



International Research Institute of Stavanger

www.irisresearch.no

Åge Molversmyr

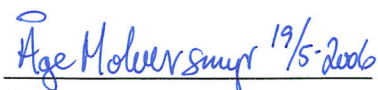
Undersøkelser i Hålandsvatnet 2005

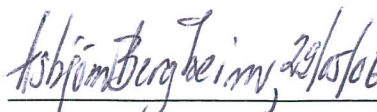
Rapport IRIS – 2006/068


Prosjektnummer: 7151725
Prosjektets tittel: Hålandsvatnet 2005

Oppdragsgiver(e): Stavanger kommune
Forskningsprogram:
ISBN: 82-490-0442-6
Gradering: Åpen

Stavanger, 19.05.2006


Åge Molversmyr Sign.dato
Prosjektleder


Asbjørn Bergheim Sign.dato
Kvalitetssikrer


Troels G. Jacobsen Sign.dato
Forskningssjef
IRIS-Marint miljø

© Kopiering er kun tillatt etter avtale med IRIS eller oppdragsgiver.

International Research Institute of Stavanger AS (IRIS) er sertifisert etter et kvalitetssystem basert på standard NS - EN ISO 9001

FORORD

RF – Rogalandsforskning (nå International Research Institute of Stavanger AS; IRIS) har på oppdrag fra Stavanger kommune utført undersøkelser i Hålandsvatnet i 2005, som en oppfølging av tidligere undersøkelser i innsjøen. Et relativt enkelt program for overvåking av vannkvalitet er gjennomført, for å kunne vurdere tilstand og utvikling av vannkvaliteten i Hålandsvatnet med tanke på kjemiske og biologiske faktorer.

Undersøkelsen er finansiert av Stavanger kommune – Teknisk Drift - Vann og Avløpsverket.

Innsamling av prøver og registreringer i felt er utført av seniorforsker Åge Molversmyr ved IRIS. Kjemiske analyser er utført ved vårt datterselskap M-lab, som er akkreditert i henhold til kvalitetsnormen ISO 17025 for de aktuelle analysemetodene. Analyse av planteplankton er utført av dr. philos Øyvind Løvstad (Limno-Consult), mens dyreplankton er analysert av cand. real Svein Birger Wærvågen (Høgskolen i Hedmark). Analyse av algetoksiner er utført av NIVA, Oslo, ved dr. Thomas Rohrlack.

Bearbeiding av data og rapportering er utført av seniorforsker Åge Molversmyr, og faglig kvalitetssikrer har vært seniorforske Asbjørn Bergheim.

Stavanger, 19. mai 2006

Åge Molversmyr, prosjektleder

Nøkkelord: Hålandsvatnet; Planktothrix; microcystin; interngjødsling; sediment; fosforutlekking; nitrat.

INNHOOLD

SAMMENDRAG.....	1
1 INNLEDNING	2
2 MATERIALE OG METODER	3
2.1 Lokalitet.....	3
2.2 Prøvetaking og feltmålinger	3
2.3 Analysemetoder.....	3
3 RESULTATER OG DISKUSJON	5
3.1 Blågrønnalgeblomst våren 2005	5
3.2 Vannkjemiske og fysiske forhold	6
3.3 Biologiske forhold	9
3.4 Tilstand og utvikling i Hålandsvatnet.....	12
3.5 Konklusjoner	15
4 REFERANSER.....	16
DATAVEDLEGG.....	17

SAMMENDRAG

Hålandsvatnet fremsto på 1980-tallet som en eutrof innsjø, med årvisse oppblomstringer av blågrønnalger. I 2001 fant en at forholdene i innsjøen var klart forbedret, men at den fortsatt måtte regnes som eutrof. Forholdene i 2005 var imidlertid eksepsjonelle og uventede. Allerede under isen om vinteren utviklet blågrønnalgen *Planktothrix mougeotii* en stor biomasse, og etter isgangen i slutten av mars skjedde en kraftig oppblomstring som resulterte i ekstremt høy biomasse i mai.

Det er lite som tyder på at denne oppblomstringen skjedde som følge av økt forurensningsbelastning eller akutte tilførsler til innsjøen. En uvanlig kraftig storm i februar kan imidlertid ha medvirket. Denne må ha ført til kraftig oppvirvling av sedimentet i innsjøen, noe som kan ha frigjort store mengder næringsstoffer (fosfor) til vannet. Kort tid etter ble innsjøen islagt, og under relativt klar is kan forholdene for *Planktothrix* ha vært gunstige siden den kan regulere oppdriften sin og kan ha ligget under isen for å utnytte det svake lyset som var tilgjengelig. Videre oppblomstring utover våren gjorde dessuten at pH i vannet ble svært høy, noe som antakelig også resulterte i betydelig utlekking av fosfor fra sedimentet.

Planktothrix-populasjonen viste seg å være sterkt giftproduserende, og i en prøve tatt i mai av en oppkonsentrert forekomst ved land ble det målt ekstremt høyt innhold av algetoksinet microcystin (mer enn 1100 µg/l); faktisk det høyeste som noen gang er registrert i Norge. Også i de frie vannmassene var det svært høyt innhold av denne algegiften (350 µg/l). Det bemerkes at de giftige blågrønnalgene ikke syntes å påvirke dyrelivet i eller ved innsjøen, og det ble ikke rapportert om uvanlig dødelighet verken for fisk eller fugl.

Planktothrix-populasjonen forsvant raskt i starten av juni, antakelig som følge av et virusangrep. Selv om dette sannsynligvis medførte at de fleste cellene gikk i oppløsning, er det relativt sannsynlig at arten vil kunne dukke opp igjen i kommende vekstsesong(er), men neppe med like stor biomasse under "normale" forhold.

Forholdene i bunnvannet i 2005 var preget av blågrønnalgeepisoden om våren, og intens nedbrytning gjorde at det raskt ble anaerobt. Utover sommeren kjentes tydelig sulfidlukkt av bunnvannet, og målinger viste at det da skjedde betydelig utlekking av fosfat fra sedimentene. Det er tidligere ikke målt tilsvarende fosforutlekking til bunnvannet i innsjøen.

Avtakende nitratinnhold i Hålandsvatnet de siste årene kan øke faren for fosforutlekking fra dypvannssedimentet, men slik frigjøring antas bare å gi et lite bidrag til interngjødslingen i innsjøen. Det er fra gruntvannssedimentene at betydningsfulle bidrag antas å komme, dersom algeveksten og pH i vannet blir tilstrekkelig høy.

Etter at blågrønnalgene ble borte ble forholdene i Hålandsvatnet mer "normale". Det var da lavere algebiomasse og klorofyllinnhold (og større siktedyp) enn i samme periode i 2001, men relativt høyere innhold av total fosfor. Det er uklart hvor mye disse resultatene var påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren.

De spesielle forholdene i Hålandsvatnet i 2005 gjør det vanskelig å sammenligne med tidligere undersøkelser. Ser en hele vekstsesongen under ett tilsier resultatene betydelig forverring av tilstanden, men ser en isolert på resultatene etter at blågrønnalgene ble borte indikerer dataene en forbedring (lavere algebiomasse) i forhold til i 2001. Oppfølgende målinger i 2006 vil ventelig avklare om tilstanden i innsjøen har endret seg de siste årene.

Utviklingen i 2005 viser imidlertid at innsjøen fortsatt må regnes som eutrof, med potensial for betydelige algeoppblomstringer dersom forholdene ligger til rette for det. Her er antakelig fosfor lagret i sedimentene en viktig faktor.

Forholdene i en innsjø som Hålandsvatnet vil variere fra år til år, som følge av variasjoner i værmessige forhold og andre naturgitte faktorer. Med bakgrunn i den spesielle utviklingen i 2005 bør en følge tilstanden i innsjøen fremover for å fastsette om tilstanden har endret seg eller om den positive trenden en så pr. 2001 fortsetter.

Referanse:

Molversonmyr, Å., 2006. Undersøkelser i Hålandsvatnet 2005. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2006/068.*

Hålandsvatnet var tidligere sterkt påvirket av jordbruksaktivitet og tilførsler av husholdningsavløp. Dette medførte at innsjøen på 1980-tallet var sterkt eutrof, med årvisse oppblomstringer av blågrønnalger (cyanobakterier) og med et dypvann preget av stort oksygenforbruk og oksygenfrie forhold i store deler av stagnasjonsperiodene.

Hålandsvatnet ble relativt grundig undersøkt i 1988, hvor tilstanden i innsjøen ble karakterisert og hvor sedimentets rolle for bidrag av fosfor til stoffomsetningen i vannmassene ble belyst. Det ble bl.a. funnet at gruntvannssedimentet var en viktig potensiell fosforkilde, særlig dersom pH i vannet ble høy som følge av stor algeproduksjon (Molversmyr & Sanni 1990).

Siden 1980-tallet er forurensningstilførslene til innsjøen vesentlig redusert (både endringer i landbruket og sanering av kloakktilførsler), og nye undersøkelser i 2001 bekreftet at tilstanden i Hålandsvatnet var vesentlig forbedret (Molversmyr 2002). I mellomliggende år (1992 og 1995) ble det gjort enklere overvåkingsundersøkelser, som også indikerte at forurensningsnivået var nedadgående (Faafeng & Severinsen 1994; Gjerstad 1996).

I forbindelse med kommunens planlegging av tiltak for å redusere tilrenningen til vatnet, ble det utført oppfølgende undersøkelser i innsjøen i 2005. Målsettingen har vært å skaffe oppdatert

datagrunnlag for tiltaksvurderinger, og å dokumentere om den positive utviklingstrenden som resultatene fra 2001 indikerte har fortsatt.

Forholdene i Hålandsvatnet i 2005 var imidlertid eksepsjonelle og uventede. Rett etter isgangen i slutten av mars var det en kraftig oppblomstring av blågrønnalgen *Planktothrix mougeotii*, som oppnådde ekstremt høy biomasse før populasjonen brøt sammen i begynnelsen av juni.

Denne blågrønnalgen viste seg også å være sterkt giftproduserende, og i mai ble det målt svært høyt giftinnhold i vannet. I en prøve tatt ved land ble det funnet mer enn 1000 ganger høyere innhold av algegiften microcystin enn det som er anbefalt grenseverdi for drikkevann. Dette var også det høyeste giftinnholdet som til nå er registrert i Norge.

Det er mye som tyder på at dette var et fenomen som ikke var forårsaket av økt forurensningsbelastning eller akutte tilførsler til innsjøen, og forholdet omtales nærmere i denne rapporten. Men utviklingen i 2005 gjør det vanskelig å sammenligne med resultater fra tidligere undersøkelser. I 2006 blir det derfor gjennomført nye undersøkelser i innsjøen, og belastningen fra nedbørfeltet blir nærmere vurdert med oppdaterte tilførselsberegninger.

2.1 Lokaltet

Hålandsvatnet har i henhold til data fra NVE et innsjøareal på omlag 1,1 km². Nedbørfeltet (på 7,9 km²) må anses lite i forhold til innsjøarealet, og vanntilførselen er liten i forhold til innsjøvolumet. Teoretisk oppholdstid er angitt til 1,28 år (omlag 470 døgn). Største dyp er angitt til 25 meter, mens middeldypet er 9,4 meter. Innsjøen må regnes å være sterkt vindpåvirket.

