

Oppfølgende undersøkelser  
av innsjøer med tidligere vannblomst  
og giftproduserende blågrønnalger  
i Hordaland 2007







# Rådgivende Biologer AS

**RAPPORTENS TITTEL:**

Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst  
og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2007

**FORFATTERE:**

Geir Helge Johnsen & Mette Eilertsen

**OPPDRAKSGIVER:**

Fylkesmannen i Hordaland ved Kjell Hegna,  
Hordaland Fylkeskommune ved Anne-Gro Ullaland,  
Bømlo kommune ved Njål Gunnar Slettebø  
Radøy kommune ved Asbjørn Nagell Toft.

**OPPDRAGET GITT:**

Juni 2007

**ARBEIDET UTFØRT:**

2007-2008

**RAPPORT DATO:**

5.mars 2008

**RAPPORT NR:**

1076

**ANTALL SIDER:**

22

**ISBN NR:**

ISBN 978-82-7658-593-3

**RÅDGIVENDE BIOLOGER AS**

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : [www.radgivende-biologer.no](http://www.radgivende-biologer.no)

E-post: [post@radgivende-biologer.no](mailto:post@radgivende-biologer.no)

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

*Framsidedfoto: Alger i Storavatnet på Bømlo, 26. september 2006*

## FORORD

I forbindelse med fylkesmannens gjennomgang høsten 2005 av den utførte grovkarakteriseringen av vannforekomster i Hordaland, framkom en del spørsmål knyttet til dagens tilstand i enkelte innsjøer der det tidligere har vært rapportert om oppblomstring av gift-produserende blågrønnalger. Nasjonalt folkehelseinstitutt fikk i 1992 utarbeidet en sammenstilling over innsjøer i Hordaland med gjentagende oppblomstringer av giftige blågrønnalger (Utkilen mfl. 2001). Rådgivende Biologer har i 2007 undersøkt vannkvalitet, algesamfunn og algegiftproduksjon i to innsjøer i Bømlo og Radøy kommune. De samme innsjøene ble undersøkt i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2007).

Formålet med undersøkelsen, er å foreta en enkel oppdatering av situasjonen i noen av de mest belastede innsjøene i fylket. Dette vil utgjøre et nødvendig skritt i det videre arbeidet med EUs vanddirektiv i fylket, for å kunne avklare hvorvidt det i neste runde må gjennomføres mer omfattende undersøkelser for å vurdere årsaker og mulighet for gjennomføring av tiltak, fram mot utarbeidelsen av konkrete tiltaksplaner for de aktuelle vassdrag.

Rådgivende Biologer takker for lån av båter på de enkelte innsjøene; Salomon Stavland i Bømlo for båt på Storavatnet og Inge Mangersnes i Radøy for båt på Nesvatnet.

Rådgivende Biologer vil også takke følgende for oppdraget: Rådgiver Kjell Hegna ved Fylkesmannen i Hordaland, spesialrådgiver Anne-Gro Ullaland ved Hordaland Fylkeskommune, landbrukssjef Njål Gunnar Slettebø i Bømlo kommune og skogbrukssjef Asbjørn Nagell Toft i Radøy kommune.

Bergen, 5.mars 2008

## INNHold

Forord.....	3
Innhold .....	3
Sammendrag.....	4
Innledning.....	5
Prøvetaking i 2007 .....	9
Storavatnet på Bømlo .....	10
Nesvatnet på Radøy.....	14
EUs vanddirektiv.....	17
Vedleggstabeller.....	19
Referanser.....	21

## SAMMENDRAG

JOHNSEN, G.H. & M. EILERTSEN 2008.

*Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2007.*

*Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 1076, 22 sider, ISBN 978-82-7658-593-3*

Rådgivende Biologer AS har også sommeren 2007 fulgt opp tilstanden i innsjøer i Hordaland der det tidligere er registrert oppblomstring av giftproduserende blågrønnalger. I 2007 ble Storavatnet på Bremnes i Bømlo kommune og Nesvatnet i Radøy kommune undersøkt. Undersøkelsen beskriver algesamfunn, toksinproduksjon og enkel vannkjemi. Prøvene ble tatt ute på innsjøene ved det dypeste punktet.

Sommeren 2007 var mer nedbørrik enn normalen, slik at innsjøene hadde betydelig tilrenning gjennom prøveperioden. Det var heller ikke særlig høye temperaturer i innsjøene på Vestlandet denne sommeren. Kun ved prøvetakingen i oktober var det mindre nedbør enn normalt, og temperaturen var da også lavere enn vanlig.

### Storavatnet på Bømlo

Storavatnet var den eneste av de to innsjøene der det ble påvist toksinproduserende blågrønnalger. Algegiften microcystin ble påvist i lave konsentrasjoner midt ute på innsjøen gjennom sommeren, men i september og oktober ble det påvist større mengder, med henholdsvis 0,81 µg/l og 6,3 µg/l. Microcystin grenseverdien for drikkevann er 1 µg/l, for badevann er det 10 µg/l. Med så mye algetoksiner i vannet er det langt over grensen for drikkevann og nærmer seg grensen for badevann. Tidligere er det påvist også algegifter i Storavatnet både i 2003 og 2006.

Storavatnet er middels næringsrik og har noe høyere algemengder. Andelen blågrønnalger utgjorde nærmere 51 % av den totale algemengden. Dominerende blågrønnalger var arter i slektene *Anabaena* og *Microcystis*. Innholdet av organisk stoff var middels høyt og oksygenforbruket i dypvannet var høyt. Det var tilnærmet oksygenfritt i bunnvannet, men ingen indre gjødsling ble observert

### Nesvatnet på Radøy

Nesvatnet var næringsrik i 2007, med fosforkonsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse IV = "dårlig" og nitrogenkonsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse III = "mindre god". Innholdet av organisk karbon (TOC) var også middels høyt med en gjennomsnittlig verdi på ca 4,3 mg C/l, og både dette og siktedypet tilsvarer tilstandsklasse III = "mindre god".

Nesvatnet hadde også store algemengder i undersøkelsesperioden. I august var det en oppblomstring av blågrønnalger *Planktothrix sp.* Blågrønnalger i slekten *Anabaena* ble også påvist, men kun i mindre mengder. Ingen algegifter er påvist i Nesvatnet verken denne sommeren eller ved de tidligere undersøkelsene.

### EUs vannrammedirektiv

Dagens tilstand i de to innsjøene tilsvarer sannsynligvis "moderat til dårlig økologisk status", og det er ikke sannsynlig at det vil oppnå minst "god økologisk status" innen år 2015 uten videre tiltak. Med periodevis høyt innslag av blågrønnalger og toksinproduksjon i Storavatnet og eutrofe forhold i Nesvatnet, må her utarbeides tiltaksplaner og iverksettes ytterligere tiltak for at disse to innsjøene eventuelt skal kunne nå målet inne år 2015.

## INNLEDNING

I forbindelse med fylkesmannens gjennomgang høsten 2005 av den utførte grovkarakteriseringen av vannforekomster i Hordaland, framkom en del spørsmål knyttet til dagens tilstand i enkelte innsjøer der det tidligere har vært rapportert om oppblomstring av gift-produserende blågrønnalger (Utkilen mfl. 2001). Formålet med denne undersøkelsen er å foreta en enkel oppdatering av kunnskapen om noen av de mest belastede innsjøene i fylket, der det tidligere er rapportert om gift-produserende blågrønnalger. Undersøkelse i 2007 er en oppfølging av undersøkelsene som ble gjennomført i de samme innsjøene i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2007)

### NÆRINGSRIKE INNSJØER

I næringsrike og "gjødslete" innsjøer er forutsetningene til stede for økte algemengder med innslag av andre og mer næringskrevende algetyper som blant annet en del blågrønne alger (Brettum 1989; Faafeng m.fl. 1990). I særlig næringsrike situasjoner, der det også er store tilførsler av næring utover hele sommeren, kan en få ekstreme oppblomstringer av blågrønnalger. I stille vær kan disse algene flyte opp slik at innsjøene farges kraftig grønne. Dette er kjent som "algeblomst" fra det engelske uttrykket "algal bloom".

Virkingen av næringstilførsler avhenger av mange lokale forhold, der vannutskiftingshyppigheten i innsjøene er en avgjørende faktor (Vollenweider 1976). Store vanntilførsler og dermed hyppig utskifting av innsjøens vannmasser, virker fortynnende på tilførslene. En innsjø med hyppig vannutskifting kan således tåle større næringstilførsler enn en tilsvarende innsjø med sjeldnere vannutskifting (Vollenweider 1976; Rognerud m.fl. 1979; Berge 1987).

