

Overvåking av
miljøkvalitet i
Kalvatnet
i 1999

R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS

440



Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Overvåking av miljøkvaliteten i Kalvatnet i 1999

FORFATTER:

Dr.philos. Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Gjersdal Settefisk as, ved Torstein Gjersdal, Postboks 140, 6100 Volda

OPPDRAGET GITT:

Mars 1997

ARBEIDET UTFØRT:

1999-2000

RAPPORT DATO:

9.mai 2000

RAPPORT NR:

440

ANTALL SIDER:

17

ISBN NR:

ISBN 82-7658-292-3

EMNEORD:

- Resipientvurdering
- Settefiskproduksjon i merder

SUBJECT ITEMS:

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082
www.bgnett.no/~rb
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75 E-post: rb@bgnett.no

FORORD

I forbindelse med Gjersdal Settefisk sitt merdanlegg i Kalvatnet har Rådgivende Biologer as. vært ansvarlig for gjennomføring av en overvåking av miljøkvaliteten i innsjøen i 1997. Det gjennomførte opplegg baserer seg på en befaring til innsjøen 9.august 1999, samt også på innsamlete prøver foretatt av oppdretter etter vår anvisning.

Gjersdal Settefisk as har drevet sitt merdanlegg i Kalvatnet siden 1978, og dette er den tredje av årlige undersøkelser av miljøkvalitet i innsjøen. Den første ble gjennomført i 1997, og inneholder også en utvidet beskrivelse av innsjøen (Johnsen 1998). Resultatene fra undersøkelsene er vurdert i henhold til SFTs opplegg for vurdering av vannkvalitet i ferskvann (SFT 1997).

De vannkjemiske analysene er utført av Chemlab Services as, mens algeprøvene er analysert av cand.real. Nils Bernt Andersen. Cand.scient. Erling Brekke har analysert dyreplanktonprøven fra innsjøen.

Rådgivende Biologer as. takker Gjersdal Settefisk as. ved Torstein Gjersdal for oppdraget.

Bergen, 9.mai 2000

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	2
Innholdsfortegnelse	2
Sammendrag og konklusjon	3
Miljøvirkninger av merdanlegg i innsjøer	4
Kalvatnet	6
Tilstanden i Kalvatnet i 1999	8
Vurdering av tilstand og utvikling	12
Referanser	15
Vedleggstabeller	16

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

JOHNSEN, G.H. 2000.

Overvåking av miljøkvaliteten i Kalvatnet 1999

Rådgivende Biologer as. Rapport nr 440, 17 sider. ISBN 82-7658-292-3.

Rådgivende Biologer as. har, på oppdrag fra Gjersdal Settefisk as. gjennomført en resipientundersøkelse av Kalvatnet i 1999. Undersøkelsen er utført ved at oppdretter selv har samlet inn vannprøver gjennom sommeren, samtidig som det er foretatt en befarings tur til innsjøen 9. august 1999. Etter planen skulle det vært samlet inn vannprøver også september og oktober, men dette ble ikke utført. Grunnlaget for vurderingene er derfor noe spinkelt.

Kalvatnet

Kalvatnet ligger i Austefjordvassdraget og har et nedslagsfelt på hele 77 km², som for det meste består av høytliggende fjellområder med en spesifikk avrenning på mellom 60 og 80 liter /km² / sekund (NVE 1987). Kalvatnet ble opploddet i 1997 og innsjøens morfologi og vannutskiftingsforhold er beskrevet i Johnsen (1998).

Miljøkvalitet i 1999

Kalvatnet hadde en god vannkvalitet i 1999, og for alle undersøkte forhold bortsett fra innhold av fosfor ble tilstanden klassifisert til beste klasse I = ”meget god” i SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Fosforinnholdet var imidlertid noe høyere og tilsvarer tilstandsklasse III= ”mindre god”. Algemengdene var imidlertid tilsvarende det en finner i svært næringsfattige innsjøer, slik at samlet sett blir miljøkvaliteten i innsjøen å regne som ”meget god” også i 1999.

Utvikling

Undersøkelsene av Kalvatnet i 1999 var de tredje i rekken av årlige overvåkinger i denne innsjøen. Det er bare tatt tre årlige prøver, slik at grunnlaget er noe mangelfullt til at en kan trekke klare konklusjoner om eventuell utvikling i miljøkvaliteten i innsjøen. Resultatene er i hovedsak samsvarende fra år til år, selv om innholdet av næringsstoffet fosfor er økt betydelig fra 1997 til 1999. Årsaken til dette er ikke kjent, og innholdet av næringsstoffet nitrogen og også algemengdene varierer mer tilfeldig i perioden. Omfanget av driften ved anlegget har vært noenlunde stabil, og dette kan ikke bidra til å forklare de endringer som har vært observert i innsjøen. Innsjøens resipientkapasitet er fremdeles god når det gjelder tilførsler av næringsstoffene og også organisk stoff, samtidig som miljøtilførslene fra fiskeanlegget ikke har noen klare effekter på tilstanden i innsjøen.

Fiskedød vinteren 1999

Det opptrådte episodiske tilfeller med akutt fiskedød i anlegget vinteren 1999. En har ikke kunnet påvise årsaken til dette, men forsuring er foreslått som mulig forklaring. Dette er diskutert på bakgrunn av generelle forhold, og holdes som høyst usannsynlig i dette tilfellet. Flomvannføringer i forbindelse med store nedbørmengder og tilhørende vannkvaliteter med mulig høyt innhold av jern er mer sannsynlig. Rutinene ved slike episoder bør inkludere vannprøvetaking.

MILJØVIRKNING AV MERDANLEGG I INNSJØER

Tre større forskningsprosjekt i perioden 1979 - 1989 hadde som sentral målsetting å avklare hvordan innsjøer påvirkes av merdbaserte fiskeoppdrettsanlegg, og hvordan en skal overvåke denne påvirkningen. Forskningsprosjektet “*Settefiskoppdrett i vassdrag*” ble utført i regi av Norges Fiskeriforskningsråd ved Havforskningsinstituttets Avdeling for Akvakultur i årene 1979 - 1981, og det ble fulgt opp i to store prosjekt som ble gjennomført ved Universitetet i Bergen; “*Økologiske forutsetninger for oppdrett av laksesmolt i innsjøer*” i årene 1983-1985 og “*Biologisk optimalisering av oppdrett av laksefisk i ferskvann*” i årene 1986-1988. Begge prosjektene var et samarbeide mellom Havforskningsinstituttets Avdeling for Akvakultur (nå: Senter for Havbruk) og tre institutt ved Universitetet i Bergen (Fiskeribiologi, Mikrobiologi og Zoologisk Museum). Til sammen ble det i tilknytning til disse tre prosjektene fullført 15 hovedfagsoppgaver og fire dr.philos. avhandlinger.