Dybdekart er vist i figur 1, mens ytterligere beskrivelser av nedbørfeltet er gjort av Molversmyr & Sanni (1990).

2.2 Prøvetaking og feltmålinger

Det ble lagt opp til et relativt enkelt program for undersøkelser i Hålandsvatnet, med i alt 12 prøvetakinger i perioden april – oktober 2005 (se datavedlegg for nærmere tidsangivelse).

I felt ble det målt vertikalprofiler for temperatur, ledningsevne og oksygen, samt siktedyp og farge målt mot siktedypsskive. Vannprøver av overflatevann ble tatt som blandprøver av vannsøylen 0-4 meter med en rørprøvetaker (Ramberghenter). Prøver av bunnvann ble tatt fra 22 meters dyp, med en standard prøvetaker for innsjøer (av type LIMNOS). Prøve til pH ble tatt i egen flaske, og analysert ved tilbakekomst til laboratoriet.

På grunn av blågrønnalgeoppblomstringen ble det også tatt prøver til algetoksiner, både fra åpne vannmasser og ved land.

2.3 Analysemetoder

Følgende metoder ble brukt for feltmålinger:

Temperatur og Oksygen. Målt med en WTW Oxi 197 oksygenmåler tilkoblet en WTW TA 197 Oxi dybdesensor.

Vannprøvene ble fordelt i felt direkte i egnede prøveflasker. Prøver som ble oppbevart før analyse ble konserverert ved frysing. Følgende analysemetoder ble brukt (NS=Norsk standard):

Konduktivitet. Målt i henhold til Norsk standard NS-ISO 7888 (1993), tilpasset Metrohm robot-system, TiNet 2.4. Konduktivitetmålingene er gjengitt kun i datavedlegget.

Surhetsgrad (pH). Målt i henhold til Norsk standard NS 4720 (1979), med et Radiometer PHM 210 pH-meter og kombinert elektrode (Radiometer GK 2401 C).

Total fosfor (Tot-P). Målt i henhold til Norsk standard NS 4725 (1984), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator.

Fosfat (PO₄), løst fraksjon. Målt i henhold til Norsk standard NS 4724 (1984), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator. Modifikasjon: Filtertype Whatman GF/C.

Total nitrogen (Tot-N). Målt i henhold til Norsk standard NS 4743 (1993), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator.

Nitrat+nitritt (NO_x-N), løst fraksjon. Målt i henhold til Norsk standard NS 4745 (1991), tilpasset en Skalar San Plus System autoanalysator. Filtrert gjennom Whatman GF/C filter. I teksten for enkelhets skyld kalt nitrat (NO₃), men analysene er ikke korrigert for nitritt (NO₂).

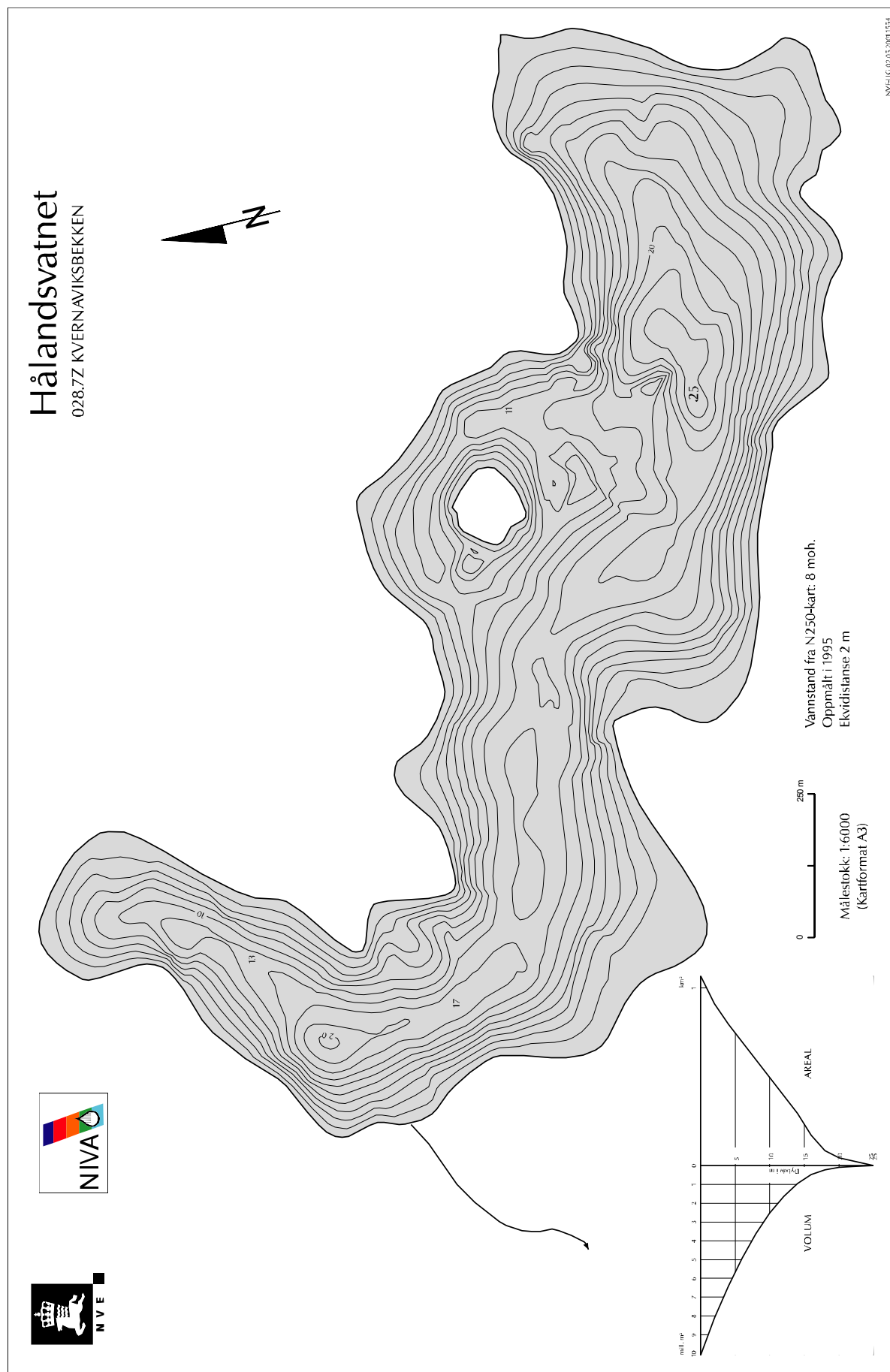
Reaktivt silikat (RSi). Målt i henhold til Standard Methods 4500-Si E (1998).

Klorofyll a (Kla). Metode med Aceton/DMSO (Klaveness 1984; Stauffer *et al.* 1979). 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.

Algetoksiner: Metode basert på immunoassay for microcystin (ELISA-kit, Biosense). Utført ved NIVA, Oslo.



Figur 1. Dybdekart og areal-/volumkurver for Hålandsvatnet

3.1 Blågrønnalgeblomst våren 2005

Forholdene i Hålandsvatnet våren 2005 var eksepsjonelle og uventede. Allerede da isen gikk i slutten av mars var det betydelig forekomst av blågrønnalgen *Planktothrix mougeotii*, og populasjonen blomstret kraftig opp utover våren og forsommeren. Denne viste seg også å være giftproduserende, og i begynnelsen av mai 2005 ble det målt ekstremt høyt innhold av algetoksiner i vannet (mer enn 1100 µg/l microcystin); faktisk det høyeste som noen gang er registrert i Norge.

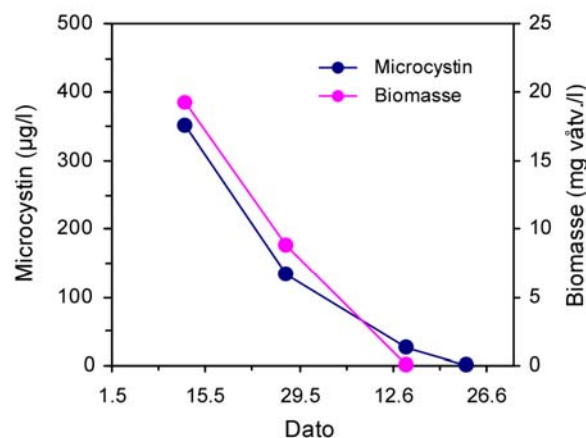
Denne prøven ble tatt ved land, hvor algen kan oppkonsentreres i svært høye tettheter (flyter opp og akkumuleres i overflaten, og føres med vinden inn mot land). Et par dager senere ble det tatt prøve fra overflatevann (0-4 meter) ved det vanlige prøvepunktet, og denne prøven hadde også svært høyt innhold av algetoksin (350 µg/l microcystin). Toksininnholdet avtok parallelt med biomassen av *Planktothrix* (figur 2), men det var fortsatt restinnhold av microcystin i vannet en drøy uke etter at blågrønnalgepopulasjonen brøt sammen i starten av juni.

Dette sammenbruddet skjedde meget raskt, og algene var borte fra vannet i løpet av få dager. Den 4. juni 2005 hadde vannet en sterk turkisblå farge, som indikerer at blågrønnalgecellene hadde gått i oppløsning (lysis). Da vil celleinnholdet komme ut i vannet, og det karakteristiske "blågrønne" pigmentet (phycocyanin) som i cellene overskygges av det grønne klorofyllet vil komme til syne når klorofyllet raskt brytes ned. Dette fenomenet observeres oftest i ansamlinger ved land som går i oppløsning om høsten, men sjelden i et slikt omfang som en så den aktuelle junidagen i Hålandsvatnet da store deler av innsjøen hadde denne fargen. Få dager etter var vannet klart.

Det raske sammenbruddet i populasjonen kan ha vært resultatet av et virusangrep. Det er velkjent at virus infiserer blågrønnalger, men kunnskap om hvilke faktorer som eventuelt utløser et masseutbrudd med påfølgende oppløsning av celler (lysis) er begrenset (Suttle 2000).

Ved prøvetaking 14. juni var det ikke spor av blågrønnalger i prøven fra overflatelaget eller i bunnvannet. Heller ikke i andre deler av vannsøylen var det tegn til blågrønnalgene. Men det

var fortsatt 25 µg/l microcystin i vannet, som er høyere enn det WHO har satt som grense for badevann (10 µg/l). Dette viser at blågrønnalgene frigjorde betydelige mengder toksiner når populasjonen gikk i oppløsning, og at det tok noe tid før dette ble nedbrutt i vannet. Den 23. juni var det kun spor av microcystin igjen (0,6 µg/l), godt under grensen som WHO har satt for drikkevann (1 µg/l).



Figur 2. Biomasse av *Planktothrix* og microcystininnhold i prøver fra Hålandsvatnet 2005.

Etter at populasjonen av *Planktothrix* ble borte, ble forholdene i Hålandsvatnet mer "normale" og nærmet seg de en fant ved undersøkelsene i 2001 (Molversmyr 2002). Det var dermed to helt forskjellige tilstander som preget sesongen 2005; en periode fra isgangen i mars til starten av juni som var preget av ekstremt høy biomasse av *Planktothrix mougeotii*, mens resten av året var mer i tråd med det en har observert i innsjøen de senere årene med mer moderate algemengder og næringsinnhold. Dette gjenspeiles også i prøveresultatene som vises nedenfor.

