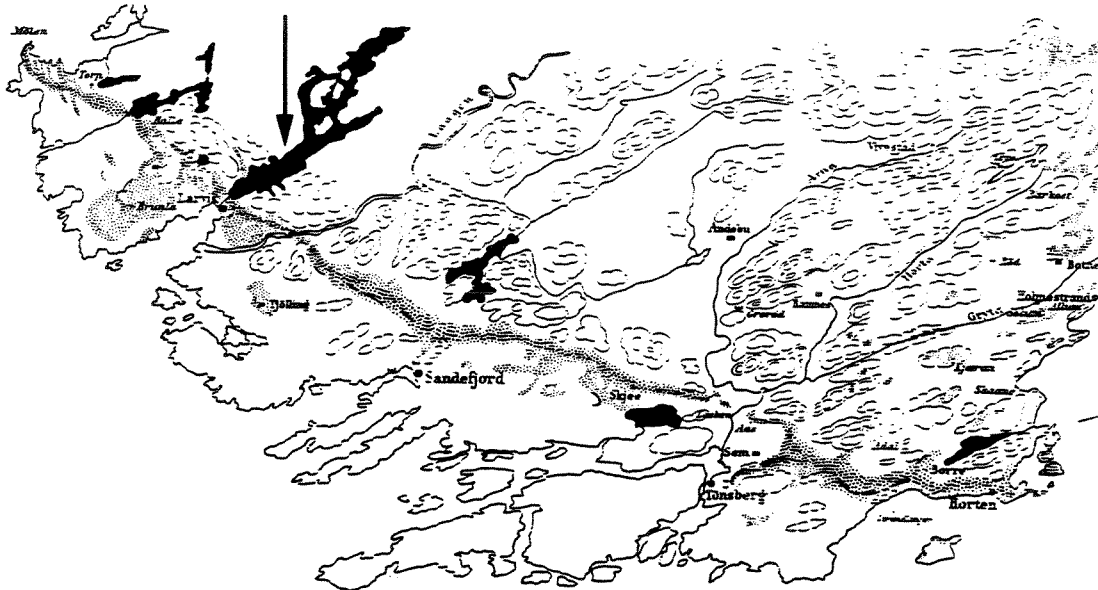


RA-SJØENE I VESTFOLD

O-90087

Farris

En hydrobiologisk undersøkelse i 1990



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:

O-90087

Undernummer:

Løpenummer:

2621

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: FARRIS En hydrobiologisk undersøkelse i 1990	Dato: 29. juli 1991
Forfatter (e): Olav Skulberg	Faggruppe: Hydrobiologi
	Geografisk område: Vestfold
	Antall sider: 49 Opplag: 100

Oppdragsgiver: Larvik kommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	---

Ekstrakt:

Resultatene belyser sammenheng mellom algeutvikling i Farris og påvirkningen av vannkvaliteten i råvannet til vannforsyningene. Innsjøtilstanden var gunstig vurdert ut fra krav til drikkevann under de rådende forhold i 1990. Uheldige utviklingstendenser drøftes. Blågrønnalgenes forekomst i Farris bør følges med observasjoner, bl.a. med årlige registreringer av eventuell vannblomst.

4 emneord, norske

1. Vannkvalitet
2. Alger
3. Toksindannelse
4. Eutrofiering

4 emneord, engelske

1. Water quality
2. Algae
3. Toxin production
4. Eutrophication

Prosjektleder

Olav Skulberg

Olav Skulberg

For administrasjonen

Dag Berge

Dag Berge

ISBN 82-577-1973-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-90087

FARRIS

En hydrobiologisk undersøkelse i 1990

Oslo, 29.7. 1991

Olav Skulberg

(lid)sku-rapport

FORORD

Vannkvaliteten i en innsjø bestemmes av mange faktorer i vekselvirkning med hverandre. Nedbørfeltets geologiske oppbygging, klimatiske forhold og menneskelig virksomhet danner utgangspunkt for vannmassenes kjemiske og biologiske sammensetning. Organismelivet i innsjøen utvikler seg på dette grunnlag og påvirker vannet med sine stoffskifteprodukter. Det er derfor mange forhold som bestemmer hvordan en innsjø f.eks. er egnet som råvannskilde for vannforsyning. Samtidig er det mange hensyn som må tas for å beskytte en vannkilde mot forurensning.

Algene er innsjøenes viktigste primærprodusenter. Direkte og indirekte kan de påvirke vannkvaliteten og lage problemer for praktisk bruk av vann. Algevegetasjonen reagerer følsomt på miljøpåvirkninger. Algene gir derfor gode holdepunkter til vurdering av forandringer i vannkvalitet. Det er slike problemstillinger denne undersøkelsen belyser.

Arbeidet ble gjort i samarbeid mellom NIVA, Næringsmiddeltilsynet for Larvik og Lardal, Larvik og omland vannverk, Vestfold interkommunale vannverk og Porsgrunn vannverk. Samarbeidet er praktisert på beste måte.

Larvik kommune har vært oppdragsgiver. Økonomisk bistand til prosjektet er blitt gitt av Fylkesmannen i Vestfold, Vestfold fylkeskommune, Vestfold interkommunale vannverk, Porsgrunn kommune og Larvik kommune. Byveterinær H.E. Utklev og overing. S.A. Bredvei har lagt til rette for undersøkelsen. Forsker J. Kotai har medvirket i opplegg og databearbeiding.

Alle som bidro til gjennomføringen av oppgaven takkes for hjelpen.

Oslo, 29.7.1991

Olav Skulberg

Innholdsfortegnelse

	Side:
1. BAKGRUNN	8
2. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN	8
3. METODER I FELT OG LABORATORIUM	8
4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	9
5. RESULTATER	10
5.1 Meteorologiske forutsetninger	10
5.2 Hydrografiske forhold	10
5.3 Hydrobiologiske forløp	13
6. VANNKVALITET OG INNSJØUTVIKLING	37
6.1 Samfunnet av planktonalger i Farris	37
6.2 Generelt om algevegetasjonens innflytelse på vannkvaliteten	38
6.3 Vannkvalitet - drikkevannsforsyning fra Farris	39
6.4 Vannkjemiske forhold og forurensningspåvirkning	40
7. PRAKTISKE TILRÅDNINGER	42
8. HENVISNINGER	43

VEDLEGG

1. Kartskisse av Farris
2. Noen opplysninger om Farris
3. Notat til Larvik kommune, 9.8. 1990

Tabelloversikt

	Side:
Tabell 1 Fysiske og kjemiske analysemetoder.	14
Tabell 2 Farris 1990. Resultater av kvantitativ planktonundersøkelse.	15
Tabell 3 Alger med forekomst i Farris. Sammenliknende oversikt over antall identifiserte arter/slekter innen de ulike algeklasser.	17
Tabell 4 Farris. Sammenstilling av vannkjemiske analyse-resultater mai-september 1990.	
a) Middel-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0-10 m dyp.	
b) Middel-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0-30 m dyp.	18

Figuroversikt

	Side:
Figur 1. Tidspunkter for prøvetaking sett i sammenheng med temperaturgang i inntaksdypet til Vestfold interkommunale vannverk.	19
Figur 2. Månedsmiddel av lufttemperatur i 1990 og normalen for perioden 1931-1960. Målestasjon Melsom - nr. 2745.	19
Figur 3. Månedlige nedbørsummer i 1990 og normalen for perioden 1931 - 1960. Målestasjon Melsom - nr. 2745.	20
Figur 4. Hovedstasjon. Observasjoner av vanntemperatur i 1990.	20
Figur 5. Gopledal. Observasjoner av vanntemperatur i 1990.	21
Figur 6. Nedre Ono. Observasjoner av vanntemperatur i 1990.	21
Figur 7. Bakkepollen. Observasjoner av vanntemperatur i 1990.	22
Figur 8. Hovedstasjon. Oksygeninnhold som prosent av metning i 1990.	22
Figur 9. Gopledal. Oksygeninnhold som prosent av metning i 1990.	23
Figur 10. Nedre Ono. Oksygeninnhold som prosent av metning i 1990.	23
Figur 11. Bakkepollen. Oksygeninnhold som prosent av metning i 1990.	24
Figur 12. Hovedstasjon. Resultater av bestemmelse av totalfosfor i 1990.	24
Figur 13. Bakkepollen. Resultater av bestemmelse av totalfosfor i 1990.	25

Figur 14.	Middelverdier (mai - september 1990) av totalfosfor for de fire prøvetakingsstasjonene.	25
Figur 15.	Hovedstasjon. Resultater av bestemmelse av totalnitrogen i 1990.	26
Figur 16.	Bakkepollen. Resultater av bestemmelse av totalnitrogen i 1990.	26
Figur 17.	Middelverdier (mai - september 1990) av totalnitrogen for de fire prøvetakingsstasjonene.	27
Figur 18.	Hovedstasjon. Resultater av bestemmelse av nitrat i 1990.	28
Figur 19.	Bakkepollen. Resultater av bestemmelse av nitrat i 1990.	28
Figur 20.	Middelverdier (mai - september 1990) av nitrat og differansen mellom totalnitrogen og nitrat for de fire prøvetakingsstasjonene.	29
Figur 21.	Hovedstasjon. Resultater av bestemmelse av klorofyll-a i 1990.	29
Figur 22.	Hovedstasjon. Forekomst av alger i planktonet.	30
Figur 23.	Målinger av klorofyll-a i overflateprøver under vannblomst i Farris 01.08. 1990.	31
Figur 24.	<u>Anabaena flos-aquae</u> f. <u>lemmermannii</u> (P. Richt.) Canab. (etter Komàrek 1958).	31
Figur 25.	Gopledal. Sestonundersøkelse - resultater av flagellattelling i overflatevann og råvann.	32
Figur 26.	Nedre Ono. Sestonundersøkelse - resultater av flagellattellinger i overflatevann og råvann.	32
Figur 27.	Bakkepollen. Sestonundersøkelse - resultater av flagellattellinger i overflatevann og råvann.	33
Figur 28.	<u>Uroglena americana</u> Calkins. (etter Huber-Pestalozzi 1941).	33

- Figur 29. Månedsmidler av vanntemperatur i inntaksdypet til Vestfold interkommunale vannverk januar 1987 - desember 1990. Perioder for sirkulasjon i vannmassene ned til inntaksdyp er angitt. 34
- Figur 30. Fotografi av silduk som anvendes ved Larvik og omland vannverk. 35
- Figur 31. Totalnitrogen i Farris. Hovedstasjon. Middell-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0 - 10 m dyp. Undersøkelsene 1971-72, 1982-83 og 1990 er lagt til grunn for fremstillingen. 36
- Figur 32. Totalfosfor i Farris. Hovedstasjon. Middell-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0 - 30 m dyp. Undersøkelsene i 1972-73, 1982-83 og 1990 er lagt til grunn for fremstillingen. 36

1. BAKGRUNN

NIVAs prosjektforslag datert 2.10.1989 ble behandlet i samråd med representanter for Larvik kommune, Porsgrunn kommune, Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Vestfold fylkeskommune og Vestfold interkommunale vannverk. På møter i Larvik og Seierstad med disse parter 20.4. 1990 ble det endelige program for undersøkelsen avklaret. Notat (NIVA 1990) gir en fremstilling av oppgaven og planen for arbeidet.

Rapporten behandler resultatene fra denne undersøkelsen av Farris. Det vil bli laget tilsvarende rapporter for innsjøene Hallevatnet og Ulfsbaktjernet.

2. GJENNOMFØRING AV UNDERSØKELSEN

Prosjektet ble gjort som en intensivundersøkelse med observasjoner og prøvetaking fordelt på fire tidspunkter i vegetasjonsperioden 1990 (Figur 1). For å knytte disse situasjonene inn i utviklingsforløpet til vannforekomsten ble det gjort løpende målinger av utvalgte miljøfaktorer ved vannverkene som deltok i samarbeidet.

Prøvetakingen i Farris ble gjort på flere lokaliteter. En stasjon var sammenfallende med stasjonen benyttet ved overvåkingsundersøkelsene 1982-1984 (NIVA 1985). Denne var over dypeste område (140 m) sør i innsjøen. De andre stasjonene var beliggende nær inntaksstedene for vannforsyningene fra Farris (Vestfold interkommunale vannverk, Larvik og omland vannverk og Porsgrunn vannverk). Det ble dessuten foretatt observasjoner og prøvetaking på andre utvalgte lokaliteter ved befaringer.

3. METODER I FELT OG LABORATORIUM

Under feltarbeidet ble det gjort målinger av siktedyp, vanntemperatur, oksygenmetning, surhetsgrad og konduktivitet. Metodene som ble benyttet var de sedvanlige ved limnologiske undersøkelser (Vennerød 1984).

Kjemiske analyser ble utført ved laboratoriet til Næringsmiddeltilsynet for Larvik og Lardal. Et fåtall komponenter ble analysert ved NIVAs laboratorium i Oslo. Bakteriologiske bestemmelser ble også foretatt ved Næringsmiddeltilsynet for Larvik og Lardal. Metoder som ble anvendt var de rutinemessige for undersøkelser av vannkvalitet (Tabell 1).

Biologiske analyser ble utført tilknyttet feltarbeidet i Farris, og

ved NIVAs laboratorium i Oslo. Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop og etter kvantitativ teknikk for planktonbearbeiding (Utermöhl 1958).

Når det gjelder akutte toksisitetstester, ble disse utført ved Institutt for næringsmiddelhygiene ved Norges veterinærhøgskole. Metoden som ble benyttet er tidligere beskrevet (Berg et al. 1987).

Vannmassenes innhold av partikulær substans - seston - ble fulgt med observasjoner ved hjelp av sestonfiltre. Det ble gjort tilnærmet daglige prøvetakinger til formålet. Driftspersonalet på vannverkene bistod med arbeidet etter innføring i metodeopplegget. Bearbeidingen av filterne foregikk med optiske målinger og mikroskopiske undersøkelser (Skulberg 1978).

Det kan være grunn til å understreke at problemet med giftproduserende blågrønnalger fortsatt befinner seg i et tidlig stadium av utforskning. Dette gjelder både internasjonalt (WHO 1984, Falconer 1989), og her i landet (Skulberg 1988). Fremgangsmåter og analyseverktøy er derfor under utprøving og tilpasning. Samtidig er det bare et lite antall av de aktuelle biotoksiner som foreløpig er kjemisk og toksikologisk karakterisert.

4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Med sine naturgitte forutsetninger og den store praktisk/økonomiske betydning har Farris vært gjenstand for mange undersøkelser. Dette gjelder særlig for problemstillinger knyttet til vannkvalitet (drikkevann) og forurensninger. Nedenfor er det gitt en oversikt over noen sentrale skrifter som har interesse ved å danne faglig bakgrunn og limnologisk forankring. De er nevnt kronologisk.

Norsk institutt for vannforskning (1959): Undersøkelse av vannkilder i 1958. Vestfold interkommunale vannverk.

Norsk institutt for vannforskning (1964): Vestfold interkommunale vannverk. Undersøkelse av vann fra Farris 1959-1963.

Norsk institutt for vannforskning (1964): Mikroskopiske undersøkelser av vannprøver innsamlet i Farris i perioden 17.2.-1.11.1963. Vestfold interkommunale vannverk.

Klaveness, M. og Myhrstad, O.D. (1970): Farris. Naturgrunnlag - arealbruk.

Ertzgaard, B. (1971): Forurensninger fra jordbruket. En oversikt over mengder og årsaker i tilknytning til Siljan kommune og Farrisvassdraget.

Norsk institutt for vannforskning (1985): Overvåking av Farris-Siljan-vassdraget 1982-1984.

Norsk institutt for vannforskning (1990): Landsomfattende undersøkelse av trofiteilstanden i 355 innsjøer i Norge.

Som det fremgår av disse skriftlige kilder er hovedtyngden av undersøkelser foretatt av NIVA. Dette innebærer en betydelig faglig fordel ved å gi kontinuitet i materiale og metoder.

5. RESULTATER

Resultatene som fremkom gjennom feltobservasjoner og laboratorieanalyser i 1990, er oppbevart på NIVA i en datasamling (NIVA 1991). I det følgende behandles utvalgte resultater som i første rekke belyser forhold knyttet til den hydrografiske situasjon i 1990 og kjemisk/biologisk vannkvalitet (vannforsyning). Det er laget grafiske fremstillinger til formålet (se figuroversikt).

5.1 Meteorologiske forutsetninger

Betydningen av klimatiske faktorer for innsjøenes utviklingsforløp har fått ny aktualitet. Det er først og fremst de senere årenes uvanlige meteorologiske forhold som har gitt denne oppmerksomhet (Wallèn 1986).

De anvendte observasjonsdata er innhentet fra Det Norske Meteorologiske Institutt. Målestasjonen er Melsom (stasjon nr. 2745) i Stokke kommune, Vestfold.