På dette grunnlaget har Rådgivende Biologer AS siden 1989 fortsatt arbeidet med overvåking av merdbaserte oppdrettsanlegg i innsjøer. Ved gjennomføring av denne type overvåkingsundersøkelser har vi valgt å vektlegge resultatene av den omtalte forskning, og vi benytter derfor et noe avvikende sett med parametre i forhold til det som SFT anbefaler ved generelle innsjøundersøkelser i innsjøer. For likevel å få en standard tilnærming til den aktuelle problematikken i slike innsjøer, er SFTs system og klassifisering hele veien benyttet. SFTs system er også forsøk tilpasser forhold som SFT ikke har utarbeidet standardiserte klassifiseringssystem for.

De viktigste miljøpåvirkningene fra merdbaserte fiskeanlegg i innsjøer er tilførsler av:

- 1) næringsstoff fra spillfôr og fiskeavføring,
- 2) organisk stoff fra de samme kildene, og
- 3) rømt fisk, som reduserer innsjøens evne til algekontroll ved at dyreplanktonet beites ned.

Disse forhold blir vurdert ved å undersøke virkningene av dem i innsjøens økosystem, samtidig som en søker å vurdere omfanget og betydningen av disse tilførslene i forhold til andre tilførselskilder. SFTs system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvann er utarbeidet med en mer generell tilnærming, slik at en ved undersøkelse av innsjøer i utgangspunktet skal søke å fange opp de fleste sannsynlige miljøpåvirkninger. Når en skal vurdere virkningene av en konkret og kjent tilførselskilde (her: fiskeanlegg), så behøver ikke parametervalget favne alle mulighetene.

Virkning i tilførsler av næringsstoff

Tilførsler av næringsstoff skjer fra mange forskjellige kilder, og virkningen og betydningen undersøkes både ved å se på mengden næringsstoff i innsjøen, og ved å vurdere den direkte effekten på mengden og sammensetningen av algene i innsjøen. SFTs system opererer også med *siktedyp* som sentral vurderingsfaktor. Dette kan nok være en god parameter i klarvanns-innsjøer, der klarheten i vannet kun påvirkes av algemengdene, men i humus-påvirkete Vestlands-innsjøer er siktedypet i all hovedsak påvirket av nettopp vannets farge og ikke av algemengdene. Derimot vil *variasjon i siktedypet* gjennom sommeren kunne fortelle noe om variasjon i algemengder, og eventuelle “klarvannsfaser” vil kunne dokumentere dyreplanktonets evne til å begrense algemengdene i slike perioder. Rådgivende Biologer har derfor valgt å vurdere variasjon i algemengdene direkte, samtidig som en også undersøker sammensetningen og størrelsene på dyreplanktonet i innsjøen.

Virkning av organisk belastning

I innsjøer vil tilførsler av organisk materiale komme fra eksterne kilder i nedbørsfeltet, fra innsjøens egen biologiske produksjon (i hovedsak av alger) og i dette tilfellet også fra fiskeanlegget. Tilførsler fra nedbørsfeltet vil i stor grad forefinnes som oppløst organisk materiale, noe som kan måles som *kjemisk oksygenforbruk* i vannprøver fra innsjøen.

Tilførsler av organisk stoff til innsjøer vil i hovedsak påvirke forholdene i det stabile dypvannet. Denne påvirkningen måles ved oksygenprofiler, som gjør det mulig å beregne "mangel" på oksygen i forhold til det som antas å ha vært tilstede ved full metning ved våromrøringen. Oksygenforbruksratene i dypvann for innsjøer har vist seg å være relativt stabilt over sommerhalvåret, slik at dersom en beregner det basert på målinger i august/september, er det også mulig å ekstrapolere utviklingen fram til høstomrøring en gang i oktober/november. Siden tilførsler av spillfôr og feces fra fisk i fiskeanlegg i hovedsak synker til bunns og derfor påvirker dypvannet direkte, så har Rådgivende Biologer valgt å vektlegge de to omtalte forhold alene i denne sammenhengen.

Det største problemet knyttet til oksygenfritt dypvann i innsjøer er fenomenet "indre gjødsling". Når det har vært oksygenfritt vann over sedimentene en tid, vil forholdet mellom toverdige og treverdige jern endres slik at bindingen av fosfor i sedimentet opphører. Da vil betydelige mengder av det tidligere sedimenterte fosforet bli frigitt til vannmassene som biotilgjengelig fosfat, og konsentrasjonene av fosfor i dypvannet kan være både 10 og 100 ganger høyere enn i overflatevannet. I slike innsjøer vil denne "indre gjødslingen" kunne utgjøre en vesentlig del av de samlede tilførsler av næring, og en kommer inn i en "ond sirkel" med stadig økende næringsinnhold og algemengder.

Virkning av rømt fisk

Det er en klar sammenheng mellom de typene av dyreplankton som finnes i et system og mengden fisk i innsjøen. I systemer med mye planktonspisende fisk, er det ikke bare færre dyreplankton generelt, men det er også andre og mindre typer som dominerer. I fravær av fisk, vil en derimot finne at store vannlopper dominerer, og disse har en god evne til å kontrollere algemengdene i innsjøen. Dyreplankton sammensetningen gjenspeiler således både mengde fisk og typer fisk som er tilstede.

Dersom økosystemet i en innsjø er i noenlunde balanse, vil ikke algene kunne blomstre uhemmet, fordi det vil være effektive dyreplankton som kan kontrollere dem. Dersom det er store mengder planktonspisende fisk i en innsjø, vil disse effektivt fjerne dyreplanktonet, slik at algene ikke lenger kontrolleres (såkalt "top-down"-effekt). Det samme vil kunne skje dersom næringstilførslene og produksjonsgrunnlaget for algene er for stort. Da vil ikke dyreplanktonet greie å kontrollere algene, som i tillegg vil kunne domineres av "uspiselige" alger som blågrønnalger (såkalt "bottom-up"-effekt). Et balansert økosystem er således i stand til å takle en større næringsbelastning og likevel opprettholde en akseptabel vannkvalitet, i motsetning til et ubalansert system som fort vil kunne bli dominert av store algeoppblomstringer med økende innslag av blågrønnalger.

KALVATNET

Kalvatnet ligger i Austefjordvassdraget og har et stort nedslagsfelt på hele 77 km². Dette består for det meste av høytliggende fjellområder med en spesifikk avrenning på mellom 60 og 80 liter /km² / sekund (NVE 1987). Det er lite fast bosetting i de øvre deler av feltet, mens det ligger en del bebyggelse med tilhørende landbruksaktivitet like øst for innsjøen.



