



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

## **Oppfølgende undersøkelser i Mosvatnet 1999**

RF-2000/113



RF – Rogalandforskning. <http://www.rf.no>

Vår referanse: <b>623/654837</b>	Forfatter(e): <b>Åge Molversmyr</b>	Versjonsnr. / dato: <b>Vers. 1 / 13.06.2000</b>
Ant. sider: <b>30</b>	Faglig kvalitetssikrer: <b>Steinar Sanni</b>	Gradering: <b>Åpen</b>
ISBN: <b>82-490-0044-7</b>	Oppdragsgiver(e): <b>Stavanger kommune</b>	Åpen fra (dato):
Forskningsprogram:	Prosjekttittel: <b>Oppfølgende undersøkelser i Mosvatnet og Madlabekken</b>	

Sammendrag/konklusjoner:

Forholdene i Mosvatnet i 1999 var avvikende fra det en har registrert tidligere år, ved at det var lavt algeinnhold og klart vann gjennom hele sesongen. Forekomsten av blågrønnalger var ubetydelig. Selvreinsningsevnen er fortsatt høy, og synes ikke å være nevneverdig svekket i perioden etter rotenontiltaket i 1987. Fosforinnholdet i vannmassene er fortsatt høyt, høyere enn det som ble registrert på midten av 90-tallet. Nitrogeninnholdet har derimot avtatt de senere årene, og nitrogen vil dermed lettere kunne bli begrensende for algeveksten. Dette kan medføre økt risiko for blågrønnalgeoppblomstringer.

Sedimentet i Mosvatnet er svært fosforrikt, og fosforinnholdet i det øverste sedimentsjiktet synes å ha økt de senere årene. Betydelige mengder fosfor er potensielt mobiliserbare, og vil kunne frigjøres til vannmassene avhengig av forholdene i innsjøen. Sedimentet må antas å være en viktig fosforkilde for planteplanktonet i Mosvatnet, og en må derfor forvente at det kan ta lang tid før innsjøen viser respons på reduserte fosfortilførsler slik en synes å ha oppnådd i Madlabekken.

Det ble ikke registrert oppvekst av makrovegetasjon i Mosvatnet i 1999, til tross for at det var klart vann gjennom hele sommeren. Det kan synes som om vannstandsvariasjoner er en nøkkelfaktor her, og at opprettholdelse av normal vannstand om sommeren kan motvirke etableringen av slike bestander. En kan imidlertid forvente at oppvekst av makrovegetasjon vil bli vanligere dersom siktforholdene i innsjøen forbedres ytterligere.

Det er usikkert hva som forårsaket de lave /avvikende algeforekomstene i Mosvatnet i 1999. Høy tilgjengelighet av næringsstoffer (fosfor) gjør at en fortsatt må forvente at oppblomstringer av blågrønnalger vil forekomme. Det er imidlertid sannsynlig at den biologiske selvreinsningsevnen vil være høy også i årene fremover, og at dette vil motvirke omfattende algeoppblomstringer tidlig på sommeren.

Emne-ord:

Eutrofiering, Restaurering, Biomanipulering, Blågrønnalger, Daphnia, Makrofytter, Sediment

RF - Rogalandforskning er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på NS - EN ISO 9001

Prosjektleder  
Åge Molversmyr

for RF - Rogalandforskning  
Kåre Netland

# FORORD

*RF – Rogalandsforskning har på oppdrag fra Stavanger kommune utført undersøkelser i Mosvatnet i 1999, som en oppfølging av tidligere undersøkelser i innsjøen. Et enkelt program for overvåking av vannkvalitet er gjennomført, for å kunne vurdere tilstand og utvikling av vannkvaliteten i Mosvatnet med tanke på kjemiske og biologiske faktorer. Undersøkelsene omfattet både vannsøylen og sedimentet.*

*Undersøkelsen er finansiert av Stavanger kommune ved kommunalavdeling Tekniske Driftstjenester – Vei, Vann og Avløp.*

*Innsamling av prøver og registreringer i felt er utført av seniorforsker Åge Molversmyr ved RF. Kjemiske analyser er utført ved RFs miljølaboratorium, som er akkreditert i henhold til kvalitetsnormen EN 45001 for en lang rekke kjemiske og biologiske metoder. Analyse av planteplankton er utført av dr. philos Øyvind Løvstad (Limno-Consult), mens dyreplankton er analysert av cand. real Svein Birger Wærvågen (Høyskolen i Hedmark).*

*Bearbeiding av data og rapportering er utført av seniorforsker Åge Molversmyr, og faglig kvalitetssikrer har vært seniorforsker Steinar Sanni.*

*Stavanger, 13. juni 2000.*

# INNHOOLD

SAMMENDRAG .....	1
1. INNLEDNING .....	2
2. MATERIALE OG METODER .....	3
2.1 Prøvetaking.....	3
2.2 Analysemetoder.....	3
3. RESULTATER OG DISKUSJON .....	5
3.1 Vannmassene i Mosvatnet.....	5
3.2 Sedimentet i Mosvatnet.....	9
3.3 Tilstand og utvikling i Mosvatnet .....	14
3.4 Konklusjoner .....	18
4. REFERANSER.....	19
DATAVEDLEGG .....	21

---

# SAMMENDRAG

I 1999 var forholdene i Mosvatnet på flere måter avvikende fra det som er registrert tidligere. Innholdet av planteplankton var lavt gjennom hele sesongen, med bare en moderat oppvekst om våren. Sammensetningen av planteplanktonet var dessuten forskjellig fra tidligere år, med et betydelig innslag av svelgflagellater og grønnalger, mens blågrønnalger knapt ble registrert. Forekomsten av *Daphnia* var stort sett høye gjennom hele sommersesongen, og selvrensningsevnen i innsjøen var dermed tilsvarende høy. Disse forholdene medførte uvanlig klart vann gjennom hele sommeren og høsten, men til tross for det ble det ikke registrert nevneverdig oppvekst av makrovegetasjon fra sedimentoverflaten. Det kan synes som om vannstanden i innsjøen er en nøkkelfaktor her, og at opprettholdelse av normal vannstand om sommeren kan motvirke etableringen av slike bestander. En kan imidlertid forvente at oppvekst av makrovegetasjon vil bli vanligere dersom siktforholdene i innsjøen forbedres ytterligere.

Fosforinnholdet i vannet var betydelig høyere i 1999 enn det som ble registrert på midten av 90-tallet. Fosforinnholdet har variert betydelig fra år til år, og det har ikke vært tydelige trender i utviklingen, kanskje med unntak av årene umiddelbart etter rotenontiltaket. Disse variasjonene skyldes neppe variasjoner i ytre fosfortilførsler til innsjøen, men indikerer at sedimentet kan bidra med betydelige interne tilførsler. Nitrogeninnholdet har derimot avtatt de senere årene, og målinger av løste næringsstoff-fraksjoner indikerer at nitrogen jkan ha vært begrensende for algeveksten i store deler av veksts sesongen i 1999. Avtakende nitrogeninnhold, samtidig som tilgjengeligheten av fosfor opprettholdes, vil øke sannsynligheten for nitrogenbegrensning av planteplanktonet i større deler av veksts sesongen. Dette kan medføre økt risiko for blågrønnalgeoppblomstringer.

Sedimentet i Mosvatnet er svært fosforrikt, og fosforinnholdet i det øverste sedimentsjiktet synes å ha økt de senere årene. Jerninnholdet i sedimentet er også høyt, tilstrekkelig høyt til å binde fosfor i det øverste aerobe sedimentlaget og hindre vesentlig utlekking av fosfor under normale forhold. Betydelige mengder fosfor er imidlertid potensielt mobiliserbare, og vil avhengig av forholdene i innsjøen kunne frigjøres til vannmassene. Siden vannvolumet er lite i forhold til sedimentarealet, vil selv moderate mengder frigjort fosfat kunne ha stor betydning for fosforkonsentrasjoner og algevekst i vannsøylen. Sedimentet må derfor antas å være en viktig fosforkilde for planteplanktonet i Mosvatnet, og en må derfor forvente at det kan ta lang tid før innsjøen viser respons på reduserte fosfortilførsler slik en synes å ha oppnådd i Madlabekken. Det er imidlertid lite sannsynlig at sediment/vann-prosessene vil medføre varig negativ utvikling av vannkvaliteten, dersom en unngår økte ytre forurensningstilførsler.

Det er usikkert hva som forårsaket de lave/avvikende algeforekomstene i Mosvatnet i 1999. Den relativt høye tettheten av *Daphnia* gjennom hele sommersesongen kan ha bidratt til å strukturere samfunnet av planteplankton, utover den rene beiteeffekten. Det er imidlertid uklart hvor stor betydning dette har hatt, og hvilke andre faktorer som var bestemmende for utviklingen av planteplanktonet dette året.

Høy tilgjengelighet av næringsstoffer (fosfor) gjør at en fortsatt må forvente at blågrønnalgeoppblomstringer vil forekomme. Det er imidlertid sannsynlig at den biologiske selvrensningsevnen vil være høy også i årene fremover, og at dette vil motvirke omfattende algeoppblomstringer tidlig på sommeren.

---

# INNLEDNING

# 1

Høy trofigrad og gjentatte problemer med høy algebiomasse var bakgrunnen for at Mosvatnet i 1987 ble behandlet med rotenon. Med dette strakstiltaket ble en stor bestand av planktonspisende fisk eliminert, noe som dannet grunnlag for større bestander av algebeitende dyreplankton i innsjøen. Dermed økte innsjøens egen evne til å ta imot forurensning og omsette forurensningsstoffene på en mer ønskelig måte (økt biologisk selvrensningsevne).

RF - Rogalandsforskning har i årene etter dette gjort undersøkelser i Mosvatnet for å følge utviklingen av vannkvaliteten. Undersøkelsene pågikk frem til 1996, da mangel på finansiering gjorde at disse ble stoppet. Hovedkonklusjonen etter sesongen 1995 var at selvrensningsevnen fortsatt var høy, og den synes ikke å være nevneverdig svekket i løpet av årene etter rotenonbehandlingen. Fosforinnholdet var imidlertid høyt, og høyere de siste årene enn i den første perioden etter rotenontiltaket. Til tross for dette var det relativt lavt algeinnhold og klart vann i størstedelen av sommersesongene (Molversmyr 1996). Resultater fra utviklingen i Mosvatnet i årene etter rotenonbehandlingen har vært presentert internasjonalt (Sanni & Wærvågen 1990; Molversmyr & Wærvågen 1997), og en oppsummering er under utarbeidelse for publisering i anerkjent fagtidsskrift.

Det har imidlertid vært årvisse oppblomstringer av blågrønnalger på ettersommeren / høsten (starter vanligvis i slutten av august), med varierende intensitet og varighet. I 1998 var det derimot en tilsynelatende kraftig oppvekst av blågrønnalger relativt tidlig på sommeren, som skapte betydelig medieoppmerksomhet i juli / august.

Det har også vært episoder med oppvekst av makrovegetasjon fra bunnsedimentene, knyttet til forbedret lysgjennomtrenging (klarere vann) og reduksjoner av vannstand. Det kan også nevnes at data fra studentoppgaver i tilknytning til RFs overvåking i 1993 og 94 viste at nitrogen var like begrensende som fosfor for algeveksten i Mosvatnet på ettersommeren og høsten. Upubliserte data viser at tilsvarende forhold også gjaldt for sesongen 1995.

Det plantebaserte rensesystemet for Madlabekken (renseparken) ble anlagt i 1990, som et tiltak for å redusere ytre næringsstofftilførsler til Mosvatnet. RF gjorde en undersøkelse av effektene av denne i 1991-92 (Molversmyr 1992). En ny rensepark er planlagt etablert, i forbindelse med den kommende utvidelsen av Tjensvollkrysset.

Det er derfor ønske om en oppdatert vurdering av tilstanden i Mosvatnet, og utvikling av vannkvaliteten de siste årene. Undersøkelsene i 1999 har vært en oppfølging av de tidligere undersøkelsene i innsjøen, og har hatt som mål å skaffe data for å kunne vurdere tilstand og utvikling med tanke på kjemiske og biologiske faktorer. Undersøkelsene i 1999 omfattet både vannsøylen og sedimentet.

# MATERIALE OG METODER

# 2

## 2.1 Prøvetaking

Det ble lagt opp til et relativt enkelt overvåkingsprogram i Mosvatnet, med i alt 12 prøvetakinger i perioden mars – oktober 1999 (se datavedlegg for nærmere tidsangivelse).