Hva som forårsaket den tidlige og kraftige oppveksten av *Planktothrix* i Hålandsvatnet i 2005 er ukjent. Det er imidlertid lite som tyder på at det var forårsaket av økt forurensningsbelastning eller akutte tilførsler til innsjøen, og det kan godt ha hatt opphav i spesielle klimatiske forhold dette året. Det følgende er et mulig scenarium, men det må bemerkes at en verken har data som kan bekrefte eller avkrefte de omtalte sammenhengene:

I februar 2005 var det en uvanlig kraftig storm over Rogaland. Dette skjedde i en mildværsperiode uten is på vannet, og det må forventes å ha medført uvanlig kraftig omrøring og oppvirvling av sedimenter i innsjøen. Dette kan ha medført at betydelige mengder næringsstoffer (fosfor) ble frigjort til vannet. Fra undersøkelser i Frøylandsvatnet i 2005 vet en at sedimentet der normalt frigir fosfat ved resuspensjon (Molversmyr & Andersen 2006), og det er ikke urimelig å anta at tilsvarende vil gjelde i Hålandsvatnet. I tillegg kan den kraftige stormen ha medført at hvilestadier av *Planktothrix* ble tilbakeført til vannet fra sedimentet. En vet at mange alger og cyanobakterier danner stadier som kan overleve lenge i sedimentet, for så å spire dersom de kommer tilbake i vannet og forholdene igjen blir gunstige. Rengefors *et al.* (2004) antyder f.eks. at sedimentomrøring i innsjøer bidrar med startpopulasjoner for de fleste typer alger.

I det kalde og næringsrike vannet ville en imidlertid forvente at andre algetyper først utviklet seg, og kiselalger er de som normalt utnytter slike forhold best. Men kort tid etter stormepisoden ble Hålandsvatnet islagt, og det var reaktivt blank is til denne gikk i slutten av mars. Det relativt stillestående vannet under isen vil ikke være gunstig for kiselalgene som har "tungt" kiselskall, men for *Planktothrix* kan forholdene ha vært gunstige siden den kan regulere oppdriften sin og kan ha ligget under isen for å utnytte det svake lyset som var tilgjengelig. Uansett årsak, *Planktothrix* utviklet seg svært tidlig dette året og hadde sannsynligvis stor biomasse under isen utover i mars. Og populasjonen var totalt dominerende helt til den brått gikk i oppløsning i begynnelsen av juni. At kiselalgene ikke hadde sin normale oppvekst om vinteren og våren dette året, viser måleresultatene for silikatinnhold vannet (figur 8).

3.2 Vannkjemiske og fysiske forhold

Målinger av temperatur og oksygen viste at vannmassene i Hålandsvatnet i 2005 ble sjiktet i midten av mai, og at denne sjiktningen holdt seg til høstsirkulasjonen inntraff i midten av oktober. Det var et sprangsjikt ved omlag 8-10 meters dyp gjennom store deler av sommeren (figur 3).

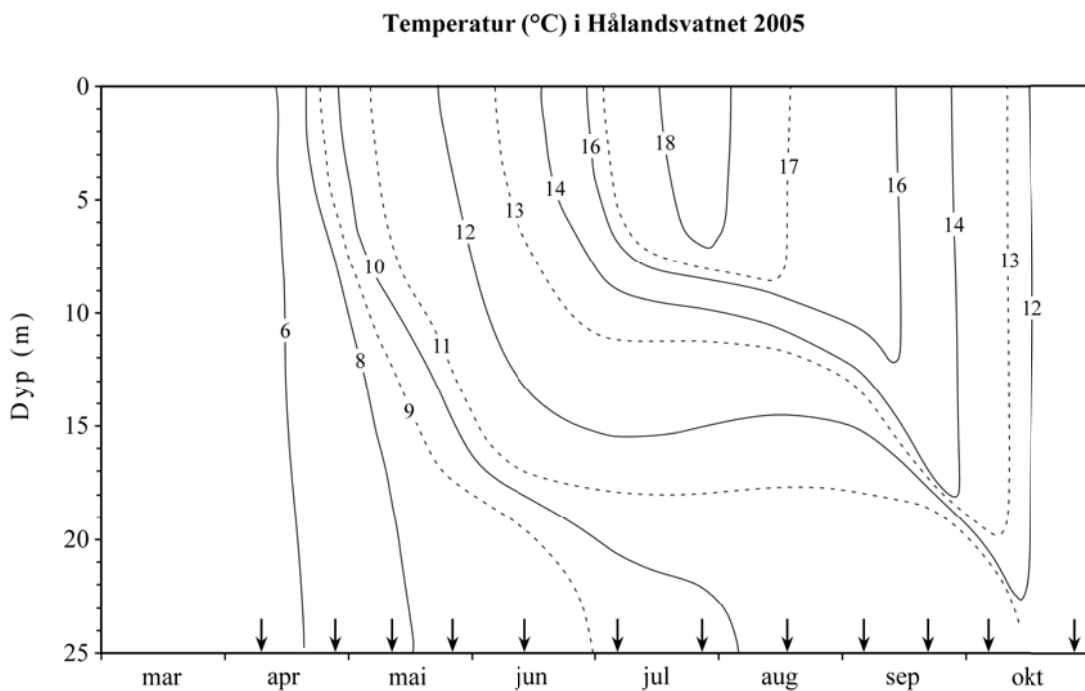
I det stagnerte bunnvannet avtok oksygenet raskt, og ved bunnen var det oksygenfritt allerede i første del av juni (figur 4). Uvanlig lave oksygenverdier i starten av juni må settes i

sammenheng med at den store biomassen av *Planktothrix* da raskt gikk i oppløsning. Dette medførte omfattende nedbrytning og oksygenforbruk, og i midten av juni ble det målt mindre enn 80 % oksygenmetning selv i overflatevannet (figur 4). Kraftig oksygenforbruk i bunnvannet medførte at det var oksygenfritt i hele vannsøylen under ca. 9 meter i slutten av juni, og utover sommeren og høsten kjentes tydelig sulfidluft av bunnvannet (se datavedlegg). De bakterielle reduksjonsprosessene var da så langt kommet at sulfid ble frigjort, med tilhørende utlekking av fosfat fra sedimentene (se nedenfor).

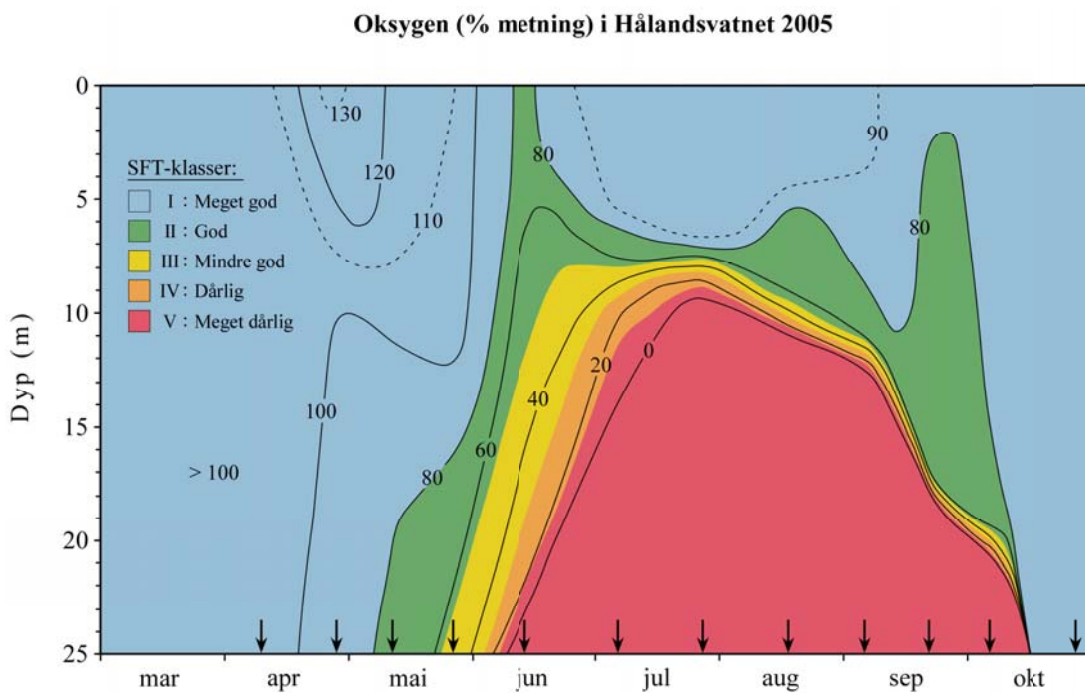
I overflatelaget viste målingene at det var stor fotosynteseaktivitet (algevekst) om våren, og i slutten av april var det betydelig oksygenovermetning i overflatevannet (> 130 %, figur 4), noe som samsvarer med den kraftige oppveksten av blågrønnalger. Samtidig var pH svært høy, helt opp i overkant pH 9,5 (figur 5), og slike høye pH-verdier kan resultere i betydelig utlekking av fosfor fra sedimentet (Molversmyr & Sanni 1990). Det er sannsynlig at intern selvgjødsling i denne perioden medvirket til utviklingen av den store *Planktothrix*-biomassen.

De spesielle algeforholdene satte selvsagt også preg på måleresultatene for næringsstoffer. I midten av mai var det svært høyt totalinnhold av både nitrogen og fosfor i overflatevannet (hele 110 µg/l målt som total fosfor). Det meste av dette var knyttet opp i biomassen, og etter at blågrønnalgene forsvant i juni var fosforkonsentrasjonene mer "normale" resten av sesongen. I snitt var det da rundt 25 µg/l total fosfor, mens det i tilsvarende periode i 2001 var ca 16 µg/l total fosfor (Molversmyr 2002).

