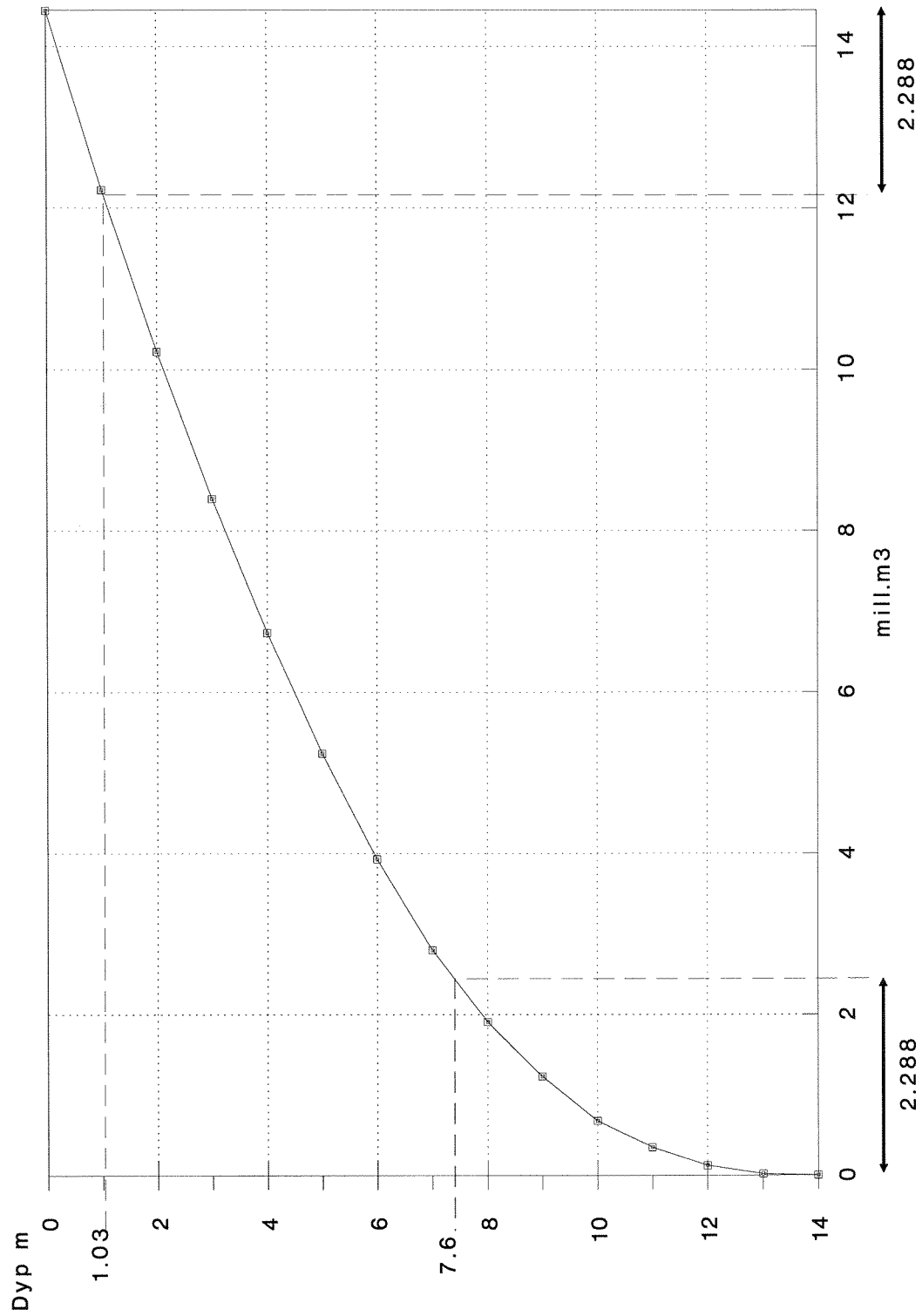
- Bruno, S.F. & Mclaughlin, J.J.A (1977): The nutrition of the freshwater dinoflagellate *Ceratium hirundinella*. J. Protozool. 24(4): 548-553.
- Hauge, H.V. (1958): On the freshwater species of *Ceratium*. Nytt Magasin for Botanikk 6: 97-119.
- Holden, W.S. (1970): Water treatment and examination. J. & A. Churchill, Londo. 513 pp.
- Krebs, C.J. (1978): Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row Publishers, New York. 678 pp.
- Lauterborn, R. (1910): Die Vegetation des Oberrheins. Verh. Naturhist. Med. Ver. Heidelberg N.F. 10: 450-502.
- Nicholls, K.H., Kennedy, W. & Hammett, C. (1980): A fish kill in Heart Lake, Ontario, associated with the collapse of a massive population of *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). Freshwat. -Biol. 10(6): 553-561.
- Norsk institutt for vannforskning (1986a): Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak. Rapport O-85118, 18. august 1986. 107 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986b): VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre. Rapport O-86068, desember 1986. 74 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991): Akersvatnet. Blågrønnalger - vannkvalitet, resultater av undersøkelser i 1989 og 1990. Rapport O-90086. Oslo, 29 juli 1991. 56 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1992): Pumpeforsøk i Akersvatnet 1993. Forslag til arbeidsprogram. Notat til Vestfold interkommunale vannverk. 21. desember 1992.
- Norsk institutt for vannforskning (1994): Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1992 og 1993. Rapport O-92040, 10. januar 1994. 72 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1994): Forholdene i Akersvatnet sommeren 1994. O-92040. Notat, 15. juli 1994. 4 pp.
- Pollinger, U. (1988): Freshwater armored dinoflagellates: Growth, reproduction strategies, and population dynamics. In: Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton, (Ed. C.D. Sandgren) Cambridge University Press, Cambridge. 442 pp.
- Pollinger, U., Burgi, H.R. & Ambühl, H. (1993): Cysts of *Ceratium hirundinella*, their dynamics and role within a eutrophic lake (Lake Sempach, Switzerland). *Aquatic Sciences AQSCA* 55, (1): 10-18.
- Popovský, J. & Pfiester, L.A. (1990): Dinophyceae (Dinoflagellida). In: Süßwasserflora von Mitteleuropa (Eds. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning & D. Mollenhauer) Band 6. Gustav Fischer Verlag, Jena. 272 pp.
- Riemann, B. & Søndergaard, M. (1986): Carbon dynamics in eutrophic, temperate lakes. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 284 pp.
- Schneider, H. (1973): Die Wasserschliessung. Vulkan - Verlag, Essen. 885 pp.
- Skulberg, O.M. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. *Fauna* 31: 48-54.
- Statens forurensningstilsyn (1993): Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-Veiledning Nr. 92:06. Oslo. 30 pp.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. internat. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- Utkilen, H. (1992): Cyanobacterial toxins. In: Photosynthetic prokaryotes. (Eds. N.H. Mann & N.G. Carr), pp. 211-231. Plenum Press, London.