I felt ble det målt temperatur, oksygen, siktedyp og farge mot siktedypsskive. Vannprøver til ulike kjemiske og biologiske analyser ble tatt med en rørprøvetaker (Ramberghenter) som gir en blandprøve av vannsøylen 0-2 meter. Prøve til surhetsgrad ble tatt i egen flaske, og analysert ved tilbakekomst til laboratoriet.

I 1999 ble det ved en anledning (10.05.99) tatt sedimentprøver for nærmere karakterisering av sedimentet i innsjøen. Prøver ble tatt med en rørprøvetaker for uttak av korte sedimentkjerner (Skogheim 1979), og intakte sedimentkjerner ble tatt med tilbake til laboratoriet for videre oppsplitting og analyse. Sedimentprøvene ble tatt ved om lag 3 meters dyp.

## 2.2 Analysemetoder

Vannprøvene ble fordelt i felt direkte i egnede prøveflasker/-begre for oppbevaring og analyse. Prøver som ble oppbevart før analyse ble konserverert ved frysing. Følgende analysemetoder ble brukt (NS = Norsk Standard; Norges Standardiseringsforbund):

*Temperatur og Oksygen.* Målt med et WTW feltoksygenmeter OXI 196, med en EOT 196-4 elektrode.

*Surhetsgrad (pH).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4720, med et Radiometer PHM 82 pH-meter og kombinert elektrode (Radiometer GK 2401 C).

*Total fosfor (TP).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4725 ("total fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator.

*Løst reaktivt fosfor (SRP).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4725 ("orto-fosfat fosfor"), tilpasset en ChemLab autoanalysator. Modifikasjon: filtertype Whatman GF/C.

*Total nitrogen (TN).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator.

*Nitrat + nitritt ( $NO_x-N$ ).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4743, tilpasset en ChemLab autoanalysator. Filtrert gjennom Whatman GF/C filter. (I teksten for enkelthets skyld kalt nitrat,  $NO_3$ ). Analysene er ikke korrigert for nitritt ( $NO_2$ ).

*Ammonium ( $NH_4$ ).* Målt i henhold til Norsk standard NS 4746, tilpasset en ChemLab autoanalysator. Filtrert gjennom Whatman GF/C filter.

*Reaktivt silikat (RSi).* Målt i henhold til Standard Methods 4500-Si E.

*Klorofyll a (Kla).* Metode med Aceton/DMSO (Klaveness 1984). Spektrofotometer: Perkin-Elmer Lamda 7. Filtertype: Whatman GF/C.

*Planteplankton.* Prøver for kvantitativt planteplankton ble konserverert med sur lugol, og telt i omvendt mikroskop (Utermöhl 1958) etter metode beskrevet av Willén (1976).

*Dyreplankton.* Prøver for kvantitativt dyreplankton ble konserverert med sur lugol, og analysert ved hjelp av binokularlupe.

Sedimentkjerner ble i laboratoriet splittet i 1-5 cm tykke segmenter / sjikt. Ulike fosforfraksjoner i disse sedimentsjiktene ble ekstrahert i henhold til en sekvensiell metode beskrevet av Psenner *et al.* (1984) og modifisert av Hupfer *et al.* (1995), og etter metode beskrevet av Hieltjes & Lijklema (1980). Innholdet av løst reaktivt fosfor (SRP) i ekstraktene ble bestemt i henhold til Norsk standard NS 4725 (se ovenfor). Fosforinnholdet i sedimentrestene etter ekstraksjonene, ble analysert etter oppløsning med  $K_2S_2O_8$  ved  $120^\circ C$  i 1 time. Tabell 1 viser en oversikt over de sekvensielle ekstraksjonsprosedyrene, og hvilke fosforfraksjoner en forventer å finne.

Tørrstoff og gløderest i de opprinnelige sedimentsjiktene ble bestemt i henhold til Norsk standard NS 4764, etter tørking ved  $105^\circ C$  og gløding ved  $550^\circ C$ . Innholdet av total fosfor i sedimentet ble dessuten bestemt i henhold til metode beskrevet av NIVA (1990). I tillegg ble innholdet av jern (Fe) bestemt i sediment etter oppløsning i mikrobølgeovn. Bestemmelsene ble gjort ved atomabsorpsjonsspektrometri i flamme, i henhold til Norsk standard NS 4773 og NS 4776, på et Perkin Elmer 3030B atomabsorpsjonsspektrofotometer.

Tabell 1. Oversikt over sekvensielle prosedyrer for ekstraksjon av fosfor, samt forventede fosforfraksjoner målt som løst reaktivt fosfor (SRP).

Psenner <i>et al.</i> (1984) / Hupfer <i>et al.</i> (1995)		Hieltjes & Lijklema (1980)	
Ekstraksjon (tid)	Forventet P-fraksjon	Ekstraksjon (tid)	Forventet P-fraksjon
1. 1 M $NH_4Cl$ (0.5 t)	Løst og svakt bundet P.	1. 1 M $NH_4Cl$ (2 t)	Løselig bundet P (labilt-P).
2. 0.11 M $Na_2S_2O_6$ (1 t) (bikarbonat/dithionit)	Redoks-sensitivt P, bundet til jernhydroksid og manganforbindelser.		
3. 1 M NaOH (16 t)	P bundet til metalloksider (særlig Fe og Al); inorganiske P-forbindelser som er løsbare i lut (base).	2. 0.1 M NaOH (17 t)	Jern-/aluminiumbundet P (Fe,Al-P).
4. 0.5 M HCl (16 t)	P bundet til karbonater samt apatitt-P, spor av hydrolysert organisk P.	3. 0.5 M HCl (24 t)	Kalsiumbundet P (Ca-P).
5. $K_2S_2O_8$ , $120^\circ C$ (1t)	Organisk og annet tungtløselig P (residual-P).	4. $K_2S_2O_8$ , $120^\circ C$ (1t)	Residual-P.



# RESULTATER OG DISKUSJON

# 3

## 3.1 Vannmassene i Mosvatnet

I årene før rotenonbehandlingen og fjerningen av sik, var det fra tidlig på sommeren vanlig med kraftige oppblomstringer av blågrønnalger (*Microcystis*, *Anabaena*, *Gomphosphaeria*; Sanni 1988). Dyreplanktonet var dominert av små arter (hjuldyr), mens den store vannloppen *Daphnia galeata* var fåtallig. Forekomster av denne arten var dominert av små individer, som ble spist av sik når de ble så store at de ble synlige for siken (Sanni & Wærvågen 1990). *Daphnia galeata* kan beite alger svært effektivt og derved redusere algeinnholdet i vannet om sommeren. Arten er derfor viktig for den biologiske selvrensningsevnen. Dette ser også ut til å kunne påvirke strukturen og næringsstrømmen i planktonsamfunnet på en måte som demper blågrønnalgeoppblomstringer (Olsen 1988), og i enkelte tilfeller bidra til å redusere totalinnholdet av fosfor i vannmassene (Olsen & Vadstein 1989).

Virkingen av rotenontiltaket viser seg først og fremst om sommeren når *Daphnia* naturlig har størst forekomst. I Rogaland er temperaturen vanligvis høy nok også om høsten til at blågrønnalger kan blomstre opp, noe som har vært tilfellet i Mosvatnet flere av årene etter rotenontiltaket. Oppblomstringene har normalt startet om ettersommeren /høsten (vanligvis i slutten av august), og hatt varierende intensitet og varighet. I 1998 var det derimot en tilsynelatende kraftig oppvekst av blågrønnalger som startet relativt tidlig på sommeren, men en mangler dessverre data om vannkvaliteten i innsjøen dette året.

### 3.1.1 Biologiske forhold

I 1999 var utviklingen av algesamfunnet i Mosvatnet avvikende fra det en har observert tidligere år, og blågrønnalger ble knapt registrert, selv på ettersommeren (figur 1). Derimot var det forekomsten av grønnalger betydelig. Innholdet av kiselalger var dessuten lavt, og særlig kan en bemerke at oppveksten om våren var relativt ubetydelig i forhold til det som har vært vanlig de fleste av de foregående årene. En kan dessuten bemerke at silikatinholdet i vannet ikke på noe tidspunkt i undersøkelsesperioden var slik at det ville begrense veksten av kiselalger, og det ble bare moderat redusert i forbindelse med oppveksten av kiselalger i august (se datavedlegg). Spesielt for 1999-sesongen var dessuten et høyt innslag av svelgflagellater (Cryptomonader) gjennom det meste av måleperioden, med relativt store maksima om våren og sent på høsten. Det er første året at denne algegruppen er registrert med så store forekomster (biomasse). I tillegg var det betydelige forekomster av små uspesifiserte alger (såkalte  $\mu$ -alger) om våren. Ingen av disse artene regnes som "problemalger".

Total algebiomasse og dermed klorofyllinnholdet i Mosvatnet var generelt lavere enn det som er registrert de fleste tidligere år (figur 1). Det at en unngikk oppbygging av algebiomasse utover sommeren med påfølgende biomassetopp av blågrønnalger, gjorde at vannet var uvanlig klart gjennom hele sesongen. Siktedypet var større enn 2.5 meter, og i perioder betydelig større enn vanddyppet i innsjøen (som er omlag 3 meter), med unntak av en periode på våren med relativt moderat algemaksimum (figur 1).

Til tross for at lystilgangen til sedimentet dermed var relativt god gjennom hele sommeren, ble det ikke registrert oppvekst av makrovegetasjon fra sedimentoverflaten slik en sist gjorde i 1995. Det året var det også svært klart vann om sommeren, samtidig som vannstanden i innsjøen avtok betydelig (Molversmyr 1996). Dette medførte betydelig økt lystilgang til sedimentoverflaten (lysgjennomtrengningen svekkes eksponensielt med vanddyptet), og gunstige forhold for oppvekst av makrovegetasjon. At en ikke fikk tilsvarende oppvekst av makrovegetasjon i 1999 kan trolig settes i sammenheng med at vannstanden i innsjøen stort sett holdt seg stabilt høy, uten vesentlig reduksjon om sommeren (figur 1).

Analyse av dyreplanktonet viste at forekomsten av *Daphnia galeata* (arten som særlig bidrar til innsjøens selvrensningsevne) var relativt høy, og holdt seg høy gjennom hele perioden mai-september (med unntak av i begynnelsen av juni; figur 1). Selv om individtallet ved toppen om våren var lavere enn tidligere, var tettheten utover sommeren høyere enn det som har vært vanlig de senere årene. Dette viser at selvrensningsevnen fortsatt er høy i Mosvatnet, og at effektene av rotenontiltaket i 1987 fortsatt er tydelige.

Nå skal det bemerkes at planteplanktonets sammensetning i sesongen 1999 var slik at det antakelig var større innhold av beitbare alger enn tidligere år, og forholdene for *Daphnia* kan dermed ha vært gunstigere. At en unngikk høy andel av lite beitbare blågrønnalger i planteplanktonet kan ha medvirket til at forekomsten av *Daphnia* ble opprettholdt utover sommeren.