Lufttemperaturen for 1990 er fremstilt som månedsverdier i Figur 2. Verdiene kan sammenholdes med gjennomsnittsverdiene for lufttemperatur. Ett forhold er særlig iøyenfallende. De seks første måneder i året var preget av høye lufttemperaturer vurdert mot normalen. Spesielt vinter- og vårperioden fremhever seg på denne måte. Sommermånedene hadde temperaturforhold som nærmet seg normalen for årstiden.

Observasjoner av nedbørhøyder i 1990 er fremstilt i Figur 3. Månedene mars og mai hadde lave nedbørsummer. Vinteren var nedbørrik (spesielt januar og februar). Blant vårmånedene var april også regnfull. Sommermånedene var mer normale, med tendens til nedbørmengder under det vanlige i juli og august.

5.2 Hydrografiske forhold

Ved bruken av Farris som råvannskilde til vannforsyning er det i første rekke tilstanden i de fri vannmasser som har interesse. Fremstillingen konsentrerer seg derfor om forholdene i innsjøvannmassene.

Vannmassenes lagdeling har avgjørende betydning for kjemiske og biologiske omsetninger i en innsjø. Dermed er også den praktiske bruk av vannmassene til drikkevannsforsyning direkte influert av lagdelingens mektighet og varighet.

Resultatene av observasjonene av vanntemperaturen ved tidspunktene for intensivundersøkelsene fremgår av Figur 4 - Figur 7. Det var tydelig lokale forskjeller på de fire stasjonene som er representert. Men i store trekk gjenfinnes det samme variasjonsmønster i temperaturgang og lagdeling som også tidligere har preget Farris (NIVA 1972). Etter vårfullsirkulasjonen bygget det seg opp et sprangsjikt. Dette var beliggende mellom 10-15 m under overflaten. Gjennomgående er det i vegetasjonsperioden en markert tredeling av vannmassene i vertikal retning. Et forholdsvis varmt overflatevann (epilimnion) følges av et sprangsjikt (metalimnion) over dypvannsmasser med kjølig preg (hypolimnion). Inntakene til vannforsyningene ligger i området av dypvannsmassen (Porsgrunn vannverk 28 m, Larvik og omland vannverk 43 m, Vestfold interkommunale vannverk 38 m).

Variasjoner i oksygeninnhold (oksygenmetning) hører til de faktorer i vannmassene som gir gode informasjoner om de biologiske stoffskifteprosesser i innsjøen. I Figur 8 - Figur 11 fremstilles resultatene av oksygenmålingene - uttrykt som prosent metning - på de fire stasjonene i Farris. Det var gjennomgående gode oksygenforhold i innsjøen sett under ett, med verdier opp mot metningspunktet. I vannmassene over sprangsjiktet var det til dels overmetning knyttet bl.a. til planktonalgenes fotosynteseaktivitet. Nedbrytning av organisk stoff medførte forbruk av oksygen i Farris. Dette gjenspeiler seg i variasjoner i oksygenmetning gjennom tid og mot dypet i innsjøen. Det ble påvist interessante ulikheter mellom de undersøkte stasjoner. Spesielt Bakkepollen, men også stasjonene ved de øvrige inntakssteder for vannverkene, oppførte seg anderledes enn hovedstasjonen i Farris. Det er foreløpig ikke avklart hva som er årsaken til disse forhold, men dette trenger oppmerksomhet.

Avgjørende betydning for algeutviklingen har vannmassenes innhold av

plantenæringsstoffer (bl.a. fosfor- og nitrogenforbindelser). Resultatene fra analysene av totalfosfor, totalnitrogen og nitrat gir viktige holdepunkter for forståelsen av utviklingstilstanden Farris befinner seg i. Figur 12 - Figur 14 gir eksempler på variasjoner i konsentrasjoner av fosforforbindelser i vannmassene. Verdiene ligger i området noen få til opp mot ni $\mu\text{g P/l}$ på hovedstasjonen. Dette er lave konsentrasjoner. Det er til dels metodiske vanskeligheter forbundet med å fremskaffe representative resultater i dette konsentrasjonsnivå. De varierende data fra bestemmelsene i 1990 må derfor betraktes i slik sammenheng. Sammenfattende kan det sies at vannmassenes innhold av totalfosfor var som karakteristisk for næringsfattige - oligotrofe - innsjøer (NIVA 1990).

Resultatene fra bestemmelsene av totalnitrogen viser interessante forhold (Figur 15 - Figur 17). Det gjorde seg markerte forandringer gjeldende gjennom utviklingen fra forsommer til høstsituasjon. Dette fremkommer spesielt i vannmassene over sprangsjiktet. Det er tydelig hvordan økende konsentrasjoner av totalnitrogen blir påvist gjennom observasjonsperioden. Forholdet gjenspeiler aktiviteten til organismesamfunnet i epilimnion. Tilsvarende kan observasjonene av vannmassenes nitratinnhold belyse de biologiske prosessene (Figur 18 - Figur 20). Det var gradvis avtakende konsentrasjon av nitrat gjennom vegetasjonsperioden i vannmassene over sprangsjiktet. I vannmassene under sprangsjiktet var forholdene mer sammensatte. Men gjennomgående var Farris preget av at et relativt nitratfattig overflatevann ligger over mer nitratholdige dypvannsmasser.

Det er i stor grad fosfor- og nitrogenforbindelsene som er avgjørende for hvordan algevegetasjonen i planktonet utvikler seg. Klorofyll-konsentrasjonen kan benyttes som et mål til å beskrive algeutvikling (Vennerød 1984). I Figur 21 er resultater av bestemmelsene av klorofyll-a på hovedstasjonen i Farris fremstilt. Kurvene for de tre prøvetakingstidspunktene samsvarer godt med resultatene som ble drøftet ovenfor om de kjemiske miljøfaktorene. Det var i vannmassene ned til sprangsjiktet at veksten av alger i særlig grad foregikk. Men den fotosyntetiske aktivitet i Farris strekker seg enda dypere ned. Det regnes med at under innsjøforhold med klart vann vil den eufotiske sone (hvor det er tilstrekkelig lystilgang for fotosyntese) strekke seg i vertikal retning inntil to-tre ganger siktedypet (Hutchinson 1957). I Farris skulle dette tilsi at algene trolig har positiv fotosyntese ned til 12-16 m dyp. Dette er i overensstemmelse med resultatene fra bl.a. klorofyllmålingene.

5.3 Hydrobiologiske forhold

Intensivundersøkelsene i Farris ga anledning til å beskrive algeplanktonet forholdsvis inngående. Den kvalitative og kvantitative sammensetning av algeforekomst er grafisk fremstilt i Figur 22. Blandprøver som representerer dybdeintervallet 0-10 m er bearbeidet.

Algesamfunnet var artsrikt, og 42 arter ble identifisert i prøvene (Tabell 2). Ulike flagellatgrupper var godt representert i materialet. De utgjorde både med hensyn til artstall og i kvantitativt henseende den største andel i algesamfunnet. Grønnalger var også allsidig utviklet med 11 arter til stede. I første rekke var chlorococcale planktonformer vanlige. Det var påfallende liten forekomst av kiselalger, men tidspunktene for observasjoner kan være årsak til forholdet. Blågrønnalger var spesielt fremtredende i sommerplanktonet. Mengdemessig var artene Anabaena flos-aquae og Merismopedia tenuissima de viktigste.

Blågrønnalger dannet vannblomst (Skulberg 1965) i Farris på tidspunktet for intensivundersøkelsen 31.07.-1.08. 1990. I utstrakte områder over hele innsjøen ble fenomenet observert. Ved prøvetaking i et snitt av Farris fra Bakkepollen til Kveldsvik (Figur 23) ble det på 10 stasjoner gjort bestemmelser av algemengde målt som klorofyll-a. Prøvene ble tatt 0,1m under vannoverflaten. Det var tydelig fargepreg av blågrønnalger i vannet. Karakteristisk og intens lukt av blågrønnalger - geosmin - gjorde seg gjeldende under feltarbeidet. Det var stor variasjon i algemengde. På enkelte områder kunne det observeres utstrakte ansamlinger av flytende kolonier av blågrønnalger. Vannblomst ble konstatert på de fleste stasjoner som ble besøkt ved denne prøvetakingen, (se Vedlegg 3).

Undersøkelsen av blågrønnalgene viste at det var en art av slekten Anabaena som hadde utviklet vannblomst. Med utgangspunkt i trichomtype, forekomst og plassering av akineter og heterocyster, samt cytologiske holdepunkter (Komàrek 1959, Stulp 1983), ble arten identifisert som Anabaena flos-aquae f. lemmermannii (P. Richt.) Canab. (Figur 24).

Blågrønnalger tilhørende slekten Anabaena er kjent for å danne både polypeptider og alkaloider med toksiske egenskaper (Skulberg 1988). Vannblomstmaterialet innsamlet i Farris ble benyttet til akutte toksisitetstester. Undersøkelsen foregikk ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole. Resultatene viste at toksin av polypeptidtype var til stede i prøvene med A. flos-aquae f. lemmermannii. Denne positive toksinpåvisning er i samsvar med de biologiske tester som ble utført med tilsvarende prøver av vannblomst fra Farris innsamlet høsten 1989 (NIVA 1989).

**TABELLER
OG
FIGURER**

TABELL 1. FYSISKE OG KJEMISKE ANALYSEMETODER

Analyseparameter	Enhet	Deteksjonsgrense	Metode	Instrument
Surhetsgrad	pH	0,1 pH	NS 4720	Orion Research Model 901
Konduktivitet	mS/m 25 ⁰ C µS/cm 20 ⁰ C	0,1 mS/m 0,1 µS/cm	NS 4721	Philips PW 9527
Turbiditet	FTU	0,1 FTU	NS 4723	Hach Laboratory Turbidimeter Model 2100 A
Totalfosfor	µg P/l	1.0 µg P/l	NS 4725	Techn. Autoanalyzer II
Ortofosfat	µg P/l	0,5 µg P/l	NS 4724	" " "
Totalnitrogen	µg N/l	5 µg N/l	NS 4743	" " "
Nitrat	µg N/l	1 µg N/l	NS 4745	Techn. Autoanalyzer I
Tot.org.karbon	mg C/l	0,02 mg C/l	ISO Standard 8245	Astro 1850 TOC-TC analyzer

NS = Norsk Standard

ISO = International Organization for Standardization

TABELL 2. FARRIS 1990. RESULTATER AV KVANTITATIV PLANKTON-UNDERSØKELSE.

Blandprøver 0 - 10 m dyp. Verdiene angir biomasse-volum mm^3/m^3 *

GRUPPER/ARTER	Dato=>	900528	900731	900924
Cyanophyceae (Blågrønnalger)				
Anabaena flos-aquae		-	.8	.5
Gomphosphaeria lacustris		-	.2	-
Merismopedia tenuissima		-	22.7	7.4
Sum		-	23.6	7.9
Chlorophyceae (Grønnalger)				
Botryococcus braunii		.6	1.8	-
Carteria sp. (1=6-7)		-	-	.4
Crucigenia quadrata		.3	-	.5
Elakatothrix gelatinosa (genevensis)		1.9	2.1	-
Monoraphidium contortum		-	-	.2
Monoraphidium dybowskii		-	.5	.5
Monoraphidium griffithii		3.7	6.9	7.2
Oocystis submarina v.variabilis		5.3	9.5	3.2
Scenedesmus sp.		.5	1.2	2.2
Sphaerocystis schroeteri		1.4	1.0	.5
Staurastrum cf.paradoxum		.5	.5	.5
Ubest.cocc.gr.alge (Chlorella sp.?)		-	1.0	-
Sum		14.2	24.4	15.1
Chrysophyceae (Gullalger)				
Bitrichia chodatii		-	6.9	-
Chrysidiastrum catenatum		-	-	.4
Craspedomonader		-	-	1.7
Cyster av Bitrichia chodatii		.7	.3	.5
Dinobryon bavaricum		-	3.5	.5
Dinobryon bavaricum v.vanhoeffenii		-	-	.1
Dinobryon crenulatum		.9	1.1	.8
Dinobryon cylindricum var.alpinum		-	-	.2
Dinobryon divergens		.2	1.6	9.2
Dinobryon suecicum		.1	.2	.3
Kephyrion boreale		-	-	.2
Løse celler Dinobryon spp.		-	-	.4
Mallomonas cf.crassisquama		-	-	4.5
Mallomonas reginae		-	-	.2
Ochromonas sp. (d=3.5-4)		6.1	13.3	14.0
Pseudokephyrion entzii		.1	-	-
Små chrysoomonader (<7)		6.1	23.6	36.2
Store chrysoomonader (>7)		1.3	10.3	17.2
Ubest.chrysoomonade (Ochromonas sp.?)		-	.8	-
Ubest.chrysophyceae		-	-	.7
Ubest.chrysophyceae (1=8-10)		-	-	2.0
Uroglena americana		-	-	69.0
Sum		15.4	61.6	158.3

forts.

TABELL 2. forts.

GRUPPER/ARTER	Dato=>	900528	900731	900924
<hr/>				
Bacillariophyceae (Kiselalger)				
Cyclotella glomerata		.6	.6	-
Cyclotella sp. (d=8-12,h=5-7)		1.2	-	.1
Rhizosolenia longiseta		-	-	4.8
Synedra sp. (l=30-40)		.6	-	-
Synedra sp. (l=40-70)		.3	.8	-
Sum		2.7	1.4	4.9
Cryptophyceae				
Cryptomonas marssonii		-	-	1.5
Cryptomonas sp. (l=15-18)		-	-	8.0
Cryptomonas sp. (l=20-22)		-	-	22.3
Cryptomonas spp. (l=24-28)		-	-	15.9
Katablepharis ovalis		.4	5.3	7.2
Rhodomonas lacustris (+v.nannoplanctica)		1.0	12.9	21.1
Ubest.cryptomonade (Chroomonas sp.?)		-	-	8.0
Ubest.cryptomonade (l=6-8) Chro.acuta ?		-	-	.8
Sum		1.4	18.2	84.7
Dinophyceae (Fureflagellater)				
Gymnodinium cf.lacustre		-	1.9	-
Gymnodinium sp. (l=14-15)		-	-	3.2
Gymnodinium sp. (b=28-30,l=33-36)		-	-	2.2
Sum		-	1.9	5.4
My-alger				
Sum		7.3	28.8	16.9
<hr/>				
Total		41.0	159.9	293.1
<hr/>				

* Bearbeidingen av planteplankton er foretatt av Pål Brettum, NIVA

TABELL 3. ALGER MED FOREKOMST I FARRIS.

Sammenliknende oversikt over antall identifiserte arter/slekter innen de ulike algeklasser.

Klasse	1958	1982	NIVA*		
			1983	1988	1990
Cyanophyceae	3	2	2	3	3
Chlorophyceae	7	13	9	13	11
Chrysophyceae	1	14	12	21	14
Bacillariophyceae	6	3	3	5	5
Cryptophyceae	0	6	6	7	6
Dinophyceae	1	2	4	4	3
Raphidiophyceae	0	0	0	1	0

* Basert på de foreliggende undersøkelser (se avsnitt 4.).

**TABELL 4. FARRIS. SAMMENSTILLING AV VANNKJEMISKE ANALYSE-
RESULTATER MAI - SEPTEMBER 1990.**

a) Middell-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner
i vannmassene 0 - 10 m dyp.

b) Middell-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner
i vannmassene 0 - 30 m dyp.

