

O-93175

Vannblomst/giftige blågrønnalger i Møre og Romsdal

Undersøkelser i 1993



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-93175	Undernr.:
Løpenr.: 3124	Begr. distrib.:

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

Rapportens tittel: Vannblomst / giftige blågrønnalger i Møre og Romsdal. Undersøkelser i 1993	Dato: 18.05.94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe:	
Forfatter(e): Olav Skulberg	Geografisk område: Møre og Romsdal	
	Antall sider: 39	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Møre og Romsdal	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: Undersøkelsen av masseutvikling av blågrønnalger i innsjøer i Møre og Romsdal er en samarbeidsoppgave mellom Miljøvernavdelinga og NIVA. I 1993 inngikk 6 innsjøer i overvåkingen. Fremgangsmåten ved arbeidet og resultater er behandlet. Hjørungdalsvatnet og Bergemsvatnet hadde dominans av blågrønnalger i planktonet. Bergemsvatnet utviklet vannblomst (<i>Anabaena solitaria</i>) med toksinproduksjon i august 1993.
--

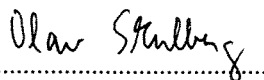
4 emneord, norske

1. Blågrønnalger
2. Vannblomst
3. Algetoksiner
4. Overvåking

4 emneord, engelske

1. Cyanophytes
2. Water blooms
3. Phycotoxins
4. Monitoring

Prosjektleder



Olav Skulberg

For administrasjonen



Dag Berge

ISBN-82-577-2581-1

O-93175

**VANNBLOMST/GIFTIGE BLÅGRØNNALGER
I MØRE OG ROMSDAL**

Undersøkelser i 1993

Fylkesmannen i Møre og Romsdal,
Miljøvernavdelinga
og
Norsk institutt for vannforskning

Forord

Det har i senere tid blitt registrert masseutvikling av blågrønnalger i enkelte innsjøer i Møre og Romsdal. Miljøvernavdelinga har fulgt utviklingen med oppmerksomhet og tilrettelagt undersøkelser av mulige skadevirkninger for vannkvalitet og helse.

Rapporten stiller sammen erfaringene som foreligger, med hovedvekt på resultater fra undersøkelsen i 1993. Denne undersøkelsen ble gjennomført i fellesskap av Miljøvernavdelinga, Næringsmiddeltilsynet for Søre Sunnmøre, Næringsmiddeltilsynet for Ytre Nordmøre, Næringsmiddeltilsynet for Indre Nordmøre og NIVA. Avd. ing. Barbro Relling, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, har vært koordinator for virksomheten. Miljøvernrådgiverne i de aktuelle kommuner har tilrettelagt den lokale prøvetaking.

Samarbeidet har blitt praktisert på beste måte. Alle som har bidratt i den positive fremføringen av oppgaven takkes for velvilje og sin arbeidsinnsats.

Oslo, 18.5. 1994

Olav Skulberg

Omslagsbilde: Masseforekomst av blågrønnalger

Torvikelva - fra Vikevatnet - og utløpsområdet i fjorden.

Ettersommeren 1992.

Fotografi: Randulf Lillebø, Åheim

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Tabelloversikt	4
Figuroversikt	5
Sammen drag	6
1. Innledning	7
2. Generelle opplysninger om blågrønnalger og fenomenet vannblomst	7
3. Oppgaver og gjennomføring	11
4. Materiale og metoder	14
5. Vannkvalitet og eutrofiering	17
6. Algevegetasjon og forekomst av blågrønnalger	30
7. Toksinpåvisning og toksiner	36
8. Henvisninger	38

Tabelloversikt

TABELL 1.	Lokaliteter som ble undersøkt i overvåkingen av blågrønnalgeoppblomstring	12
TABELL 2.	Oversikt over observasjoner og materiale fra undersøkelser i 1993	15
TABELL 3.	Fysiske og kjemiske analysemetoder.....	16
TABELL 4.	Konduktivitet.....	19
TABELL 5.	Turbiditet	19
TABELL 6.	Fargetall.....	20
TABELL 7.	Siktedyp og vannfarge.....	20
TABELL 8.	Totalfosfor	21
TABELL 9.	Totalnitrogen	21
TABELL 10.	Kjemisk oksygenforbruk	22
TABELL 11.	Observasjoner av alger i plankton	31
TABELL 12.	Antall identifiserte alger i håvtrekkmaterialet.....	35
TABELL 13.	Blågrønnalger med fremtredende forekomst.....	35
TABELL 14.	Bergemsvatnet. Resultater av toksisitetstesting 1993	37

Figuroversikt

FIGUR 1.	Kartskisse som viser innsjøenes beliggenhet	13
FIGUR 2.	Konduktivitet.....	23
FIGUR 3.	Fargetall.....	24
FIGUR 4.	Turbiditet.....	25
FIGUR 5.	Kjemisk oksygenforbruk	26
FIGUR 6.	Totalnitrogen	27
FIGUR 7.	Totalfosfor	28
FIGUR 8.	Forholdstall mellom totalnitrogen og totalfosfor	29

Sammendrag

- Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, har i samarbeid med NIVA påbegynt en undersøkelse av blågrønnalger med vannblomst og giftproduksjon i fylkets innsjøer. Et praktisk program til formålet ble utarbeidet og iverksatt i 1993.
- Seks innsjøer ble valgt ut i 1993 til overvåking. Disse omfattet lokalitetene Sandvatnet - Aure; Sagvikvatnet - Tustna; Hosetvatnet - Averøy; Bergemsvatnet - Tingvoll; Hjørungdalsvatnet - Hareid og Vikevatnet - Vanylven.
- Oppgavens gjennomføring og de anvendte metoder ved feltarbeid og analysering er behandlet.
- Kjemiske faktorer som ble bestemt var konduktivitet, fargetall, turbiditet, kjemisk oksygenforbruk, totalnitrogen og totalfosfor. Hjørungdalsvatnet, Hosetvatnet, Bergemsvatnet og Sagvikvatnet fremhevet seg med vannkvalitet som begunstiger vekst av blågrønnalger.
- Lokalitetene Hjørungdalsvatnet og Bergemsvatnet fikk vegetasjonsutvikling med blågrønnalger i dominans i planktonsamfunnene. I begge innsjøene ble det dannet vannblomst med blågrønnalger i august 1993. De øvrige lokalitetene hadde planteplankton med størst forekomst av andre algeklasser.
- Arter av blågrønnalgeslekten *Anabaena* var fremtredende i vannblomstmaterialet i Hjørungdalsvatnet og Bergemsvatnet. I Bergemsvatnet ble det påvist toksinproduksjon. Det var *Anabaena solitaria* som var årsaken til giftdannelsen med protrahert toksisk virkning.
- Det blir gitt en generell beskrivelse av fenomenet vannblomst og giftproduksjon av blågrønnalger.

1. Innledning

Miljøvernavingdelinga bestemte seg for å overvåke 6 innsjøer i fylket med tanke på oppblomstringer av blågrønnalger i 1993 (Fylkesmannen i Møre og Romsdal 1993). Det faglige innhold i oppgaven ble drøftet på et møte i Molde 18. mai 1993, og på dette grunnlag ble et praktisk program utarbeidet (NIVA 1993).

Vannblomst med blågrønnalger kan lage både direkte og indirekte negative påvirkninger av vannkvalitet. Blågrønnalgenes egenskaper med dannelse av spesielle sekundære stoffskifteprodukter er bl.a. problematiske. Disse stoffene kan gi vannmassene ubehagelig lukt og smak, og toksiner kan medføre forgiftningsfare. Forholdene knyttet til blågrønnalger i Møre og Romsdal er lite kjent, og overvåkingsoppgaven bidro med verdifullt observasjonsmateriale for den aktuelle nasjonale forskningsvirksomhet (Skulberg 1992). Denne forskningsoppgaven bearbeides i fellesskap av NIVA, Statens institutt for folkehelse og Norges veterinærhøgskole.

2. Generelle opplysninger om blågrønnalger og fenomenet vannblomst

Organismer

Blågrønnalger med giftproduserende stammer forekommer i ferskvann, brakkevann og saltvann. Det er arter fra flere systematiske grupper av blågrønnalger som har slike egenskaper. Hittil er det påvist seksten arter fra nordiske lokaliteter med stammer med utpreget toksindannelse. Av disse er to arter knyttet til brakkevann, de øvrige er ferskvannsorganismer. Marine arter har foreløpig ikke vært undersøkt her i landet i denne forbindelse.

Toksiner

Giftstoffene som blågrønnalgene produserer, er av ulik kjemisk natur. Ut fra giftvirkningene de medfører, kan det foreløpig særlig skilles ut to hovedkategorier: Polypeptider med levertoksiske effekter (f.eks. microcystiner) og alkaloider som virker på nervesystemet (f.eks. anatoksiner). Stoffe med tumorogene egenskaper er foreløpig lite studert. Det er mer enn tyve forskjellige toksiner som er under utforskning. Av disse er bare et fåtall nærmere beskrevet. Inntil en rasjonell nomenklatur er utarbeidet, blir toksinene betegnet etter organismene som produserer dem.

Vannforekomster med blågrønnalge-problemer

I alle landets fylker er det innsjøer hvor vannblomst med blågrønnalger er et regelmessig problem. Det gjelder særlig vannforekomster som mottar stor belastning av plantenæringsstoffer gjennom kloakkvannsutslipp eller avrenningsvann fra husdyrhold og jordbruksvirksomhet. De geografiske områder i Norge med stor befolkningstetthet og intensivt landbruk vil derfor samtidig ha vannforekomstene hvor masseutvikling med giftproduserende blågrønnalger kan gjøre seg gjeldende. Beliggenhet i forhold til nordlig bredde eller høyde over havet er trolig av underordnet betydning.