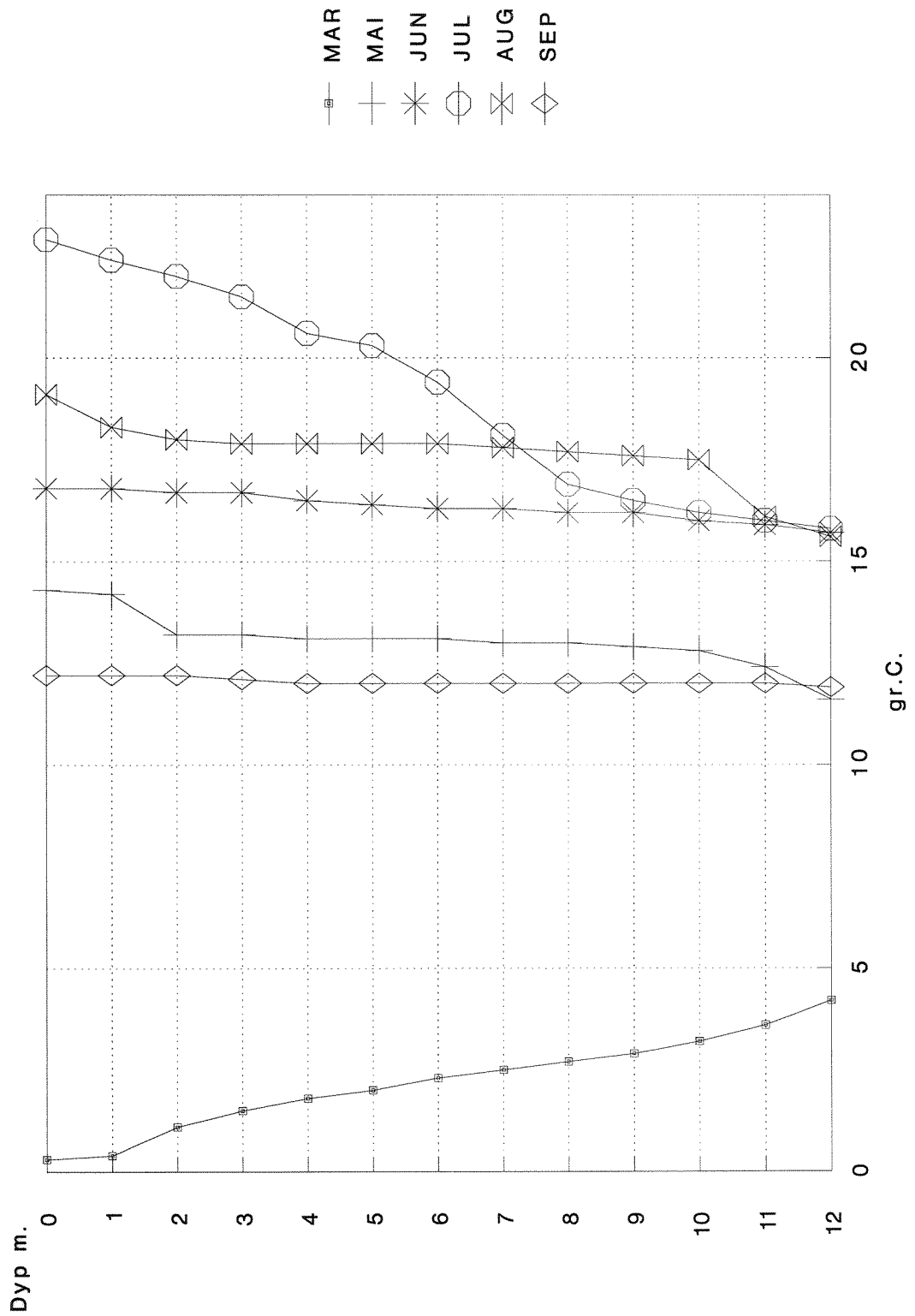
## **FIGURER**



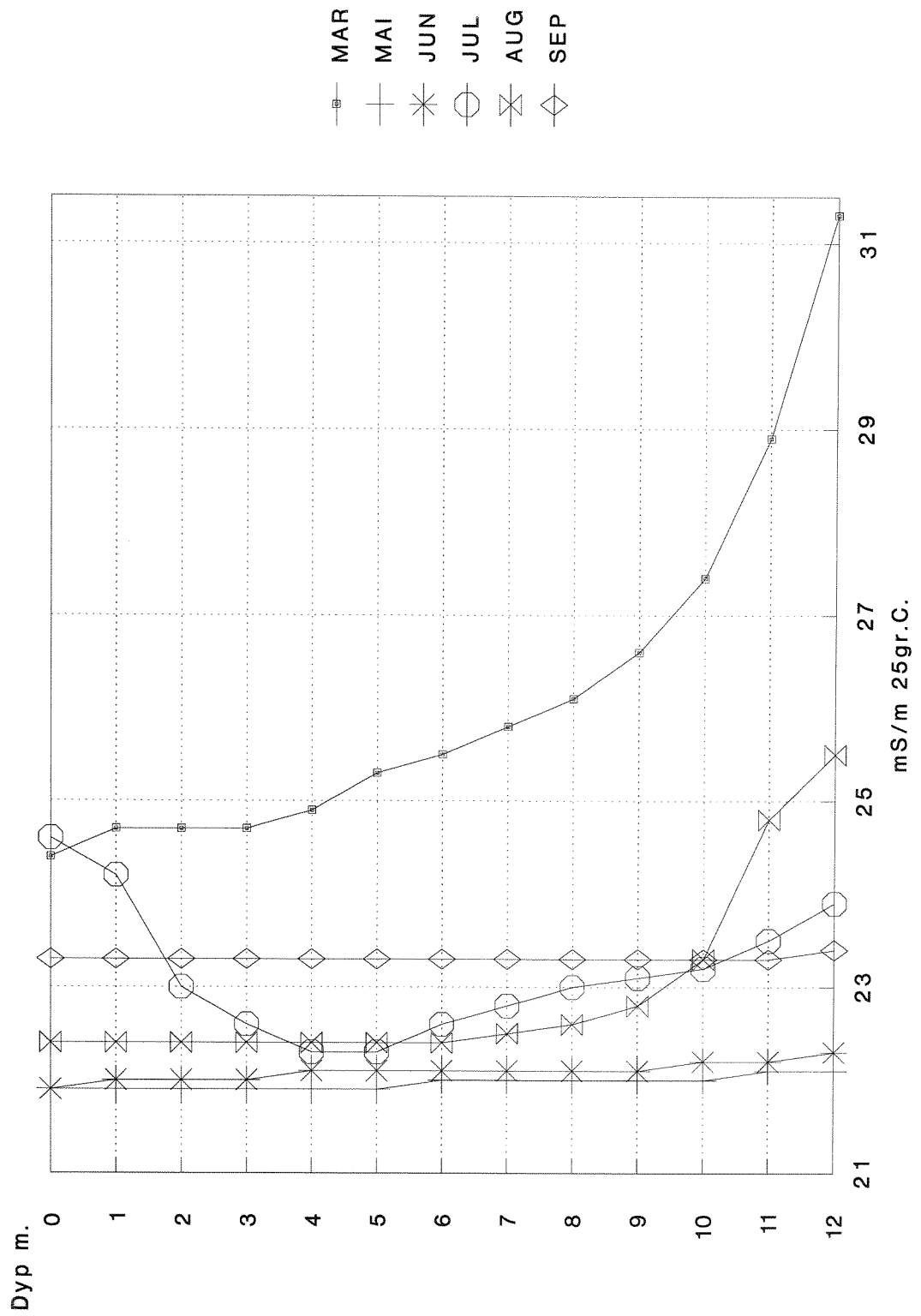
FIGUR 1. Anskueliggjøring av vannvolumet som ble pumpet ut av Akersvatnet i perioden januar-mars 1994



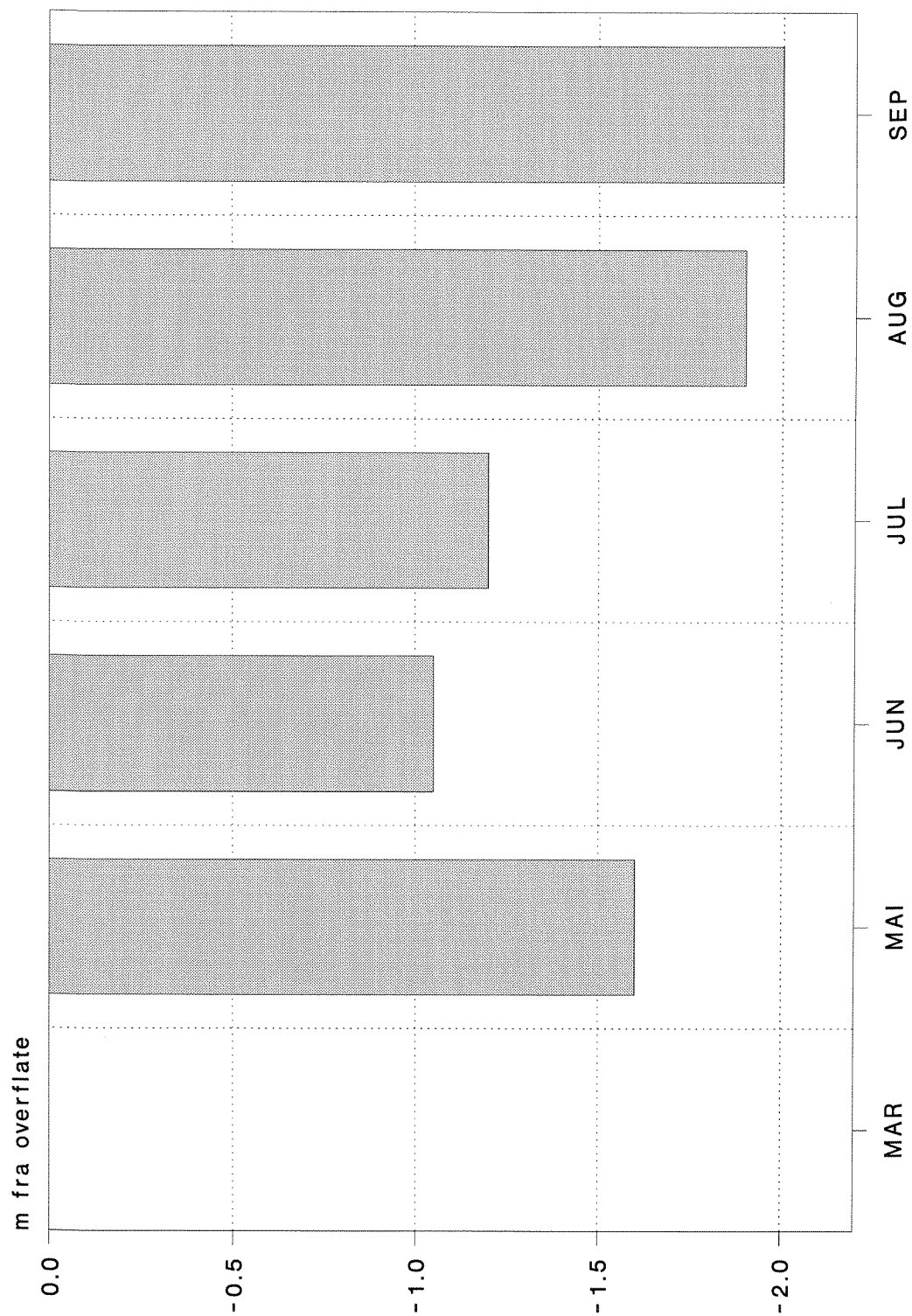
FIGUR 2. Observasjoner av vanntemperatur. Mars - september 1994



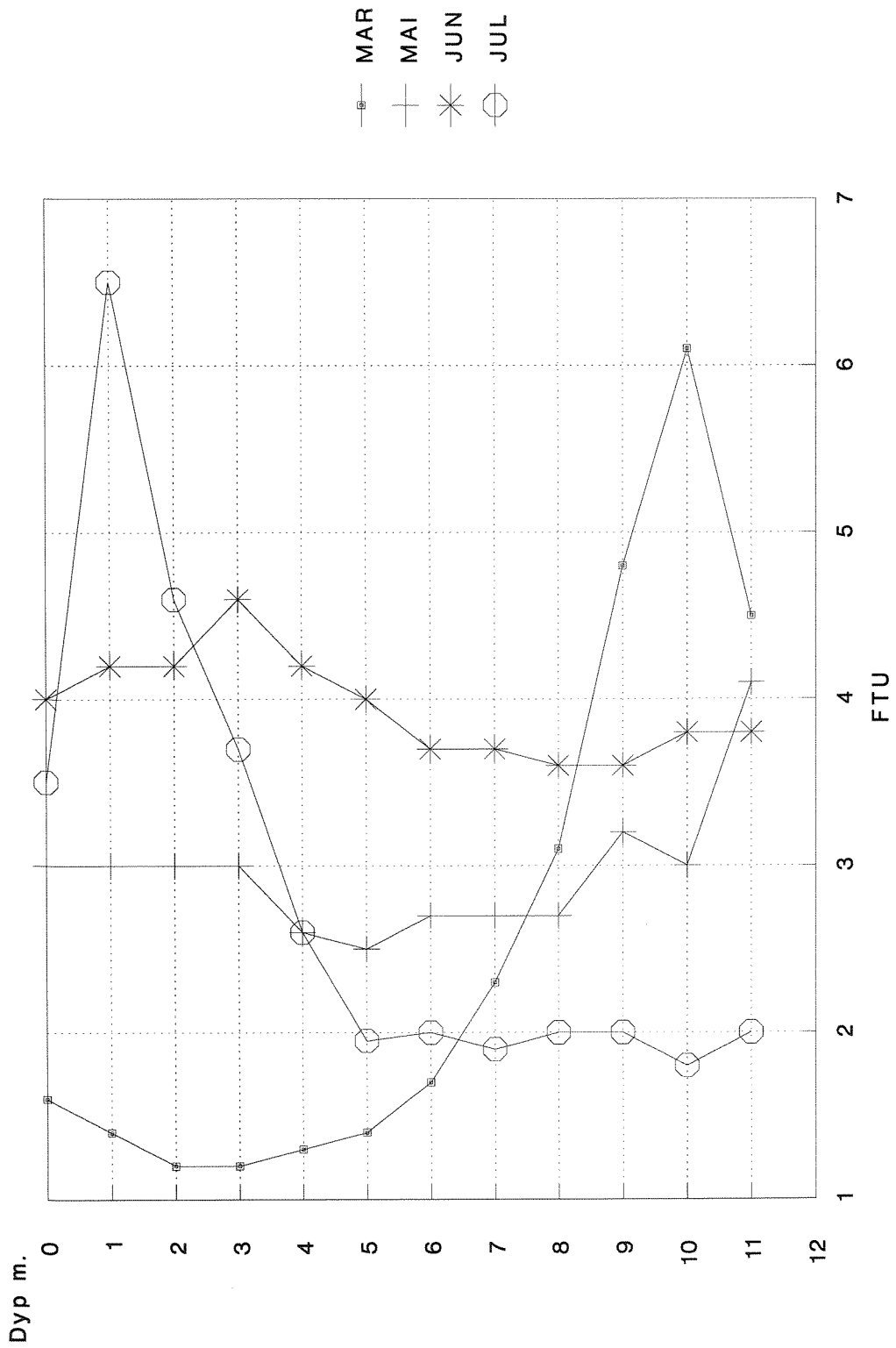
FIGUR 3. Resultater av konduktivitetmålinger. Mars - september 1994