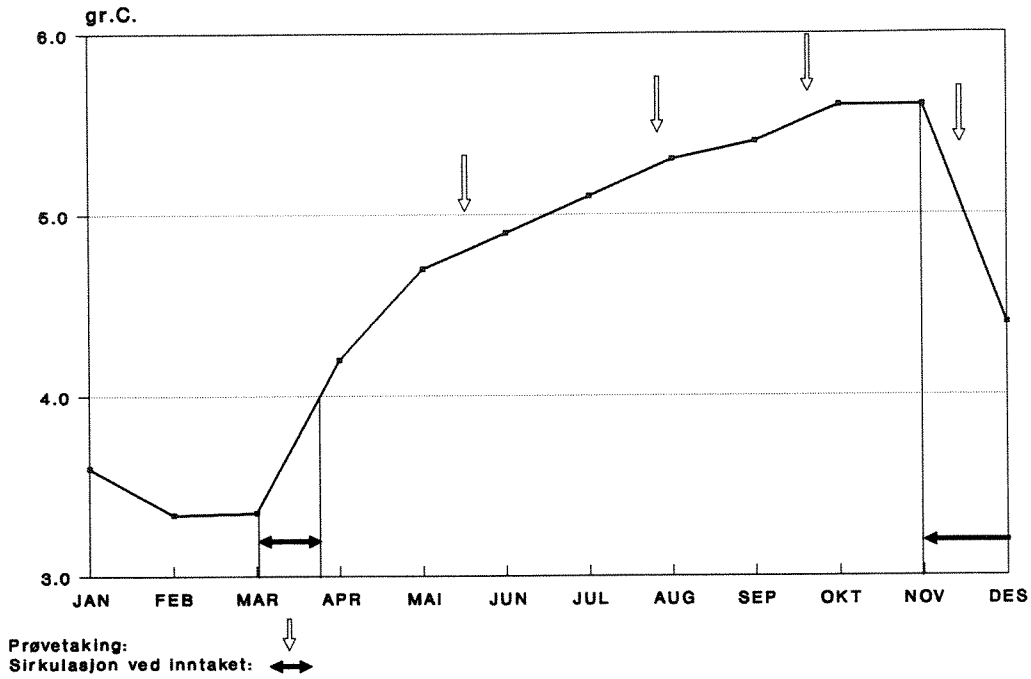
a)

		Hovedst.	Gopledal	Nedre Ono	Bakkepollen
Konduktivitet $\mu\text{S/cm } 20^{\circ}\text{C}$	Mid.	37.6	35.8	36.7	37.2
	Min.	33.2	31.0	32.9	31.3
	Maks.	39.9	38.6	37.6	41.0
Tot. fosfor $\mu\text{gP/l}$	Mid.	5.9	6.0	5.1	7.6
	Min.	3.6	5.2	3.4	6.5
	Maks.	7.3	7.1	6.2	8.6
Tot.nitrogen $\mu\text{gN/l}$	Mid.	563	534	529	500
	Min.	500	509	481	426
	Maks.	656	550	585	566
Klorofyll a $\mu\text{g/l}$	Mid.	2.5	2.4	2.5	2.2
	Min.	1.4	1.5	1.4	1.2
	Maks.	3.5	3.3	3.5	3.2
Turbiditet FTU	Mid.	0.4	0.4	0.4	0.4
	Min.	0.4	0.4	0.3	0.4
	Maks.	0.4	0.4	0.4	0.5

b)

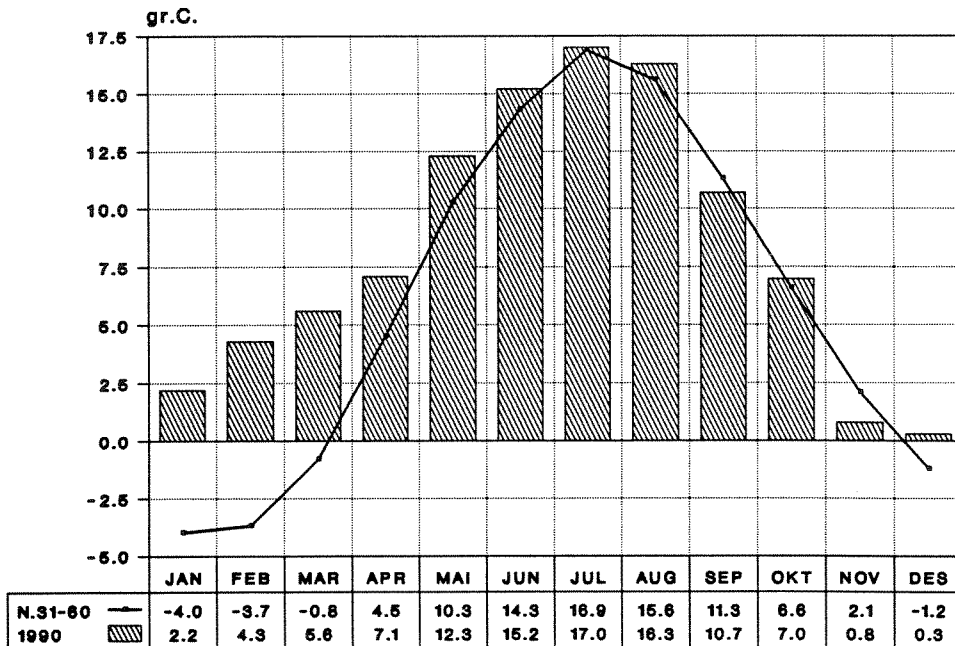
		Hovedst.	Gopledal	Nedre Ono	Bakkepollen
Konduktivitet $\mu\text{S/cm } 20^{\circ}\text{C}$	Mid.	36.9	35.4	36.3	36.5
	Min.	32.8	30.1	31.7	31.5
	Maks.	39.5	38.2	39.6	39.5
Tot. fosfor $\mu\text{gP/l}$	Mid.	5.5	6.1	4.6	6.8
	Min.	3.0	5.5	2.7	5.4
	Maks.	7.2	7.2	5.7	9.0
Tot.nitrogen $\mu\text{gN/l}$	Mid.	582	551	556	526
	Min.	548	540	507	450
	Maks.	628	575	609	610
Klorofyll a $\mu\text{g/l}$	Mid.	1.4	1.3	1.6	1.6
	Min.	0.8	0.8	0.8	0.7
	Maks.	2.0	1.8	2.4	2.5
Turbiditet FTU	Mid.	0.4	0.4	0.4	0.4
	Min.	0.4	0.4	0.4	0.3
	Maks.	0.4	0.4	0.4	0.5

FIGUR 1. TIDSPUNKTER FOR PRØVETAKING SETT I SAMMENHENG MED TEMPERATUR-
GANG I INNTAKSDYPET TIL VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK.



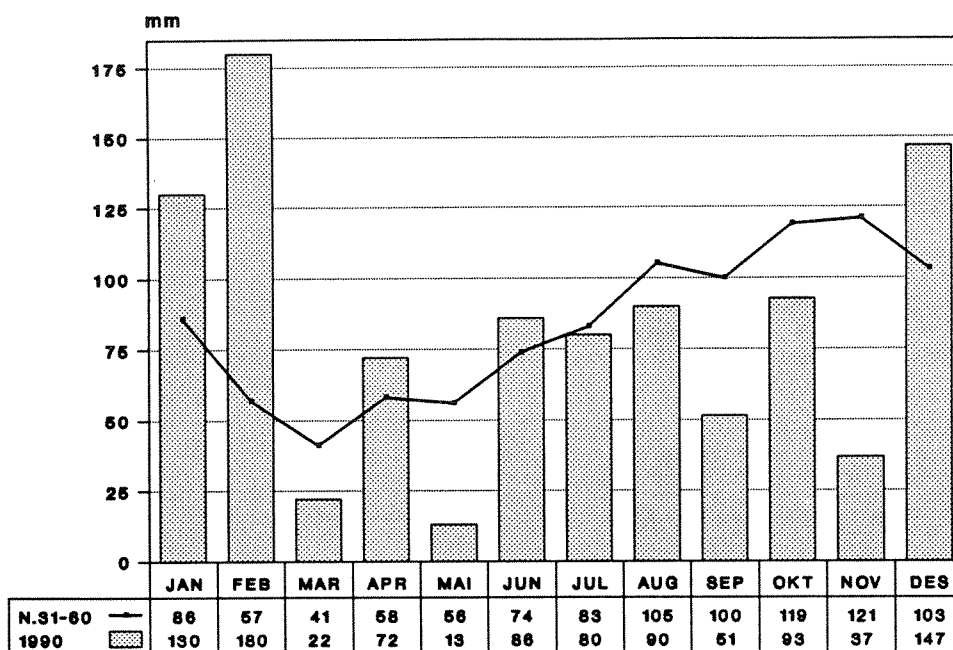
FIGUR 2. MÅNEDSMIDDEL AV LUFTEMperatur I 1990 OG NORMALEN FOR PERIODEN 1931 - 1960.

Målestasjon Melsom - nr. 2745.

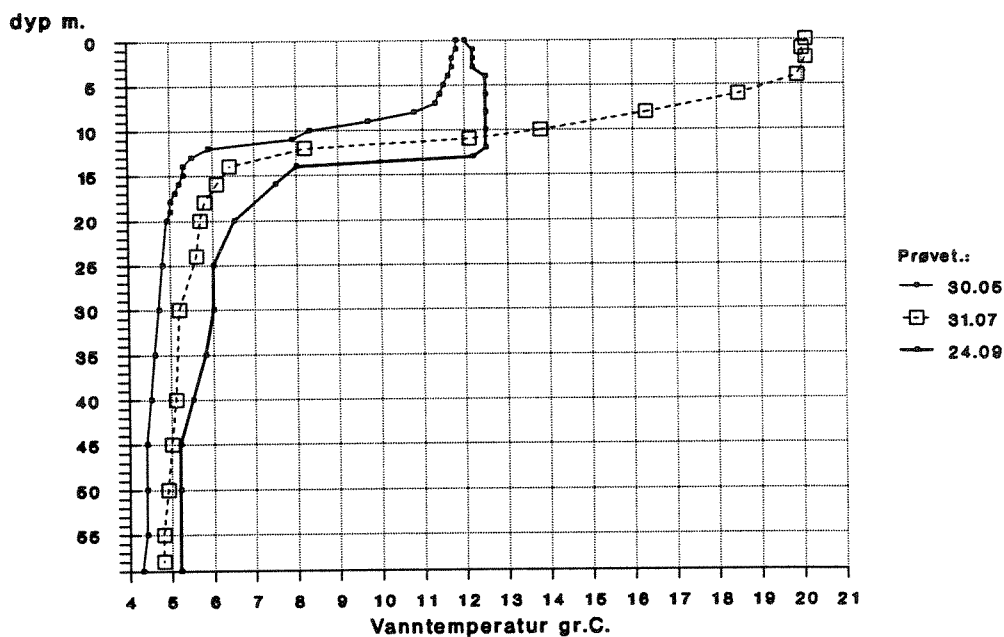


FIGUR 3. MÅNEDLIGE NEDBØRSUMMER I 1990 OG NORMALEN FOR PERIODEN 1931 - 1960.

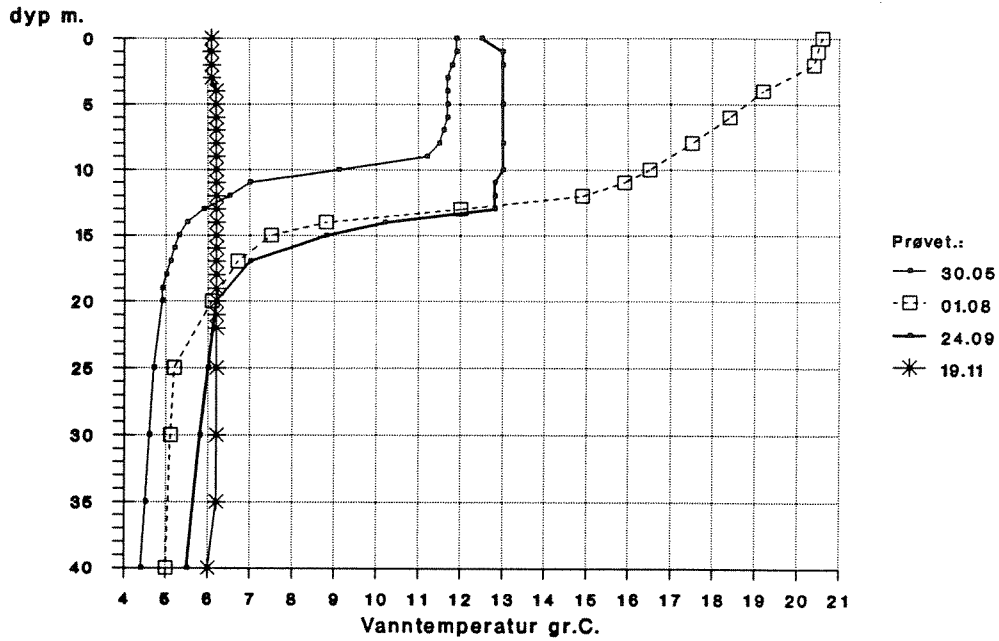
Målestasjon Melsom - nr. 2745.



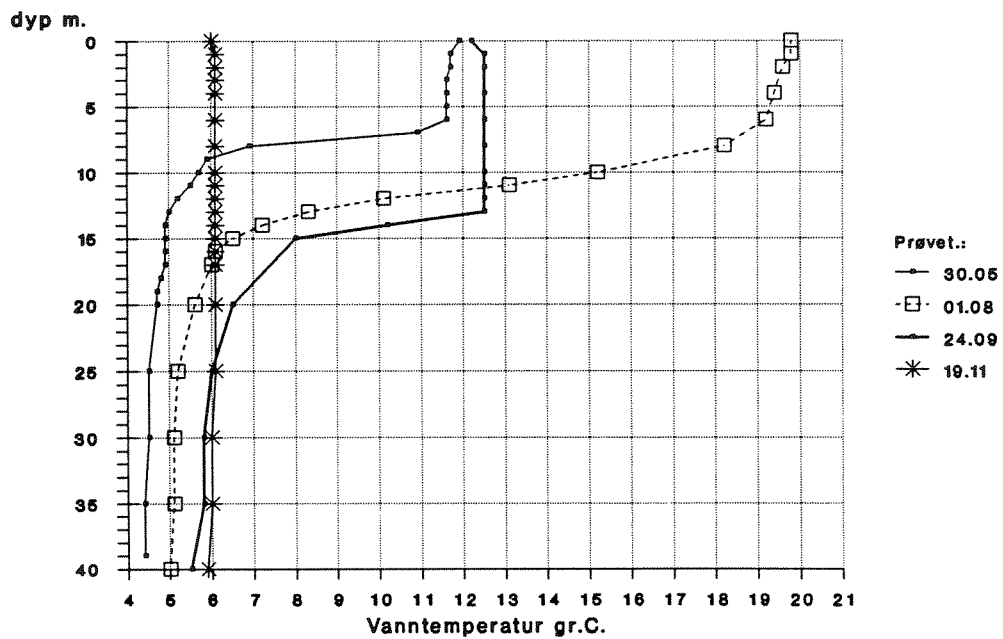
FIGUR 4. HOVEDSTASJON. OBSERVASJONER AV VANNTEMPERATUR I 1990.



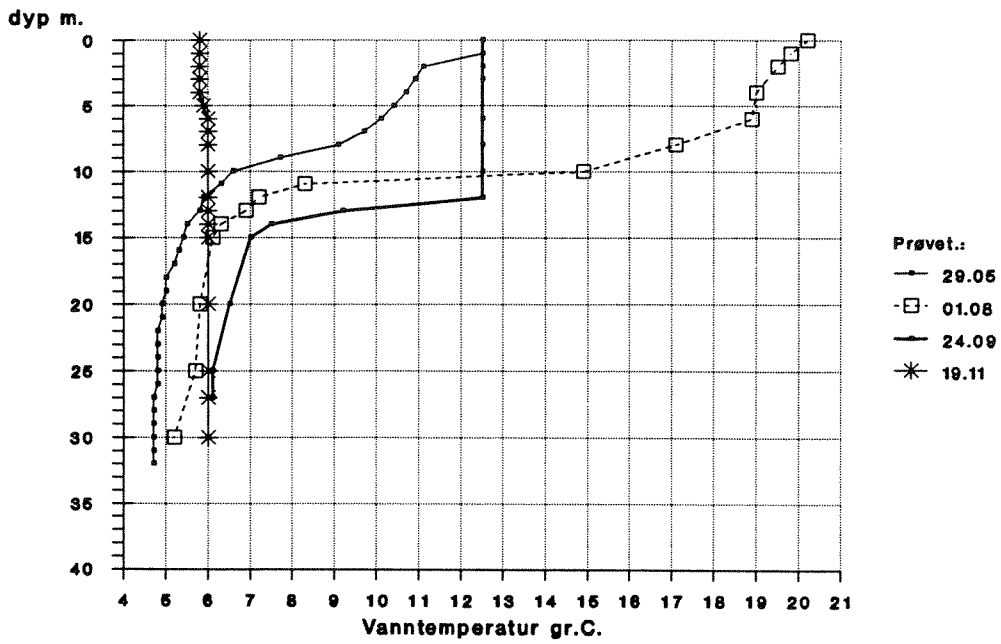
FIGUR 5. GOPLEDAL. OBSERVASJONER AV VANNTEMPERATUR I 1990.