Av de ulike næringsstoffene er det fosfor som oftest er begrensende for algevekst i våre innsjøer. Ulike typer tilførsler har hver sin spesifikke sammensetning av næringsstoffer, blant annet uttrykt ved forholdstallet mellom nitrogen og fosfor. Vanligvis venter en å finne et forholdstall på rundt 15 i lite påvirkete innsjøer, altså at en har 15 ganger så høye konsentrasjoner av nitrogen som fosfor. Dersom en finner betydelige avvik fra dette, tyder det på at en har dominans av enkelte tilførselskilder til denne aktuelle innsjøen. For eksempel vil avrenning fra fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha et høyt N:P-forholdstall, gjerne opp mot 70, mens både kloakkavløp fra boliger og tilførsler av for eksempel gjødsel fra kyr begge har et forholdstall på rundt 7. Særlig fosforrike utslipp er silosaft, med et forholdstall nede på 1,5 mens tilførsler fra fiskeoppdrett og for eksempel gjødsel fra gris også er fosforrike med et forholdstall på rundt 5 (Holtan & Åstebøl 1990).

Der tilførslene av **fosfor** i tillegg domineres av oppløst **fosfat** vil dette ha en større effekt også fordi det kan bli nyttegjørt av algene direkte. Dette kalles **biotilgjengelighet** og varierer mellom de ulike tilførselskildene. Kommunalt avløpsvann har en biotilgjengelighet av fosforet på 65-70 %, mens avrenning fra landbruk har 30 % biotilgjengelighet.

Særlig mengde alger, men også algetyper, er altså begrenset av tilgang på tilgjengelig næring. Denne effekten kalles "**bottom-up**" og viser til virkningens retning i næringskjedene i innsjøen. Jo mer næringsstoff, desto mer algevekst, som igjen er grunnlag for biologisk produksjon av algespisende organismer som dyreplankton og etter hvert også fisk (Sommer mfl. 1986).

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. Men dersom det også 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. 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 (Sommer m.fl. 1986).

Også tilførsler av organisk materiale kan ha stor betydning for miljøkvaliteten i innsjøer. Slike tilførsler kan komme fra både naturlige og menneskeskapt eksterne kilder i nedbørsfeltet, eller fra innsjøens egen biologiske produksjon av alger og dyr (Holtan & Åstebøl 1990). Omfang av tilførsler av organisk stoff til innsjøer vil kunne måles i vannprøver fra overflatevannet, men det vil i hovedsak påvirke forholdene i det stabile dypvannet ved at store tilførsler medfører et høyere forbruk av oksygen som kan resultere i helt oksygenfrie forhold i dypvannet (Johnsen mfl. 1985).

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 (Johnsen mfl. 1985). I slike innsjøer vil denne “indre gjødslingen” kunne utgjøre en vesentlig del av de samlede tilførsler av næring, og en kan komme inn i en ond sirkel med stadig økende næringsinnhold og algemengder.

Samspillet mellom alle de ulike typene påvirkning på innsjøsystemet, gjør det viktig ikke bare å fokusere på tilstand år for år eller utvikling i tilstand alene, men samtidig vurdere risiko for videre utvikling i den prosess som kalles “eutrofiering”, eller økning i næringsrikhet og algemengde. Et slikt “eutrofieringsforløp” i innsjøer kan beskrives med tre faser ettersom økosystemet responderer på økende fosforbelastning:

**1) Begynnende eutrofiering**

Kjennetegnes ved middels næringsrike forhold (SFT=III), med økt produktivitet i alle ledd i innsjøens næringspyramide grunnet økte næringstilførsler (positiv “bottom-up”-effekt). Den økende algemengden holdes noenlunde under kontroll av den samtidig økende dyreplanktonmengden (negativ “top-down”-effekt), slik at algemengdene bare øker sakte under økologisk likevekt.

**2) Fare på ferde**

Kjennetegnes med næringsrike forhold (SFT=IV-V), der algetyper som ikke er spiselige av dyreplanktonet begynner å dominere, og algemengdene øker derfor raskere. Større mengder alger synker til bunns og råtner under forbruk av oksygen, og oksygenfrie forhold med indre gjødsling kan begynne.

**3) Kritisk fase**

Kjennetegnes av meget næringsrike forhold (SFT=V). Råttent bunnvann med omfattende indre gjødsling gir store algemengder, der algeoppblomstringer med giftige blågrønnalger kan dominere.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har utviklet enkle system for vurdering av miljøkvalitet i ferskvann, der en klassifiserer tilstanden i innsjøer med hensyn på en del standard parametre (SFT 1997). Dette er utarbeidet med en generell tilnærming, slik at en ved undersøkelser av innsjøer i utgangspunktet skal søke å fange opp de fleste sannsynlige miljøpåvirkninger. Det gir miljøforvaltningen mulighet for en standardisert tilnærming til den aktuelle problematikken i innsjøer, og dette system og klassifisering er også benyttet i foreliggende overvåkingsrapport (**tabell 1**).

**Tabell 1.** Sammenheng mellom de "klassiske" betegnelser for næringsstatus, innhold av fosfor, observerte algemengder og SFTs tilstandsklassifisering, basert på SFT (1997) og Brettum (1989).

Tilstand	Ultra-oligotrof	Oligotrof	Oligo-mesotrof	Mesotrof	Eutrof	Poly-eutrof
Fosfor (µg/l)	< 2	2-7	7-11	11-20	20-50	> 50
Algemaks (mg/l)	< 0,2	0,2-0,7	0,7-1,2	1,2-3	3-5	> 5
Algesnitt (mg/l)	< 0,1	0,1-0,4	0,4-0,6	0,6-1,5	1,5-2,5	> 2,5
klorofyll a (µg/l)	<2		2-4	4-8	8-20	> 20
Tilstandsklasse	<b>SFT = I</b>		<b>SFT = II</b>	<b>SFT = III</b>	<b>SFT = IV</b>	<b>SFT = V</b>
Tilstand	<b>meget næringsfattig</b>		<b>næringsfattig</b>	<b>middels næringsrik</b>	<b>næringsrik</b>	<b>meget næringsrik</b>

## ALGETOKSINER

Blågrønnbakterier eller Cyanobacteria (gr. *kyanos* - lasurstein, blå farge, *bakterion* - stav, stamme) finnes overalt (jord, vann, hav), også under ekstreme livsbetingelser (høy temperatur, høy saltholdighet). Det har lenge vært kjent at cyanobakterier representerer en helserisiko for mennesker og dyr. Den første forgiftningen av dyr ble beskrevet i Australia på slutten av 1800-tallet. I årene 1960-1980 ble det vist at cyanobakteriene produserer flere typer toksiner, og etter hvert har en utviklet nye og bedre metoder for undersøkelse av disse. Tidligere undersøkelser foregikk ved testing på forsøksmus og observasjoner av hvordan de reagerte på dette. Det ga ikke grunnlag for kvantifisering eller eksakt bestemmelse av type toksin. Etter hvert ble enkle kjemiske analyser tatt i bruk, men det er førts de siste par årene det er utviklet analysemetoder der en kan både kvalifisere og kvantifisere flere typer alggifter.

Toksinene deles inn i grupper etter virkemåte. De omfatter nervetoksiner (anatoksiner), levertoksiner (microcystiner), uspesifikke toksiner og hudirritanter (endotoksiner). Anatoksiner (eller nervetoksiner) har fått navn etter cyanobakterien *Anabaena*, som de først ble isolert fra. To anatoksiner er godt beskrevet: anatoksin-a og anatoksin-a(s) som begge kan, dersom eksponeringen er høy nok, føre til pustevansker, muskellammelser, kramper og eventuelt død. Microcystiner har fått navn etter cyanobakterien *Microcystis*, fordi de for første gang ble isolert fra denne. Det er siden vist at denne typen toksiner produseres av en rekke cyanobakterier innen slektene *Anabaena*, *Planktotrix* (tidligere kalt *Oscillatoria*), *Aphanizomenon* og *Gomphosphaeria*. Alle forekommer i norske vannforekomster og kan under visse betingelser danne vannblomst, dvs. en konsentrasjon av cyanobakterier i overflaten, som gir en sterk farge på vannet. Femtifire varianter av microcystin er kjent, og toksisiteten til de forskjellige varierer sterkt. I tillegg finnes flere andre typer toksiner.

Endotoksiner er en del av celleveggen hos gram-negative bakterier (som cyanobakteriene egentlig er). Endotoksinene kan være en årsak til kløe og hudutslett hos mennesker som bader i vann med store mengder blågrønnalger. Trolig er dette den alggiften som på verdensbasis har resultert i de fleste humane sykdomstilfellene, men disse har likevel fått liten oppmerksomhet. Endotoksiner er ikke undersøkt i denne rapporten.