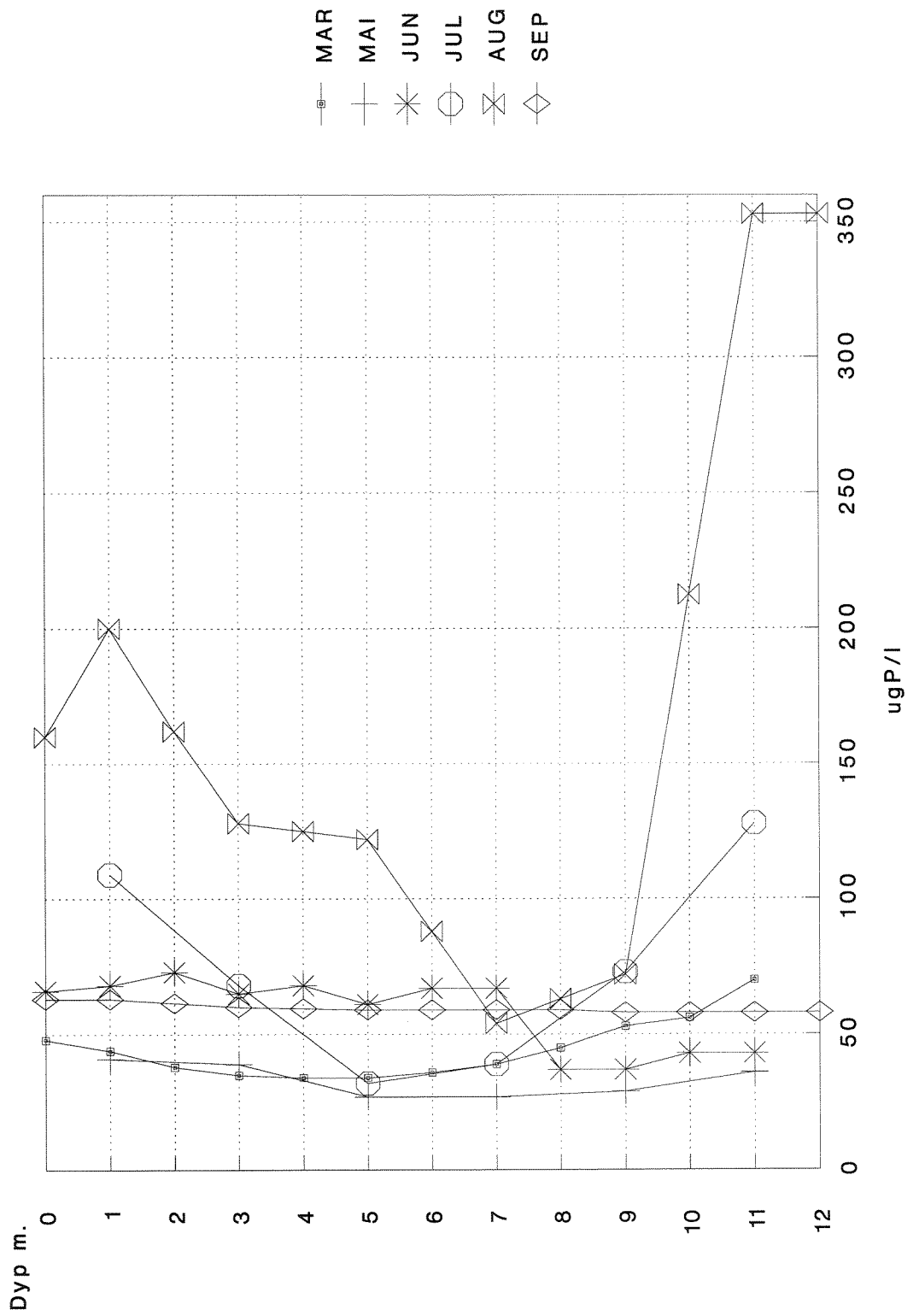
FIGUR 4. Siktedypobservasjoner. Mars - september 1994.



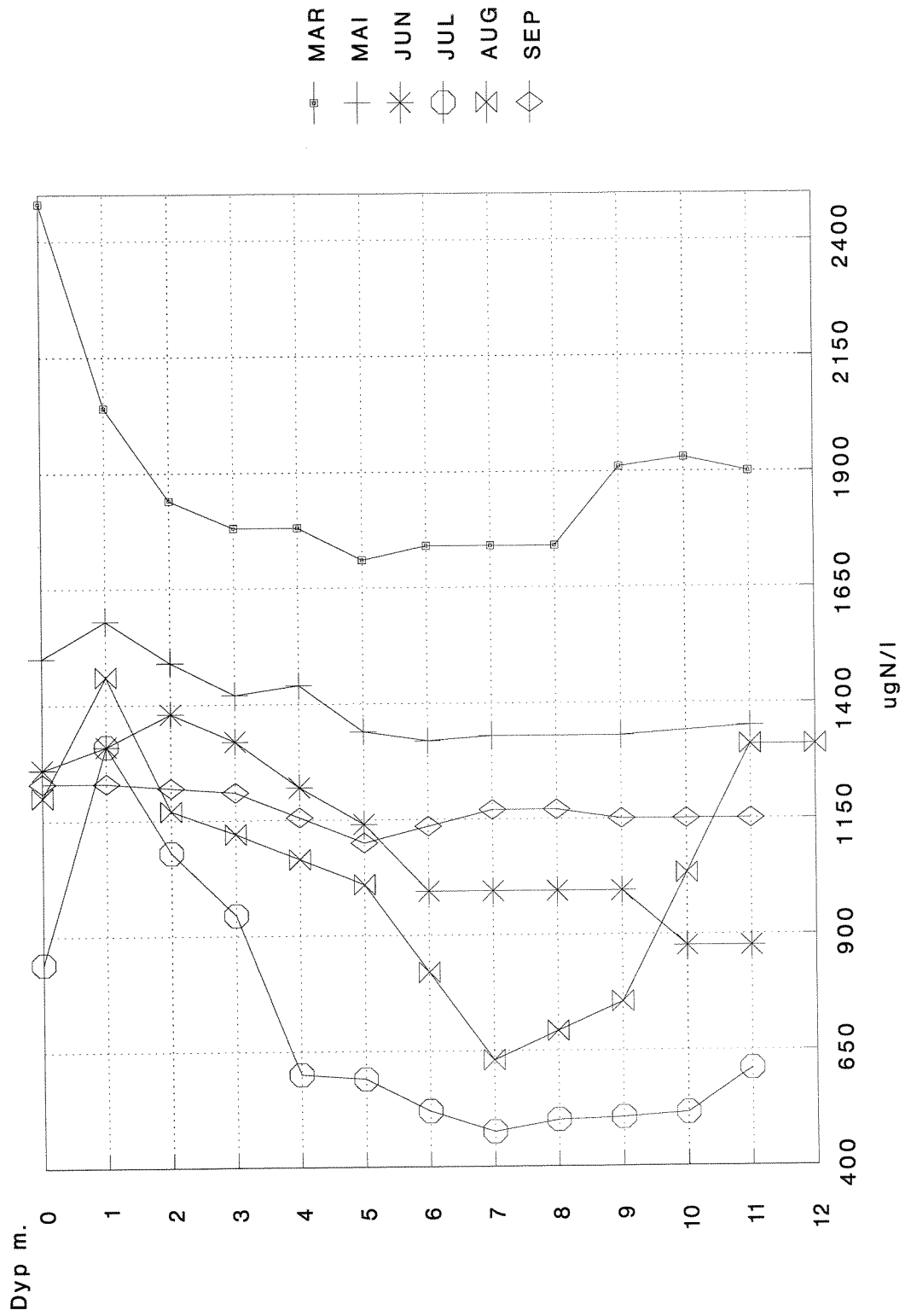
FIGUR 5. Vannmassenes turbiditet. Mars - juli 1994.



FIGUR 6. Konsentrasjoner av totalfosfor. Mars - september 1994.

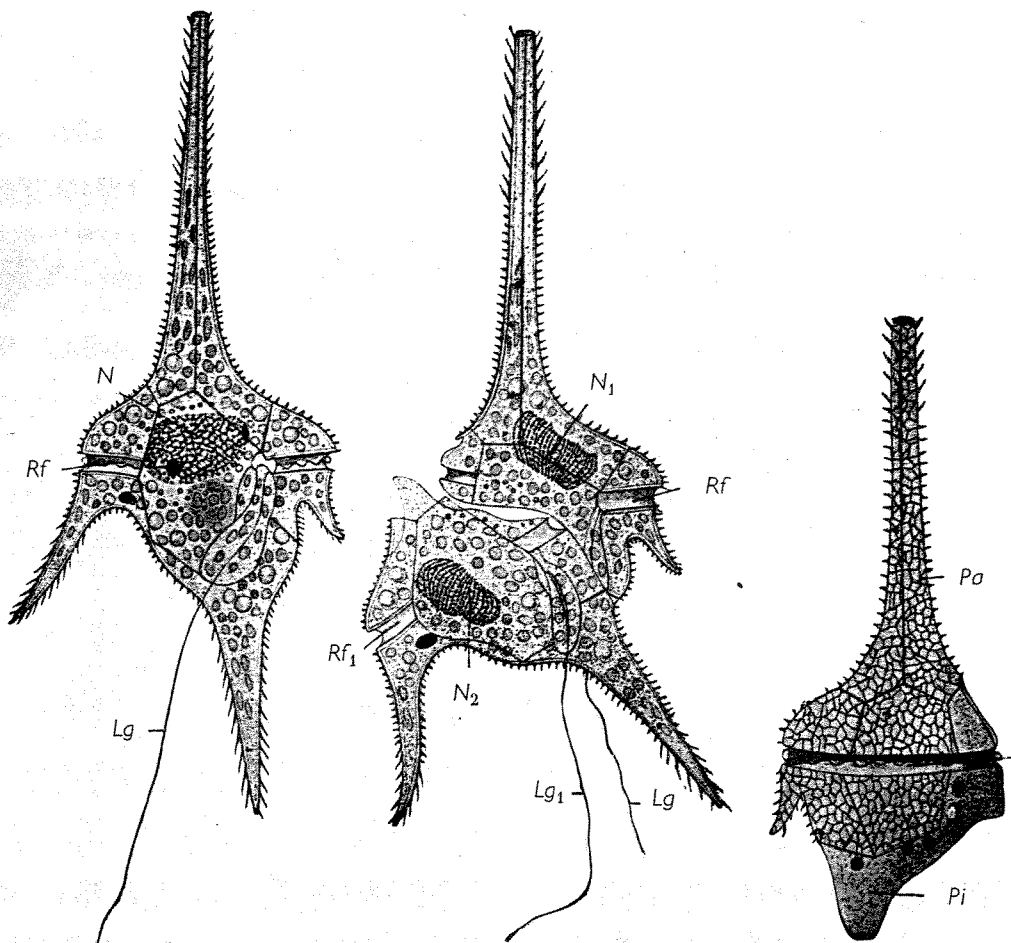


FIGUR 7. Konsentrasjoner av totalnitrogen. Mars - september 1994.



FIGUR 8. Tegning med informasjon om flagellaten som utviklet masseforekomst i Akersvatnet i vegetasjonsperioden 1994.

