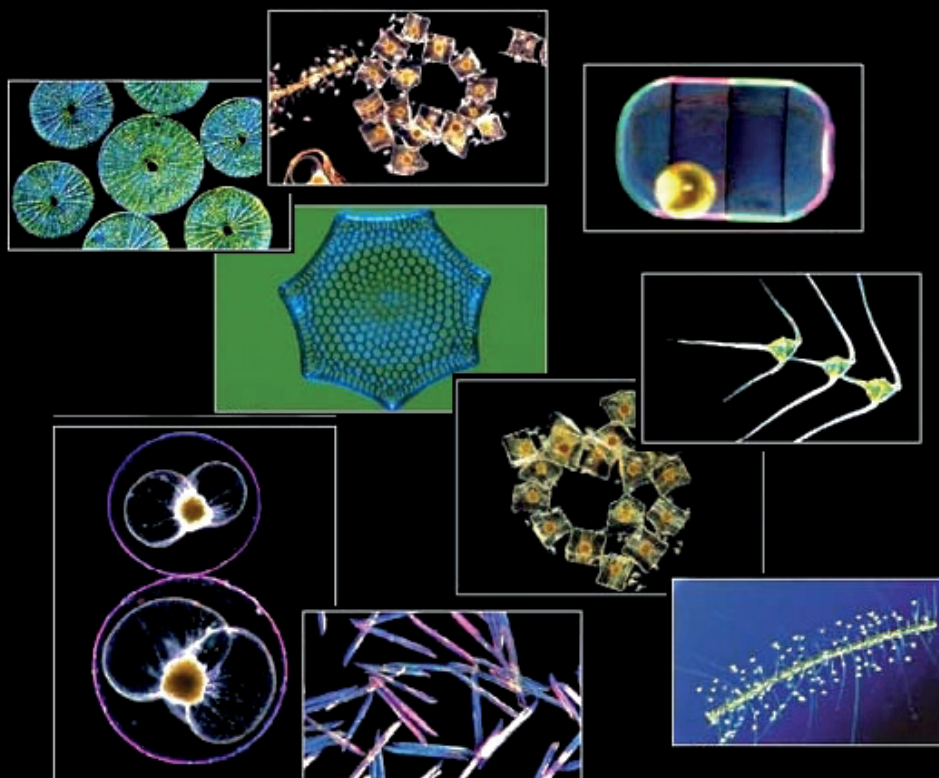


Mastergradsoppgave

Cecilie Eskildt

# Effekter av skogbrann på phytoplankton i innsjøer



**Høgskolen i Telemark**

Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Mastergradsavhandling  
i natur,- helse- og miljøvern fag 2012

Cecilie Eskildt

Effekter av skogbrann på phytoplankton  
i innsjøer.

Høgskolen i Telemark  
Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Høgskolen i Telemark 2012  
Avdeling for allmennvitenskapelige fag  
Institutt for natur-, helse- og miljøvern fag  
Hallvard Eikas plass  
3800 Bø

<http://www.hit.no>

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng.

© Rettigheter etter lov om åndsverk: Cecilie Eskildt

Trykket ved Høgskolens kopisenter i Bø

Omslagsfoto/-illustrasjon: <http://www.imagequest3d.com/>

## **Førord**

Denne masteroppgaven er gjennomført ved Institutt for natur,- helse- og miljøvern (INHM) ved Høgskolen i Telemark, avdeling Bø.

Jeg vil rette en stor takk til Synne Kleiven, førsteamanuensis i limnologi ved Høgskolen i Telemark, som har vært veileder for oppgaven. Hun har vært en fantastisk hjelp med sitt engasjement og sterke faglige kompetanse. Jeg vil også takke Arvid Odland, førsteamanuensis i botanikk ved Høgskolen i Telemark, for hjelp med utførelse av statistiske analyser.

I tillegg vil jeg takke Tom Andersen, professor i biologi ved Universitetet i Oslo, for informasjon om statistiske analysemetoder, og Espen Lydersen, professor i limnologi ved Høgskolen i Telemark, for at jeg fikk lov til å ta del i et så spennende og nyskapende prosjekt som Pyrowater.

Cecilie Eskildt

Porsgrunn, november 2012.

# Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag</b> .....	<b>s. 6</b>
<b>Summary</b> .....	<b>s. 8</b>
<b>Ord- og begrepsforklaringer</b> .....	<b>s. 10</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>s. 17</b>
<b>2. Bakgrunns litteratur</b> .....	<b>s. 18</b>
<b>2.1 Effekter av skogbrann på vannkvalitet og phytoplankton</b> .....	<b>s. 18</b>
2.1.1 Erosjon, sedimentasjon og turbiditet.....	s. 18
2.1.2 Aske.....	s. 19
2.1.3 Næringsstoffer.....	s. 20
2.1.4 pH.....	s. 21
2.1.5 Fysiske faktorer.....	s. 22
<b>3. Områdebeskrivelse</b> .....	<b>s. 22</b>
3.1 Undersøkellesområdet.....	s. 22
3.2 Geologi og vegetasjon.....	s. 24
3.3 Klima.....	s. 25
3.4 Morfometri.....	s. 26
3.5 Vannkvalitet.....	s. 26
<b>4. Material og metoder</b> .....	<b>s. 29</b>
4.1 Analyse materialet.....	s. 29
4.2 Analysemetoder.....	s. 30
4.2.1 Kvantitativ og kvalitativ analyse av phytoplankton-vannprøver (Utermöhl-metoden).....	s. 30
4.3 Statistikk og forbehandling av data.....	s. 31
<b>5. Resultater og diskusjon</b> .....	<b>s. 31</b>
5.1 Kvalitative håvtrekk.....	s. 31

<b>5.2 Kvantitative og kvalitative analyser ved bruk av Utermöhl-metoden.....</b>	<b>s. 37</b>
5.2.1 Fisketjenn.....	s. 38
5.2.2 Hundsvatn.....	s. 41
5.2.3 Øyvatn.....	s. 44
5.2.4 Grunnetjenn.....	s. 46
5.2.5 Heitjenn.....	s. 48
5.2.6 Rasvassvatn.....	s. 51
5.2.7 Jordtjenn.....	s. 53
5.2.8 Melestjenn.....	s. 55
5.2.9 Svarttjenn.....	s. 57
5.3 Tilførsel av næringsstoffer.....	s. 60
5.4 Ordinasjonsanalyser.....	s. 64
5.5 Sammenfattende konklusjoner.....	s. 71
<b>6. Referanser.....</b>	<b>s. 72</b>
<b>Vedlegg.....</b>	<b>s. 79</b>
<b>Vedlegg 1: nedbørsdata.....</b>	<b>s. 80</b>
<b>Vedlegg 2: fysiske og kjemiske miljøvariabler.....</b>	<b>s. 82</b>
<b>Vedlegg 3: forklaringer til variabelforkortelser.....</b>	<b>s. 98</b>
<b>Vedlegg 4: forklaringer til artsforkortelser.....</b>	<b>s. 99</b>

## Sammendrag

Som del av forskningsprosjektet Pyrowater undersøkes i denne oppgaven phytoplanktonsamfunn i den hensikt å avdekke eventuelle effekter av skogbrann på organismegruppen. Det har vært få store skogbranner i Norges nyere historie og Froland-brannen 2008 som omfattet 26 000 dekar skriver seg inn som den hittil største. Det berørte området inneholdt hele nedbørsfelt til mange små innsjøer, og brannen har dermed gitt et godt grunnlag for forskning omkring effekter på akvatiske økosystemer.

Etter en skogbrann kan det forventes større erosjonsrater i forbindelse med nedbør eller snøsmelting, som igjen kan føre med seg stor tilførsel av sedimentert og økt utlekking av kjemiske komponenter til innsjøer i berørte nedbørsfelt. Phytoplankton, som danner en stor del av grunnlaget til den akvatiske næringskjeden, vil med sin korte livssyklus ha høy følsomhet overfor miljømessige forandringer. Dette kan gjenspeiles i volum og samfunnsstruktur.

Det har blitt studert phytoplanktonsamfunn i ni innsjøer lokalisert i Froland kommune. Seks av vannene har beliggenhet i brente nedbørsfelt, mens tre av vannene har fungert som referanser til de aktuelle miljøforholdene før brann og har beliggenhet utenfor brente områder. Undersøkelsen av phytoplanktoninnholdet har omfattet kvalitative håvtrekk fra 2011, i tillegg til kvalitativ og kvantitativ analysing av phytoplanktonprøver (Utermöhl-metoden) fra de tre påfølgende årene etter brannen (2009-2011). I både håvtrekk og phytoplanktonprøver har det blitt lagt vekt på tilstedeværelse av indikatorarter i forhold til humøsitet, pH og trofegrad. Det ble registrert relativt mange arter hvis indikatorverdi samsvarte med de aktuelle innsjøenes miljøtilstand.

Hos phytoplanktonprøvene ble i tillegg det kvantitative aspektet trukket inn ved å se på hvilke volum de forskjellige observerte phytoplanktonklassene utgjorde i hver av prøvene. Gullalgene viste en tydelig dominanse i de fleste av prøvene, men det ble også analysert prøver der svelgflagellater, blågrønne bakterier, panserflagellater, grønnalger og/eller nålflagellater dominerte. Mengden phytoplankton kan ofte relateres til vannets innhold av næringsstoffer og de største volumene ble i mange av innsjøene registrert i 2010, samme året som de fleste av innsjøene også hadde størst utlekking av næringsstoffer.

Principal Component Analysis (PCA) ble utført på fysiske og kjemiske miljøvariabler, tilgjengelig i Høgskolen i Telemarks databaser. Detrended Correspondence Analysis (DCA) ble brukt på de biologiske artsdataene for å undersøke forandringer over tid. PCA viste en tydelig utlekking av sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) og en økning i konduktivitet i berørte innsjøer etter brannen, med avtagende effekt de påfølgende årene.

I DCA-ordinasjonen ble det observert en stigende variasjon i artsinventar mellom innsjøene fra 2009 til 2011. Referansevannene inneholdt stort sett de artene som forekom oftest, mens en del av de brannpåvirkede innsjøene hadde mer særegne phytoplanktonsamfunn.

En Monte Carlo permutation-test viste at variasjonen i phytoplanktonsamfunnet i de undersøkte innsjøene ikke kunne forklares av tilgjengelige miljøvariabler.



## Summary

As part of the research project Pyrowater, the purpose of this master thesis was to find prospective effects of wildfire on the phytoplankton communities in freshwater lakes.

There have been few large wildfires in the recent history of Norway. The fire in Froland 2008 is to this date the most massive and has consumed 26 km<sup>2</sup>. The burned area contained whole catchment areas of many small freshwater lakes, and the wildfire can therefore be used as a good foundation for research on the effects on aquatic ecosystems.

After a wildfire there can be expected larger erosion events in periods of heavy rainfall or snowmelting. This can lead to increased input of sediment and chemical components to lakes in impacted watersheds. Phytoplankton, which serve as the base of the aquatic food chain, has a short cycle of life and species composition respond quickly to environmental changes in the water.