På verdensbasis har det vist seg at ca 70 % av cyanobakterieoppblomstringene har produsert lever- eller nervetoksiner. Tilsvarende tall for Norge er i størrelsesorden 50 %. Mekanismene rundt giftproduksjon og blågrønnalger er ikke klarlagt, og man kjenner ikke til hva som initierer at enkelte "stammer" av blågrønnalger plutselig blir giftproduserende. Toksinproduksjon kan variere mye og raskt, og det kan også forekomme algeoppblomstringer helt uten giftproduksjon. Morforlogiske analyser kan ikke skille mellom toksinproduserende og ikke produserende stammer og det en i dag kjenner til av fysiologiske mekanismer kan heller ikke forutsi toksinproduksjon. Man kan også oppleve toksinproduserende alger jevnt fordelt i en innsjø eller kun i enkelte områder av innsjøen, da som oftest i et område der vind og strømminger har ført til en opphopning av alger.



I denne undersøkelsen er det foretatt analyse av innhold av algegiftene microcystin, anatoxin a og cylindrospermopsin. De to sistnevnte forekommer iblant i forbindelse med oppblomstringer av *Anabaena*- og *Aphanizomenon*arter. Ettersom utviklingen innen analysemetodene har gått fra forsøksdyr til kjemisk analyse er sammenligningen av algegifter med tidligere funn ikke mulig å gjøre direkte, men algearter og algemengder kan gi et utfyllende bilde av situasjonen i en innsjø.

## EUS RAMMEDIREKTIV FOR VANN

EUs Rammedirektiv for Vann trådte i kraft 22. desember 2000, og angir et rammeverk for beskyttelse av alle vannforekomster. Direktivet har som overordnet målsetting at alle vannforekomster skal oppnå minst ”**God Økologisk Status**” (GØS) innen år 2015. Ved karakteriseringen i forbindelse med EUs vanndirektiv, skal vannforekomstenes økologiske status anslås basert på en samlet vurdering av både **fysisk tilstand**, **kjemisk tilstand** (vannkvalitet) og **biologisk tilstand**.

For de vannforekomster der det viser seg at en ikke har minst ”**god økologisk status**”/ ”**godt økologisk potensiale**”, skal det utarbeides en tiltaksplan med påfølgende gjennomføring av tiltak. Det er da ”problemeier”/ forurensere som skal betale for tiltakene, slik at en innen 2015 kan oppnå kravet.

EUs vanndirektiv inkluderer i større grad vurdering av biologiske forhold enn SFTs mer vannkvalitetsbaserte system. Ved fastsetting av **økologisk status** er det dessuten innbakt hensyn til naturtilstanden også for de biologiske forhold, slik at det ikke vil være en direkte kobling til SFTs tilstandsklassifisering og EUs statusklassifisering for den enkelte vannforekomst. Beskrivelse av **økologisk status** følger denne skala:

1	2	3	4	5
Høy status	God status	Moderat status	Dårlig status	Meget dårlig status

1=”Høy status” betyr at vannforekomsten har en økologisk status tilsvarende eller meget nær opp til naturtilstand, mens 2=”god status” avviker litt mer fra naturtilstanden.

## PRØVETAKING I 2007

I løpet av perioden juli til oktober ble det samlet inn prøver fra de to innsjøene Storavatnet i Bømlo kommune og Nesvatnet i Radøy kommune (**tabell 2**), ved fire anledninger sommeren og høsten 2007; 10. juli, 21. august og 27. september og 24. oktober.

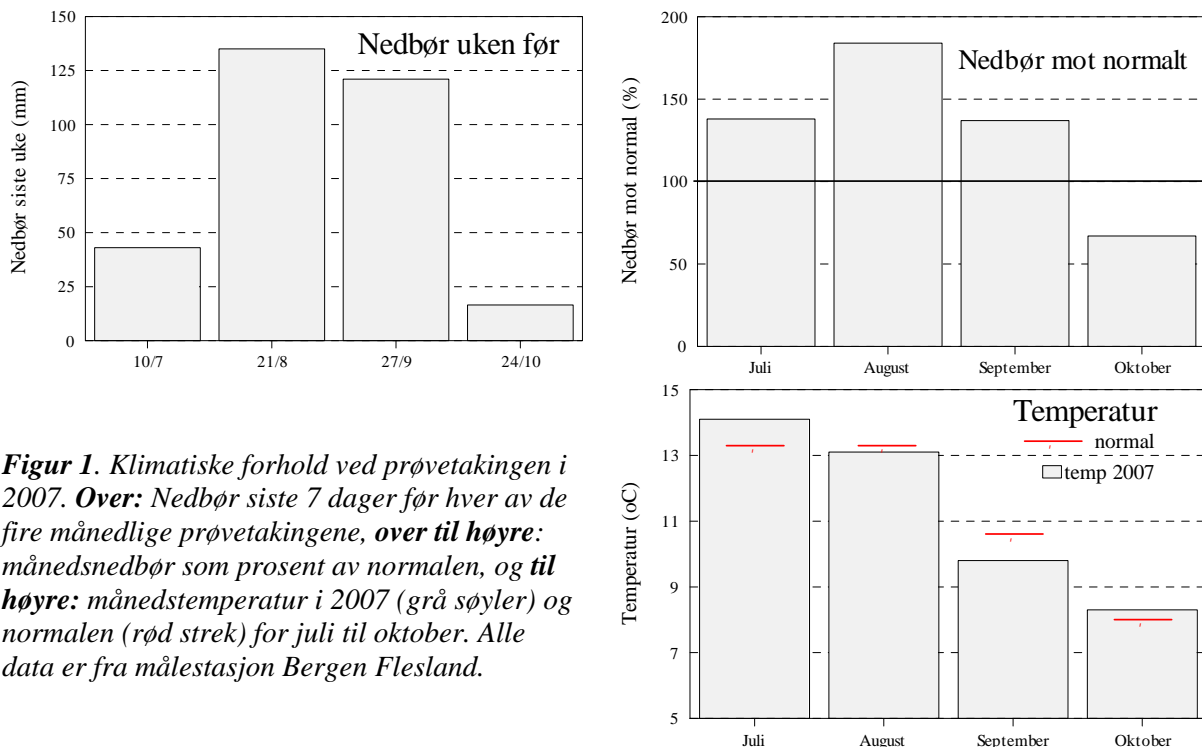
**Tabell 2.** De undersøkte innsjøene i 2007.

Innsjø	Innsjønr.	Kommune	Vassdragsnr.	Hoh (m)	Areal (km <sup>2</sup> )
Storavatnet	22224	Bømlo	043.3	7	0,5741
Nesvatnet	26358	Radøy	066.4	4	0,6452

Alle prøvene ble tatt fra båt ute på innsjøene ved innsjøens dypeste punkt. Temperatur- og oksygenprofiler ble målt i september og siktedyp ble målt hver gang. Vannprøver ble tatt som blandepøver fra null til seks meters dyp. Disse ble analysert for næringsstoffene fosfor og nitrogen samt innhold av organisk stoff (TOC).

I disse blandepøvene ble også algearter og – mengder bestemt etter fiksering med Lugols løsning og mikroskopering i omvendt mikroskop. Prøvene ble også undersøkt med hensyn på konsentrasjon av algetoksiner. For analyse av microcystin er metoden som ble benyttet basert på immunoassay for microcystin (ELISA-kit, Biosense – Bergen, Norge). I tillegg ble prøvene analysert for anatoxin a og cylindrospermopsin (LC-MS/MS). Analysene av algetoksiner er utført ved NIVA i Oslo.