Klasse: Dinophyceae  
 Orden: Peridinales  
 Familie: Ceratiaceae  
 Slekt: *Ceratium*  
 Art: *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Dujardin



Delingsstadier av *Ceratium hirundinella*

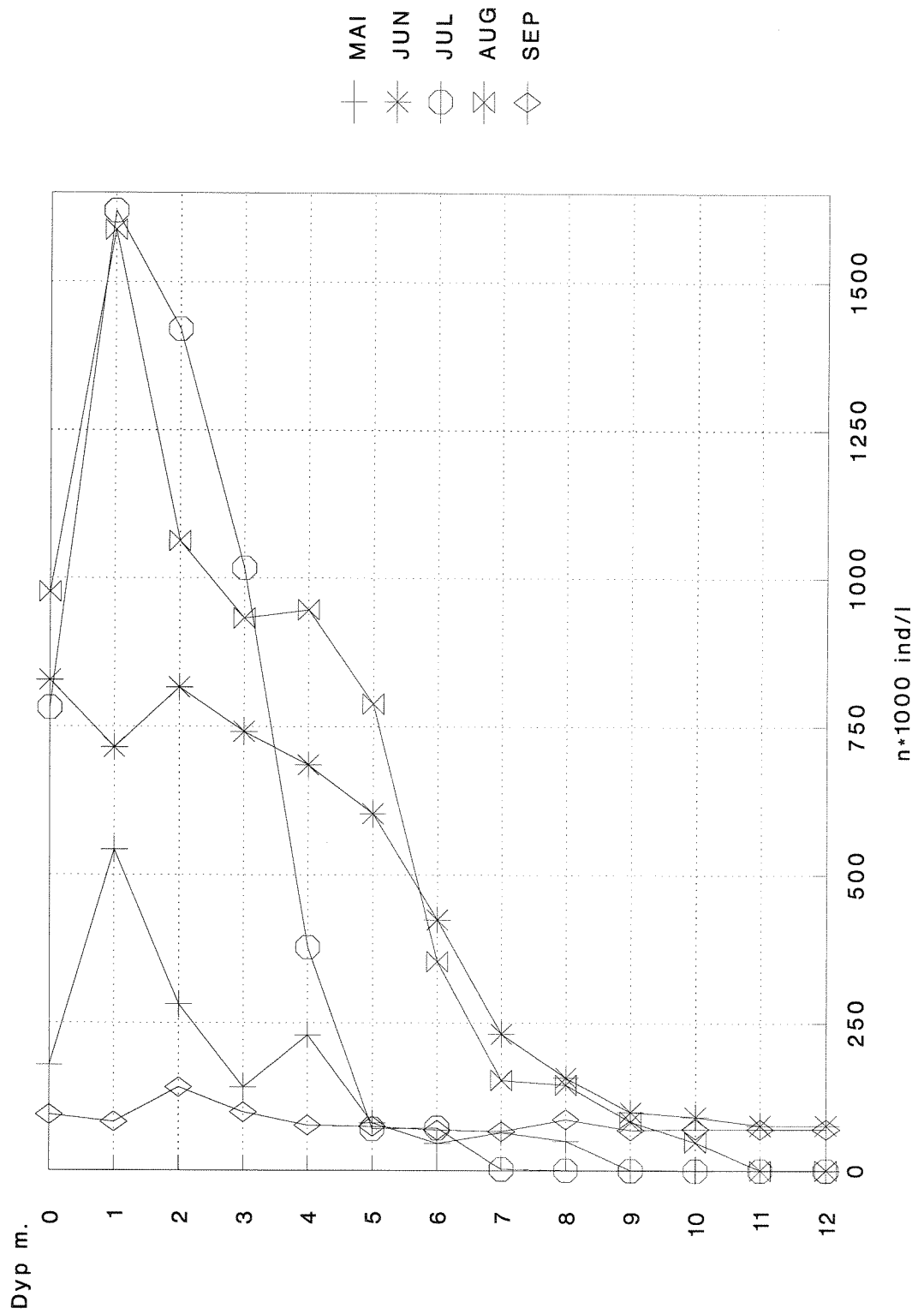
N, cellekjerne  
 Lg, flagell

Rf, fure  
 Pa, celluloseplate  
 Pi, plasmamembran

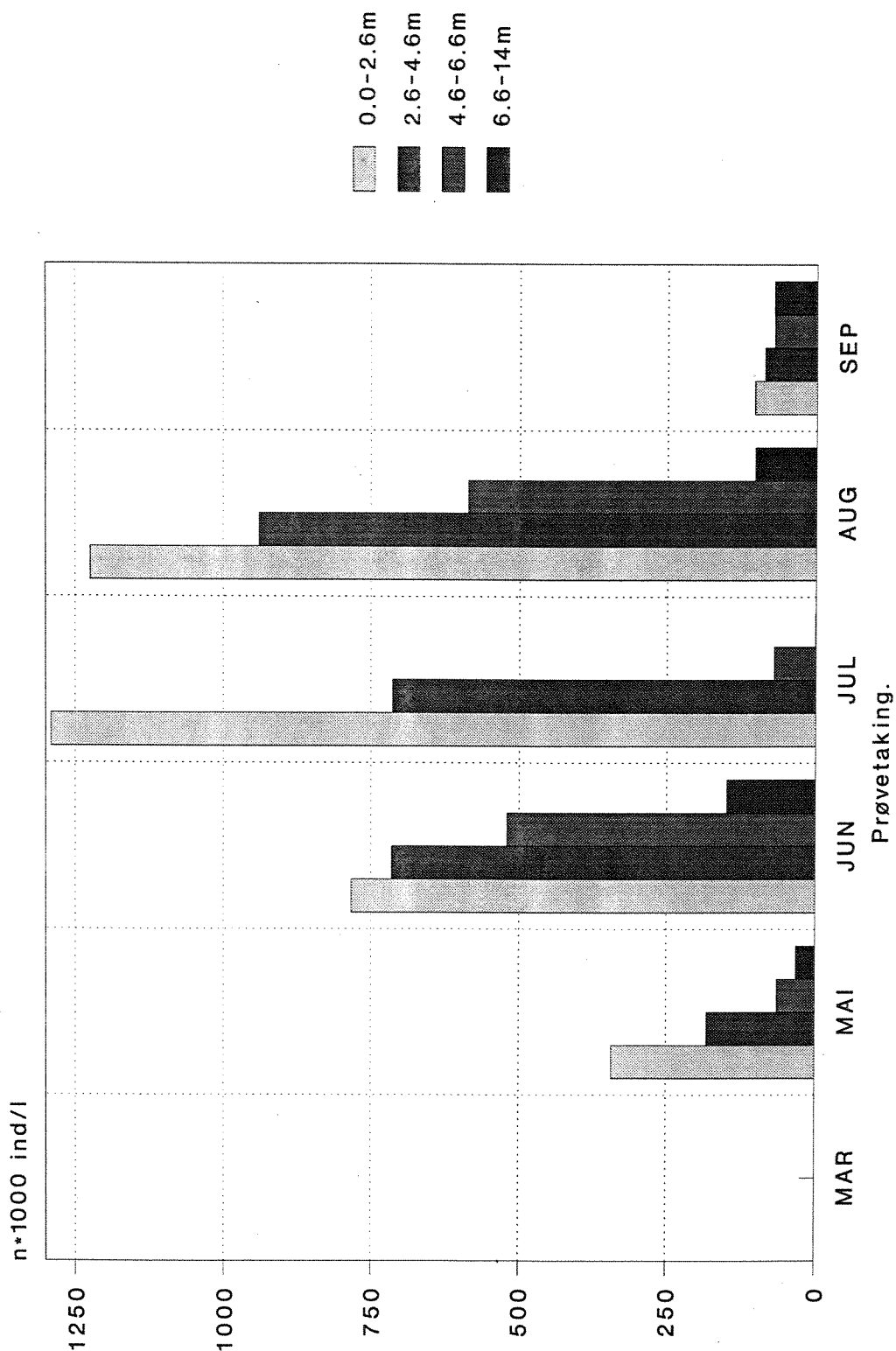
(Kilde: Lauterborn 1910)



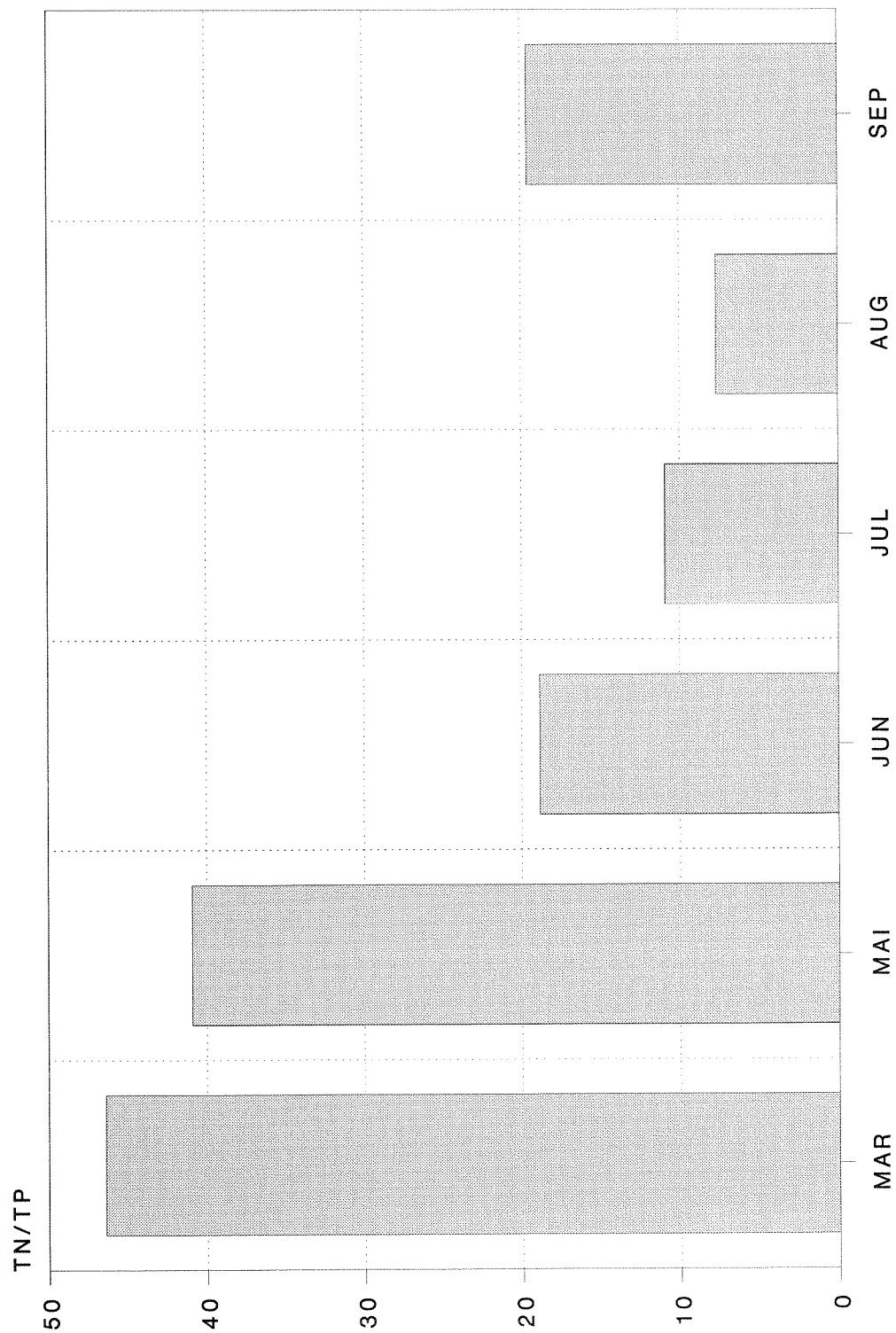
FIGUR 9. Forekomst og fordeling av *Ceratum hirundinella* i Akersvatnet i vegetasjonsperioden 1994.