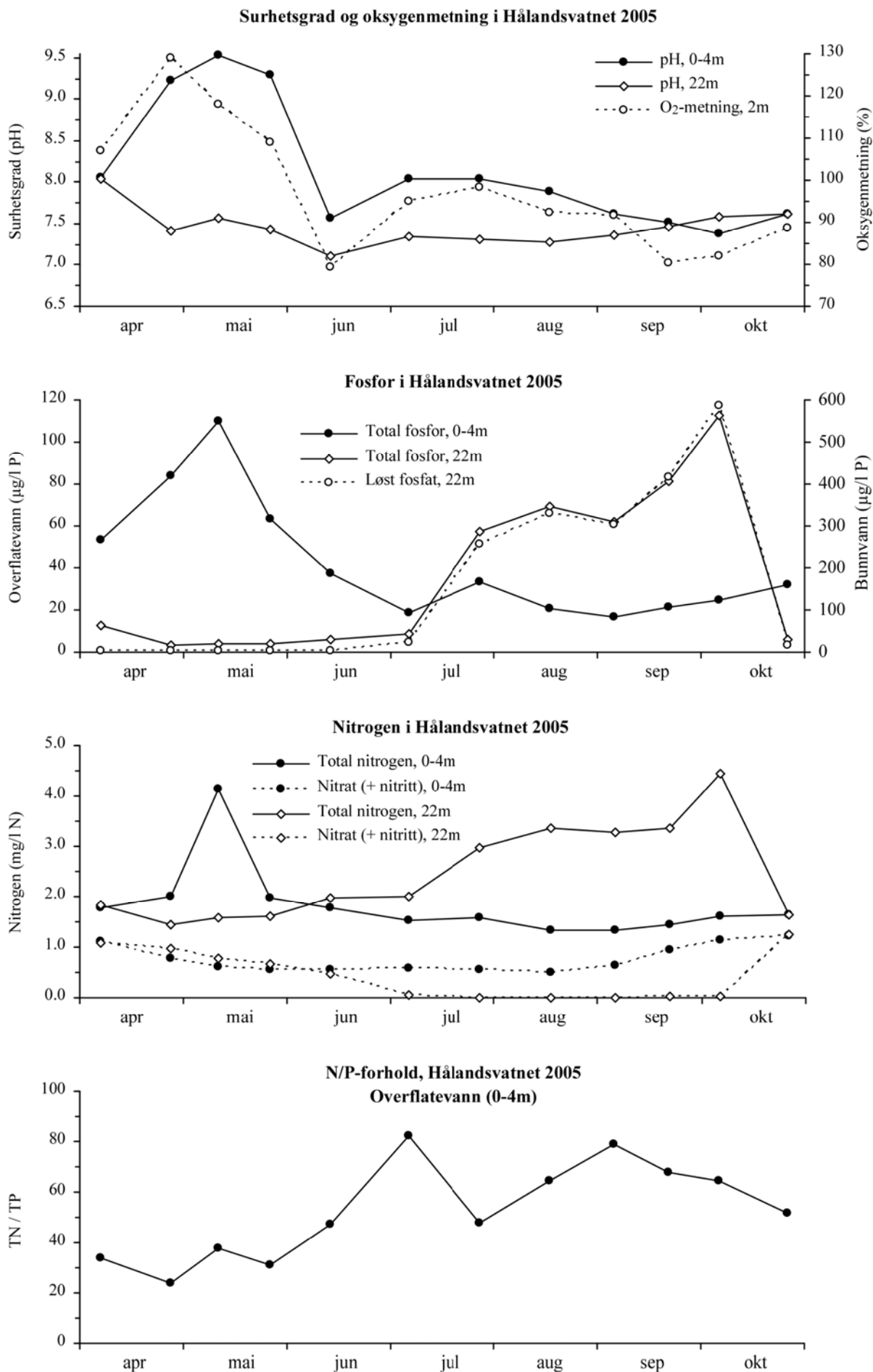
Innholdet av total nitrogen i overflatevannet var i perioden etter at blågrønnalgene ble borte om lag på nivå med det en fant i 2001 (Molversmyr 2002). Dermed var forholdet mellom nitrogen og fosfor noe lavere enn det en fant den gangen. Lavest var N/P-forholdet i starten av sesongen (figur 5), men ikke så lavt at en ville forvente at det ville gi konkurransefordel for blågrønnalger som kan utnytte molekylært nitrogen (N₂) som tilføres vannet ved diffusjon fra atmosfæren (Kilham & Kilham 1984; Reynolds 1984; Smith 1983). Dessuten er innholdet av uorganisk nitrogen (nitrat) i Hålandsvatnet så høyt at det ikke vil kunne begrense algevekst, og uavhengig av N/P-forholdet vil blågrønnalger heller ikke forventes å fikser molekylært nitrogen (Horne & Commins 1987).



Figur 3. Temperatur i Hålandsvatnet i 2005 tegnet som dyp-tid diagram. (Måletidspunkt er angitt med piler.)



Figur 4. Oksygeninnhold i Hålandsvatnet i 2005 tegnet som dyp-tid diagram. (SFTs tilstandsklasser er inntegnet, og måletidspunkt er angitt med piler.)



Figur 5. Fosfor og nitrogen, samt pH og oksygenmetning i overflatevann i Hålandsvatnet i 2005.

I bunnvannet var forholdene også spesielle. Som nevnt ovenfor var nedbrytningsprosessene svært intense etter at den store biomassen av blågrønnalger gikk i oppløsning, og i tillegg til å gjøre bunnvannet raskt anaerobt medførte dette også stort nitratforbruk som følge av mikrobiell aktivitet (denitrifisering). Under oksygenfrie forhold vil nitratinnholdet i vannet nær sedimentet motvirke utlekking av fosfor, men når nitraten reduseres under en kritisk grense (om lag 100 µg/l) vil faren for fosforutlekking øke betydelig (Andersen 1982; Molversmyr & Sanni 1990). Allerede i begynnelsen av juli var nitraten redusert til svært lave verdier, og i slutten av juli fant en betydelig forhøyet fosfatinnhold i bunnvannet (figur 5). Videre utover i resterende del av stagnasjonsperioden kjentes dessuten tydelig sulfidlukt av bunnvannet, som indikerer at de bakterielle red-oks prosessene var kommet så langt at sulfid ble frigjort ved at treverdige jern ble redusert til toverdige (løselige) jern. Under slike forhold skjer det samtidig en betydelig utlekking av fosfat. At innholdet av total nitrogen i bunnvannet økte, skyldes at ammonium også frigjøres under disse forholdene (figur 5).

Etter tidligere undersøkelser har en antatt at nitratinnholdet i Hålandsvatnet normalt vil være tilstrekkelig til å hindre vesentlig anaerob utlekking av fosfor fra dypvannssedimentene (Molversmyr 2002). Og disse undersøkelsene har heller ikke vist tilsvarende fosfatutlekking til dypvannet som en fant i 2005. Men nitratinnholdet i bunnvannet var dette året i utgangspunktet lavere enn det en har målt tidligere (Molversmyr & Sanni 1990; Molversmyr 2002). Tilgjengelig mengde nitrat vil være bestemt av nitratinnholdet i vannet ved begynnelsen av sommerstagnasjonen, og det lave nitratinnholdet som ble funnet i 2005 har antakelig sammenheng med et betydelig nitratopptak i forbindelse med oppbygging av blågrønnalgebiomassen i perioden før vannmassene sjiktet seg. Forholdene i bunnvannet i 2005 antas derfor også å ha vært et resultat av den uvanlige blågrønnalgeepisoden om våren.

Resultatene fra 2005 viser imidlertid at nitrats evne til å motvirke fosfatutlekking fra dypvannssedimentet er begrenset. Nå var antakelig den bakteriell aktiviteten i bunnvannet usædvanlig høy dette året, og nitratreduksjonen vil neppe skje like raskt i et "normalår". Men dersom nitratinnhold i vannet avtar som følge av redusert forurensningsbelastning til innsjøen, kan dette øke faren for fosforutlekking fra dypvannssedimentet. Redusert forurensningsbelastning forventes imidlertid også å resultere i at oksygenavtaket i bunnvannet, og dermed

også nitratreduksjonen, på sikt blir mindre omfattende. Dessuten antas fosforfrigjøring fra dypvannssedimentet bare å kunne gi et lite bidrag til fosforbelastningen av Hålandsvatnet, og det er fra gruntvannssedimentene at betydningsfulle bidrag antas å komme dersom algeveksten og pH i overliggende vannmasser blir tilstrekkelig høy (Molversmyr & Sanni 1990).

3.3 Biologiske forhold

Allerede ved første prøvetaking ca. 2 uker etter isgangen var det svært høy biomasse av blågrønnalgen *Planktothrix* (9,6 mg/l våtvekt). Frem til midten av mai økte denne populasjonen til hele 19,2 mg/l våtvekt, og den dominerte fullstendig planteplanktonet i Hålandsvatnet (tilnærmet monokultur) helt til populasjonen raskt forsvant i begynnelsen av juni (figur 6).

I perioden etter dette kom det raskt en oppvekst av kiselalger, som forbrukte tilgjengelig silikat i vannet (figur 8). Biomasseminimum ble funnet i begynnelsen av juli, og det var da svært klart vann i Hålandsvatnet. Det var deretter en liten oppvekst av blågrønnalgen *Anabaena* i august, som også produserte moderate mengder toksin (3,5 µg/l microcystin ble påvist i overflatevannet den 18. august; jamfør avsnitt 3.1). Denne populasjonen ble imidlertid borte relativt raskt, og resten av sesongen var planteplanktonet dominert av ulike kiselalger.

Totalt sett var dermed planteplanktonet relativt normalt etter at den store *Planktothrix*-populasjonen ble borte tidlig i juni. Faktisk var det da noe mindre alger enn det en har sett tidligere år (Molversmyr 2002), og midlere algebiomasse i perioden midten av juni til slutten av oktober var 0,76 mg/l (våtvekt).

Svingninger i algebiomassen gjennom sesongen gjenspeiles i klorofyllmålingene (som gir et bilde av totalbiomassen av planteplankton), og det var godt samsvar mellom disse parametrene i Hålandsvatnet i 2005 (figur 8). Algebiomassen er dessuten i stor grad bestemmende for siktedypet, som i mai var så lite som ca. 0,5 meter (figur 8). I begynnelsen av juli var siktedypet mer enn 8 meter, men var i størrelsesorden 4-5 meter det meste av sesongen etter at *Planktothrix* ble borte i starten av juni.

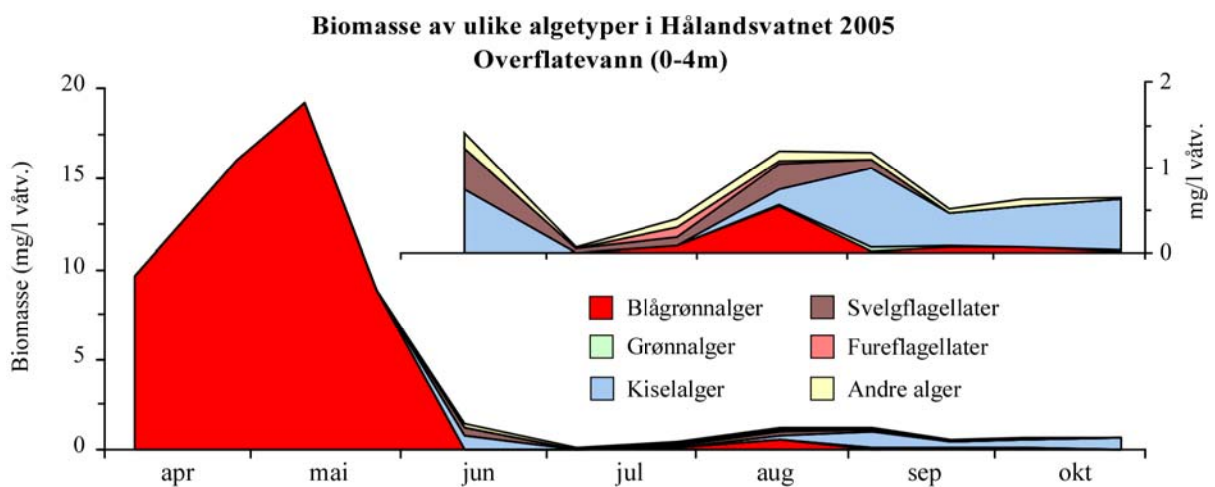
Dyreplanktonet i Hålandsvatnet var dominert av små hjuldyr (figur 8), slik det også er registrert i tidligere undersøkelser (Molversmyr & Sanni 1990; Molversmyr 2002). Variasjoner i individtallet har sammenheng med tilgjengelig-

het av beittbare alger, og det var relativt lite dyreplankton i perioden da *Planktothrix* dominerte.