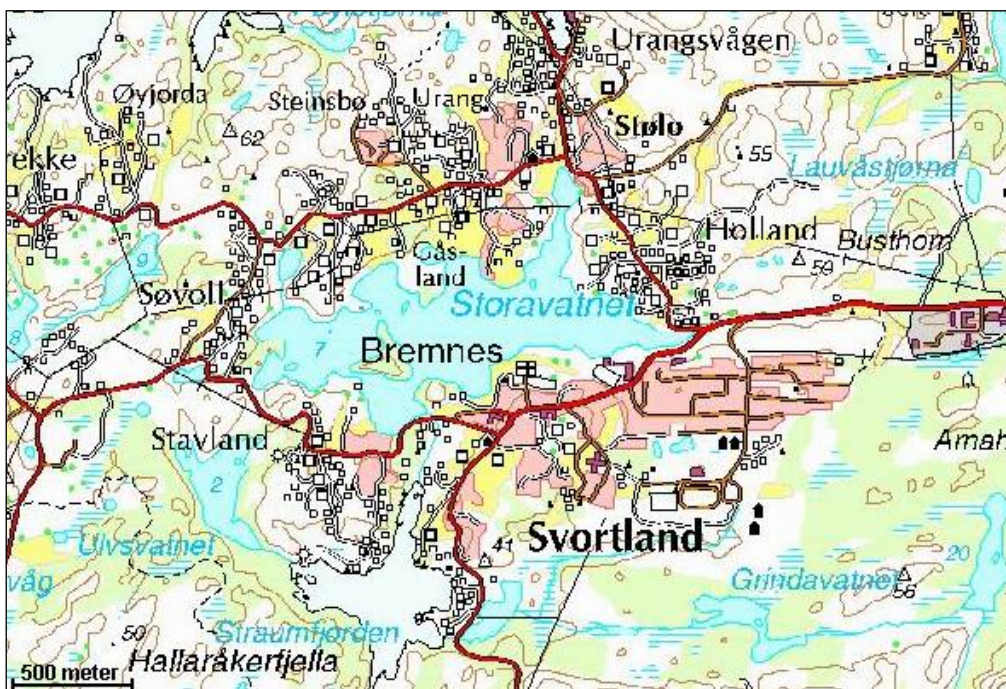
Værforholdene i prøvetakingsperioden var preget av betydelige nedbørmengder i uken før prøvetakingene i august og september, med 135 mm samlet nedbørmengde uken før prøvetaking i august som det høyeste. Alle månedene juli til september hadde betydelig mer nedbør enn normalt, mens gjennomsnittstemperaturene i de fire månedene varierte ikke så langt fra normalen. Juli 2007 var litt varmere og september var litt kaldere enn normalen (**figur 1**).



**Figur 1.** Klimatiske forhold ved prøvetakingen i 2007. **Over:** Nedbør siste 7 dager før hver av de fire månedlige prøvetakingene, **over til høyre:** månedsnedbør som prosent av normalen, og **til høyre:** månedstemperatur i 2007 (grå søyler) og normalen (rød strek) for juli til oktober. Alle data er fra målestasjon Bergen Flesland.

## STORAVATNET PÅ BØMLO

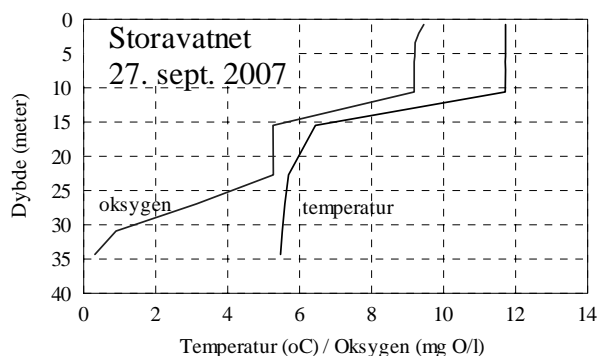
Storavatnet (NVE-nr. 22224, **figur 2**) ligger 7 moh., har et nedslagsfelt på 2,9 km<sup>2</sup>, et overflateareal på 0,57 km<sup>2</sup>, et snittdyp på 7,5 m og et maksimaldyp på 38 m. Volumet er 4,12 mill. m<sup>3</sup>. I nedslagsfeltet drives det noe jordbruk og husdyrhold. Det meste av nedslagsfeltet er imidlertid tettstedsareal, mens øvrige områder er mer spredt bebygget.



**Figur 2.** Storavatnet i Bømlo kommune.

### Temperatur og oksygen

Temperatur og oksygenprofiler ble kun tatt i løpet av prøvetakingen i september. Sjøtiet lå rundt 12 meters dyp (**figur 3**). Temperaturen i overflaten ned til 12 meter var nærmere 12 grader, mens dypvannet holdt seg rundt 5 grader. Det var et relativt stort oksygenforbruk i Storavatnet, og ved undersøkelsen 27. september var det mindre enn 1 mg O/l de siste fem meterne over bunnen (**figur 3**). Det ble ikke påvist helt oksygenfritt i bunnvann i løpet av undersøkelsesperioden, men den klassifiseres likevel i tilstandsklasse V "meget dårlig". Under prøvetakingen var det et markert oksygenvinn like over temperatursprangsjiktet. Dette skyldes et spesielt stort oksygenforbruk der. Store mengder alger i overflatevannet vil, når de dør, synke mot bunnen. Temperatursprangsjiktet vil delvis fungere som en fysisk barriere slik at det blir en opphopning av døde alger og nedbrytningen av disse, forbruker oksygen og resulterer i oksygenminimumet i området.



**Figur 3.** Temperatur- og oksygenprofil i Storavatnet i Bømlo, 27. september i 2007. Målingen er utført med et YSI Model 600XLM-M instrument med nedsenkbar sonde.

## Næringsrikhet 2007

Innholdet av næringsstoffer i Storavatnet (**tabell 3**) var noe høyt, og med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 15,3  $\mu\text{g/l}$  og av totalnitrogen på 518  $\mu\text{g/l}$  ligger innsjøen på tilstandsklasse III "mindre god" for fosfor og nitrogen. Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var middels høyt ved alle målingene (**tabell 3**). Med en gjennomsnittlig verdi på 4,7 mg C/l, klassifiseres Storavatnet i tilstandsklasse III = "mindre god". Siktedypet var lavest i august da det kun var på 2,7 meter. I slutten av august var det på 3,4 meter (**tabell 3**). En gjennomsnittsverdi på 2,9 m tilsvarer tilstandsklasse III = "mindre god" i SFT sitt klassifiseringssystem. Innholdet av organisk stoff og algemengder samvarierer med siktedypet.

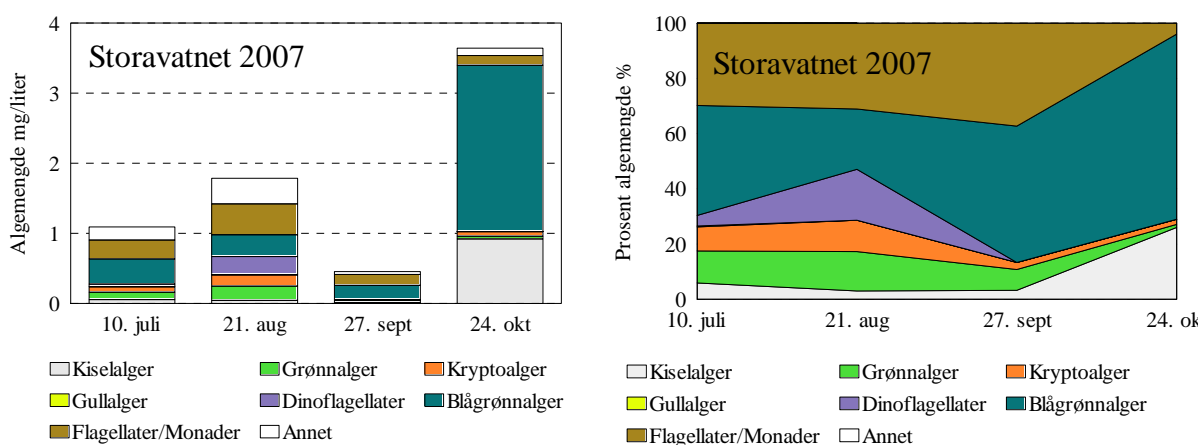
**Tabell 3.** Vannkjemiske resultater, siktedyp og algemengder i Storavatnet ved fire tidspunkt i perioden juli til oktober 2007. Alle prøvene er analysert ved det akkrediterte laboratoriet Chemlab Services AS.

Parameter	10 juli	22. august	27. september	24. oktober	Gjennomsnitt
Tot. P ( $\mu\text{g/l}$ )	14	16	8	23	15,3
Tot. N ( $\mu\text{g/l}$ )	431	470	406	768	519
TOC (mg/l)	4,4	5,3	4,4	4,7	4,7
Siktedyp (m)	3,0	3,4	2,7	2,8	2,9
Klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ )	6,4	5,3	4,4	4,7	5,2
Algemengde (mg/l)	0,90	1,42	0,41	3,53	1,6

## Alger og algemengder

Algemengdene i Storavatnet tilsvarte SFT tilstand III med et gjennomsnittlig innhold av klorofyll a på 5,2  $\mu\text{g/l}$ . Med et gjennomsnittlig algevolum på 1,6 mg/l og et høyeste registrerte volum på 3,53 mg/l klassifiseres innsjøen som eutrof i hht. Brettum og Andersen (2004), eller SFTs tilstand IV. Største algekonsentrasjon ble påvist i slutten av oktober (**figur 4**). Algemengdene tyder på en middels til næringsrik innsjø, og beregning av avvik fra "naturlige forhold" (Brettum og Andersen 2004) tyder på at innsjøen avviker betydelig fra "naturlig tilstanden" med  $D_1$  (maks) = 2,8 og  $D_2$  (snitt) = 1,2.

