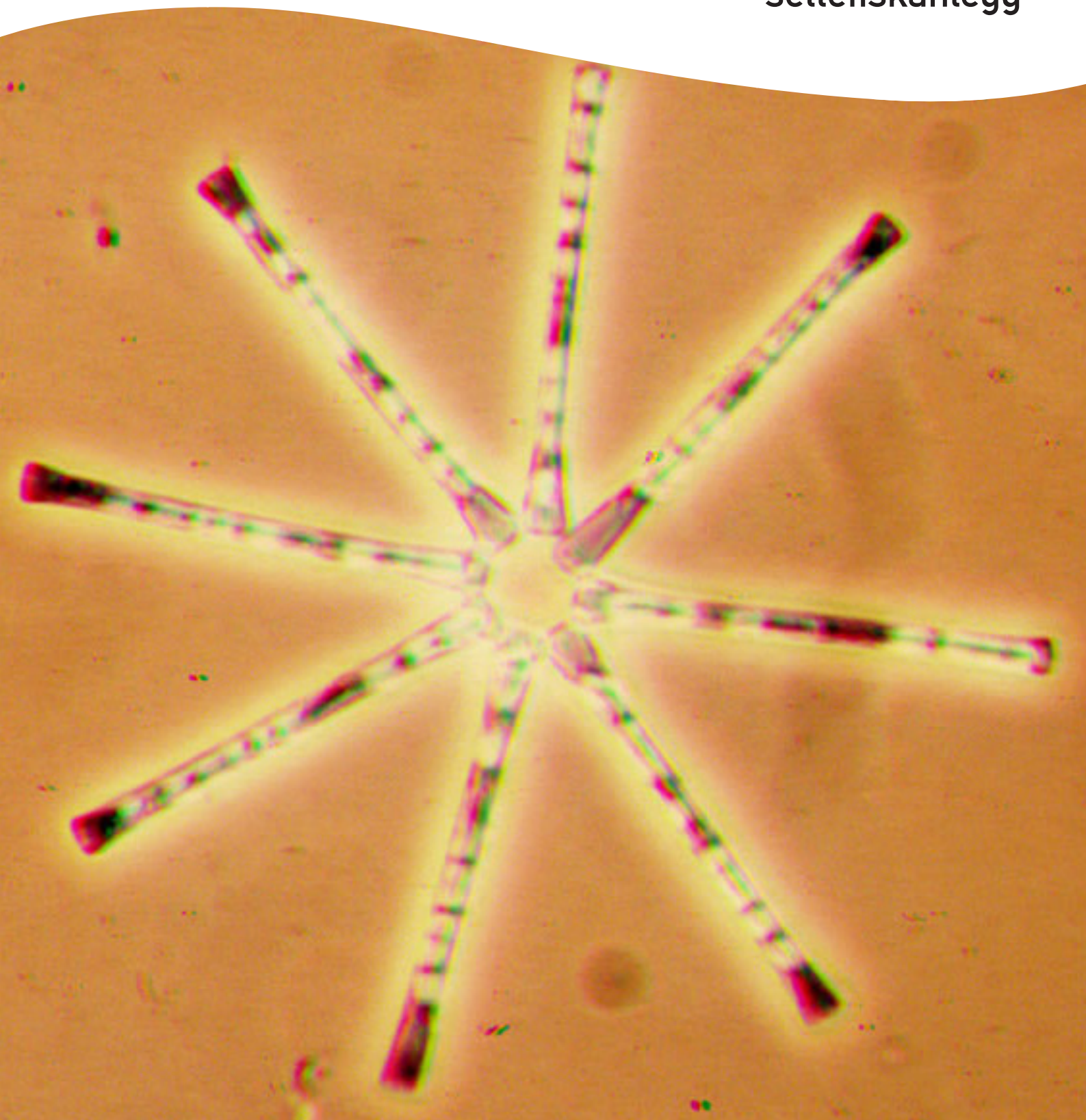


# Kiselalgeblomstringer i inntaksvann til settefiskanlegg





**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 51 00

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 51 00

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 51 00

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 51 00 7

Tittel  <b>Kiselalgeblomstringer i inntaksvann til settefiskanlegg.</b>	Løpenr. (for bestilling) 5665-2008	Dato 08.08.08
	Prosjektnr. Undernr. 27061	Sider Pris
Forfatter(e) Trine Dale, Christine Daae Olseng, Anders Hobæk, Åse Åtland, Torbjørn Johnsen og Evy Lømsland.	Fagområde Fisk og akvakultur	Distribusjon
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hordaland Fylkeskommune, Fiskeri og Havbruksnæringens forskningsfond, FHF fondet	Oppdragsreferanse
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>I Skogseidvassdraget i Hordaland har det blitt observert dødelighet i settefiskanlegg sammenfallende med høye konsentrasjoner av kiselalger, spesielt artene <i>Asterionella formosa</i> og <i>Tabellaria fenestrata</i>. Vi har, ved hjelp av korttids eksponeringforsøk i laboratorieskala, undersøkt hvilken toleranse lakseyngel har for ulike konsentrasjoner av <i>A. formosa</i>. Det ble ikke observert dødelighet i forsøket selv om de konsentrasjonene som yngelen ble eksponert for oversteg de konsentrasjoner som fisken i anleggene hadde vært eksponert for. Mulige årsaker til dette diskuteres. En betydelig andel av norske settefiskanlegg har en råvannskilde hvor <i>A. formosa</i> og <i>T. fenestrata</i> kan tenkes å forekomme i høye konsentrasjoner. Vi har gjort en grov kartlegging av mulig omfang av problemet. Kun 10 % av de spurte veterinær/fiskehelseforetakene hadde kjennskap til tilfeller av fiskedød i settefiskanlegg hvor oppblomstring av kiselalger var bekreftet årsak. Også kun et fåtall tvilstilfeller ble rapportert. Observasjoner av dødelighet, tvilstilfeller samt observasjoner av <i>A. formosa</i> og <i>T. fenestrata</i> i vannprøver og gjelleprøver var alle gjort i Hordaland og Rogaland. Analyser av vannprøver fra utvalgte anlegg bekreftet langt på vei disse observasjonene. Undersøkelsen har liten dekning i tid og rom og vi skal være forsiktig med å trekke sterke konklusjoner. Vi mener likevel at den indikerer at dette ikke er noe hyppig forekommende problem, og at Hordaland og Rogaland ser ut til å ha flest råvannskilder med observasjoner av disse artene.</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Asterionella formosa</i></li> <li>2. Laks (<i>Salmo salar</i>)</li> <li>3. Toleranseforsøk</li> <li>4. Klima</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Asterionella formosa</i></li> <li>2. Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>)</li> <li>3. Tolerance experiment</li> <li>4. Climate</li> </ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Prosjektleder

Forskningsleder

Fag- og markedsdirektør



**Kiselalgeblomstringer i inntaksvann til  
settefiskanlegg.**





## **Forord**

Dette prosjektet er finansiert av Hordaland Fylkeskommune, Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF fondet) og Norsk Institutt for Vannforskning, NIVA. Vi vil gjerne takke Sævareid Fiskeanlegg AS og Drageid Laks AS for hjelp til prøvetakning, og for å ha gjort temperaturdata tilgjengelig for prosjektet. Vi ønsker å takke personalet på Solbergstand forsøkstasjon for god hjelp i den praktiske gjennomføringen av toleranseforsøket.

Bergen, 08.08.08

Trine Dale

---





<b>1. Innledning og bakgrunn</b>	<b>6</b>
<b>2. Materiale og metode</b>	<b>8</b>
2.1. Toleranseforsøk	8
2.1.1 Forsøksfisk	8
2.1.2 Algekulturer	8
2.1.3 Forsøksoppsett	9
2.1.4 Prøvetakning	10
2.1.5 Opparbeiding av materiale fra eksperimentet	11
2.2 Operasjonelle målemetoder	12
2.3 Kartlegging av omfang	13
2.4 Sammenstilling av gamle temperaturdata fra Skogseidvassdraget- klimalink	13
<b>3. Resultater</b>	<b>14</b>
3.1 Toleranseforsøk	14
3.1.1 Algekulturer	14
3.1.2 Effekter på fisken	14
3.2 Operasjonelle målemetoder	16
3.3 Kartlegging av omfang	18
3.3.1 Spørreundersøkelse	18
3.3.2 Analyser av vannprøver fra utvalgte anlegg	19
3.4 Sammenstilling av temperaturdata fra Skogseid vassdraget- klimalink	20
<b>4. Diskusjon</b>	<b>23</b>
4.1 Toleranseforsøk	23
4.2 Operasjonelle målemetoder	24
4.3 Kartlegging av omfang	24
4.4 Sammenstilling av gamle temperaturdata fra Skogseid vassdraget- klimalink	25
<b>5. Litteratur referanser</b>	<b>26</b>

---



## Sammendrag

I Skogseidvassdraget i Hordaland har det ved flere anledninger blitt observert dødelighet i settefiskanlegg sammenfallende med høye konsentrasjoner av kiselalger, spesielt artene *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata*. Dette prosjektet hadde som målsetning å undersøke hvilken toleranse lakseyngel har for ulike konsentrasjoner av *Asterionella formosa*. Dette ble adressert gjennom et korttids eksponeringsforsøk i laboratorieskala. Det ble ikke observert dødelighet i forsøket selv om de konsentrasjonene som yngelen ble eksponert for oversteg de konsentrasjoner som fisken i anleggene hadde vært eksponert for. Mulige årsaker til dette diskuteres.

Det ble videre testet hvorvidt en fluorescensmåler ville være egnet for tidlig varsling. Algetellinger fra vassdraget i perioden 2002-2007 indikerer at *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* er de dominerende artene under våroppblomstringen, og at de utgjør brorparten av chl *a* i mai-juni. Chl *a* målinger gjort med en fluorescensmåler i inntaksvannet viste videre et godt samsvar med celletall av *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata*. Vi mener derfor en fluorescensmåler supplert med analyse av et fåtall vannprøver for alger kan fungere som et system for tidlig varsling på våren. For å vurdere når ”faren er over” og eventuelle tiltak kan avsluttes vil man være nødt til å foreta noen algeanalyser, da det ikke er godt samsvar mellom chl *a* mengde og forekomst av *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* senere på sommeren.

Basert på en gjennomgang av næringssaltkonsentrasjonene fra VK databasen, er det en betydelig andel av norske settefiskanlegg som har råvannskilde hvor *A. formosa* og *T. fenestrata* kunne tenkes å forekomme i høye konsentrasjoner. I dette prosjektet har vi gjort en grov undersøkelse for å kartlegge mulig omfang av problemet. Av 10 norske veterinær/fiskehelseforetak som ble spurt hadde kun et fåtall (10 % □) kjennskap til tilfeller hvor dødelighet hos fisk i settefiskanlegg positivt var knyttet til oppblomstring av kiselalger. Også kun et fåtall tvilstilfeller ble rapportert. Et fåtall av foretakene hadde observert *A. formosa* i vannprøver eller på gjeller. Både observasjoner av dødelighet, tvilstilfeller, observasjoner i vannprøver og gjelleprøver var alle gjort i Hordaland og Rogaland. Analyser av vannprøver fra anlegg bekreftet langt på vei disse observasjonene. Undersøkelsen vår har liten dekning i tid og rom og vi skal være forsiktig med å trekke sterke konklusjoner. Vi mener likevel at den indikerer at dette ikke er noe hyppig forekommende problem, og at Hordaland og Rogaland ser ut til å ha flest råvannskilder med observasjoner av disse artene.