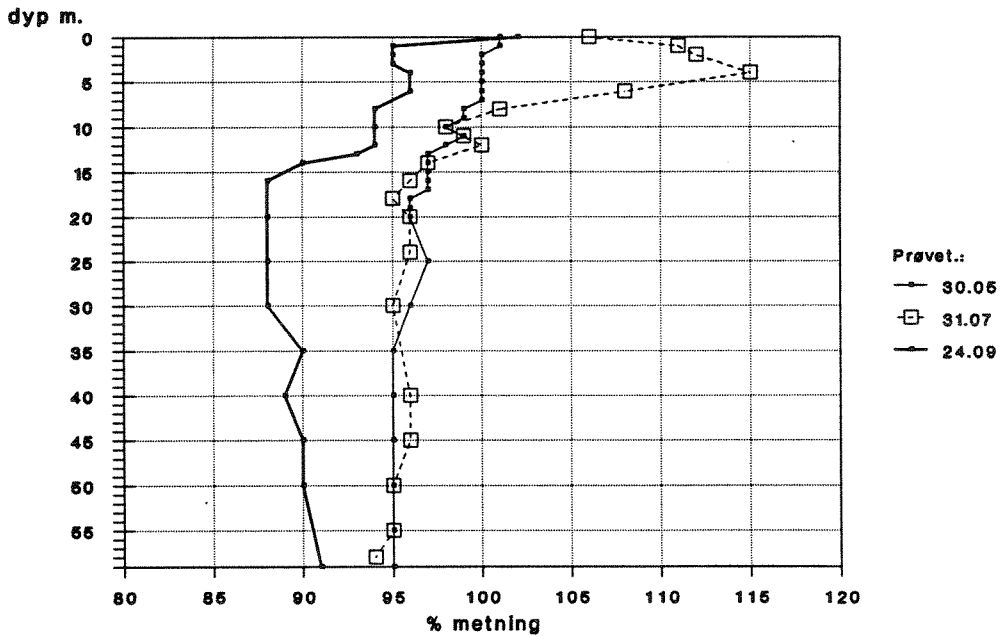
FIGUR 6. NEDRE ONO. OBSERVASJONER AV VANNTEMPERATUR I 1990.



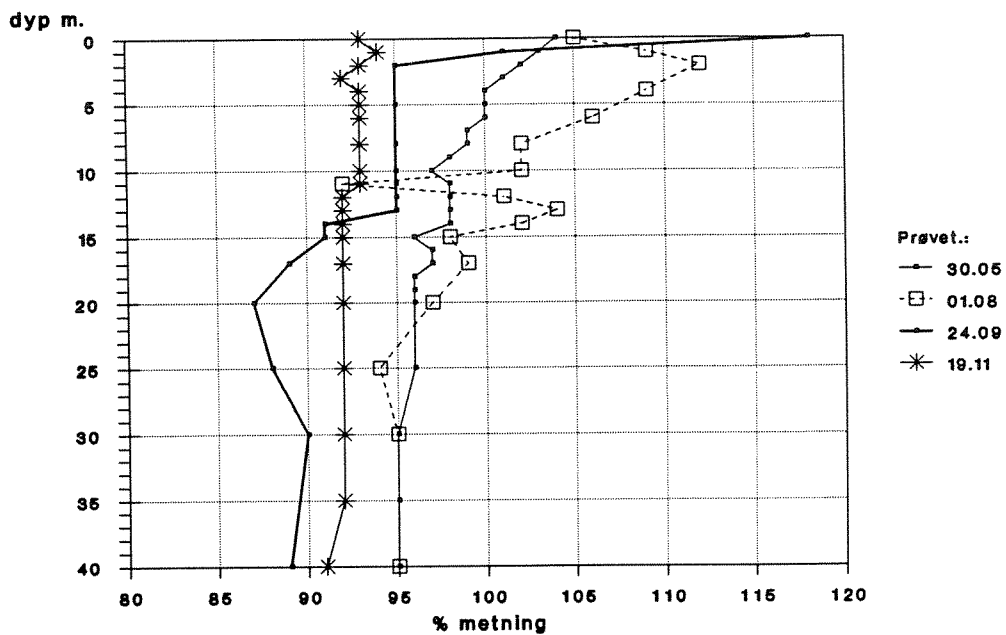
FIGUR 7. BAKKEPOLLEN. OBSERVASJONER AV VANNTEMPERATUR I 1990.



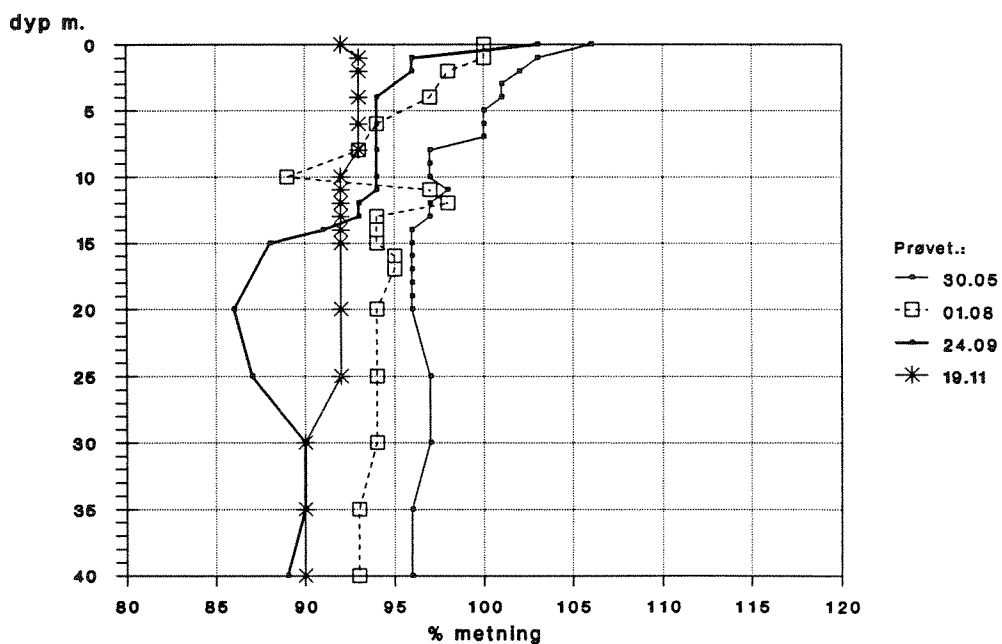
FIGUR 8. HOVEDSTASJON. OKSYGENINNHold SOM PROSENT AV METNING I 1990.



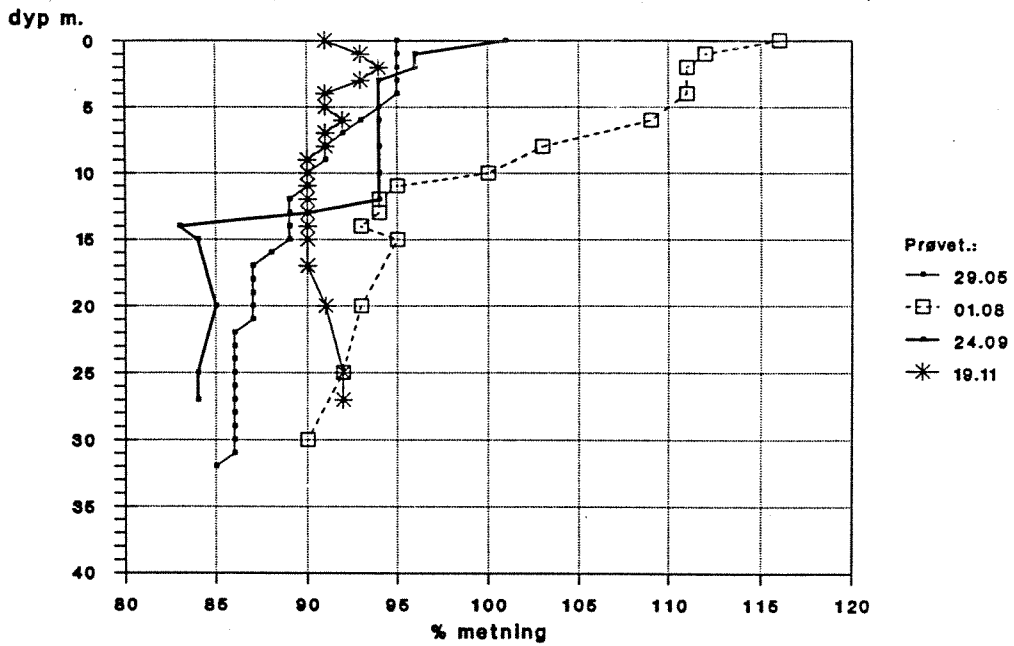
FIGUR 9. GOPLEDAL. OKSYGENINNHOOLD SOM PROSENT AV METNING I 1990.



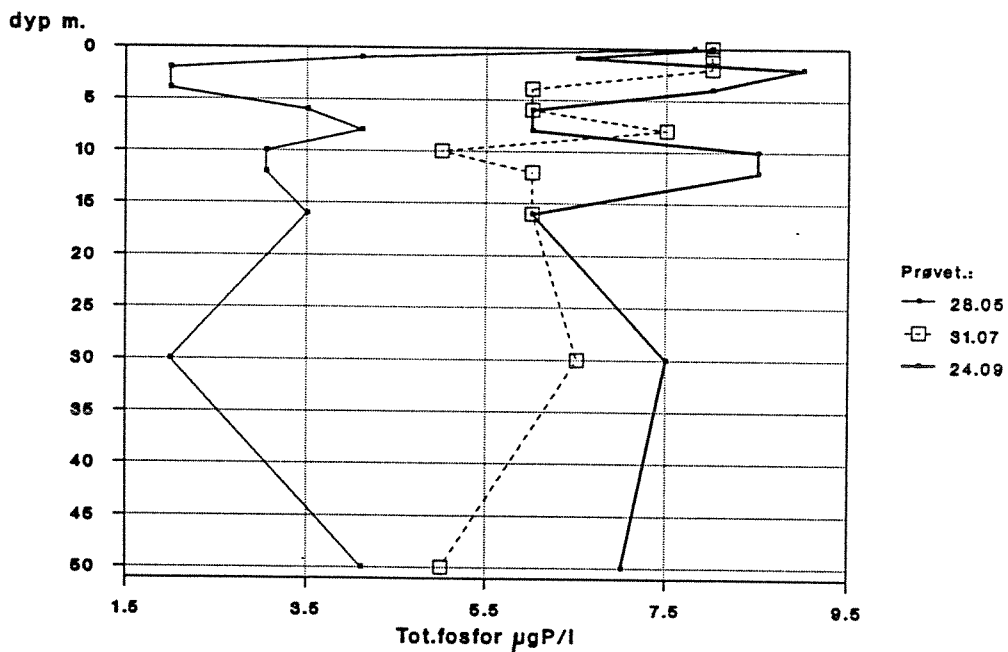
FIGUR 10. NEDRE ONO. OKSYGENINNHOOLD SOM PROSENT AV METNING I 1990.



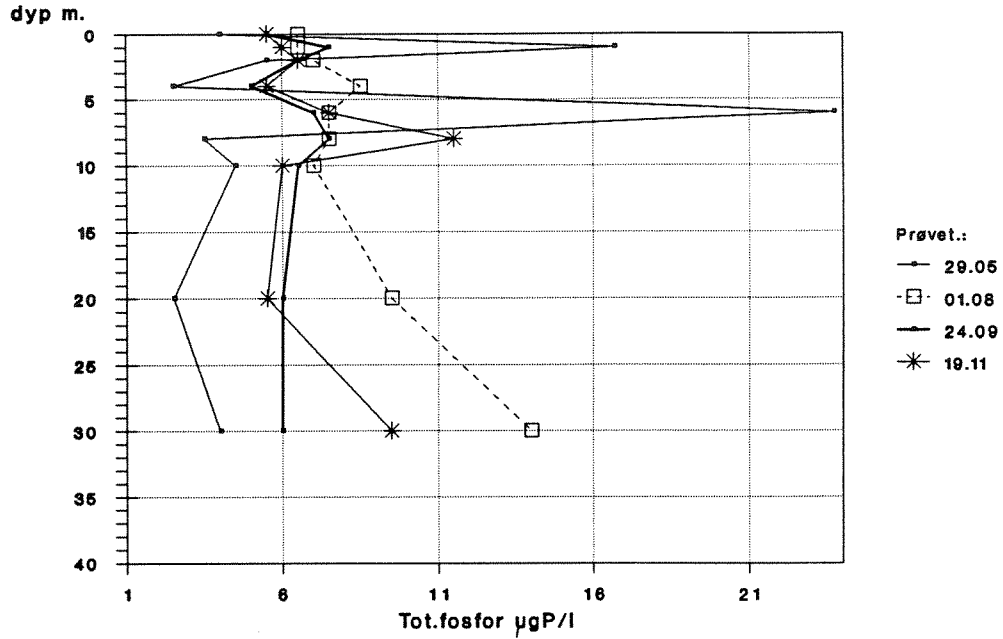
FIGUR 11. BAKKEPOLLEN. OKSYGENINNHOLD SOM PROSENT AV METNING I 1990.



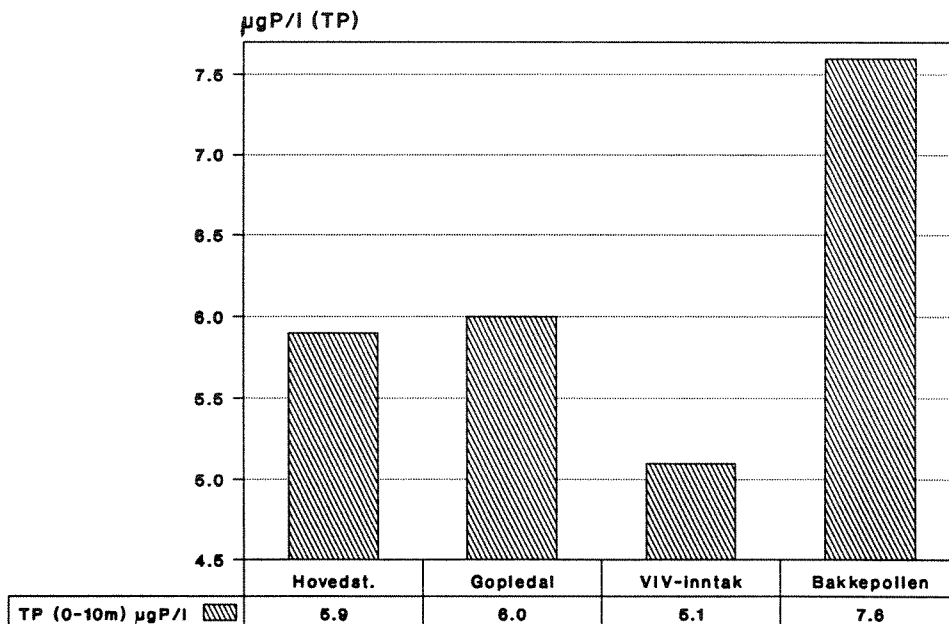
FIGUR 12. HOVEDSTASJON. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV TOTALFOSFOR I 1990.



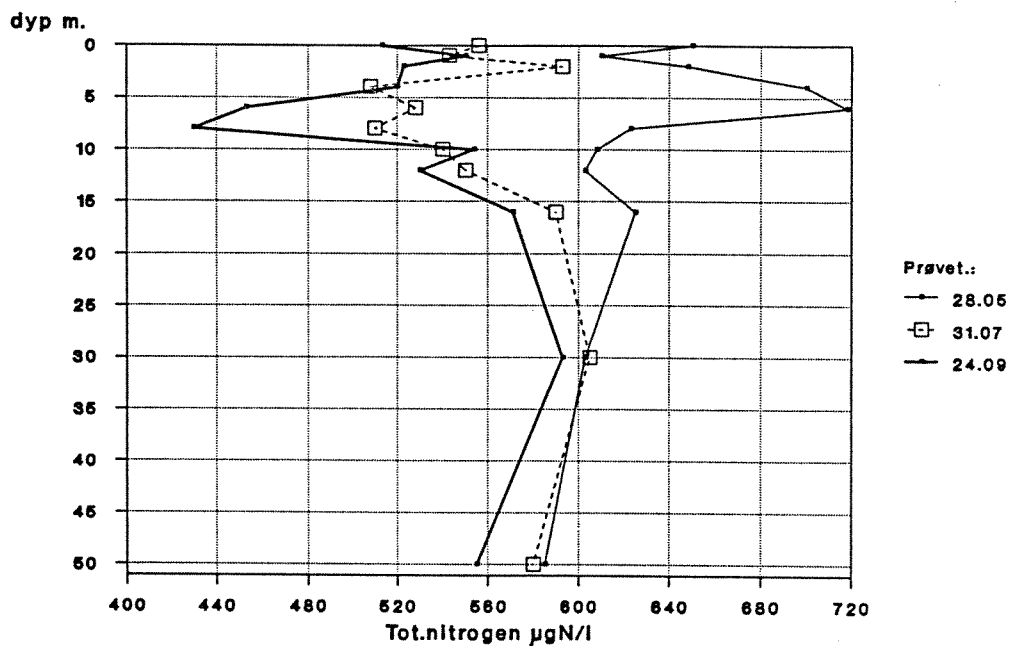
FIGUR 13. BAKKEPOLLEN. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV TOTALFOSFOR I 1990.