Phytoplankton communities in nine freshwater lakes located in Froland commune has been studied. Six lakes were located in burned watersheds while three lakes were located outside the burned area and acted as references to pre-fire conditions. The study of the phytoplankton communities included qualitative phytoplankton net samples from 2011, in addition to qualitative and quantitative analyses of phytoplankton water samples (the Utermöhl-method) from 2009 to 2011. In both net samples and water samples the presence of indicator species in relation to pH, content of humus and trophic state of water was pointed out. Many of the observed indicator species related to the environmental state of the lakes they were found in. In the phytoplankton water samples the quantitative volumes of phytoplankton groups was analysed, in addition to qualitative taxa identification. *Chrysophyceae* dominated most of the phytoplankton water samples, but samples with large proportions of *Cryptophyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Chlorophyceae* and/or *Raphidophyceae* were also analysed. The amount of phytoplankton can often be related to the content of nutrients in the water. The largest volumes of phytoplankton was discovered in 2010 in many of the analysed samples, the same year which also showed the greatest nutrient input for a lot of the lakes in this study.

Physical and chemical variables, available in the Telemark University Colleges databases, were examined in a principal component analysis (PCA). A detrended correspondence analysis (DCA) was used for examining the biological species data for any changes in phytoplankton community structure over time. The PCA revealed distinct sulfate loadings and an increase in conductivity in fire impacted lakes in 2009. The effect was decreasing in 2010 and 2011. When examining all lakes in an DCA ordination there was observed an increasing variation in the species composition from 2009 to 2011.

The lakes used for reference contained mostly common species, while some fire impacted lakes had communities which contained species that occurred less often. A Monte Carlo permutation test showed that the variation in the phytoplankton community could not be explained by the available environment variables in the examined lakes.

## Ord- og begrepsforklaringer

### ***Algetoxiner:***

Fellesbetegnelse på giftstoffer som produseres og skilles ut av phytoplankton (f.eks enkelte slekter blågrønne bakterier).

### ***Alkalinitet:***

Vannets evne til å nøytralisere sterk syre ved en bestemt pH-verdi. Alkaliniteten til en innsjø er dermed synonymt med vannets innhold av negative ioner med baseegenskaper.

### ***Biota:***

Alle de levende organismene i et bestemt miljø. For eksempel alle planter, dyr, sopper og bakterier i et ferskvannssystem.

### ***Blågrønne bakterier:*** (cyanobakterier)

En gruppe svært enkle organismer uten cellekjerne, som er i stand til å drive fotosyntese.

### ***Bonitet:***

Uttrykk for en jordtypes egnethet som vokseplass for planter. Jo bedre egnet jorden er, jo høyere bonitet.

### ***Canonical correlation analysis:*** (CCA)

Ordinasjonsanalyse som gjør det mulig å se sammenhenger mellom artsobservasjoner og uavhengige miljøvariabler.

### ***Carlsons trofiske indeksystem:***

System benyttet til bestemmelse av trofinivå på innsjøer. Systemet baserer seg på indekser utregnet med bakgrunn i målte mengder av klorofyll-a, fosforinnhold og/eller siktedyp.

### ***Chlorophyceae:***

Grønnalger.

### ***Chrysophyceae:***

Gullalger.

### ***Conjugatophyceae:***

Konjugater.

***Cyanophyceae:***

Blågrønne bakterier

***Detrended correspondence analysis: (DCA)***

Ordinasjonsmetode for å visualisere samvariasjon i store komplekse datasett. DCA-ordinasjonen kan benyttes på ulineære data og er derfor ofte brukt på artsdata.

***Detritus:***

Dødt partikulært organisk materiale fra planter og dyr.

***Diatomophyceae:***

Kiselalger.

***Dinophyceae:***

Panserflagellater.

***Dystrof:***

Beskrivelse av innsjø med høyt innhold av humus, noe som gir vannet en karakteristisk brun farge.

***Epilimnion:***

De øverste gjennomblandede, varme vannmassene i en termisk stratifisert innsjø under sommerstagnasjon.

***Eufotisk sone:***

Det øverste vannlaget der lyset trenger gjennom og det kan foregå fotosyntese.

***Euglenophyceae:***

Øyenalger.

***Eutrof:***

Beskrivelse av innsjø som har stor tilførsel av næringsstoffer, og derfor rik produksjon av både phytoplankton og høyerestående planter.

***Forklaringsvariabler:***

Uavhengige variabler som brukes til å forklare endringer i responsvariabler.

**Fotosyntese:**

Grønne planters syntese av organiske forbindelser fra karbondioksid og vann, med lys som energikilde.

**Generalister:** (*eurypotiske arter*)

Arter som klarer å tilpasse seg, og trives i, et bredt spekter av miljøforhold. Slike arter er derfor mer utbredt enn stenotoper (arter som kun tolererer meget spesifikke miljøforhold).

**Heterocyste:**

Celletype hos enkelte trådformede blågrønne bakterier. Cellen inneholder enzymet nitrogenase som bevirker nitrogenfiksering.

**Humus:**

Komplekse organiske substanser som dannes ved nedbryting av organisk materiale.

**Hydrofobisk:**

Egenskap som tilsier at molekylene er vannavstøtende. Det vil si, de fuktes ikke og er nærmest uløselig i vann.

**Hypolimnion:**

De nederste kalde vannmassene med størst massetetthet i en termisk stratifisert innsjø under sommerstagnasjon.

**Impediment:**

Mark eller skog som er uskikket til land- og/eller skogsbruk.

**Karbonatsystemet:**

Et viktig buffersystem i naturen. I systemet vekselvirker syre- og basepar. Dersom vannets CO<sub>2</sub>-innhold er høyt vil pH senkes, og dersom CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er lav vil det kunne forventes høyere pH.

**Klorofyll-a:**

Molekyl som er med på å gi fotosyntiserende organismer grønnfarge. Klorofyller absorberer lysenergi som igjen kan omdannes til kjemisk energi ved fotosyntese.

**Konduktivitet:**

Konduktiviteten i en innsjø er et mål på vannets evne til å lede elektrisitet. Konduktiviteten blir bestemt ut ifra innholdet av ladede ioner. Jo større konsentrasjon av oppløste salter, jo høyere konduktivitet.

***Korrelasjonsgradient:***

En hovedtrend i et datasett, satt sammen av flere variabler som avhenger av hverandre. For eksempel vil konduktiviteten øke dersom innholdet av diverse ioner øker. Disse variablene er da positivt korrelerte og danner en korrelasjonsgradient.

***Logaritmisk transformasjon:***

En variansstabiliserende transformasjon som gjør data mer normalfordelte.

***Lugol's løsning:***

Løsning bestående av jod og eddik som ofte benyttes til konservering av phytoplanktonprøver.

***Makroelementer:***

De essensielle grunnstoffene en plante trenger størst tilførsel av gjennom mineralsk næring. Nitrogen, kalium, kalsium, magnesium, fosfor og svovel inneforstås som makroelementer.

***Mesotrof:***

Beskrivelse av innsjø som har middels tilførsel av næringsstoffer, og derfor også middelmådig produksjon av phytoplankton.

***Mikroelementer:***

Grunnstoffer som i små mengder er nødvendig for plantenes vekst og reproduksjon. Mikroelementer innebefatter jern, bor, mangan, sink, kobber, molybden, klor og nikkel

***Miksotrofi:***

En miksotrof organisme kan ernære seg både autotroft ved å bedrive fotosyntese, og heterotroft ved å degradere organiske molekyler.

***Miljøvariabler:***

Fysiske og kjemiske parametre med tilknytning til studieobjektets omgivelser, og som kan variere i verdi med tid. For eksempel temperatur, næringsinnhold eller pH.

***Mineralisering:***

Mikrobiell omvandling av organiske forbindelser til uorganiske stoffer. For eksempel vil organisk bundet nitrogen, som er nitrogen bundet i karbonholdige forbindelser, kunne omdannes til mineralsk nitrogen (nitrat og ammonium) som kan tas opp av planter.

**Monte Carlo permutation-test:**

Test som benyttes til å bedømme nivået av statistisk signifikans til valgte miljøvariabler. Variablene kjøres gjennom en prosess som kalles "forward selection" for å velge ut de variablene som har en signifikant forklaringsverdi ( $p < 0,05$ ) i forhold til de biologiske artsdataene.

**Multivariate analyser:**

Fellesbetegnelse på statistiske analysemetoder som brukes til å se samvariasjonsmønstre i meget store datasett.

**Nedbørsfelt:**

Et geografisk område, bestemt av terrengets høydelinjer og topografi, der det vannet som samles opp i form av nedbør bidrar til et vassdrag.

**Nitrifikasjon:**

Totrinnsprosess der ammonium først oksideres til nitritt som deretter oksideres videre til nitrat. Oksidasjonsprosessene foregår ved hjelp av mikrobiologisk aktivitet.

**Normalfordeling:**

Ved mange nok observasjoner vil de målte mengdene til disse fordele seg rundt gjennomsnittsmengden og nærme seg en normalfordeling (sentralgrenseteoremet). Grafen til funksjonen av normalfordelte data blir en klokkeformet, symmetrisk kurve.

**Oligotrof:**

Beskrivelse av innsjø som har liten tilførsel av næringsstoffer, og derfor også beskjeden produksjon av både phytoplankton og høyerestående planter.

**Oppholdstid:**

Et mål på hvor lenge vannmolekylene blir i en innsjø. Oppholdstiden angir hvor lang tid det tar å fylle opp innsjøen, dersom den var tom for vann, med gjennomsnittlig vannføring i tilløpene.

**Orthogonal:**

To linjer er helt orthogonale dersom de står vinkelrett på hverandre. Linjene er dermed totalt uavhengige av hverandre uten noen samvariasjon.

**Phytoplankton:**

Mikroskopiske og, som oftes, autotrofe alger og blågrønne bakterier som lever i de frie vannmasser.

***Picoplankton:***

Meget små plankton med størrelse på 0,2-2,0µm.

***Primærdata:***

Nye data, foreksempel målte mengder av kjemiske parametre, som er samlet inn av den eller de som lager undersøkelsen. Dette er data som enda ikke er publisert eller forandret på.

***Principal component analysis:***

Ordinasjonsmetode for å visualisere samvariasjon i store komplekse datasett. PCA-ordinasjonen kan kun benyttes på lineære data.

***Raphidophyceae:***

Nålflagellater.

***Standardavvik: (SD)***

Viser de målte mengdenes avvik fra gjennomsnittet. Et lavt standardavvik vil derfor bety liten spredning, mens et høyt standardavvik vil tilsvare stor spredning mellom målte mengder i datasettet.

***Suksesjon:***

Betegnelsen på endringene i artssammensetningen som skjer over tid i et system, for eksempel phytoplanktonsamfunnet i en innsjø.

***Taxa :***

Flertall av taxon som er en gruppe organismer en taxonomist har vurdert til en enhet, for eksempel en art eller en slekt.

***Termoklinen:***

Det planet i en stratifisert vannmasse som gjennomgår den største temperaturendringen med økende dyp.