Algesamfunnet i Storavatnet var relativt divers. Flagellater og monader og blågrønnalger dominerte generelt i løpet av prøvetakingsperioden. Blågrønnlager dominerte sterkt i september og oktober, mens flagellater og monader hadde en topp i august (**figur 4**). Grønnalger, kryptoalger og gullalger (annet) utgjorde en liten andel i begynnelsen av juli og i august og det var en liten oppblomstring av dinoflagellater i august.



**Figur 4.** Algevolum og -slekter i Storavatnet ved fire tidspunkt 2007 (**vedleggstabell 1**). Prøvene er tatt som blandepøver fra de fire øverste meterne og sprangsjiktet, -ved innsjøens dypeste punkt.

I september var algemengdene meget små midt ute på innsjøen. En stor oppblomstring av blågrønnalgene kom i oktober, og samlet sett ble minst åtte arter påvist, hvorav tre arter av *Anabaena*; *A. circinalis*, *A. solitaria* cf. *planktonica* og *A. spiroides* (**vedleggstabell 1**). *A. planktonica* er tidligere vist å være potensielt toksinproduserende. Det samme kan arter innen slektene *Gomphosphaeria*, *Microcystis* og *Planktothrix* være.

Blågrønnalgene utgjorde i gjennomsnitt 45 % av den totale algemengden i innsjøen ved undersøkelsene i 2007. Av grønnalgene var 10 slekter representert i løpet av perioden, med *Ankistrodesmus falcatus* som dominerende i begynnelsen av juli. Av gullalgene var det slekten *Chromulina* som dominerte. Av dinoflagellatene var arten *Ceratium hirudinella* påvist i juli og august, med størst forekomst i august. Dette er en art som en helst finner i middels næringsrike og næringsrike innsjøer.

## Algetoksiner

I Storavatnet ble det påvist små mengder av algetoksinet microcystin ved prøvetakingen i juli med en konsentrasjon på 0,28 µg/l. Under prøvetakingen i september og oktober ble det påvist større mengder, med henholdsvis 0,81 µg/l og 6,3 µg/l for disse månedene (**tabell 4**). Microcystin grenseverdien for drikkevann er 1 µg/l, for badevann er det 10 µg/l.

I 2000, 2003, 2004, 2005 og 2006 ble det også tatt prøver for å undersøke om det var toksinproduserende stammer av blågrønnalger tilstede. Disse undersøkelsene er delvis gjort av NIVA og delvis har Bømlo kommune tatt egne prøver for undersøkelse på microcystin. Det ble ikke påvist toksiner i 2000 eller i perioden 2004-2005. Resultatene fra 2006 viste lave konsentrasjoner av toksiner gjennom hele sesongen, mens siste påvisning av algetoksiner før det var fra høsten 2003.

**Tabell 4.** Toksininnhold i prøver fra Storavatnet ved Bremnes på Bømlo ved fire tidspunkt i 2007. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-6 meters dyp er analysert av NIVA ved Tomas Rohrlack.

Innsjø	Algetoksin	Enhet	10. juli	21. aug	27. sept	24. okt
Storavatnet	Microcystin	µg/l	0,28	0	0,81	6,3
	Anatoxin a	µg/l	0	0	0	0
	Cylindrospermopsin	µg/l	0	0	0	0

## Oppsummering og utvikling i Storavatnet

I 2007 var Storavatnet middels næringsrik (SFT klasse III), den hadde et middels høyt innhold av organisk stoff (SFT klasse III) og et middels godt siktedyp (SFT klasse III). Algemengdene var noe høyere og andelen blågrønnalger var i gjennomsnitt 45 %, med dominans av *Anabaena circinalis*, *Anabaena spiroides* og slekten *Microcystis*. Oksygenforbruket i dypvannet var så stort at det var tilnærmet oksygenfrie forhold i bunnvannet i september. Det var ingen indre gjødsling i innsjøen.

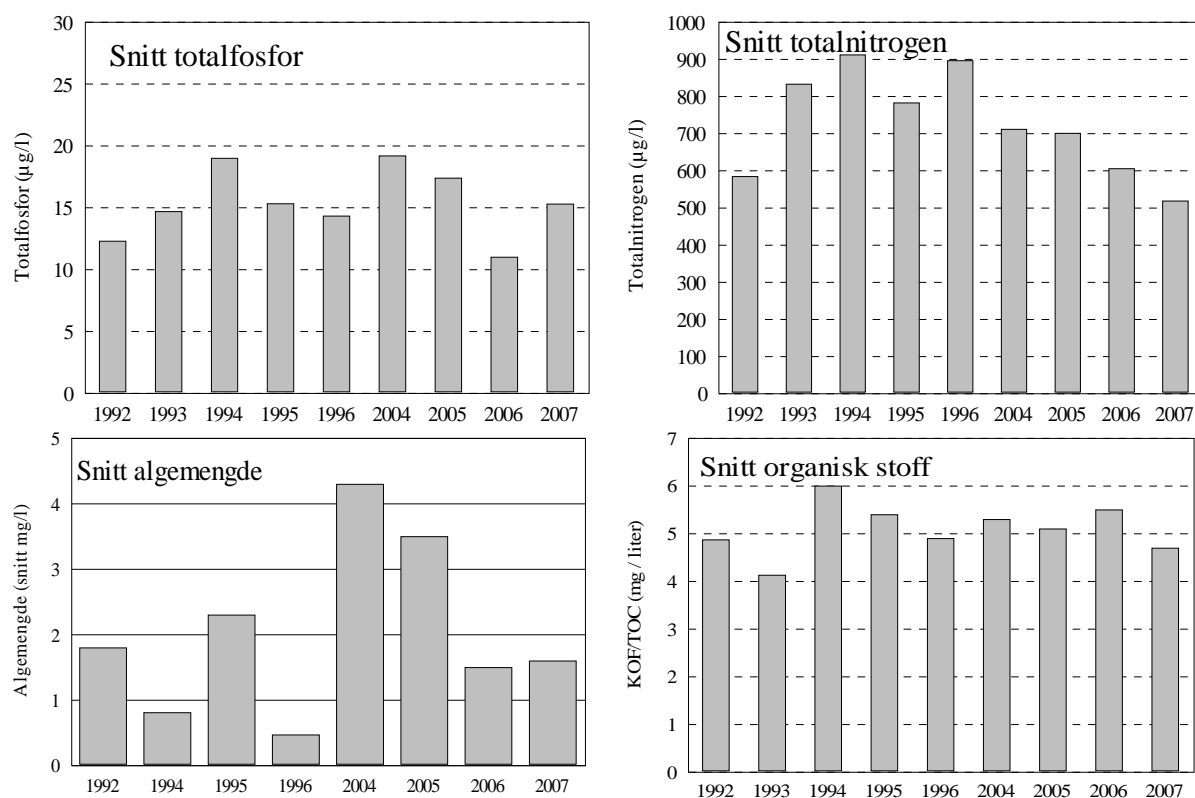
Midt ute på Storavatnet ble algegiften microcystin påvist ved prøvetakingene i juli, september og oktober. I juli og september var det små mengder med høyeste verdi på 0,81 µg/l som går under WHO sine grenser for drikkevann (1,0 µg/l). Høyeste konsentrasjon av microcystin på 6,3 µg/l ble målt i oktober. Med så mye algetoksiner i vannet er det langt over grensen for drikkevann og nærmer seg grensen for badevann (10 µg/l).

En vet ikke hvorfor enkelte arter av blågrønnalger begynner å produsere algegifter, en vet foreløpig bare at det kan skje plutselig, det kan skje lokalt i enkelte deler av en innsjø, og at det noen ganger er et kortvarig fenomen mens det andre ganger er mer langvarig. I Storavatnet ser det ut til å ha vært noe langvarig siden det ble påvist i perioden fra juli og september til oktober, men det har vært i små

mengder foruten i oktober. I 2006 ble det tatt en ekstra prøve fra overflatevannet i Storavatnet like utenfor kulturhuset. Her var det en tett ansamling av alger, og 98 % av den totale algemengden var blågrønnalger. Tre arter blågrønnalger av slekten *Anabaena* dominerte, og også der ble algegiften microcystin påvist. Konsentrasjonen der var på hele 12.8 µg/l, altså godt over WHO sin grense for bading. Slike lokale målinger ble ikke foretatt i 2007 så en kan ikke si noe om eventuelt større konsentrasjoner lokalt enn midt ute på innsjøen.