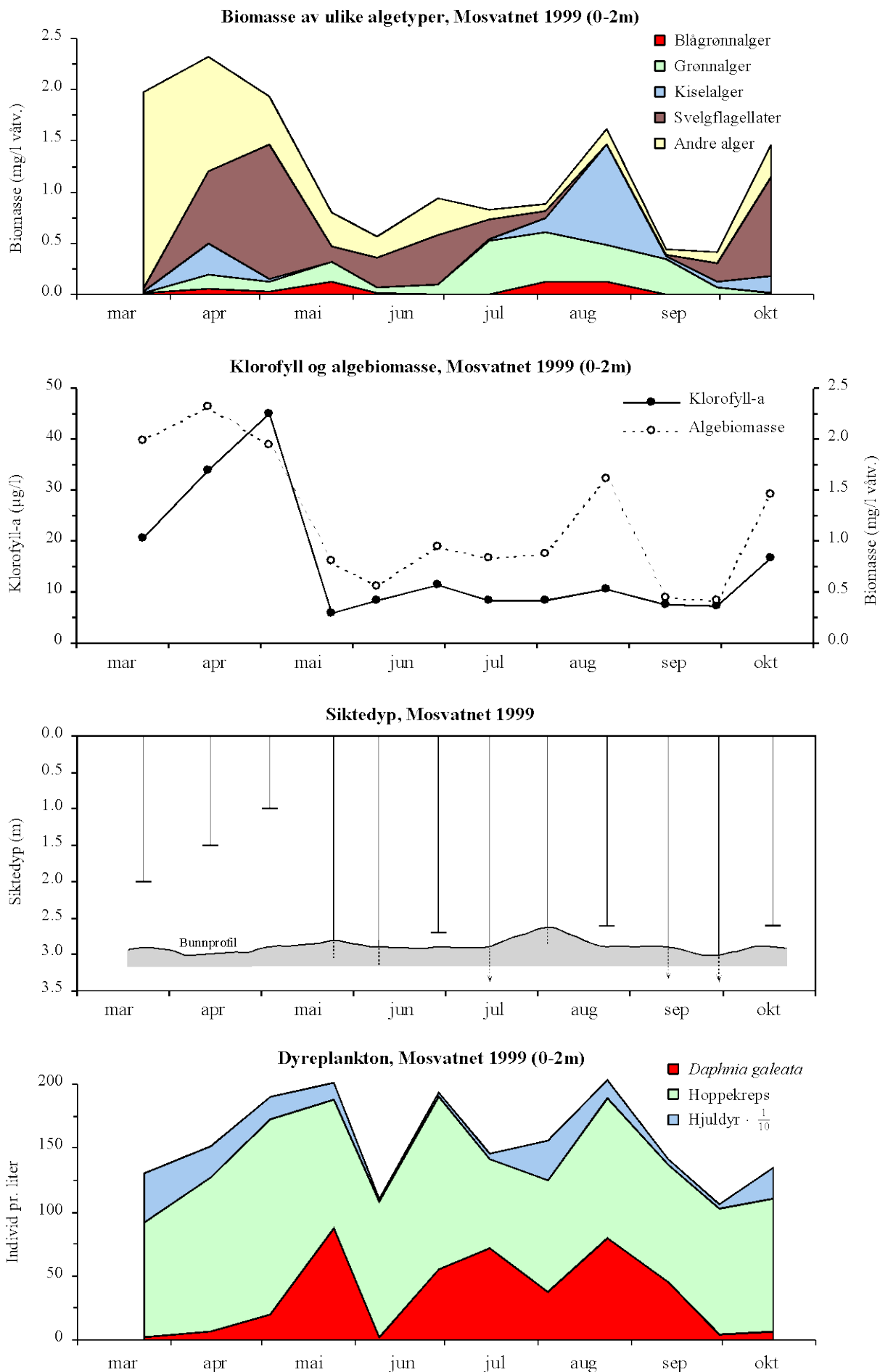
### 3.1.2 Næringsstoffer og andre kjemiske forhold

Målinger av oksygen og pH viste at det var kraftig fotosynteseaktivitet i begynnelsen av mai (figur 2). Overmetningen av oksygen var betydelig (ca. 120% metning), og pH var høy (8.9). Dette var sammenfallende med en biomassetopp av svelgflagellater, som avtok raskt mot slutten av mai etter hvert som biomassen av *Daphnia* økte (figur 1).

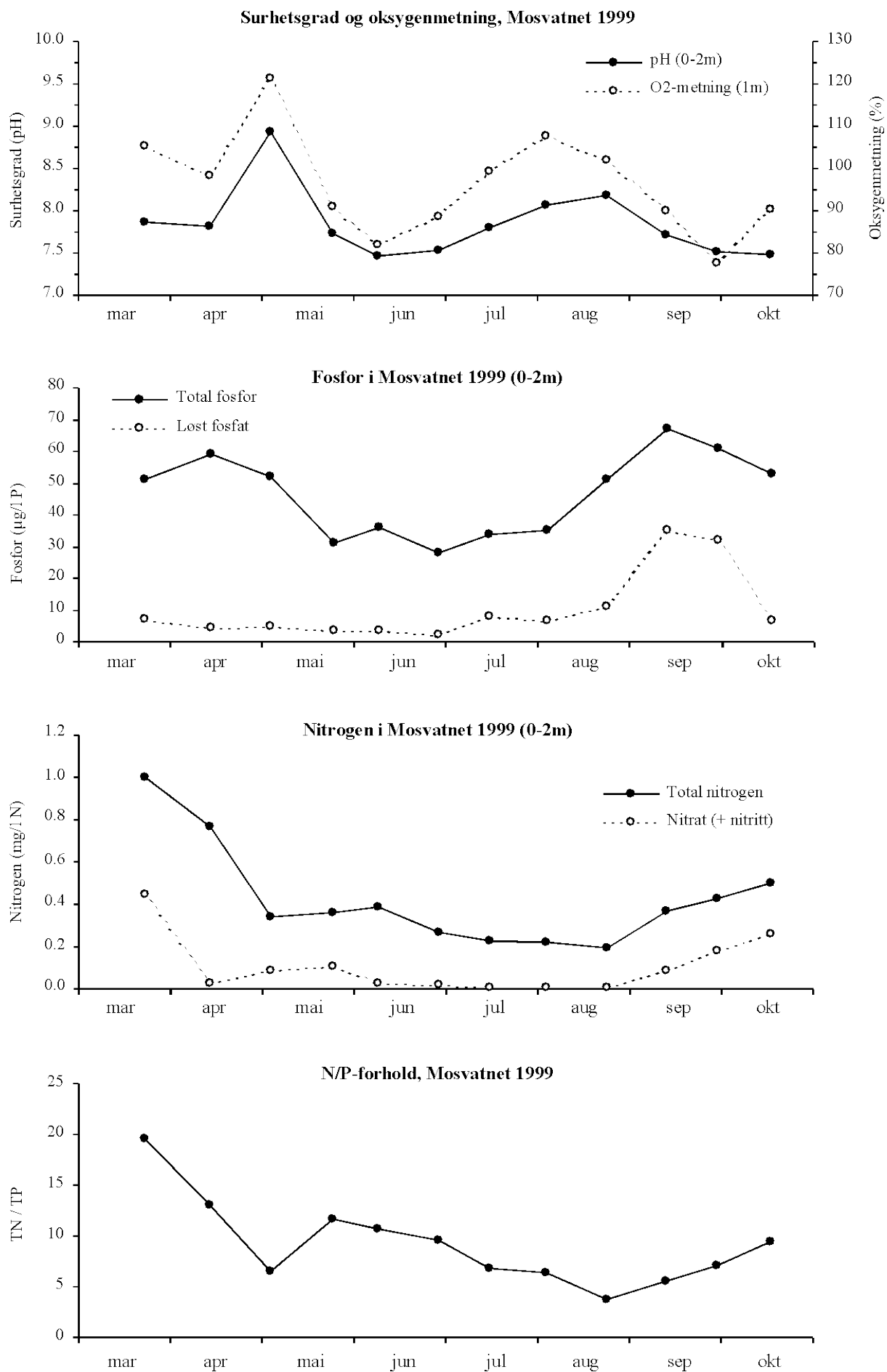
Totalinnholdet av fosfor i vannmassene var høyt, i gjennomsnitt omlag 46 µg/l P, som er vesentlig høyere enn sist det ble gjort målinger i Mosvatnet (se videre avsnitt 3.3). Innholdet av totalfosfor gjenspeiler til en viss grad utviklingen av algebiomassen, med høye verdier om våren og noe lavere verdier utover sommeren (figur 2). Økningen i august er også sammenfallende med økt algebiomasse, men ytterligere økning i september skyldes betydelig økning i innholdet av løst fosfat. Dette skjedde i en periode hvor algebiomassen var på et minimum. Så høyt innhold av løst fosfat i vannmassene er så vidt vites bare registrert én gang tidligere (i august 1982), og tallene indikerer at andre faktorer en fosfor har vært begrensende for algeveksten i denne perioden.

Nitrogeninnholdet i vannet sank raskt om våren, og holdt seg lavt utover hele sommeren (figur 2). Dette er en tendens som har forsterket seg utover på 90-tallet, og skyldes i hovedsak at nitratinholdet reduseres til svært lavte nivå (i lengre perioder lavere enn deteksjonsgrensen). Målingene av løste næringsstoff-fraksjoner (fosfat, nitrat og ammonium) indikerer at nitrogen kan ha vært begrensende for algeveksten i store deler av vekstsesongen.

Det lave nitrogeninnholdet gjør at forholdet mellom næringsstoffene nitrogen og fosfor (N/P-forholdet) var svært lavt gjennom hele sommeren og høsten (figur 2), lavere enn hva som har vært observert tidligere år. Slike lave N/P-forhold antas ofte å kunne gi konkurransefordel for blågrønnalger (Kilham & Kilham 1984; Reynolds 1984; Smith 1983), siden enkelte av disse er i stand til å utnytte molekylært nitrogen (N<sub>2</sub>) som tilføres vannet ved diffusjon fra atmosfæren. Det lave N/P-forholdet resulterte imidlertid ikke i oppvekst og dominans av blågrønnalger dette året.



Figur 1. Planteplankton, dyreplankton, klorofyll og siktedyp i Mosvatnet 1999.



Figur 2. Fosfor og nitrogen, samt surhetsgrad og oksygenmetning i Mosvatnet 1999.

## 3.2 Sedimentet i Mosvatnet

I sedimentene i innsjøer akkumuleres både materiale som tilføres utenfra (både uorganisk og organisk materiale), og materiale som har opphav i innsjøene selv (i hovedsak rester av planter og dyr). Sedimentet i en innsjø kan anses som innsjøens "historiebok", siden utviklingen i vannkvalitet og biologiske forhold ofte kan påvises ved analyser av horisontale lag gjennom sedimentets vertikalsnitt. Sedimenttypet vil imidlertid ikke være en direkte (lineær) gjengivelse av tiden (alder), siden den årlige avsetningen av nytt sediment oftest er variabel, og siden dypereliggende lag i sedimentet komprimeres med tiden.

Innholdet av de fleste forbindelser er langt høyere i sedimentet enn i vannmassene ovenfor. Et sedimentsjikt av noen millimeters tykkelse kan f. eks. inneholde mer fosfor enn hele innsjøens vannmasser. Særlig er dette tilfelle i Mosvatnet, dels fordi sedimentet er sterkt anrikt med fosfor etter lang tids forurensningsbelastning, og dels fordi de overliggende vannmassene er grunne. Frigjøring av en liten del av sedimentets fosforinnhold kan derfor føre til store økninger i algeveksten. Fosforet i sedimentet foreligger imidlertid på en rekke ulike former, som ikke alle er like mobiliserbare.

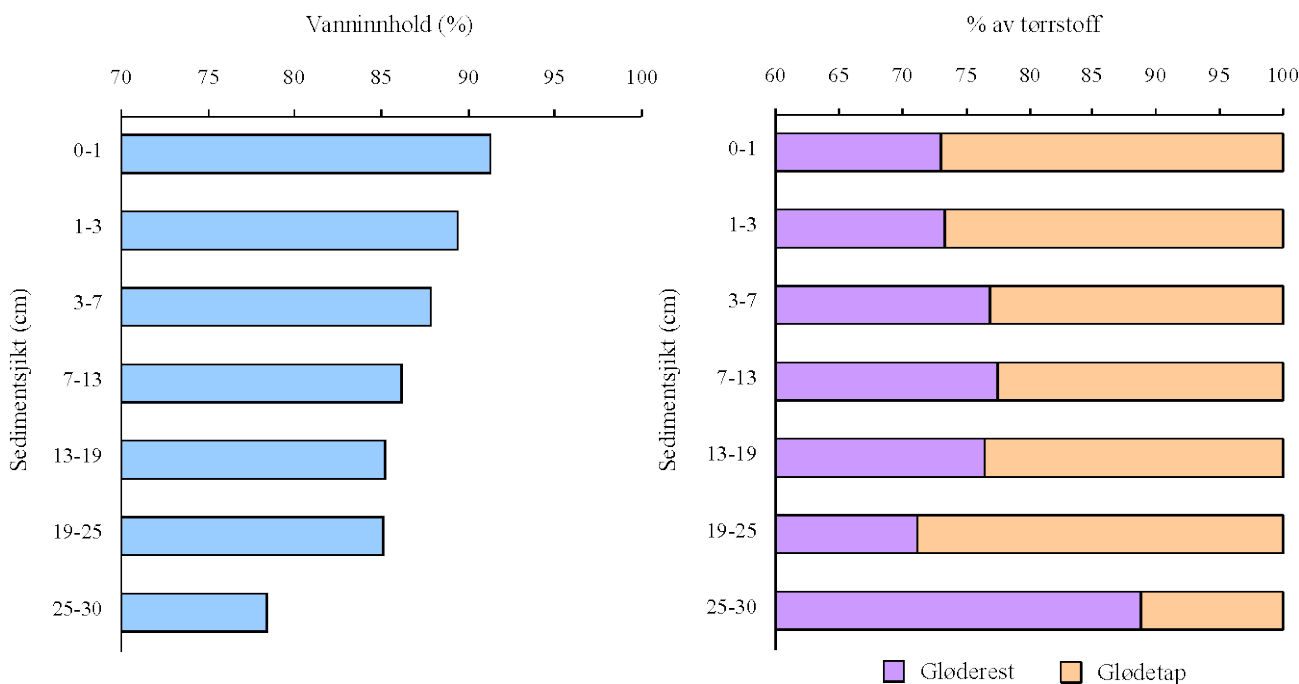
Sedimentet i Mosvatnet er tidligere undersøkt i 1986-87 (Sanni 1988). Det ble den gangen gjort grundige undersøkelser av sedimentets sammensetning, fosforfraksjoner og utveksling av fosfor mellom sediment og vann. Det ble også gjort en datering av sedimentet for å kunne bestemme omtrentlig tidspunkt for når forurensningen av Mosvatnet begynte. Sedimentundersøkelsene i 1999 var ikke tilsvarende detaljerte, men det ble foretatt en karakterisering av sedimentets stoffinnhold og fosforfraksjoner. I det følgende er resultatene presentert, med kommentarer og sammenligninger med tilsvarende data fra undersøkelsene i 1986-87.