Temperatur spiller en rolle både for vekstrater og for tidspunkt for oppblomstring. Fra Skogseidvassdraget finnes et relativt lang tidsserie (1982-2007) på temperatur, og vi har analysert dette materialet for endringer som kan være relevante i forhold til kiselalgeoppblomstringer. Det forelå dessverre ikke data for algeforekomster i vassdraget som kan brukes i denne sammenheng. Tidsserien på temperatur fra Sævareid Fiskeanlegg AS viser imidlertid en signifikant økning over den undersøkte perioden når man betrakter årsmiddel. Delt opp etter årstider ser det ut til at denne økningen primært skyldes en økning i temperatur i høstmånedene. For årstiden desember – juli fant vi ingen tegn til temperaturøkning. Dette er et interessant resultat i forhold til diskusjonen rundt oppblomstring av kiselalger. Dersom de observerte temperaturendringene skulle hatt noen effekter på algeforekomster ville vi vente og se effekter på sensommer/høst snarere enn om våren. Det er likevel grunn til å nevne at alle måneder viste en positiv trend, men statistisk kan de ikke skilles fra en nøytral trend. Ingen måneder viste negativ trend over perioden 1982-2007.

---

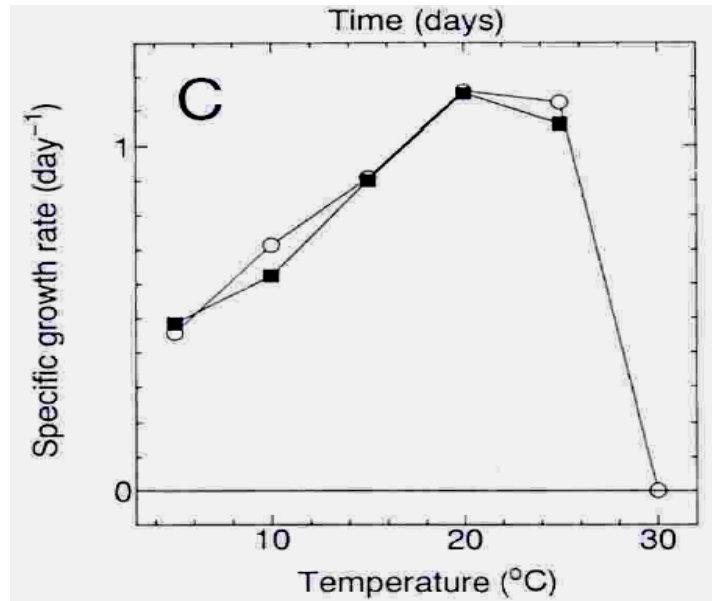
## 1. Innledning og bakgrunn

I siste halvdel av mai 2006 ble det observert dødelighet på to settefiskanlegg i Skogseidvassdraget i Fusa i Hordaland. Problemene dukket først opp hos Drageid Laks AS som ligger i Skogseidvannet like ved innløpet til Henangervatnet. NIVA var på befaring på anlegget den 30. mai 2006. Det ble tatt vannprøver, prøver av fisken og også prøver for algeanalyse. Anlegget hadde også et lager av vannprøver en uke bakover i tid. Analyser av vannprøvene viste gjennomgående optimale forhold for laks med god pH og lave metallkonsentrasjoner. Dette ble også stadfestet gjennom gjelleprøver av fisk for kvantitative analyser av gjellemetaller. Algeprøvene viste imidlertid svært høye konsentrasjoner av kiselalgen *Asterionella formosa* – hele 6,2 millioner celler pr. liter. Ved befaringen anbefalte NIVA å senke vanninntaket til 15 meter, og etter dette stabiliserte situasjonen på anlegget seg. To uker senere, fikk NIVA en henvendelse fra et annet anlegg med vanninntak nedstrøms i det samme vassdraget – Sævareid Fiskeanlegg AS. Også her var det tatt vannprøver som viste gode forhold for fisk. Algeprøvene derimot viste svært høye algekonsentrasjoner, og enda høyere verdier i en serie prøver som var lagret i perioden forut for kontakten med NIVA.

Respirasjonsproblemer på grunn av skader på gjelleepitélet eller klogging er en nærliggende forklaring – noe som har vært dokumentert for marine kiselalger (Albright *et al.* 1993, Kent *et al.* 1995). Andre årsaker til dødelighet og stress kan være oksygensvikt i karene om natten pga en stor algebiomasse som respirerer og forbruker oksygen mens det om dagen kan bli tilsvarende oksygenovermetning. I den tilgjengelige litteraturen finnes ikke noen beskrevne sammenhenger mellom konsentrasjoner av kiselalgene *Asterionella formosa* eller *Tabellaria fenestrata* og fiskens respons – verken med tanke på dødelighet, eller hvilke mekanismer som påvirkes fysiologisk.

Et av anleggene har også tidligere opplevd problemer med gjellebetennelse og dødelighet når startforing av yngel sammenfaller i tid med kiselalgeblomstringer. I 1993 var det omfattende dødelighet, og ved denne episoden var det kiselalgen *Tabellaria fenestrata* som dominerte, men også høye konsentrasjoner av *Asterionella* ble registrert ved denne episoden.

Etter pålegg fra Fylkesmannen har det i en årrekke foregått overvåking av alge- og eutrofieringssituasjonen i Skogseidvassdraget, og data fra denne overvåkingen viser at situasjonen i 2006 skilte seg ut fra situasjonen de foregående årene med høyere algekonsentrasjoner (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006). Tilbake i 2003 var det imidlertid en lignende oppblomstring av *Asterionella* (Figur 3). Det er ikke sikkert hva som fører til at en får slike kraftige blomstringer enkelte år, men næringssalttilgang og klimaforhold er de mest nærliggende forklaringsmodellene. Ut fra overvåkingsseriene på næringssalter i perioden 2002 til 2006 (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006; Johnsen og Bjørklund, 2007) ser det ikke ut til å være noen særlige endringer i næringssaltbelastningen i vassdraget. Ut fra litteraturen ser en tydelig økning i veksthastighet hos *Asterionella formosa* ved økende temperaturer med en topp ved 20 °C (Fig 1, Hayakawa *et al.* 1994). Dette betyr at klimaendringer med økende vanntemperaturer vil kunne ha stor betydning for kiselalgesamfunnet. Det er derfor svært interessant å gå tilbake i temperaturregistreringer fra anleggene for å undersøke om det er noen trend med hensyn på temperatur, og sammenholde dette med algedata der disse er tilgjengelige.



**Figur 1.** Spesifikk vekstrate hos *Asterionella formosa* som en funksjon av temperatur i temperaturintervallet 4 til 30 °C. Åpne sirkler (O) representerer vekstrate basert på celletall, mens fylte kvadrater (■) representerer vekstrate basert på klorofyll a. Figuren er gjengitt fra Hayakawa m.fl. 1994.

Basert på data fra VK-undersøkelsene (Program som har samlet vannkvalitets data fra norske settefiskanlegg i perioden 1999-2006) har over 70 % av norske settefiskanlegg en innsjø som råvannskilde. Skogsseidvassdraget i Fusa kommune i Hardanger er et sted hvor slik oppdrett drives i relativt stor målestokk. I dette vassdraget har det vært drevet oppdrett siden 1960-tallet, og inkludert de to anleggene som hadde problemer med kiselalger i 2006 er det pr. i dag er det sju anlegg som fortsatt har aktivitet. I 2005 var den samlede produksjonen på 354 tonn. Episoder som den man hadde i 2006 har medført til dels betydelige økonomiske tap for næringen i vassdraget. Fra VK-undersøkelsene ser vi videre at omkring 30 % av de anleggene som har innsjø som råvannskilde, har omtrent samme nivå av total nitrogen i råvannet som det en finner i Skogsseidvassdraget (250-300 µg/L N). Dette betyr at det samlet sett er et stort antall norske smoltanlegg som potensielt kan oppleve tilsvarende problemer som det som er dokumentert her.

Målsetningen med dette prosjektet var å:

- I. Undersøke toleranse og fysiologiske/histologiske effekter av kiselalgeblomstringer hos tidlige livsstadier av laks, samt å utvikle målemetoder for tidlig varsling av oppblomstringer.
- II. Undersøke omfanget av et eventuelt kiselalgeproblem i norske settefiskanlegg.
- III. Undersøke tidsserier for temperatur i Skogsseidvassdraget og sammenholde disse med algedata der dette finnes i forhold til en mulig link mellom temperatur og oppblomstring av skadelige kiselalger

## 2. Materiale og metode

### 2.1. Toleranseforsøk

#### 2.1.1 Forsøksfisk

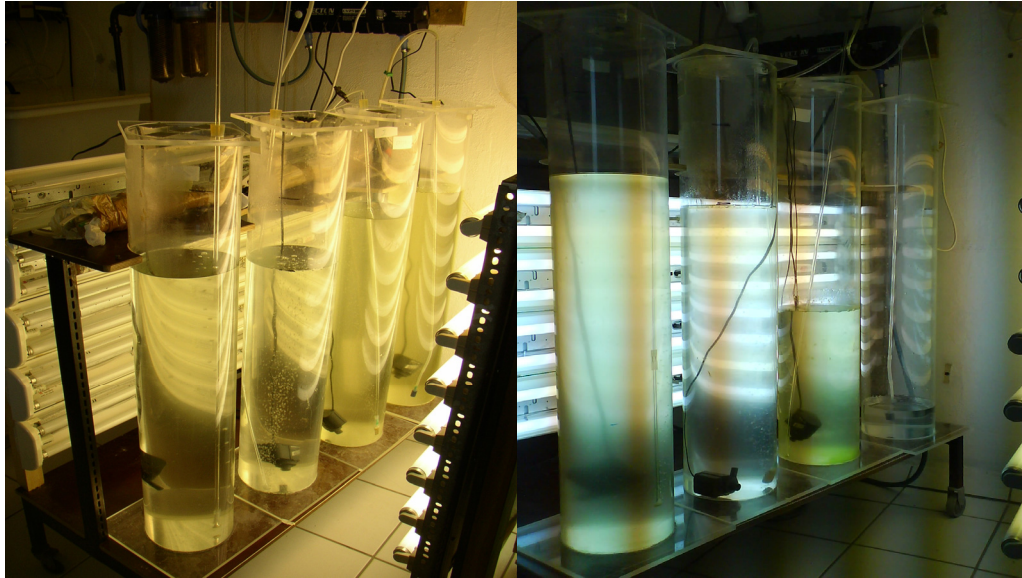
For å bestemme kritisk algekonsentrasjon ble det gjennomført et korttidsforsøk med lakseyngel < 10 g. Lakseyngelen ble hentet hos Agder Smolt AS i Flekkefjord. Fisken ble transportert med bil fra Flekkefjord til Solbergstrand Forsøkstasjon ved Drøbak. Til transporten ble det brukt tanker som er laget for transport av fisk. Tankene hadde oksygentilførsel, og oksygeninnholdet i vannet ble målt regelmessig under transporten. I perioden før forsøket startet ble fisken oppbevart i tanker med gjennomstrømning.

#### 2.1.2 Algekulturer

*Asterionella formosa* fra NIVA's kultursamling ble benyttet. Algene ble dyrket i 25 liters sylindere (Fig 2). Det ble brukt destillert vann tilsatt næring tilpasset diatomeer (medium 20 % Z8 + SI). Lyskilden til dyrkingen var en vegg med lysstoffrør. En pumpe ble, sammen med luftbobling, brukt for å oppnå en homogen algefördeling i sylindrene. Innledningsvis viste det seg at når kulturen ble tett (~100.000 c/ml) steg pH fra ca. 7,2 (i utgangsvann) til ca 9. Vi valgte derfor å sette 100.000 c/ml som en grense for når vi fortynnet kulturen. pH ble målt jevnlig, og CO<sub>2</sub> tilført gjennom luftingsanlegget i tilfeller hvor pH ble høy.

Vi hadde en kontaminant i systemet som vi ikke greide å bli kvitt. Dette viste seg å være en liten flagellat. Vi vet ikke sikkert på hvor flagellaten kom fra. Vi gjorde imidlertid en systematisk gjennomgang av rutinene på kulturrommet og er rimelig sikker på at den ikke kom grunnet dårlig vask av utstyr. En forklaring er at algen ble overført fra labben hvor vi tappet destillert vann. Her var det tidvis varmt og fuktig. Denne antagelsen styrkes ved at problemet tiltok utover i perioden sammenfallende med en periode med svært varmt vær og dertil høy temp i denne labben. Alternativt kan algen komme fra luften. Kontaminanter i kulturene er en kjent problemstilling på Solbergstrand (August Tobiessen, pers kom). Summert opp greide vi ikke å holde rene kulturer av *Asterionella formosa* og fisken ble derfor tilført "ekstra" alger utover den arten vi ønsket å studere.