Storavatnet er undersøkt flere ganger tidligere, og det kan se ut som om både næringsinnholdet og algemengdene i innsjøen har avtatt. Dette kan imidlertid være et utslag av færre prøvetakinger i 2007, slik at det heller er et resultat av naturlig variasjon i henhold til vær og prøvetakingstidspunkter.

Storavatnet er undersøkt flere ganger tidligere, og i 2000, 2003, 2004, 2005 og 2006 ble det tatt enkelte prøver (NIVA og private) for å undersøke om det var toksinproduserende stammer tilstede. Bare i 2003 og i 2007 ble algegiften microcystin påvist.



**Figur 5.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor, totalnitrogen, algevolum og organisk stoff (TOC) i Storavatnet i tidligere undersøkelser

## NESVATNET PÅ RADØY

Nesvatnet (nr. 26358) er den lavestliggende innsjøen i Ulvatnvassdraget og ligger like før utløpet til sjøen (**figur 6**). Nesvatnet ligger 4 moh. og har et areal på 0,65 km<sup>2</sup>. Det er noe tettbebyggelse i nedbørfeltet (Manger sentrum) og det er en del landbruksområder. Både sau og hest beitet like ned mot innsjøen i prøvetaksperioden. Det ligger også en badeplass i nordøstre delen av innsjøen.



**Figur 6.** Nesvatnet i Radøy kommune

Det er vanligvis stabil temperatursjiktning i Nesvatnet i sommerhalvåret, og tidligere undersøkelser har vist at oksygenforbruket ved det dypeste har vært noe forhøyet, men det var likevel relativt gode oksygenforhold i innsjøen og i dypvannet. I 2006 ble det således ikke målt under 7 mg O/l (tilstandsklasse II "god").

### Næringsrikhet 2007

Innholdet av næringsstoffer i Nesvatnet (**tabell 5**) var høyt, og med en gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor på 37,25 µg/l og av totalnitrogen på 583,5 µg/l klassifiseres innsjøen i henholdsvis tilstandsklasse IV = "dårlig" og III = "mindre god". Innholdet av organisk karbon (TOC) i overflatevannet var også middels høyt med en gjennomsnittlig verdi på ca 4,3 mg C/l, som tilsvarer tilstandsklasse III "mindre god". Siktedyptet var også middels høyt ved alle prøvetakingene (**tabell 3**), og med et gjennomsnittlig siktedyb på 3,1 meter klassifiseres innsjøen i tilstandsklasse III "mindre god" også for denne parameteren.

**Tabell 5.** Vannkjemiske resultater, siktedyp og algemengder i Nesvatnet ved fire tidspunkt i perioden juli til september 2007.

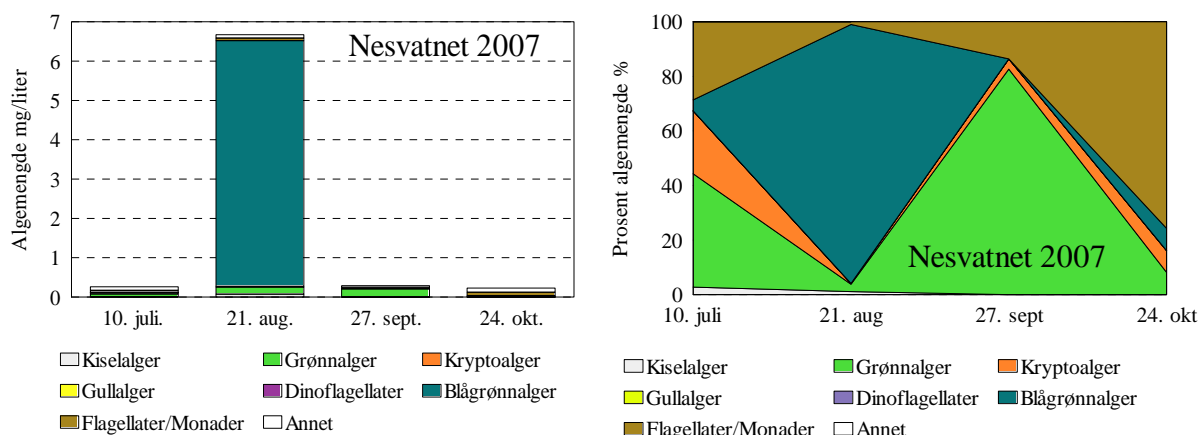
Parameter	10. juli	22. august	27. september	24. oktober	Gjennomsnitt
Tot. P (µg/l)	16	40	37	56	37,25
Tot. N (µg/l)	358	542	465	969	583,5
TOC (mg/l)	3,3	5,1	4,3	4,3	4,25
Siktedyp (m)	4,0	2,4	2,9	3,0	3,1
Klorofyll a µg(l)	5,7	5,1	4,3	4,3	4,9
Algemengde (mg/l)	0,17	6,58	0,25	0,12	1,78

## Alger og algemengder

Algemengdene i Nesvatnet var ganske lave foruten i august, da det var en oppblomstring av hovedsakelig blågrønnalger med et algevolum på 6,58 mg/l. Dette var det høyeste registrerte algevolumet i løpet av prøvetakingsperioden og gjennomsnittet for alle prøver ble på 1,78 mg/l. Dette gjenspeilet seg ikke i måling av fargestoffet klorofyll a, som hadde en gjennomsnitt i de fire prøvene på 4,9 mg/l, hvilket tilsvarer SFTs tilstandsklasse = III = "mindre god".

Med høyeste registrerte algevolum på 6,58 mg/l og et gjennomsnittlig algevolum på 1,78 mg/l klassifiseres innsjøen som eutrof-polytrof i hht. Brettum og Andersen (2004). Prøvetakingen viste en meget stor algetopp i slutten av august, da blågrønnalger stod for ca 95 prosent av algemengden (**vedleggstabell 3**) (**figur 7**). Både algemengdene og algeartene tyder på en næringsrik innsjø, og beregning av avvik fra "naturlige forhold" (Brettum og Andersen 2004) tyder på at innsjøen avviker betydelig (considerabel) fra "naturlig tilstand" med  $D_1$  (maks) = 5,8 og  $D_2$  (snitt) = 1,4.

Algesamfunnet var i prøvetakingsperioden generelt dominert av grønnalger og flagellater og monader foruten i august da det var en svær oppblomstring av blågrønnalger. Av blågrønnalger dominerte slekten *Planktothrix* sp fullstendig, mens hos grønnalgene var det størst mengde av arten *Volvox aureus* og slekten *Staurastrum* sp (**figur 7**). I 2006 var det kiselalger som dominerte algesamfunnet, men i 2007 stod de for vel 1 % av algemengden i løpet av prøvetakingsperioden.



**Figur 7.** Algevolum og -slekter i Nesvatnet ved fire tidspunkt 2007 og prosentandel av de ulike slektene i løpet av prøvetakingsperioden (**vedleggstabell 2**). Prøvene er tatt som blandepøver fra de fire øverste meterne og sprangsjiktet, -ved innsjøens dypeste punkt.