Vannkvalitet i vid betydning

Masseutvikling av blågrønnalger i en vannforekomst vil i seg selv gi betydelige praktiske problemer. Algebiomassen vil bl.a. være direkte og indirekte til ulempe for mange bruksinteresser. Under masseoppblomstring vil dessuten blågrønnalgene medføre forskjellige kjemiske innvirkninger på vannkvaliteten. Det dreier seg om stoffer som dannes ved blågrønnalgenes metabolisme. I denne sammenheng inngår f.eks. lukt/smak-stoffer og toksinene som blågrønnalger kan produsere, sentralt.

Vannforsyning

Algeoppblomstringer i vannforsyninger kan gi hygieniske ulemper og medføre problemer for den tekniske behandling av vannet. Ytterligere vanskeligheter melder seg hvis blågrønnalger med toksindannelse har stor forekomst i drikkevannskilder. Så vel mennesker som dyr kan da under uheldige omstendigheter bli utsatt for forgiftningsfare. Den vanlige rensetekniske behandling av drikkevann - koagulering, filtrering og klorering - er ikke tilstrekkelig til å fjerne algetoksiner fra vannet.

Når det gjelder offentlig vannforsyning, er det i Norge få tilfeller hvor det benyttes råvannskilder med regelmessig masseutvikling av blågrønnalger. For mindre anlegg, og i sammenheng med gårdsbruk o.l., er eutrofe vannkilder imidlertid ofte aktuelle.

Friluftsliv

Det er derfor trolig i sammenheng med rekreasjonsmessig bruk av vann at flest mennesker kommer i kontakt med giftproduserende blågrønnalger. Både i forbindelse med bading, leik og ved matlaging kan det være muligheter til stede for å få på seg og i seg blågrønnalger og deres toksiner. En rekke symptomer som kan følge slik påvirkning av de aktuelle stoffer er rapportert (f.eks. kvalme, oppkast, magesyke, hudutslett, øyeirritasjoner osv.). De viser tre generelle kliniske forhold: gastrointestinale forstyrrelser, organallergiske- og lokalallergiske reaksjoner.

Næringsmidler

Det er i løpet av de senere år i enkelte land tatt i bruk industriell produksjon av blågrønnalger til mat for mennesker og fôr til dyr. Denne produksjon er foreløpig i liten grad gjenstand for kontroll når det gjelder mulighet for utvikling av giftige stammer. I Norge er det særlig som helsekost at (utenlands-produserte) blågrønnalger benyttes av mennesker. I utviklingsland er det imidlertid raskt økende interesse for utnyttelse av blågrønnalgenes høye proteininnhold. Det blir f.eks. tilrettelagt for å utnytte lokale, nye kulturmuligheter til produksjon av blågrønnalger for høsting til mat. Dette innebærer en mulig risiko for at mennesker kan bli forgiftet med algetoksiner.

Anrikning i fisk

Spørsmålet om hvordan blågrønnalgetoksiner eventuelt kan anrikes i fisk og andre næringsmidler produsert i vann, er ufullstendig undersøkt. Det er i mange geografiske områder kjent at fisk kan bli uspiselig - ubrukelig som mat - på grunn av toksininnhold (ciguatera). I særlig grad synes dette forhold å være knyttet til flagellat-toksiner. De aktuelle stoffene er kjemisk til dels av samme natur som blågrønnalgetoksiner. Det er derfor grunn til å få undersøkt om liknende forhold med mulig anrikning av toksiner i næringskjeden også kan gjelde for blågrønnalgetoksiner.

Virkninger på andre organismer

Blågrønnalgetoksinene har virkninger på andre organismer i samfunnet hvor blågrønnalgene utvikler seg (allelapati). Foreløpig er disse virkninger lite studert. Det er imidlertid påvist at en rekke vannorganismer er ømfintlige for de aktuelle stoffer. Organismer som dette omfatter er bl.a. bakterier, alger, krepsdyr, insekter og fisk. Varmblodige dyr er dessuten utsatt for forgiftninger av blågrønnalger (fugl, pattedyr).

Biologisk produksjon

Det er grunn til å anta at utviklingen av toksinproduserende blågrønnalger kan ha avgjørende virkning for hele næringskjeden i aktuelle lokaliteter. I situasjoner med dominans av blågrønnalger, er dette muligens også et resultat av hvordan blågrønnalgene direkte kan påvirke konkurransen mellom organismene i planktonsamfunnet gjennom utskilling av kjemiske forbindelser.

Fiskedød

En rekke rapporter fra ulike geografiske områder behandler fiskedød knyttet til vannblomst av blågrønnalger. Dette gjelder så vel naturlige populasjoner av fisk, som i sammenheng med akvakultur. I Norge er det foreløpig bare kjent et fåtall tilfeller hvor blågrønnalger er sannsynlig årsak (direkte eller indirekte) til massedød av fisk.

Akvakultur

Det er grunn til å regne med at etter hvert som akvakulturnæringen tar i bruk eutrofe vannforekomster, vil problemer med blågrønnalger melde seg. Toksiner fra blågrønnalger kan da influere på fiskens helse og trivsel. I tillegg kan fiskens kvalitet som næringsmiddel bli påvirket.

3. Oppgaver og gjennomføring

Det overordnede mål for arbeidet er å fremskaffe faglige holdepunkter om blågrønnalgevegetasjonen i Møre og Romsdal, betingelsene for masseutvikling av giftproduserende arter og bedømmelse av eventuell forgiftningsfare. Resultatene vil legge grunnlag for praktiske mottiltak (langsiktige) og forholdsregler (beredskap) ved akutte oppblomstringssituasjoner. Undersøkelsen i 1993 ble tilrettelagt som en innføring til den skisserte oppgaven.

I TABELL 1 er lokalitetene som inngikk i overvåkingen listet opp sammen med laboratoriene som foretok de kjemiske analyser av prøvene. Den geografiske beliggenhet til innsjøene fremgår av kartskissen FIGUR 1.

Fremgangsmåten for observasjonene og prøvetakingen fremgår av veiledningen til feltarbeidet (NIVA 1993):

Med lokal bistand følges utviklingen i de utvalgte innsjøene fra uke til uke, bl.a. med vannprøver som sendes til Forurensningslaboratoriet i Møre og Romsdal. Enkle kjemiske analyser blir gjort (f.eks. konduktivitet, farge, turbiditet). Prøver for kvantitativ planktonforekomst konserveres. Sestonfilter blir tilberedt og arkivert. Prøvetakingen omfatter:

- vannprøve. En to-liters plastflaske fylles med vann fra ca 0,3 m dyp.
- håvtrekk. Planktonhåv med poreåpning 25 µm benyttes. Planktonmaterialet konserveres med nøytralisert formalin.

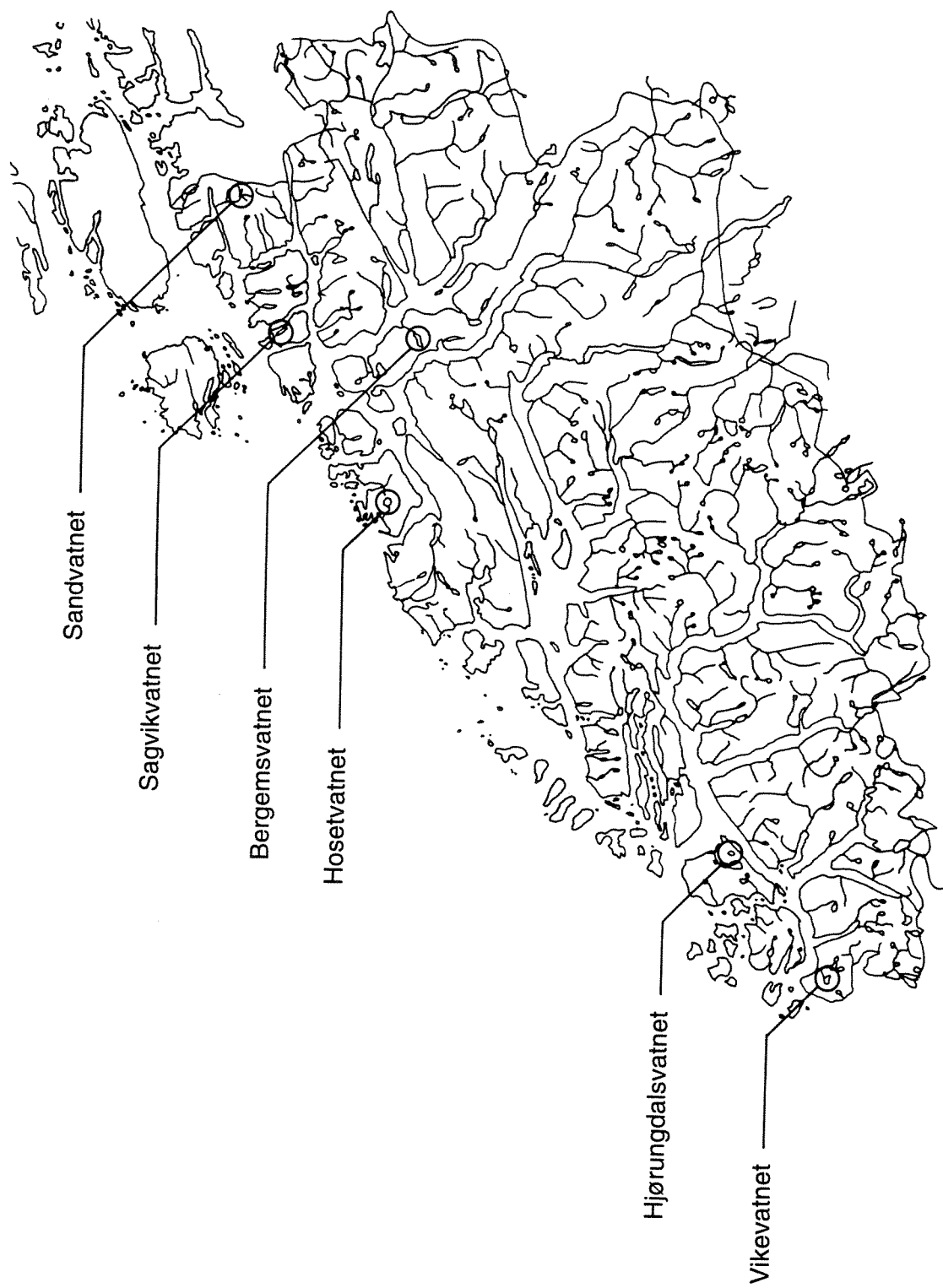
Hvis vannblomst av blågrønnalger (masseutvikling som setter farge på innsjøens vannmasser) utvikler seg, blir det foretatt innsamling av:

- vannblomstmateriale. En fem-liters plastkanna fylles med mest mulig konsentrert algemasse.
- vannprøver. En to-liters plastflaske fylles med vann fra ca 0,3 m dyp.

Materialet og vannprøven sendes på raskeste måte til NIVAs laboratorium i Oslo.

TABELL 1 Lokalteter som ble undersøkt i overvåkingen av blågrønnalgeoppblomstring.
Møre og Romsdal 1993.

Innsjø	Kommune	Målinger av farge/turbiditet/konduktivitet	Kjemiske analyser
Vikevatnet	Vanylven	Næringsmiddeltilsynet for Søre Sunnmøre	Forurensningslaboratoriet i Møre og Romsdal
Hjørungdalsvatnet	Hareid	" "	" "
Bergemsvatnet	Tingvoll	Næringsmiddeltilsynet for Indre Nordmøre	" "
Hosetvatnet	Averøy	Næringsmiddeltilsynet for Ytre Nordmøre	" "
Sagvikvatnet	Tustna	" "	" "
Sandvatnet	Aure	" "	" "



FIGUR 1. Kartskisse som viser innsjøenes beliggenhet.

4. Materiale og metoder

I TABELL 2 er det gitt en oversikt over materiale og observasjoner fra undersøkelsen i 1993. Sestonfiltere (Skulberg 1978), kvantitative planktonprøver (Brettum 1984) og håvtrekkprøver (Larsson 1984) er oppbevart i samlinger på NIVA.

Laboratoriemetodene som ble anvendt var de rutinemessige for undersøkelser av vannkvalitet (TABELL 3). Identifikasjon og kvalitative undersøkelser av alger ble foretatt med optisk mikroskop (Christensen 1988).

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

TABELL 2 Oversikt over observasjoner og materiale fra undersøkelser i 1993.

Innsjø	Prøvetakings- datoer 1993	Vannprøve	Sestonfilter	Kvant. plankton-prøve	Håvtrekk- prøve
Vikevatnet	29.07, 04.08, 11.08, 18.08, 25.08, 01.09, 08.09, 15.09, 22.09	Alle datoer	Alle datoer	04.08, 01.09, 08.09, 15.09, 22.09	25.08
Hjørungdalsvatnet	20.07, 27.07, 05.08, 11.08, 20.08, 26.08, 01.09, 08.09, 15.09, 23.09, 29.09	Alle datoer	Alle datoer	20.07, 27.07, 05.08, 11.08, 20.08, 08.09, 15.09, 23.09, 29.09	26.08
Bergemsvatnet	20.07, 28.07, 02.08, 10.08, 16.08, 23.08, 30.08, 06.09, 13.09, 27.09	Alle datoer	Alle datoer	20.07, 28.07, 02.08, 10.08, 16.08, 23.08, 30.08, 06.09, 13.09, 27.09	30.07
Hosetvatnet	11.08, 18.08, 24.08, 31.08, 07.09, 14.09, 22.09, 01.10	Alle datoer	Alle datoer	11.08, 18.08, 24.08, 31.08, 07.09, 14.09, 22.09, 01.10	11.08
Sagvikvatnet	05.08, 13.08, 19.08, 26.08, 17.08, 01.10	Alle datoer	Alle datoer	05.08, 13.08 , 19.08, 26.08, 17.08, 01.10	03.09
Sandvatnet	06.08, 26.08, 01.09, 07.09, 15.09, 22.09, 30.09	Alle datoer	Alle datoer	06.08, 26.08, 01.09, 07.09, 15.09, 22.09, 30.09	03.09

TABELL 3 Fysiske og kjemiske analysemetoder

Analyseparameter	Enhet	Deteksjonsgrense	Metode
Konduktivitet	mS/m, 25°C	0,05 mS/m	NS 4721
Turbiditet	FTU	0,05 FTU	NS 4723
Farge	mg Pt/l	1 mg/l	NS 4787
Totalfosfor	µg P/l	1 µg/l	NS 4725
Totalnitrogen	µg N/l	10 µg/l	NS 4743
Kjemisk oksygenforbruk	mg O/l	0,5 mg/l	NS 4759

NS = Norsk standard

5. Vannkvalitet og eutrofiering

De seks innsjøene som undersøkelsen omfatter, ligger spredt over et stort område av fylket (FIGUR 1). Geografiske faktorer vil variere mye (Fylkeslandbrukskontoret i Møre og Romsdal 1990), og dette vil gi ulike forutsetninger for eutrofiering (Skulberg 1981, Brun 1992). Resultatene fra det kjemiske analysearbeidet demonstrerer en tilsvarende stor bredde i stofflige konsentrasjonsnivåer og forandringer.

Kjemiske og fysiske data fra undersøkelsen er samlet i syv tabeller (TABELL 4-10). Noen karakteristiske trekk ved innsjøenes vannkvalitet kan omtales. Middelverdier, maksimums- og minimumsverdier for miljøfaktorene gir viktige holdepunkter. De grafiske fremstillinger (FIGUR 2-8) benyttes til formålet.

Vannmassene i disse innsjøene hadde utpreget lave verdier for konduktivitet - <10 mS/m (FIGUR 2). Dette er i overensstemmelse med de fremherskende geologiske forhold i fylket (Holtedal 1953). Særlig lave verdier ble funnet i Sandvatnet (1,0 mS/m). Hosetvatnet hadde de høyeste verdier (9-10 mS/m). Fargetallet var også spesielt høyt - >114 mg Pt/l - i Hosetvatnet (FIGUR 3). De øvrige lokalitetene varierte i området 21-40 mg Pt/l. Bergemsvatnet fremhevet seg med sitt store variasjonsområde i verdier for turbiditet (0,5-9,5 FTU). Masseutviklingen med blågrønnalger bidro til forholdet. De øvrige lokalitetene hadde turbiditetsverdier i området 0,3-3,1 FTU (FIGUR 4). Når det gjelder innhold av organisk stoff i vannmassene, var Hosetvatnet sterkest belastet. Her varierte kjemisk oksygenforbruk i området 12,1-16,8 mg O/l (FIGUR 5). For de øvrige lokalitetene var verdiene <9 mg O/l.

Konsentrasjoner og mengder av plantenæringsstoffer er avgjørende faktorer for utviklingen av alger. Dette gjelder så vel algesamfunnets sammensetning som artenes mengdemessige utvikling. Verdier for total nitrogen er fremstilt i FIGUR 6. Tre av lokalitetene fremhever seg med relativt høye konsentrasjoner av nitrogenforbindelser. Det er Bergemsvatnet, Hosetvatnet og Hjørungsdalsvatnet med respektive maksimumsverdier 840, 830 og 520 $\mu\text{g N/l}$. De øvrige lokalitetene hadde maksimumsverdier for totalnitrogen <280 $\mu\text{g N/l}$. For totalfosforets vedkommende var Hosetvatnet og Bergemsvatnet i særstilling med minimumsverdier på henholdsvis 69 og 26 $\mu\text{g P/l}$. De fire andre lokalitetene hadde minimumsverdier i området 5-14 $\mu\text{g P/l}$.

Forholdstallet mellom totalnitrogen og totalfosfor kan benyttes til vurdering av begrensende næringsstoff for algevekst (Claesson 1978). Når TN/TP forholdet går under verdien 10, vil nitrogenforbindelser bli begrensende for algevekst. De aktuelle verdiene for de undersøkte

innsjøene er vist i FIGUR 8. Hosetvatnet og Sandvatnet hadde de laveste minimumsverdier for TN/TP forholdet, henholdsvis 8 og 9. De fire øvrige lokaliteter hadde minimumsverdier for forholdstallet i området 15-32. Alle disse verdier er imidlertid relativt lave, og underbygger den betydning *Anabaena*-arter har i de respektive planktonsamfunnene (organismer med nitrogenbinding, Skulberg 1988).