### 3.2.1 Generelle karakteristika

De øverste ca. 25 cm av sedimentet var brun gytje, de øverste 5 cm noe mer lysebrune enn resten. Under dette laget var det et grått lag med fin leire ned til bunnen av sedimentkjernene som ble undersøkt, dvs. ned til ca. 30 cm. I 1986 ble det også funnet et grovere lag med silt/sand under leirlaget (Sanni 1988), men sedimentkjernene tatt i 1999 gikk ikke dypt nok til å fange opp dette.

Dette betyr at sedimenttykkelsen har økt med om lag 8 cm i perioden siden 1986, da det grå leirlaget ble observert å starte ved om lag 17 cm sedimentdyp. Gjennomsnittlig økning i sedimenttykkelsen har dermed vært i om lag 0.6 cm pr. år, som er i godt samsvar med det Sanni (1988) antok etter undersøkelsene i 1986-87 å være årlig sedimentasjon (avsetning av nytt sediment).

Vanninnholdet i den øvre centimeteren av sedimentet var om lag 91% (figur 3), og i det brune gytjelaget for øvrig varierte det mellom 85% og 89%. I det underliggende leirlaget var vanninnholdet en del lavere; ca. 78%. Tørrstoffdelen av det brune gytjelaget inneholdt i størrelsesorden 25% organisk materiale (målt som glødetap; figur 3), mens det i leirlaget var om lag 10 % organisk innhold. Sammenholdt med det som ble funnet i 1986 var vanninnholdet marginalt høyere i det øvre gytjelaget, mens det organiske innholdet i dette laget syntes å være litt høyere i 1999.



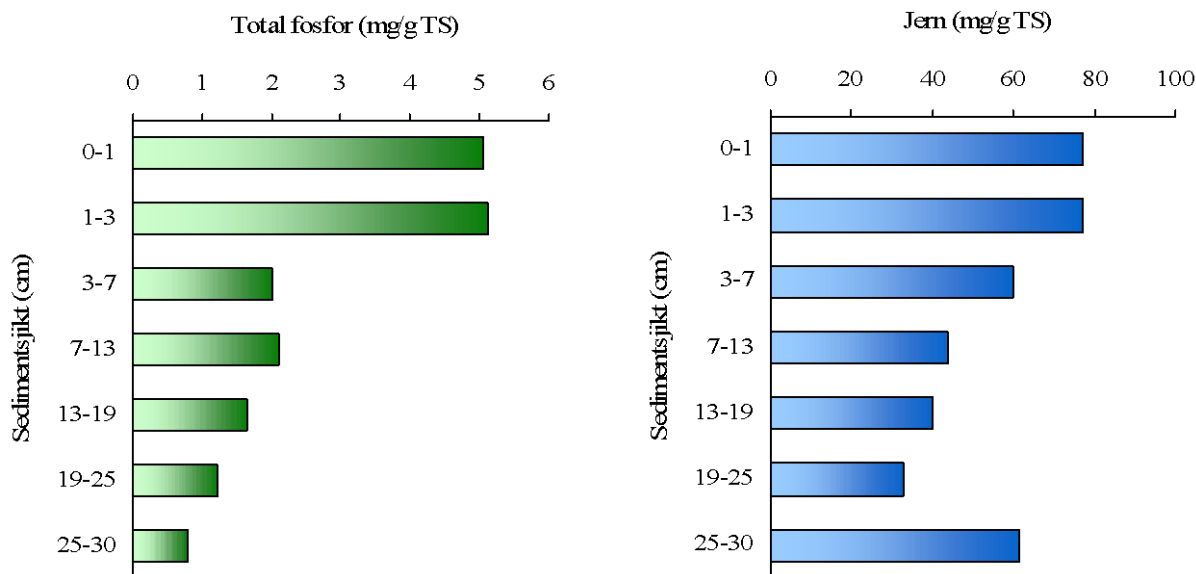
Figur 3. Vanninnhold, glødetap og gløderest i ulike sedimentsjikt i Mosvatnet 1999.

### 3.2.2 Total fosfor og jern

Fosforinnholdet i sedimentet i Mosvatnet er høyt, og ble målt til hele 5 mg P/g tørrvekt i de øverste centimeterne (figur 4). Dette er betydelig høyere enn det som ble målt i 1986 (Sanni 1988), men er ikke uvanlig for mange sterkt forurensede innsjøer i Norge. Nedenfor de øverste ca. 3 centimeterne var fosforinnholdet mer enn halvert, og det avtok ytterligere videre nedover i sedimentet. I det underliggende leirlaget var fosforinnholdet mindre enn 1 mg P/g tørrvekt, som er vanlig i sediment fra ikke-forurensede innsjøer. Tilsvarende mønster ble registrert i 1986, og fosforinnholdet i de nedre sedimentlagene var sammenlignbart med det som ble funnet den gangen.

Det høye fosforinnholdet i sedimentet indikerer ikke uten videre at den interne fosforbelastningen fra sedimentet er høy. Sammenlignende studier har f. eks. vist at fosforinnholdet i vannet i innsjøer ikke, eller bare i liten grad er korrelert med fosforinnholdet i sedimentet. I stedet synes det å være en god korrelasjon mellom fosforinnholdet i vannet, og forholdet mellom jern og fosfor (Fe/P) i sedimentet (Jensen *et al.* 1992; Van der Molen & Boers 1994). Dette skyldes antakelig at jern er den viktigste faktoren for binding og immobilisering av fosfor i det øverste aerobe sedimentlaget i de fleste innsjøer (Scheffer 1998). Det synes også å være slik at jernet i sedimentet kan binde mer eller mindre permanent en mengde fosfor som tilsvarer omlag 10% av sin egen vekt, og at det i stor grad er overskuddsfosfor som kan løses ut i vannet (op. cit).

Jerninnholdet i sedimentet i Mosvatnet er også høyt, noe som kan tilskrives både naturlig jernrik berggrunn (fyllitt) i området, og høye tilførsler fra gammel fyllplass eller tjern på vestsida av innsjøen via Madlabekken (Molversmyr 1992). Det høyeste jerninnholdet ble funnet i det øverste sedimentlaget (ca. 77 mg Fe/ gram tørt sediment; figur 4). Nedover i det brune gytjelaget avtok jerninnholdet, men økte igjen i det underliggende leirlaget. Dette er samme mønsteret som ble registrert i 1986, men jerninnholdet særlig i de øverste centimeterne var en del høyere nå.



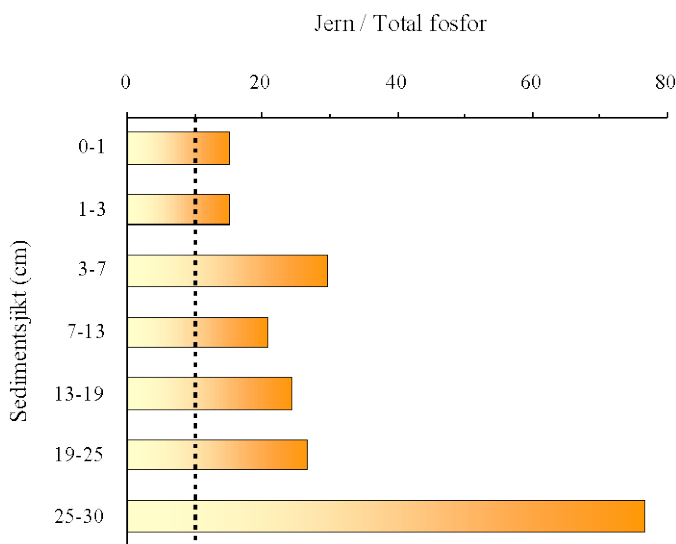
Figur 4. Innhold av total fosfor og jern i ulike sedimentsjikt i Mosvatnet 1999.

Ser en på forholdet mellom jern og fosfor i sedimentet (figur 5) viser det seg at forholdstallet (Fe/P; vektbasis) var høyere enn 10 i hele sedimentprofilen. Dette skulle, i henhold til det som er nevnt ovenfor, indikere at det er tilstrekkelig jern tilstede til å hindre vesentlig utlekking av fosfor under normale forhold, så lenge overflatelaget av sedimentet er aerobt. Dette er i samsvar med målinger foretatt i 1986 og –87 som viste at fosforutlekkingen fra sedimentet i Mosvatnet ikke var høy i forhold til det som er målt i mange andre eutrofe innsjøer (Sanni 1988). De relativt høye jerntilførselsene til Mosvatnet synes derfor å ha positiv effekt på forholdene i Mosvatnet, så lenge forholdene ellers er normale (uten omfattende oksygensvikt og reduserende forhold i sedimentoverflaten; se nedenfor).

### 3.2.3 Fosforfraksjoner

I tillegg til å analysere totalinnholdet av fosfor i sedimentet, ble det også gjort analyser for å kartlegge på hvilken form fosforet i sedimentet foreligger. Dette ble gjort på ved to ulike og uavhengige sekvensielle ekstraksjonsprosedyrer (se avsnitt 3.2 om metoder), og resultatene er vist i figur 6.

Fosfat ekstrahert med ammoniumklorid ( $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ ) regnes å representere en lettløselig fraksjon, og omfatter også fosfat som er løst i porevannet i sedimentet. Dette labile fosfatet var målbart i de øvre centimeterne av sedimentet i Mosvatnet, og særlig i den øverste centimeteren slik det ble ekstrahert med metoden til Hieltjes & Lijklema (1980) (figur 6b). Selv om denne fraksjonen utgjør en svært liten del av totalinnholdet av fosfor i dette sedimentsjiktet (< 1%), representerer det som påpekt av Sanni (1988) en betydelig mengde av mobiliserbart fosfor (faktisk betydelig mer enn det totale fosforinnholdet i vannmassene bare i den øverste centimeteren av sedimentet, selv om det ser ubetydelig ut i figur 6b).



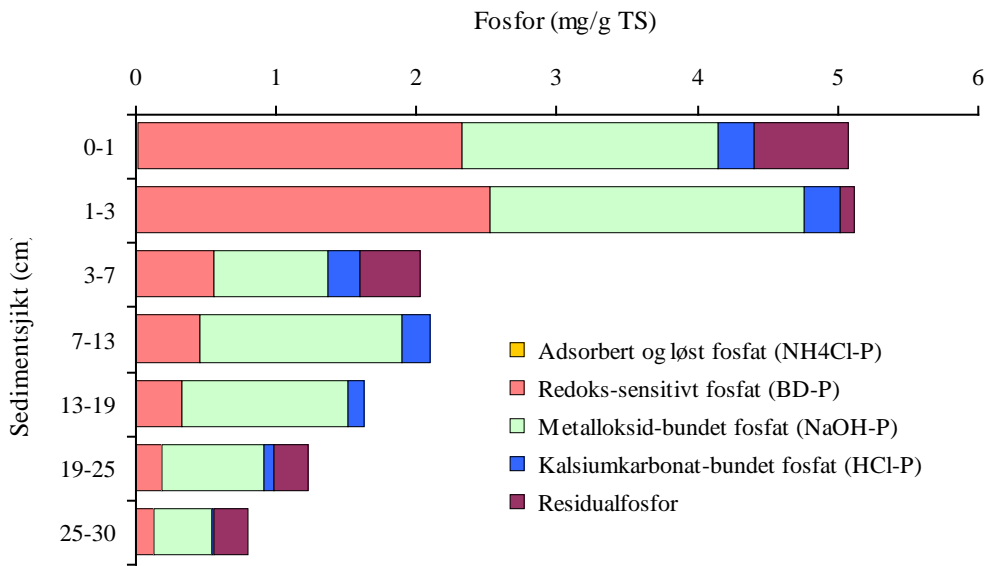
Figur 5. Forholdet mellom jern og total fosfor i ulike sedimentsjikt i Mosvatnet 1999.