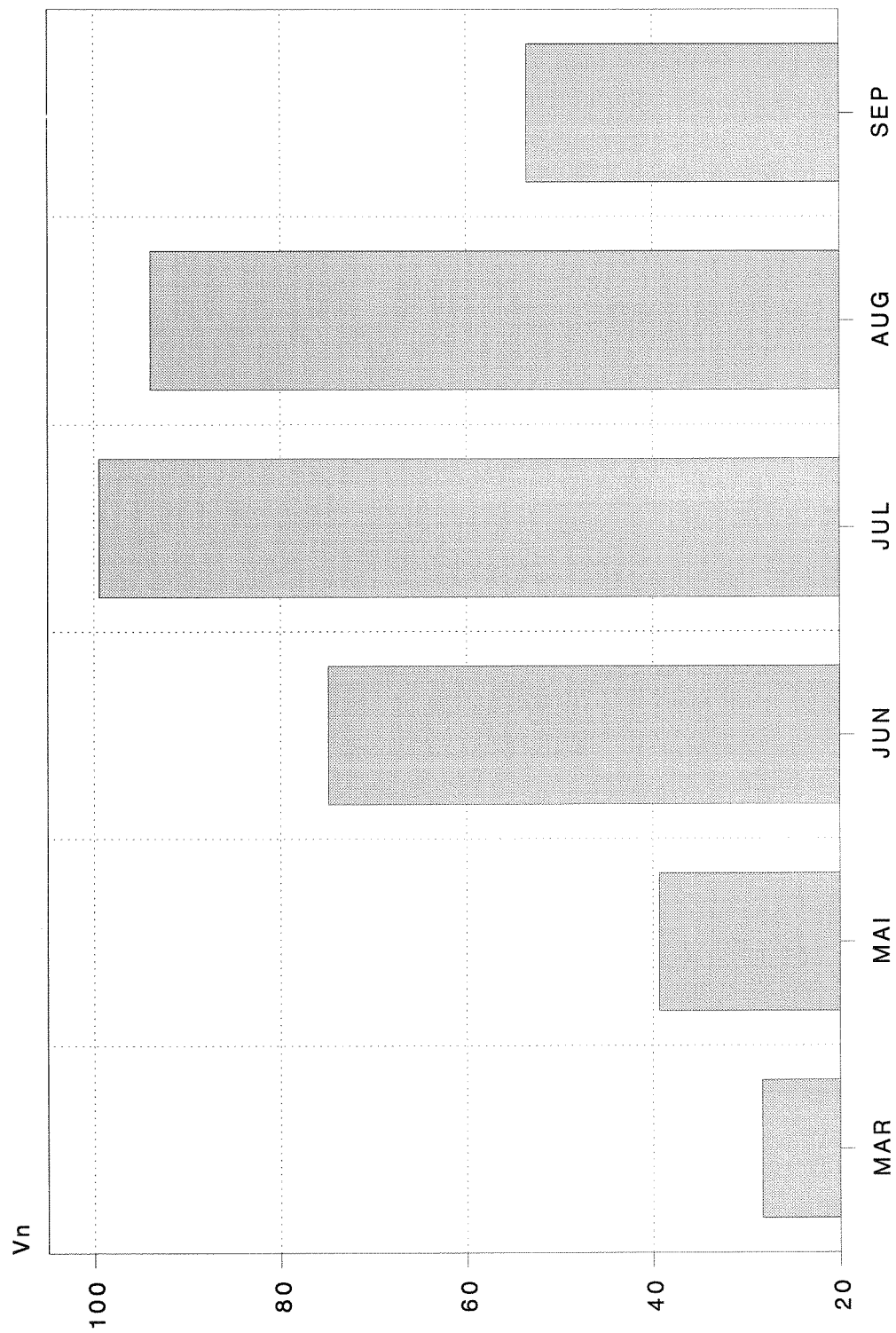
FIGUR 10. Utviklingen av populasjonen med *Ceratium hirundinella* observert på hovedstasjonen (over dypeste punkt) i Akersvatnet.



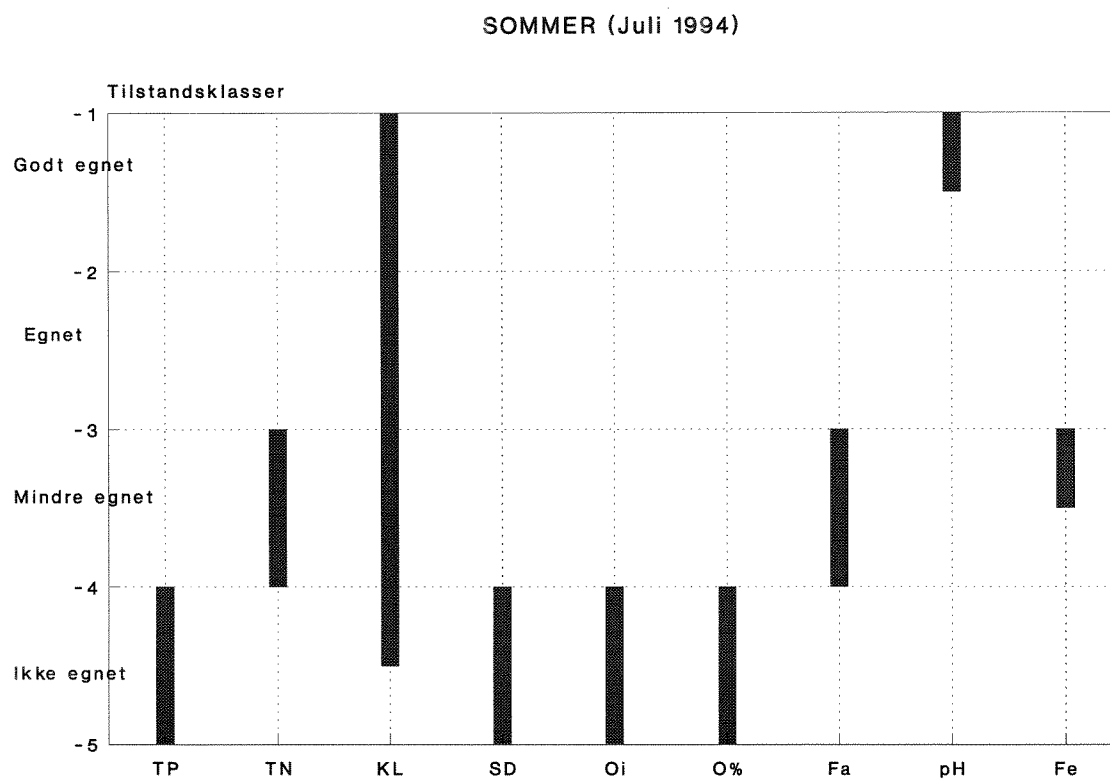
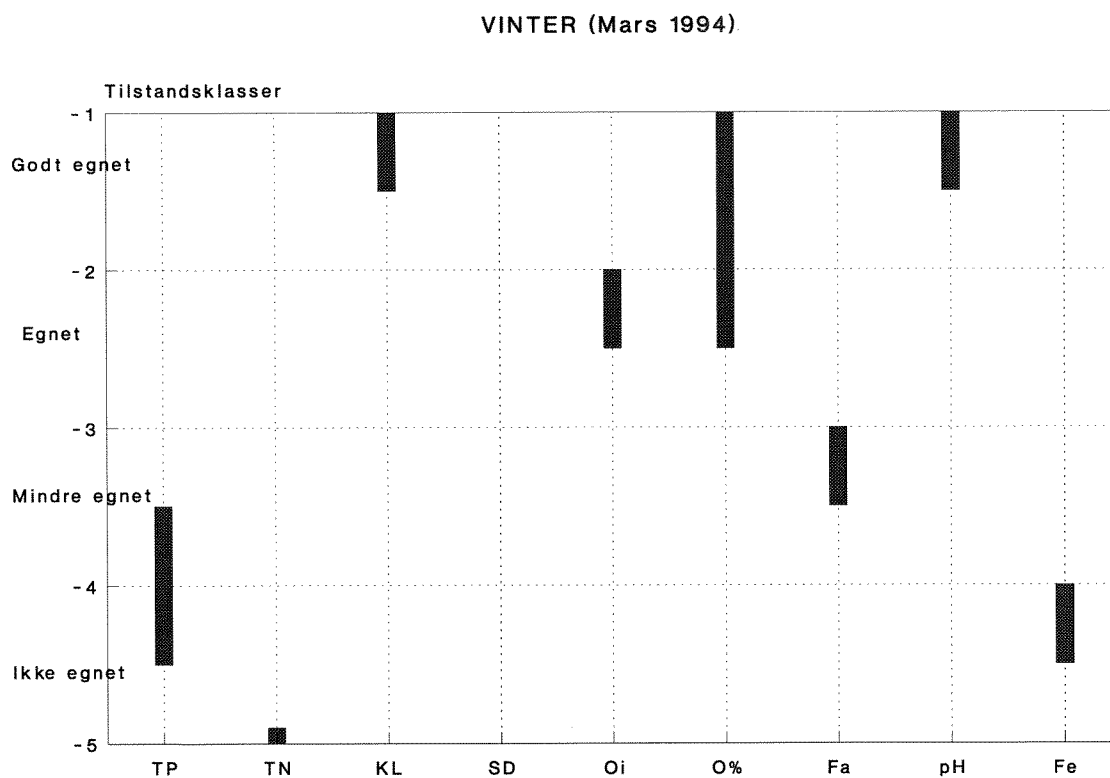
FIGUR 11. Variasjon i forholdstallet mellom totalnitrogen og totalfosfor (TN:TP) i 1994.



FIGUR 12. Variasjon i nitrogenvektstallet ( $V_n$ ) i 1994.



FIGUR 13. Bedømmelse av vannmassenes egnethet som råvann for drikkevannsforsyning etter klassifiseringssystemet til Statens forurensningstilsyn (SFT 1993)



## **VEDLEGG**

# 1. Datasamling for Akersvatnet 1994

## Hydrografi. Planteplankton

### - Prøvetakingsdatoer

14. mars 1994

30. mai 1994

27. juni 1994

25. juli 1994

22. august 1994

26. september 1994

### - Prøvetakingssteder angitt i tabellene

Hovedstasjon (H St.)

Tryteberg

Nord-vest for øya (NVfø)

Nord-øst for øya (NØfø)

Sør-vest for øya (SVfø)

Vest for øya (Vfø)

VIV-inntak

"Sør" - ca 150 m fra sørenden

"Nord" - ca 150 m fra nordenden

Stokkebekken ved innløp i Akersvatnet

Haslestadbekken ved innløp i Akersvatnet

Gjennestadvatnet

- Forkortelser benyttet i tabellene

SD	= siktedyp (m)
VT	= vanntemperatur (°C)
met.	= metning (oksygen) (%)
SG	= surhetsgrad (pH)
KON	= konduktivitet (mS/m, 25°C)
FAR	= fargetall (mg Pt/l)
TUR	= turbiditet (FTU)
TP	= totalfosfor (µg P/l)
P-P	= totalfosfor - ortofosfat (µg P/l)
TN	= totalnitrogen (µg N/l)
N-N	= totalnitrogen - nitrat (µg N/l)
KAL	= kalsium (mg Ca/l)
KLRI	= klorid (mg Cl/l)
TOC	= total organisk karbon (mg C/l)
JER	= jern (µg Fe/l)
SIL	= silisium (µg SiO <sub>2</sub> /l)
KLFY	= klorofyll (µg CHLa/l)
SULF	= sulfat (mg SO <sub>4</sub> /l)



Akersvatn. NIVA-tokter. 1994.

Prøvetaking: 14.03.94. kl.:09,30. Hovedstasjon.

Istykkelse cm: 80.

Dyp m	SD m	VT grC	OKSYGEN		SG pH	KON mS/m	FAR mg/l	TUR FTU	TP ugP/l	PO4 ugP/l	P-P ugP/l	TN ugN/l	NO3 ugN/l	N-N ugN/l	KAL mg/l	KLRI mg/l	TOC mg/l	JER ug/l
			met.	%														
0		0.3	11.7	81	7.3	24.4	36	1.6	48	36	12	2480	1830	650	13	18	4.8	96
1		0.4	11.7	81	7.5	24.7	36	1.4	44	34	10	2040	1510	530	19	24	6.2	81
2		1.1	12.6	89	7.4	24.7	34	1.2	38	28	10	1840	1250	590	18	24	6.2	72
3		1.5	12.6	90	7.4	24.7	34	1.2	35	26	9	1780	1280	500	19	24	6.1	71
4		1.8	11.2	81	7.4	24.9	33	1.3	34	25	9	1780	1280	500	18	24	6.1	68
5		2.0	10.4	75	7.4	25.3	37	1.4	34	24	10	1710	1200	510	19	24	6.1	75
6		2.3	9.0	66	7.4	25.5	38	1.7	36	27	9	1740	1210	530	19	25	6.1	96
7		2.5	8.7	64	7.3	25.8	38	2.3	39	30	9	1740	1230	510	19	26	6.1	118
8		2.7	7.7	57	7.2	26.1	51	3.1	45	35	10	1740	1250	490	19	26	6.6	165
9		2.9	7.1	53	7.2	26.6	75	4.8	53	42	11	1910	1390	520	20	27	7.4	201
10		3.2	5.8	43	7.2	27.4	81	6.1	56	44	12	1930	1390	540	20	27	7.5	220
11		3.6	5.0	38	7.2	28.9	83	4.5	70	59	11	1900	1350	550	20	28	8.6	440
12		4.2	3.1	24		31.3												
Filt. blandprøve.0-11m																		
7.5 25.2 36.1 1.2 34 27 7 1880 1370 510 18.6 25 6.5 78																		

Prøvetaking: 14.03.94.