Det var innsjøene Hjørungdalsvatnet, Hosetvatnet, Bergemsvatnet og Sagvikvatnet som fremhevet seg som blågrønnalgelokaliteter (se avsnitt 6). Dette er hovedsakelig i harmoni med hva de kjemiske holdepunkter utsier om vannmassenes kvalitet. Men mange spørsmål reiser seg også, og forteller om begrensningene i den foreliggende kunnskap om problemstillingene det gjelder.

TABELL 4. Konduktivitet (mS/m)

Lokalitet	Uke 29	Uke 30	Uke 31	Uke 32	Uke 33	Uke 34	Uke 35	Uke 36	Uke 37	Uke 38	Uke 39
Vikevatnet		6,2	5,7	5,2	5,8	6,4	5,9	4,9	6,4	5,3	
Hjørungdalsvatnet	8,2	7,8	6,5	6,7	7,7	9,1	7,7	6,5	7,7	7,1	7,1
Hosetvatnet				8,8	9,1	10	8,8	8,8	9,1	8,8	8,3
Bergemsvatnet	4,1	4,5	4	4,2	4,1	3,6	4,1	4,2	3,9	4,2	5,2
Sagvikvatnet			4,5	5,6	5,5	4,4			5,6		4,8
Sandvatnet			<1,0			<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

TABELL 5 Turbiditet (FTU)

Lokalitet	Uke 29	Uke 30	Uke 31	Uke 32	Uke 33	Uke 34	Uke 35	Uke 36	Uke 37	Uke 38	Uke 39
Vikevatnet		0,38	0,25	0,33	0,3	0,32	0,33	0,37	0,3	0,57	
Hjørungdalsvatnet	1,3	0,57	0,65	0,6	1	1,2	3	1	1,3	1,3	0,9
Hosetvatnet				1,8	1,75	1,7	2,1	3,1	3	2,3	2
Bergemsvatnet	4	5	5	5,5	9	9,5	5,5	2	0,75	0,8	0,55
Sagvikvatnet			0,84	0,8	0,77	0,71			1,3		0,73
Sandvatnet			1,6			1,02	0,89	1,3	1,3	0,86	1,8

TABELL 6. Fargetall (mg Pt/l)

Lokalitet	Uke 29	Uke 30	Uke 31	Uke 32	Uke 33	Uke 34	Uke 35	Uke 36	Uke 37	Uke 38	Uke 39
Vikevatnet		21	28	23	40	34	35	43	42	39	
Hjørungdalsvatnet	42	34	58	39	43	37	60	48	46	50	47
Hosetvatnet				114	114	119	128	151	150	168	147
Bergemsvatnet	40	40	55	55	70	65	50	45	50	45	55
Sagvikvatnet			26	34	37	43			49		41
Sandvatnet			37			49	46	31	44	48	41

TABELL 7 Siktedyp (Secchiskive) og vannfarge (visuelt bedømt)

Lokalitet	Dato - 1993	Siktedyp (m)	Vannfarge
Vikevatnet	25.08	4,0	brunliggul
Hjørungdalsvatnet	26.08	2,3	brunliggul
Hosetvatnet	11.08	1,2	rødligbrun
Bergemsvatnet	19.08	0,6	grønnligbrun
Sagvikvatnet	03.09	2,1	grønnligbrun
Sandvatnet	03.09	2,2	grønnligbrun

TABELL 8 Totalfosfor ($\mu\text{g P/l}$)

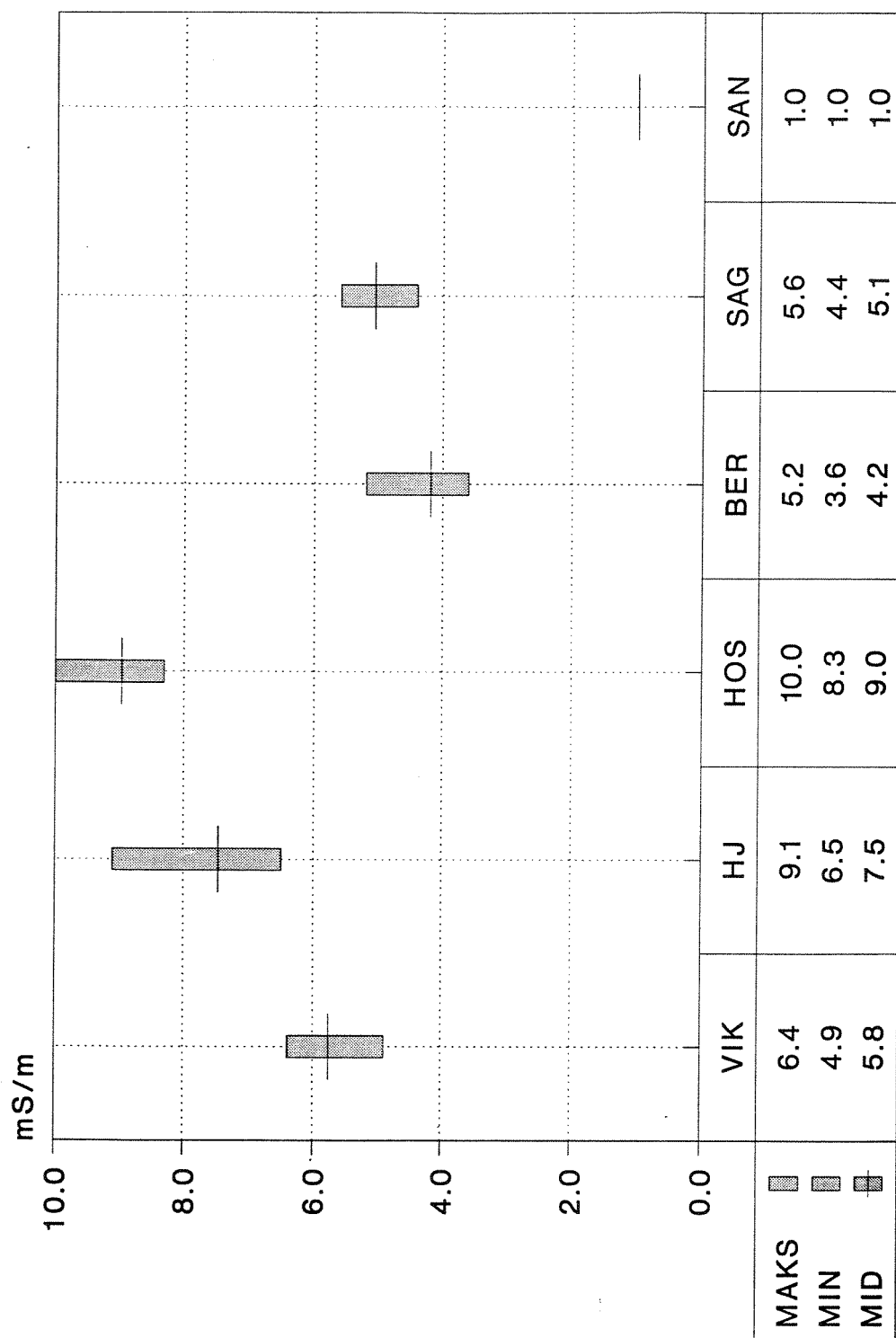
Lokalitet	August	September	Oktober	November
Vikevatnet	8	5	10	6
Hjørungdalsvatnet	14	25	25	
Hosetvatnet	69	88	83	
Bergemsvatnet	26			
Sagvikvatnet		8	10	11
Sandvatnet		27	23	7

TABELL 9. Totalnitrogen ($\mu\text{g N/l}$)

Lokalitet	August	September	Oktober	November
Vikevatnet	200	160	150	160
Hjørungdalsvatnet	330	430	520	
Hosetvatnet	570	800	830	
Bergemsvatnet	840			
Sagvikvatnet		200	230	260
Sandvatnet		230	280	130