Den vesentligste forskjellen mellom de to ekstraksjonsprosedyrene som er benyttet, er at en i henhold til Psenner *et al.* (1984) skiller ut en egen fraksjon av redoks-sensitivt fosfat (BD-P) som antas i hovedsak å være knyttet jernhydroksid og manganforbindelser (figur 6a). Denne fosforfraksjonen regnes å være potensielt mobiliserbar, og vil kunne løses ut under anaerobe forhold. I de øverste 3 centimeterne utgjorde denne fraksjonen nesten halvparten av det totale sedimentfosforet, mens fraksjonen bundet til metalloksider, som antas å være mindre reaktiv, utgjorde det meste av det resterende. I de underliggende sedimentsjiktene var disse to fraksjonene også dominerende, men andelen BD-P avtok nedover i sedimentet. I henhold til Hieltjes & Lijklema (1980), ekstraksjonsmetoden som ble benyttet ved sedimentundersøkelsene i 1986-87, blir disse fraksjonene ekstrahert under ett (figur 6b). Det var imidlertid godt samsvar mellom sistnevnte fraksjon, og summen av de to førstnevnte.

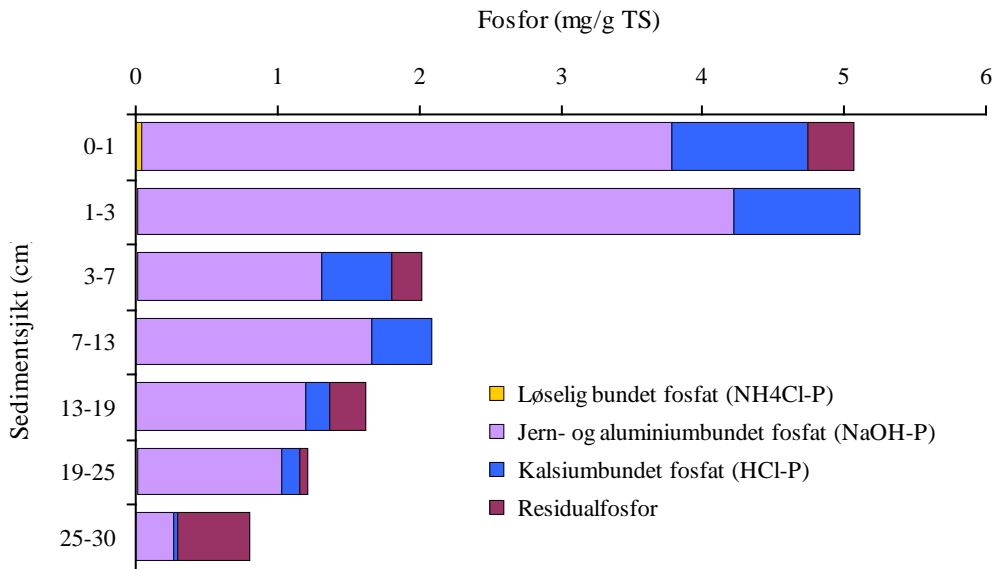
De øvrige fraksjonene (kalsiumbundet fosfat og residualfosfor) regnes som lite mobiliserbare (Boström *et al.* 1982), og utgjorde samlet i størrelsesorden 10-30% av det totale sedimentfosforet. Sammensetningen mht. ulike fosforfraksjoner i sedimentet var for øvrig i samsvar med det som ble funnet i 1986-87 (Sanni 1988).



a) Ekstraksjon etter Psenner et al. (1984) / Hupfer et al. (1995)



b) Ekstraksjon etter Hieltjes & Lijklema (1980)



Figur 6. Fosforfraksjoner i ulike sedimentsjikt i Mosvatnet 1999.

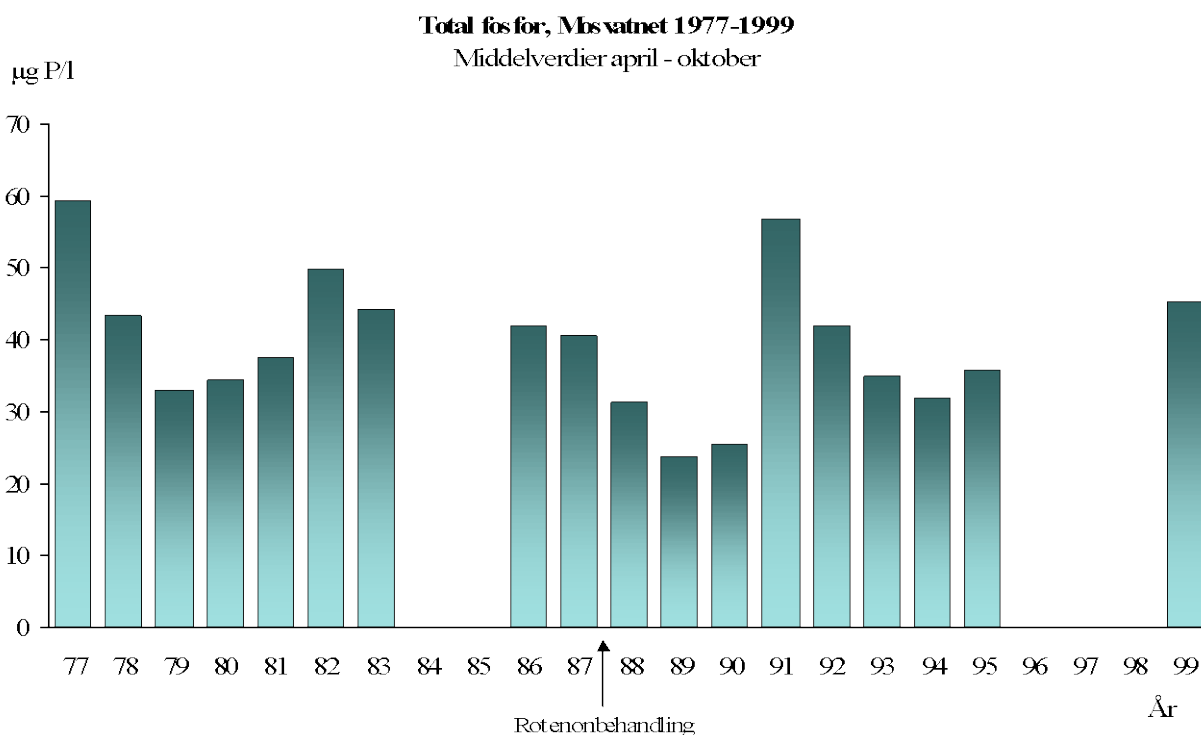
### 3.3 Tilstand og utvikling i Mosvatnet

Etter rotenontiltaket i Mosvatnet høsten 1987 ble det registrert en betydelig reduksjon av innholdet av total fosfor i vannmassene om sommeren. Fra et gjennomsnitt på ca. 43 µg P/l i somrene før rotenonbehandlingen avtok konsentrasjonen til ca. 27 µg P/l i de tre første årene etter (figur 7). Sommeren 1991 var imidlertid middelkonsentrasjonen av total fosfor igjen svært høy. Til tross for dette var det lavt innhold av alger og høyt siktedyp i størstedelen av vekstsesongen, mens en blågrønnalgeoppblomstring om høsten til gjengjeld ble svært kraftig (Molversmyr 1992). Sommeren 1992 var fosforkonsentrasjonen noe lavere, og den var ytterligere redusert i 1993. Til forskjell fra tidligere var det disse årene ingen blågrønnalgeoppblomstring om høsten, og høy selvrensningsevne gjennom hele vekstsesongen (Molversmyr 1993, 1994). I 1994 og 1995 var fosforkonsentrasjonene på nivå med foregående år, men en fikk igjen oppblomstring av blågrønnalger om høsten. Selvrensningsevnen var imidlertid fortsatt høy, som i de foregående årene (Molversmyr 1995, 1996). Sommeren 1995 var det lavt innhold av alger og klart vann og stort siktedyp i mai og juni. Kombinert med lav vannstand antas dette å ha bidratt til at en denne sommeren fikk massiv oppvekst av makrovegetasjon fra sedimentene over det meste av innsjøen.

I 1999 var forholdene i Mosvatnet på flere måter avvikende fra det som er registrert tidligere. Som vist i figur 1 ovenfor var innholdet av planteplankton lavt gjennom hele sesongen, med bare en moderat oppvekst om våren. Sammensetningen av planteplanktonet var dessuten forskjellig fra tidligere år, med et betydelig innslag av svelgflagellater og grønnalger, mens blågrønnalger knapt ble registrert. Andelen av beitebare alger var høy (særlig representert ved svelgflagellatene), noe som indikerer at beiteforholdene for *Daphnia* var gode. Forekomstene av *Daphnia* var også stort sett høye gjennom hele sommersesongen, og selvrensningsevnen i innsjøen var dermed tilsvarende høy. Disse forholdene medførte uvanlig klart vann gjennom hele sommeren og høsten, men til tross for det ble det ikke registrert nevneverdig oppvekst av makrovegetasjon fra sedimentoverflaten. En stabilt høy vannstand i Mosvatnet må antas å ha medvirket til dette.

Fosforinnholdet i vannet var betydelig høyere i 1999 enn det som ble registrert i 1995 og de to foregående årene (figur 7). Figur 7 viser dessuten at fosforinnholdet har variert betydelig fra år til år, og at det ikke har vært tydelige trender i utviklingen, kanskje med unntak av årene umiddelbart etter rotenontiltaket. Disse variasjonene skyldes neppe variasjoner i ytre fosfortilførsler til innsjøen. Fosforbelastningen fra Madlabekken var økende på 80-tallet, men ble redusert noe ved etableringen av renseseparken i 1991 (Molversmyr 1992). Foreløpige resultater fra målinger i Madlabekken det siste året indikerer dessuten at fosforinnholdet i vannet i selve bekken er betydelig redusert på 90-tallet (Molversmyr 2000). At dette ikke gjenspeiles direkte i forholdene i innsjøen er en indikasjon på sedimentets betydning i grunne innsjøer som Mosvatnet, hvor det er et intenst samspill mellom sediment og vannmasser med hensyn til fosforutveksling (Scheffer 1998).

Som vist i avsnitt 3.2 er fosforinnholdet i sedimentet i Mosvatnet høyt, og det er betydelige mengder som er potensielt mobiliserbare. Mekanismene som styrer utveksling av fosfor mellom sedimentet og vann er imidlertid svært komplekse. Mineralisering vil f.eks. være av relativt større betydning i grunne innsjøer, hvor høye temperatur i sediment om sommeren medfører høy bakteriell aktivitet. Sanni (1988) fant ved forsøk med sedimentkjerner fra Mosvatnet i 1986-87 at fosforfrigjøring forårsaket av mineralisering var dominerende om sommeren når temperaturen var høyere enn 10°C. Høyt bakterielt oksygenopptak i sedimentoverflaten medvirker også til at det øverste aerobe (oksygenholdige) sedimentsjiktet blir tynnere, et sjikt som representerer en effektiv barriere hvor fosfor bindes av jern. Dersom



Figur 7. Middelkonsentrasjon av total fosfor i Mosvatnet i sommersesongene 1977 – 1999.

dette øverste sjiktet blir anaerobt, vil jernbundet fosfor frigjøres når jernet reduseres til toverdlig løst form. Høyt innhold av nitrat vil til en viss grad kunne motvirke denne prosessen, som er vist å kunne foregå i grunne innsjøer selv når det er oksygen tilstede i det bunnære vannet (Andersen 1982).

Det er dessuten slik at høy pH reduserer jernets evne til å binde fosfor (Lijklema 1977). Høye pH-verdier (9.0 og høyere) har gjentatte ganger blitt registrert i Mosvatnet når fotosynteseaktiviteten har vært høy (f. eks. Molversmyr 1996), og dette kan påvirke pH i sedimentoverflaten og fremme utlekking av fosfat.