***Top-down:***

Top-down systemet vil i biologien bety at dersom det skjer forandringer hos høyere ledd i næringskjeden vil dette som oftes forplante seg nedover i leddene. Forsvinner for eksempel spesielle fiskearter vil ikke disse kunne predatere på zooplankton som igjen sørger for et større beitepress på phytoplankton.



***Turbiditet:***

Et mål på vannets innhold av svevende partikler. Turbiditet viser til vannets grad av klarhet og høy turbiditet kan være forårsaket av slam, leire, mikroorganismer og/eller organisk materiale.

***Typifisering:***

Går ut på å dele inn vannforekomster etter fastsatte fysiske og kjemiske karakteristika, som foreksempel humusinnhold eller størrelse på innsjø.

***Utermöhl-metoden:***

En kvantitativ planktonundersøkelse der det er mulig å analysere på både biomasse og artssammensetning. Metoden er basert på bruken av et omvendt mikroskop som har de optiske elementer vendt oppover fra under objektbordet. Det omvendte mikroskopet gjør det mulig å bruke høy forstørrelse uten å skille eller klemme i stykker delikate phytoplanktonceller.

***Vannblomst:***

Spontan økning i tilvekst av phytoplankton om sommeren. Vannblomst eller algeoppblomstring kan gi vannet synlig farge og domineres som regel av kun en eller noen få arter, gjerne blågrønne bakterier.

***Varians:***

Et uttrykk for mengden av variasjon mellom observasjonene i et datasett.

***Vegetasjonssone:***

Vegetasjonssoner forteller om variasjonen i plantedekket på ulike steder. Boreal sone er nordlig og domineres av barskog, mens boreonemoral sone ligger i overgangen til nemoral sone som domineres av løvskog.

***Økoregion:***

Vannforekomstene i Norge fordeles på 6 økoregioner. Disse er definert ut ifra klimatiske forhold og biogeografiske mønstre til forskjellige biologiske kvalitetselementer som for eksempel fisk eller bunndyrfauna.

# 1. Innledning

Skogbrann er den viktigste naturlige forstyrrelsesfaktoren i boreale skoger og medfører forandringer i økosystemet som berører vegetasjonens sammensetning og struktur i landskapet. Brann påvirker også jord- og vannressurser som er kritiske i forhold til økosystemets samlede prosesser og funksjoner. Økning i avrenningsvann og erosjon koblet med brannrelaterte forandringer i jordsmonnets fysiske og kjemiske egenskaper kan bidra til økt tilførsel av sediment og næringsstoffer til det limnologiske systemet. Dette kan igjen ha stor innvirkning på akvatiske organismer. Neary m.fl. (2005) har publisert en detaljert rapport som fremlegger hvordan brann påvirker økosystemenes jordsmonn og innsjøer.

En skogbrann kan ha oppstått av naturlige årsaker som ved lynnedslag, eller den kan ha vært menneskeskapt med kulturbetinget bakgrunn som ved svedjebruk, beitebrenning eller flatebrenning til skogbruket. De kulturbetingede tenningskildene har økt i antall i nyere tid og dominerer i dag det norske brannregimet (Bleken m.fl. 1997, Høgberget 2010). Skogbrannene her til lands det siste århundrede har stort sett vært små. Over 80% av brannene har hatt en størrelse på under 5 dekar, mens bare 2% har omfattet over 100 dekar. Registreringer av antall skogbranntilløp i perioden 1913 til 2000 viser et gjennomsnitt på 1 100 branner per år, med en topp i perioden 1973 til 1982. På slutten av 1990-tallet falt antallet enkelte år helt ned til under 200 skogbranner. I perioden 1973 til 1982 brant det årlig i gjennomsnitt 15 500 dekar produktivt skogareal, mens brent areal på slutten av 1990-tallet enkelte år sank ned til under 2 000 dekar (Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap 2008). Bleken m.fl (1997) har publisert en utredning som tar opp emneområdet skogbrann og norsk brannhistorikk i bredt perspektiv. Brannen i Froland kommune, som startet opp 9. juni 2008, er den hittil største registrerte skogbrannen i Norges nyere brannhistorikk. Med en svært tørr forsommer og sterk vind i området fikk brannen mulighet til å utvide seg hurtig før den omsider ble tatt kontroll over 16. juni. Froland-brannen varte totalt i tretten dager fra 9. til 22. juni og et område på 26 000 dekar brant (Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap 2008, Storaunet m.fl 2008, Høgberget 2010).

I Norge har det vært få store skogbranner som har gitt grunnlag for oppfølging av brannens effekter på akvatiske økosystemer. Froland-brannen oppstod i et område rikt på små tjern og innsjøer samtidig som den omfattet hele nedbørsfeltet til flere av disse vannene. Dette gjør brannen til et godt utgangspunkt for studier av slike effekter. Siden Froland har en typisk sørlandsk naturtype vil resultater fra slike studier ikke bare gjelde for denne brannen, men også for alle eventuelle fremtidige branner i tilsvarende naturtyper.

På grunn av at brannflaten i Froland er så unik har forskningsprosjektet Pyrowater, som denne masteroppgaven inngår i, blitt startet opp. Prosjektet ser på kortsiktige og langsiktige effekter av skogbrann på jord og vann, og skal undersøke fysiske, kjemiske og biologiske effekter av skogbrann i ni innsjøer. En meget viktig komponent i ferskvannsbiologien er phytoplankton. I tillegg til å danne grunnlaget for den akvatiske næringskjeden gjør organismegruppens korte livssyklus det mulig å påvise miljømessige forandringer tidlig. På grunn av høy følsomhet overfor næringsstoffer vil forandringer i vannets kjemi raskt gjenspeiles i phytoplanktons volum og samfunnsstruktur (Hötzel og Croome 1999, Lepistö m.fl. 2004, Willén 2007). Som en del av Pyrowater har det blitt tatt vannkjemiske prøver og resultater foreligger derfor allerede i Høgskolen i Telemarks databaser.

Målsetningen med dette studiet har vært å analysere kvalitative og kvantitative forandringer i phytoplanksamfunnet som kan være forårsaket av brann. Dette gjøres ved å studere forskjeller i samfunnsstruktur og vannkjemi mellom seks brannpåvirkede innsjøer og tre referansevann i en periode på tre år etter brannen.

## **2. Bakgrunns litteratur**

### **2.1 Effekter av skogbrann på vannkvalitet og phytoplankton.**

#### **2.1.1 Erosjon, sedimentasjon og turbiditet.**

I hvor stor grad en skogbrann vil påvirke vannkvaliteten varierer. Den mest signifikante faktoren som innvirker på denne variasjonen er antagelig nedbør, da de største forandringene i vannkvalitet etter en brann ofte forekommer som en respons på store nedbørsmengder. Tap av vegetasjonsdekke og organisk materiale fra skogbunnen (detritus) betyr at større mengder vann vil nå det eksponerte jordsmonnet direkte når det regner. Dette fører til økt erosjon og overflateavrenning slik at sediment ledes ut i innsjøene (Neary m.fl. 2005, Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>). Varmen som oppstår ved forbrenning av detrituslaget gjør jorden mer hydrofobisk, noe som også bidrar til større overflateavrenning (Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>). I tillegg har terrengets helling innvirkning på mengden materiale som forflytter seg ut i innsjøene. Dersom terrenget er bratt vil omfanget av erosjonen være større enn ved slakt terreng (Neary m.fl. 2005). Store strømminger med vann kan føre med seg høy sedimentkonsentrasjon. Spredningen av sediment til innsjøer er ofte størst det første året etter en brann, avhengig av nedbør og snøsmelting.

I de påfølgende årene vil sedimenttilførselen avta parallelt med at vegetasjon re-etableres i det brente nedbørsfeltet (Neary m.fl. 2005, Smith m.fl. 2010).

Som et resultat av erosjon, suspendert sediment og spredning av mindre jordpartikler i innsjøene vil også turbiditeten øke. Fine partikler av suspendert materiale, plankton og andre mikroorganismer har innvirkning på den visuelle klarheten i vannet (Neary m.fl. 2005, Smith m.fl. 2010, Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>). Høy turbiditet reduserer dybden til solinnstrålingen i vannet og vil derfor påvirke i hvilken grad fotosyntese kan foregå. Suspendert sediment og turbiditet kan ofte være en av de mest dramatiske følgene av skogbrann når det gjelder vannkvaliteten (Neary m.fl. 2005).

### **2.1.2 Aske.**

Aske består av diverse komponenter og etter en skogbrann kan askeavsetninger ligge igjen som store lager med partikulært karbon. Avsetninger av denne typen kan også inneholde høye konsentrasjoner næringsstoffer og andre potensielle forurensende stoffer. Avrenning fra områder med slik akkumulert aske kan gi høyere konduktivitet, turbiditet og pH, i tillegg til økt konsentrasjon av diverse ioner (Ekelund og Aronsson 2005, Smith m.fl. 2010). Den kjemiske sammensetningen i aske er variabel, og reflekterer type vegetasjon og hvilken del av planten (bark, tre eller blader) som er brent. I tillegg spiller klima, jordtype og forbrenningsforholdene inn (Smith m.fl. 2010). Innholdet av kjemiske stoffer i aske domineres generelt av makroelementene kalsium (Ca), silisium (Si), aluminium (Al), kalium (K) og magnesium (Mg). Av mikroelementer er innholdet av jern (Fe) høyest, etterfulgt av mangan (Mn), sink (Zn) og kobber (Cu) (Ekelund og Aronsson 2005). Hovedinnholdet i treaske (hvit aske) består av kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Treaske er dermed meget syrenøytraliserende og kan øke pH-verdien i jord og vann (Ekelund og Aronsson 2005, Neary m.fl. 2005, Smith m.fl. 2010). Innhold av karbon (C) i aske avhenger av forbrenningens omfang. Mørk aske, som dannes under ufullstendig forbrenning, vil inneholde mer karbon enn hvit aske. Økte erosjonsrater, kombinert med tilførsel av mørk aske med høye konsentrasjoner av organisk karbon kan føre til stor tilførsel av organisk karbon til innsjøer i brente nedbørsfelt (Smith m.fl. 2010). Generelt vil forhøyede konsentrasjoner av kjemiske bestanddeler som stammer fra aske ha relativt kort levetid. Det vil likevel ofte registreres økninger etter kraftige regnfall- og snøsmeltingsperioder en stund fremover. Askeavsetninger kan også endre avrenningsmønsteret og jordsmonnets evne til erosjon ved klogging av porene i jorden. Dette vil danne overflateskorper som kan gi større og endrete avrenningsstrømmer som kan føre med seg store mengder materiale (Smith m.fl. 2010, Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>).