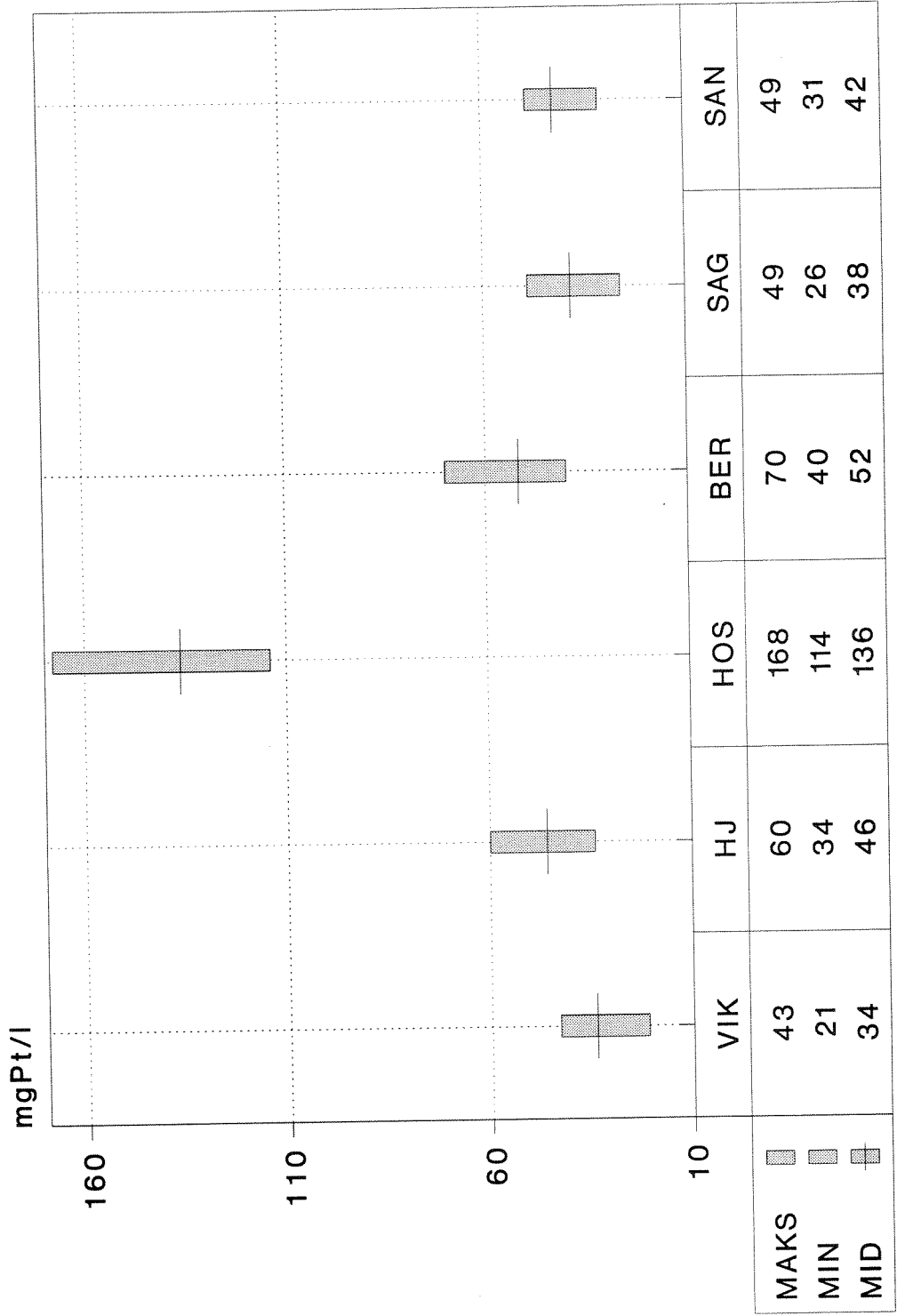
TABELL 10. Kjemisk oksygenforbruk (mg O/l)

Lokalitet	August	September	Oktober	November
Vikevatnet	3,3	3,9	4,3	4,6
Hjørungdalsvatnet	4,5	6,4	8,6	
Hosetvatnet	12,1	14,2	16,8	
Bergemsvatnet	8,8			
Sagvikvatnet		7,4	6,7	7,3
Sandvatnet		6,8	6	3,5

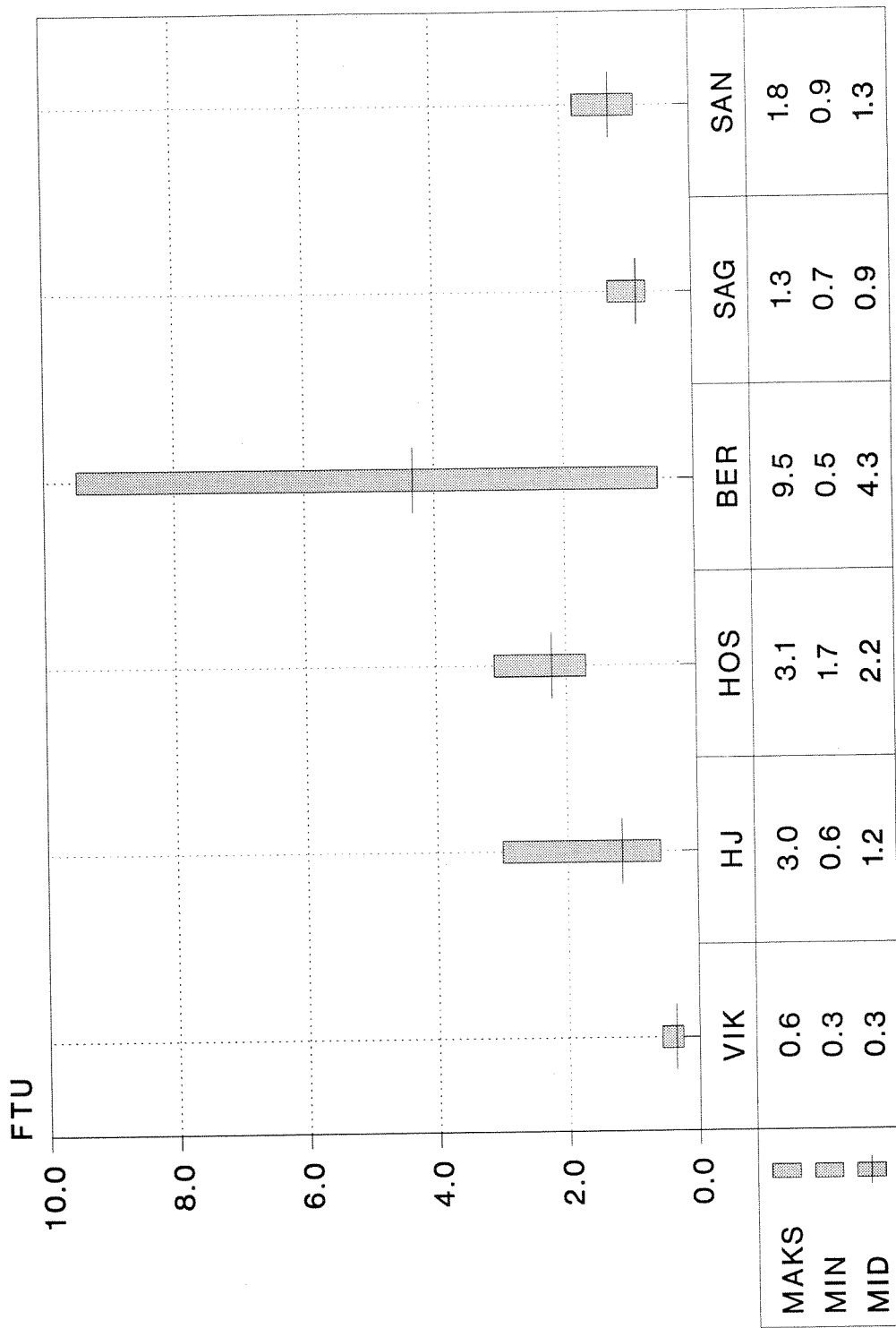


FIGUR 2. Konduktivitet

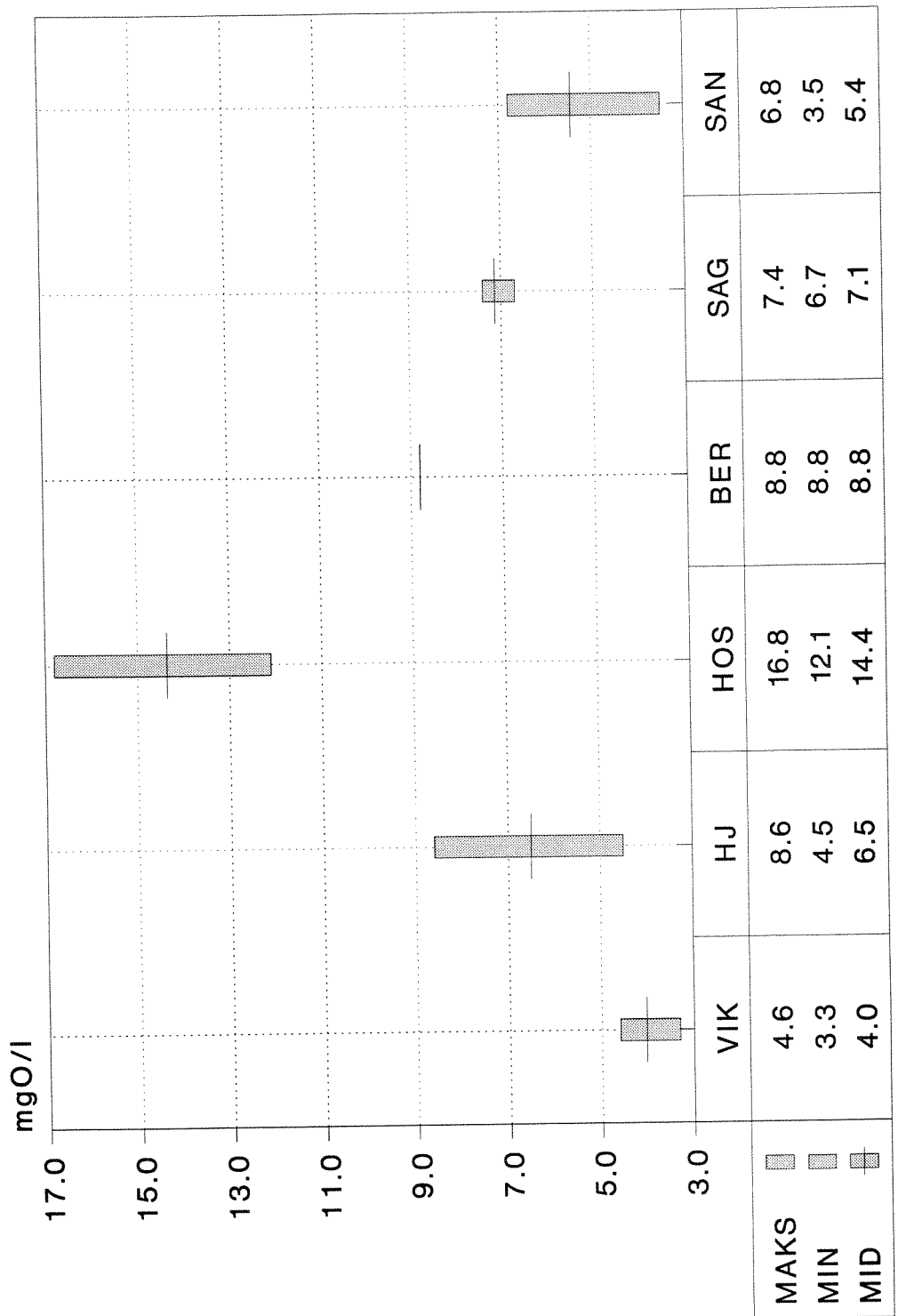
Forkortelser: VIK = Vikevatnet, HJ = Hjørungdalsvatnet, HOS = Høsetvatnet, BER = Bergemsvatnet, SAG = Sagvikvatnet, SAN = Sandvatnet.