Turbulens i innsjøvannet er en annen nøkkelfaktor for utveksling av fosfat mellom sedimentet og vann, ikke bare ved at det medvirker til transport av løst fosfat ut fra sedimentet, men også ved at det tilfører oksygen til sedimentoverflaten og medvirker til å opprettholde det aerobe sjiktet i sedimentoverflaten. I situasjoner hvor oksygentilførselen til sedimentoverflaten er sterkt redusert, kan sedimentoverflaten bli anaerob med påfølgende utlekking av fosfat.

I den ekstreme turbulente situasjonen vil sediment bli resuspendert. Sedimentpartiklene som derved blir ført ut i vannmassene vil i eutrofe innsjøer (med fosforanrikt sediment) vanligvis frigjøre fosfat, og den interne belastningen kan øke betydelig i forhold til situasjonen med et uforstyrret sediment (Søndergaard *et al.* 1992). Mosvatnet må regnes som relativt sterkt vindeksponert, og resuspensjon av sediment må antas å kunne være en viktig kilde til intern fosforbelastning. Sanni (1988) fant for eksempel tegn på at sedimentet i løpet av sommeren og høsten 1996 måtte ha vært utsatt for fysisk omblending helt ned til 14 cm sedimentdybde.

Tette bestander av makrovegetasjon, slik det i perioder er observert i Mosvatnet, vil kunne hindre resuspensjon av sedimentet, men også redusere den turbulente omrøringen av vannsøylen og hindre tilstrekkelig tilførsel av oksygen til sedimentoverflaten. Et annet forhold er at slike bestander av makrovegetasjon vil tilføre oksygen til vannet om dagen som et resultat

av fotosyntesen, men samtidig kan oksygennivåene falle dramatisk om natten som følge av plantenes respirasjon. Dette kan medføre at deler av sedimentoverflaten blir anaerob om natten (med utlekking av fosfat som et resultat), mens den er aerob om dagen (Scheffer 1998).

Makrovegetasjon har også en mer direkte påvirkning på omsetningen av næringsstoffer i vannet. Når bestandene råtner og mineraliseres om høsten vil fosfor frigjøres til vannmassene. Siden plantene kan hente deler av sine næringsstoffer fra sedimentene (Barko & Smart 1980), kan dette representere en potensiell netto transport av næringsstoffer fra sediment til vann (Carpenter 1981; Landers 1982). På den annen side kan en stor del av fosforet i detritus fra vannplanter bli tilbakeført til sedimentet (Van Donk *et al.* 1993), og plantevekst kan dermed også medvirke til å fjerne fosfor fra vannet. Effekten av makrovegetasjon kan derfor i teorien virke begge veier, og i litteraturen finnes eksempler på at makrovegetasjon i innsjøer både kan øke og redusere konsentrasjonen av total fosfor i vannet (Scheffer 1998).

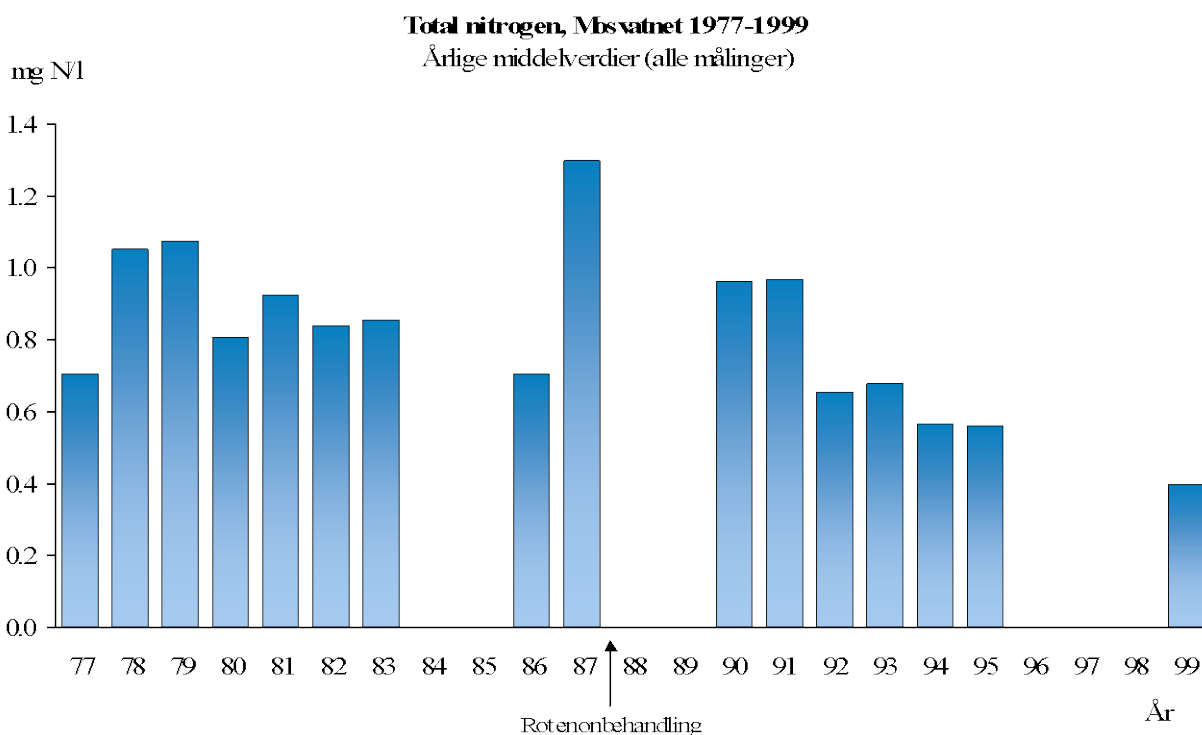
Det er derfor en rekke ulike forhold som har betydning for utvekslingen av fosfor mellom sedimentet og vannet i Mosvatnet, og det er de rådende forholdene i innsjøen som til enhver tid som avgjør hvor mye fosfor som eventuelt frigjøres fra sedimentet. En må dessuten huske at selv moderate mengder frigjort fosfat vil kunne ha stor betydning for fosforkonsentrasjoner og algevekst i vannsøylen, siden vannvolumet i Mosvatnet er lite i forhold til sedimentarealet. Det er derfor ikke uventet at fosforkonsentrasjonene i vannmassene kan variere betydelig fra år til år, slik det fremgår av figur 7. Det er imidlertid viktig å påpeke med bakgrunn i de målingene som er gjort gjennom en årrekke i Mosvatnet, at det er lite sannsynlig at noen av disse sediment/vann-prosessene vil føre til varig negativ utvikling av vannkvaliteten dersom de ytre forurensningstilførslene ikke økes vesentlig.

I grunne, næringsrike innsjøer vil sedimentet ofte opptre som en fosforbuffer, og fosfor frigjort fra sedimentet blir en viktig næringskilde for planteplanktonet når de ytre fosfortilførslene reduseres. Tiltak som reduserer den ytre næringsbelastningen blir dermed motvirket av intern gjødsling, noe som kan kraftig forsinke innsjøens respons på reduserte tilførsler (Scheffer 1998). En må derfor forvente at det kan ta lang tid før Mosvatnet viser respons på reduserte fosfortilførsler slik en synes å ha oppnådd i Madlabekken.

Et utviklingstrekk som synes å fremstå, er et avtakende nitrogeninnhold i vannet i Mosvatnet (figur 8). Dette er i samsvar med at nitrogenbelastningen fra Madlabekken må antas å være betydelig redusert, først ved etablering av renseparken i 1991 (Molversmyr 1992) og senere på 90-tallet slik foreløpige resultater fra målinger i vannet i selve bekken det siste året indikerer (Molversmyr 2000).

Nitrogen akkumuleres ikke så sterkt i sedimentet i innsjøer som fosfor gjør, og en har ikke de tilsvarende mekanismene for binding og frigjøring. Det er derfor forventet at nitrogenkonsentrasjonen i innsjøvannet viser en raskere og mer direkte respons på endret belastning. Det er dessuten slik at mikrobielle prosesser på sedimentoverflaten, særlig i grunne innsjøer som Mosvatnet, kan fjerne betydelige mengder nitrogen, ved at nitrat omdannes til molekylært nitrogen ved denitrifisering, og forsvinner som gass til atmosfæren (Jensen *et al.* 1991).

Reduserte nitrogeninnhold, samtidig som tilgjengeligheten av fosfor opprettholdes, vil medføre lavere N/P-forhold og økt sannsynlighet for nitrogenbegrensning av planteplanktonet i større deler av vekstsesongen. I Mosvatnet er N/P-forholdet svært lavt gjennom store deler av sesongen (se figur 2), og forholdstallet mellom disse næringsstoffene har vært avtakende de senere årene. Slike lave N/P-forhold antas å kunne stimulere oppvekst av blågrønnalger (Kilham & Kilham 1984; Reynolds 1984; Smith 1983), siden nitrogen lett kan bli begrensende for algeveksten og enkelte blågrønnalger da har evnen til å utnytte nitrogenet i lufta (diffusjon til vannet). Utviklingen i Mosvatnet skulle derfor forventes å gi økt risiko for blågrønnalgeoppblomstringer.



Figur 8. Middelskonsentrasjon av total nitrogen i Mosvatnet 1977 – 1999.

Nå ble det ikke oppvekst av blågrønnalger i 1999, og det ble faktisk knapt registrert slike alger dette året. N/P-forholdet i vannmassene var imidlertid svært lavt, og relativt høye konsentrasjoner av løst fosfat på ettersommeren (se figur 2) indikerer f.eks. at andre faktorer enn fosfor var begrensende for algeveksten i denne perioden.

Et lavt N/P-forhold i vannmassene er ikke nødvendigvis representativt for forholdet mellom de næringsstoffene som til en hver tid er tilgjengelig for planteplanktonet. Næringsstoffene omsettes vanligvis raskt, og dette kommer ikke direkte til uttrykk i målte verdier av f.eks. total fosfor og nitrogen. Næringsstoffer som regenereres av dyreplanktonet kan dessuten ha et annet N/P-forhold enn i de ekterne tilførsle (Sterner 1990). Ulike typer dyreplankton vil også kunne regenerere næringsstoffer ulikt, med et relativt sett høyere N/P-forhold for næringsstoffer som regenereres av *Daphnia* (Andersen & Hessen 1991). Høy tetthet av *Daphnia* kan derfor tenkes å kunne motvirke nitrogenbegrensning av planteplanktonet (Andersen 1997).

De relativt høye forekomstene av *Daphnia* i Mosvatnet gjennom hele sesongen 1999 kan dermed ha bidratt til å strukturere samfunnet av planteplankton, utover den rene beiteeffekten. Det er imidlertid uklart hvor stor betydning dette har hatt, og hvilke andre faktorer som var bestemmende for utviklingen av planteplanktonet dette året. Den relativt store forekomsten av svelgflagellater var uventet, siden disse regnes som favorittføden for mange dyreplanktonarter og dermed er sterkt utsatt for beitepress (Reynolds 1997).

Grunne og næringsrike innsjøer som Mosvatnet synes oftest å falle i to svært forskjellige kategorier / tilstander. Den ene er karakterisert ved turbid vann forårsaket av høy algetetthet, hvor oppvekst av makrovegetasjon hindres av lite lystilgang, hvor det ubeskyttede sedimentet er utsatt for resuspensjon, og hvor dyreplanktonet effektivt holdes nede av planktonspisende fisk. Den andre er en klartvannstilstand dominert av makrovegetasjon, hvor resuspensjon av

sedimentet forhindres, hvor næringsstoffer fra vannet kan tas opp av vannplantene, og hvor disse fungerer som et tilfluktssted for dyreplankton som dermed unngår predasjon fra fisk (Scheffer 1998). Disse to tilstandene synes å være selvforsterkende, og hevdes å representere alternative likevektstilstander (Scheffer *et al.* 1993).

Reduksjon eller fjerning av bestander av planktonspisende fisk, slik det ble gjort i Mosvatnet i 1987, har i mange tilfeller ført til at innsjøer har gått over fra en algedominert (turbid) til en vegetativ (klart vann) tilstand, men det er også slik at innsjøer kan skifte mellom disse tilstandene (Scheffer 1998). Utviklingen i Mosvatnet i årene etter rotenontiltaket har vist at den algedominerte tilstanden fortsatt er den vanlige, men en har også hatt perioder med klart vann og oppvekst av makrovegetasjon. Oftest har en imidlertid fått oppvekst av alger og turbid vann om sensommeren og høsten, også i de tilfellene da det var kraftige bestander av makrovegetasjon om sommeren.