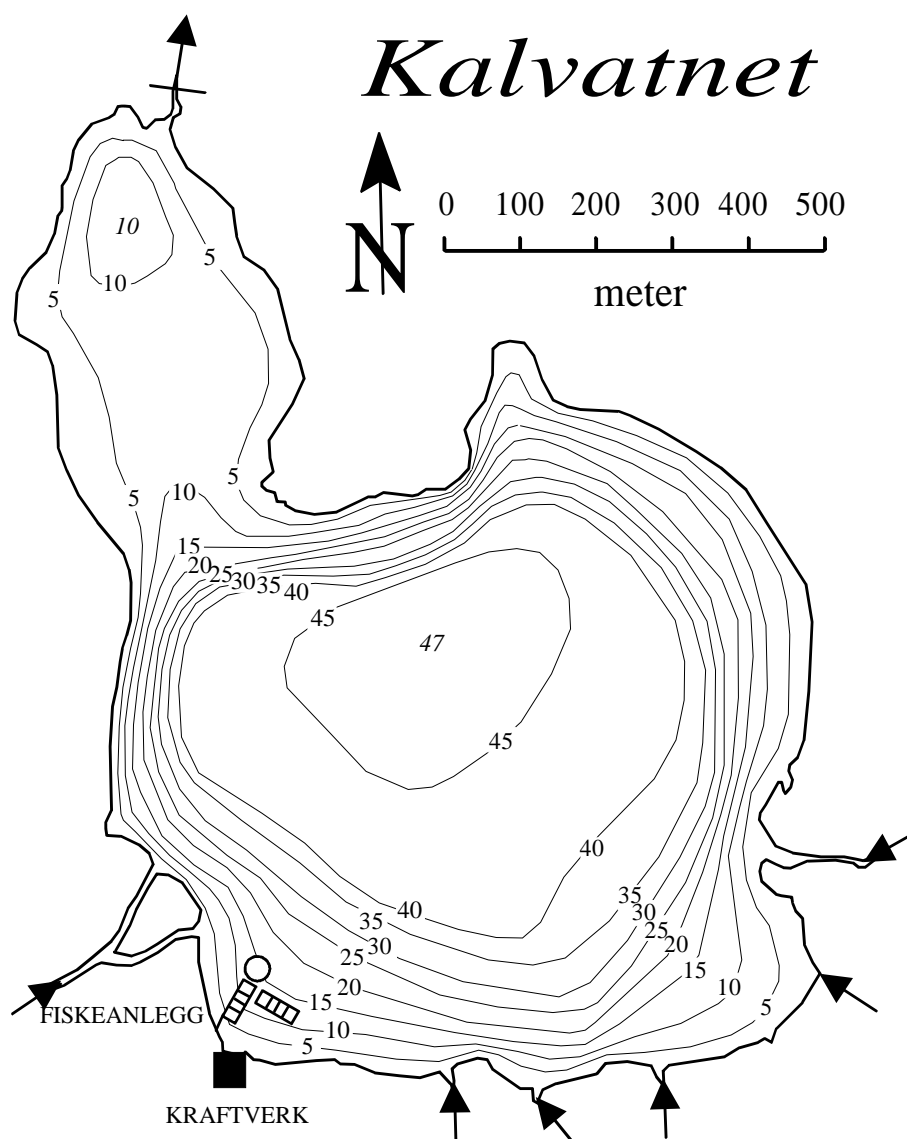
FIGUR 1. Gjersdal Settefisk AS anlegg i Kalvatnet, 9.august 1999.

Vassdraget er sterkt regulert, og konsesjon for regulering ble gitt allerede 1.september 1922. De tre største innsjøene er demmet opp (**tabell 1**). Kopa kraftstasjon, som tar vannet fra Osdalsvatnet, har en fallhøyde på 82 meter og ligger ved Kalvatnet like ved fiskeanlegget. Tilsammen 125 millioner m³ vann slippes gjennom dette kraftverket årlig, mens vann fra ytterligere 15,2 km² renner til innsjøen. Det gir en årlig tilrenning til Kalvatnet på omtrent 155 millioner m³. Vannet fra Kalvatnet benyttes så i Kolfossen kraftverk, som har en fallhøyde på 45 meter, og kan nytte 2 millioner m³ av volumet i Kalvatnet (de øverste tre metrene) i sin produksjon i tillegg til den årlige tilrenningen på 155 millioner m³.

TABELL 1: Regulerte innsjøer i Austeffjordvassdraget med tilhørende nedbørfelt. For Kalvatnet er samlet nedbørfelt angitt med uregulert felt vist i parentes.

MAGASIN	HRV moh.	LRV moh.	FELT km ²
Grøndalsvatnet	42	414	13,0
Osdalsvatnet	157	145	40,8
Kalvatnet	70	67	77,0 (15,2)

Kalvatnet har et overflateareal på 0,8 km², et samlet volum på nærmere 20 millioner m³ og med en årlig tilrenning på 155 millioner m³, gir dette en gjennomsnittlig vannutskiftingstid på 46 dager, eller nærmere 8 ganger årlig.



FIGUR 2: Dybdekart over Kalvatnet (fra Johnsen 1998).

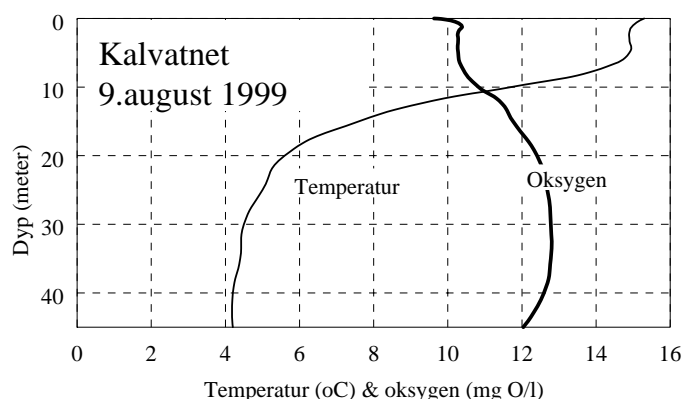
TILSTANDEN I KALVATNET 1999

I perioden juni til september 1999 ble det samlet inn tre vannprøver av overflatevannet ved det dypeste punktet i Kalvatnet. Prøvene er samlet inn av oppdretter etter anvisning av Rådgivende Biologer as. Det ble også foretatt en befaring til Kalvatnet den 9. august 1999 der det i tillegg til vannprøvetaking også ble målt temperatur- og oksygenprofiler ved det dypeste punktet i innsjøen.