### 2.1.3 Næringsstoffer.

Planter og detritus inneholder næringstoffer som nitrogen (N), fosfor (P), kalium, kalsium og magnesium (Neary m.fl. 2005). Skogbrann øker hastigheten på den normale mineraliseringsprosessen som finner sted i organisk materiale. Varmen kan forandre de kjemiske komponentene slik at næringstoffer og metaller blir mer mobile og konvertert til løselige former som lettere kan tas opp av phytoplankton (Bleken m.fl. 1997, Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>). Etter en brann vil det være mindre vegetasjon og akkumulering av organisk materiale vil ikke foregå i like stor grad. Dette betyr et lavere næringsopptak fra planter, samtidig som næringsstoffer lekkes ut i innsjøene med avrenningsvann som en konsekvens av nedbør og erosjon (Neary m.fl. 2005). Nitrogen og spesielt fosfor regnes som vekstbegrensende for phytoplankton. Økte konsentrasjoner av disse stoffene kan gi eutrofiering, oppblomstringer og strukturforandringer i phytoplanktonsamfunnet (Planas m.fl. 2000, Kalin m.fl. 2001, Kalff 2003, Neary m.fl. 2005, Nitschke 2005, Smith m.fl. 2010). For eksempel vil det i vann med stor tilførsel av P (N-begrensede systemer) kunne forventes reproduktiv suksess for nitrigenfikserende blågrønne bakterier (Planas m.fl. 2000, Kalff 2003, Nitschke 2005). Phytoplankton tar opp nitrogen i form av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) og nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Flere former av nitrogen, spesielt nitrat, blir dannet ved termisk nedbryting av det organiske materialet. Ved høye temperaturer reduseres total-nitrogen, mens det dannes ammonium i forbrenningsprosessen. I månedene etter brannen vil som regel ammoniumkonsentrasjonen avta som en følge av nitrifikasjonsprosessen som omdanner ammonium til nitrat (Bladon m.fl. 2008, Smith m.fl. 2010). Mye av oppmerksomheten omkring næringsstoffenes relasjoner til skogbrann er fokusert på nitrat, først og fremst fordi nitrat er et meget mobilt ion som har lett for å lekke ut i akvatiske systemer. I jord og vann er fosfor tilstede i mange forskjellige former; reaktivt fosfat (uorganisk fosfat), partikulært organisk fosfor og andre uorganiske former. Fosfor har ikke like stor evne til utlekking som nitrat siden fosfor kompleksbinder seg med organiske substanser i jorden, men etter en skogbrann kan fosfor lettere forflyttes og tilføres vannsystemene sammen med erodert materiale (Neary m.fl. 2005, Smith m.fl. 2010). Fosfor tas hurtig opp av phytoplankton når det kommer ut i vannet (Neary m.fl. 2005). Mengden nitrogen og fosfor som eksporteres med nedbør ut i innsjøene varierer som en effekt av forskjeller i det brente nedbørsfeltet. Diverse landskapsfaktorer bidrar til i hvor stor grad en brann påvirker tilførselen av næringsstoffer, deriblant størrelsen på nedbørsfelt, erosjonsprosesser, vegetasjon- og jordtype og topografi (Smith m.fl. 2010, Smith m.fl. 2011<sup>b</sup>). De metalliske næringsstoffene som kalium, kalsium og magnesium vil ved høye temperaturer omdannes til oksider og avsettes som del av askelaget på skogbunnen. Oksider har lav oppløslighet helt til de reagerer med korbondiodid ( $\text{CO}_2$ ) og vann.

Som et resultat av denne reaksjonen omdannes oksidene til bikarbonatsalter ( $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  og  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ) og vil i denne formen være langt mere løslige og utsatt for transport og utlekking i det akvatiske systemet (Neary m.fl. 2005). Etterhvert som vegetasjonsdekket og mikrobielle samfunn re-etableres, samtidig som næringstoffene går tapt i sediment eller skylles ut av innsjøen, vil konsentrasjonene ofte raskt falle tilbake til nivåer som var tilfellet før brann (McEachern m.fl. 2000, Smith m.fl. 2010).

#### **2.1.4 pH.**

Innsjøers pH påvirkes av den kjemiske sammensetningen i jordsmonnet til nedbørsfeltet. Den utlekkingen av kjemiske komponenter som ofte inntreffer etter en skogbrann vil kunne føre til en forandring i pH på bakgrunn av hvilke stoffer som tilføres vannet. Treaske kan som nevnt resultere i fluktuerende pH-verdier, som igjen kan gi forandringer i phytoplanktons forekomst og funksjonalitet. Forbrenningen av organisk materiale under en skogbrann og den påfølgende utlekkingen av løslige basekationer vil ofte gi en økning i pH kort tid etter brannen (Ekelund og Aronsson 2005, Neary m.fl. 2005). Via karbonatsystemet vil høye pH-verdier kunne føre til at fotosyntese avtar grunnet mindre tilgjengelig  $\text{CO}_2$ . I tillegg kan bevegelighetsfaktorer og celledvekst hemmes hvis pH er høy (Ekelund og Aronsson 2005). Utskilling av kationer fra jordsmonnet kan også føre til ionebytting og en frigjøring av protoner ( $\text{H}^+$ ), spesielt i områder med mye torvmoser og myr. Økte konsentrasjoner av  $\text{H}^+$  ioner senker pH og reduserer alkaliniteten (McEachern m.fl. 2000). I sure miljøer kan visse phytoplanktongrupper, som for eksempel blågrønne bakterier og kiselalger, så godt som forsvinne. Typisk ved forsuring av vann er en tydelig nedgang av antall arter (Ekelund og Aronsson 2005, Willèn 2007). Som regel er det ikke den lave pH-verdien som mange arter er intolerante overfor, men en nedgang i næringskonsentrasjon som ofte følger en forsuring. Fosfor kan bli uopløselig ved både høye og lave pH-verdier. I basiske omgivelser ( $\text{pH} > 7$ ) vil kalsium reagere med fosfor, mens ved lav pH ( $< 5,5$ ) vil fosfor danne kompleksbindinger med aluminium og jern (Neary m.fl. 2005, Willèn 2007). Hver av disse reaksjonene vil resultere i uløselige sammensetninger som gjør fosfor utilgjengelig for phytoplankton.

### **2.1.5 Fysiske faktorer.**

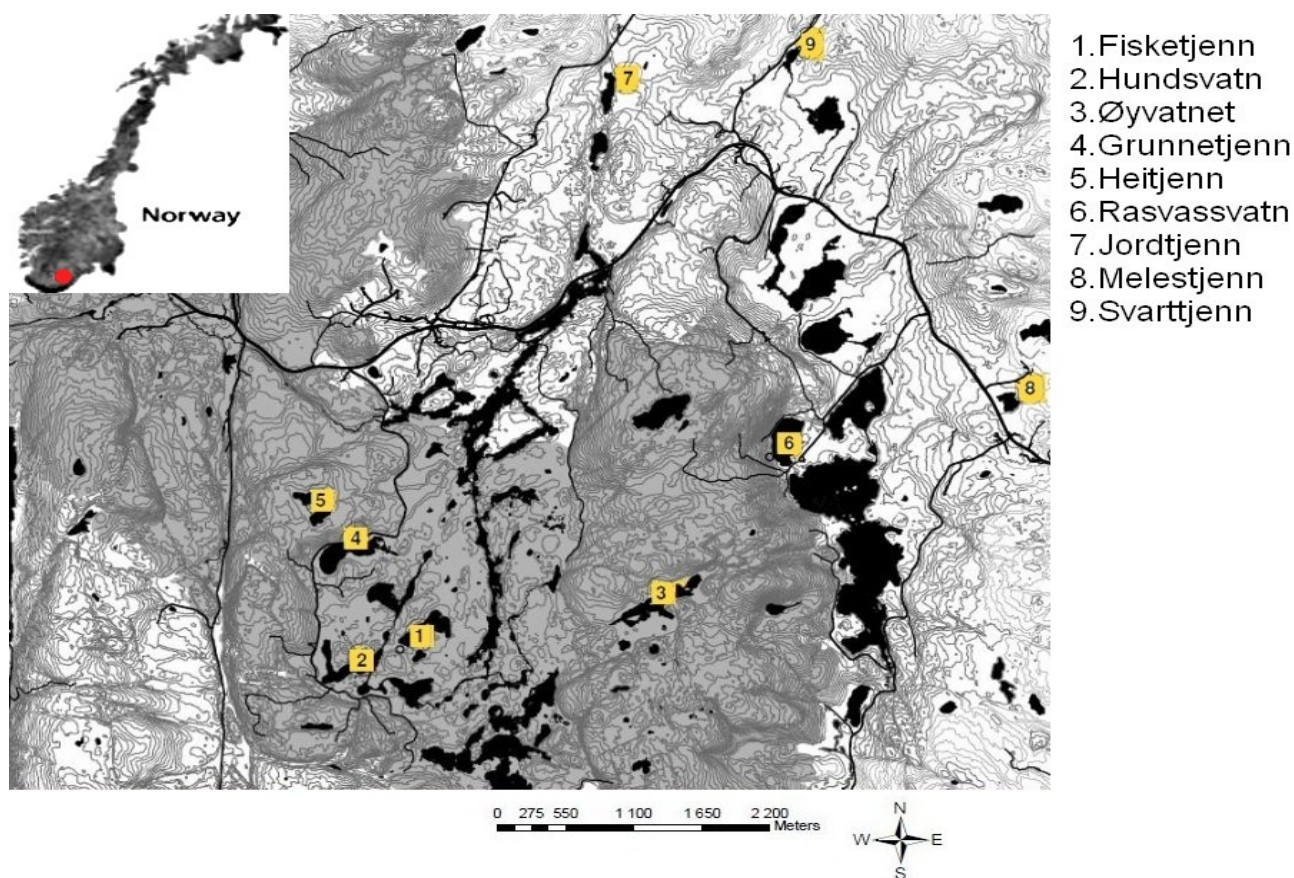
Vanntemperatur er en kritisk komponent når det gjelder vannkvaliteten. Alvorlige skogbranner kan høyne temperaturen i elver og innsjøer ved at varmen gir direkte opphetning av vannoverflaten. Som regel vil temperaturen da vende relativt raskt tilbake til utgangspunktet før brann. Derimot vil fjerning av kantvegetasjon gjøre vannoverflaten utsatt for større mengder solinnstråling som kan gi høyere vanntemperaturer i lang tid fremover (Neary m.fl. 2005, Nitschke 2005). Økte vanntemperaturer kan sette fart i eutrofieringsprosessen og produksjon av oksygen, men kan også forårsake større biologisk aktivitet. Både økt biologisk aktivitet, i form av bakteriell nedbryting av organisk materiale, og oppvarming av vannet vil føre til en reduksjon av oppløst oksygen. Lite tilgjengelig oksygen kan være en stor bekymringen relatert til akvatisk biota (Kalff 2003, Neary m.fl. 2005). Når oksygenkonsentrasjonene i vannet blir lavere enn 10 mg/L kan det skape problemer for laksefiskene (Neary m.fl. 2005). Dette vil kunne forplante seg videre nedover i næringskjeden som en top-down reaksjon og gi forandringer i phytoplanktonsamfunnet. Da fotosyntesen er essensiell og enkelte arter trives bedre ved høy solinnstråling enn andre, vil også lysgjennomtrengning i vannet være en viktig faktor for phytoplanktonproduksjon og samfunnsstruktur (Kalin m.fl. 2001). Siden skogbrann kan resultere i mindre kantvegetasjon vil innsjøer i tillegg kunne bli mer utsatt for vind. Vinden påvirker i hvilken dybde termoklinen etableres, som generelt vil ligge dypere hos innsjøer som er utsatt for mye vind (Steedman og Kushneriuk 2000, Longhi og Beisner 2009). Termoklinen er en faktor som virker inn på phytoplanktonsamfunnet fordi dette sjiktet danner en barriere mellom epilimnion og hypolimnion. Sediment, næringsstoffer og gasser som når hypolimnion vil ikke kunne utnyttes av phytoplankton i den øvre eufotiske sonen (Hötzel og Croome 1999, Longhi og Beisner 2009).