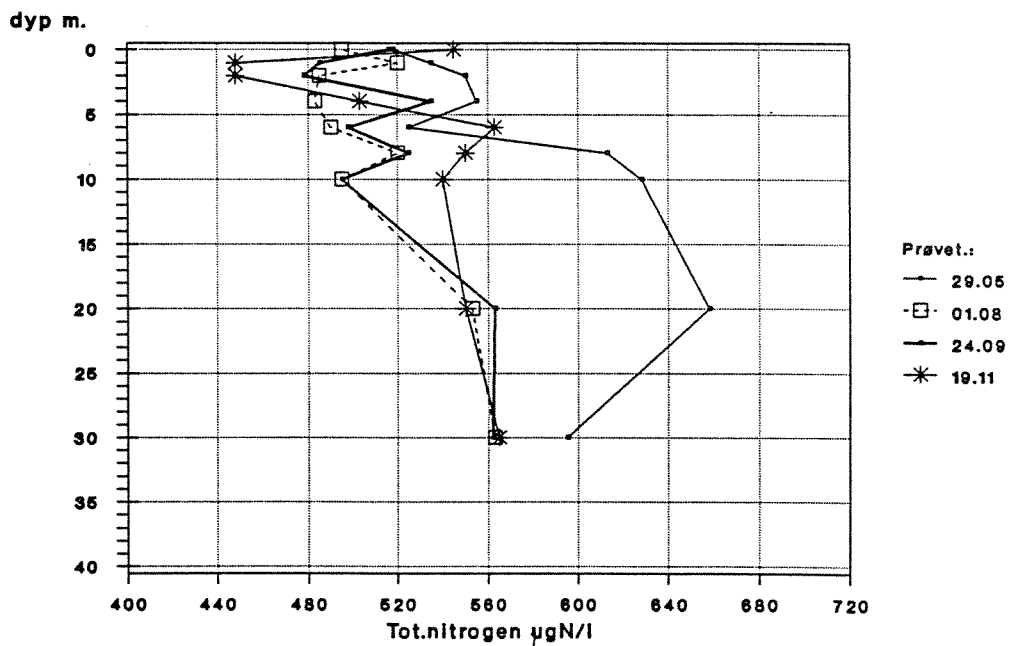
FIGUR 14. MIDDELVERDIER (MAI - SEPTEMBER 1990) AV TOTALFOSFOR FOR DE FIRE PRØVETAKINGSSTASJONENE.



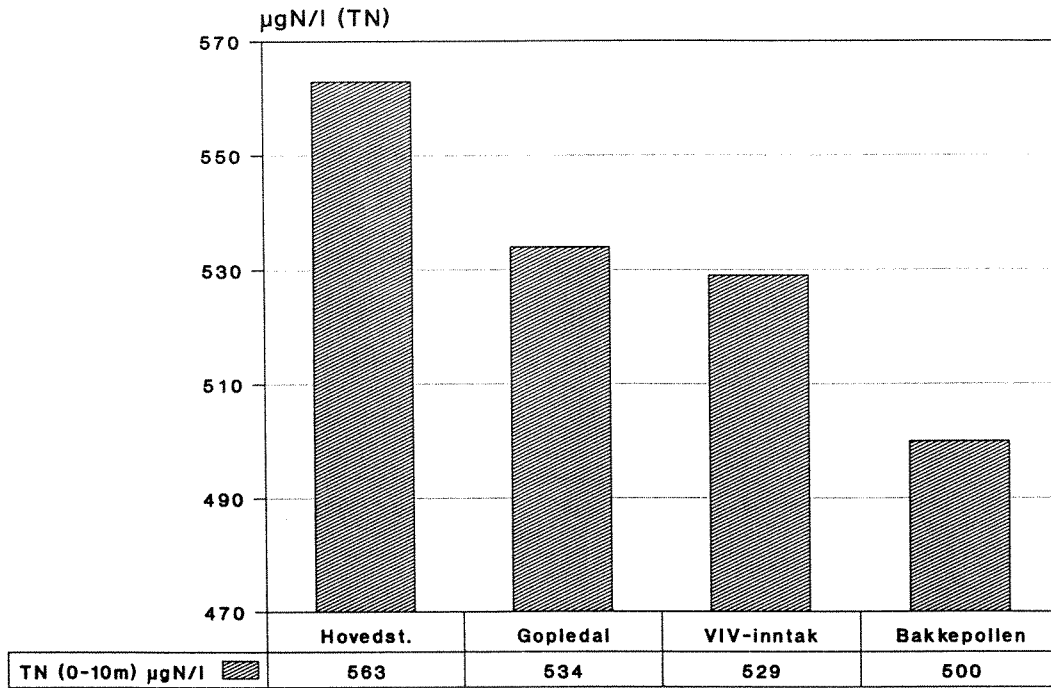
FIGUR 15. HOVEDSTASJON. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV TOTALNITROGEN I 1990.



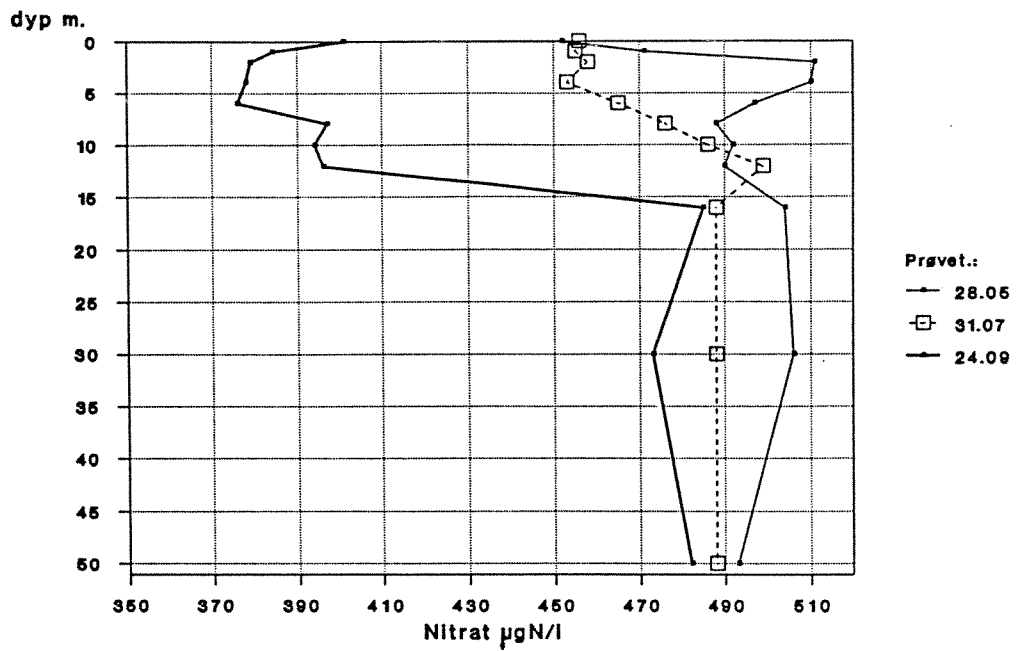
FIGUR 16. BAKKEPOLLEN. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV TOTALNITROGEN I 1990.



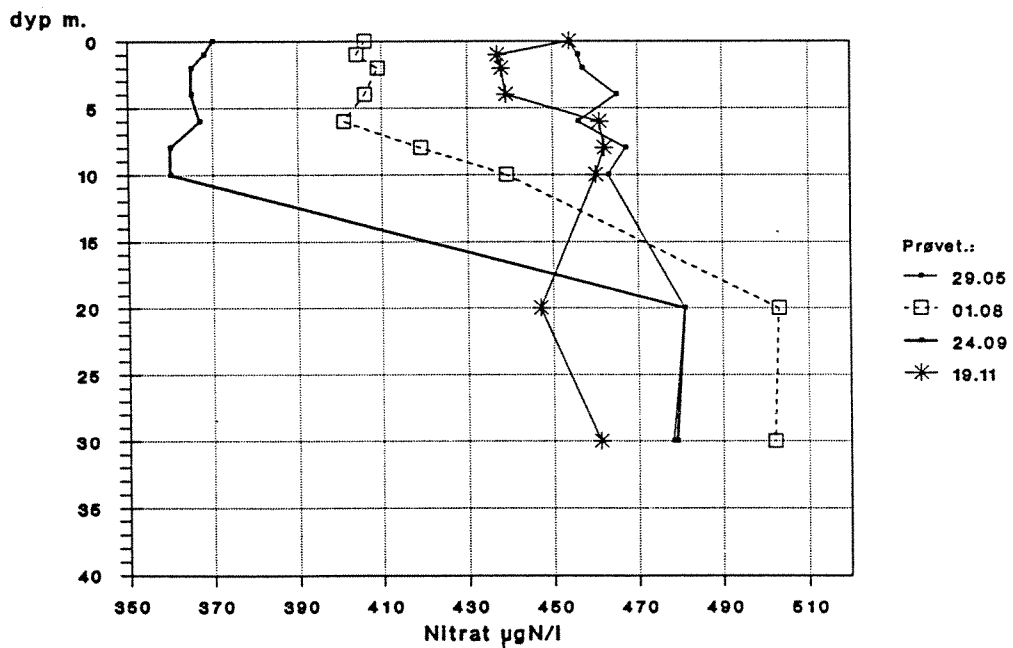
FIGUR 17. MIDDELVERDIER (MAI - SEPTEMBER 1990) AV TOTALNITROGEN FOR DE FIRE PRØVETAKINGSSTASJONENE.



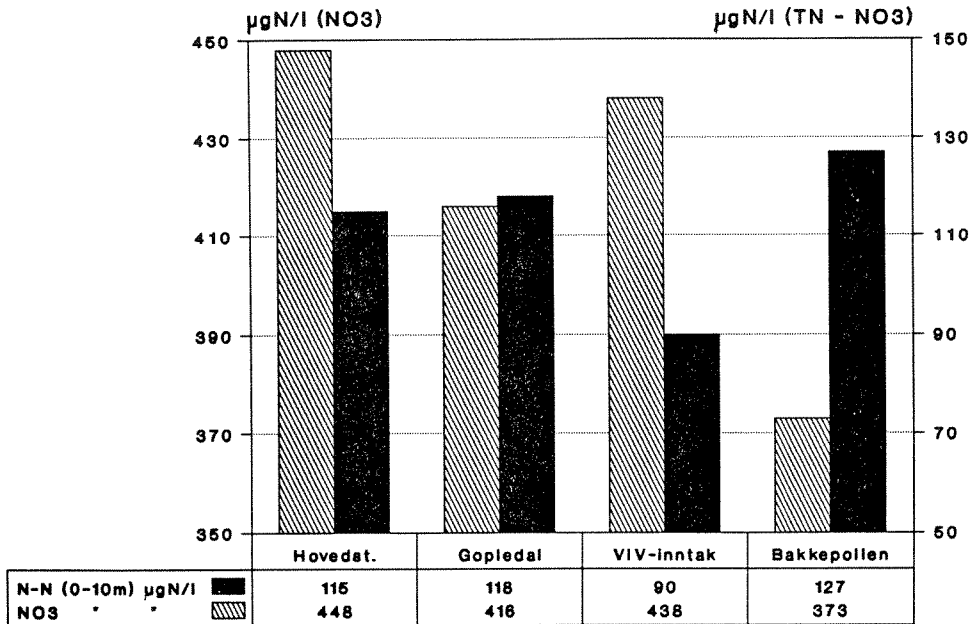
FIGUR 18. HOVEDSTASJON. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV NITRAT I 1990.



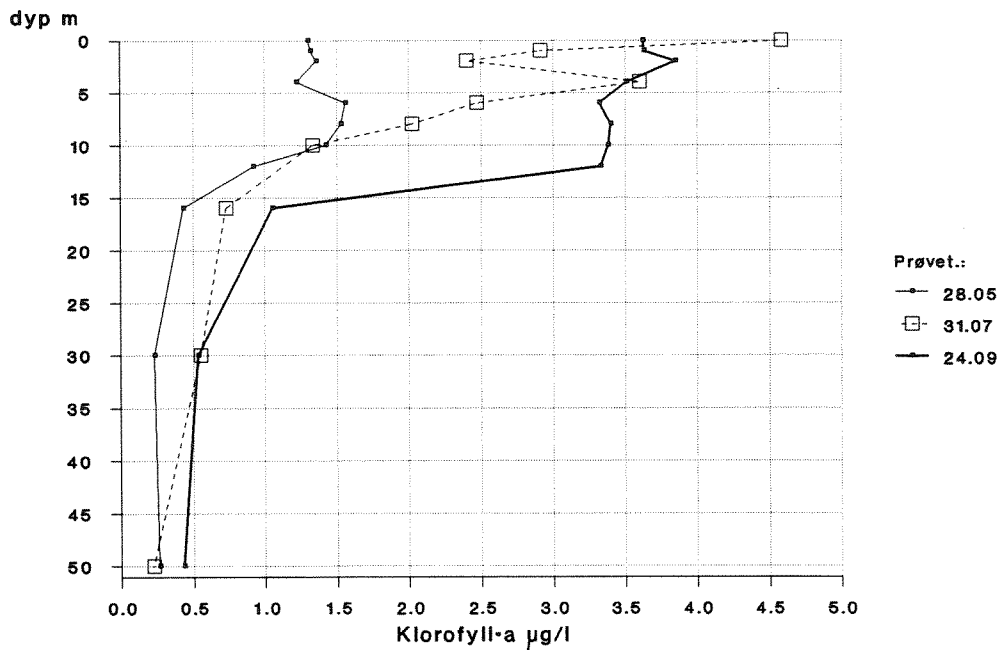
FIGUR 19. BAKKEPOLLEN. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV NITRAT I 1990.



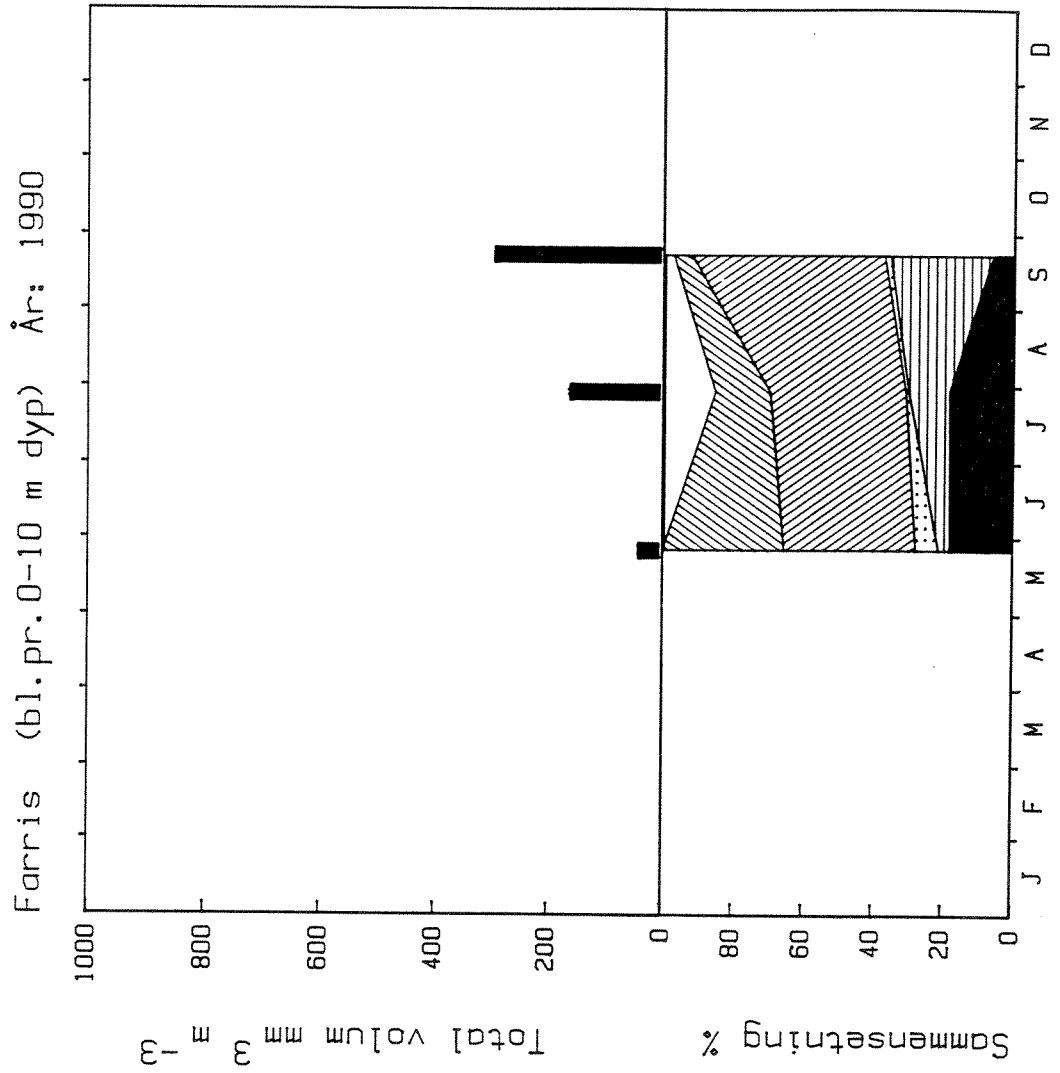
FIGUR 20. MIDDELVERDIER (MAI- SEPTEMBER 1990) AV NITRAT OG DIFFERANSEN MELLOM TOTALNITROGEN OG NITRAT FOR DE FIRE PRØVETAKINGS- STASJONENE.