Forts. HST.

Dyp m	SIL mg/l	KLFY ug/l	SULF mg/l	SiO2	CH.a	SO4
1	2.7	0.3	24			
2	2.3	0.3	24			
3	2.3	0.3	24			
4	2.4	0.3	24			
5	2.6	0.3	25			
6	3.0	0.3	25			
7	3.5	0.3	26			
8	4.2	0.3	26			
9	4.8	0.4	28			
10	4.9	0.4	28			
11	6.2	0.5	29			
12						
Filt. 3.4						
25						

Prøvetaking: 14.03.94.

TRYTEBERG.

Dyp m	VT grC	KON mS/m	25gC
1	0.5	23.7	
2	1.2	23.8	
3	1.7	24.7	
4	2.1	24.9	
5	2.4	25.0	
6	2.6	25.2	
7	2.9	25.5	
8	3.2	25.6	
9	3.4	25.8	
10	3.8	26.4	
11	4.3	27.3	
12	4.9	31.6	

NØF Ø

Dyp m	VT grC	KON mS/m	25gC
1	1.0	23.8	
2	1.6	23.9	
3	2.0	24.5	
4	2.3	24.5	
5	2.7	24.5	

NVF Ø

Dyp m	VT grC	KON mS/m	25gC
1	0.9	24.4	
2		35.6	

SVF Ø

Dyp m	VT grC	KON mS/m	25gC
1	0.8	23.6	
2	1.1	26.1	

Ved utl.Haslestadb.

Dyp m	VT grC	KON mS/m	25gC
1	0.6	18.3	
2	1.2	22.8	
3	2.0	23.6	
4	2.4	23.9	

Prøvetaking:30.05.94 kl.:12,00. Hovedstasjon, Stokkebekk, Haslestadbekk og Gjennestadvatn.

Dyp m	SD m	OKSYGEN		SG pH	KON mS/m	FAR mg/l	TUR FTU	TP ugP/l	PO4 ugP/l	P-P ugP/l	TN ugN/l	NO3 ugN/l	N-N ugN/l	KAL mg/l	KLRl mg/l	JER ug/l	SIL mg/l	KLfY ug/l	SUL mg/l	
		VT grC	met. %																	
0	1.6	14.3	12.0	117	7.7	21.9	37	3.0			1500	850	650						2.2	26
1		14.2	12.1	118	7.8	21.9	38	3.0	9	32	1580	860	720			83	2.2		2.2	26
2		13.2	12.5	119	7.7	21.9	39	3.0			1490	860	630				2.2		2.2	25
3		13.2	12.0	115	7.8	21.9	39	3.0	4	35	1420	860	560			84	2.1		2.1	26
4		13.1	12.0	114	7.8	21.9	33	2.6			1440	870	570				2.2		2.2	20
5		13.1	11.7	111	7.7	21.9	36	2.5	11	16	1340	880	460			89	2.3		2.3	13
6		13.1	8.2	78	7.7	22.0	36	2.7			1320	900	420				2.2		2.2	12
7		13.0	7.0	66	7.7	22.0	38	2.7	5	22	1330	870	460			113	2.3		2.3	
8		13.0	6.5	62	7.6	22.0	37	2.7												11
9		12.9	5.4	51	7.6	22.0	40	3.2	9	20	1330	880	450			139	2.3		2.3	
10		12.8	5.0	47	7.6	22.0	39	3.0												9
11		12.4	3.8	36	7.5	22.1	47	4.1	11	25	1350	875	475			240	2.6		2.6	
12		11.6	3.4	31	22.1														2.5	
Blandp. 0 - 11m					7.8		25	0.2						17	23				2.5	21
Stokkeb.					7.4		70	2.3	45		2690			29	26				8.1	11
Haslestadb.					9.1		49	1.0	376		2660			23	24				0.5	23
GJENNESTADVATN.					7.1		43	1.1	16		470			5	5					7

LYSFORHOLD. Hst. 30.05.94					
kl.: 14,00					
Dyp m	SD m	LUFT uE/m2sec	VANN	% av	
				Luft	%
0		1555	1149	73.9	
1		1436	265	18.5	
2		1445	67	4.6	
3		1447	21	1.5	
4		1426	8	0.55	
5		1500	3	0.21	
6		1100	1	0.12	

Prøvetaking:30.05.94 TRYTEBERG						
Dyp m	VT grC	KON mS/m	Dyp m	VT grC	KON mS/m	KON mS/m
0	14.0	21.8	7	13.1	22.0	22.0
1	13.8	21.8	8	12.9	22.0	22.0
2	13.3	21.9	9	12.3	22.0	22.0
3	13.2	21.9	10	11.9	22.1	22.1
4	13.2	21.9	11	11.6	22.2	22.2
5	13.2	22.0	12	10.7	22.5	22.5
6	13.1	22.0				

Prøvetaking: 27.06.94. kl.:10,22. Hovedstasjon

Dyp	SD	VT	OKSYGEN		SG	KON	FAR	TUR	TP	PO4	P-P	TN	NO3	N-N	KAL	KLRI	SIL	KLFY
			mg/l	met. %														
	1.1		0			25gC												
0		16.8	10.5	108	9.4	21.9	35	4.0	66	7	59	1260	290	970	17		0.1	83
1		16.8	10.4	107	9.4	22.0	31	4.2	68	6	62	1310	290	1020	17		0.1	61
2		16.7	10.4	107	9.5	22.0	33	4.2	73	6	67	1380	285	1095	16		0.1	96
3		16.7	10.1	104	9.4	22.0	42	4.6	65	7	58	1320	290	1030	16		0.1	80
4		16.5	9.9	102	9.4	22.1	36	4.2	68	9	59	1220	295	925	16		0.1	89
5		16.4	9.6	98	9.4	22.1	31	4.0	61	7	54	1140	295	845	17		0.1	85
6		16.3	9.4	96	9.2	22.1	38	3.7	67	10	57	995	315	680	17		0.1	53
7		16.3	9.4	96	9.1	22.1	35	3.7	67	10	57	995	315	680	17		0.1	53
8		16.2	9.3	95	9.0	22.1	33	3.6	37	7	30	995	325	670	17		0.1	23
9		16.2	9.2	94	9.0	22.1	34	3.6	37	7	30	995	325	670	17		0.1	23
10		16.0	8.5	86	9.0	22.2	35	3.8	43	6	37	875	330	545	17		0.2	16
11		15.9	7.9	80	8.8	22.2	35	3.8	43	6	37	875	330	545	17		0.2	16
12		15.7	7.1	72		22.3												

Prøvetaking: 27.06.94

BEKKENE	SG	KON	FAR	TUR	TP	PO4	P-P	TN	NO3	N-N	KAL	KLRI	SIL	KLFY	SUL
		25gC	Pt												
Haslestadb	8.4	32.3	61.1	1.6	1133			14800							28
Stokkeb.	8.0	30.7	38.6	2.0	69			15200							15

LYSFORHOLD. 27.06.94.HST.

Dyp	SD	LUF	VANN	% av
	1.1			
0		1500	1100	73
1		1500	120	8
2		1500	17	1
3		1500	2.9	0.2
4		1500	0.6	0.04
5		1500	0.1	0.01

Prøvetaking: 27.06.94. TRYTEBERG.

Dyp	SD	VT	OKSYGEN		KON	Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON
			mg/l	met. %						
			0		25gC					
0		17.1	11.6	122	22.1	7		16.3	9.0	93
1		17.0	10.5	111	22.1	8		16.1	8.5	88
2		16.7	10.3	108	22.1	9		15.7	7.8	80
3		16.6	10.1	106	22.1	10		15.7	7.3	74
4		16.6	9.9	103	22.1	11		15.4	6.7	68
5		16.5	9.6	100	22.1	12		15.1	5.0	50
6		16.4	9.3	96	22.1					23.0

Prøvetaking: 27.06.94, kl.: 14,00 VIV-inntak.

DYP	SD	VT	OKSYGEN		KON	DYP	SD	VT	OKSYGEN		KON
			grC	mg/l					met.	mg/l	
	0.8		0	%	25gC			grC	0	%	25gC
0		17.3	10.1	107	22.0	5		17.1	9.8	103	22.0
1		17.3	10.1	107	22.0	6		17.1	9.7	102	22.0
2		17.3	10.1	107	22.0	7		17.1	9.7	102	22.0
3		17.3	10.0	105	22.0	8		17.1	9.6	101	22.0
4		17.2	9.9	104	22.0						

OVERFLATE (0m dyp?)	SG	KON	FAR	TUR	TP	TN	NO3	N-N	KLIFY								
										pH	mS/m	FTU	ugP/l	ugN/l	ugN/l	ugN/l	ug/l
										25gC	Pt					CH.a	
										9.92	22.91	30	0.12	20	575	38	537
Overflate 08.07.94																	
Overflate 13.07.94	9.62	22.1	42.6	5.5	79	1240	27	1213	80.9								

Prøvetaking: 25.07.94, kl.: 11,30. Hovedstasjon, "Sør", "Nord" og Haslestadbekk.

DYP	SD	VT	OKSYGEN		SG	KON	FAR	TUR	TP	PO4	P-P	TN	NO3	N-N	KAL	KLRI	JER	SIL	KLIFY	SUL
			grC	mg/l																
	1.2		0	%	25gC		Pt								Ca	Cl	Fe	SiO2	CH.a	SO4
0		22.9	11.3	132	9.8	24.6	50	3.5				840	1	839						65
1		22.4	11.1	128	10.0	24.2	66	6.5	109	15	94	1310	<1	1310	17	24	71	0.5	110	23
2		22.0	7.1	81	9.9	23.0	56	4.6				1080	<1	1080						114
3		21.5	5.2	58	9.8	22.6	41	3.7	68	8	60	945	<1	945	17	24.4	82	0.5	71	24
4		20.6	4.4	48	9.4	22.3	37	2.6				600	<1	600						13
5		20.3	1.8	20	8.8	22.3	31	2.0	32	14	18	590	6	584	18	24	109	0.8	3	23
6		19.4	0.4	4	8.7	22.6	32	2.0				520	8	512						4
7		18.1	0.4	4	7.7	22.8	32	1.9	39	22	17	475	19	456	18	24	135	0.9	1	22
8		16.9	0.3	3	7.4	23.0	38	2.0				500	16	484						1
9		16.5	0.3	3	7.3	23.1	44	2.0	73	58	15	505	9	496	18	23.6		1.3	1	21
10		16.2	0.3	3	7.1	23.2	42	1.8				515	19	496						1
11		16.0	0.3	3	7.1	23.5	48	2.0	128	109	19	610	3	607	18	23.6		1.6	1	20
12		15.8	0.3	3		23.9														
"Sør" (0 m. dyp)					11.8	22.7	138	13.0	160	9	151	2530	1	2529	17	24.4	68	0.2	148	24
"Nord" (0 m. dyp)					9.7	22.3	47	13.0	46	18	28	670	3	667	17	24.8		0.9	7	24
Haslestadb.						32.7			348	307		10200	10520	-320	26	28.8		6.9		36