Sjiktningforhold

Temperatur- og oksygenprofilene i Kalvatnet viste at det på denne tiden fremdeles var stabil sjiktning i vannsøylen (**figur 3**). Overflatetemperaturen lå da på vel 13 °C, temperatursprangskiktet lå på mellom 10 og 15 meters dyp, og i dypvannet var temperaturen vel 4 °C. Dette er en helt normal situasjon i en næringsfattig (oligotrof) innsjø på Vestlandet. Siktedypet i Kalvatnet var 9 meter ved befaringen.

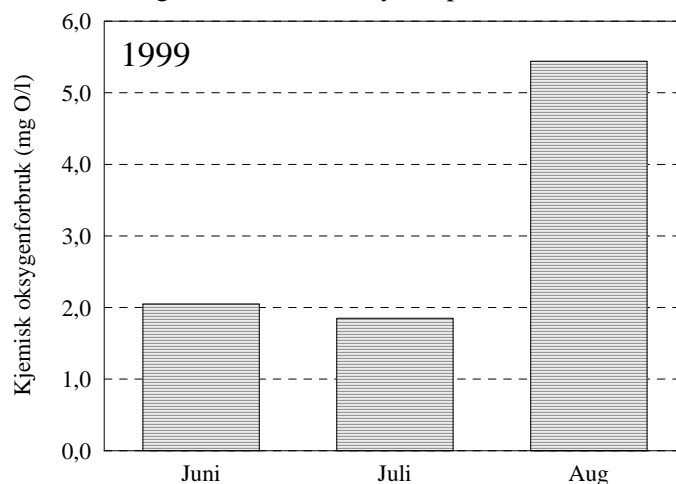
FIGUR 3: Temperatur- og oksygenprofiler i Kalvatnet ved befaringen 9. august 1999. Målingene er gjort med et YSI-instrument med nedsenkbar sonde over innsjøens dypeste punkt.



Virkning av tilførsler av organisk materiale

Oksygennivået i vannsøylen var ikke preget av oksygenvinn i dypvannet. I overflaten ble det ved befaringen målt ned mot 10 mg O/l, mens det under temperatursprangsjiktet på 10-15 meters dyp var opp mot 13 mg O/l. Dette holdt seg til bunns, der det var 12 mg O/l (**figur 3**). En slik forskjell mellom overflaten og de dypere lag skyldes at oksygen løses dårligere i vann med høy temperatur.

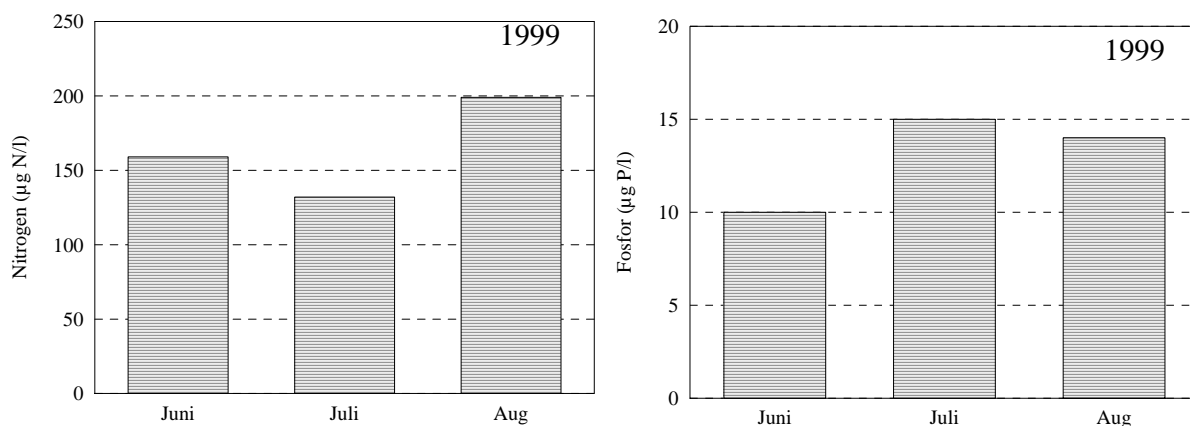
FIGUR 4: Kjemisk oksygenforbruk i tre overflatevannprøver fra Kalvatnet sommeren 1999. Analysene er utført av Chemlab Services as i Bergen



Det kjemiske oksygenforbruket i vannmassene var lavt. Klassifisert i henhold til SFTs vurdering av miljøkvalitet i ferskvann, tilsvarer gjennomsnittet av målingene (**figur 4**) nest laveste tilstandsklasse II = "god". Ut fra disse betraktningene kan en slå fast at Kalvatnet ikke tilføres store mengder organisk materiale, verken fra naturlige tilførsler av humusstoffer eller fra bosettingen rundt vannet, og at det ikke er tegn på organisk belastning i innsjøens dypvann.

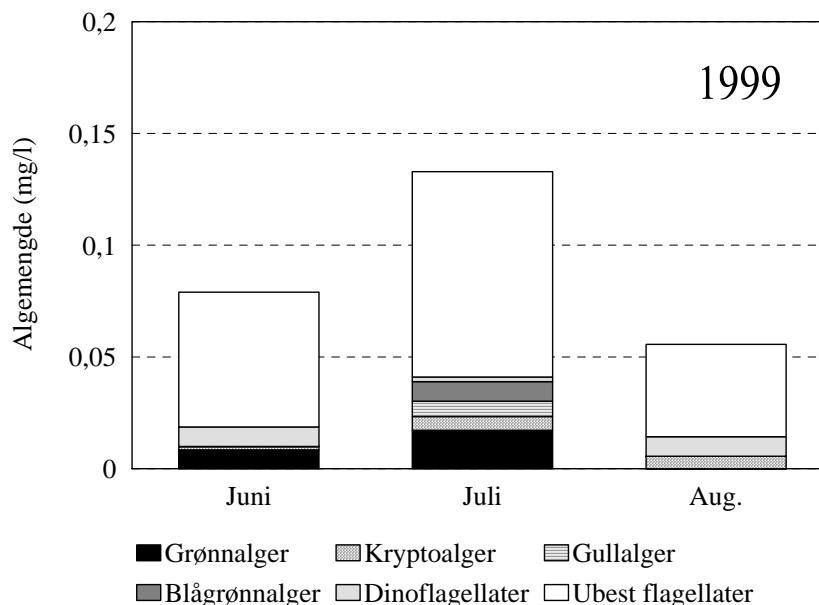
Virkning av næringsstoff tilførsler

De tre foretatte målingene av næringsstoffene fosfor og nitrogen i 1999 viser moderat høye verdier av fosfor med et gjennomsnitt på 13 : g/l. Dette tilsvarer tilstandsklasse III = "mindre god" i SFTs klassifiseringssystem. Nitrogenkonsentrasjonene, med et gjennomsnitt på 163 : g N/l, tilsvarer tilstandsklasse I = "meget god" (**figur 5**). Fosforverdiene var i 1999 dobbelt så høye som de tre tilsvarende målingene fra 1997, mens nitrogenverdiene er tilsvarende som i 1997.