FIGUR 21. HOVEDSTASJON. RESULTATER AV BESTEMMELSE AV KLOROFYLL-A I 1990.



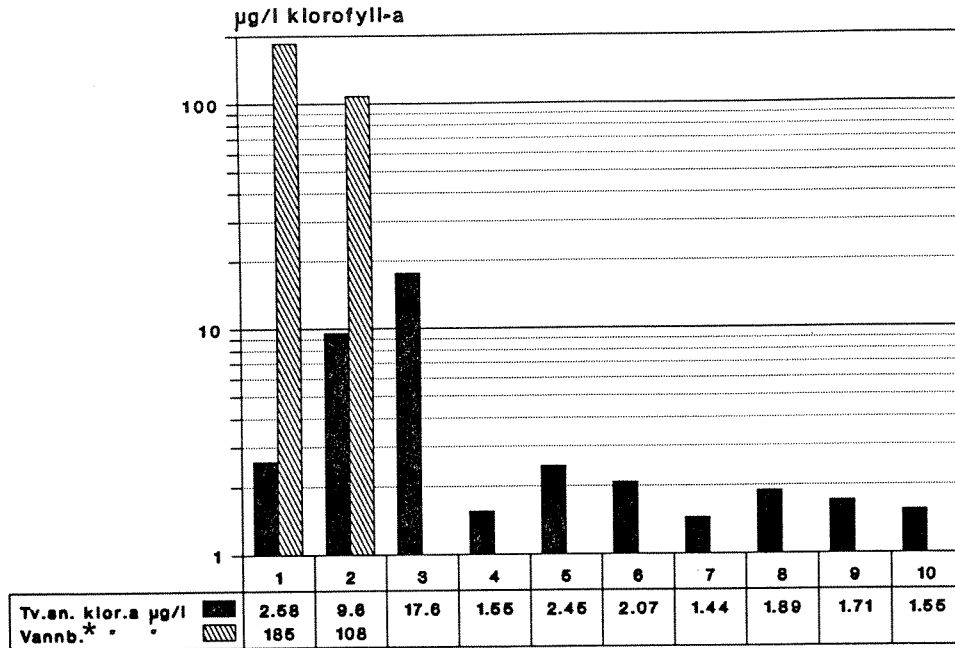
FIGUR 22. HOVEDSTASJON. FOREKOMST AV ALGER I PLANKTONET. År: 1990



TEGNFORKLARING

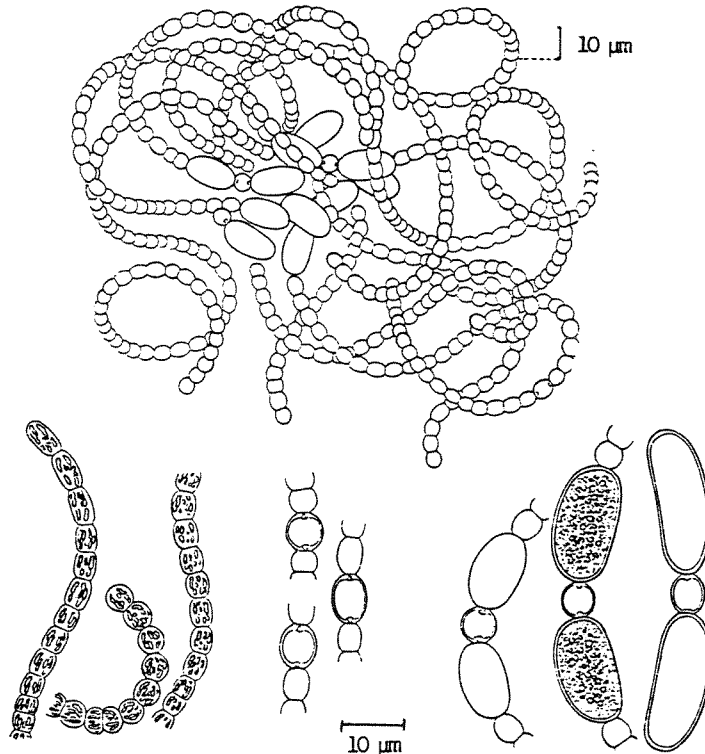
-  *CYANOPHYCEAE*
(Blågrønnalger)
-  *CHLOROPHYCEAE*
(Grønnalger)
-  *CHRYSOPHYCEAE*
(Gullalger)
-  *BACILLARIOPHYCEAE*
(Kiselalger)
-  *CRYPTOPHYCEAE*
-  MY-ALGER

FIGUR 23. MÅLINGER AV KLOROFYLL-A I OVERFLATEPRØVER UNDER VANNBLOMST I FARRIS 01.08. 1990.

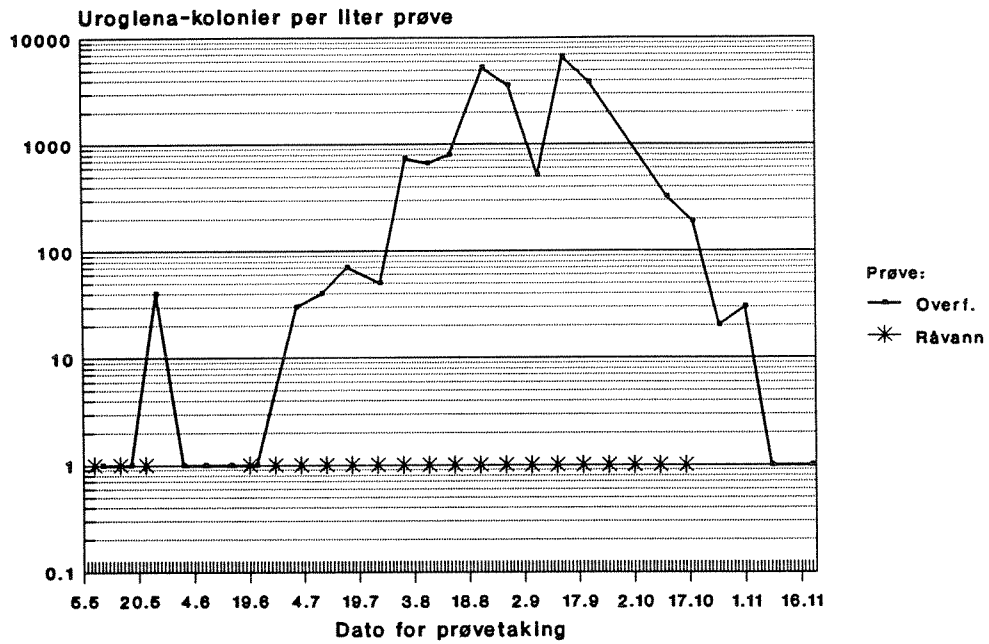


* Prøver av vannblomstmateriale

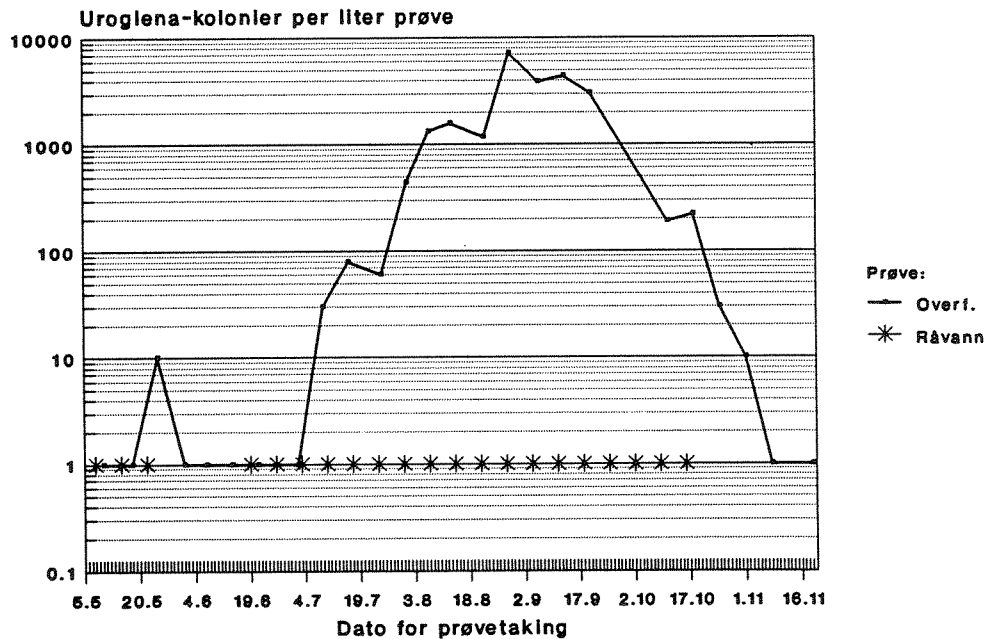
FIGUR 24. ANABAENA FLOS-AQUAE F. LEMMERMANNII (P. RICHT.) CANAB.
(etter Komárek 1958).



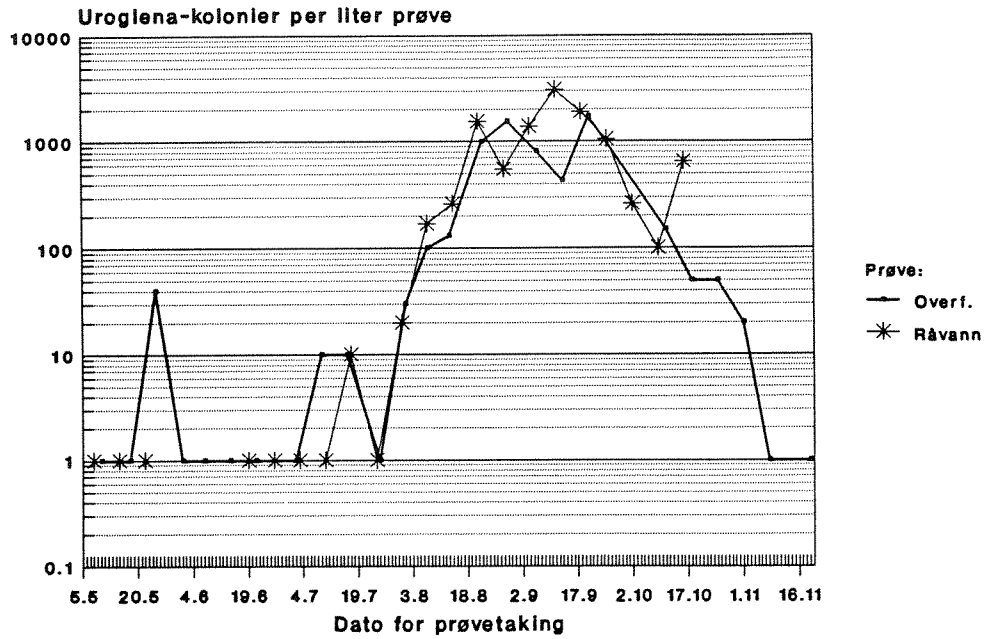
FIGUR 25. GOPLEDAL. SESTONUNDERSØKELSE - RESULTATER AV FLAGELLAT-
TELLINGER I OVERFLATEVANN OG RÅVANN.



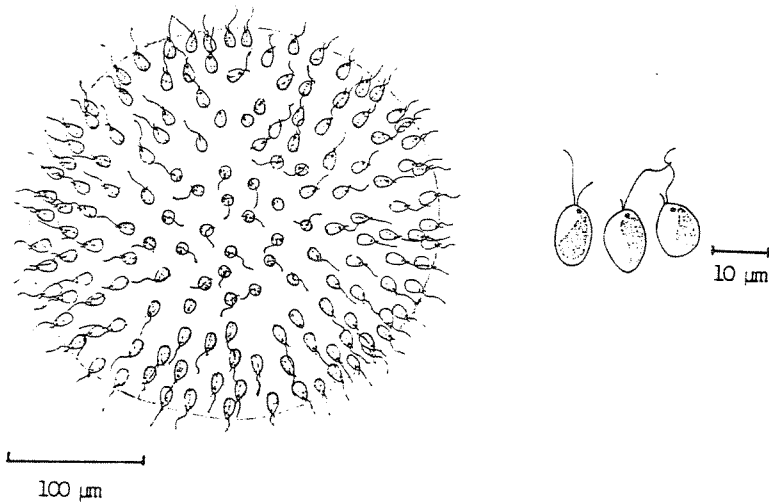
FIGUR 26. NEDRE ONO. SESTONUNDERSØKELSE - RESULTATER AV FLAGELLAT-
TELLING I OVERFLATEVANN OG RÅVANN.



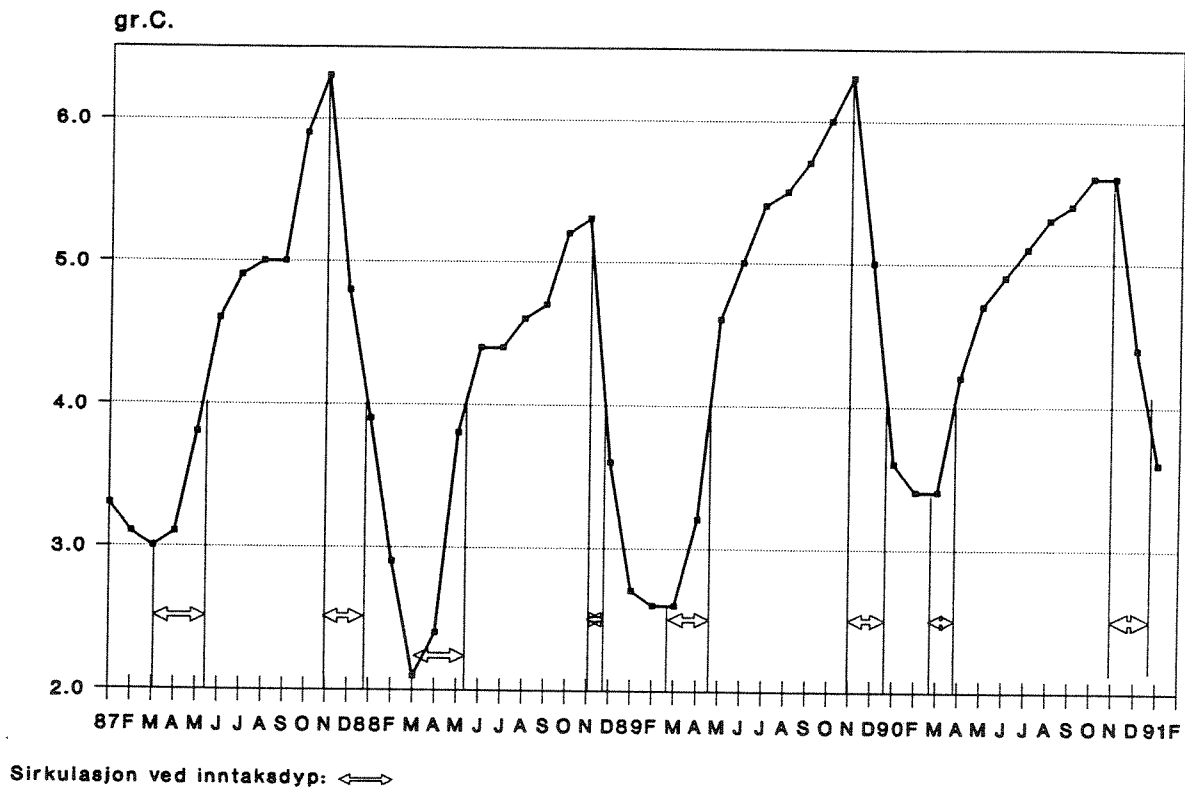
FIGUR 27. BAKKEPOLLEN. SESTONUNDERSØKELSE - RESULTATER AV FLAGELLAT-
TELLING I OVERFLATEVANN OG RÅVANN.