Dersom kontaminanten fikk "overtaket" i kulturen forhindret den vekst av *Asterionella formosa*. Fem dager ut i forsøket skjedde nettopp dette og kulturen av *Asterionella formosa* måtte termineres (Fig 5). Forsøket ble derfor satt på vent, mens vi prøvde å bygge opp kulturen igjen fra grunnen av. Vi hadde tiltagende problemer med kontaminanten utover i perioden (trolig grunnet økende temperatur på labben, se over), men greide å bygge opp tilstrekkelig mengde kultur til å starte forsøket igjen. Syv dager ute i runde to opplevde vi imidlertid det samme igjen og vi bestemte oss for at vi ikke kunne forsvare et nytt forsøk; det var ressurskrevende å bygge opp algekulturen på nytt og kulturen var såpass ustabil at vi ikke hadde garantier for å lykkes om vi prøvde igjen. Forsøket fikk da redusert varighet fra 10 dager som planlagt til 6 dager.



**Figur 2.** Figuren viser oppsettet for dyrking av *Asterionella formosa* på Solbergstrand.

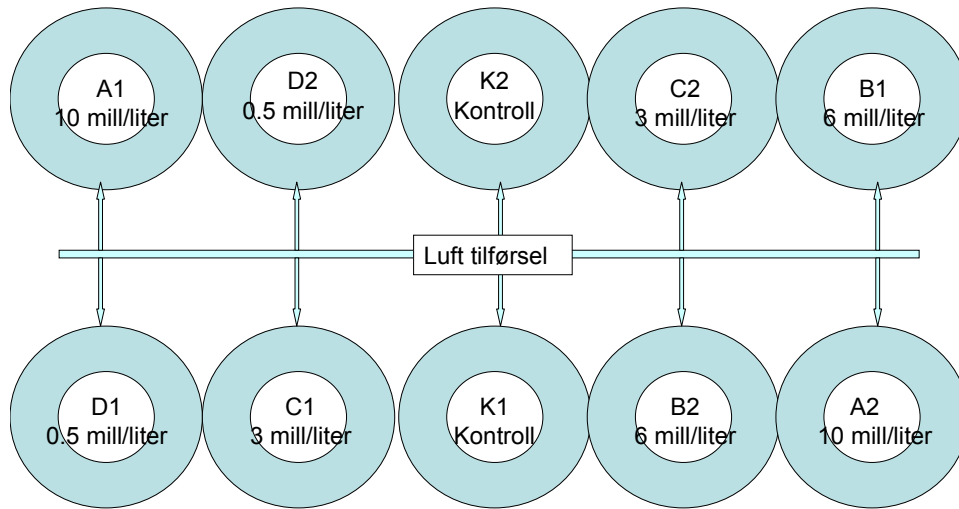
### 2.1.3 Forsøksoppsett

I forsøket ble lakseyngelen eksponert for fem ulike algekonsentrasjoner (i duplikat)(tabell 1). Det ble brukt 50 liters ”murerstamper” i forsøket. Disse har vært brukt ved tidligere anledninger og vi antar det ikke avgis forbindelser fra plasten til vannet (Fig 3). Hver tank hadde lufting gjennom en slange tilkoblet en luftestein av den typen som brukes til akvarier. Vi tilstrebet at hver tank hadde lik tilstrømming av luft ved at slangene som gikk til hver tank hadde lik lengde og at samme type luftestein ble benyttet. Lufttilførsel til tankene ble imidlertid ikke målt og små forskjeller kan ikke utelukkes (uten at vi tror det har noe stor betydning i dette forsøket).

**Tabell 1.** Tabellen viser de ulike behandlingene i forsøket.

<b>K</b>	Kontroll - naturlig driftsvann på stasjonen
<b>D</b>	<i>Asterionella</i> 0,5 mill celler/L
<b>C</b>	<i>Asterionella</i> 3 mill celler/L
<b>B</b>	<i>Asterionella</i> 6 mill celler/L
<b>A</b>	<i>Asterionella</i> 10 mill celler/L

Ved oppstart av forsøket ble det fylt 40 liter vann i hver forsøktank. Vannet som ble brukt var naturlig driftsvann på stasjonen (grunnvann med pH rundt 7.5). Fisken ble overført fra oppbevaringstank til forsøktankene, hvor fisken ble fordelt tilfeldig mellom tankene. Det ble deretter trukket lodd om hvilken behandling (algekonsentrasjon)(tabell 1) som skulle tilføres hvilken tank (Fig 3), og tankene ble merket. Fisken gikk i tankene i ett døgn før tilførsel av alger.



**Figur 3.** Skjematisk oversiktsbilde som viser hvordan de ulike forsøktankene var plassert.

Det ble valgt å kjøre med et semi-statisk system, i dette tilfellet ved at halvparten av vannet ble byttet ut daglig. Vannstanden ble tappet ned til 20 liter vha av en hevert, algekultur ble tilsatt i tilmålt mengde (beregnet ved å telle cellekonsentrasjon i kulturen) og vann ble etterfylt opp til 40 liter. Det var lite lys i det rommet hvor forsøket pågikk, og vi antok i utgangspunktet at vi ikke ville få vesentlig vekst hos algene i perioden fra en tilførsel til den neste. For å ha kontroll over algebiomassen i tankene valgte vi likevel å måle fluorescens (fluorescens måler av typen TriOS MicroFlu ), og ta vannprøver for kontrolltelling av algekonsentrasjon.

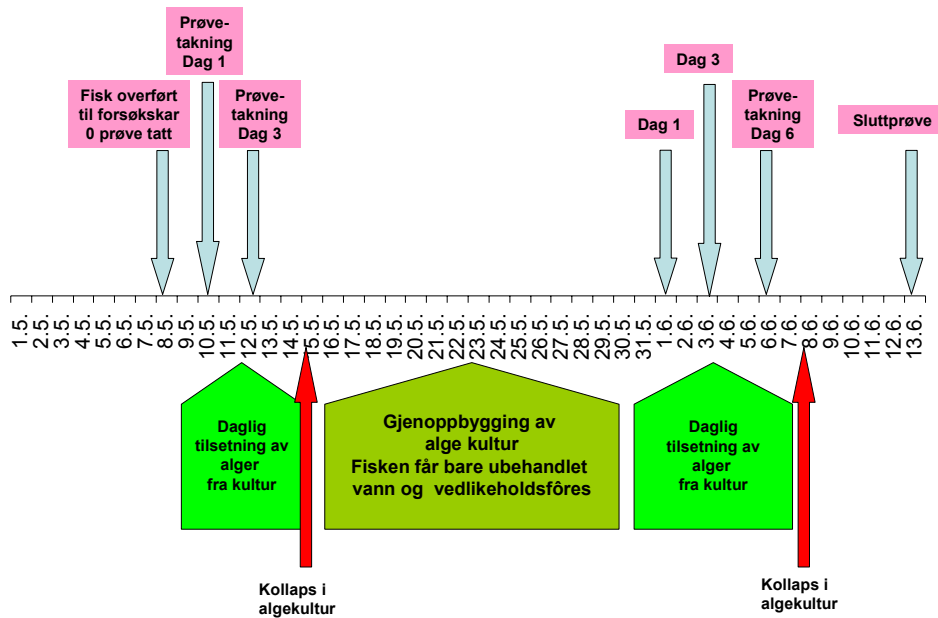
#### 2.1.4 Prøvetakning

Det var prøvetakning ved oppstart (0-prøve), ved dag 1, 3 og 6 og forsøkslutt (Fig 5). Prøvetakningen bestod av blod og gjelleprøver. 0 prøven bestod av 16 individer. Det var viktig å få prøver fra en relativt stor gruppe ved oppstart, fordi antallet individer det skulle tas prøver fra de påfølgende dager var lite (8 ind fra hver gruppe). Fisken var mindre enn antatt (4-8g), og for mange individer viste det seg vanskelig å få ut et blodvolum som var tilstrekkelig stort til å analysere. Etter prøvetakningen på dag 1, ble det klart at vi ikke ville få et materiale som ville ha noen utsagnskraft og det ble besluttet å ikke ta blodprøver på dag 3, 6 og ved forsøkslutt. Selv om fisken var liten var det uproblematisk å ta ut gjelleprøver. Andre gjellebue på fiskens venstre side ble dissekert ut og fiksert med 10 % fosfat bufret formalin (Fig 4).





**Figur 4.** Figuren viser hvordan gjelleprøvene blir tatt. Blå pil viser andre gjellebue.



**Figur 5.** Skjematisk fremstilling som viser gjennomføringen av forsøket.

### 2.1.5 Opparbeiding av materiale fra eksperimentet

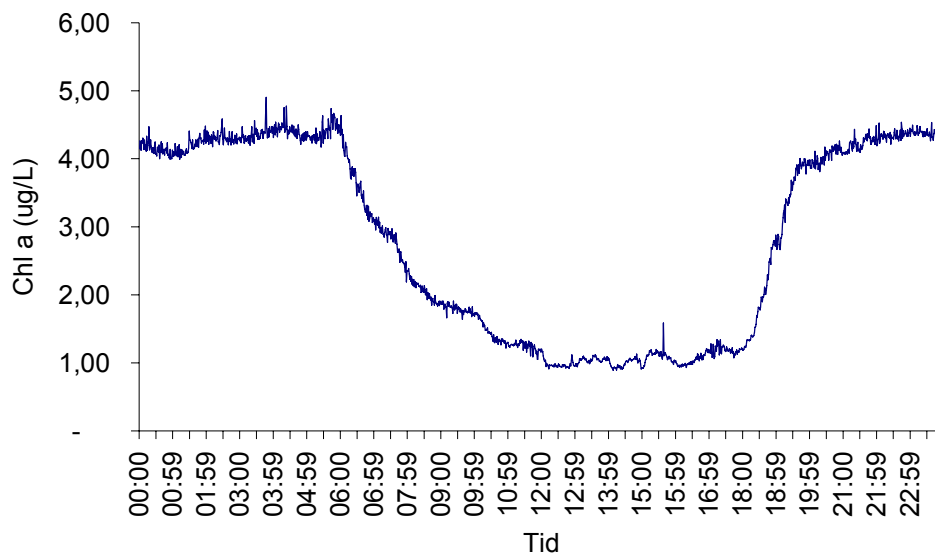
Gjellene ble undersøkt for overfladiske skader i lysmikroskop. Mikroskopet som ble brukt var av typen Leica DM 6000 med tilkoblet kamera. Det samme mikroskopet ble brukt i forsøket på å kvantifisere algemengder på gjellene. Vannprøvene fra forsøkskarene stod til sedimentering i 24 timer. Den påfølgende dagen ble prøvene analysert i et omvendt mikroskop av typen Leica DMIRB. Gjellevev ble sendt til Veterinærinstituttet for histopatologiske undersøkelser.

## 2.2 Operasjonelle målemetoder

Det ble valgt å undersøke hvorvidt en fluorescens måler av typen TriOS Microflu (samme type som ble brukt til å overvåke algemengde i toleranseforsøket) ville være egnet til å overvåke algekonsentrasjonen i et av vassdragene som har problemer med *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* oppblomstring.