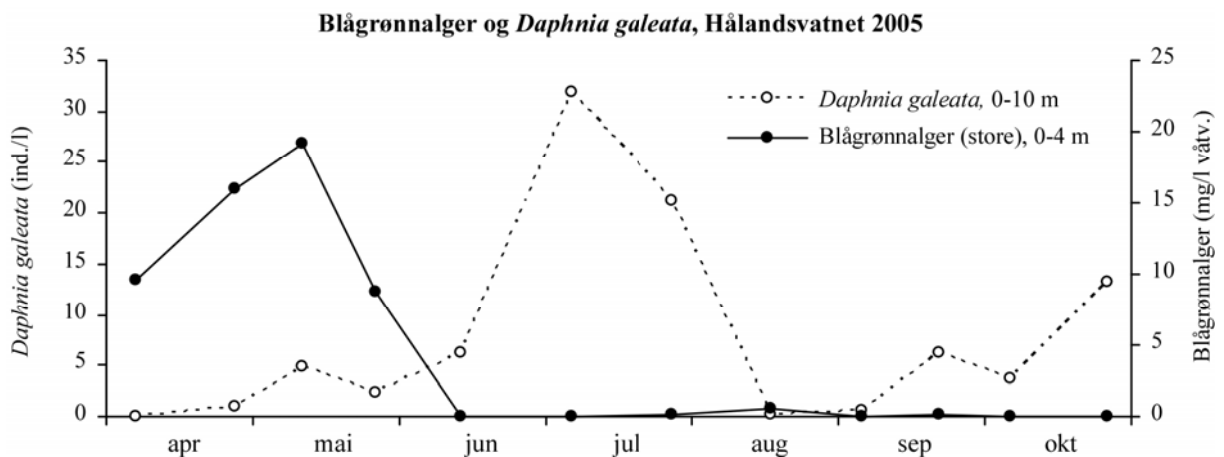
Hjuldirene er ikke særlig effektive algebeitere, og vil bare i begrenset grad kunne påvirke algemengden i vannet. Effektive algebeitere (særlig den store vannloppen *Daphnia*) var til stede, og *Daphnia* fikk en oppvekst etter at *Planktothrix*-populasjonen ble borte i starten av juni (figur 7). Men antallet var relativt lavt, og dyreplanktonets evne til å kunne påvirke eller styre utviklingen av planteplanktonet synes liten. Biologisk selvreinsningsevne må derfor vurderes

som relativt lav. Bestanden av røye i innsjøen kan ha innflytelse på dette forholdet, ved at arten spiser dyreplankton og fortrinnsvis tar de store individene.

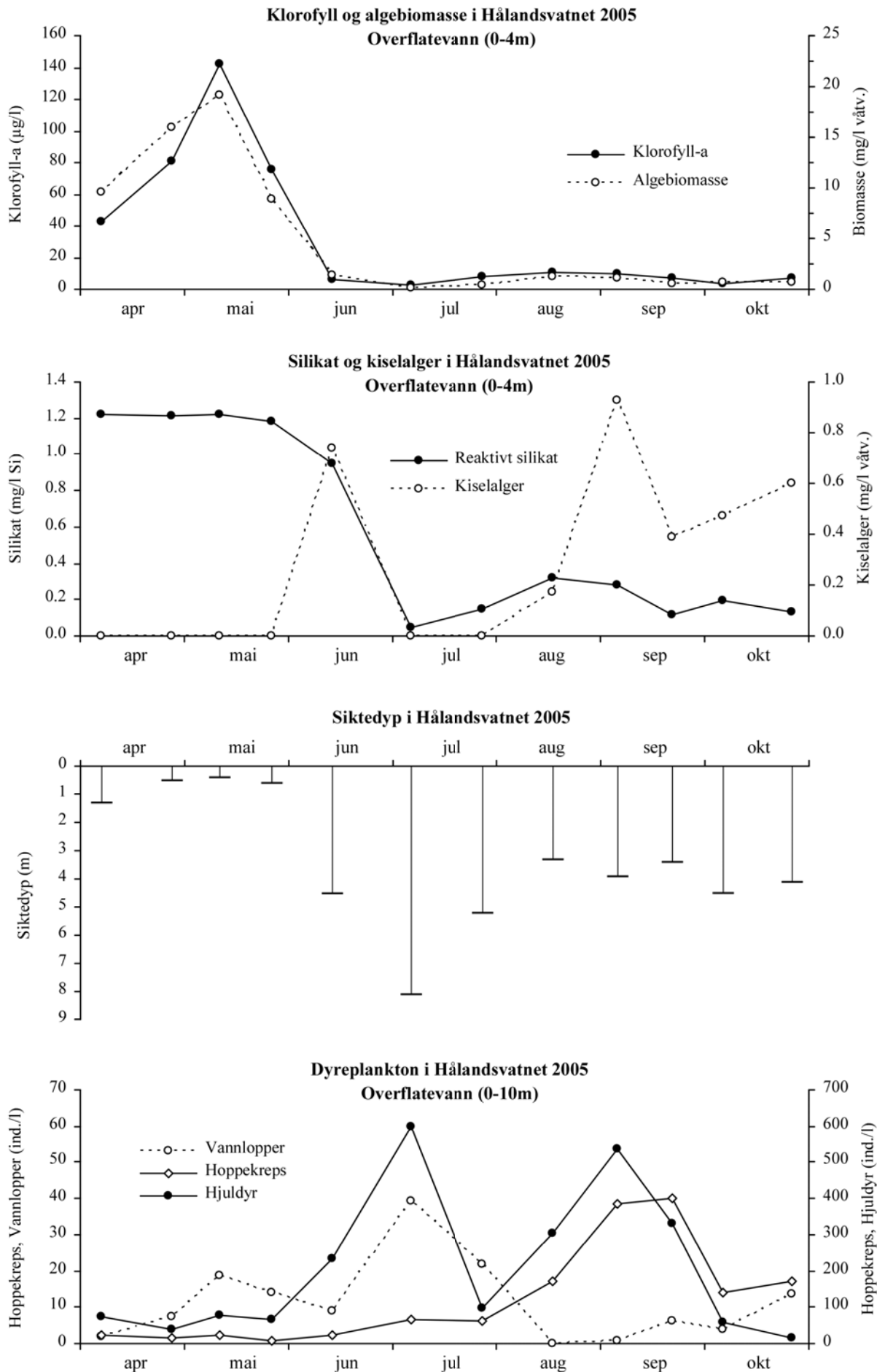
Et påfallende trekk i 2005 var at hoppekrepsen *Cyclops abyssorum* ikke kunne påvises i prøvene. Denne arten har vært en av de vanlige hoppekrepsene tidligere (Molversmyr & Sanni 1990; Molversmyr 2002), og fraværet i 2005 kan kanskje settes i sammenheng med blågrønnalgeepisoden om våren dette året. Forholdet er imidlertid uklart.



Figur 6. Mengde og sammensetning av planteplanktonet i Hålandsvatnet i 2005. Perioden midten av juni – slutten av oktober er også gjengitt med alternativ skala på y-aksen.



Figur 7. Forekomst av blågrønnalger og vannloppen *Daphnia* i Hålandsvatnet 2005.



Figur 8. Algebiomasse, dyreplankton, klorofyll, siktedyp og silikatinhold i Hålandsvatnet i 2005.

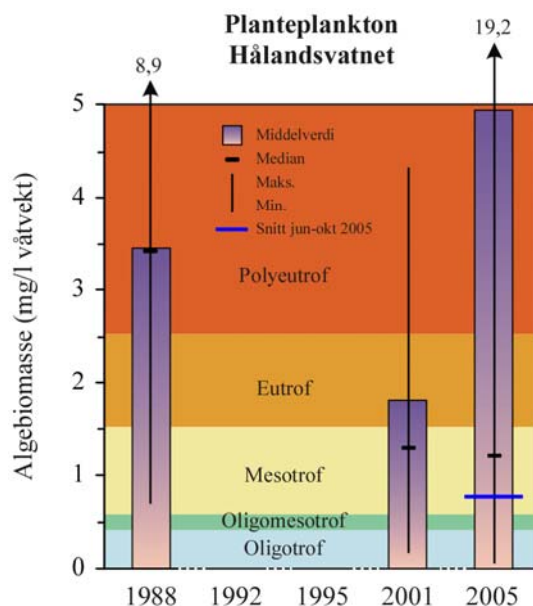
3.4 Tilstand og utvikling i Hålandsvatnet

Som nevnt innledningsvis var forholdene i Hålandsvatnet i 2005 svært spesielle, med en kraftig blågrønnalgeblomst tidlig om våren. Det er mye som tyder på at spesielle værforhold kan ha forårsaket dette uvanlige fenomenet, og i så fall var forholdene i innsjøen neppe representative for "normaltilstanden". Etter at blågrønnalgene ble borte i begynnelsen av juni, ble forholdene i innsjøen mer i tråd med det en fant i 2001 (Molversmyr 2002), men det er ikke gitt at dette representerer det riktige bildet av tilstanden i innsjøen heller. Det kan godt være at utviklingen utover sommeren var påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren, og tilstanden i bunnvannet er et eksempel på dette (se ovenfor). Det er derfor vanskelig å sammenligne resultatene fra 2005 med det en har målt tidligere år.

På 1980-tallet var det årvisse oppblomstringer av blågrønnalger i Hålandsvatnet, og i 1988 ble det f.eks. funnet svært høye forekomster og algegruppen var dominerende i store deler av sommersesongen (Molversmyr & Sanni 1990). I 2001 var sesongutviklingen i planteplanktonet lignende (Molversmyr 2002), men biomassen var betydelig lavere (figur 9). Dette viste at forholdene i innsjøen var klart forbedret, men at den fortsatt måtte regnes som eutrof i henhold til inndelingen som Brettum (1989) har foreslått basert på midlere algebiomasse i vekstsesongen.

Resultatene for 2005 tilsier imidlertid en betydelig forverring, og en polyeutrof tilstand dersom en ser hele vekstsesongen under ett (figur 9). Som nevnt er dette neppe reelt, og ser en isolert på resultatene for perioden etter at *Planktothrix*-oppblomstringen ble borte indikerer dataene en viss forbedring (lavere algebiomasse) i forhold til i 2001 (figur 9). Men utviklingen i 2005 viser at innsjøen fortsatt må regnes som eutrof, med potensial for betydelige algeoppblomstringer dersom forholdene ligger til rette for det. Her er antakelig næringsstoffer lagret i sedimentene en viktig faktor.