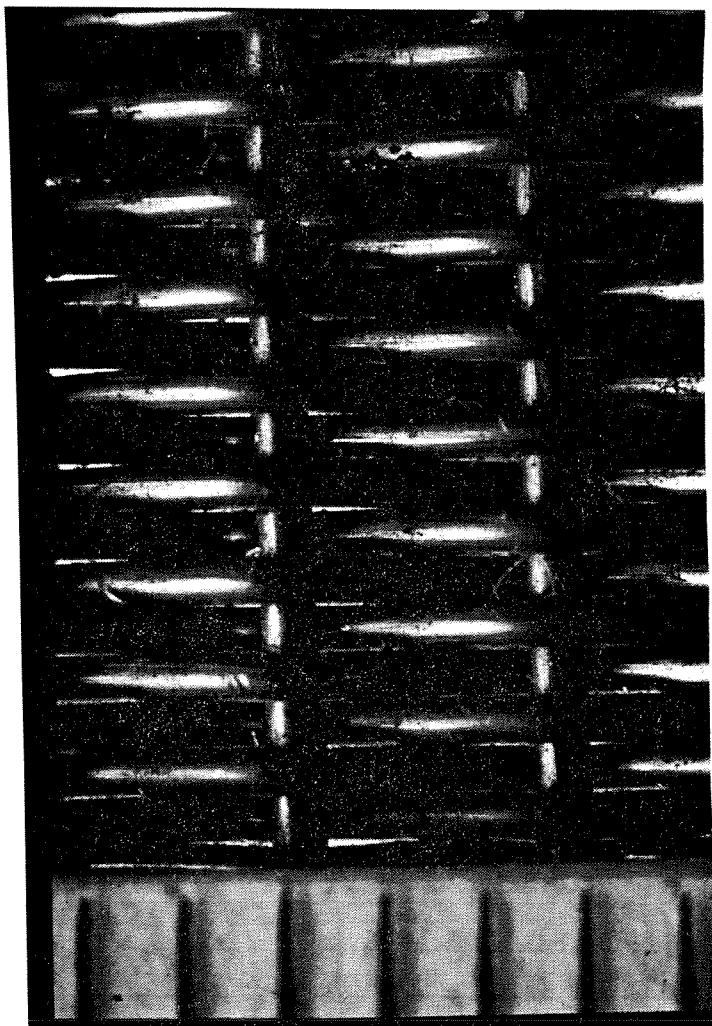
FIGUR 28. UROGLENA AMERICANA CALKINS.
(etter Huber-Pestalozzi 1941).



FIGUR 29. MÅNEDSMIDLER AV VANNTEMPERATUR I INNTAKSDYPET TIL VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK JANUAR 1987 - DESEMBER 1990. Perioder for sirkulasjon i vannmassene ned til inntaksdyp er angitt.



FIGUR 30. FOTOGRAFI AV SILDUK SOM ANVENDES VED LARVIK OG OMLAND
VANNVERK.

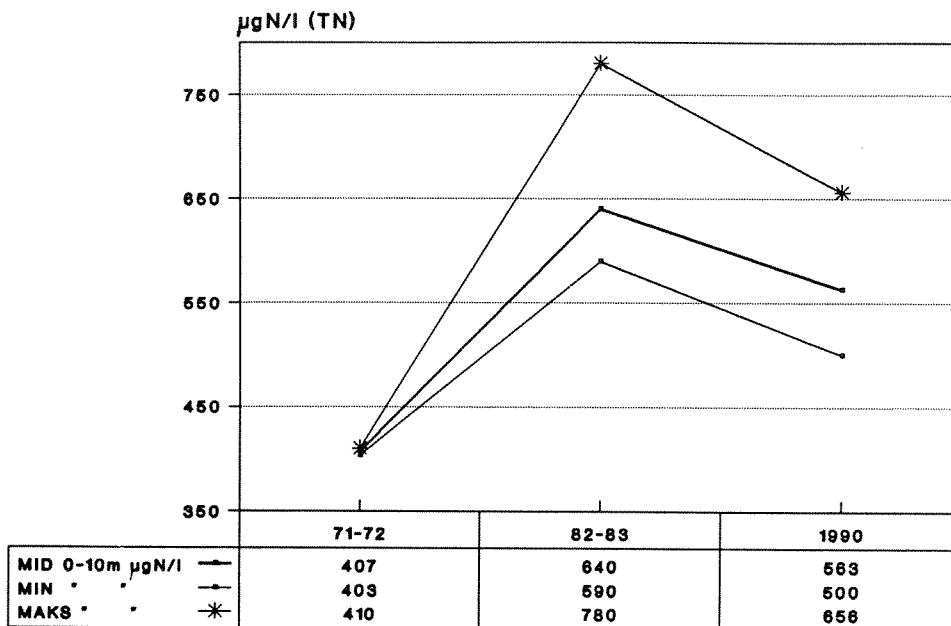


Delstrekene angir mm.

Foto: Vidar M. Skulberg

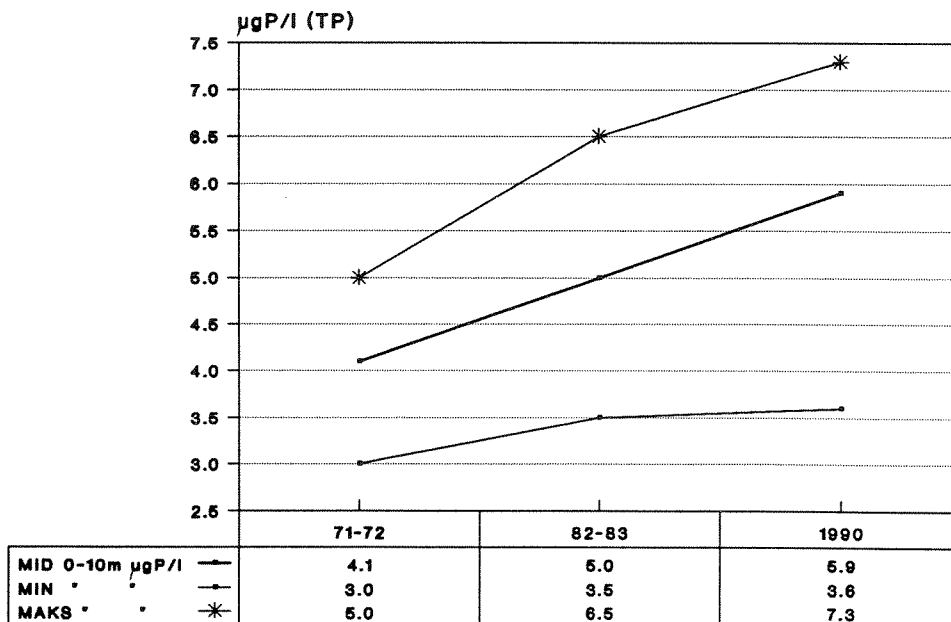
FIGUR 31. TOTALNITROGEN I FARRIS. HOVEDSTASJON.

Middel-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0 - 10 m dyp. Undersøkelsene 1971-72, 1982-83 og 1990 er lagt til grunn for fremstillingen.



FIGUR 32. TOTALFOSFOR I FARRIS. HOVEDSTASJON.

Middel-, minimums- og maksimumskonsentrasjoner i vannmassene 0 - 10 m dyp. Undersøkelsene 1971 -72, 1982-83 og 1990 er lagt til grunn for fremstillingen.



6. VANNKVALITET OG INNSJØUTVIKLING

Hensikten med undersøkelsen var bl.a. å belyse sammenheng mellom algeutviklingen i Farris og påvirkningen av vannkvaliteten i råvannet til vannforsyningene. Da algevegetasjonen er en egnet indikator til å bedømme utviklingstendensen i innsjøen, har dette også oppmerksomhet i drøftelsen som følger.

6.1 Samfunnet av planktonalger i Farris

Det kan være på sin plass å innlede denne oversikt med en kort karakteristikk av planteplanktonets kvalitative sider (se fig. 22).

I Tabell 3 er det gitt en sammenstilling av antallet av identifiserte arter/slekter innen de ulike algeklasser fra planktonundersøksler som er blitt foretatt i Farris (se avsnitt 4). Med forbehold om metodiske forskjeller og andre varierende forutsetninger, gir denne innsikten i algevegetasjonens kvalitative sammensetning interessante informasjoner om forholdene i innsjøen.

Hovedsakelig er det - sett gjennom tid - et stabilt algeplankton-samfunn som fremstår fra denne resultatoversikten. Noen enkeltheter kan kommenteres for å gi en sammenliknende vurdering.

I alle undersøkelsene og gjennom hele vekstsesongen har Oocystis submarina v. variabilis og Monoraphidium spp. (4 arter) vært de vanligste grønnalgene. Totalvolumet av grønnalger er på samme nivå i alle år som det er foretatt kvantitative undersøkelser.

Den andre hovedgruppe av alger i Farris utgjør chrysophyceene (gullalger). Chrysomonader - ubestemte, store og små arter - er spesielt fremtredende. Uroglena americana har trolig hatt forekomst i alle år (er ikke notert for prøvene i 1958 og 1963). Særlig stor utvikling av denne algen var det i 1990 (f.eks. 24. september), men også i 1982 (f.eks. 23. august). Flagellaten Ochromonas sp. er bare angitt for 1988 og 1990.

Et noe påfallende særtrekk for Farris er de gjennomgående små påviste mengder av diatomeer (kiselalger). Det synes likevel som de utgjorde en større andel av algeplanktonet i f.eks. 1958 sammenliknet med i 1980-årene. Dette gjelder spesielt for gruppen Melosira cf. islandica, som ikke er registrert i kvantitative prøver fra seinere tid. Cyclotella og Synedra er fortsatt slektene med størst kvantitativ betydning blant kiselalgene i Farris.

Flagellatene er det fremtredende element i algevegetasjonen i Farris. Dette bidrar også cryptophyceene til. Rhodomonas lacustris og Katablepharis ovalis forekommer gjennom hele vegetasjonsperioden og i alle årene med undersøkelser. Slekten Cryptomonas er representert med flere arter. Dinoflagellater er noe mer tilbaketrukket i mengdemessig sammenheng. Den vanligste arten er Gymnodinium cf. lacustre.

Blågrønnalger er et karakteristisk innslag i algeplanktonet i Farris. Det er spesielt de små former (ultraplankton) som utvikler seg. Den mest fremtredende art er Merismopedia tenuissima. Likevel er det Anabaena flos-aquae som tiltrekker seg størst oppmerksomhet gjennom sin tendens til vannblomstdannelse (Skulberg 1965). Denne algen ble f.eks. observert i masseutvikling i Farris i august 1958 og 1963. Formen Anabaena flos-aquae f. lemmermannii dannet i 1989 og 1991 vannblomst om ettersommeren og høsten.

Basert på de foretatte undersøkelser, kan det som en sammenfatning sies at samfunnet av planktonalger i Farris fortsatt er av en type som karakteriserer næringfattige innsjøer med noe humuspåvirkning. Vannblomstdannelse med blågrønnalger har vært observert i Farris tidligere år også (NIVA 1964), og kan tilskrives direkte og indirekte virkninger av meteorologiske faktorer (lys, temperatur, nedbør). Men spørsmålet reiser seg om frekvens og intensitet av vannblomst med blågrønnalger har tiltatt, eventuelt vil bli større i tiden fremover. Dette bør bli fulgt med tilrettelagte observasjoner til formålet.

6.2 Generelt om algevegetasjonens innflytelse på vannkvaliteten

Utviklingen av alger kan direkte og indirekte ha betydning i sammenheng med en innsjøes anvendelse til vannforsyning (Holden 1970). Både kvalitative og kvantitative sider ved algesamfunnet vil være utslagsgivende for vannets brukbarhet til drikkevann. Algene og deres stoffskifte er vesentlige faktorer i prosessene som bidrar til vannets selvrensning (Uhlmann 1979). Et friskt og reint, naturlig innsjøvann inneholder et artsrikt algesamfunn.

Men algenes mengdemessige utvikling, og fremvekst av spesielle arter som har særegne fysiologiske egenskaper kan lage problemer for vannforsyning og drift av vannverk (Skulberg 1964). Noen sedvanlige eksempler på slike vanskeligheter med alger kan nevnes:

- Uønskede arter av alger utvikler stor forekomst. Det blir forstyrrelser i råvannskildens biologiske systemer. Praktiske problemer melder seg for bruk av vannet. Algene gir opphav til vanskeligheter for den rensetekniske behandling. Estetiske og helsemessige forhold påvirkes på uheldig måte (SIFF 1987).

- Vannkvaliteten påvirkes av stoffer som skilles ut fra algene eller dannes ved nedbryting av dødt algemateriale. Lukt- og smaksproblemer kan bli alvorlige følger av dette i drikkevannsforsyninger. Det kan bli vekst av giftige alger (Falconer 1989).
- I vannverk gir klorering av algeholdig vann muligheter for dannelse av klorfenoler og haloformer. Dette er stoffer forbundet med betenkelige hygieniske og helsemessige risikoer i drikkevann (Jolley et al. 1985).

Det er viktig å understreke at problemer med alger for vannforsyninger er betinget av organismenes spesielle egenskaper - fysiske, kjemiske og biologiske. Såvel under oligotrofe (næringsfattige) som eutrofe (næringsrike) miljøbetingelser kan derfor algeproblemer gjøre seg gjeldende i tilknytning til aktuell drift av vannverk.

6.3 Vannkvalitet - drikkevannsforsyning fra Farris

Biologisk bedømt var det gjennomgående en god vannkvalitet som preget Farris i undersøkelsesperioden. Men forhold i algeplanktonet betinget situasjoner som kan være negative for drikkevannsbruk. Under oppblomstringen med toksinproduserende blågrønnalger i juli-august var f.eks. overflatevannet i perioder uegnet til direkte anvendelse. Men det var samtidig ikke betenkelige forhold i vannmassene som ble benyttet til råvann for drikkevannsforsyningen (se Vedlegg 3). Ved Bakkepollen kan det imidlertid oppstå hydrografiske forutsetninger for tilstander som vil innebære negativ påvirkning av vann til Porsgrunn vannverk. Dette viste resultatene av bl.a. sestonundersøkelsene (Figur 25 - Figur 27).

Sestonundersøkelsene (Skulberg 1978) som ble foretatt ved de tre vannverkene, avdekket gjennom ettersommeren og høsten 1990 en oppblomstring av flagellaten Uroglena americana (Figur 28). Denne flagellaten har interesse i vannverksteknisk sammenheng, da arten kan gi opphav til bl.a. uheldige smakspåvirkninger av drikkevann (Palmer 1964). Det var på stasjonen ved Bakkepollen at flagellaten ble registrert i inntaksdypet til Porsgrunn vannverk. Men U. americana hadde betydelig forekomst i hele innsjøen. Imidlertid ble det ikke konstatert noen negativ lukt - eller smakspåvirkning av vannet som følge av denne oppblomstringen i Farris i 1990.

Det kan understrekes at de hydrografiske forhold i Farris i periodene med fullsirkulasjon (Figur 29), har betydning også for hvordan planktonalgene kan påvirke vannkvaliteten for de øvrige vannverkene.

Det er i første rekke planktonalger i størrelsesgruppene nanno- og ultraplankton (celledimensjoner h.h.v. 50-10 µm og 10-0,5 µm, Wetzel 1975) som utvikler store populasjoner i Farris. Med tanke på filtrering til drikkevannsformål innebærer dette praktiske vanskeligheter. Som eksempel kan silduken som anvendes ved Larvik og omland vannverk nevnes (Figur 30). Bare organismer i planktonet som er større enn omlag 0,2 mm vil holdes tilbake når vannet passerer denne silanordningen. Mengdemessig utgjør disse den minste fraksjon av organismer i de fri vannmasser i Farris (<10%). Forholdet innebærer transport av organismer og organismefragmenter (organisk seston) inn i vannverket og til ledningsnett for vannforsyningen.

Oppløst organisk stoff vil bli tilført råvannet som følge av algeveksten i Farris. Friggjøring av stoffene skjer gjennom flere forskjellige prosesser (aktiv utskillelse av fotosyntetiske produkter, lekkasje fra gamle celler, mekanisk ødeleggelse av cellemembraner, lysis ved død av celler osv.). Det er til dels en stor andel av løst organisk stoff som vannet dermed mottar (15-75% av produsert organisk stoff). Mye av det løste organiske stoff er direkte assimilerbart for bakterier, og det er en nær sammenheng mellom utvikling av alger og bakterier. Bakterieveksten i ledningsnett for vannforsyningen er f.eks. til dels avhengig av denne organiske stofftilførsel. Sestonobservasjoner som ble gjort i ledningsnett for Larvik og omland vannverk viste forekomster av begroingsorganismer - f.eks. Leptothrix, Clonothrix, Hyphomicrobium - som bl.a. danner brunfarget slam (avsetninger) i rørsystemene.

Organisk stoffinnhold og utvikling av begroingssamfunn har konsekvenser for korrosjonsprosesser (Kristiansen 1982). Grad og omfang av begroingsutvikling er ikke nærmere undersøkt i vannforsyningene fra Farris.