TriOs Microflu måler fluorescens fra klorofyll *a* (Chl *a*). Prinsippet bak Chl *a* fluorescens er ganske enkelt. Lysenergien som absorberes av algens Chl *a* kan få tre ulike skjebner: den kan brukes til å drive fotosyntesen, den kan avgis som varme eller den kan gjenutsendes som Chl *a* fluorescens. Denne gjenutsendte lysenergien kan måles, og omregnes til Chl *a*. En fluorescensmåler gir dermed et (mer eller mindre korrekt) mål på mengde Chl *a*, og kan naturlig nok ikke skille oppblomstring av *A. formosa* og *T. fenestrata* fra oppblomstring av andre arter. Tidligere undersøkelser indikerer at *A. formosa* og *T. fenestrata* utgjør en stor andel av planteplanktonet den aktuelle perioden på året (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006). Fluorescens måleren ble plassert i vanninntaket hos Sævareid Fiskeanlegg (ved utløpet av Skogseidvassdaget). Måleren stod og logget i 3 uker, fra 4. juni til 24. juni. I samme periode ble det tatt prøver for algeanalyse.

Som nevnt over kan lysenergien som absorberes av Chl *a* få tre ”skjebner”. Disse representerer komplementære prosesser, og gjenutsendelse som fluorescens er på sitt høyeste når de to andre er på sitt laveste. De to andre prosessene er på sitt laveste når lysintensiteten er lavest (Fig 6). Den tette sammenhengen mellom *in-situ* målinger av fluorescens og chl *a* mengde finner vi dermed om natten. For å vurdere hvorvidt fluorescens målinger vil gi en god pekepinn på biomasse av *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* har vi derfor brukt fluorescens målingene mellom solnedgang og soloppgang. I den aktuelle perioden av året er solnedgang ca kl 23 og soloppgang ca kl 04.



**Figur 6.** Figuren viser et eksempel på døgnvariasjonen i Chl *a* mengde i vanninntaket hos Sævareid Fiskeanlegg AS (beregnet fra fluorescensmålingene). Serien er fra 5. juni 2007.

## 2.3 Kartlegging av omfang

Denne problemstillingen var i utgangspunktet ukjent, og vi kunne ikke finne litteratur som gav indikasjoner om evt. omfang av problemet. Vi valgte en todelt tilnærming til arbeidet med å kartlegge omfang, hvor vi **a)** gjennomførte en spørreundersøkelse/intervjuundersøkelse blant veterinærer og fiskehelsebiologer, og **b)** analyserte vannprøver fra anlegg som på papiret (råvannskilder innsjø med tilsvarende høy eller høyere total N sammenliknet med Skogseidvassdraget) kunne tenkes å ha problemer med kiselalger.

Vi utarbeidet en spørreundersøkelse som ble distribuert online (brukte Vanguard Vista online survey <http://www.vista-survey>) til veterinær/fiskehelse foretak over hele landet. Totalt ble undersøkelsen sendt ut til 12 foretak og vi fikk svar fra 10 av disse. Siden noen av foretakene er enkeltmanns foretak og noen består av flere personer, omfatter svarene noe mer enn 10 personers erfaring. Av de som svarte ble 3 intervjuet å telefon for å forsikre oss om at spørsmålene var utvetydige, og for å utdype svarene som ble gitt på spørreskjema. Spørreundersøkelsen er i sin helhet vist i vedlegg 1.

I Norge er *Asterionella formosa* ikke regnet som en indikatorart for noe spesifikt trofi nivå. Den er imidlertid hyppigst registrert i eutrofe innsjøer, mens dens relative bidrag av totalt biovolum er størst i oligo- og mesotrofe innsjøer (Brettum og Andersen 2005). *Tabellaria fenestrata* er en indikatorart for middels næringsrike innsjøer (oligomesotrofe, mesotrofe og begynnende eutrofe)(Brettum og Andersen 2005). Skogsseidvassdraget har innhold av total N som ligger i nedre enden av det som kan kalles en middels næringsrik innsjø (total N på 250-280 µg/L). Vi har brukt VK-databasen for å identifisere anlegg som også har en middels næringsrik innsjø som råvannskilde. VK-databasen inneholder data over vannkvalitet i norske settefiskanlegg i perioden 1999-2006. Næringssaltinnhold er bare en av flere faktorer som påvirker hvilke arter som blomstrer, og trenger ikke å bety fare for oppblomstring av *A. formosa* eller *T. fenestrata*. Totalt N er imidlertid en parameter vi har gode data på, og den var dermed et naturlig utgangspunkt. I hele den perioden VK-databasen dekker var det 25 anlegg som hadde middels næringsrik innsjø som råvannskilde. Av anlegg som fortsatt var i drift våren 2007, ble 6 valgt ut. Disse anleggene fikk tilsendt prøveglass og fikseringsmiddel (Lugoms løsning), og de ble bedt om å ta prøver hver annen dag i tyver dager. Prøvetakningsperioden startet tidlig i juni. Algeprøvene ble analysert etter samme metode som er beskrevet over.

## 2.4 Sammenstilling av gamle temperaturdata fra Skogseidvassdraget-klimalink

Oppblomstring av kiselalger om våren er et karakteristisk element i sesongvariasjonen både i mange innsjøer og i havet langs norskekysten. Når temperaturen stiger og lyset øker etter vinteren er det god tilgang på næringssalter, og tettheten av planteplankton kan øke raskt.

Siden algenes oppblomstring om våren avhenger av både lys og temperatur i innsjøen, kan det tenkes at klimaendringene vi opplever i dag kan ha medført tidligere oppvarming i Sævareidvassdraget, og dermed også tidligere oppblomstring av planteplankton om våren. Data for planteplankton er for sporadiske til å kunne si noe om dette direkte, men det er av interesse å undersøke om vi kan **1)** spore en temperaturøkning i vassdraget over tid, og **2)** om hvordan en eventuell temperaturøkning er fordelt gjennom året.

Sævareid Fiskeanlegg AS har daglig logget temperatur i inntaksvann siden tidlig på 1980-tallet. Temperaturdata foreligger som månedsmidler for perioden 1982 – 2007. Vi har fått tilgang til disse dataene og analysert dataserien.

Vi har også gjort et forsøk på å estimere hvordan temperaturen vil utvikle seg i årene framover. Dette kan belyses ved å tilpasse en tidsseriemodell til de registrerte data, og benytte denne til å predikere de nærmeste årene. Modellen er basert på hele perioden 1982-2007, og er valgt som den beste tilpasningen (blant 17 alternative metoder). Den beste modellen er av type ARMA med 3. ordens ledd. Kriteriet for å velge den beste modellen er et Aikake informasjonskriterium (AIC).

## 3. Resultater

### 3.1 Toleranseforsøk

#### 3.1.1 Algekulturer

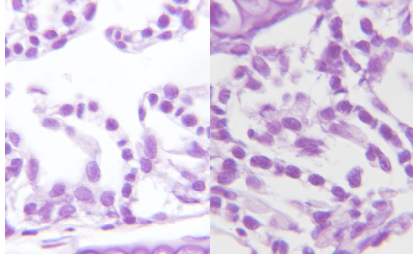
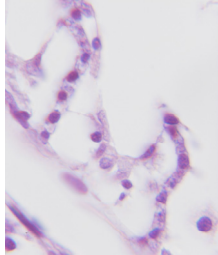
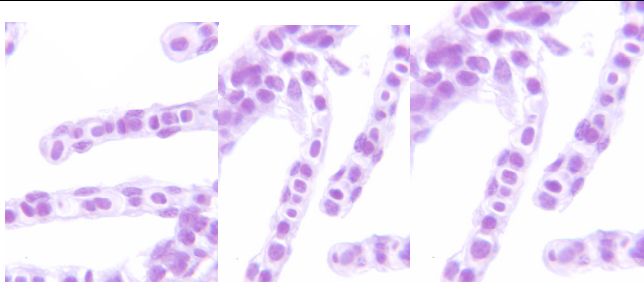
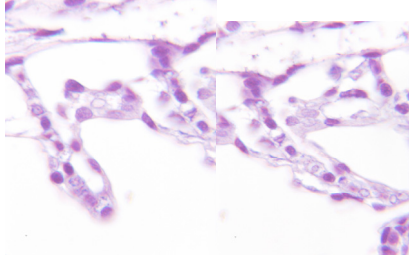
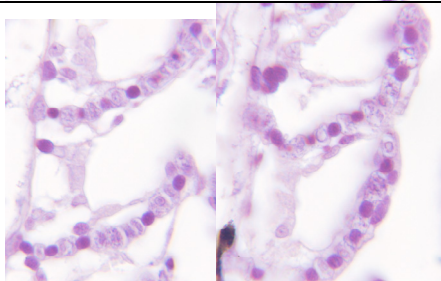
Kontrolltellingene fra karene viste at det gjennomgående var lavere algekonsentrasjoner enn det som var intensjonen. Behandling **A** skulle være på 10 mill celler/liter (se tabell 1), men kontrolltellingene viste snittkonsentrasjoner på 8 mill celler/liter i **A** karene. Behandling **B** skulle ha 6 mill celler/L mens kontrolltellingene viste et snitt på 5.7 mill celler/L. Behandling **C** og **D** skulle ha henholdsvis 3 mill celler/L og 0.5 mill celler/L, mens målingene viste et snitt på henholdsvis 2.4 mill og 0.4 mill celler/L. Fluorescensmålingene sammenfaller også med dette. Fluorescensmålingene bekreftet også antagelsen om at det var begrenset vekst hos algene i det døgnet som gikk fra en algetilsetning til den neste.

#### 3.1.2 Effekter på fisken

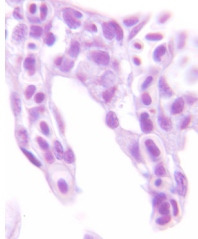
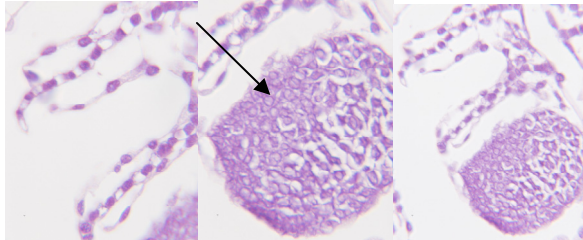
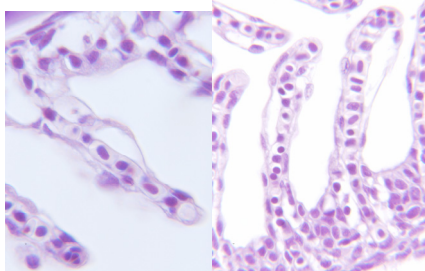
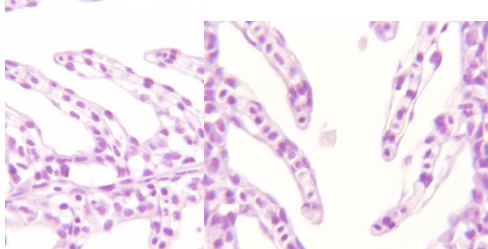
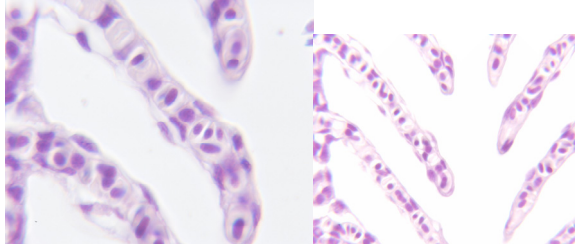
Det ble ikke observert dødelighet gjennom forsøksperioden. Undersøkelsene av gjelleoverflaten i mikroskop viste ingen tydelige tegn på skade, og vi var ikke i stand til å se forskjeller på gjellene hos fisk fra de ulike behandlingene. Vi var heller ikke i stand til å kvantifisere mengden alger på gjellene, da vi bare sporadisk var i stand til å identifisere alger på gjellen.

De histopatologiske undersøkelsene påviste imidlertid gjelleskader på fisk fra forsøket, både fra fisk i kontrollgruppen og fisk fra behandlede grupper (Tabell 2). Det ble påvist løsning/avstøtning av respiratorisk epitel i gjeller både fra behandlet fisk og fisk fra kontrollgruppen. Mulig nekrose i pillarceller ble bare observert i gjeller fra fisk fra behandlede grupper (Tabell 2), mens hyperplasi og hypertrofi av epitelceller bare ble påvist i gjeller fra kontrollgruppen.