Tilsvarende gjelder for klorofyllinnholdet, som var svært høyt i gjennomsnitt for hele vekstsesongen men litt lavere enn i 2001 dersom en ser isolert på perioden etter at *Planktothrix*-oppblomstringen ble borte (figur 10). Måleresultatene indikerer plassering i tilstandsklasse IV ("dårlig") i SFTs system (Andersen *et al.* 1997) for denne perioden, som vurderes å gi det mest korrekte bildet mht. klorofyllinnhold i innsjøen. At målingene indikerer en økning fra 1988 er ikke i samsvar med utviklingen i algebiomassen, og kan skyldes at det nå benyttes en forbedret

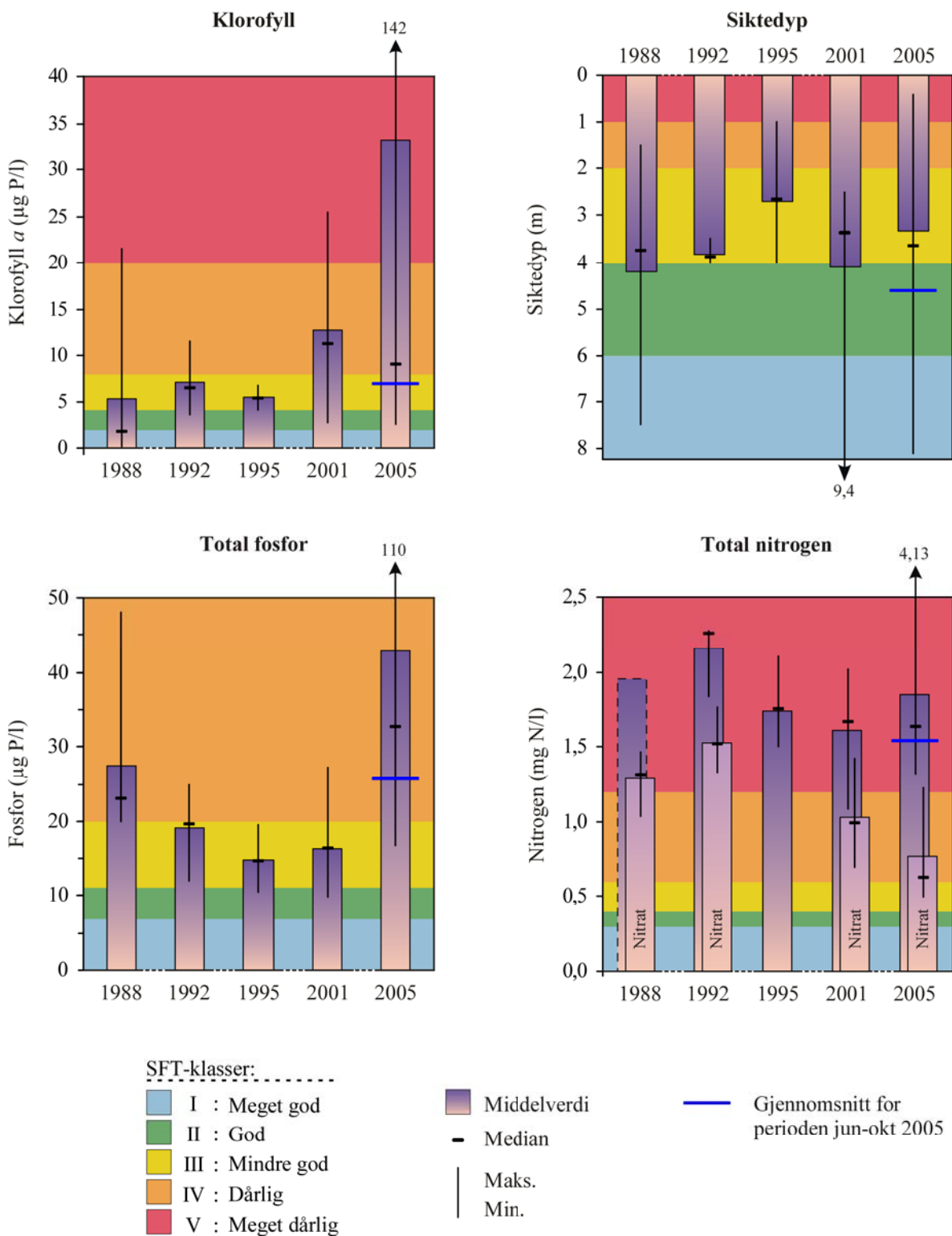


Figur 9. Utviklingen i algebiomasse i Hålandsvatnet.

metode (ekstraksjonsmiddel) for klorofyllanalyse som regnes å være bedre egnet for vanntyper med høyt innhold av blågrønnalger. Resultatene fra de siste årene gir bedre samsvar mellom klorofyll og algebiomasse i forhold til det som regnes som normalt for norske innsjøer (Faafeng *et al.* 1990).

Resultatene for siktedyp i Hålandsvatnet i 2005 er også preget av *Planktothrix*-oppblomstringen, men gjennomsnittet for sesongen var ikke mye mindre enn det som ble målt i 2001 (figur 10). Resultatene plasserer innsjøen i SFTs klasse III ("mindre god"). Ser en isolert på perioden etter at *Planktothrix*-oppblomstringen ble borte, var siktedypet mellom 4 og 5 meter, som tilsvarer SFTs tilstandsklasse II ("god"). Men som nevnt kan lavere algebiomasse og større siktedyp i denne perioden være påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren, og det er uklart om målingene gjenspeiler reelle endringer av tilstanden.

Fosforinnholdet i Hålandsvatnet var svært høyt våren 2005, knyttet til den store blågrønnalgebiomassen. Etter at denne ble borte, var innholdet av total fosfor fortsatt vesentlig høyere enn det som ble funnet i tilsvarende periode i 2001 (figur 10). I gjennomsnitt var det da mer enn 25 µg/l tot-P, som ville plassere innsjøen i SFTs tilstandsklasse IV ("dårlig"). Dette er vesentlig mer enn det en normalt ville forvente med de mengdene som ble funnet i samme periode (Bratli *et al.* 1997), og de relativt høye fosforverdiene kan ha vært en ettervirkning av blågrønnalgeepisoden om våren. Uansett har Hålandsvatnet fortsatt høyere fosforinnhold enn akseptabelt. I henhold til en modell foreslått av



Figur 10. Utviklingen i klorofyll, siktedyp og næringsstoffer i Hålandsvatnet.

Berge (1987), og som i dag benyttes i norsk vannforvaltning, må Hålandsvatnet ha fosforinnhold i underkant av 11 µg P/l (som gjennomsnitt for vekstsesongen) for å sikre akseptabel tilstand i innsjøen. Dette betyr at en må oppnå STF-klasse II ("god").

Nitrogeninnholdet i innsjøen synes i mindre grad å være påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren. Innholdet av total nitrogen er høyt, og tilsier en plassering høyeste tilstandsklasse (V; "dårlig") i SFTs system (figur 10). Innholdet av nitrogen synes imidlertid å ha avtatt noe de senere årene (figur 10). I 1988 ble nitrogenet bare målt som nitrat, og det er derfor uklart hva innholdet av total nitrogen var dette året. En kan imidlertid anta at nitrat utgjør om lag 2/3 av totalt nitrogen i Hålandsvatnet, og et antatt nivå av total nitrogen i 1988 er antydning i figur 10. Nitrogenavtaket skyldes først og fremst redusert nitratinnhold, som også er inntegnet i figur 10. Relativt lave nitratverdier i 2005 kan imidlertid ha sammenheng med et betydelig nitratopptak i forbindelse med oppbygging av blågrønnalgebiomassen på ettervinteren og våren. Avtakende nitratinnhold kan øke faren for fosforutlekking fra sedimentet i perioder med anaerobt dypvann (se avsnitt 3.2).

Dersom en antar at blågrønnalgeepisoden våren 2005 var et eksepsjonelt fenomen som ikke skyldes en generell forverring av tilstanden i innsjøen, kan perioden etter sammenbruddet av *Planktothrix*-populasjonen være den som er mest relevant å sammenligne med tidligere undersøkelser. Da var det både lavere algebiomasse og klorofyllinnhold (og større siktedyp) enn tidligere år, men relativt høyere innhold av total fosfor. Det er usikkert om en kan sammenligne disse resultatene med de fra tidligere år, siden utviklingen utover sommeren kan ha vært påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren. Det bør derfor ikke legges for stor vekt på resultatene fra 2005, og oppfølgende undersøkelser i 2006 vil ventelig avklare om tilstanden i innsjøen har endret seg de siste årene.

Sammenbruddet av *Planktothrix*-populasjonen i begynnelsen av juni var antakelig forårsaket av virus (se avsnitt 3.1). Dette medførte sannsynligvis at de fleste cellene gikk i oppløsning, men noen celler må forventes å ha overlevd i stadier som senere kan spire. Det er derfor relativt sannsynlig at den aktuelle arten vil kunne dukke opp igjen i kommende vekstsesong(er), men neppe med like stor biomasse under "normale" forhold.

3.5 Konklusjoner

- Forholdene i Hålandsvatnet i 2005 var eksepsjonelle og uventede. Blågrønnalgen *Planktothrix mougeotii* utviklet stor biomasse allerede under isen, og blomstret kraftig opp etter isgang og fikk ekstremt høy biomasse i mai. Oppblomstringen var neppe resultat av økt forurensningsbelastning eller akutte tilførsler til innsjøen.
- En uvanlig kraftig storm i februar må ha medført kraftig oppvirvling av sedimentet, og kan ha frigjort store mengder fosfor til vannet. Videre utover vinteren kan vekstforholdene ha vært gunstige for *Planktothrix*. Oppblomstring om våren gjorde dessuten at pH i vannet ble svært høy, noe som antakelig også resulterte i betydelig utlekking av fosfor fra sedimentet.
- Blågrønnalgen var sterkt giftproduserende, og i mai ble det målt svært høyt giftinnhold i vannet. I en prøve tatt ved land ble det funnet mer enn 1000 ganger høyere innhold av algegiften microcystin enn det som er anbefalt grenseverdi for drikkevann. Dette var også det høyeste giftinnholdet som til nå er registrert i Norge.
- De giftige blågrønnalgene syntes ikke å påvirke dyrelivet i eller ved innsjøen, og det ble ikke rapportert om uvanlig dødelighet verken for fisk eller fugl.
- *Planktothrix* forsvant raskt i begynnelsen av juni, antakelig som følge av et virusangrep. Det er likevel sannsynlig at arten vil kunne dukke opp igjen, men neppe med like stor biomasse under "normale" forhold.
- Som følge av blågrønnalgeepisoden ble bunnvannet raskt anaerobt, og utover sommeren luktet det tydelig av sulfid. Målinger viste at det da skjedde kraftig utlekking av fosfat fra sedimentene. Det er ikke tidligere målt tilsvarende fosforutlekking til bunnvannet i innsjøen.
- Avtakende nitratinnhold i Hålandsvatnet de siste årene kan øke faren for fosforutlekking fra dypvannssedimentet, men slik frigjøring antas bare å kunne gi et lite bidrag til intern-gjødslingen i innsjøen. Det er fra gruntvannssedimentene at betydningsfulle bidrag antas å komme, dersom algeveksten og pH i vannet blir tilstrekkelig høy.
- Etter at blågrønnalgene ble borte ble forholdene i Hålandsvatnet mer "normale". Det var da lavere algebiomasse og klorofyllinnhold (og større siktedyp) enn i samme periode i 2001, men relativt høyere innhold av total fosfor. Det er uklart hvor mye disse resultatene var påvirket av blågrønnalgeepisoden om våren.
- De spesielle forholdene i Hålandsvatnet i 2005 gjør det vanskelig å sammenligne med tidligere undersøkelser. Totalt sett tilsier resultatene betydelig forverret tilstand, men isolert for perioden etter at blågrønnalgene ble borte indikerer dataene en forbedring (lavere algebiomasse) i forhold til i 2001. Oppfølgende målinger i 2006 vil ventelig avklare om tilstanden i innsjøen har endret seg.
- Utviklingen i 2005 viser imidlertid at innsjøen fortsatt må regnes som eutrof, med potensial for betydelige algeoppblomstringer dersom forholdene ligger til rette for det. Her er antakelig fosfor lagret i sedimentene en viktig faktor.
- Forholdene i en innsjø som Hålandsvatnet vil variere fra år til år, som følge av variasjoner i værmessige forhold og andre naturgitte faktorer. Med bakgrunn i den spesielle utviklingen i 2005 bør en følge tilstanden i innsjøen fremover for å fastsette om tilstanden har forverret seg eller om den positive trenden en så pr. 2001 fortsetter.