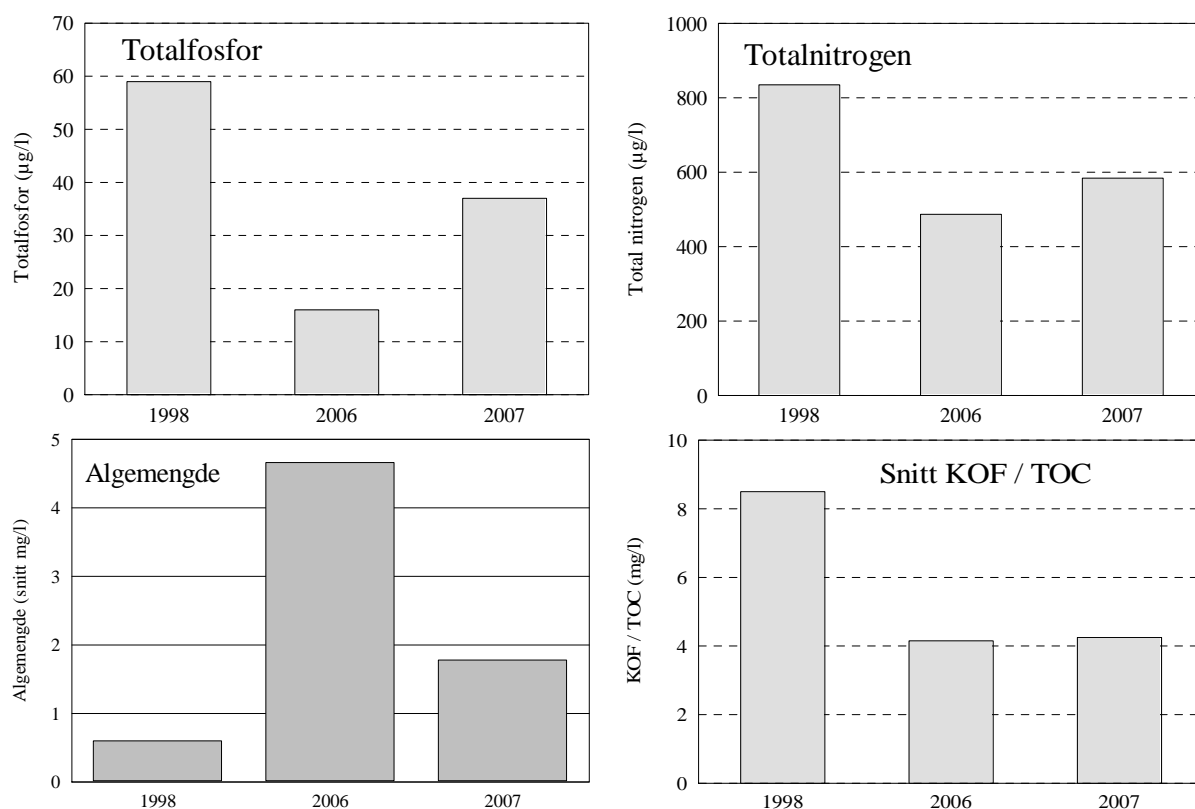
## Algetoksiner

Det ble ikke påvist algetoksiner i Nesvatnet i 2007. Innsjøen er tidligere undersøkt i 1991, 1994, 1996 og 2006 med hensyn på toksin i vannet. Ingen av årene ble toksinproduksjon påvist, samtlige år ble testen utført på mus (Rohlack pers. medd.). I følge Tøsdal (1998) ble det imidlertid påvist alggifter der i august 1996, og badende fikk kløe.

## Oppsummering og utvikling i Nesvatnet i Radøy

Nesvatnet er en næringsrik innsjø, med fosforinnhold tilsvarende SFT tilstandsklasse IV="dårlig". Algemengdene var høye og tilsvarer det en forventer i en svært næringsrik innsjø (Brettum og Andersen (2004). På en skala fra 0-5 (Brettum og Andersen 2004) avviker Nesvatnet betydelig fra "naturlstanden" med  $D_1$  (maks) = 5,8 og  $D_2$  (snitt) =1,4. Ingen alggifter ble påvist i 2007, selv om forekomst av blågrønnalger dominerte i innsjøen ved prøvetakingen i august. I 1991, -94 og -96 ble det heller ikke påvist algetoksiner i innsjøen (Rohlack, pers. medd.), men i 1998 ble alggifter påvist ved musetest og badende fikk kløe (Tøsdal 1998).

Både næringsinnhold og algmengder har variert betydelig i Nesvatnet mellom de ulike undersøkelser som foreligger fra denne innsjøen (**figur 8**), slik at det er sannsynlig at nedbørfeltet bidrar med store og kanskje også periodiske tilførsler av næringsstoff. En nærmere vurdering av forholdene i denne innsjøen bør gjennomføres med et noe tettere oppfølgingsprogram enn det som tidligere er utført, med kun 2 prøvetakinger i 1998 (Johnsen 1999) og 4 prøvetakinger i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og i 2007.



**Figur 8.** Gjennomsnittlig konsentrasjon av totalfosfor, totalnitrogen, algevolum og organisk stoff (TOC) i Nesvatnet i tidligere undersøkelser

## EUS VANNDIREKTIV

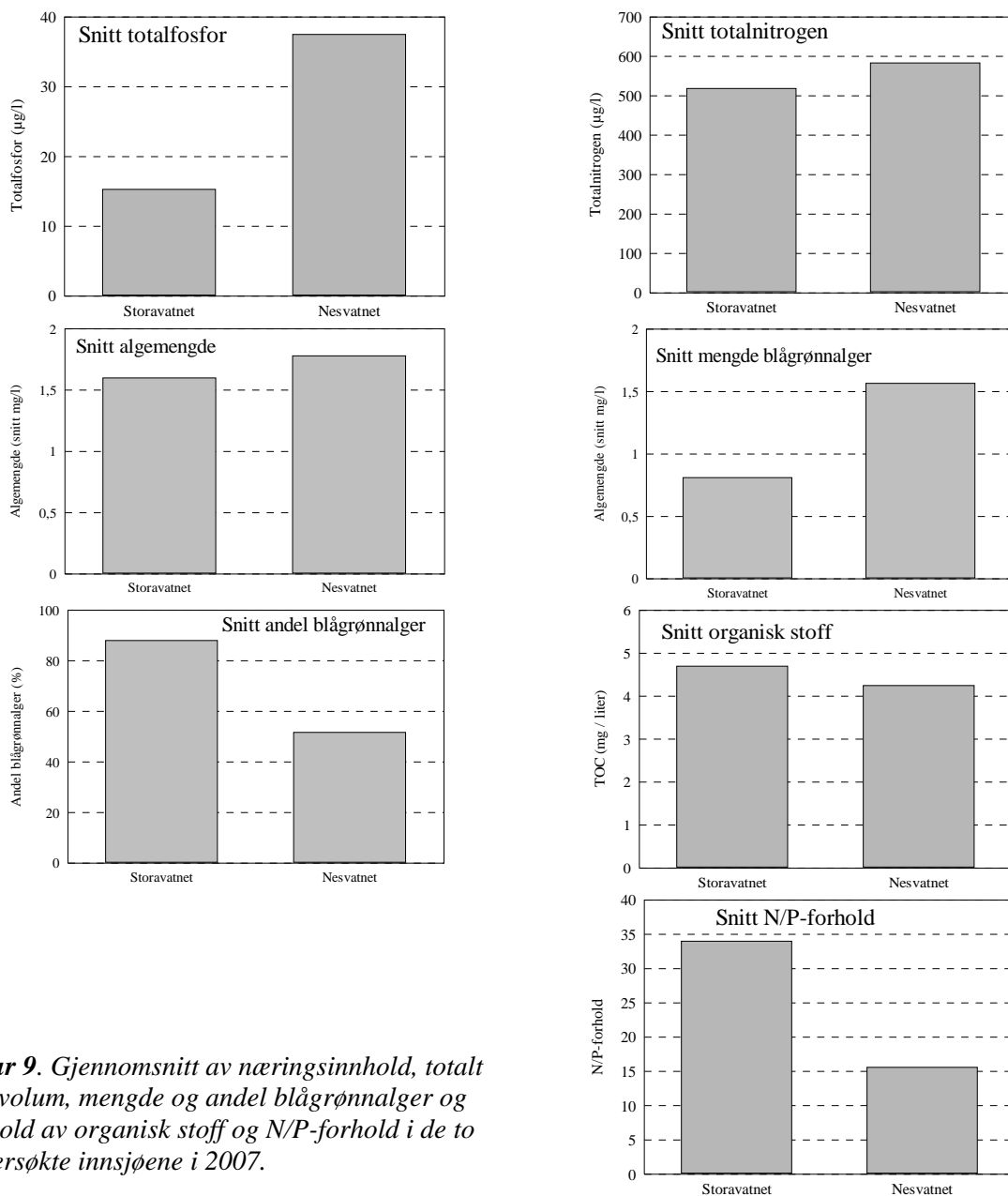
Ingen av de to innsjøene har i 2007 en tilstand som er i nærheten av å beskrives som ”naturtilstand”, og de vil derfor ikke kunne sies å tilfredsstillende EUs krav om minst ”god økologisk status”. Dagens tilstand tilsvarer sannsynligvis ”moderat til dårlig økologisk status” i begge innsjøene. Med periodevis høyt innslag av blågrønnalger og toksinproduksjon i Storavatnet og eutrofe forhold i Nesvatnet, må her utarbeides tiltaksplaner og iverksettes ytterligere tiltak for at disse to innsjøene eventuelt skal kunne nå målet innen år 2015.

For Storavatnet har effektiv kloakksanering og redusert landbruk allerede ført til en markert reduksjon i innhold av næringsstoff – særlig for nitrogen, men i dag handler det vel så mye om å begrense tilførsler av organisk stoff som skaper grobunn for oksygensvikt og påfølgende mulighet for indre gjødsling.

For Nesvatnet handler det også om begrenning i næringstilførsler, mens kun videre overvåking vil kunne avgjøre det virkelige nivået for næringsstatus i innsjøen. De få undersøkelsene som er utført indikerer store variasjoner i næringsinnhold og algemengder mellom de ulike årene.