Tabell 2. Tabellen summerer opp resultatene fra den histopatologiske undersøkelsen gjort på Veterinærinstituttet. Prøvene ble tatt ut fra fisken seks dager etter endt forsøk (siste tilførsel av algekultur).

Behandling	Veterinærens kommentar	Bilde
A	Løsning og avstøting av respiratorisk epitel	
A	Noe løsning og avstøting av respiratorisk epitel	
A	Ikke påvist histopatologiske forandringer	
A	Løsning av respiratorisk epitel. Mulig nekrose av pillarceller	
B	Løsning av respiratorisk epitel. Mulig nekrose av pillarceller	

Tabell 2 forts. Tabellen summerer opp resultatene fra den histopatologiske undersøkelsen gjort på Veterinærinstituttet. Prøvene ble tatt ut fra fisken seks dager etter endt forsøk (siste tilførsel av algekultur).

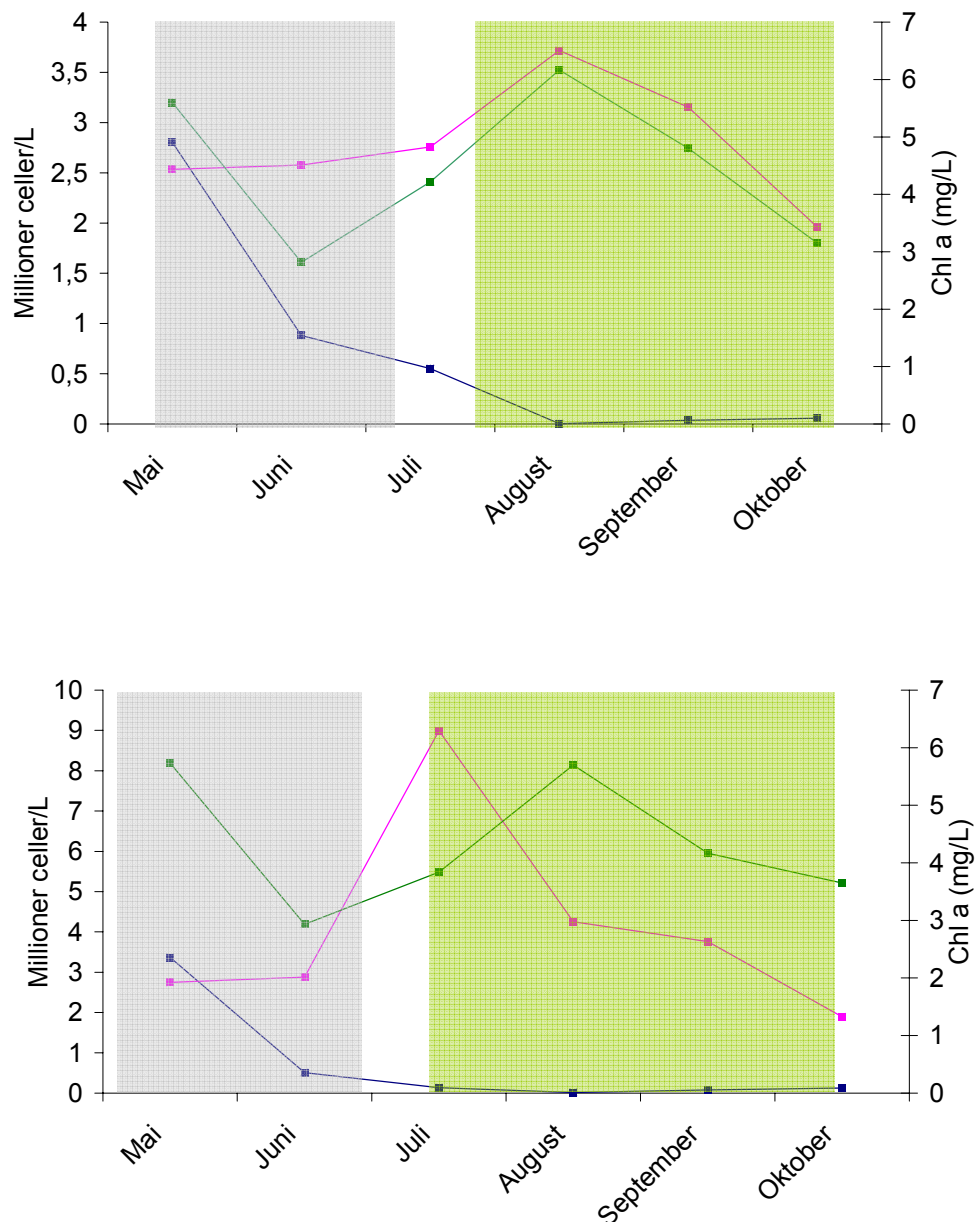
Kontroll	Sparsom løsning av respiratorisk epitel, hypertrofi (svelling) av epitelceller og subepitelial infiltrasjon	
Kontroll	Løsning av respiratorisk epitel over hele gjellen. Hyperplasi av epitelceller i enkelte lameller.	
Kontroll	Sparsom løsning av respiratorisk epitel, hypertrofi (svelling) av epitelceller og subepitelial infiltrasjon	
Kontroll	Sparsom løsning av respiratorisk epitel, hypertrofi (svelling) av epitelceller og subepitelial infiltrasjon	
Kontroll	Ikke påvist histopatologiske forandringer	

### 3.2 Operasjonelle målemetoder

Fluorescensmåleren logget i 3 uker. I løpet av denne perioden stoppet den to ganger (trolig grunnet strømbrudd). Ved det ene tilfellet ble den restartet med en gang. Det andre tilfellet skjedde i forkant av en helg og det gikk fire dager uten logging før måleren ble restartet.

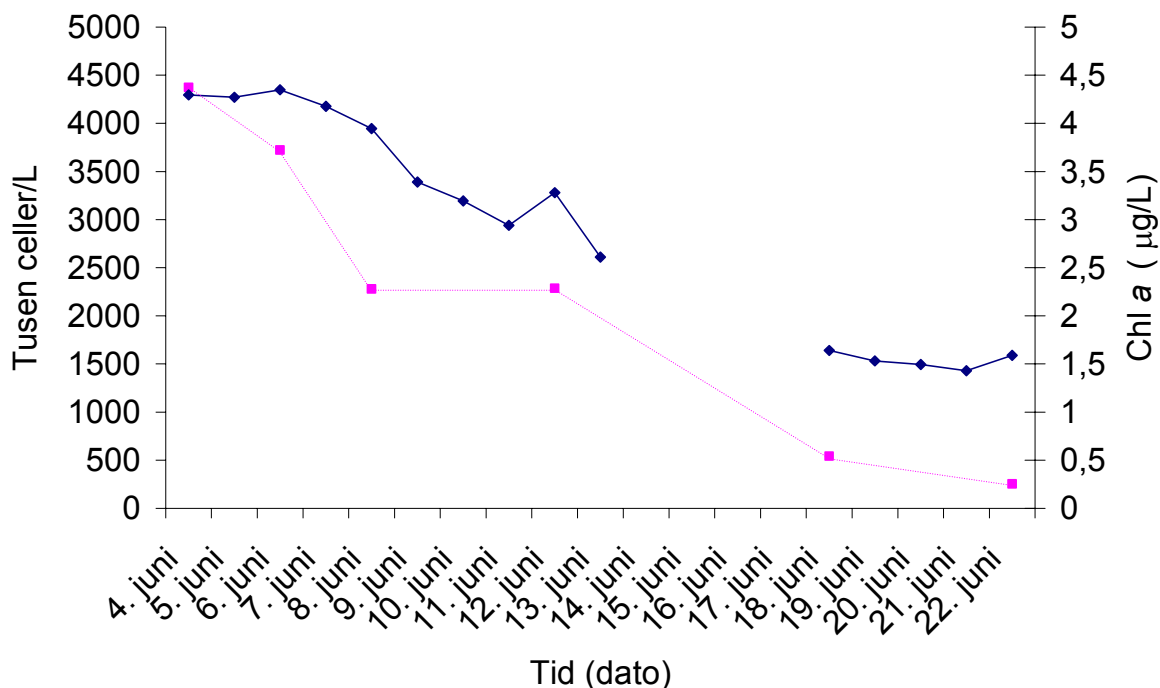
I figur 7 er variasjonen i celledtall av *Asterionella formosa* + *Tabellaria fenestrata* og av ”andre” plottet sammen med variasjon i Chl *a* i perioden mai til oktober. Det er beregnet månedsmidler i perioden 2002-2007.

Det ser gjennomgående ut til å være en god sammenheng mellom celletall av *Asterionella formosa* + *Tabellaria fenestrata* og Chl *a* i mai/juni, både i Skogseidvannet og Henangervannet (grått skravert område i Fig 7). På sensommeren og høsten ser Chl *a* verdiene i større grad ut til å samvariere med gruppen "andre" (grønt skravert område i Fig 7).



**Figur 7.** Variasjon i celletall av *Asterionella formosa* + *Tabellaria fenestrata* (■), "andre" (■) og chl *a* (■) i Skogseidvassdraget i perioden mai-september. Tallene er månedsmidler for perioden 2002-2007 og data er hentet fra Rådgivende Biologer sin overvåkningsserie i vassdraget (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006; Johnsen og Bjørklund 2007; Johnsen og Eilertsen 2008). Øverste panel viser data fra Skogseidvannet og nederste panel viser data fra Henangervannet.

Figur 8 viser at det i perioden 4-22 juni 2007 var et godt samsvar mellom celletall i vannprøver fra inntaksvannet hos Sævareid Fiskeanlegg AS og Chl *a* verdier fra MicroFlu måleren som var plassert i kanalen ved vanninntaket.



**Figur 8.** Figuren viser variasjonen i Chl *a* ( $\mu\text{g/L}$ )(fra fluorescensmålinger mellom kl 23 og kl 04) og celletall av *Asterionella formosa* + *Tabellaria fenestrata* (tusen celler/L) i perioden 2. juni til 22. juni 2007.