## **3. Områdebeskrivelse**

### **3.1 Undersøkellesområdet.**

De ni vann, som prøvene til denne undersøkelsen er hentet fra, er alle lokalisert i Froland kommune omkring tettstedet Mykland som ligger nært inntil brannflaten. Froland kommune er en innenlandskommune i Aust-Agder med grenser til Arendal, Grimstad, Birkenes, Evje og Hornes, Bygland, Åmli og Tvedestrand kommuner. Froland befinner seg i Tovdalsvassdraget som ligger mellom Otra og Nidelva, og munner ut i Topdalsfjorden nordøst for Kristiansand ([www.nve.no](http://www.nve.no)).

Kommunen tilhører vannområde Tovdal i vannregion Agder. Vannregion Agder er lokalisert til økoregion Sørlandet (veileder 01:2009). Et totalareal på 26 000 dekar (grått område på **figur 1**) ble berørt av brannen, hvorav 74% bestod av produktiv skog og 5% bestod av impediment og skrapskog. Andelen vann og myr dekker 21% av brannområdet (Storaunet m.fl. 2008). **Figur 1** viser beliggenheten til de innsjøene som har vært med i undersøkelsen. Fisketjenn, Hundsvatn og Øyvatnet ligger i brannområdet. Grunnetjenn, Heitjenn og Rasvassvatn ligger i et område påvirket av både brann og hogst. Jordtjenn, Melestjenn og Svarttjenn befinner seg utenfor brannområdet og fungerer som referansevann.



**Figur 1.** Oversiktskart over brannområdet i Froland og innsjøer som har vært undersøkt. Grå sone indikerer området som har vært utsatt for brann. Kartet er hentet fra Storaunet m.fl. 2008.



Størrelsen på nedbørsfeltene til de undersøkte vannene, samt hva disse arealene består av, vises i **tabell 1**.

**Tabell 1.** Størrelse på nedbørsfelt (km<sup>2</sup>) til de undersøkte vannene og hvor stor prosentandel som består av landbruksareal, myr, innsjø, skog, fjell og urbant område. Data er tilsendt fra NVE.

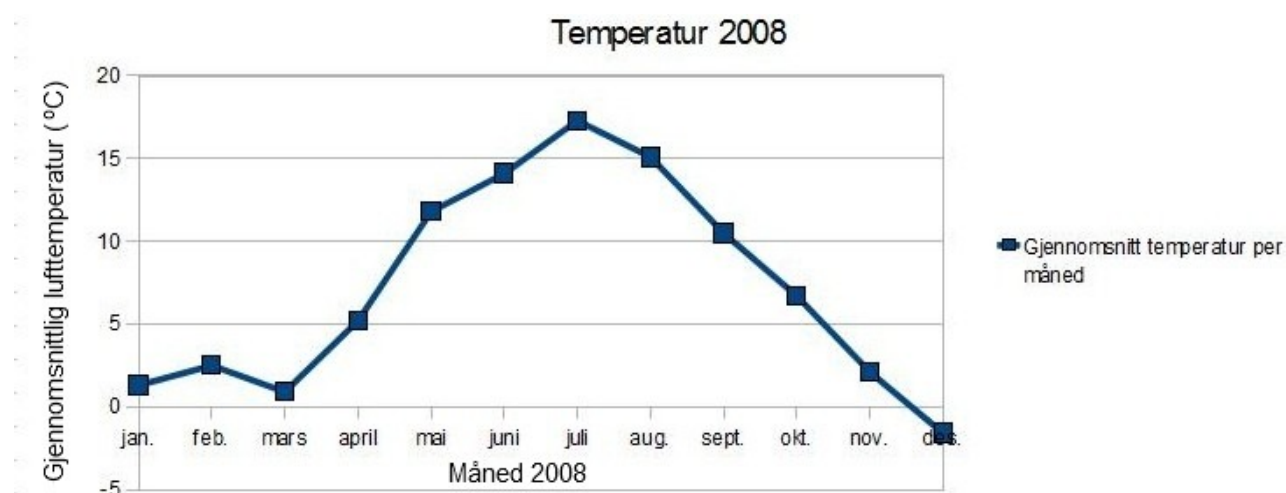
	Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatnet	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn
<b>Nedbørsfelt (km<sup>2</sup>)</b>	0,23	2,63	1,09	0,86	0,14	1,23	2,87	0,13	6,86
<b>Landbruk (%)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	5,2	2,0
<b>Myr (%)</b>	29,8	22,0	11,8	10,7	3,1	7,8	7,8	8,6	13,3
<b>Innsjø (%)</b>	26,8	12,4	8,1	11,9	26,4	12,5	3,0	15,7	1,8
<b>Skog (%)</b>	37,5	61,0	79,3	70,4	52,3	78,2	85,4	62,4	81,7
<b>Fjell (%)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Urbant område (%)</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### 3.2 Geologi og vegetasjon.

Berggrunnen til Froland består overveiende av grunnfjell med granitt og gneis. Dette er sure bergarter som forvitrer sent og gir lite plantenæring. Landskapet i Mykland er småkupert med skogkledde åser og mange daler som følger berggrunnens struktur. Området karakteriseres også av myrlandskap med mange mindre tjern, i tillegg til et par større vann (Elgersma og Asheim 1998, Solvang 2003, Brandrud m.fl. 2010). Naturgeografisk ligger Froland kommune i den sørøstnorske blandingskogsregionen. Kommunen befinner seg i boreonemoral, sørboreal og mellomboreal vegetasjonssone (Solvang 2003). Før brannen bestod skogsarealet til Mykland av 50-60% yngre furuskog, generelt på lav bonitet. Rene granbestander utgjør 1-4% av arealet, og disse har stort sett unngått brann. Skogsareal dominert av løv- og edelløvskog utgjorde før brann 1-2%, men ca halvparten av dette arealet har brent langs bakken. Ca 10-15% av furuskogen på bedre bonitet hadde innblanding av bjørk (*Betula pubescens*) og osp (*Populus tremula*). Selv om den kraftige bakkebrannen vil redusere produktiviteten en periode fremover, forventes det på disse områdene suksesjon dominert av løvskog. Flere lavbonitetsområder forventes trebare i lang tid (Storaunet m.fl. 2008).

### 3.3. Klima.

Selv om Froland er en innenlandskommune ligger den likevel nokså kystnært i den sørøstlige delen av Aust-Agder. Den normale middeltemperaturen for vårmånedene (mars-mai) i Aust-Agder varierer fra mellom 4 og 6°C langs kysten, til mellom -4 og -2°C i fjellområdene nordvest i fylket. Om sommeren (juni-august) ligger middeltemperaturen normalt på mellom 14 og 16°C i de sørøstlige delene av fylket, mens fjellområdene vil ha en lavere middeltemperatur på rundt 6°C på de høyeste partiene. Høstmånedene (september-november) viser i de kystnære strøkene en normal middeltemperatur på rundt 8°C, mens fjellstrøkene i nord har en middeltemperatur på rundt 0°C. De varmeste områdene i vintersessongen (desember-februar) er også i kyststrøkene med middeltemperaturer på mellom 0 og 2°C. Middeltemperaturen kan godt ligge på mellom 0 og -5°C innover i fylket (retro.met.no). **Figur 2** viser middeltemperaturen, måned for måned, fra år 2008 da brannen fant sted. Dataene kommer fra Nelaug målestasjon som befinner seg i Åmli kommune, nord for Froland.



**Figur 2.** Gjennomsnittlig lufttemperatur ved Nelaug målestasjon for hver måned i 2008. Data er tilsendt fra eklima.no

Når det gjelder nedbør er det et relativt stort skille mellom den østlige delen og den vestlige delen av Aust-Agder. De klareste tendensene er at de sørøstlige traktene av fylket får mindre nedbør enn de vestlige. Gjennomsnittlig årsnedbør ved Mykland er 1139 mm (Brandrud m.fl. 2010). I **tabell 2** vises gjennomsnittlig årsnedbør for hvert av de undersøkte vannenes nedbørsfelt. Ifølge data hentet fra eklima.no var nedbørsmengden for 2008, målt ved Nelaug målestasjon, 1725,6 mm. **Vedlegg 1** inneholder figurer som viser nedbørsmengden for hver måned i tidsperioden 2008-2011.

**Tabell 2.** Gjennomsnittlig årsnedbør (mm) for de undersøkte vannenes nedbørsfelt, fordelt over sommer- og vintersessong. Data er tilsendt fra NVE.

	Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatnet	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn
Årlig nedbør (mm)	1182	1184	1183	1178	1165	1169	1146	1184	1152
Nedbør sommer (mm)	483	484	483	482	480	482	481	487	482
Nedbør vinter (mm)	700	700	700	695	685	687	666	697	670

### 3.4 Morfometri.

I følge "klassifisering av miljøtilstand i vann" (veileder 01:2009) typifiseres alle de ni vann som har blitt undersøkt til små skogsvann. **Tabell 3** viser en oversiktstabell med morfometriske data.

**Tabell 3.** De undersøkte innsjøenes overflateareal (km<sup>2</sup>), vannvolum (m<sup>3</sup>), maksimumsdybde(m) og høyde over havet (m). Data er tilsendt fra NVE

	Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatt	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn
Areal (km <sup>2</sup> )	0,06	0,15	0,07	0,07	0,04	0,89	0,02	0,01	0,02
Volum (m <sup>3</sup> )	108847	647833	76587	72000	30417	4573287	74733	18807	45783
Maksimum dybde (m)	5,8	13	3,2	3,2	2,5	15,4	9,5	6,2	6,7
Høyde over havet (m)	237	274	286	262	280	267	346	233	328

### 3.5 Vannkvalitet.

På grunn av lite løsmasser og en berggrunn som stort sett består av sure bergarter, vil mye av ferskvannsarealene i Aust-Agder karakteriseres som ione- og næringsfattige. Slike forhold gir dårlige vilkår for å nøytralisere sur nedbør, noe som resulterer i lave tålegrenser i dette området (Gustavsen 2003, Solvang 2003). For å motvirke forsuringen har kalking av Aust-Agders vann og vassdrag foregått i flere tiår. De synlige konsekvensene av forsuring er først og fremst at fisken forsvinner, og den opprinnelige laksestammen i Tovdalsvassdraget har dødd ut som følge av dette. De senere årene har nedbøren blitt mindre sur som følge av internasjonale avtaler om reduksjon i utslipp av nitrogen og svovel (Gustavsen 2003).