Mosvatnet synes derfor ikke å falle helt inn i mønsteret med de to alternative tilstandene, selv om det ofte har vært god klarhet i vannet og høy tetthet av *Daphnia* i størstedelen av sommerseongene i årene etter rotenontiltaket. En forklaring kan være at en vanligvis ikke har oppnådd tilstrekkelig klart vann i tilstrekkelig lang tid til at makrovegetasjonen får etablert seg. I såfall kan vannstandsendringer være en nøkkel for utviklingen av makrovegetasjon, siden redusert vannstand vesentlig vil øke lystilgangen til sedimentoverflaten. Registrerte tilfeller med massiv oppvekst av makrovegetasjon i Mosvatnet har da også vært forbundet med perioder med særlig lav vannstand (Molversmyr 1996).

### 3.4 Konklusjoner

Forholdene i Mosvatnet i 1999 var avvikende fra det en har registrert tidligere år, ved at det var lavt algeinnhold og klart vann gjennom hele sesongen. Forekomsten av blågrønnalger var ubetydelig. Selvrensningsevnen er fortsatt høy, og synes ikke å være nevneverdig svekket i perioden etter rotenontiltaket i 1987. Fosforinnholdet i vannmassene er fortsatt høyt, høyere enn det som ble registrert på midten av 90-tallet. Nitrogeninnholdet har derimot avtatt de senere årene, og nitrogen vil dermed lettere kunne bli begrensende for algeveksten. Dette kan medføre økt risiko for blågrønnalgeoppblomstringer.

Sedimentet i Mosvatnet er svært fosforrikt, og fosforinnholdet i det øverste sedimentsjiktet synes å ha økt de senere årene. Betydelige mengder fosfor er potensielt mobiliserbare, og vil avhengig av forholdene i innsjøen kunne frigjøres til vannmassene. Sedimentet må antas å være en viktig fosforkilde for planteplanktonet i Mosvatnet, og en må derfor forvente at det kan ta lang tid før innsjøen viser respons på reduserte fosfortilførsler slik en synes å ha oppnådd i Madlabekken.

Det ble ikke registrert oppvekst av makrovegetasjon i Mosvatnet i 1999, til tross for at det var klart vann gjennom hele sommeren. Det kan synes som om vannstandsvariasjoner er en nøkkelfaktor her, og at opprettholdelse av normal vannstand om sommeren kan motvirke etableringen av slike bestander. En kan imidlertid forvente at oppvekst av makrovegetasjon vil bli vanligere dersom siktforholdene i innsjøen forbedres ytterligere.

Det er usikkert hva som forårsaket de lave / avvikende algeforekomstene i Mosvatnet i 1999. Høy tilgjengelighet av næringsstoffer (fosfor) gjør at en fortsatt må forvente at blågrønnalgeoppblomstringer vil forekomme. Det er imidlertid sannsynlig at den biologiske selvrensningsevnen vil være høy også i årene fremover, og at dette vil motvirke omfattende algeoppblomstringer tidlig på sommeren.

# REFERANSER

# 4

- Andersen, J.M., 1982. Effect of nitrate concentration in lake water on phosphorus release from the sediment. *Water Res.* 16: 1119-1126.
- Andersen, T., 1997. Pelagic nutrient cycles. Herbivores as sources and sinks. *Ecological Studies* 129, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Andersen T. & D.O. Hessen, 1991. Carbon, nitrogen and phosphorus content of freshwater zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 36: 807-814.
- Barko, J.W. & R.M. Smart, 1980. Mobilization of sediment phosphorus by submersed freshwater macrophytes. *Freshwater Biol.* 10: 229-238.
- Boström, B., M. Jansson & C. Forsberg, 1982. Phosphorus release from lake sediments. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 18: 5-59.
- Carpenter, S.R., 1981. Submersed vegetation an internal factor in lake ecosystem succession. *Am. Nat.* 118: 372-383.
- Hieltjes, A.H.M. & L. Lijklema, 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *J. Environ. Qual.* 9: 405-407.
- Hupfer, M., R. Gächter & R. Giovanoli, 1995. Transformation of phosphorus species in settling seston and during early sediment diagenesis. *Aquat. Sci.* 57: 305-324.
- Jensen, J.P., P. Kristensen & E. Jeppesen, 1991. Relationships between N loading and in-lake N concentrations in shallow Danish lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24: 201-204.
- Jensen, J.P., P. Kristensen, E. Jeppesen & A. Skytthe, 1992. Iron phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia* 235/236: 731-743.
- Kilham, S.S. & P. Kilham, 1984. The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure. In: D.G. Meyers & J.R. Strickler (eds.), *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. AAAS Symposium Volume 85: 7-27.
- Klaveness, D., 1984. Klorofyll a. I: *Vennerød, K. (red.), Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget: 127-131.*
- Landers, D.H., 1982. Effects of naturally senescing aquatic macrophytes on nutrient chemistry and chlorophyll a of surrounding waters. *Limnol. Oceanogr.* 27: 428-439.
- Lijklema, L., 1977. The role of iron in the exchange of phosphate between water and sediments. I: *Golterman, H.L. (ed.), Interactions between sediments and freshwater, Junk. Publ., The Hague, pp. 313-317.*
- Molversmyr, Å., 1992. Overvåking av Mosvatnet 1991, og undersøkelser i Madlabekken 1991 og 1992. *Rogalandsforskning, rapport RF-200/92.*
- Molversmyr, Å., 1993. Overvåking av Mosvatnet 1992. *Rogalandsforskning, rapport RF-101/93.*
- Molversmyr, Å., 1994. Overvåking av Mosvatnet 1993. *Rogalandsforskning, rapport RF-59/94.*
- Molversmyr, Å., 1995. Overvåking av Mosvatnet 1994. *Rogalandsforskning, rapport RF-95/274.*

- Molversmyr, Å., 1996. Overvåking av Mosvatnet 1995. *Rogalandsforskning, rapport RF-96/092*.
- Molversmyr, Å., 2000. Oppfølgende undersøkelser i Madlabekken 1999 – 2000. *Rogalandsforskning, rapport*, under utarbeidelse.
- Molversmyr, Å. & S.B. Wærvågen, 1997. Long-term effects of planktivorous fish removal in the small, eutrophic, Lake Mosvatn, Norway. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 548-549.
- NIVA, 1990. Utkast til veiledning for prøvetaking og analyse av slamprøver.
- Olsen, Y., 1988. Phosphate kinetics and competitive ability of planktonic blooming cyanobacteria under variable phosphate supply. *Dr. tech. thesis part 1: 58 pp., University of Trondheim, Norway*.
- Olsen, Y., & O. Vadstein (red.), 1989. NTN's Program for eutfieringsforskning. *Faglig slutt-rapport for Fase 1-3, (1978-88)*. ISBN 82-7224-296-6.
- Psenner, R., R. Pucsko & M. Sager, 1984. Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten – Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 70: 111-155.
- Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge University Press, Cambridge: 384s*.
- Reynolds, C.S., 1997. Vegetation processes in the pelagic: A model for ecosystem theory. *Excellence in Ecology 9, O. Kinne (ed.), Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, 371s*.
- Sanni, S., 1988. Tiltaksrettede undersøkelser og overvåking av Mosvatnet 1977-1987. *Rogalandsforskning, rapport RF-164/88*.
- Sanni, S. & S.B. Wærvågen, 1990. Oligotrophication as a result of planktivorous fish removal with rotenone in the small, eutrophic, Lake Mosvatn, Norway. *Hydrobiologia* 200/201: 263-274.
- Scheffer, M., 1998. Ecology of shallow lakes. *Population and Community Biology Series 22, Chapman & Hall, London: 357s*.
- Scheffer, M., S.H. Hosper, M.-L. Meijer, B. Moss & E. Jeppesen, 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends Ecol. Evol.* 8: 275-279.
- Skogheim, O.K., 1979. Beskrivelse av en sedimenthenter konstruert for prøvetaking av korte sedimentkjerner. *Rapport fra Årungenprosjektet, nr. 79-2: 1-7*.
- Smith, V.H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favour dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221: 669-671.
- Sterner, R.W., 1990. The ratio of nitrogen to phosphorus resupplied by herbivores: zooplankton and detrital algal competitive arena. *Am. Nat.* 136: 209-229.
- Søndergaard, M., P. Kristensen & E. Jeppesen, 1992. Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind-exposed Lake Arresø, Denmark. *Hydrobiologia* 228: 91-99.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- Van der Moelen, D.T. & P.C.M. Boers, 1994. Influence of internal loading on phosphorus concentration in shallow lakes before and after reduction of the external loading. *Hydrobiologia* 275/276: 379-389.
- Van Donk, E., R.D. Gulati, A. Iedema & J.T. Meulemans, 1993. Macrophyte-related shifts in the nitrogen and phosphorus contents of different trophic levels in a biomanipulated shallow lake. *Hydrobiologia* 251: 19-26.
- Willén, E., 1976. A simplified method of phytoplankton counting. *Br. phycol J.* 11: 265-278.



# DATAVEDLEGG

Analysedata, samt feltobservasjoner i Mosvatnet .....	22
Feltmålinger av temperatur og oksygen .....	23
Analyser av planteplankton og dyreplankton .....	24
Sedimentanalyser .....	26

**RESULTATER MOSVATNET 1999 (0-2m prøver):**

Prøvetaking		TP µg/l	LMRP µg/l	TN µg/l	NO <sub>3</sub> µg/l	NH <sub>4</sub> µg/l	RSi µg/l	Kl-a µg/l	Boim. mg/l	pH -	SD m
Nr.	Dato										
1	23.mar.99	51	7	1000	450	< 20	2650	21	1.98	7.86	2.0
2	14.apr.99	59	4	770	28	< 20	1430	34	2.32	7.82	1.5
3	4.mai.99	52	5	340	90	21	1854	45	1.94	8.94	1.0
4	25.mai.99	31	4	360	110	36	1463	5.7	0.8	7.73	> 2.8
5	9.jun.99	36	3	385	24	79	1054	8.3	0.56	7.47	> 2.9
6	29.jun.99	28	2	267	19	56	1220	11	0.94	7.53	2.7
7	16.jul.99	34	8	230	< 3.5	57	1088	8.2	0.83	7.80	>> 2.9
8	4.aug.99	35	7	223	< 3.5	27	1239	8.4	0.88	8.07	> 2.6
9	24.aug.99	51	11	194	< 3.5	20	1189	11	1.61	8.19	2.6
10	13.sep.99	67	35	370	85	110	656	7.5	0.44	7.72	>> 2.9
11	30.sep.99	61	32	430	180	130	1371	7.2	0.42	7.52	>> 3.0
12	18.okt.99	53	7	500	260	20	1658	17	1.46	7.48	2.6

Tidsveid snitt:	46.3	10.5	400	< 83	< 51	1355	15.6	1.17	7.88	> 2.4
Aritm. middel:	46.5	10.4	422	< 105	< 50	1406	15.3	1.18	7.84	> 2.5
Median:	51	7	365	57	32	1305	9.5	0.91	7.77	2.7
Min.:	28	2	194	< 3.5	< 20	656	5.7	0.42	7.47	1.0
Maks.:	67	35	1000	450	130	2650	45	2.32	8.94	>> 3.0

**FELTOBSERVASJONER MOSVATNET 1999:**

Prøvetaking		Bunn m	Vannets farge	Kommentarer
Nr.	Dato			
1	23.mar.99	2.9	Gullig grønn	NV laber bris, skyet, opphold. Relativt mye alger og dyreplankton.
2	14.apr.99	3.0	Grønnlig gul	V frisk bris, skyet, opphold. Ganske mye dyreplankton.
3	4.mai.99	2.9	Grønnlig gul	V laber bris, lettskyet, sol. Pent og varmt.
4	25.mai.99	2.8	Grønn	SV bris, skyet, solgløtt. Svært mye Daphnia.
5	9.jun.99	2.9	Grønn	S bris, skyet, høljereg (byger). Ikke så mye dyreplankton.
6	29.jun.99	2.9	Grønnlig gul	SØ laber bris, skyet, opphold. Relativt mye dyreplankton.
7	16.jul.99	2.9	Grønn	V bris, lettskyet, pent. Mye dyreplankton. Svært klart vann. Ikke tegn til makroveg. ennå.
8	4.aug.99	2.6	Grønnlig gul	Lett bris, pent. (Målt bare med Hydrolab.)
9	24.aug.99	2.9	Grønnlig gul	NV bris, klart, pent. En god del alger i vannet, men svært klart vann. Mye dyreplankton.
10	13.sep.99	2.9	Gullig grønn	Ø laber bris, skyet, opphold (-> regnbyger). Ekstremt klart vann. Mye Daphnia.
11	30.sep.99	3.0	Gullig grønn	NV bris, skyet, regn. (Målte bare med Hydrolab.)
12	18.okt.99	2.9	Grønnlig gul	NØ laber bris, lettskyet, pent. Klart vann. En god del Daphnia.