Kapittel 4

REFERANSER

- Andersen, J.M., 1982. Effects of nitrate concentration in lake water on phosphorus release from the sediment. *Water Research* 16: 1119-1126.
- Andersen, J.R, J.L. Bratli, E. Fjeld, B. Faafeng, M. Grande, L. Hem, H. Holtan, T. Krogh, V. Lund, D. Rosland, B.O. Rosseland & K.J. Aanes, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. *SFT-veiledning nr. 97:04, TA-1468/1997*.
- Berge, D., 1987. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. *NIVA, rapport O-85110, løpenr. 2001*.
- Bratli, J.L., J. Molvær, E. Lømsland, H. Holtan, K. Baalsrud & A. Juliussen, 1997. Miljømål for vannforekomstene. Sammenheng mellom utslipp og virkning. *SFT-veiledning 95:01, TA-1138/1995*.
- Brettum, P., 1989. Alger som indikator på vannkvalitet. Planteplankton. *NIVA, rapport nr. 2344*.
- Faafeng, B., P. Brettum & D. Hessen, 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofistilstanden i 355 innsjøer i Norge. *NIVA, rapport nr. 2355*.
- Faafeng, B. & G. Severinsen, 1994. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer. Kartpresentasjon av resultater fra Rogaland 1988 - 92. *NIVA, rapport nr. 3091*.
- Gjerstad, K.O., 1996. Overvåking av ferskvann i Stavanger kommune. *Næringsmiddeltilsynet for Midt-Rogaland, rapport nr. 2/96*.
- Horne, A.J. & M.L. Commins, 1987. Macronutrient controls on nitrogen fixation in planktonic cyanobacterial populations. *N.Z. J. Mar. Freshwater Res.* 21: 413-423.
- 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*.
- Klavness, D., 1984. Klorofyll a. I: *Vennerød, K. (red.), Vassdragsundersøkelser. En metodebok i limnologi. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget: 127-131*.
- Molversonmyr, Å., 2002. Undersøkelse av miljøforholdene i Hålandsvatnet 2001. *Rogalandforskning, rapport RF - 2002/053*.
- Molversonmyr, Å. & T. Andersen, 2006. Kartlegging og vurdering av interngjødsling i Frøylandsvatnet. *International Research Institute of Stavanger, rapport IRIS - 2006/017*.
- Molversonmyr, Å. & S. Sanni, 1990. Hålandsvatnet. Resipientundersøkelse. *Rogalandforskning, rapport RF-28/90*.
- Rengefors, K., S. Gustafsson & A. Stahl-Delbanco, 2004. Factors regulating the recruitment of cyanobacterial and eukaryotic phytoplankton from littoral and profundal sediments. *Aquat. Microb. Ecol.* 36: 213-226.
- Reynolds, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. *Cambridge University Press, Cambridge, 384s*.
- Smith, V.H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favour dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221: 669-671.
- Stauffer, R.E., G.F. Lee & D.E. Armstrong, 1979. Estimating chlorophyll extraction biases. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 152-157.
- Suttle, C.A., 2000. Cyanophages and their role in the ecology of cyanobacteria. I: *Whitton, B.A. & M. Potts (eds.), The Ecology of Cyanobacteria, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 563-589*.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 9: 1-38.
- Willén, E., 1976. A simplified method of phytoplankton counting. *Br. phycol J.* 11: 265-278.

DATAVEDLEGG

Analysedata, samt feltobservasjoner i Hålandsvatnet	18
Feltmålinger av temperatur og oksygen	19
Analyser av planteplankton.....	20
Analyser av dyreplankton.....	21
Analyser av algetoksiner	22

RESULTATER HÅLANDSVATNET 2005:

Prøvetaking		Tot-P (µg/l)		F-PO ₄ (µg/l)	Tot-N (µg/l)		F-NO ₃ (µg/l)		RSi (µg/l)	KI-a (µg/l)	Algeboim (mg/l)	pH -		Konduktivitet mS/m		SD m
Nr.	Dato	0-4m	22m	22m	0-4m	22m	0-4m	22m	0-4m	0-4m	0-4m	0-4m	22m	0-4m	22m	-
1	7.apr.2005	53	63	4	1800	1800	1100	1100	1220	43	9.63	8.06	8.05	19.5	19.6	1.3
2	28.apr.2005	84	18	4	2000	1400	790	1000	1210	81	16.0	9.23	7.41	19.6	20.0	0.5
3	12.mai.2005	110	20	4	4100	1600	610	790	1220	142	19.2	9.54	7.56	19.4	20.0	0.4
4	27.mai.2005	64	19	3	2000	1600	560	670	1180	76	8.84	9.30	7.44	19.3	20.1	0.6
5	14.jun.2005	38	30	4	1800	2000	560	470	950	6	1.41	7.57	7.11	20.1	20.7	4.5
6	7.jul.2005	19	44	23	1500	2000	580	43	50	3	0.07	8.05	7.34			8.1
7	28.jul.2005	33	290	260	1600	3000	550	3	150	8	0.39	8.04	7.31			5.2
8	18.aug.2005	21	350	330	1300	3400	500	12	320	11	1.20	7.89	7.28			3.3
9	6.sep.2005	17	310	300	1300	3300	630	12	280	10	1.18	7.61	7.36			3.9
10	22.sep.2005	21	410	420	1500	3400	930	17	120	7	0.51	7.51	7.46	20.3	25.4	3.4
11	7.okt.2005	25	560	590	1600	4400	1200	16	190	4	0.63	7.38	7.58	24.2	29.7	4.5
12	27.okt.2005	32	31	17	1700	1700	1200	1300	130	7	0.65	7.61	7.61	21.6	21.6	4.1

Tidsveid snitt:	41.1	187	173	1800	2520	730	370	550	30.4	4.51	8.14	7.42	20.4	22.6	3.6
Aritm. middel:	43.0	178	163	1840	2460	770	440	580	33.1	4.98	8.15	7.46	20.5	22.1	3.3
Median:	33	53	20	1630	1980	620	260	300	9	1.19	7.97	7.43	19.8	20.4	3.7
Min.:	17	18	3	1300	1400	500	3	50	3	0.07	7.38	7.11	19.3	19.6	0.4
Maks.:	110	560	590	4100	4400	1200	1300	1220	142	19.2	9.54	8.05	24.2	29.7	8.1

Snitt jun-okt:	25.7	250	240	1530	2880	770	230	270	7.0	0.76	7.71	7.38	21.6	24.3	4.6
----------------	------	-----	-----	------	------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	-----

FELTOBSERVASJONER HÅLANDSVATNET 2005:

Prøvetaking		Vannets farge	Kommentarer
Nr.	Dato		
1	7.apr.2005	Grønn	Ø bris, skyet, opphold. Fint vær i påsken, og uken etter. Regn/vind siste dager. Isgang ca. 1 uke siden. Grønt vann, svært mye alger (Planktothrix).
2	28.apr.2005	Grønn	Vindstille, lettskyet, disig sol. Kraftig vannblomst, går dypt, litt alger også i bunnprøven.
3	12.mai.2005	Grønn	NV bris, lettskyet, sol. Svært mye alger (både i vannfasen og klumper på overflaten). En del dyreplankton (hoppekreps) likevel.
4	27.mai.2005	Grønn	V laber vris, lettskyet, sol. Fortsatt mye blågrønnalger (litt mindre enn forrige gang). Noe synlig dyreplankton, men ikke så mye som sist.
5	14.jun.2005	Gullig grønn	NØ bris, skyet, opphold. Ingen blågrønnalger, forsvant ca. forrige helg. Brunt (rødlig) "partikkelholdig" bunnvann. Ingen lukt. Lavt O2 hele søylen..
6	7.jul.2005	Gullig grønn	N laber bris, skyet, opphold. Relativt mye dyreplankton (særlig Daphnia). Ingen lukt av bunnvann.
7	28.jul.2005	Grønnlig gul	Lett bris, delvis skyet, opphold (feltarbeid utført av HMS og FLØ fra M-Lab).
8	18.aug.2005	Grønnlig gul	SØ bris, lettskyet, solgløtt. Nesten ikke synlig dyreplankton. Sulfidlukkt av (klart) bunnvann. En del alger, særlig Ceratium og Anabaena.
9	6.sep.2005	Gullig grønn	Ø laber bris, lettskyet, solgløtt. Svært lite blågrønnalger. Tydelig sulfidlukkt av bunnvann.
10	22.sep.2005	Brunlig gul	SØ frisk bris, skyet, opphold. Sulfidlukkt av bunnvann (klart, men mørkner i bøtta).
11	7.okt.2005	Gullig grønn	Ø laber bris, lettskyet, disig sol. Høy vannstand (bunnprøve på 23 m). Sulfidlukkt av bunnvann, svart-grå farget (ikke partikler). En del Daphnia.
12	27.okt.2005	Grønnlig gul	Ø frisk bris, skyet, opphold. Noe dyreplankton i bunnprøven, relativt mange store individer i vanlig prøve.