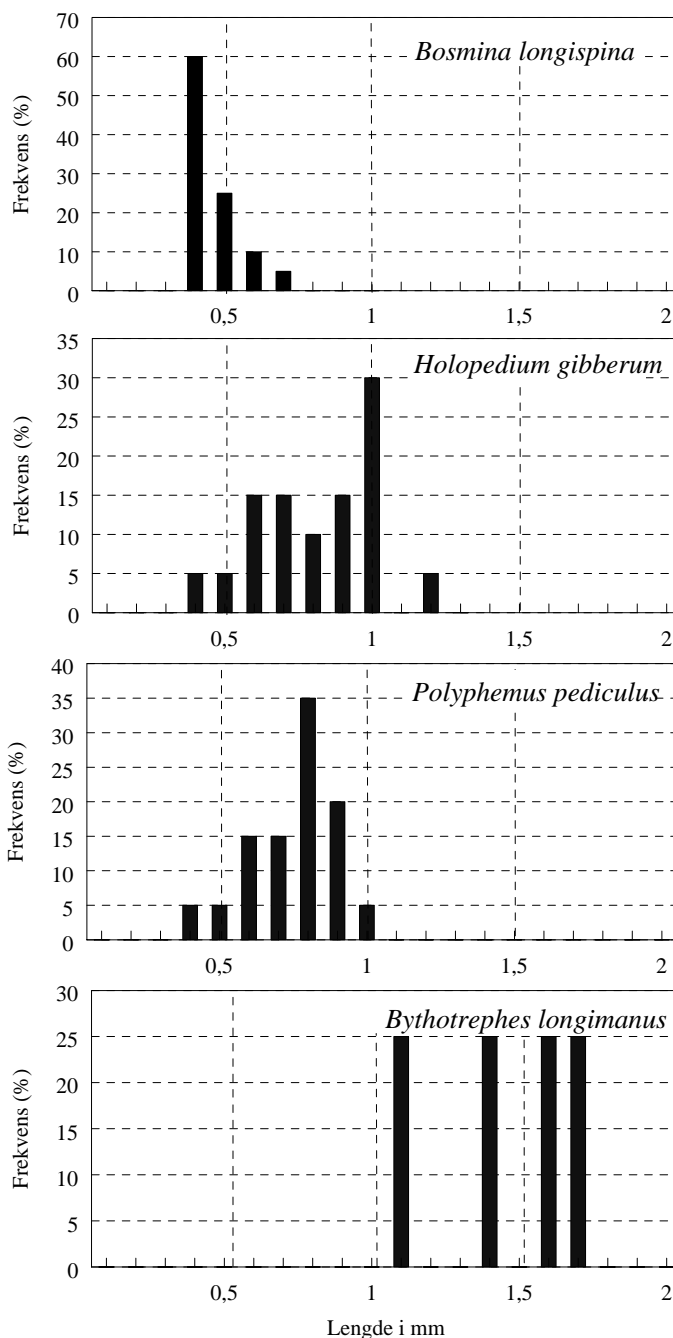
FIGUR 5: Målinger av næringsstoffet og totalnitrogen (til venstre) og totalfosfor (til høyre) i tre overflatevannprøver fra Kalvatnet sommeren 1999. Analysene er utført av Chemlab Services as i Bergen.

FIGUR 6: Algemengder og typer i Kalvatnet sommeren 1999. Prøvene er tatt som blandprøver de øverste seks metrene ved det dypeste punktet i innsjøen. Analysene er utført av cand.real. Nils Bernt Andersen.



I Kalvatnet var algemengdene i 1999 relativt små med et gjennomsnitt på 0,1 mg/l (**figur 6, vedleggstabell 3**). Dette reflekterer næringsfattige forhold. Også de registrerte algetyperne er representative for slike innsjøer. Det ble således bare funnet mindre mengder blågrønnalger i juli.

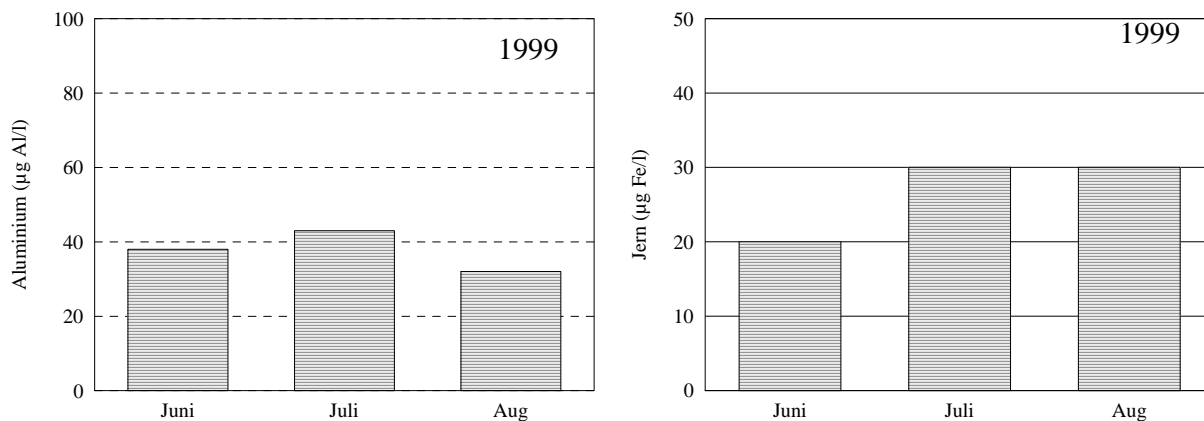
Høsten 1999 ble det funnet svært lave tettheter av dyreplankton i Kalvatnet, noe som både kan skyldes at innsjøen er relativt næringsfattig, at den sannsynligvis har en middels tett bestand med planktonspisende småfisk samtidig som prøven er tatt noe seinere på året enn tilsvarende prøve fra 1997. Også i 1999 var de store vannloppene fraværende, og det var dominans av de små *Bosmina longispina* (**vedleggstabell 2**). Tilstedeværelse av de store *Bythotrephes longimanus* viser at nedbeiting fra fisk ikke kan forklare fraværet av *Daphnia*, fordi *B.longimanus* først ville vært beitet ned.