Under følger en presentasjon av kjemiske parametre og klorofyll-a mengder som danner grunnlag for vurdering av innsjøenes tilstandsklasser og typifisering (**Tabell 4**). Det er beregnet gjennomsnitts-, maksimums-, og minimumsverdier for perioden 2009-2011. Alle data er hentet fra Høgskolen i Telemarks databaser og hele datasettet er å finne i denne oppgaven som **vedlegg 2**. Veileder 01:2009 typifiserer innsjøer som klare hvis fargetallet er lavere enn 30 mg Pt/L og humøse dersom fargetallet ligger på 30-90 mg Pt/L. Dette kategoriserer Fisketjenn, Grunnetjenn, Heitjenn og Rasvassvatn til klarvannsinnsjøer. Hundsvatn, Øyvatt, Jordtjenn, Melestjenn og Svarttjenn typifiseres til humøse vann, dog Melestjenn grenser til svært humøs (>90 mg Pt/L).

Veileder 01:2009 deler også innsjøer inn i typer etter kalkinnhold. Innsjøer med Ca-innhold på < 1 mg/L typifiseres til svært kalkfattige, mens innsjøer med et Ca-innhold på 1-4 mg/L typifiseres til kalkfattige. Dette kategoriserer Fisketjenn, Hundsvatn, Heitjenn og Rasvassvatn som svært kalkfattige. Øyvatt, Grunnetjenn, Jordtjenn, Melestjenn og Svarttjenn kategoriseres som kalkfattige (se tabell 6).

Vannkvaliteten ble i første omgang klassifisert ut ifra "Klassifisering av miljøtilstand i vann" (Veileder 01:2009). I den grad Veileder 01:2009 sine tabeller ikke har gitt nye vanntypespesifikke grenseverdier ble klassegrensene fra "Klassifisering av miljøtilstand i ferskvann" (SFT 97:04) benyttet.

**Tabell 4.** Gjennomsnitt-, maksimums-, og minimumsverdier for klorofyll-a mengder og vannkjemiske parametre basert på data fra mai-september 2009-2011.

		Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatt	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn
Chl a (µg/L)	Gjennomsnitt	6	2	2	2	3	2	2	17	5
	Min – maks	2 – 14	1 – 5	1 – 4	1 – 5	1 – 5	2 – 4	1 – 5	3 – 35	2 – 11
Total P (µg/L)	Gjennomsnitt	7	7	5	5	6	10	5	10	6
	Min – maks	2 – 13	2 – 14	2 – 9	2 – 8	3 – 12	2 – 45	2 – 11	2 – 23	2 – 16
Total N (µg/L)	Gjennomsnitt	689	626	597	582	728	708	527	715	544
	Min – maks	344 – 1333	290 – 1573	208 – 1499	197 – 1385	266 – 1530	231 – 1951	165 – 1328	294 – 1333	189 – 1498
TOC (mg C/L)	Gjennomsnitt	6	6	6	5	5	5	6	11	7
	Min – maks	3 – 9	4 – 9	3 – 8	2 – 7	2 – 7	2 – 10	4 – 9	7 – 18	4 – 14
Farge (mg Pt/L)	Gjennomsnitt	28	36	33	20	23	21	34	89	33
	Min – maks	8 – 56	14 – 69	14 – 63	5 – 41	4 – 44	3 – 72	17 – 63	47 – 164	16 – 92
pH	Gjennomsnitt	4,9	5,0	5,8	5,4	4,9	5,1	5,3	5,2	5,4
	Min – maks	4,4 – 5,2	4,6 – 5,4	5,2 – 6,2	4,7 – 6	4,4 – 5,4	4,6 – 5,8	4,8 – 6,2	4,6 – 5,7	4,7 – 6,1
Alk (µekv/L)	Gjennomsnitt	8	15	38	21	8	31	24	22	32
	Min – maks	-18 – 40	-11 – 38	10 – 92	-3 – 72	-17 – 63	-12 – 169	-6 – 75	-2 – 49	-1 – 96
Ca (mg/L)	Gjennomsnitt	0,8	1	1,5	1,1	0,6	1	1	1,2	1,2
	Min-maks	0,2-1,7	0,5-1,7	1,1-2,3	0,5-2,2	0,2-1,0	0,4-2,3	0,5-1,8	0,7-2,2	0,7-2,3

Gjennomsnittsverdiene til det biologiske kvalitetselementet klorofyll-a vil på bakgrunn av veileder 01:2009 plassere Øyvatt og Jordtjenn i tilstandsklassen "meget god". Grunnetjenn og Svarttjenn vil komme inn under tilstandsklassen "god", og Melestjenn<sup>1</sup> havner i tilstandsklassen "dårlig". Det finnes ingen vanntypespesifikke grenseverdier for Fisketjenn, Hundsvatn, Heitjenn og Rasvassvatn når det gjelder klorofyll-a i veileder 01:2009. Det har derfor blitt tatt i bruk SFT 97:04 til å gi Hundsvatn, Heitjenn og Rasvassvatn den økologiske statusen "god", mens Fisketjenn havnet på statusen "mindre god". På grunn av gjennomsnittsverdiene til de kjemiske kvalitetselementene vil tilstandsklassene til Hundsvatn, Grunnetjenn, Heitjenn, Rasvassvatn og Svarttjenn bli nedgradert til "mindre god". Øyvatt og Jordtjenn blir nedgradert fra tilstandsklassen "meget god" til "god".

Tabell 5 viser en oversikt over status til hver av de presenterte parametrene.

<sup>1</sup> Melestjenn er et såkalt *Gonyostomum semen*-vann som ifølge Willén (2007) er en innsjø der denne arten utgjør 5% eller mer av den totale phytoplanktonbiomassen. Willén (2007) påpeker at *Gonyostomum semen* ikke skal medregnes i vurderinger om å senke vannkvaliteten på bakgrunn av phytoplanktoninnhold.

Tabell 5. Status tilstander til kvalitetsparametre på bakgrunn av gjennomsnittsverdier fra tabell 4.

	Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatn	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn
Chl.a	mindre god	god	meget god	god	god	god	meget god	dårlig	god
Tot-P	god	god	meget god	god	meget god	god	meget god	god	meget god
Tot-N	dårlig	dårlig	mindre god	dårlig	dårlig	dårlig	mindre god	dårlig	mindre god
TOC	mindre god	mindre god	mindre god	mindre god	mindre god	mindre god	mindre god	dårlig	dårlig
Farge	mindre god	mindre god	mindre god	god	god	god	mindre god	meget dårlig	mindre god
pH	meget dårlig	dårlig	mindre god	dårlig	meget dårlig	dårlig	dårlig	dårlig	dårlig
Alkalitet	meget dårlig	mindre god	meget dårlig	mindre god	meget dårlig	meget dårlig	mindre god	meget dårlig	meget dårlig
Samlet tilstand	mindre god	mindre god	god	mindre god	mindre god	mindre god	god	dårlig	mindre god

Innsjøer blir vanligvis også delt inn i gruppene oligotrof, mesotrof og eutrof. Under mer ekstreme forhold kan i tillegg kategoriene hyperoligotrof eller hypereutrof benyttes. Konseptet bak inndeling i trofisk status baseres på at forandringer i innsjøens næringsinnhold skaper endringer i phytoplanktonmengden, som igjen fører til forandring av vannets klarhetsgrad. Siktedyp, klorofyll-a mengde og fosforinnhold blir dermed ofte benyttet ved definering av innsjøens trofiske status.

I følge Høgberget (2010) er alle innsjøene i brannfeltet oligotrofe med varierende grad av dystrofi da det ikke er jordbruksvirksomhet i nedbørsfeltet som kan skape næringsrike forhold. Brettum (1989) og Økland og Økland (1998) har publisert forslag til trofisk inndeling av innsjøer som plasserer innsjøer med total-fosfor verdier opptil 10 µg/L i gruppen oligotrof. Dette støtter Høgbergets (2010) vurdering i henhold til de fleste av de undersøkte vannene. Rasvassvatn og Melestjenn ligger på grensen mellom mesotroft og oligotroft.

Carlson og Simpson (1996) og Kalff (2003) har foreslått bestemmelse av trofisk status ved hjelp av siktedyp. Dette er imidlertid systemer som er utviklet for bruk i ikke-humøse vann som har lav tilførsel av suspendert materiale og der phytoplankton utgjør den største delen av innsjøens turbiditet.

Indekssystemet utviklet av Dr. Robert Carlson (Carlson og Simpson 1996) kan også benyttes på gjennomsnittet av total-fosfor mengde og klorofyll-a innhold. Total-fosfor mengder på opptil 12 µg/L og klorofyll-a verdier på opptil 2,6 µg/L vil normalt assosieres med oligotrofi. Klorofyll-a verdier fra 2,6-7,2 µg/L forbindes med mesotrofi, mens verdier på over 7,2 indikerer eutrofi.

Carlsons trofiske indekssystem vil dermed vurdere alle de undersøkte innsjøene som oligotrofe i forhold til fosforinnhold. Når det gjelder klorofyll-a mengder vil kun Grunnetjenn, Hundsvatn, Jordtjenn, Rasvassvatn og Øytjenn komme inn under klassen oligotrof. Fisketjenn, Heitjenn og Svarttjenn vil kategoriseres til mesotrofe, mens Melestjenn kategoriseres til eutrof.

Klorofyll-a gir en bedre indikasjon på innsjøens trofigrad enn for eksempel fosforinnhold, da phytoplanktonmengden representerer resultatet av alle de fysiske og kjemiske faktorene som innvirker på vekstpotensialet i vannmassene (Brettum 1989, Brettum og Andersen 2004).

**Tabell 6** viser en oversikt over typifisering av de undersøkte innsjøene etter kalk- og humusinnhold, samt innsjøenes trofigrad. Tabellen er basert på overnevnte systemer.

*Tabell 6. De undersøkte innsjøenes trofiske statuser, samt typefisering i forhold til kalk- og humusinnhold*

	Fisketjenn	Hundsvatn	Øyvatt	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svartjenn
<b>Kalkinnhold</b>	svært kalkfattig	svært kalkfattig	kalkfattig	kalkfattig	svært kalkfattig	svært kalkfattig	kalkfattig	kalkfattig	kalkfattig
<b>Humusinnhold</b>	klar	humøs	humøs	klar	klar	klar	humøs	humøs	humøs
<b>Trofigrad</b>	oligo-mesotrof	oligotrof	oligotrof	oligotrof	oligo-mesotrof	oligo-mesotrof	oligotrof	mesotrof	oligo-mesotrof

## 4. Materiale og metoder

### 4.1 Analyse materialet.

Materialet som danner grunnlaget for studiet i denne mastergradsoppgaven har bestått av 26 ferdig innsamlede kvantitative phytoplanktonprøver. Prøvene er tatt fra innsjøene Fisketjenn, Hundsvatn, Øyvatt, Grunnetjenn, Heitjenn, Rasvassvatn, Jordtjenn, Melestjenn og Svartjenn i Froland kommune, Aust-Agder. Alle phytoplanktonprøvene stammer fra august måned i perioden 2009-2011. Prøvene har blitt konserverert med Lugol's løsning og vært lagret i mørkt kjølerom fram til analyse i oktober-desember 2011. Phytoplanktonprøven fra Øyvatt august 2009 har ikke vært tilgjengelig og er derfor ikke med i dette studiet. I tillegg til kvantitative prøver har det blitt undersøkt phytoplanktonhåvtrekk, hentet september 2011 fra samtlige vann, i den hensikt å gjøre seg kjent med eksisterende phytoplanktonsamfunn før analysering av de kvantitative prøvene. Alle de kvantitative phytoplanktonprøvene er blandprøver fra 0-6 meters dyp. Dersom innsjøen er grunnere enn 6 meter har blandprøven blitt tatt fra overflate til bunnen. Håvtrekkene er hentet fra innsjøenes hele dybdeprofiler (maskevidde 25 µm).