### 3.3 Kartlegging av omfang

#### 3.3.1 Spørreundersøkelse

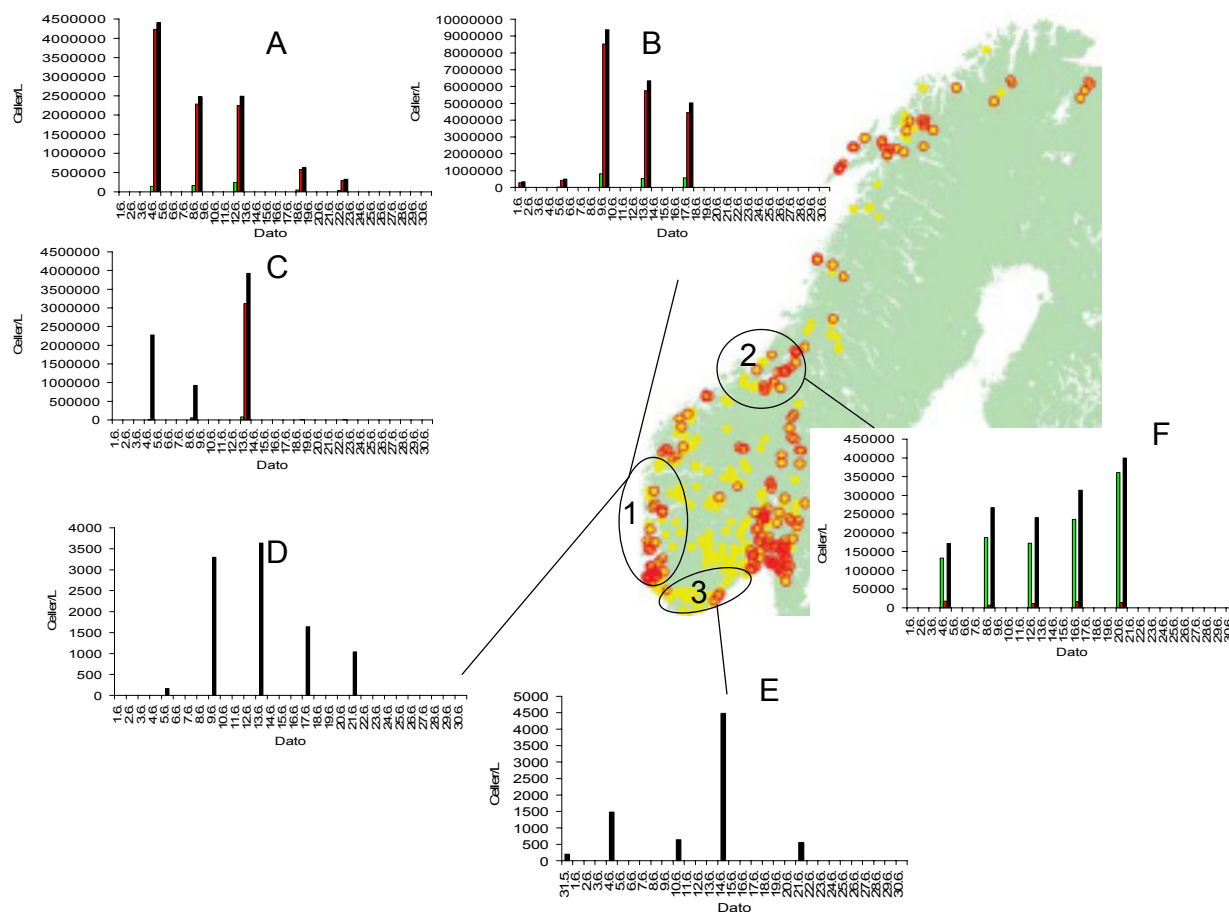
Av de 12 veterinærer/fiskehelseforetak som fikk tilsendt undersøkelsen svarte 10. Fullstendig oversikt over svarene er presentert i vedlegg 1. De fleste av disse (90 %) kjente ikke noen tilfeller hvor kiselalger positivt var identifisert som årsak til fiskedød i settefiskanlegg. Det ene kjente tilfellet var i Hordaland. Det var også bare en respondent som svarte positivt på spørsmålet: *Kjenner du/dere til tilfeller av uforklarlig (klassiske årsaker som dårlig kjemisk vannkvalitet og sykdom er utelukket) fiskedød i settefiskanlegg spesielt i perioden mai- juni?* Også dette tilfellet var i Hordaland.

20 % av respondentene hadde observert *Asterionella formosa* i vannprøver fra inntaksvann eller driftsvann fra settefiskanlegg. Disse vannprøvene var fra anlegg i Rogaland og Hordaland. Det var også 20 % av respondentene svarte bekreftende på spørsmålet: *Har du/dere observert Asterionella formosa på gjelleprøver av fisk?* Observasjonene var nok en gang gjort i Hordaland og Rogaland. Siste spørsmålet var knyttet til foretakenes rutiner ved fiskedød. De ble spurt om hvorvidt det ble gjort rutinemessige undersøkelser (f. eks vannprøver for algeanalyse og/eller mikroskopisk undersøkelse av gjeller) som **kunne avdekket** høye konsentrasjoner av *A. formosa* gitt at det faktisk var den som var årsaken til dødeligheten. 60 % svarte at de hadde rutiner som ville ha avdekket høye forekomster av *A. formosa* dersom den var årsaken til dødeligheten.



### 3.3.2 Analyser av vannprøver fra utvalgte anlegg

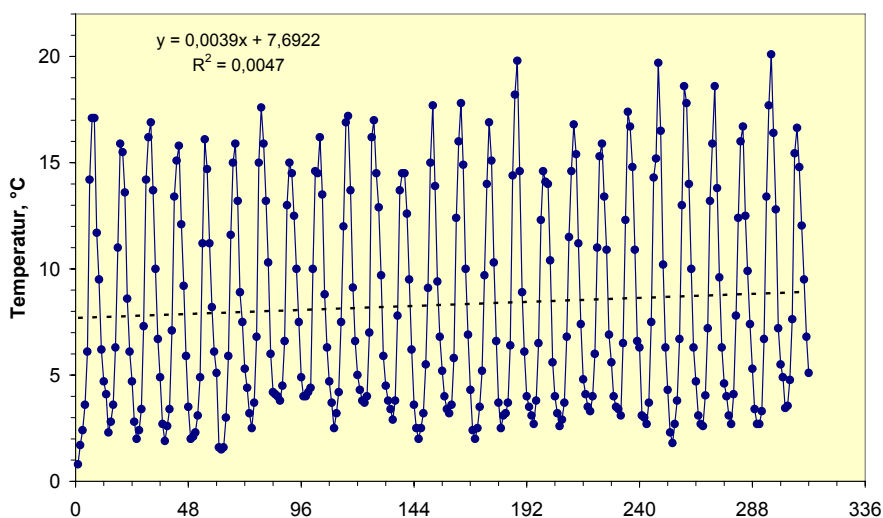
Anleggene som ble undersøkt lå i Hordaland, Rogaland (område 1), Trøndelag (område 2) og Agder (område 3) (Fig 9). To av anleggene lå i Skogseidvassdraget (A og B, Fig). I likhet med foregående år (Fig 9) ble det på begge disse anleggene registrert høye forekomster av *Asterionella formosa* i denne tidsperioden. Forekomsten av *Tabellaria fenestrata* var betydelig lavere. Det ble også registrert høye forekomster av *A.formosa* og *T.fenestrata* på to andre anlegg, ett i område 1 og ett i område 2 (Fig 9). På to av de undersøkte anleggene ble ingen av disse artene registrert, og den totale mengden diatomeer i denne perioden var svært lav.



**Figur 9.** Figuren viser forekomster av *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* i råvannet hos anleggene undersøkt i juni 2007. Anleggenes geografiske plassering er vist på kartet. Grønne søyler viser *Tabellaria fenestrata*, røde søyler viser *Asterionella formosa* og sorte søyler viser summen av kiselalger. Registrerte forekomster av *Asterionella formosa* i Norge er vist som røde prikker, mens innsjøer uten registrering av *A. formosa* er vist som gule prikker (Kilde kart: Brettum og Andersen 2005)

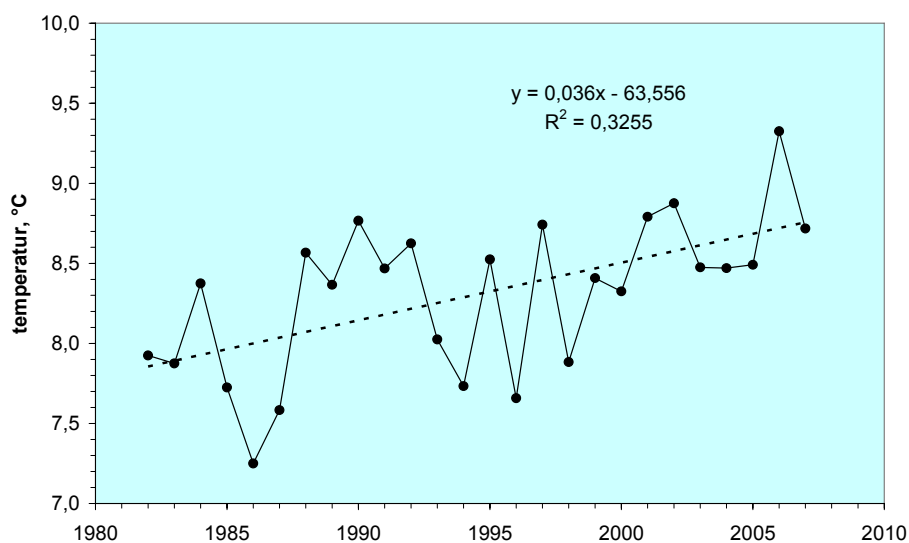
### 3.4 Sammenstilling av temperaturdata fra Skogseidvassdraget - klimalink

Figur 10 viser månedsmidler over temperatur i vanninntaket hos Sævareid Fiskeanlegg AS i perioden 1982-2007. Inntaket ligger på ca 8 meters m dyp i Henangervatnet. Det meste av variasjon i temperatur henger sammen med regelmessige årssyklus, med topp vanligvis i august (av og til i juli). Disse er godt synlige i figur 10. En økning i temperatur over mange år antydes av en regresjonsanalyse, men denne er ikke statistisk signifikant (pga. av all variasjonen innen år).



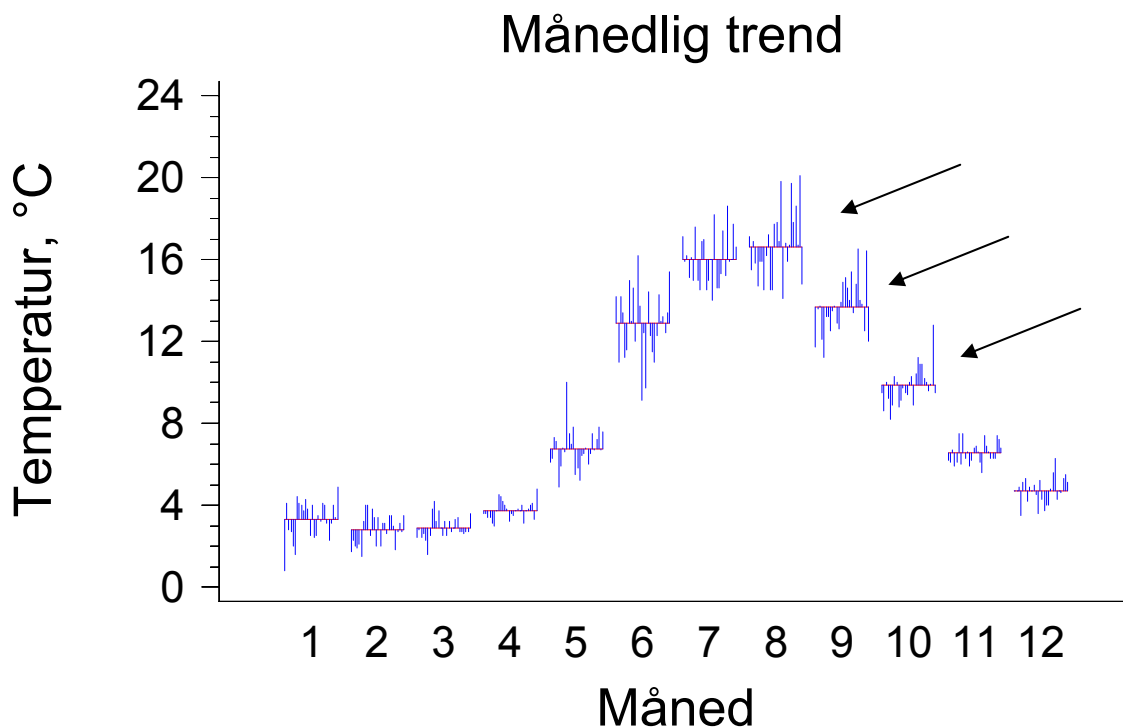
**Figur 10.** Månedlige temperaturmålinger i inntaksvann hos Sævareid Fiskeanlegg AS. Temperatur er plottet sekvensielt etter måned nr (første måned er januar 1982 og siste måned er desember 2007).

For å jevne ut sesongvariasjonen kan vi i stedet plote årsmidler over tid (Figur 11). Selv om vi har store variasjoner fra år til år, viser hele perioden 1982-2007 en klar trend av økende temperatur som er statistisk signifikant ( $p=0.026$ ).



**Figur 11.** Årsmidler for temperatur i inntaksvann fra Henangervatnet. En regresjon av middeltemperatur mot årstall er statistisk signifikant ( $p=0.026$ ).