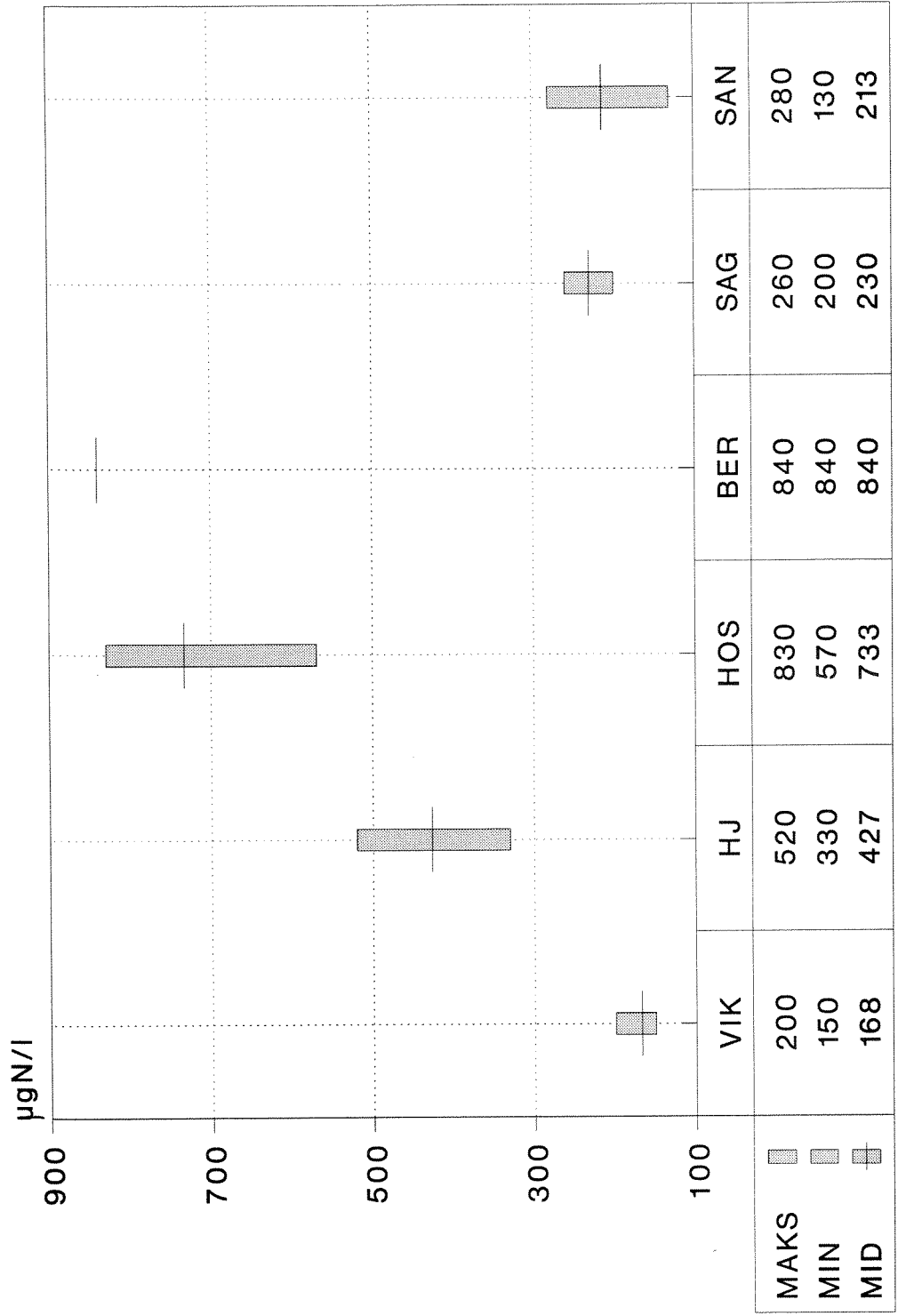
FIGUR 3 Fargetall



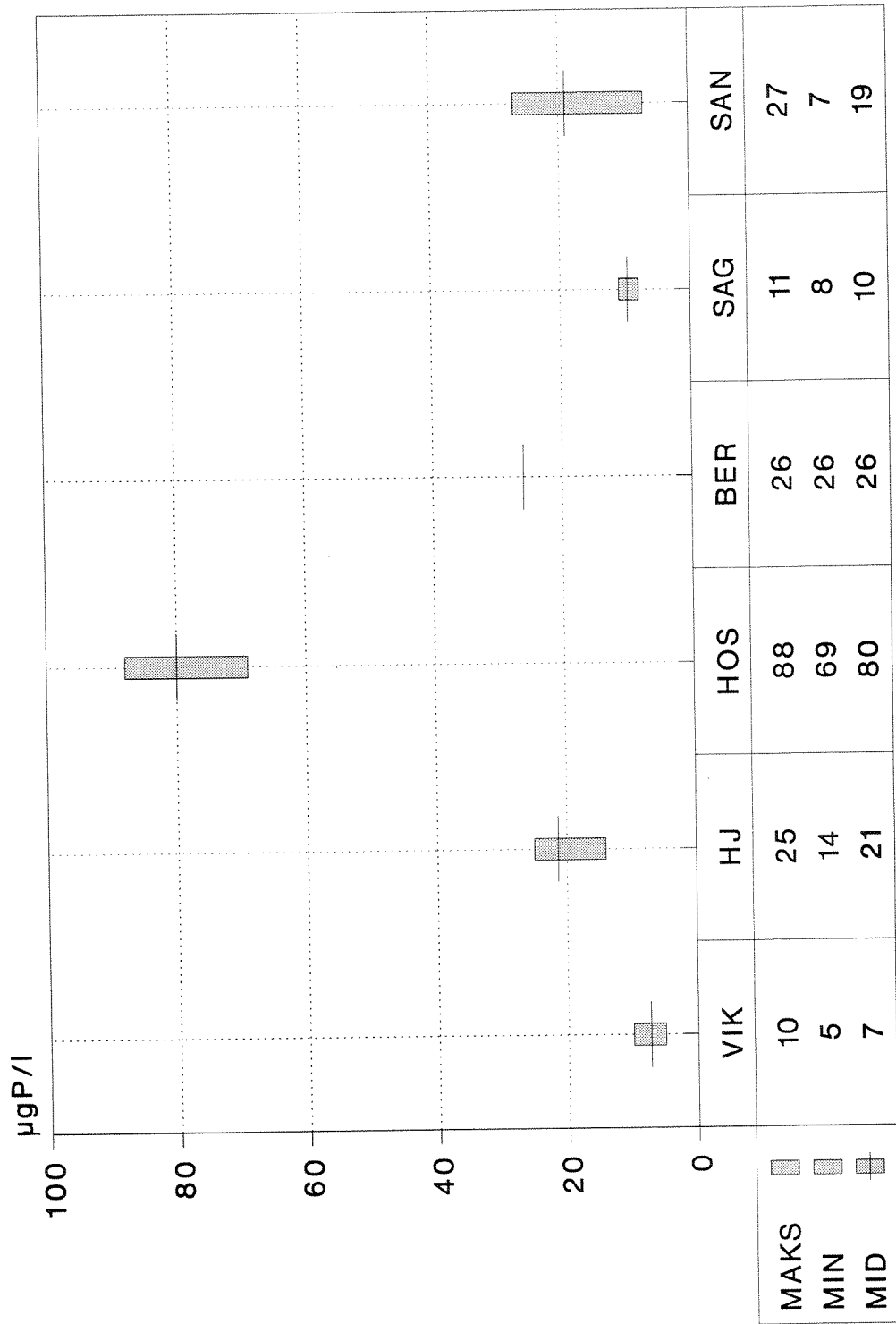
FIGUR 4 Turbiditet



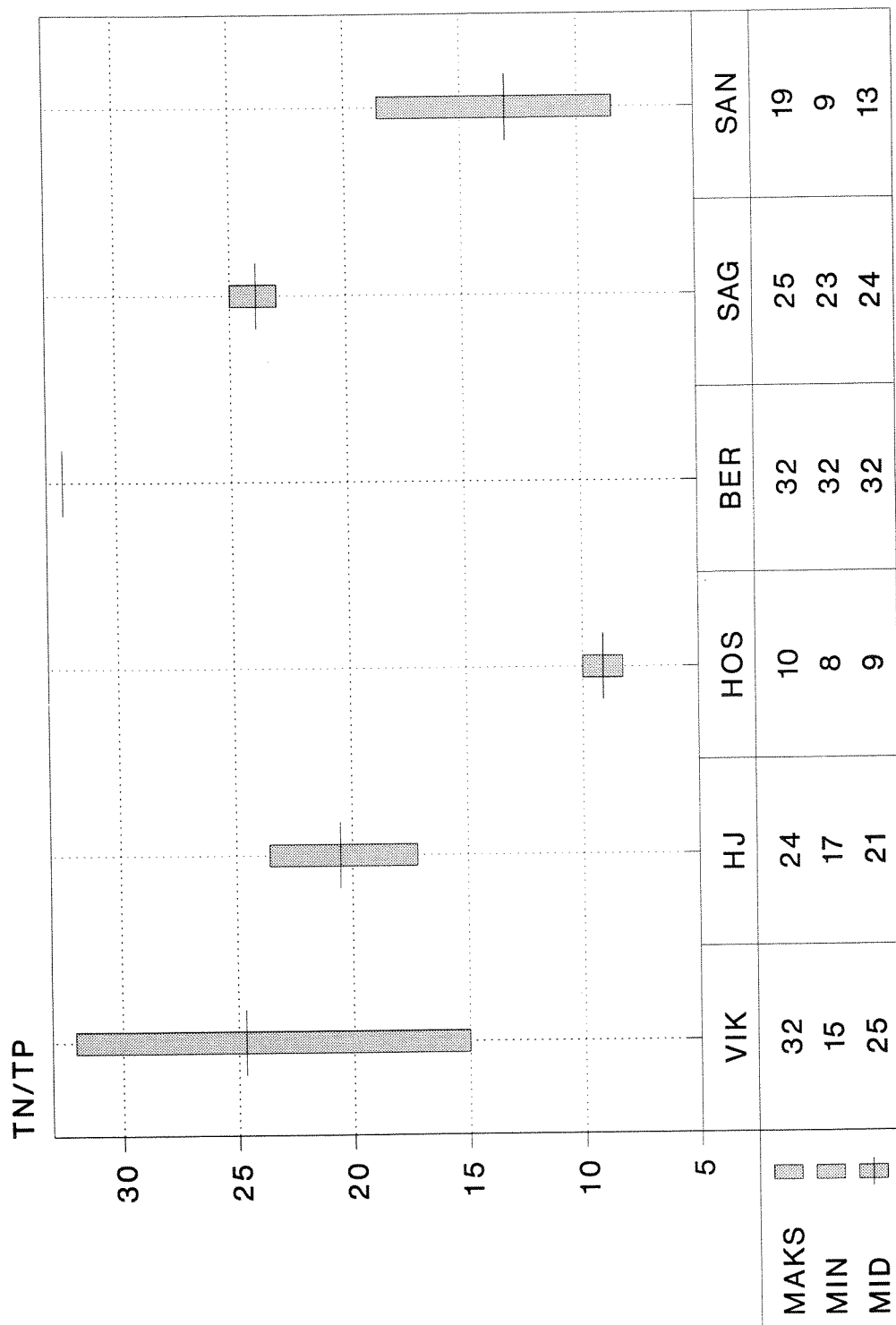
FIGUR 5 Kjemisk oksygenforbruk



FIGUR 6 Totalnitrogen



FIGUR 7 Totalfosfor



FIGUR 8 Forholdstall mellom totalnitrogen og totalfosfor.

6. Algevegetasjon og forekomst av blågrønnalger

Det ble foretatt en kvalitativ undersøkelse av forekomst av alger i innsjøenes plankton. Håvtrekkprøvene og sestonfiltrene ble benyttet til formålet. Materialet av prøver til kvantitative analyser (TABELL 2) er foreløpig ikke bearbeidet.

I TABELL 11 er det gjort en sammenstilling av observasjonene av alger fra de seks innsjølokalitetene. Artene som inngikk i planktonsamfunnet gir en hensiktsmessig indikasjon på forhold knyttet til vanntype, påvirkningsgrad og innsjøtilstand. Det er imidlertid et sparsomt materiale av prøver som inngår i denne behandling. Artsantallet ville øke betydelig for de enkelte lokalitetene ved et mer inngående studium. Likevel gir erfaringen fra undersøkelsen et nyttig holdepunkt for en praktisk bedømmelse av biologisk vannkvalitet.

En oversikt over antall identifiserte alger i håvtrekkmaterialet er laget i TABELL 12. Grønnalger var gjennomgående den artsrikeste algeklasse. Blågrønnalger, kiselalger og flagellater (chrysophyceer og euglenophyceer) var omtrent representert med samme antall arter. Hjørungdalsvatnet fremhevet seg med å ha størst diversitet (22 algearter, hvorav 14 arter grønnalger).

I lokalitetene Hjørungdalsvatnet, og Bergemsvatnet var blågrønnalger de dominerende arter i planktonsamfunnene. De øvrige lokalitetene var derimot dette året preget av planteplankton med større forekomst av andre algeklasser. TABELL 13 viser blågrønnalgene med stor mengdemessig betydning i de respektive innsjøer. Masseforekomst av blågrønnalger ble i 1993 bare registrert i Hjørungdalsvatnet og Bergemsvatnet. På begge lokalitetene ble det i august utviklet vannblomst.

TABELL 11. Observasjoner av alger i plankton. Håvtrekkmateriale, 25 µm.

Vurdering av kvantitet:

- ikke observert 3 Vanlig
- 1 Sporadisk 4 Mye
- 2 Lite 5 Dominant

Organisme	Vikevatnet 25.08.1993	Hjørungdalsvatnet 26.08.1993	Hosetvatnet 11.08.1993	Bergemsvatnet 30.07.1993	Sagvikvatnet 03.09.1993	Sandvatnet 03.09.1993
BLÅGRØNNALGER						
<i>Anabaena flos-aquae</i> Bréb. ex Born. et Flah.	-	3	1	-	-	-
<i>Anabaena lemmermannii</i> P. Richt.	-	4	2	4	4	-
<i>Anabaena solitaria</i> Kleb.	-	-	-	5	-	-
<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.	-	-	-	1	-	-
<i>Gomphosphaeria naegeliana</i> (Ung.) Lemm.	-	-	3	-	-	-
<i>Lyngbya</i> C.Ag. ex Gom. sp. (9 µm)	-	-	-	-	-	1
<i>Merismopedia elegans</i> A.Br.	2	-	-	-	-	-
<i>Pseudanabaena</i> Lauterb. sp. (6 µm)	-	2	-	2	-	1