6.4 Vannkjemiske forhold og forurensningspåvirkning

En sammenstilling av de vannkjemiske analyseresultater er gjort i tabells form (Tabell 4). Verdiene er av samme størrelsesorden som tidligere rapportert (NIVA 1990b). Det innebærer en fremhevning av den oligotrofe vanntype som Farris har. Ved en sammenlikning mellom resultatene fra 1990 og tidligere foretatte undersøkelser, fremgår likevel en viss tendens til forandring.

Det er gjort foreløpige beregninger for å vurdere eventuelle endringer i vannmassenes innhold av makronæringsstoffer for alger (fosfor og nitrogenforbindelser). Resultatene fra analysene i 1990 er

sammenliknet med tidligere observasjoner (1971-72 og 1982-83). Figur 31 og Figur 32 fremstiller forholdene. Totalfosfor viser økende konsentrasjoner, samtidig påvises en avtakende tendens i konsentrasjonen av totalnitrogen. Imidlertid er materialet lite, og det bør ikke trekkes konkluderende slutninger på dette grunnlag.

Undersøkelsen 1990 dokumenterer at så vel overflatevannet som hele innsjøens vannmasser fortsatt har oligotrofe verdier for konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser.

7. PRAKTISKE TILRÅDNINGER

- Utnyttelsen av Farris som råvannskilde til vannforsyning i dag og i fremtiden medfører behov for en detaljert og stadig ajourført kunnskap om faktorene som påvirker vannkvaliteten. Utviklingen i nedbørfeltet som følge av menneskelig aktivitet trenger oppsikt (bosetting, landbruk, skogbruk, industri etc.). Den hydrologiske manøvrering av vassdraget inngår som del av problemkomplekset.
- Det gjør seg gjeldende lokale forurensninger ved inntaksstedene til vannverkene. Spesielt er inntaksstedet til Porsgrunn vannverk (Bakkepollen) ugunstig, men også inntaksstedet til Larvik og omland vannverk (Gopledal) viser påvirkning som trenger oppmerksomhet. Årsakene til forholdene bør avklares, og tiltak bli gjort.
- Blågrønnalgenes utvikling i Farris trenger å bli fulgt med observasjoner. Giftproduserende stammer og toksiner må identifiseres, og muligheter for forgiftningsfare ved vannblomstdannelse avklares i aktuell sammenheng. Informasjoner til allmennheten om problemene med giftige alger bør utarbeides. Det er viktig å fastslå om det blir økende frekvens av vannblomst med blågrønnalger.
- Det kan på grunn av algeutvikling i Farris under spesielle omstendigheter være muligheter for en negativ påvirkning av drikkevannet med lukt- og smaksstoffer. Vannverkene bør kunne følge med i vannets sensoriske egenskaper, og ha beredskap til å møte en eventuell uheldig situasjon.
- Samspillet mellom vekst av alger og bakterier kan ha konsekvenser for bruken av vannet i vannforsyninger. Begroingspotensialet og mikrobiell aktivitet i ledningsnett bør undersøkes eksperimentelt med vann som er gitt forskjellig grad av vannteknisk behandling.
- En løpende bedømmelse av den biologiske vannkvalitet i Farris bør tilrettelegges ved vannverkene. De nødvendige observasjoner og metoder vil være enkle, og er gjennomførbare på vannverkene av personer som har fått innføring i oppgaven.
- Innsjøtilstanden som ble påvist i Farris ved undersøkelsen i 1990, var gunstig vurdert ut fra krav til vannkvalitet for drikkevann (SIF 1987). Men indikasjoner på uheldige utviklingstendenser ble konstatert. Skjerpet oppmerksomhet på disse forhold bør bli gitt i videre vannundersøkelser, f.eks. årlige registreringer av vannblomst med blågrønnalger og påvisning av mulig toksinproduksjon.

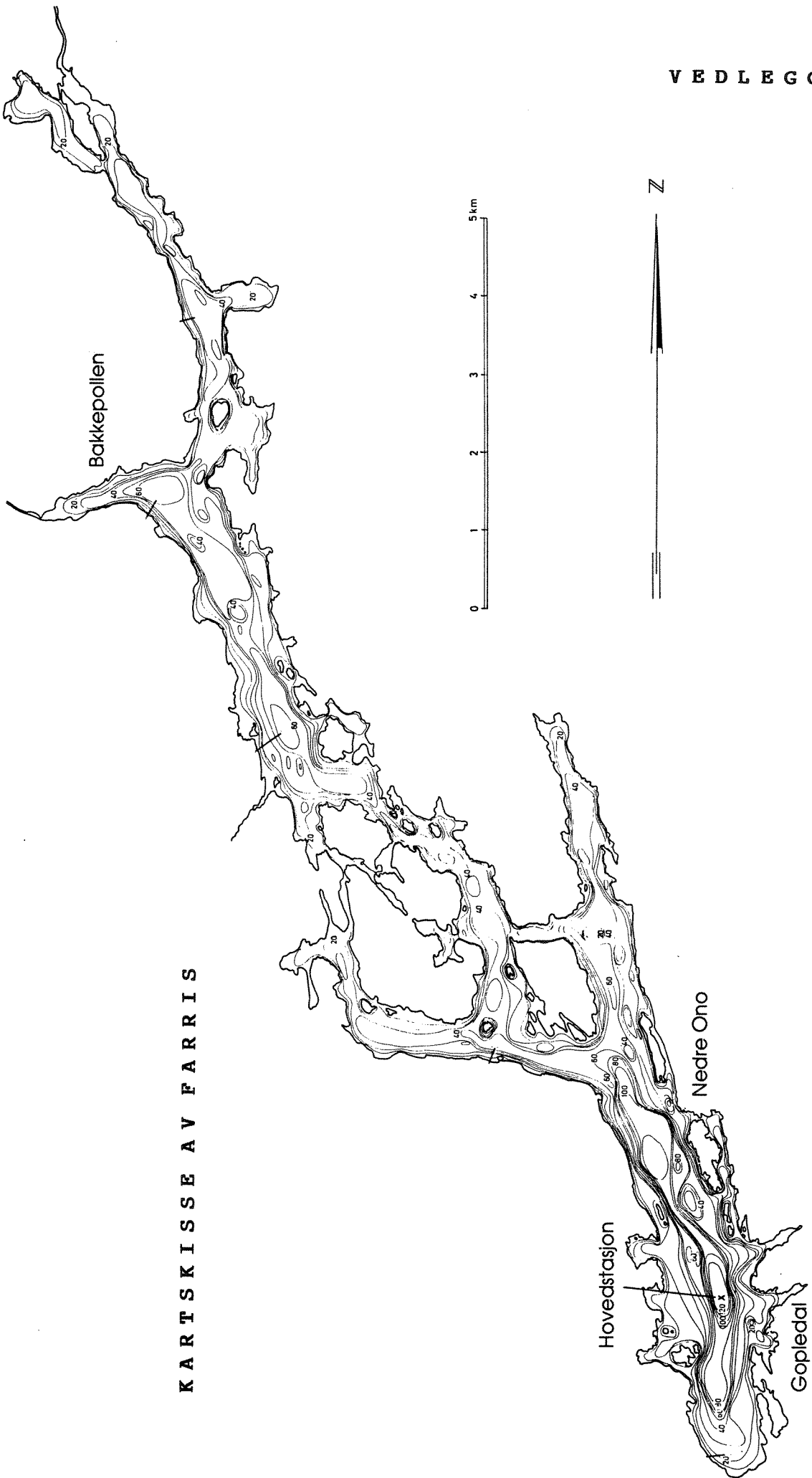
8. HENVISNINGER

- 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.
- Ertzgaard, B. (1971): Forurensninger fra jordbruket. En oversikt over mengder og årsaker i tilknytning til Siljan kommune og Farrisvassdraget. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordkultur. 63 pp. Vedlegg.
- Falconer, I.R. (1989): Effects on human health of some toxic cyanobacteria (blue-green algae) in reservoirs, lakes and rivers. *Toxicity Assessment: An International Journal* 4:175-184.
- Holden, W.S. (1970): *Water Treatment and Examination*. J. & A. Churchill, London. 513 pp.
- Huber-Pestalozzi, G. (1941): Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. In: *Die Binnengewässer* 16, Teil 2, Stuttgart - 274 pp.
- Hutchinson, G.E. (1957): *A treatise on limnology*. Volume 1. Geography, physics and chemistry. John Wiley & Sons, New York.
- Jolley, R.L.; Bull, R.J.; Davis, W.P.; Katz, S.; Roberts, M.H. & Jacobs, V.A. (1985): *Water Chlorination. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Lewis Publishers, Inc. Chelsa. 1575 pp.
- Klaveness, M. & Myhrstad, O.D. (1970): Farris. Naturgrunnlag - arealbruk. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Jordskifteavdelingen. 171 pp. Vedlegg.
- Komárek, J. (1958): Die taxonomische Revision der planktischen Blaualgen der Tschechoslowakei. In: *Algologische Studien*. Eds. J. Komárek & H. Ettl. Der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, pp. 10-206. Prag.
- Kristiansen, H. (1982): *Korrosjon og korrosjonsbekjempelse i sanitæranlegg*. Norsk institutt for vannforskning. Temahefte 5. ISBN 82-577-0451-2. Oslo. 36 pp.

- Norsk institutt for vannforskning (1959): En undersøkelse av vannkilder i 1958. Vestfold interkommunale vannverk. Rapport 0-57 ved Kjell Baalsrud. Oslo, 7. februar 1959. 47 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1964a): Mikroskopiske undersøkelser av vannprøver innsamlet i Farris i perioden 17.2. - 1.11. 1963. Vestfold interkommunale vannverk. Rapport 0-57 ved Olav Skulberg. Oslo, 2. mars 1964. 11 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1964b): Vestfold interkommunale vannverk. Undersøkelse av vann fra Farris 1959 - 1963. Rapport 0-57 ved John Erik Samdal. Oslo, 30. april 1964. 23 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1972): En limnologisk undersøkelse av Farrisvatn. Rapport 0-118/69 ved Egil Gjessing og Hans Holtan. Oslo, 24. oktober 1972. 44 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1985): Overvåking i Farris - Siljan-vassdraget 1982 - 1984. Del A. Hovedrapport. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 0-186/85. ISBN 82-577-0937-9. 62 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1989): Blågrønnalger og vannkvalitet - Farris. Brev/notat til Larvik kommune, 12.10. 1989.
- Norsk institutt for vannforskning (1990 a): Undersøkelse av vannkvalitet - algeutvikling i vannkilder til Larvik kommune. Notat ved Olav Skulberg. Oslo, 26. april 1990. 4 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1990 b): Landsomfattende undersøkelse av trofittilstanden i 355 innsjøer i Norge. Rapport 0-87124 ved Bjørn Faafeng, Pål Brettum og Dag Hessen. Oslo, 31. januar 1990. 57 pp.
- Norsk institutt for vannforskning (1991): Datasamling for undersøkelsene i Farris 1990. NIVA.
- Palmer, C.M. (1959): Algae in water supplies. Public Health Service Publication No. 657. Cincinnati. 88 pp.
- 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. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. Fauna 31:48-54.
- Skulberg, O.M. (1988): Blågrønnalger - vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. Rapport 0-87006. Oslo, 15 mars 1988. 121 pp.
- Statens institutt for folkehelse (1987): Kvalitetsnormer for drikkevann. Avdeling for vannhygiene. ISBN 82-7364-013-2. Oslo. 72 pp.
- Stulp, B.K. (1983): Morphological and molecular approaches to the taxonomy of the genus Anabaena (Cyanophyceae, Cyanobacteria). Van Denderen, B.V., Groningen. 115 pp.
- Uhlmann, D. (1979): Hydrobiology. A textbook for engineers and scientists. John Wiley & Sons, Chichester. 313 pp.
- Utermöhl, H. (1958): Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. internat. Verein. Limnol. 9:1-38.
- Vennerød, K. (red.) (1984): Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Universitetsforlaget, Oslo. 283 pp.
- Wallen, C.C. (1986): Impact of present century climate fluctuations in the northern hemisphere. Geogr. Ann. 68A(4):245-278.
- Wetzel, R.G. (1975): Limnology. W.B. Saunders Company, Philadelphia. 743 pp.
- World Health Organization (1984): Aquatic (marine and freshwater) biotoxins. Environmental Health Criteria 37:1-95.

V E D L E G G



KARTSKISSE AV FARRIS

VEDLEGG 2

NOEN OPPLYSNINGER OM INNSJØEN FARRIS

Høyde over havet	22	m
Overflateareal	21,2	km ²
Nedbørfelt	484	km ²
Volum	740	mill. m ³
Største dyp	140	m
Middeldyp	35	m
Midlere avrenning	13,5	m ³ /sek
Årlig tilsig	424	mill. m ³
Teoretisk oppholdstid	21	måneder

GIFTSTOFFER (FYKOTOKSINER)

Blågrønnalger tilhørende slekten Anabaena er kjent for å kunne danne peptider og alkaloider med toksiske egenskaper. Ved oppblomstringer av slike alger i drikkevannsforsyninger er det nødvendig å gjøre undersøkelser av om toksiner kan være til stede.

Toksiner produsert av blågrønnalger kan bl.a. påvises ved akutte toksisitetstester på laboratoriedyr. Testmateriale tilføres forsøksdyrene ved en engangsdosering. Under forsøket registreres symptomer og dødsfall blant forsøksdyrene. Prøvene fra Farris ble undersøkt ved Institutt for næringsmiddelhygiene, Norges veterinærhøgskole.

Materialet til toksisitetstester var innsamlet 1.8. 1990 fra vannblomst i Farris.

Forsøksdyrene som ble benyttet til biotestene viste en død tid på 6-18 timer etter intraperitoneal injeksjon. De akutte, typiske dødssymptomer for microcystiner ble ikke observert.

Resultatene viste klart at toksin var til stede i algematerialet, og giftvirkningen karakteriseres som protrahert toksisk.

KONKLUSJON

Observasjoner og analyseresultater fra Farris, med bl.a. prøver innsamlet 1.8. 1990, dokumenterte en tydelig påvirkning av vannkvaliteten med blågrønnalger i innsjøens overflatevann (epilimnion). I innsjøens dypere vannlag (hypolimnion) - under spranlaget - var det ingen slik påvirkning av vannmassene.

Sammenfatning av situasjonen 31.7. - 2.8.1990:

1. Det var utviklet vannblomst med blågrønnalger i Farris
 - av Anabaena flos-aquae f. lemmermannii
 - som hadde produksjon av geosmin
 - og dannet toksin.
2. Under de rådende hydrografiske forhold i Farris hadde blågrønnalgene ingen praktisk betydning for vannmassene som benyttes til råvann for de offentlige vannforsyninger.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

N O T A T

Til: Næringsmiddeltilsynet, Larvik og Lardal

Fra: NIVA - Olav Skulberg

Dato: 9.8.1990

Sak: FARRIS - VANNBLOMST MED TOKSINPRODUSERENDE BLÅGRØNNALGER
SOMMEREN 1990

BAKGRUNN

Det ble i tidsrommet 31.7. - 2.8. 1990 foretatt prøvetaking i Farris i forbindelse med den pågående vannkvalitetsundersøkelse. Masseforekomst (vannblomst) av blågrønnalger ble konstatert. Kjemiske og biologiske analyser ble tilrettelagt for å bedømme organismeinnhold og vannkvalitetspåvirkning. Resultatene behandles i dette notatet.

FOREKOMST AV ALGER

Planktonet i Farris hadde et allsidig innhold av alger. Mer enn 30 arter ble identifisert, men de var representert med relativt små populasjoner. Det var blågrønnalger som hadde størst forekomst. Vannblomst ble observert i utstrakte områder av Farris. Den mikroskopiske analyse viste at arten Anabaena flos-aquae f. lemmermannii (P. Richt.) Canab. var dominerende. Koloniene av Anabaena hadde stort innslag av akineter. Dette er vanlig å observere når populasjonen er på tilbakegang etter en oppblomstringsperiode. Forholdet innebærer at det har vært et maksimum av Anabaena i Farris en tid forut for prøvetakingen.

LUKTMETABOLITTER (VOBS)

Blågrønnalgematerialet og vann som inneholdt Anabaena hadde en tydelig lukt. I områder av Farris med vannblomst var det lett å gjenkjenne den karakteristiske jordaktige lukt.

Det er et stoffskifteprodukt fra Anabaena som er årsaken til lukten. Stoffet betegnes geosmin (trans-1, 10 dimetyl - trans 9 decalol, molekylvekt 182) og kan merkes som lukt på vann ned til konsentrasjonsområdet 0.05 µg/l (T.O.C., threshold odour concentration).

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, 0808 Oslo
ISBN 82-577-1973-0