**TEMPERATURMÅLINGER I MOSVATNET 1999:**

Prøvetaking		Temperatur (°C) ved dyp							Kommentarer
Nr.	Dato	0 m	0.5 m	1 m	1.5 m	2 m	2.5 m	2.9 m	
1	23.mar.99	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
2	14.apr.99	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	
3	4.mai.99	12.1	11.7	10.9	10.5	10.4	10.4	10.3	
4	25.mai.99	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9		
5	9.jun.99	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.2		
6	29.jun.99	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8	
7	16.jul.99	20.8	20.8	20.7	20.6	20.3	20.2		
8	4.aug.99	22.1	22.1	22.1	21.9	20.8	20.1		Målt med Hydrolab.
9	24.aug.99	16.0	16.0	15.9	15.9	15.9	15.5		
10	13.sep.99	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	
11	30.sep.99	14.1	14.1	14.1	14.1	14.1	14.0	14.0	Målt med Hydrolab.
12	18.okt.99	9.2	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1	

**OKSYGENMÅLINGER I MOSVATNET 1999:**

Prøvetaking		Oksygeninnhold (% metning) ved dyp							Kommentarer
Nr.	Dato	0 m	0.5 m	1 m	1.5 m	2 m	2.5 m	2.9 m	
1	23.mar.99	105	105	105	105	105	105	105	
2	14.apr.99	98	98	98	98	98	98	98	
3	4.mai.99	122	123	121	120	116	113	110	
4	25.mai.99	91	91	91	91	91	91		
5	9.jun.99	82	82	82	82	82	77		
6	29.jun.99	89	89	89	89	89	87	87	
7	16.jul.99	99	99	99	100	94	94		
8	4.aug.99	108	108	108	106	100	95		Målt med Hydrolab.
9	24.aug.99	102	102	102	102	102	97		
10	13.sep.99	90	90	90	90	90	90	90	
11	30.sep.99	79	78	78	76	76	74	74	Målt med Hydrolab.
12	18.okt.99	90	90	90	90	90	90	90	

## KVANTITATIVT PLANTEPLANKTON

Fytoplankton (mg våtvekt/l)	Innsjø: <b>MOSVATNET 1999</b>											
	Blandprøve 0-2 m											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prøvetakingsnr:												
Dato:	23.mar	14.apr	4.mai	25.mai	9.jun	29.jun	16.jul	4.aug	24.aug	13.sep	30.sep	18.okt
<b>BLÅGRØNNALGER:</b>												
<i>Anabaena sp.</i>								0.06				
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>				0.13	0.01							
<i>Gomphosphaeria sp.</i>	0.02	0.05	0.03									
<i>Microcystis sp.</i>								0.06	0.12			
<b>BLÅGRØNNALGER TOTALT</b>	0.02	0.05	0.03	0.13	0.01			0.12	0.12			
% Blågrønnalger:	1.0	2.2	1.5	16.3	1.8			13.6	7.5			
<b>KISELALGER:</b>												
<i>Asterionella formosa</i>	0.01	0.29	0.02					0.05	0.04			
<i>Fragilaria crotonensis</i>							0.01	0.08				
<i>Melosira sp.</i>									0.95	0.02	0.05	0.16
<i>Synedra cf. acus</i>		0.01										
<b>KISELALGER TOTALT</b>	0.01	0.30	0.02				0.01	0.13	0.99	0.02	0.05	0.16
% Kiselalger:	0.5	12.9	1.0				1.2	14.8	61.5	4.5	11.9	11.0
<b>GRØNNALGER:</b>												
<i>Chlorococcales</i> (kuler i koloni)				0.02			0.48	0.28	0.16	0.32	0.02	
<i>Oocystis sp.</i>								0.08	0.15	0.02		
<i>Desmidiatales</i>								0.01			0.02	
Diverse grønnalger (uspes.)		0.15	0.10	0.17	0.06	0.10	0.05	0.12	0.05	0.01	0.03	0.02
<b>GRØNNALGER TOTALT</b>		0.15	0.10	0.19	0.06	0.10	0.53	0.49	0.36	0.35	0.07	0.02
% Grønnalger:		6.5	5.2	23.8	10.7	10.6	63.9	55.7	22.4	79.5	16.7	1.4
<b>SVELGFLAGELLATER:</b>												
<i>Cryptomonas spp.</i>	0.03	0.70	1.31	0.15	0.29	0.48	0.19	0.08		0.01	0.19	0.96
<b>SVELGFLAGELLATER TOTALT</b>	0.03	0.70	1.31	0.15	0.29	0.48	0.19	0.08		0.01	0.19	0.96
% Svelgflagellater:	1.5	30.2	67.5	18.8	51.8	51.1	22.9	9.1		2.3	45.2	65.8
<b>ANDRE ALGER:</b>												
Uspes. alger ( $\mu$ -alger)	1.92	1.12	0.48	0.33	0.20	0.36	0.10	0.06	0.14	0.06	0.11	0.32
<b>ANDRE TOTALT</b>	1.92	1.12	0.48	0.33	0.20	0.36	0.10	0.06	0.14	0.06	0.11	0.32
% Andre alger:	97.0	48.3	24.7	41.3	35.7	38.3	12.0	6.8	8.7	13.6	26.2	21.9
<b>TOTAL ALGEBIOMASSE</b>	1.98	2.32	1.94	0.80	0.56	0.94	0.83	0.88	1.61	0.44	0.42	1.46

## KVANTITATIVT DYREPLANKTON

Filtrert 90 µm Zooplankton (individer/liter)	Innsjø: MOSVATNET 1999 Blandprøve 0-2 m												
		Prøvetakingsnr:											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Dato:	23.mar	14.apr	4.mai	25.mai	9.jun	29.jun	16.jul	4.aug	24.aug	13.sep	30.sep	18.okt
<i>Eudiaptomus gracilis</i>		5.0	5.0	1.3	9.0	21.0	34.0	31.3	77.0	89.0	56.3	84.3	81.7
herav: Nauplier		3.7	3.0	0.3	6.3	9.3	22.7	17.0	48.7	37.3	19.0	54.0	43.7
Copepdt.		0.0	1.3	0.7	1.0	11.3	10.0	10.7	22.7	45.7	29.3	29.0	32.3
Adulte		1.3	0.7	0.3	1.7	0.3	1.3	3.7	5.7	6.0	8.0	1.3	5.7
<i>Cyclops abyssorum</i>		84.3	115.7	150.7	92.0	85.7	101.0	38.7	10.3	20.7	35.3	13.7	21.3
herav: Nauplier		63.7	80.3	112.0	55.7	42.3	42.7	4.0	9.0	18.3	32.7	13.3	15.3
Copepdt.		17.0	31.7	34.7	33.7	37.7	38.7	24.0	0.0	0.7	1.0	0.3	4.7
Adulte		3.7	3.7	4.0	2.7	5.7	19.7	10.7	1.3	1.7	1.7	0.0	1.3
<i>Mesocyclops leucarti</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
herav: Nauplier													
Copepdt.													
Adulte													
<b>Sum COPEPODER</b>		<b>89.3</b>	<b>120.7</b>	<b>152.0</b>	<b>101.0</b>	<b>106.7</b>	<b>135.0</b>	<b>70.0</b>	<b>87.3</b>	<b>109.7</b>	<b>91.7</b>	<b>98.0</b>	<b>103.0</b>
<i>Daphnia galeata</i>		2.3	6.7	20.3	87.0	2.0	55.0	71.7	37.3	79.3	45.7	4.7	7.0
Adulte hanner					0.7		5.7				0.3		
Adulet hunner		2.3	6.7	20.3	86.3	2.0	49.3	71.7	37.3	79.3	45.3	4.7	7.0
herav m/egg			0.7	0.3	10.7	0.7	4.3	7.3	1.3	14.7	0.7		1.0
<i>Bosmina longirostris</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	1.0
Adulet hunner										0.3			1.0
herav m/egg													0.3
<i>Leptodora kindthii</i>													
Muslingkreps						1.0			0.3		0.3		
Chydorider										0.3			
<b>Sum CLADOCERER</b>		<b>2.3</b>	<b>6.7</b>	<b>20.3</b>	<b>87.0</b>	<b>3.0</b>	<b>55.0</b>	<b>71.7</b>	<b>37.7</b>	<b>80.0</b>	<b>46.0</b>	<b>4.7</b>	<b>8.0</b>
<i>Kellicottia longispina</i>			0.7	0.3	7.3								
herav m/egg			0.3		1.0								
<i>Keratella cochlearis</i>					0.7			0.3		0.7			
herav m/egg								0.3					
<i>Keratella quadrata</i>		59.0	130.3	106.0	105.3	7.7	22.0	34.0	297.7	37.0	35.3	22.0	28.0
herav m/egg		29.7	67.7	54.0	36.0	3.3	7.7	9.3	44.7	7.3	5.3	2.3	8.3
<i>Keratella testudo</i>													
<i>Pompholyx sulcata</i>									0.3				
herav m/egg													
<i>Brachionus sp.</i>		0.7	7.3	10.3	0.3								2.0
<i>Filinia sp.</i>		0.7	0.7										0.3
<i>Polyarthra spp.</i>		279.3	85.3	12.0	1.7	0.7	1.7	10.3	16.0	62.7		4.3	3.0
<i>Synchaeta sp.</i>		7.7								7.7	3.3	4.3	190.7
<i>Ascomorpha sp.</i>		32.0	0.7					0.3	0.3	11.3		0.7	21.3
<i>Conochilus sp.</i>				24.0		4.3	5.0				1.7	2.3	
<i>Euchlanis dilatata</i>										19.3	0.3		
<i>Lecane sp.</i>													
<i>Collotheca sp.</i>													
<i>Trichocerca sp.</i>				0.3							0.3		
<i>Notholca sp.</i>													
<i>Asplanchna priodonta</i>		7.0	20.3	26.3	16.3	2.3	4.7	2.3	0.7	9.7			
<b>Sum ROTATORIER</b>		<b>386.3</b>	<b>245.3</b>	<b>179.3</b>	<b>131.7</b>	<b>15.0</b>	<b>33.3</b>	<b>47.3</b>	<b>315.0</b>	<b>148.7</b>	<b>40.7</b>	<b>33.7</b>	<b>245.3</b>

**SEDIMENTANALYSER MOSVATNET (Prøve tatt 10.05.1999):**

Sedimentsjikt cm - cm	VANNINNHOLD OG GLØDEREST			TOTALINNHOLD	
	Vanninnhold %	Gløderest % av TS	Glødetap % av TS	Fosfor mg/g TS	Jern mg/g TS
0 - 1	91	73	27	5.1	77
1 - 3	89	73	27	5.1	77
3 - 7	88	77	23	2.0	60
7 - 13	86	78	22	2.1	44
13 - 19	85	76	24	1.6	40
19 - 25	85	71	29	1.2	33
25 - 30	78	89	11	0.8	61

**FOSFORFRAKSJONER etter Psenner *et al.* (1984) / Hupfer *et al.* (1995)**

Sedimentsjikt cm - cm	NH <sub>4</sub> Cl-P mg/g TS	BD-P mg/g TS	NaOH-P mg/g TS	HCl-P mg/g TS	Resid.-P mg/g TS
0 - 1	0.01	2.3	1.8	0.2	0.7
1 - 3	0.00	2.5	2.2	0.3	0.1
3 - 7	0.00	0.5	0.8	0.2	0.4
7 - 13	0.00	0.5	1.4	0.2	0.0
13 - 19	0.00	0.3	1.2	0.1	0.0
19 - 25	0.01	0.2	0.7	0.1	0.2
25 - 30	0.00	0.1	0.4	0.0	0.2

**FOSFORFRAKSJONER etter Hieltjes & Lijklema (1980)**

Sedimentsjikt cm - cm	NH <sub>4</sub> Cl-P mg/g TS		NaOH-P mg/g TS	HCl-P mg/g TS	Resid.-P mg/g TS
0 - 1	0.05		3.7	1.0	0.3
1 - 3	0.01		4.2	0.9	0.0
3 - 7	0.01		1.3	0.5	0.2
7 - 13	0.01		1.7	0.4	0.0
13 - 19	0.00		1.2	0.2	0.3
19 - 25	0.01		1.0	0.1	0.1
25 - 30	0.01		0.3	0.0	0.5