KISELALGER						
<i>Asterionella formosa</i> Hass.	4	1	2	-	2	-
<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehrenb.) Kütz.	-	-	-	1	-	-
<i>Nitzschia linearis</i> W.Sm.	-	-	-	1	-	-
<i>Synedra acus</i> Kütz.	-	-	-	1	-	-

TABELL 11 (forts.)

Organisme	Vikevatnet 25.08.1993	Hjørungdalsvatnet 26.08.1993	Hosetvatnet 11.08.1993	Bergemsvatnet 30.07.1993	Sagvikvatnet 03.09.1993	Sandvatnet 03.09.1993
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	1	-	-
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	-	4	-	-	3	-
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.	-	-	1	1	3	2
GRØNNALGER						
<i>Arthrodesmus incus</i> Bréb. et Ralfs	-	1	-	-	2	-
<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.	-	3	-	-	-	-
<i>Chlamydomonas</i> Ehrenb. sp. (15 µm)	-	1	-	1	-	-
<i>Closterium acutum</i> Ralfs	-	-	4	-	-	-
<i>Cosmarium depressum</i> (Näg.) Lund	1	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium humile</i> (Gay) Nordst.	-	-	-	-	-	1
<i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Kom.	2	-	-	-	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	-	2	-	-	-	-
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.	2	3	-	-	-	-
<i>Microspora Thuret</i> sp. (12 µm)	-	-	-	-	-	2
<i>Mougeotia</i> Ag. sp. (14 µm)	-	-	-	-	1	2
<i>Oocystis lacustris</i> Chod.	1	-	-	-	-	1
<i>Oocystis parva</i> W. et G.S. West	-	-	-	1	-	-
<i>Pandorina morum</i> (Müll.) Bory	1	-	-	1	-	-
<i>Phacotus lenticularis</i> Ehrenb.	-	1	-	-	-	-

TABELL 11 (forts.)

Organisme	Vikevatnet 25.08. 1993	Hjørungdalsvatnet 26.08. 1993	Hosetvatnet 11.08. 1993	Bergemsvatnet 30.07. 1993	Sagvikvatnet 03.09.1993	Sandvatnet 03.09.1993
<i>Quadrigula pfizeri</i> (Schröd.) G.M. Smith	1	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus acutus</i> (Meyen) Chod.	-	-	-	1	-	-
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chod.	4	3	-	-	-	-
<i>Spirogyra Link</i> sp. (22 µm)	-	-	-	-	-	3
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. et G.M. West	-	3	-	-	-	-
<i>Spondylosium secedens</i> (De Bary) Arch.	-	2	-	1	-	-
<i>Staurastrum alternans</i> Bréb.	-	-	-	-	-	1
<i>Staurastrum cingulum</i> G.M. Smith	-	-	-	-	1	1
<i>Staurastrum longipes</i> (Nordst.) Teil.	-	1	-	-	-	-
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen	-	1	-	-	-	-
<i>Staurastrum pelagicum</i> W. et G.S. West	-	1	-	-	-	-
<i>Staurastrum planctonicum</i> Teil.	-	1	-	-	1	-
<i>Staurastrum pseudopelagicum</i> W. et G.S. West	-	1	-	-	2	-
<i>Trochiscia aciculifera</i> (Lagerh.) Hansg.	-	1	-	-	-	-
<i>Xanthidium antilopaeum</i> Ehrenb. ex Kütz.	-	-	-	-	1	-
FLAGELLATER						
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Schrank	-	-	-	-	2	-
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.	-	2	-	-	2	-
<i>Dinobryon sociale</i> Ehrenb.	1	2	-	-	1	1

TABELL 11 (forts.)