LYSFORHOLD. 25.07.94.Hst.  
kl.: 12,00

Dyp	SD	LUFT	VANN	% av luft
m	m	uE/m <sup>2</sup> sec		%
0	3180	551	17.3	
1	3100	67	2.2	
2	3100	14	0.5	
3	3115	4.7	0.2	
4	3117	1.56	0.05	
5	3100	0.68	0.02	
6	3136	0.34	0.01	
7	3200	0.17	0.01	
8	3200	0.086	0.00	
9	3233	0.049	0.00	
10	3200	0.012	0.00	

Prøvetaking: 25.07.94. TRYTEBERG.  
kl.: 11,30

Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON
m	m	grC	mg/l met.	mS/m
	0.6		0	25gC
0	22.2	12.0	138	23.9
1	21.8	9.8	112	23.6
2	21.6	9.2	104	23.0
3	21.4	8.5	96	22.8
4	21.4	7.5	85	22.8
5	20.1	3.9	44	22.3
6	19.2	0.64	7	22.4
7	16.9	0.56	6	23.0
8	16.6	0.55	6	23.1
9	16.1	0.53	5	23.5
10	16.0	0.53	5	23.6
11	15.9	0.51	5	23.7
12	15.7			24.2

Prøvetaking: 26.07.94. VIV-inntak.  
kl.: 07,00

Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON
m	m	grC	mg/l met.	mS/m
	1.1		0	25gC
0	22.1	8.8	101	23.4
1	22.2	8.7	100	23.4
2	22.1	5.9	68	23.4
3	21.1	3.2	36	22.5
4	20.7	2.9	32	22.4
5	20.0	1.1	12	22.6
6	19.7	0.5	6	22.6
7	19.3	0.5	5	22.7
8	16.9	0.3	3	23.3

Prøvetaking: 09.08.94. Hovedstasjon kl.: 12,05					VIV-inntak. kl.: 12,35					TRYTEBERG kl.: 13,35				
Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON	Dyp	SD	VT	OKSYGEN	KON
m	m	grC	mg/l met.	mS/m	m	m	grC	mg/l met.	mS/m	m	m	grC	mg/l met.	mS/m
	1.2		0	25gC		1.4		0	25gC		1.0		0	25gC
0	21.9	8.4	96	22.4			21.9	7.8	89			22.3	9.4	108
1	21.9	8.4	96	22.4			21.9	7.7	88			22.2	9.5	109
2	21.9	8.1	92	22.5			21.9	7.3	84			22.1	8.4	96
3	21.8	7.4	85	22.4			21.5	3.0	33			22.0	6.7	76
4	21.7	7.1	81	22.4			20.8	0.8	9			21.7	5.9	67
5	21.5	3.9	44	22.4			20.3	0.4	4			21.6	3.9	44
6	19.3	0.5	5	23.3			19.7	0.4	4			21.3	1.5	17
7	18.3	0.4	5	23.6			19.4	0.4	4			21.1	0.4	5
8	17.4	0.4	4	23.7			18.7	0.4	4			17.5	0.4	4
9	16.7	0.4	4	24.0								16.3	0.4	4
10	16.2	0.4	4	24.1								16.2	0.4	4
11	16.0	0.4	4	24.3								16.0	0.4	4
12	15.7	0.4	4	24.9								15.8	0.4	4

Prøvetaking: 22.08.94. Kl.:13,21. Hovedstasjon , Stokkebekk og Haslestadbekk.

DYP	SD	VT	Oksygen	SG	KON	FAR	TUR	TP	PO4	P-P	TN	NO3	N-N	KLFY
m	m	grC	mg/l met. %	pH	mS/m	mg/l Pt	FTU	ugP/l	ugP/l	ugP/l	ugN/l	ugN/l	ugN/l	ug/l CH.a
1.9			0		25gC									
0	19.1	7.0	72	8.5	22.4			160	24	136	1200	48	1152	183
1	18.3	8.2	87	8.7	22.4		200	200	31	169	1460	61	1399	164
2	18.0	7.2	76	8.8	22.4		162	162	21	141	1170	66	1104	151
3	17.9	6.9	73	8.4	22.4		128	128	18	110	1120	52	1068	114
4	17.9	6.8	71	8.3	22.4									104
5	17.9	6.7	71	8.3	22.4		122	122	20	102	1010	42	968	86
6	17.9	6.7	70	8.2	22.4									65
7	17.8	6.5	68	8.2	22.5		54	54	22	32	630	50	580	13
8	17.7	5.9	62	8.0	22.6									9
9	17.6	4.7	50	7.7	22.8		72	72	45	27	755	205	550	5
10	17.5	3.2	33	7.5	23.3									2
11	16.1	0.5	5	7.4	24.8		353	353	286	67	1310	75	1235	1
12	15.6	0.5	5		25.5									
Stokkeb...														
Haslestadb...														
68 42 26 10600 10320 280														
113 89 24 12700 12950 -250														

LYSFORHOLD. 22.08.94.Hst.  
kl.: 13,21

DYP	SD	LUFFT	VANN	% av luft
m	m	uE/m2sec		%
1.9				
0	408	250		61
1	310	18		6
2	340	4		1
3	340	1		0.3
4	300	0.20		0.07
5	240	0.05		0.02

Prøvetaking:22.08.94.TRYTBERG  
kl.:11,50

DYP	SD	VT	Oksygen	KON
m	m	grC	mg/l met. %	mS/m
0	0.8		0	25gC
0		18.7	10.8	116
1		18.1	9.8	104
2		18.1	9.7	103
3		18.1	8.6	91
4		18.0	8.2	86
5		18.0	7.5	79
6		18.0	5.7	60
7		17.8	5.5	58
8		17.7	5.0	53
9		17.7	4.5	47
10		17.6	3.9	41
11		17.2	0.6	6
12		15.5	0.6	6

Prøvetaking: 23.08.94. VIV-inntak.  
kl.:07,53

Dyp	SD	VT	Oksygen	KON
m	m	grC	mg/l met. %	mS/m
0	1.2		0	25gC
0		18.0	7.9	84
1		18.0	8.0	85
2		18.0	7.7	81
3		17.8	5.9	62
4		17.8	5.8	61
5		17.8	5.2	55
6		17.8	5.1	54
7		17.7	3.4	35
8		17.6	2.5	26
9		17.6	2.3	25

Prøvetaking: 23.08.94. Hst. (Hovedstasjon)  
kl.:08,20.

Dyp	SD	VT	OKSYGEN		KON	DYP	SD	VT	OKSYGEN		KON	DYP	SD	VT	OKSYGEN		KON
m	m	grC	mg/l	met.	mS/m	m	m	grC	mg/l	met.	mS/m	m	m	grC	mg/l	met.	mS/m
	1.0		0	%	25gC				0	%	25gC				0	%	25gC
0		18.2	9.0	95	22.2	5		17.9	5.2	55	22.4	9		17.5	2.4	25	23.0
1		18.2	9.0	95	22.2	6		17.9	5.5	58	22.4	10		17.1	0.5	5	23.7
2		18.2	8.7	93	22.3	7		17.8	5.0	52	22.5	11		16.4	0.4	4	24.5
3		18.1	5.9	62	22.3	8		17.7	4.5	47	22.5	12		15.5	0.4	4	25.6
4		17.9	5.2	55	22.4												

Prøvetaking: 26.09.94. kl.:12,30. Hst. (Hovedstasjon)

Dyp	SD	VT	OKSYGEN		SG	KON	FAR	TUR	TP	PO4	P-P	TN	NO3	N-N	KLFY
m	m	grC	mg/l	met.	pH	mS/m	mg/l	FTU	ugP/l	ugP/l	ugP/l	ugN/l	ugN/l	ugN/l	ug/l
	2.0		0	%		25gC	Pt								CH.a
0		12.2	9.4	88	7.5	23.3									12
1		12.2	9.6	89	7.6	23.3		63				1230	530	700	13
2		12.2	9.4	88	7.7	23.3									12
3		12.1	9.7	90	7.7	23.3		60				1210	580	630	10
4		12.0	9.7	90	7.6	23.3									6
5		12.0	9.8	91	7.7	23.3		59				1100	555	545	4
6		12.0	9.6	89	7.7	23.3									5
7		12.0	9.5	88	7.6	23.3		59				1170	550	620	7
8		12.0	9.4	87	7.7	23.3									7
9		12.0	9.4	87	7.6	23.3									7
10		12.0	9.4	87	7.6	23.3		58				1150	545	605	7
11		12.0	9.3	87		23.3									1
12		11.9	8.8	81		23.4									
Stokkeb.															
Haslestadb.															
7.5 20.0 73 5760 5040 720															
7.5 21.8 248 8900 8920 -20															

LYSFORHOLD. 26.09.94.Hst.						
kl.: 12,30						
DYP	SD	LUFT	VANN	% av		
m	m	uE/m2sec		luft	%	
	2.0					
0		537	132	25		
1		530	22	4		
2		533	6	1		
3		533	3	0.5		
4		535	1.0	0.2		
5		530	0.4	0.1		
6		525	0.1	0.02		
7		517	0.04	0.01		
8		511	0.03	0.01		
9		504	0.01	0.00		

Prøvetaking: 26.09.94. TRYTEBERG									
kl.: 11,30									
DYP	SD	VT	OKSYGEN		KON				
m	m	grC	mg/l	met.	mS/m				
	1.4		O	%	25gC				
0		12.3	11.4	107	23.3				
1		12.3	11.1	104	23.2				
2		12.2	10.8	101	23.2				
3		12.2	10.7	100	23.2				
4		12.2	10.6	99	23.2				
5		12.2	10.4	97	23.2				
6		12.2	10.4	97	23.2				
7		12.1	10.2	95	23.3				
8		12.1	9.7	90	23.3				
9		12.0	9.1	84	23.4				
10		11.9	8.0	74	23.3				
11		11.8	7.5	70	23.5				
12		11.8	7.3	68	23.5				
13		11.8			23.7				

Prøvetaking: 23.08.94. VIV-inntak.						
kl.: 07,53						
DYP	SD	VT	OKSYGEN			
m	m	grC	mg/l	met.		
			O	%		
0		12.0	8.8	81		
1		12.0	8.6	80		
2		12.1	8.6	80		
3		12.1	8.5	80		
4		12.1	8.4	79		
5		12.1	8.4	78		
6		12.1	8.4	78		
7		12.1	8.4	78		
8		12.1	8.4	78		