FIGUR 7. Lengdefordeling av de vanligste artene av krepsdyr-dyreplanktonet fra et hovtrekk i Kalvatnet 9.august 1999. Målingene er utført av cand.scient. Erling Brekke.

Vannkvalitet generelt

Innholdet av jern og aluminium ble også analysert i de tre overflatevannprøvene. Innholdet av jern var lavt. Med et gjennomsnitt på 27 : g Fe/l tilsvarer dette SFTs tilstandsklasse I="meget god". Innholdet av aluminium var heller ikke høyt sommeren 1999 med et gjennomsnitt på 38 : g Al/l (**figur 8**). Dette vil vanligvis ikke medføre noen problemer for fisken i anlegget siden surheten i innsjøen heller ikke er særlig lav.

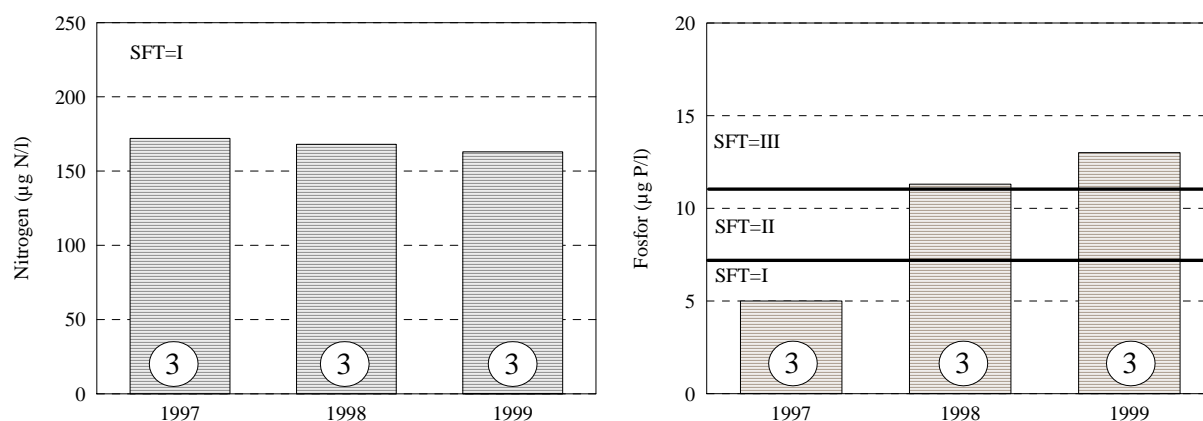


FIGUR 8. Målinger av total aluminium (til venstre) og jern (til høyre) i overflatevannprøver fra Kalvatnet sommeren 1999. Analysene er utført av Chemlab Services as i Bergen.

VURDERING AV TILSTAND OG UTVIKLING

Kalvatnet var også i 1999 en relativt næringsfattig innsjø med klart vann. Innsjøen har en høy vanngjennomstrømming, og det meste av vannet tilføres fra Kopa kraftverk som ligger i sørenden av innsjøen. Den hyppige vannutskiftingen gir innsjøen en god resipientkapasitet, og den næringsfattige tilstanden gjør at den gjenværende resipientkapasiten er god.

Kalvatnet hadde en meget god vannkvalitet også i 1999, og for de fleste undersøkte forhold ble tilstanden klassifisert til beste klasse I = ”meget god” i SFTs vurderingssystem for vannkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Innholdet av fosfor var imidlertid så mye høyere at det var godt innenfor SFTs klasse III=”mindre god”. Algemengdene var imidlertid små, og samlet sett er innsjøen å betrakte som næringsfattig også i 1999. Kalvatnet er blitt gradvis mer rikt på næringsstoffet fosfor i årene siden 1997, og i 1999 var konsentrasjonen innenfor SFTs tilstandsklasse III=”mindre god”. Innholdet av nitrogen er imidlertid ikke endret tilsvarende, og tilfredsstillende alle tre årene SFTs klasse I=”meget god” (**figur 9**).



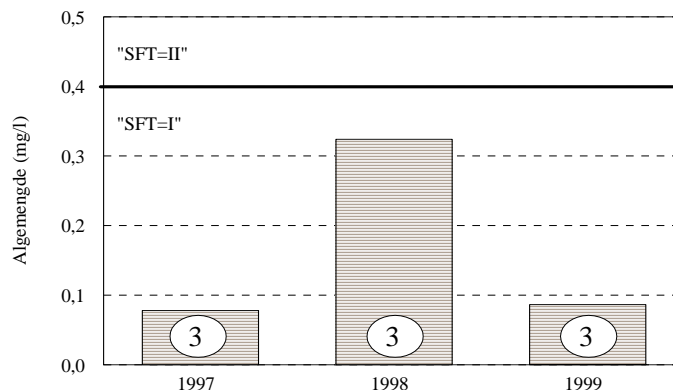
FIGUR 9. Årlige gjennomsnittsverdier for næringsstoffene totalnitrogen (til venstre) og totalfosfor (til høyre) i overflatevannprøver fra Kalvatnet perioden 1997 - 1999. SFTs tilstandsklassifikasjon er vist i figurene. Antall prøver bak hvert gjennomsnitt er vist på søylene.

TABELL 4: Sammenheng mellom de ”klassiske” betegnelser for næringsstatus, innhold av fosfor, observerte algemengder og SFTs tilstandsklassifisering, basert på SFT (1997) og Brettum (1989).

Tilstand	Ultraoligotrof	Oligotrof	Oligomesotrof	Mesotrof	Eutrof	Polyeutrof
Fosfor	< 2 : g/l	2-7: g/l	7-11: g/l	11-20: g/l	20-50: g/l	> 50: g/l
Algemax	< 0,2mg/l	0,2-0,7 mg/l	0,7-1,2 mg/l	1,2-3 mg/l	3-5 mg/l	> 5 mg/l
Algesnitt	< 0,1 mg/l	0,1-0,4 mg/l	0,4-0,6 mg/l	0,6-1,5 mg/l	1,5-2,5 mg/l	> 2,5 mg/l
SFT:	SFT = I		SFT = II	SFT = III	SFT = IV	SFT = V

Algemengdene i Kalvatnet var lave også i 1999, særlig sett i forhold til det innholdet av næringsstoff som observeres. Algemengdene har variert noe de siste årene, uten at det nødvendigvis er samsvar mellom algemengder og næringsmengder. Dette kan skyldes at de presenterte gjennomsnitt er basert på få prøver, noe som i seg selv gir rom for tilfeldig variasjon. Månedlige prøver fra mai til oktober er et forutsetning for å vurdere nyanser i dette bildet, mens de foreliggende prøveseriene bare gir mulighet for å vurdere det generelle nivået (**figur 10**).