De vannkjemiske dataene stammer fra prøver tatt ved 1 meters dybde og er analysert i henhold til standard metoder benyttet ved Høgskolen i Telemark, avd Bø sine laboratorier.

All data omkring vannkjemi og klorofyll-a mengder har vært tilgjengelig i Høgskolen i Telemark sine databasesystemer.

## 4.2 Analysemetoder.

Alle analyser av phytoplankton ble utført på Høgskolen i Telemark, avd. Bø. Til kvalitativ identifikasjon av phytoplankton fra håvtrekkene ble det benyttet et Olympus CX21 lysmikroskop, hvor prøvene ble studert dråpevis på objektglass under forstøringer på 100X og 400X.

Phytoplanktonprøvene ble analysert kvalitativt og kvantitativt etter metoder utviklet av Utermöhl i 1958 og standard publisert av European Committee for Standardization (EN 15204:2006). Det ble brukt et omvendt mikroskop av typen Olympus CK2 med objektiver på 10X og 40X.

Gruppe-, slekt- og artsbestemmelser ble hovedsaklig utført ved hjelp av Tikkanen og Willèns "Växtplanktonflora" (1992). Det ble i tillegg benyttet Canter-Lund og Lunds "Freshwater algae, their microscopic world explored" (1996) og Nygaards "Dansk planteplankton" (2001).

### 4.2.1 Kvantitativ og kvalitativ analyse av phytoplankton-vannprøver (Utermöhl-metoden).

Utermöhl-metoden (1958) er teknisk basert på det omvendte mikroskopet, som har de optiske elementer vendt oppover fra undersiden av objektbordet. Det benyttes i tillegg et kombinert sedimentasjons- og tellekammer som gjør det mulig å sedimentere kjente vannvolumer, slik at totalmengden av plankton deretter kan beregnes.

Som første steg i analysen ble både kammer og vannprøver oppbevart natten over i analyserommet, slik at temperaturen ble tilpasset omgivelsene. Siden phytoplanktonmengden bestemmer det egnede sedimentasjonsvolum, ble det satt kamre med volum på 25 mL og 50 mL fra hver prøve. Før påfylling av vannprøven i sedimentasjonssylinderen ble hver prøve identisk ristet forsiktig i hundre bevegelser opp og ned. Dersom vannprøven inneholdt mye detritus eller bakterier ble prøven ristet ekstra godt og et kammer på 10 mL ble satt i tillegg. Prøvene ble satt til sedimentasjon på vått papirunderlag med en eske som deksel for å hindre fordampning. Alle vannprøvene fikk stå natten over til sedimentasjon. De ble deretter analysert kvalitativt og kvantitativt ved å scanne kammerbunnen under to ulike forstøringer; først 100X for å se etter og telle store arter, deretter 400X for å telle mindre arter. Dersom det ble observert et relativt høyt antall store arter under scanning med 10X objektiv, ble disse artene talt over hele kammerbunnen på 100X forstørring. Under telling med 40X objektivet ble det talt 50-100 tilfeldig valgte ruter, fordelt over kammerbunnen på diagonaler. Opptil 100 individer av hver art ble talt. Volum per individ hos hver art ble bestemt ved å bruke en  $\mu\text{m}$ -måleskala i okularet.

De nødvendige oppmålinger av opptil 10 individer av hver art ble tatt. Ut ifra de oppmålte individer ble det beregnet gjennomsnittlige størrelser. Geometriske figurer med tilhørende formler utarbeidet av Willén m. fl. (1985) ble brukt til utregning av volum på basis av disse oppmålingene.

### **4.3 Statistikk og forbehandling av data.**

Bearbeiding av av primærdata, som består av observasjoner fra de individuelle phytoplanktonprøvene, ble gjort i Microsoft-Excel 2010. Det ble opprettet et primærdatasett med responsvariabler som består av phytoplanktonartene og deres prosentvise andel av hver prøves totalvolum. I tillegg kom datasettet med de uavhengige forklaringsvariablene som består av fysiske og kjemiske miljøvariabler. Primærdata ble lagt inn i matriser hvor radene representerer arter eller miljøvariabler, og kolonnene representerer prøveenheter (sample units). Siden analyseprogrammet som ble benyttet ikke kan jobbe med negative verdier ble det i matrisen lagt til et tillegg på 25 hos alle verdier for alkalinitet, et tillegg på 45 hos alle ANC<sub>1</sub> verdier og et tillegg på 60 hos alle ANC<sub>2</sub> verdier. Ved manglende observasjoner av siktedyp for august måned ble det lagt inn en middelværdi fra sommermånedene (mai-juli) i de blanke cellene. PCA krever tilnærmet normalfordelte data. Dersom variablene ikke er normalfordelte kan det føre til feil konklusjoner i den multivariate analysen. Det ble derfor utført logaritmisk transformasjon på forklaringsvariabler der varians er større enn gjennomsnitt. For å undersøke de tilgjengelige primærdataene ble det benyttet to typer multivariate analyser; PCA-ordinasjon av miljøvariablene og DCA-ordinasjon av artsdataene. Det ble utført en Monte Carlo permutation-test for å finne ut om noen av miljøvariablene hadde en statistisk signifikant forklaringsverdi i forhold til artsdataene. Til all analysing av tilgjengelige data ble programmet CANOCO software package 4.5. benyttet (ter Braak og Smilauer 2002).

## **5. Resultater og diskusjon**

### **5.1 Kvalitative håvtrekk**

I de kvalitative håvtrekkene fra september 2011 ble det registrert 13 phytoplanktonarter i Fisketjenn, 15 arter i Heitjenn, 28 arter i Øyvåtn, 29 arter i Grunnetjenn, 15 arter i Heitjenn, 16 arter i Rasvassvatn, 21 arter i Jordtjenn, 9 arter i Melestjenn og 16 arter i Svarttjenn. Samlet ble det observert 74 forskjellige arter i de undersøkte vannene (*tabell 7*).

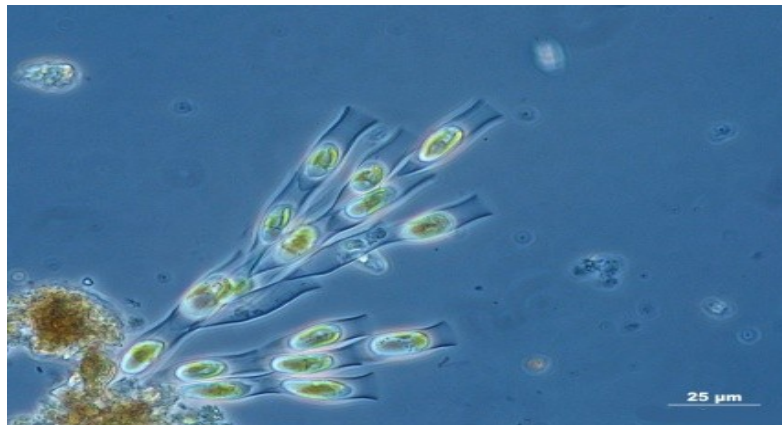


Tabell 7. Registrerte phytoplanktonarter og -slekter funnet i håvtrekk fra de ni undersøkte vannene, september 2011.

Grupper	Arter	Fisketjenn	Hundsvatn	Oyyvatnet	Grunnetjenn	Heitjenn	Rasvassvatn	Jordtjenn	Melestjenn	Svarttjenn	
Cyanophyceae	Aphanizomenon sp.							X			
	Aphanothece clathrata	X	X								
	Beggiatoa sp.			X							
	Coelosphaerium minutissimum				X						
	Chroococcus sp.				X				X		
	Chroococcus turgidus						X				
	Eucapsis minuta	X	X	X		X					
	Merismopedia punctata				X						
	Merismopedia warmingiana			X	X			X			
	Phormidium tenue				X						
	Planktolynbya sp.				X						
	Planktolynbya subtilis									X	
	Planktothrix agardhii				X						
	Pseudanabaena limnetica			X							
	Snowella lacustris				X	X					
Snowella septentrionalis							X		X		
Cryptophyceae	Cryptomonas sp.	X		X	X	X	X	X	X		
	Rhodomonas lacustris		X	X							
Dinophyceae	Ceratium carolinianum		X							X	
	Gymnodinium sp.	X				X					
	Peridinium umbonatum			X				X		X	
	Peridinium sp.	X	X	X	X		X	X	X		
Protoperidinium sp.						X					
Chrysophyceae	Bitric hia chodatii				X	X		X			
	Bitric hia ollula			X							
	Chrysococcus sp.			X							
	Dinobryon acuminatum	X		X	X	X					
	Dinobryon bavarium			X							
	Dinobryon cylindricum				X			X		X	
	Dinobryon divergens		X				X				
	Dinobryon pediforme					X					
	Dinobryon sertularia					X		X			
	Dinobryon sociale var. americanum	X		X			X		X		
	Malomonas sp.	X	X	X			X	X	X	X	
	Stichogoea doederleinii	X			X	X					
	Synura sp.		X							X	
	Uroglena sp.			X					X	X	
Diatomophyceae	Fragilaria sp.						X	X			
	Nitzschia sp.			X	X						
	Tabellaria fenestrata	X	X		X		X	X		X	
	Tabellaria flocculosa	X		X		X	X	X		X	
Euglenophyceae	Euglena acus	X									
	Euglena sp.				X		X	X	X	X	
Raphidophyceae	Gonyostomum semen								X		
Chlorophyceae	Botryococcus braunii		X	X	X	X		X	X		
	Chlamydocapsa planctonica		X		X			X			
	Chlamydomonas sp.				X		X	X		X	
	Coenochloris pyrenoidosa			X						X	
	Crucigeniella sp.							X			
	Dysmorphococcus sp.				X						
	Elakatothrix gelatinosa				X	X					
	Elakatothrix genevensis				X						
	Monoraphidium dybowskii		X	X							
	Monoraphidium sp.							X			
	Oocystis lacustris			X	X						
	Oocystis rhomboidea			X							
	Oocystis sp.										
	Scenedesmus sp.		X	X							
	Scourfieldia complanata									X	
	Sphaerocystis Schroeteri	X			X						
	Tetrastrum komarekii			X							
	Tetraedron minimum			X							
	Cosmarium reniforme			X			X				
	Conjugatophyceae	Cosmarium sp.				X			X		
Euastrum binale				X							
Gymnozyga moniliformis			X		X	X		X		X	
Micrasterias sp.			X								
Penium polymorphum						X					
Spondybsium planum				X	X						
Staurastrum anatinum							X				
Staurastrum sp.							X			X	
Staurodesmus incus					X	X					
Staurodesmus sp.										X	
Xanthidium sp.											
Sum			13	15	28	29	15	16	21	9	16

Håvtrekket fra Fisketjenn inneholdt en mengde detritus og bakterier som tyder på at trekket muligens er tatt langt nede mot bunnen. Det er derfor meget sannsynlig at Fisketjenn har en større artsforekomst enn den som er presentert i **tabell 7**. Også i Rasvassvatn var det vanskelig å skille ut phytoplanktonceller da også denne prøven inneholdt mye detritus og sediment. Det ble observert en del store kiselskall som kan ha sunket til bunns.