## PLANTEPLANKTON I AKERSVATNET 1994. PRØVEDYP: 1 M

Dato ⇒	940314	940530	940627	940725	940822	940926
<b>Gruppe</b>	<b>Volum</b>	<b>Volum</b>	<b>Volum</b>	<b>Volum</b>	<b>Volum</b>	<b>Volum</b>
<b>Arter</b>						
<b>Cyanophyceae</b> (blågrønnalger)						
Anabaena spiroides	.	115.5	.	5.3	.	1.5
Aphanizomenon flos-aquae	.	13.2	519.4	4.8	0.8	.
Microcystis aeruginosa	.	4.0	.	16.0	14.0	.
Planktothrix agardhii	.	.	5.3	.	.	.
Woronichinia compacta	.	2.8	8.0	4.4	0.8	.
<b>Sum</b>	.	135.5	532.7	30.5	15.6	1.5
<b>Chlorophyceae</b> (grønnalger)						
Ankyra lanceolata	.	0.7	.	.	.	.
Chlamydomonas sp. (l=8)	.	3.4	.	.	.	.
Coelastrum microporum	.	0.4	.	.	.	.
Dictyosphaerium pulchellum	.	.	2.8	.	.	.
Micractinium pusillum	.	2.8	.	.	.	.
Oocystis lacustris	.	.	2.7	0.2	.	.
Oocystis parva	.	0.8	1.6	.	.	.
Pediastrum duplex	.	0.7	10.6	.	.	.
Scenedesmus armatus	.	0.9	.	.	.	.
Scenedesmus quadricauda	.	4.0	2.7	.	.	.
Scenedesmus sp. (Sc.bicellularis ?)	.	1.9	.	.	.	.
Staurastrum paradoxum	.	.	.	.	1.2	1.8
Staurastrum planctonicum	.	1.2	.	.	.	.
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)	.	.	0.8	0.8	.	.
<b>Sum</b>	.	16.7	21.0	1.0	1.2	1.8
<b>Chrysophyceae</b> (gullalger)						
Bicosoeca sp.	.	0.1	.	.	.	.
Craspedomonader	.	.	.	.	.	1.4
Mallomonas akrokomos (v.parvula)	.	0.9	.	.	.	.
Mallomonas caudata	.	6.6	.	.	.	.
Mallomonas spp.	.	43.7	.	.	.	.
Ochromonas sp. (d=3.5-4)	2.8	7.7	5.4	2.4	1.9	5.9
Små chrysomonader (<7)	4.7	15.2	10.3	5.7	4.5	11.5
Store chrysomonader (>7)	0.4	20.7	1.7	2.6	2.6	2.6
<b>Sum</b>	7.9	95.0	17.5	10.6	8.9	21.4
<b>Bacillariophyceae</b> (kiselalger)						
Asterionella formosa	.	2.9	1.5	.	.	.
Aulacoseira alpigena	.	5.6	.	.	.	0.5
Aulacoseira ambigua	.	122.4	11.3	.	1.3	2.4
Aulacoseira granulata	.	70.5	2124.8	2.8	54.5	150.1
Aulacoseira granulata v.angustissima	.	3.4	.	.	.	.
Aulacoseira italica v.tenuissima	.	57.2	54.9	.	.	.
Diatoma tenuis	.	7.2	.	.	.	.
Fragilaria crotonensis	.	4.4	233.2	1.0	2.0	.
Stephanodiscus hantzschii	.	5.8	6.4	.	.	.
Synedra sp. (l=30-40)	.	104.1	.	.	.	.
Tabellaria flocculosa	.	1.0	.	.	.	.
<b>Sum</b>	.	384.6	2431.9	3.8	57.9	153.0
<b>Cryptophyceae</b>						
Cryptomonas curvata	2.0	39.6	.	.	.	.
Cryptomonas erosa	0.8	78.0	.	.	.	4.2
Cryptomonas erosa v.reflexa (Cr.refl.?)	4.8	135.9	6.4	.	.	.
Cryptomonas marssonii	0.2	26.2	.	.	.	1.8
Cryptomonas sp. (l=15-18)	.	2.7	.	.	.	.
Cryptomonas spp. (l=24-28)	2.4	63.6	5.3	0.8	.	2.4
Katablepharis ovalis	0.4	10.5	0.4	.	0.6	1.4
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplantica)	.	91.4	21.2	9.6	5.8	.
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)	.	12.1	.	.	1.1	.
<b>Sum</b>	10.5	460.0	33.3	10.4	7.4	9.8
<b>Dinophyceae</b> (fureflagellater)						
Ceratium furcoides	.	.	.	120.0	220.0	100.0
Ceratium hirundinella	.	4110.0	23779.5	42180.6	62449.2	2574.0
Gymnodinium cf.lacustre	.	0.9	.	.	.	.
Peridiniopsis edax	.	.	.	.	15.8	.
Peridinium cinctum	.	16.0	.	.	.	.
Peridinium sp. (l=15-17)	1.3	21.9	.	.	.	.
<b>Sum</b>	1.3	4148.8	23779.5	42300.6	62685.0	2674.0
<b>Euglenophyceae</b>						
Trachelomonas volvocina	.	10.3	.	.	.	.
<b>My-alger</b>						
My-alger	6.5	18.7	12.1	10.6	6.5	7.0
<b>Total sum</b> (mm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> = mg våtvekt/m <sup>3</sup> )	26.3	5269.6	26827.9	42367.5	62782.5	2868.5

## 2. Oversikt over rapporter og publikasjoner

- Berg, K., Carmichael, W.W., Skulberg, O.M., Benestad, Chr. & Underdal, B. (1987): Investigation of a toxic water bloom of *Microcystis aeruginosa* (CYANOPHYCEAE) in Lake Akersvatn, Norway. *Hydrobiologia* 144: 97-103.
- Berg, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R., Underdal, B. & Willén, T. (1986): Observations of toxic blue-green algae (CYANOBACTERIA) in some Scandinavian lakes. *Acta vet. scand.* 27: 440-452.
- Berge, D. (1987): Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Rapport O-85110, 24. juni 1987. 44 pp.
- Berge, D. (1993): Akersvatnet. I: Tiltaksorientert overvåking i Grimestadbekken/Akersvatnet. Del B. Årsrapport 1992. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernavdelingen. pp. 18-26.
- Brække, F.H. (1979): Grøfte- og gjødslingseffekter på næringsfattig nedbørsmyr. Skogbruk 237, F16/19. Meldetjenesten. Det norske skogselskap.
- Carmichael, W.W. (1988): Toxins of freshwater algae. In: *Marine Toxins and Venoms. Handbook of Natural Toxins* (Ed. A.T. Tu), Vol. 3, pp. 121-147. Marcel Dekker, New York.
- Dalin, O. (1955): Tønsberg drikkevann. Undersøkelser 1953-1954. Tønsberg. 73 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1959): Vestfold interkommunale vannverk. Undersøkelse av vannkilder i 1958. Rapport O-57, Oslo, 7. februar 1959. 47 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1966): Undersøkelser ved Tønsberg og Nøtterøy fellesvannverk. Rapport O-125/65, Oslo, 13. juni 1966. 12 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1968): Akersvatnet. Vannforsyning til Stokke kommune. Rapport O-79/67, Oslo, 28. februar 1968. 4 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1973): Analyse av vann- og slamprøver fra Akersvannet, Sem og Stokke kommuner. Rapport O-72202. 31 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1984): Effektstudier av spylevannsutslipp fra Akersvannverkets rensesanlegg. Rapport O-84027, Oslo, 5. desember 1984. 20 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1985): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1984. Rapport O-84135, Oslo, 18. april 1985. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986a): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1985. Rapport O-84135, Oslo, 10 januar 1986. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986b): Driftsundersøkelse av VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Rapport O-86068, Oslo, juli 1986. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986c): Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak. Rapport O-85118, Oslo, 18. august 1986. 107 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986d): Kontroll av giftproduserende alger - Akersvatnet, Vestfold. - Forskningsbehov i Norge. Notat. Oslo, 11. november 1986. 10 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1986e): VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre. Rapport O-86068, Oslo, desember 1986. 74 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1987a): Giftproduserende blågrønnalger i Akersvatnet. Resultater av undersøkelser i 1986 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV). Rapport O-84135, Oslo, 9. mars 1987. 32 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1987b): Giftproduserende blågrønnalger i Vestfold. Undersøkelser i 1986 utført for Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Vestfold. Rapport E-83462, Oslo, 25. mars 1987. 21 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1988): Morfometri, hydrologi, vannkvalitet og beregninger av akseptabel fosforbelastning i 15 Vestfoldinnsjøer. Rapport O-87062, Oslo, 28. oktober 1988. 98 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1989a): Blågrønnalger - vannkvalitet i Akersvatnet, Vestfold. Resultater av undersøkelser i 1987 og 1988 for Vestfold interkommunale vannverk (VIV). Rapport O-84135. Oslo, 20. januar 1989. 35 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1989b): Blågrønnalger - vannkvalitet i Akersvatnet, Vestfold. Grafiske fremstillinger av fysiske og kjemiske observasjoner 1987 og 1988. Rapport O-84135, Oslo, 28. februar 1989. 53 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991a): Akersvatnet. Blågrønnalger - vannkvalitet, resultater av undersøkelser i 1989 og 1990. Rapport O-90086. Oslo, 29. juli 1991. 56 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991b): Hallevatnet og Ulfsbaktjernet. En hydrobiologisk undersøkelse i 1990. Rapport O-90087. Oslo, 15. desember 1991. ISBN 82-577-1968-4. 46 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1992): Pumpeforsøk i Akersvatnet 1993. Forslag til arbeidsprogram. Notat til Vestfold interkommunale vannverk, Oslo, 21. desember 1992.
- Norsk institutt for vannforskning (1993): Utviklingsforløp av hydrobiologiske forhold i Akersvatnet. Notat til Vestfold interkommunale vannverk, Oslo, 22 juni 1993.
- Norsk institutt for vannforskning (1994a): Akersvatnet. Hydrobiologisk vannkvalitet og kontrollert utskiftning av vannmasser. Observasjoner 1992 og 1993. Rapport O-92040, Oslo, 10. januar 1994. 72 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1994): Utslipp av Al-slam fra Akersvannets vannrensaneanlegg. Kontrollundersøkelse i resipienten 1993-1994. Rapport O-93235, Oslo, 15. oktober 1994. 25 pp.
- Ohren, J.A. (1988): Renseeffekter for alger og algetoksiner i direktefiltrering. *Vann* 23(1): 159-166.
- Romstad, R. & Skulberg, O.M. (1972): Some observations on the distribution and abundance of blue-green algae of inland waters in Southern Norway. *IBP i Norden*. No. 10:22-37.
- Skulberg, O.M. (1965): Vannblomstdannende blågrønnalger i Norge og deres betydning ved studiet av vannforekomstenes kulturpåvirkning. *Nord. Jordbr. Forsk.* 47(3): 180-190.
- Skulberg, O.M. (1968): Studies on eutrophication of some Norwegian inland waters. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 14: 187-200.

- Skulberg, O.M. (1981): Når innsjøer og elver blir overgjødset - kulturbetinget eutrofering og algevekst. Norsk institutt for vannforsknings årbok 1980, Oslo. pp. 23-30.
- Skulberg, O.M. (1988): Blågrønnalger - vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. NIVA-rapport O-87006, Oslo, 15. mars 1988, 121 pp.
- Skulberg, O.M., Carmichael, W.W., Codd, G.A. & Skulberg, R. (1993): Taxonomy of Toxic Cyanophyceae (Cyanobacteria). In: Algal Toxins in Seafood and Drinking Water. (Ed. I.R. Falconer), Chapter 9, pp. 145-164. Academic Press Ltd., London.
- Underdal, B. & Skulberg, O.M. (1983): Giftproduserende blågrønnalger i vannblomst. Problemer for helse og trivsel. Statens forurensningstilsyns årsrapport 1982. Rapport nr. 115/83, TA 588, pp. 87-92.
- Utkilen, H. (1992): Cyanobacterial toxins. In: Photosynthetic prokaryotes. (Eds. N.H. Mann & N.G. Carr), pp. 211-231. Plenum Press, London.
- Utkilen, H. & Gjølme, N. (1992): Toxin production by *Microcystis aeruginosa* as function of light in continuous cultures and its ecological significance. *App. and Env. Microbiol* 58: 1321-1325.
- Westgaard, H.K.B., Utkilen, H., & Aarnes, H. (1992): Studier av vekst, toksisitet, ekstrakromosomalt DNA samt indre strukturer hos cyanobakterien *Microcystis aeruginosa* Kütz. I Toxinproducing algae. Research on advance. (Eds. O.M. Skulberg & R. Skulberg). Proceedings of the third Nordic symposium on toxinproducing algae, Oslo 1988. Norwegian Institute for Water Research, Oslo. ISBN-82-577-2144-1.
- Åsheim, T. (1993): Langt av sted etter vann. Idé og bakgrunn. VIV 25 år. Vestfold interkommunale vannverk, Seierstad 62 pp.

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2716-4