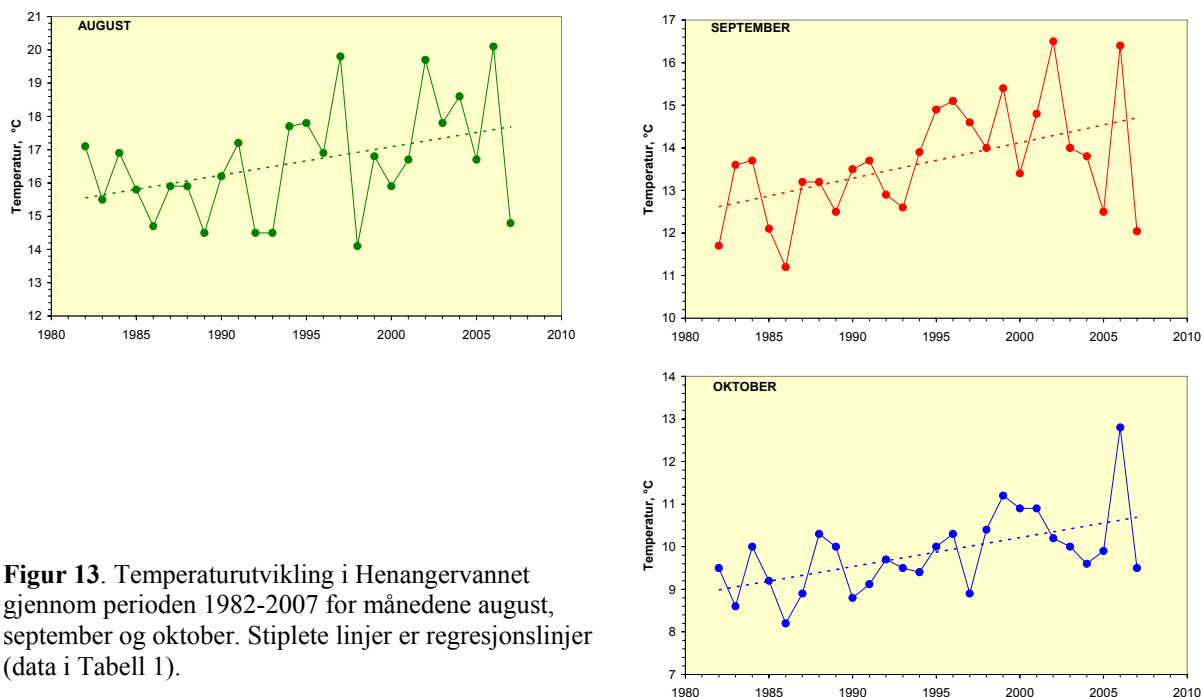
For å se nærmere på ulike årstider har vi plottet en trend for hver måned (Figur 12). Her er vises middel for hver måned som en horisontal strek, og avviket fra middel for hvert enkelt hvert år som histogrammer. Presentert på denne måten tyder dataene på at det er høsten som er blitt varmere (dvs. august, september og oktober), mens for de andre månedene er det vanskelig å se noen klar trend.



**Figur 12.** Temperaturutvikling i Henangervannet plottet for hver måned separat. For hver måned viser en horisontal linje middeltemperatur for alle år (1982-2007), mens avviket fra middeltemperatur de enkelte år er vist som histogram. Pilene angir de tre måneder som viser en trend, dvs. august-oktober. Regresjonsanalyser av middeltemperatur for hver måned bekrefter mønsteret fra Figur 11. Statistisk signifikant økning i middeltemperatur finner vi bare for august, september og oktober (Tabell 3).

**Tabell 3.** Resultater av enkel regresjon av månedsmiddel/årsmiddel mot år for perioden 1982-2007. Bare signifikante regresjoner er vist.

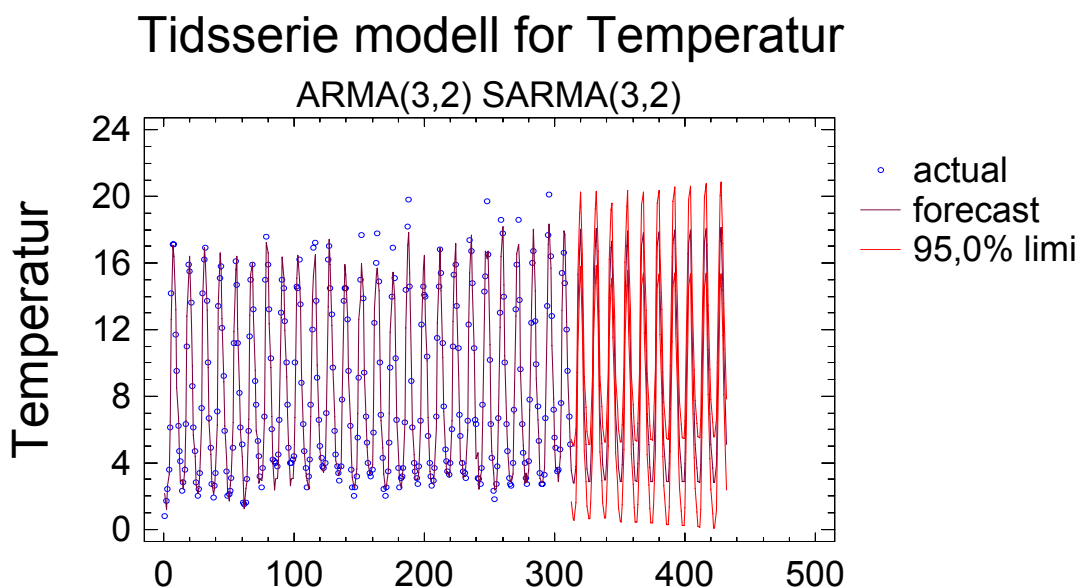
Sesong	Konstant	Stigningskoeffisient	$r^2$	p
August	-154,06	0,0856	0,1512	0,0496
September	-152,04	0,0831	0,2258	0,0142
Oktober	-126,26	0,0682	0,3029	0,0036
Årsmiddel	-62,263	0,0354	0,3197	0,0026



**Figur 13.** Temperaturutvikling i Henangervannet gjennom perioden 1982-2007 for månedene august, september og oktober. Stiplede linjer er regresjonslinjer (data i Tabell 1).

Tidsseriemodellen tilpassert temperaturdata fra Skogseidvassdraget er vist i figur 14. Foruten ordinær sesongvariasjon kan en slik modell fange opp langtidstrender og flerårige sykler, i den grad modellen klarer å 'beskrive' dataene i tidsserien. I vårt tilfelle synes modellen å gjengi år-til-år variasjon ganske bra (Figur 14). Predikert temperatur og 95 % konfidensgrenser for de neste 10 år er også vist i Figur 14. Modellen indikerer at sommertemperaturene 2008-09 blir omtrent som i 2007, mens 2010 forventes å bli litt kjøligere. Konfidensgrensene er naturlig nok vide, og plottet viser ingen annen trend enn at sommertemperaturene forventes å ligge relativt høyt som i de senere år. Ingen lave vintertemperaturer blir predikert av denne modellen.

Tidsseriemodellen er her tatt med mest for å illustrere mulige tilnærminger til lange tidsserier, og prediksjonene bør ikke tillegges vekt. Selv om modellen beskriver observasjonsperioden ganske bra, er det nokså klart at måleperioden er i korteste laget for å kunne predikere år-til-år variasjon, og prediksjonene glir ganske raskt over i jevne årssyklus uten noen tydelig trend.



**Figur 14.** En tidsseriemodell tilpasset temperaturmålinger i Henangervannet (månedsmidler for perioden 1982-2007). X-aksen angir måned nr (måned 1 er januar 1982). Sort linje viser modellens prediksjon, rød linjer konfidensgrenser for fremtidig temperatur (2008-2017), og punkter viser observasjoner 1982-2007.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Toleranseforsøk

Det ble ikke registrert dødelighet i forsøket, noe som tyder på at *Asterionella formosa* ikke alene forårsaker akutt dødelighet hos lakseyngel på denne størrelsen (<10g) ved de konsentrasjonene vi brukte i forsøket. Den høyeste konsentrasjonen brukt i forsøket var høyere enn det som ble målt hos anleggene som hadde problemer i 2006. Det er tidligere dokumentert dødelighet hos fisk i merd sammenfallende med kraftige kiselalgeblomstringer (Albright et al. 1993, Kent et al., 1995, egne upubliserte data), hvor respirasjonsproblemer på grunn av skader på gjellepitélet eller klogging blir fremholdt som mulige forklaringer. I forsøket brukte vi alger fra kultur og disse kan ha hatt andre egenskaper enn de cellene som naturlig forekom i Skogsseidvassdraget, noe som kan ha hatt betydning for dødeligheten. Det er blant annet betydelig størrelsesvariasjon innenfor arten (Patrik and Reimer 1966). Det er også vist at *Asterionella formosa* endrer sin morfologi over tid i kultur, blant annet ved at den i stadig større grad forkommer som enkeltceller heller enn i stjerneformede kolonier (Jaworski et al. 1988). Det er også ting som tyder på at diatomeer kan være mer irriterende for fiskegjeller når de går i stykker, fordi de da har flere skarpe kanter.

Dødeligheten som ble observert i anleggene kan også tenkes å ha vært mer indirekte knyttet til høy algekonsentrasjon. Man kan tenke seg at den store algebiomassen gjennom respirasjon har forårsaket oksygensvikt i karene om natten, og tilsvarende, gjennom fotosyntese forårsaket oksygenovermetning

på dagen. Disse svingningene i O<sub>2</sub> kan ha forårsaket stress og dødelighet hos fisken. Observasjoner på anlegget viste at de gruppene som hadde gått med høyest oksygenering klarte seg best (Gustav Folkestad pers medd)

I toleranseforsøket gjorde vi ikke noe forsøk på å imitere forholdene i kommersielle anlegg. Det er derfor mulig at fisken i anleggene var utsatt for andre stressfaktorer i forkant av, eller sammenfallende med, høye algekonsentrasjoner, og at effekten av algene dermed ble større enn den høye konsentrasjonen alene skulle tilsi. Vi vet blant annet at det ene anlegget hadde INN i klekkeriene i 2006 sesongen. Videre hadde fiskegrupper som nettopp var blitt håndtert (sortert) en høyere dødelighet enn de andre (Gustav Folkestad pers medd). Det ble observert tilsvarende høye algekonsentrasjoner i 2007-sesongen uten at noen av anleggene rapporterte om problemer, og dette underbygger at den høye dødeligheten i 2006 var forårsaket av en rekke sammenfallende stressfaktorer hvor høy algekonsentrasjon var en viktig faktor.

Det er vanskelig å tolke resultatene fra de histopatologiske undersøkelsene, da det ble påvist gjelleskader både hos individer fra kontrollgruppen og hos individer fra behandlede grupper. Løsning/avstøtning av respiratorisk epitel skjer som en følge av at epitelcellene degenereres og dør, og observeres ofte i etterkant en akutt påvirkning av toksiske stoffer. Liknende skader observeres også hos fisk som eksempelvis har vært i kontakt med eksempelvis maneter, og er ikke uforenelig med algeeksponering (Hege Hellberg, Veterinærinstituttet pers medd). Mulig nekrose i pilarceller ble bare observert i gjeller fra fisk fra behandlede grupper, mens hyperplasi og hypertrofi av epitelceller bare ble observert i gjeller fra kontrollgruppen. Hypertrofi av epitelceller er et generelt symptom på irritasjon. Denne typen forandringer på gjellen kan også skje post-mortalt, blant annet ved at gjellene blir liggende og tørke i luft, eller at temperaturen i rommet er mye høyere enn vanntemperaturen. I prinsippet ble alle gjellene behandlet likt ved uttak og fiksering, men vi kan ikke utelukke at noen prøver har vært eksponert for luft i lenger tid enn andre, eller blitt stående nærmere en varmekilde enn andre (f. eks arbeidslampe). Selv om graden av gjelleskader gjennomgående var mer alvorlig enn hos fisk fra kontrollgruppene, gjør funnene av skade også hos kontrollgruppene det vanskelig å dra noen sikre konklusjoner mhp sammenhengen mellom gjelleskader og algeeksponering.