FIGUR 10. Årlige gjennomsnittsverdier for algemengde i overflatevannprøver fra Kalvatnet perioden 1997 - 1999. Verdiene er tilpasset SFTs tilstands-klassifisering basert på **tabell 4**, og vist på figuren. Antall prøver bak hvert gjennomsnitt er vist på søylene.

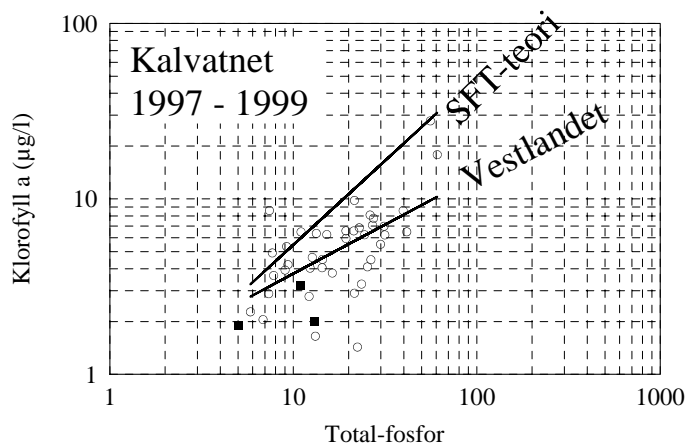


Det mangelfulle samsvaret mellom næringsinnhold og algemengde er gjennomgående i mange Vestlands-innsjøer. I de nasjonale modellene for vurdering av algemengde i forhold til næringsinnhold, er algemengde uttrykt som innhold av fargestoffet klorofyll-a i algene. For å kunne benytte disse modellene, er derfor de observerte algevolumer i Kalvatnet regnet om etter følgende ligning basert på vestlandsforhold (basert på årlige gjennomsnittsverdier for både algevolumer og klorofyll-a i 34 lavtliggende og sammenlignbare vestlandsinnsjøer):

$$\text{Klorofyll-a} = 0,4017 \text{ Algevolum}^{0,36} \quad (n=34, r^2=0,51)$$

Figur 11 viser klart at de nasjonale modellene for algeutbytte i forhold til næringsinnhold gir altfor høye forventninger i forhold til det en vanligvis finner på Vestlandet. Dette kan skyldes at den biologiske kontrollen med algemengdene i vestlandsinnsjøer er mye sterkere (top-down-effekt) i og med at her ikke er så sammensatte og tette fiskebestander som i østlandsinnsjøer, og derfor heller ikke så nedbeitet dyreplankton. Dessuten er mange av vestlandsinnsjøene preget av relativt høyt innhold av humus. Dette er imidlertid ikke tilfellet i Kalvatnet, som også har svært lave algemengder regnet som klorofyll.

FIGUR 11. Algenes respons på innhold av næringsstoffet fosfor. Den øvre linjen representerer SFTs standard-respons basert på et nasjonalt utvalg av 355 innsjøer undersøkt 1988 (Faafeng mfl 1990). Den nedre linjen baserer seg på et utvalg på 34 vestlandsinnsjøer undersøkt 1990-1999, også vist med sirkler i figuren. Verdiene for Kalvatnet er vist med svarte symboler.



Algemengdene har i alle de tre årene tilsvart tilstandsklasse I="meget god", noe som også gjelder de andre nærings-parametrene bortsett fra fosfor (**tabell 5**). I den foretatte vurderingen, er det lagt vekt på at næringsinnholdet i seg selv ikke medfører noe "problem" for miljøkvaliteten i en innsjø. Det er miljøets respons på næringsinnholdet,- altså algemengdene og algesammensetningen, som betyr mest når det gjelder samlet klassifisering av miljøkvaliteten.

For å sikre et bedre presisjonsnivå på konklusjonene, bør den videre overvåking av vannkvaliteten gjennomføres med månedlig prøvetaking gjennom hele sommeren, fra mai til og med oktober, slik det i utgangspunktet var planlagt gjennomført i 1999.

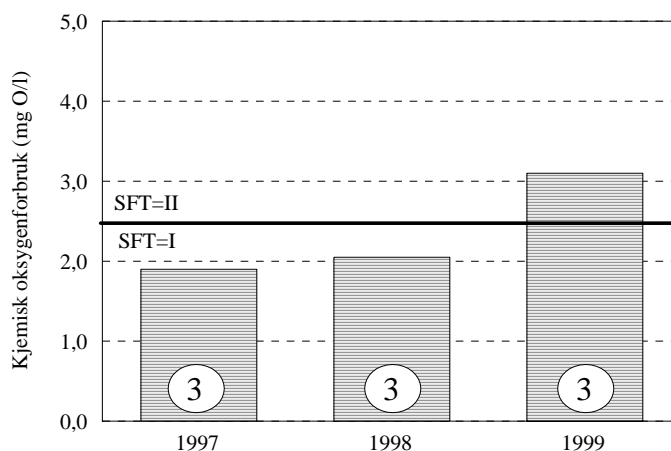
TABELL 5. Årlig SFT-klassifisering av virkning av tilførsler av næringsstoff til Kalvatnets Nøkkelparametre er uthevet, og det må understrekes at vurderinger skal utføres på fem til seks prøvetakinger årlig. Fra Kalvatnet foreligger stort sett tre årlige målinger.

Parameter / år	1997	1998	1999
Fosfor	I	III	III
Klorofyll-a	-	-	-
Algemengde	I	I	I
Siktedyp	I	I	I
Nitrogen	I	I	I
"SAMLET"	I="meget god"	I="meget god"	I-II="meget god - god"

Virkning av tilførsler av organisk stoff

Innholdet av organisk stoff i Kalvatnet er relativt lavt, og tilsvarte i 1999 tilstandsklasse II="god". De to foregående årene var tilstanden I="meget god" (**figur 12**). Forskjellen skyldes i hovedsak at det i 1999 var en særlig høy måling i august som dro opp gjennomsnittet. Kalvatnet er ikke humøst, og det er ikke store algemengder. Det er derfor ikke klart hva som bidrar til denne variasjonen. Det er ikke observert oksygenforbruk i Kalvatnets dypvann noen av årene, så uansett er det ikke noen virkning av eventuell organiske belastning.