Organisme	Vikevatnet 25.08. 1993	Hjørungdalsvatnet 26.08. 1993	Hosetvatnet 11.08. 1993	Bergemsvatnet 30.07. 1993	Sagvikvatnet 03.09.1993	Sandvatnet 03.09.1993
Mallomonas caudata Ivanov	-	-	3	-	-	-
Mallomonas elongata Rev.	-	-	3	1	-	-
Mallomonas tonsurata Teil.	-	-	4	-	-	-
Peridinium cinctum (O-F- Müller) Ehrenb.	-	-	-	-	1	-
Peridinium willei Huitf.-Kaas	3	-	-	-	-	-
Trachelomonas volvocina Ehrenb.	-	2	4	-	-	-
VARIA						
Leptothrix ochracea (Roth) Kütz.	-	-	3	-	-	2
Cyster	3	-	-	-	1	-

TABELL 12. Antall identifiserte alger i håvtrekkmaterialet.

Organismer	Blågrønnalger	Kiselalger	Grønnalger	Flagellater	Varia	Sum
Lokalitet						
Vikevatnet	1	1	7	2	1	12
Hjørungdalsvatnet	3	2	14	3	-	22
Hosetvatnet	3	2	1	4	1	11
Bergemsvatnet	4	5	5	1	-	15
Sagvikvatnet	1	3	6	4	1	15
Sandvatnet	2	1	7	1	1	12
Hele materialet	8	7	30	9	2	56

TABELL 13 Blågrønnalger med fremtredende forekomst

Lokalitet	Organisme	Vannblomst
Hjørungdalsvatnet	Anabaena lemmermannii Anabaena flos-aquae	August 1993
Hosetvatnet	Gomphosphaeria naegeliana	Ikke observert
Bergemsvatnet	Anabaena lemmermannii Anabaena solitaria	August 1993
Sagvikvatnet	Anabaena lemmermannii	Ikke observert

7. Toksinpåvisning og toksiner

Det har siden 1987 vært et samarbeid mellom Miljøvernavdelinga, Fylkesmannen i Møre og Romsdal, og NIVA om undersøkelser av vannblomst og toksinproduserende blågrønnalger i fylket.

Toksiner produsert av blågrønnalger kan påvises ved akutte toksisitetstester på laboratoriedyr. Testmateriale tilføres forsøksdyrene ved en engangsdosering. Under forsøket registreres symptomer og dødsfall blant forsøksdyrene. Etter en intraperitoneal injeksjon - i.p., innsprøytning i bukhulen - observeres latensperiode, forgiftningssymptomer, dødstid og anatomiske forandringer (Berg et al. 1987).

Ved undersøkelsen i 1993 ble det benyttet en inndeling i tre kategorier av blågrønnalgetoksiner etter de aktuelle forgiftningsevirkninger (Skulberg et al. 1992):

- nevrotoksisk, rask død inntreffer innen 5-10 minutter etter i.p. injeksjon
- hepatotoksisk, død inntreffer innen 1-4 timer etter i.p. injeksjon med massive leverskader
- protrahert toksisk, død inntreffer innen 4-24 timer etter i.p. injeksjon uten observerbare organskader.

Av de undersøkte innsjøene i 1993 var det Bergemsvatnet som utviklet toksinproduserende stammer av blågrønnalger i dominans (Skulberg 1993). Oppblomstringen av *Anabaena solitaria* ble fulgt med observasjoner gjennom ettersommeren, og det var denne arten som viste toksiske egenskaper. TABELL 14 gir en oversikt over resultatene av de utførte biotester for påvisning av akutt toksisitet.

Også i 1991 hadde Bergemsvatnet vannblomst med en toksinproduserende stamme av *Anabaena solitaria* (Skulberg 1991). Tilsvarende som i 1993 var populasjonen i 1991 heller ikke toksisk i begynnelsen av oppblomstringen (juli), men utviklet toksisitet under kulminasjonen av sin vekst (august). Årsakene til dette er ukjent, men observasjonen gir et viktig forskningsmessig holdepunkt.

Toksinene som hittil er påvist hos blågrønnalger i Møre og Romsdal, tilhører to kategorier, henholdsvis microcystiner og stoffer med protrahert toksisk effekt.

- Microcystiner. Dette er kjemiske forbindelser som utgjør strukturelt sykliske hepta- og

pentapeptider. De relevante forbindelser omfatter omlag 50 forskjellige varianter med denne molekyloppbygning (Utkilen 1992). Når det gjelder giftighetsgrad varierer stoffene fra meget giftige (f.eks. microcystin-LR, LD₅₀ - 50 µg/kg kroppsvekt) til lite giftige.

I 1989 hadde Hjørungdalsvatnet en oppblomstring (august) med en stamme av *Anabaena flos-aquae* som produserte toksinet microcystin-LR.

- Stoffer med protraisert toksisk effekt. Dette er en heterogen samling av foreløpig ukjente forbindelser som gir giftvirkning. Til denne kategori kan også lipopolysakkarider (LPS) regnes. De aktuelle LPS stoffene dannes av blågrønnalgene som en bestanddel av celleveggene. Disse forbindelser kan bl.a. forårsake hudirritasjoner og gastrointestinale sykdommer (Utkilen 1992).

I Møre og Romsdal er hittil de fleste tilfeller av oppblomstringer med toksinproduserende blågrønnalger knyttet til organismer/stoffer med protraisert toksisk effekt. En vannblomstutvikling av sjelden intensitet og med vedvarende toksinproduksjon fant f.eks. sted i Vikevatnet ettersommeren 1992 (se omslagsbildet). Det var *Anabaena lemmermannii* som utviklet stammer med dannelse av toksiner av protraisert type (Skulberg 1992). Det blir en viktig forskningsoppgave å kunne karakterisere de kjemiske forbindelser som inngår i dette toksinkompleks.

TABELL 14. Bergemsvatnet. Resultater av toksisitetstesting 1993.

Prøvetakings- dato	Dominerende art	Dødstid (forsøksmus)	Merknader
21.07.	<i>Anabaena solitaria</i>	Overlevde 24 timer	Ikke toksisk
16.08.	<i>Anabaena solitaria</i>	Død innen 24 timer	Protraisert toksisk virkning, levervektprosent 4,2
25.08.	<i>Anabaena solitaria</i>	Død innen 24 timer	Protraisert toksisk virkning, levervektprosent 4,3

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.
- Brettum, P. (1984): Planteplankton, telling. I Kåre Vennerød (red.): Vassdragsundersøkelser, en metodebok i limnologi. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 146-154.
- Brun, P.F. (1992). Overvåking av fjorder og vassdrag i Møre og Romsdal 1989-1991. Rapport nr. 9/92. Miljøvernavdelinga. Fylkesmannen i Møre og Romsdal. 95 pp.
- Claesson, A. (1978): Research on recovery of polluted lakes. Algal growth potential and the availability of limiting nutrients. *Acta Universitatis Upsaliensis*. 461 pp.
- Fylkeslandbrukskontoret i Møre og Romsdal (1990): Landbruk 2000. Landbruket i Møre og Romsdal mot år 2000. ISBN 82-90393.34.2. Molde. 160 pp.
- Fylkesmannen i Møre og Romsdal (1993): Overvåking av blågrønnalgeoppblomstring i Møre og Romsdal. Brev. Molde 12.08.1993.
- Holtedal, O. (1953): Norges geologi. Bind I og II. Norges geologiske undersøkelse nr. 164. Oslo. 1118 pp.
- Larsson, P. (1984): Dyreplankton. I Kåre Vennerød (red.): Vassdragsundersøkelser, en metodebok i limnologi. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 179-190.
- Norsk institutt for vannforskning (1993): Problemer med vannblomst/giftige blågrønnalger i Møre og Romsdal. Notat, 4.6. 1993. 2 pp.
- Skulberg, O.M. (1978): Sestonobservasjoner ved vassdragsundersøkelser. *Fauna* 31: 48-54.
- Skulberg, O.M. (1981): Når innsjøer og elver blir overgjødset - kulturbetinget eutrofiering og algevekst. Norsk institutt for vannforskning årsbok 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. (1991): Blågrønnalgeoppblomstring i Bergemsvatnet, Tingvoll, sommeren 1991. NIVA-notat, 15. oktober 1991, Oslo, 3 pp.
- Skulberg, O.M. (1992): Masseutvikling av toksinproduserende blågrønnalger i 1992. Notat til Statens forurensningstilsyn, 4.12. 1992. NIVA, O-92044, 6 pp.
- Skulberg, O.M. (1993): Bergemsvatnet - toksinproduserende blågrønnalger til stede i høstplanktonet. Brev til Miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Møre og Romsdal. Oslo, 5.10. 1993. 1 p.
- Skulberg, O.M., Underdal, B., Utkilen, H. & Andersen, R.A. (1992): Voksende problem i Norge: Blågrønnalger med toksinproduksjon. Statens næringsmiddeltilsyn, NÆRkontakt 2/92. 4 pp.
- Utkilen, H. (1992): Cyanobacterial Toxins. In: Mann, N.H. & Carr, N.G. (eds.): Photosynthetic Prokaryotes. Plenum Press, New York. pp. 211-231.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

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

ISBN 82-577-2581-1