TEMPERATUR I HÅLANDSVATNET 2005:

Dyp (m)	Temperatur (°C) målt ved prøvetakingsdato:											
	7.apr	28.apr	12.mai	27.mai	14.jun	7.jul	28.jul	18.aug	6.sep	22.sep	7.okt	27.okt
0	5.4	9.9	11.7	12.0	13.8	17.4	18.3	17.1	16.5	14.3	13.2	10.6
1		9.7										
2		9.6	11.7	11.9	13.8	17.3	18.3	17.0	16.5	14.2	13.2	
3		9.6			13.5				16.4			
4		9.6	11.6	11.9	13.3	17.3	18.3	17.0	16.3	14.2	13.2	
5	5.4	9.2	11.3		13.2	17.3		16.8	16.3			10.5
6		8.7	11.1	11.9	13.1	16.7	18.2	16.6	16.3	14.2	13.2	
7		8.4	11.0	11.8		16.1	18.0	16.6	16.3			
8		7.8	10.4	11.8	12.9	15.0	17.0	16.5	16.2	14.2	13.2	
9		7.5	10.1	11.8		14.1	15.0	16.2	16.2			
10	5.4	7.4	9.9	11.7	12.7	13.5	13.8	15.5	16.1	14.2	13.2	10.5
11		7.2	9.6	11.6	12.5	13.1	13.1	13.7	15.9			
12		7.1	9.1	11.5	12.3	12.8	12.8	12.8	15.1	14.2	13.2	
13			8.9	10.9	12.1	12.6	12.5	12.4	13.5			
14		7.0	8.7	10.4	11.8	12.4	12.2	12.1	12.5	14.1	13.2	
15	5.4		8.5	9.9	11.7	12.1		11.9	12.1			10.5
16		6.9	8.3	9.6	11.5	11.9	11.8	11.7	11.5	14.1	13.2	
17			8.2	9.1	11.0	11.5		11.2	11.2	14.0		
18		6.9	8.1	8.9	10.1	11.0	11.0	10.9	11.0	11.3	13.2	
19			7.9	8.7	9.2	10.5		10.7		10.9	13.1	
20	5.4	6.8	7.9	8.6	8.9	10.2	10.4	10.5	10.8	10.7	12.8	10.5
21			7.8	8.6	8.7	9.9		10.3		10.6	10.9	
22	5.4	6.8	7.8	8.5	8.7	9.6	10.0	10.3	10.6	10.5	10.5	10.5
23		6.8	7.8	8.3	8.6	9.5		10.2	10.5	10.5	10.3	10.5
24												

OKSYGEN I HÅLANDSVATNET 2005:

Dyp (m)	Oksygeninnhold (% metning) målt ved prøvetakingsdato:											
	7.apr	28.apr	12.mai	27.mai	14.jun	7.jul	28.jul	18.aug	6.sep	22.sep	7.okt	27.okt
0	107	136	119	110	79	96	98	93	92	81	82	89
1		129										
2		129	118	109	79	95	98	92	92	80	82	
3		126			68				89			
4		125	117	108	64	95	97	92	85	80	82	
5	107	121	115		62	95		84	84			88
6		115	114	108	61	84	96	77	84	80	82	
7		113	114	107		71	83	76	84			
8		107	109	107	58	51	37	73	82	79	82	
9		103	107	105		34	11	61	79			
10	107	102	106	105	55	22	0	38	75	79	82	88
11		97	102	104	53	17		0	62			
12		96	96	102	50	9			21	79	81	
13			94	94	46	5			0			
14		94	91	87	44	0				76	81	
15	107		89	87	42							88
16		93	88	82	40					75	79	
17			86	74	39					62		
18		93	82	71	33					0	77	
19			81	66	30						73	
20	106	92	80	65	26						31	87
21			78	62	16						0	
22	107	91	78	61	10							87
23		90	75	50	1							87
24												

KVANTITATIVT PLANTEPLANKTON

Innsjø: HÅLANDSVATNET 2005		Blandprøve 0-4 m											
Fytoplankton (mg våtvekt/l)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prøvetakingsnr:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato:		7.apr	28.apr	12.mai	27.mai	14.jun	7.jul	28.jul	18.aug	6.sep	22.sep	7.okt	27.okt
BLÅGRØNNALGER:													
<i>Anabaena</i> sp.											0.01		
<i>Anabaena spiroides</i>								0.06	0.52	x			
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>											0.01	0.01	0.01
<i>Microcystis</i> sp.								0.02	0.02				
<i>Planktothrix mougeotii</i>		9.60	16.00	19.20	8.80								
<i>Planktothrix agardhii</i>									0.01	x	0.05	0.05	0.01
<i>Synechococcus</i> sp.										0.01			
BLÅGRØNNALGER TOTALT		9.60	16.00	19.20	8.80			0.08	0.55	0.01	0.07	0.06	0.02
% Blågrønnalger:		99.7	99.9	99.9	99.5			20.5	45.8	0.8	13.7	9.5	3.1
KISELALGER:													
<i>Asterionella formosa</i>		x				0.49					0.08	0.40	0.03
<i>Cyclotella</i> sp. (d<10µm)												0.05	
<i>Fragilaria crotonensis</i>						x			0.17	0.85	0.30		
<i>Melosira</i> sp.													0.57
<i>Stephanodiscus</i> sp.											0.01	0.02	
<i>Synedra cf. acus</i>						0.25				0.08			
KISELALGER TOTALT						0.74			0.17	0.93	0.39	0.47	0.60
% Kiselalger:						52.5			14.2	78.8	76.5	74.6	92.3
GRØNNALGER:													
<i>Chlorococcales</i>													
<i>Desmidiaceae (Staurastrum)</i>								x	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01
<i>Volvocales</i>										0.01			
GRØNNALGER TOTALT								0.01	0.02	0.05	0.01	0.01	0.01
% Grønnalger:								2.6	1.7	4.2	2.0	1.6	1.5
FUREFLAGELLATER:													
<i>Ceratium hirundinella</i>							0.00	0.11	0.04				
<i>Peridinium</i> sp. (stor)													
Stor dinoflagellat													
FUREFLAGELLATER TOTALT								0.11	0.04				
% Fureflagellater:								28.2	3.3				
SVELGFLAGELLATER:													
<i>Cryptomonas</i> spp.						0.48	0.05	0.10	0.30	0.10			
SVELGFLAGELLATER TOTALT						0.48	0.05	0.10	0.30	0.10			
% Svelgflagellater:						34.0	71.4	25.6	25.0	8.5			
ANDRE ALGER:													
Uspes. alger (μ -alger + <i>Rhodomonas</i>)		0.03	0.02	0.02	0.04	0.19	0.02	0.09	0.12	0.09	0.04	0.09	0.02
ANDRE TOTALT		0.03	0.02	0.02	0.04	0.19	0.02	0.09	0.12	0.09	0.04	0.09	0.02
% Andre alger:		0.3	0.1	0.1	0.5	13.5	28.6	23.1	10.0	7.6	7.8	14.3	3.1
TOTAL ALGEBIOMASSE		9.63	16.02	19.22	8.84	1.41	0.07	0.39	1.20	1.18	0.51	0.63	0.65

KVANTITATIVT DYREPLANKTON

Filtrett 90 µm Zooplankton (individer/liter)	Innsjø:	HÅLANDSVATNET 2005											
		Blandprøve 0-10 m											
Prøvetakingsnr:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dato:		7.apr	28.apr	12.mai	27.mai	14.jun	7.jul	28.jul	18.aug	6.sep	22.sep	7.okt	27.okt
<i>Eudiaptomus gracilis</i>		0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7	1.9	10.7	32.3	35.0	12.9	16.4
herav: Nauplier							0.6	1.3	4.5	21.1	12.1	4.7	3.9
Copepdt.						0.2	0.2	0.4	6.0	8.4	20.7	6.9	10.1
Adulte								0.2	0.2	2.8	2.1	1.3	2.4
<i>Macrocyclus albidus</i>		2.2	0.0	0.7	0.9	2.2	0.7	0.2	4.1	0.6	0.4	0.0	0.0
herav: Nauplier		2.2		0.6	0.6	1.7	0.7	0.2	3.4	0.4	0.4		
Copepdt.				0.2	0.4	0.6			0.7	0.2			
Adulte													
<i>Diacyclops sp.</i>		0.0	1.7	1.7	0.0	0.0	5.2	4.3	2.4	5.4	4.9	0.9	0.6
herav: Nauplier			1.5	0.9			2.4	3.4	2.2	5.0	3.7	0.6	0.4
Copepdt.			0.2	0.7			2.8	0.7	0.2	0.4	1.1	0.4	0.2
Adulte								0.2					
Sum COPEPODER		2.2	1.7	2.4	0.9	2.4	6.7	6.4	17.2	38.3	40.2	13.8	17.0
<i>Daphnia galeata</i>		0.0	0.9	4.9	2.2	6.2	32.0	21.1	0.2	0.6	6.2	3.7	13.3
Adulte hanner							0.9						
Adulet hunner			0.9	4.9	2.2	6.2	31.0	21.1	0.2	0.6	6.2	3.7	13.3
herav m/egg				0.9	0.2	1.5	2.4	1.9			0.7	0.6	2.6
<i>Ceriodaphnia sp.</i>		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Adulte hanner													
Adulet hunner													
herav m/egg													
<i>Bosmina longirostris</i>		2.1	6.5	13.8	11.8	2.8	7.3	0.7	0.0	0.4	0.0	0.2	0.4
Adulte hanner							0.4						
Adulet hunner		2.1	6.5	13.8	11.8	2.8	6.9	0.7		0.4		0.2	0.4
herav m/egg		0.6	2.4	2.8	3.2	0.4	1.1						0.2
<i>Leptodora kindthii</i>													
<i>Bythotrephes longimanus</i>													
Muslingkreps													
Chydorider													
Sum CLADOCERER		2.1	7.5	18.7	14.0	9.0	39.3	21.9	0.2	0.9	6.2	3.9	13.6
<i>Kellicottia longispina</i>		3.7	3.7	5.6	7.5	91.6	237.4					0.2	0.2
herav m/egg					1.9	24.3	9.3					0.2	0.2
<i>Keratella cochlearis</i>				7.5	18.7	35.5	16.8	7.5	59.8	517.8	295.3	53.1	10.7
herav m/egg					3.7	18.7		1.9	28.0	43.0	44.9	2.6	0.6
<i>Keratella hiemalis</i>						3.7							
herav m/egg													
<i>Keratella quadrata</i>		65.4	28.0	61.7	28.0	93.5	106.5	39.3	188.8	15.0	26.2	3.7	0.7
herav m/egg		9.3	3.7	13.1		28.0	1.9	5.6	29.9		1.9		
<i>Pompholyx sulcata</i>											0.9		
herav m/egg											0.4		
<i>Brachionus sp.</i>													
herav m/egg													
<i>Filinia longiseta</i>		1.9	5.6	0.9	0.4						0.2	0.2	1.5
herav m/egg													
<i>Polyarthra spp.</i>						1.9		1.9	3.7	0.4	5.6	0.2	1.1
<i>Synchaeta sp. (stor)</i>					0.2	0.2	157.0	35.1	4.3	1.5	1.7	0.2	
<i>Synchaeta sp. (liten)</i>													
<i>Ascomorpha spp.</i>								7.5		0.9			0.2
<i>Conochilus sp.</i>			1.9	1.9	7.9	3.7	13.1	1.9	9.3				
<i>Euchlanis dilatata</i>				0.7	1.9	1.5							
<i>Gastropus hyptomus</i>													
<i>Lecane sp.</i>													
<i>Collotheca libera</i>		1.9											
<i>Trichocerca spp.</i>													
<i>Argonotholca foliacea</i>													
<i>Notholca squamula</i>													
<i>Asplanchna priodonta</i>					0.4		67.3	5.4	37.9				
Sum ROTATORIER		72.9	39.3	78.3	64.9	231.6	598.1	98.5	303.9	535.5	329.9	57.6	14.4
Fiskelus (<i>Argulus foliaceus</i>), 3.7 mm												0.2	
<i>Chaoborus sp.</i>									1.3	0.6	0.4		

ALGETOKSINER I HÅLANDVATNET 2005:

Dato	Microcystin µg/l	Algetype	Prøvetype
9.mai.2005	1100	Planktothrix	Ved land
12.mai.2005	351	Planktothrix	0 - 4 m
27.mai.2005	134	Planktothrix	0 - 4 m
14.jun.2005	25	Planktothrix	0 - 4 m
23.jun.2005	0.6	Planktothrix	Kast fra land (ca. 10m ut, 1 m dyp)
18.aug.2005	3.5	Anabaena	0 - 4 m