FIGUR 12. Årlige gjennomsnittsverdier for kjemisk oksygenforbruk (KOF) i overflatevannprøver fra Kalvatnet perioden 1997 - 1999. KOF er et mål på innhold av organisk stoff. SFTs tilstands-klassifisering er vist på figuren. Antall prøver bak hvert gjennomsnitt er vist på søylene.



Fiskedød vinteren 1999

Det opptrådte episodiske tilfeller med akutt fiskedød i anlegget vinteren 1999. En har ikke kunnet påvise årsaken til dette, og de foretatte målinger av metaller i innsjøen gjennom sommeren tyder ikke på at det til vanlig er problematiske nivåer av verken jern eller aluminium for fisken.

Det har imidlertid vært spekulert om forsurening kan ha bidratt til problemene. Det ble nemlig funnet metaller på gjellene til den døde / døende fisken, men siden det ikke foreligger parallelle målinger av vannkvalitet fra disse episodene, er det vanskelig å spekulere videre. Forsuringen var generelt sett på det kraftigste på slutten av 1970-tallet, og mengde forsurende tilførsler til Vestlandet har avtatt til under 50% av 1980-nivået. Fiskedød ble imidlertid observert i mange vassdrag på Vestlandet i forbindelse med et særlig kraftig surtsøt knyttet til "sjøsalt-episoden" i januar 1993.

Siden Gjersdal Settefisk har drevet sitt merdanlegg i Kalvatnet i hele den aktuelle perioden, fra forsureningen var på topp og også gjennom den verste surstøtepisodene i 1993, uten at det da ble registrert fiskedød i disse episodene, ser vi det som svært lite sannsynlig at fisken plutselig skulle begynne å dø av forsureningsrelaterte vannkvaliteter vinteren 1999. De klimatiske forholdene de siste vintrene, med mye nedbør som regn, er det mer sannsynlig at en skal lete etter sammenhenger knyttet til flompregete vannkvaliteter der høyt humusinnhold og kanskje også høyt innhold av jern er mer typiske årsaker for problemer i slike fiskanlegg.

REFERANSER

BERGE, D. 1987

Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofnivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5 - 15 meter. SFT rapport nr. 2001, 44 sider.

BRETTUM, P. 1989

Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr. 2344, 111 sider.

JOHNSEN, G.H. 1998

Resipientbeskrivelse av Kalvatnet 1997
Rådgivende Biologer as. Rapport nr 325, 14 sider. ISBN 82-7658-186-2.

JOHNSEN, G.H. 1999.

Overvåking av miljøkvaliteten i Kalvatnet 1998
Rådgivende Biologer as. Rapport nr 390, 12 sider. ISBN 82-7658-251-6.

SFT 1997

Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann.
Statens forurensningstilsyn - veiledning nr. 97:04. ISBN 82-7655-368-0, 31 sider.

VEDLEGGSTABELLER

VEDLEGGSTABELL 1: Analyseresultat fra overflatevannprøver fra Kalvatnet i 1999. Prøvene er tatt ved det dypeste punktet i innsjøen, og analysene er utført av det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services as. i Bergen.

Parameter	Enhet	Juni	Juli	Aug	Snitt
Total fosfor	: g P / l	10	15	14	13
Total nitrogen	: g N / l	159	132	199	163
Kjemisk O-forbruk	mg O / l	2,05	1,85	5,44	3,1
Jern	: g Fe/l	20	30	30	27
Aluminium	: g Al/l	38	43	32	38

VEDLEGGSTABELL 2: Dyreplanktonsammensetning i Kalvatnet 9.august 1999. Prøvene er samlet inn ved et dobbelt vertikalt hovtrekk gjennom 20 meter av vannsøylen ved innsjøenes dypeste punkt, og analysert av cand.scient Erling Brekke.

Art	Tetthet - dyr/m ²	Tetthet - dyr/m ³
VANNLOPPER (Cladocera)		
<i>Bosmina longispina</i>	66 242	3 312
<i>Bythotrephes longimanus</i>	28	1
<i>Holopedium gibberum</i>	4 331	217
<i>Polyphemus pediculus</i>	1 274	64
HOPPEKREPS (Copepoda)		
<i>Arctodiaptomus laticeps</i>	170	8
<i>Cyclops scutifer</i>	849	42
Calanoide copepoditter	5 096	255
Calanoide nauplier	3 057	153
Cyclopoide copepoditter	5 096	255
Cyclopoide nauplier	356 688	17 834
HJULDYR (Rotifera)		
<i>Asplanchna priodonta</i>	28 535	1 427
cf. <i>Collotheca</i> sp.	3 057	153
<i>Conochilus</i> sp.	86 624	4 331
<i>Kellicottia longispina</i>	193 631	9 682
<i>Keratella cochlearis</i>	229 299	11 465
<i>Keratella hiemalis</i>	2 038	102
<i>Ploesoma hudsoni</i>	4 076	204
<i>Polyarthra</i> sp.	16 306	815
ANNET		
Vannmidd	255	13

VEDLEGGSTABELL 3: Algeresultater fra Kalvatnet ved tre tidspunkt sommeren 1999. Algeantall er oppgitt som millioner celler pr. liter og algevolum som mg pr. liter. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp. Prøvene er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

Kalvatnet 1999	Juni		Juli		August	
	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum
CHLOROPHYCEAE-Grønnalger						
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	15300	0,0015				
<i>Botryococcus brauni</i>			16000	0,0141		
<i>Elekatothrix</i> sp.			30600	0,0031		
<i>Sphaerocystis</i> sp.	61200	0,0069				
<i>Chlorophyceae</i> sp.	1000	0,0001				
CRYPTOPHYCEAE						
<i>Cryptomonas</i> sp.					1000	0,001
<i>Rhodomonas</i> sp.	15300	0,0015	61200	0,0061	45900	0,0046
CHRYSOPHYCEAE-Gullalger						
<i>Dinobryon</i> sp.			45900	0,0069		
DINOPHYCEAE-Dinoflagellater						
<i>Gymnodinium</i> sp.	15300	0,0077			15300	0,0077
<i>Peridinium</i> sp.	1000	0,001	2000	0,002	1000	0,001
CYANOPHYCEAE-Blågrønnalger						
<i>Anabaena spiroides</i>			74000	0,0084		
<i>Aphanocapsa</i> sp.			107000	0,0004		
Ubestemte flagellater og monader						
Ubestemte flagellater < 5 : m	1584000	0,0222	2112000	0,0296	1462000	0,0205
Ubestemte flagellater > 5 : m	337000	0,0381	551000	0,0623	184000	0,0208
SAMLET						
	2030100	0,079	2999700	0,1329	1708200	0,0556