## 4.2 Operasjonelle målemetoder

Analyse av vannprøver er selvsagt det mest presise når man vil vite om algemengden nærmer seg et nivå hvor man vurderer tiltak. Nedbørsfeltet til Skogseidvassdraget ligger høyt, og det tilføres kaldt vann et godt stykke utover våren. Dette gjør at våroppblomstringen inntreffer relativt sent. De relativt høye forekomstene av kiselalger som vi ser i mai og juni er derfor trolig slutten av våroppblomstringen. *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* er de dominerende artene kiselalger i mai og juni prøvene i perioden 2002-2007 (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006; Johnsen og Bjørklund 2007; Johnsen og Eilertsen 2008). På dette tidspunktet av året ser det videre ut til at det er bra samsvar mellom celletall av *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* og chl *a*. For mai og juni ser det dermed ut til at en fluorescensmåler gir en god pekepinn på forekomsten av disse artene. Vi har dessverre ikke data fra tidligere på året, og kan derfor ikke si noe sikkert om hvor god denne sammenhengen er for starten av oppblomstringen. Siden fluorescensmåleren viser når Chl *a* verdien begynner å stige, mener vi allikevel at den og kan fungere som en "early warning". Et lite antall vannprøver kan evt. analyseres for å bekrefte hvilke art som blomstrer før eventuelle tiltak settes i verk.

## 4.3 Kartlegging av omfang

Fiskedød i settefiskanlegg forårsaket av kiselalger er en ny problemstilling. Det var derfor viktig å komme i gang med å kartlegge mulig omfang. Med lite kunnskap i utgangspunktet valgte vi en grov

tilnærming. På dette delprosjektet må derfor denne rapporten betraktes som preliminær og på ingen måte egnet til å trekke veldig sterke konklusjoner.

Det var en god geografisk dekning på de veterinær/fiskehelseforetakene som svarte på vår spørreundersøkelsen. Av respondentene var det bare en som kjente til et konkret tilfelle hvor kiselalger var årsaken til fiskedød i settefisk anlegg, og videre kun en respondent som kjente til tilfeller av uforklarlig fiskedød hvor andre vanlige årsaker kunne utelukkes. Det var imidlertid mer enn halvparten som svarte at de hadde rutiner som ville ha avdekket at det høye forekomster av *Asterionella formosa* var årsak til dødelighet dersom det faktisk var tilfelle. Dette antyder at problemer med kiselalger ikke er svært utbredt i norsk settefiskanlegg.

Algeprøvene vi samlet inn gir en svært begrenset dekning både i tid og rom. Tidspunkt for oppblomstring kan være noe ulik fra innsjø til innsjø og fra år til år i samme innsjøen. Vi valgte derfor å ta prøver i den perioden hvor det har vært rapportert problemer, nemlig slutten av mai og begynnelsen av juni. Algeprøvene viste at *Asterionella formosa* var, i likhet med 2006, en dominerende kiselalge art i Skogseidvassdraget. Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser i dette vassdraget (Johnsen og Brekke, 2003; Johnsen, 2004; 2005; Johnsen og Bjørklund, 2006; Johnsen og Bjørklund 2007; Johnsen og Eilertsen 2008). Et anlegg på Vestlandet og et i Trøndelag hadde også høye forekomster av henholdsvis *A. formosa* og *Tabellaria fenestrata*, mens ingen av artene ble observert på anlegget i Agder. Intervjuundersøkelsen avdekket ett tilfelle av fiskedød hvor kiselalger var årsaken, og ett tilfelle hvor kiselalger var en mulig årsak. Begge disse var i Hordaland. Observasjoner av *A. formosa* i vannprøver og på gjeller var også gjort i anlegg i Hordaland og Rogaland. Hvis vi ser på kartet over registrerte forekomster av *A. formosa* stemmer dette med våre observasjoner (Fig 9). Sammenholdt antyder resultatene fra algeundersøkelsen og intervjuundersøkelsen at antallet råvannskilder med tidvis høye forekomster av *A. formosa* og *T. fenestrata* er høyest på Vestlandet.

#### **4.4 Sammenstilling av gamle temperaturdata fra Skogseidvassdraget-klimalink**

Man kunne tenke seg at en temperaturøkning førte til at vår oppblomstringen startet tidligere i Skogseidvassdraget. Man kunne videre kanskje tenke seg at en høyere temperatur under oppblomstringen ville øke vekstraten hos f. eks *Asterionella formosa* (se Fig 1). Det foreligger dessverre ikke data for algeforekomster i vassdraget som kan brukes i denne sammenhengen. Dataserien fra Rådgivende biologer er den mest komplette, men den dekker bare årene 2002 -2007, og månedene mai til oktober.

Tidsserien på temperatur fra Sævareid Fiskeanlegg AS viser en signifikant økning over den undersøkte perioden når man betrakter årsmiddel. Delt opp etter årstider ser det ut til at denne økningen primært skyldes en økning i temperatur i høstmånedene. For årstiden desember – juli fant vi altså ingen tegn til temperaturøkning i Henangervatnet. Dette er et interessant resultat i forhold til diskusjonen rundt oppblomstring av kiselalger. Dersom de observerte temperaturendringene skulle hatt noen effekter på algeforekomster ville vi vente effekter på sensommer/høst snarere enn om våren. Det er likevel grunn til å nevne at alle måneder viste en positiv trend, men statistisk kan de ikke skilles fra en nøytral trend. Ingen måneder viste negativ trend over perioden 1982-2007.

## 5. Litteraturreferanser

Albright, L. J., C. Z. Yang og S. Johnson. 1993. Sub-lethal concentrations of the harmful diatoms, *Chaetoceros concavicornis* and *S. convolutus*, increase mortality rates of penned Pacific salmon. *Aquaculture* 117:215-225

Brettum, P. og T. Andersen. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. NIVA Rapport 4818, 203 sider, ISBN 82-577-4498-0.

Jaworski, G. H. M., S. W. Wiseman, S. W. og C. S. Reynolds. 1988. Variability in sinking rate of the freshwater diatom *Asterionella formosa*: the influence of colony morphology. *British Phycological Journal* 23: 167-176

Johnsen, G. H. og E. Brekke. 2003. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2002. Rådgivende Biologer AS, rapport 625, 30 sider, ISBN 82-7658-398-9.

Johnsen, G. H. 2004. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2003. Rådgivende Biologer AS, rapport 676, 30 sider, ISBN 82-7658-233-1.

Johnsen, G. H. 2005. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2004. Rådgivende Biologer AS, rapport 777, 28 sider, ISBN 82-7658-414-4.

Johnsen, G. H. og A. E. Bjørklund. 2006. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2005. Rådgivende Biologer AS, rapport 886, 27 sider, ISBN 82-7658-465-9.

Johnsen, G. H. og A. E. Bjørklund 2007. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2006. Rådgivende Biologer AS, rapport 971, 29 sider, ISBN 978-82-7658-521-6.

Johnsen, G.H. og M. Eilertsen 2008. Tilstandsrapport for Skogseidvatnet og Henangervatnet i Fusa 2007. Rådgivende Biologer AS, rapport 1074, 27 sider, ISBN 978-82-7658-591-9.

Kent, M.L., J.N.C. Whyte og C. LaTrace. 1995. Gill lesions and mortality in seawater pen-reared Atlantic salmon *Salmo salar* associated with a dense bloom of *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira* species. *Diseases of Aquatic Organisms* 22: 77-81.

Patrick, R. og C. W. Reimer 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii, Volume 1-Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Monograph No. 13, 688 pp.



Vedlegg 1



# Survey Results & Analysis

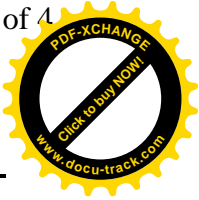
for

## Veterinærsurvey 2

Account: Katrine H Beyer

Wednesday, June 18, 2008 8:33:30 AM

Vista™ Survey System



# Questionnaire

Kan du ta deg tid til å svare på noen spørsmål knyttet til problemstillingen Kiselalger i settefiskanlegg ?

1) Vennligst oppgi ditt navn og navnet på din bedrift.

Navn:

Bedrift:

2) Kjenner du/dere til tilfeller av fiskedød i settefiskanlegg hvor kiselalger (uansett art) positivt er identifisert som årsak?

Yes

No

3) Hvor var dette (region/fylke holder)?

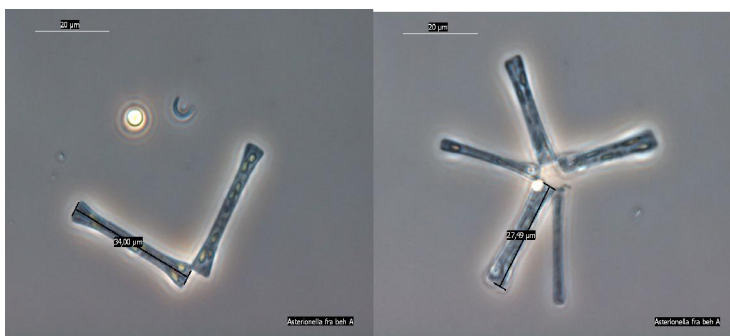
4) Kjenner du/dere til tilfeller av uforklarlig (klassiske årsaker som dårlig kjemisk vannkvalitet og sykdom er utelukket) fiskedød i settefiskanlegg spesielt i perioden mai- juni?

Yes

No

5) Hvor var dette (region/fylke holder)?

6) Har du/dere observert *Asterionella formosa* (eller noe liknende det som er vist i Fig 1) i vannprøver fra inntaksvann eller driftsvann fra settefiskanlegg.



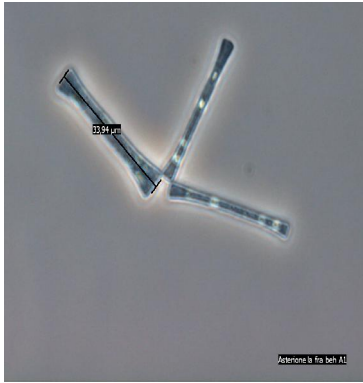
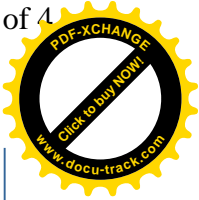


Fig 1. Figuren viser bilder av Asterionelle formosa tatt i lysmikroskop. de kan forekomme som stjerneformede kolonier eller som "pinneformede" enkeltceller.

- Yes  
 No

7) Hvor var dette (region/fylke holder)?

8) Har du/dere observert Asterionella formosa (eller noe liknende det som er vist i Fig 2) på gjelleprøver av fisk?

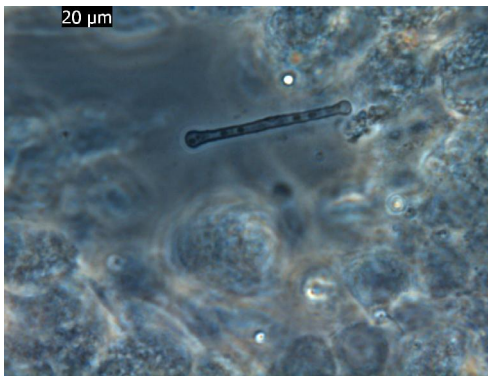


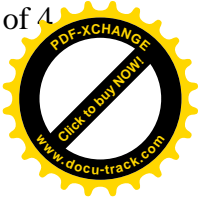
Fig 2. Figuren viser Asterionella formosa på gjellen hos en lakseyngel (4-8 g). Fisken er hentet fra ett av våre forsøk, og er tatt med lysmikroskop på 400 x forstørrelse.

- Yes  
 No

9) Hvor var dette (region/fylke holder) ?

10) Ved uforklarlig fiskedød, gjør dere rutinemessige undersøkelser (f.eks vannprøver for algeanalyse og/eller mikroskopisk undersøkelse av gjeller) som kunne avdekket høye konsentrasjoner av Asterionella formosa og at den var årsaken til problemet ?

- Yes



No

11) Kommentarer og inspill

---

---

Tusen takk for at du tok deg tid til å delta i denne undersøkelsen!

Summary

Title:

Year:

Author:

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-xxxx-x



NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)