## SAMMENLIGNING AV NES OG STORAVATNET

Toksinproduserende alger ble også i 2007 kun påvist i Storavatnet, med små mengder microcystin (< 1 mg/l) frem til oktober da det ble registrert høye mengder algetoksiner, 6,3. Foruten den høye verdien i oktober er dette lave konsentrasjoner som ligger under WHO sitt krav til drikkevann. Andre alggifter (anatoksin a og cylindrospermopsin) ble ikke påvist. Hva som eventuelt bidrar til dette er uklart, og det er ikke noe i resultatene fra de to innsjøene som entydig kan forklare dette. Storavatnet var faktisk mindre næringsrikt enn Nesvatnet og innholdet av fosfor i forhold til nitrogen var også høyere. Storavatnet hadde også noe lavere algemengder enn Nesvatnet, men Storavatnet hadde noe høyere innslag av blågrønnalger (**figur 9**).



**Figur 9.** Gjennomsnitt av næringsinnhold, totalt algevolum, mengde og andel blågrønnalger og innhold av organisk stoff og N/P-forhold i de to undersøkte innsjøene i 2007.

## VEDLEGGSTABELLER

**Vedleggstabell 1.** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Storavatnet på Bømlø ved fire tidspunkt i 2007. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-4 meters dyp og fra sprangsjiktet, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

	10. juli		21. august		27. september		24. oktober	
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>								
Asterionella formosa	61000	0,0488	48000	0,0384				
Melosira sp.					90000	0,0135		
Melosira sp. (kolonier)							184000	0,92
Ubestemte pennate diatomeer	31000	0,0047	31000	0,0047				
<b>CHLOROPHYCEAE</b>								
Ankistrodesmus falcatus	61000	0,061	428000	0,0428	31000	0,0015	92000	0,0092
Closterium sp.	31000	0,0047						
Cosmarium sp.	4000	0,0008	4000	0,004	61000	0,0122	10000	0,01
Crucigeniella sp.								
Dictyosphaerium sp.			398000	0,045	110000	0,0124	40000	0,0026
Elakotothrix sp.			4000	0,0004	8000	0,0008		
Nephrocytium sp.			122000	0,0122				
Palanktosphaeria sp.			31000	0,031				
Scenedesmus spp.	61000	0,0031	367000	0,0184				
Sphaerocystis sp.	206000	0,0195	8000	0,001	36000	0,0041	88000	0,0099
Staurastrum sp.	4000	0,016	12000	0,048			2000	0,008
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>								
Cryptomonas sp.			61000	0,0488	4000	0,0032	61000	0,0488
Rhodomonas sp.	979000	0,0783	1408000	0,1126	92000	0,0074	214000	0,0171
<b>CHRYSOPHYCEAE</b>								
Dinobryon borgei	31000	0,0031						
<b>DINOPHYCEAE</b>								
Ceratium hirundinella	2000	0,035	8000	0,14				
Peridinium sp.			61000	0,061				
Dinoflagellat sp.			61000	0,061				
<b>CYANOPHYCEAE</b>								
Anabaena circinalis (kolonier)			30000	0,1695			61000	0,61
Anabaena solitaria cf. planctonica					398000	0,045		
Anabaena solitaria cf. Planctonica (kolonier)							61000	0,122
Anabaena spiroides	3182000	0,3596			918000	0,1037		
Anabaena spiroides (kolonier)							153000	1,53
Anabaena spp.			92000	0,0104				
Coelosphaerium sp. (kolonier)			12000	0,06			4000	0,02
Gomphosphaeria sp. (kolonier)			12000	0,06	8000	0,04	18000	0,09
Mikrocystis sp. (kolonier)			2000	0,01	8000	0,0144		
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>								
Ubestemte flagellater < 5 µm	3650000	0,1205	5215000	0,073	2574000	0,036	3180000	0,1049
Ubestemte flagellater > 5 µm	1316000	0,1487	3259000	0,3683	1040000	0,1175	306000	0,0346
<b>SAMLET</b>								
Totalt	9619000	0,9038	1167400	1,4205	5378000	0,4117	4474000	3,5371

**Vedleggstabell 2.** Antall (celler/liter) og volum (mg/l) av planteplankton i Nesvatnet på Radøy ved fire tidspunkt i 2007. Prøvene er tatt som blandeprøver fra 0-4 meters dyp og fra sprangsjiktet, og er analysert av cand. real. Nils Bernt Andersen.

	10.juli		21. august		27. september		24. oktober
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>							
Asterionella formosa			92000	0,0736			
Ubestemte pennate diatomeer	31000	0,0047					
<b>CHLOROPHYCEAE</b>							
Ankistrodesmus sp.	122000	0,0122					
Dictyosphaerium sp. (kolonier)	8000	0,0271					
Planktosphaeria sp.	31000	0,0078			22000	0,0055	
Sphaerocystis sp.			520000	0,0588			
Staurastrum sp.	4000	0,016	30000	0,12		2000	0,008
Volvox aureus	14000	0,0073					
Volvox aureus (kolonier)					2000	0,2	
Chlorophyceae sp. (kolonier)							2000 0,002
Chlorophyceae sp.	2000	0,0003					
<b>CRYPTOPHYCEAE</b>							
Cryptomonas sp.			15000	0,012			
Rhodomonas sp.	490000	0,0392	92000	0,0074	122000	0,0098	122000 0,0098
<b>CYANOPHYCEAE</b>							
Anabaena circinalis (kolonier)			654000	0,0379			
Anabaena sp.	61000	0,0069					
Gomphosphaeria sp. (kolonier)						2000	0,01
Planktothrix sp. (kjeder)			887000	6,209			
<b>FLAGELLATER OG MONADER</b>							
Ubestemte flagellater < 5 µm	1010000	0,0141	2028000	0,0284	734000	0,0103	3180000 0,0445
Ubestemte flagellater > 5 µm	306000	0,0346	337000	0,0381	184000	0,0208	428000 0,0484
<b>SAMLET</b>							
Totalt	2079000	0,1702	4655000	6,5852	1064000	0,2464	3736000 0,1227

## 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.

BJØRKLUND, A.E. & G.H. JOHNSEN 2006.

Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2006. Rådgivende Biologer AS, rapportnr. 961, 33 sider, ISBN 978-82-7658-513-1.

BRETTUM, P. 1989.

Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr. 2344, 111 sider, ISBN 82-577-1627-8.

BRETTUM, P & ANDERSEN, T. 2004

The use of phytoplankton as indicators of water Quality. NIVA rapport, SNO 4818-2004. 33 +164 sider

FAAFENG, B., P.BRETTUM & D.O.HESSEN 1990.

Landsomfattende undersøkelse av trofitalstanden i 355 innsjøer i Norge. NIVA-rapport 2355, 57 sider, ISBN 82-577-1638-3

HOBÆK, A. 2005

Tilstand i Storavatnet i Bømlo i 2005  
NIVA rapport løpenr. 5119-2005. 6 sider

HOLTAN, H. & S.O. ÅSTEBØL 1990.

Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-JORDFORSK rapp nr 2510, 53 sider. ISBN 82-577-1818-1.

JOHNSEN, G.H., S.ANDERSEN & P.J.JAKOBSEN 1985.

Indre gjødsling i ferskvann, et problem for mæroppdrett av smolt i innsjøer. Norsk Fiskeoppdrett nr 4-1985, side 26

JOHNSEN, T. M. 2005

Befaring i vann med blågrønnalgeoppblomstringer og ved gammel bossfylling på Rossnes, Radøy kommune. NIVA notat O-24199 og O-24202, 7 sider.

ROGNERUD, S., BERGE, D. & JOHANNESSEN, M. 1979.

Telemarkvassdraget, hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975 - 1979. NIVA rapport nr. O-70112, 82 sider.

SFT 1997.

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

SOMMER, U., Z.M.GLIWICZ, W.LAMPERT & A.DUNCAN 1986.

The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh water. Archiv für Hydrobiologie nr. 106; sidene 433-471.

TØSDAL, O. 1998

Toksinproduserande cyanobakteriar i Nordhordland. Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen. 13 sider.

UTKILEN, H., SKULBERG, O.M., SKULBERG, R., GJØLME, N., UNDERDAL, B. (2001).

Toxic cyanobacterial blooms of inlandwaters in southern Norway 1978-1998.

I Cyanotoxins (Ed. I. Chorus). 46-49. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

VOLLENWEIDER, R.A. 1976.

Advances in defining critical loading levels phosphorus in lake eutrofication.

Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, sidene 53-83.

**Muntlige kilder:**

TOMAS ROHRLACK,

Forsker, NIVA. Gaustadalleen 21, 0349 Oslo

tlf. 98227783

HOBÆK, ANDERS

Forsker, NIVA Vestlandsavdelingen, Nordnesboder 5, 5005 Bergen

tlf. 90618862