Kunnskap omkring phytoplanktonsamfunnet og at visse arter er mer vanlige i eutrofe innsjøer mens andre trives bedre i oligotrofe vann gir mye informasjon om vannkvaliteten. Identifisering av karakteristiske arter kan med et slikt informasjonsgrunnlag benyttes i arbeid med overvåking av eventuell endring av vannkvalitet. Hensikten med håvtrekkene var i første omgang å undersøke artsforekomsten da disse gir liten informasjon om de kvantitative mengdeforholdene. Det var imidlertid mulig å fastslå at trekket fra Heitjenn hadde en kraftig dominanse av guldalgene *Dinobryon pediforme* og *Dinobryon sertularia* (**figur 3**).



**Figur 3.** *Dinobryon sertularia* med sine relativt brede husvegger som avsmalles til en ofte bøys spiss (Tikkanen og Willèn 1992).  
Figuren er hentet fra <http://planktonnet.awi.de/>

Disse artene trives best i humusfattige innsjøer (Tikkanen og Willèn 1992). Willèn (2007) har utpekt *Dinobryon pediforme* som en indikatorart for oligotrofe vannmasser, mens Brettum (1989) har funnet de største volumene av *Dinobryon sertularia* i mesotrofe vann. *Dinobryon pediforme* er også en av de få artene som viser seg å være tilknyttet meget sure vann (pH < 5,5) (Willèn 2007). Da Heitjenn er et klart vann med meget lav pH og ligger på grenseskillet mellom oligotroft og mesotroft miljø, kan disse *Dinobryon*-artene ha hatt så gunstige forhold at store volum har blitt realisert. Referansevannet Melestjenn var sterkt dominert av nålflagellaten *Gonyostomum semen* (**figur 4**).



**Figur 4.** *Gonyostomum semen* er avlange flate phytoplankton som avrundes i fremste del og avsmales i den bakre delen. Arten har flageller som gir mulighet til egenbevegelse (Tikkanen og Willèn 1992). Figuren er hentet fra [www.dr-ralf-wagner.de/](http://www.dr-ralf-wagner.de/)

Denne arten er en god indikator på humøse, mesotrofe og relativt sure vannmasser (Brettum 1989, Klavenes 1992, Brettum og Andersen 2004, Lepistö m.fl. 2004, Willèn 2007). *Gonyostomum semen* er meget konkurransedyktig ved lav lysgjennomtrengning i vannet, noe som er tilfellet i innsjøer med høyt humusinnhold. Arten er i tillegg tolerant overfor midlertidige lave næringskonsentrasjoner, og er i besittelse av flageller som gjør at den kan forflytte seg i vannmassene. *Gonyostomum semen* har også miksotrofe egenskaper som tillater den å livnære seg på ferdigdannet organisk materiale (for eksempel bakterier og picoplankton) i tillegg til å bedrive fotosyntese (Lepistö m.fl. 2004, Willèn 2007). Melestjenn er et surt, mesotroft vann med et meget høyt humusinnhold. Med økende humusinnhold og avtagende pH vil artsantallet minke (Tikkanen og Willèn 1992, Tulonen m.fl. 2002, Willèn 2007). Sammen med et sterkt konkurransepress fra masseproduksjon av *Gonyostomum semen* vil dette kunne forklare det lave observerte artsantallet i innsjøen.

Det at forskjellige phytoplanktonarter har ulike krav til vannkvalitet og innhold av næringsstoffer gjør som nevnt at enkelte arter kan gi en indikasjon på hvilken vanntype en prøve er hentet fra. Håvtrekket fra Fisketjenn, som er en klarvannsinnsjø på grensen mellom oligotrof og mesotrof, inneholdt oligotrofi-indikatorerne *Tabellaria flocculosa*, *Stichogloea doederleinii* og *Dinobryon sociale var. americanum*. *Euglena acus* og *Tabellaria fenestrata* er vanligere i mer næringsrike, mesotrofe vannmasser.

*Dinobryon sociale* var. *americanum* og *Tabellaria flocculosa* er, i tillegg til å indikere oligotrofi, også typisk for sure vann som Fisketjenn og resten av innsjøene undersøkt i denne oppgaven (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992, Aagaard m.fl. 2002, Brettum og Andersen 2004, Willèn 2007). *Aphanothece clathrata* og *Tabellaria flocculosa* er ifølge Lepistö m.fl. (2004) arter som er karakteristiske for klare innsjøer, mens Tikkanen og Willèn (1992) påpeker sistnevnte som mer typisk for humøse vann.

I Hundsvatn, som er et oligotroft og humøst vann, ble de mesotrofi-indikerende artene *Dinobryon divergens* og *Tabellaria fenestrata* observert. *Dinobryon divergens* er ifølge Tikkanen og Willèn (1992) en vanlig art også i oligotrofe vannmasser. Funn av *Botryococcus braunii* vil ofte kunne peke mot oligotrofe vannmasser (Brettum 1989, Aagaard m.fl. 2002, Brettum og Andersen 2004). Brettum (1989) kategoriserer også *Monoraphidium dybowskii* som en god indikatorart for oligotrofi og vannmasser med lav pH-verdi, mens Tikkanen og Willèn (1992) påstår at denne arten er særlig typisk i eutrofe vann. *Dinobryon divergens* er en art som også indikerer vann med høyt humusinnhold (Lepistö m.fl. 2004).

Håvtrekket til den oligotrofe, humøse innsjøen Øyvatt var et av de mest artsrike og inneholdt oligotrofi-indikatorerne *Tabellaria flocculosa*, *Merismopedia warmingiana*, *Dinobryon sociale* var. *americanum*, *Oocystis rhomboidea*, *Oocystis lacustris* og *Botryococcus braunii*. *Dinobryon bavaricum* er en mesotrofi-indikerende art som i tillegg er typisk for både lav pH og høyt humusinnhold. Også *Peridinium umbonatum* og *Bitrichia ollula* er forsuringstolerante. *Peridinium umbonatum* er i tillegg en indikatorart for høyt humusinnhold, mens *Oocystis rhomboidea* er typisk for klart vann med lite humus (Brettum 1998, Tikkanen og Willèn 1992, Lepistö m.fl. 2004).

I den oligotrofe klarvannsinnsjøen Grunnetjenn inneholdt håvtrekket de oligotrofi-indikerende artene *Merismopedia warmingiana*, *Dinobryon cylindricum*, *Bitrichia chodatii*, *Staurodesmus incus*, *Botryococcus braunii* og *Stichogloea doederleinii*. Av arter karakteristisk for mer næringsrike, mesotrofe til eutrofe vannmasser ble det observert *Tabellaria fenestrata* og *Planktothrix agardhii*. Det ble i tillegg registrert øyenalger, en klasse som også har størst forekomst i næringsrike vann (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992, Aagaard m.fl. 2002, Brettum og Andersen 2004, Willèn 2007). Artene *Elakatothrix geletinosa* og *Bitrichia chodatii* er utpekt av Lepistö m.fl. (2004) som indikatorarter for humøse vann. Sistnevnte assosieres også med lav pH.

Hos den oligo-mesotrofe klarvannsinnsjøen Heitjenn ble det, i tillegg til dominansen av *Dinobryon pediforme* og *Dinobryon sertularia*, registrert en del arter som indikerer oligotrofi; *Bitrichia chodatii*, *Stichogloea doederleinii*, *Stauroidesmus incus*, *Botryococcus braunii* og *Tabellaria flocculosa*.

Rasvassvatn ligger på grensen mellom oligotroft og mesotroft, og er et klart vann med lite humus. Av indikatorarter ble det registrert de allerede omtalte; *Dinobryon divergens* (mesotrofe, humøse innsjøer), *Dinobryon sociale* (oligotrofe, sure innsjøer), *Tabellaria flocculosa* (oligotrofe, sure innsjøer) *Tabellaria fenestrata* (mesotrofe innsjøer) og *Euglena sp.* (eutrofe innsjøer).

I det oligotrofe, humøse referansevannet Jordtjenn ble det funnet mange av de samme indikatorarter som omtalt ovenfor; *Dinobryon pediforme* (klare, oligotrofe innsjøer), *Dinobryon cylindricum* (oligotrofe innsjøer), *Dinobryon sertularia* (mesotrofe innsjøer), *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse innsjøer med lav pH), *Tabellaria fenestrata* (mesotrofe innsjøer), *Tabellaria flocculosa* (oligotrofe, sure innsjøer), *Peridinium umbonatum* (sure, humøse innsjøer), *Merismopedia warmingiana* (oligotrofe innsjøer), *Botryococcus braunii* (oligotrofe innsjøer) og *Euglena sp.* (eutrofe innsjøer).

I referansevannet Melestjenn, som er en mesotrof og svært humøs innsjø, ble det ved siden av *Gonyostomon semen* funnet svært få taxa. Av arter som er ansett karakteristisk for en spesiell type innsjø ble kun *Dinobryon sociale var. americanum* (oligotrofe, sure innsjøer), *Botryococcus braunii* (oligotrofe innsjøer) og *Euglena sp.* (eutrofe innsjøer) registrert.

I det siste referansevannet, Svarttjenn, som er en oligo-mesotrof og humøs innsjø, ble følgende indikatorarter registrert: *Dinobryon cylindricum* (oligotrofe innsjøer), *Tabellaria flocculosa* (oligotrofe, sure innsjøer), *Tabellaria fenestrata* (mesotrofe innsjøer), *Peridinium umbonatum* (sure, humøse innsjøer), *Euglena sp.* (eutrofe innsjøer) og *Planktolyngbya subtilis* som er typisk for næringsrike, eutrofe vannmasser (Tikkanen og Willèn 1992).

Disse observasjonene viser at mange av artene var å finne i den vanntypen de i tidligere studier er blitt vist å indikere. Sannsynligheten for å finne for eksempel en eutrofi-indikerende art i en næringsrik, eutrof innsjø vil være mange ganger større enn å finne en eutrofi-indikerende art i en næringsfattig, oligotrof innsjø. Det vil likevel normalt kunne registreres taxa i en innsjølokalitet som generelt forbindes med helt andre vannkvaliteter enn den undersøkte (Brettum 1989).

## 5.2 Kvantitative og kvalitative analyser ved bruk av Utermöhl-metoden.

I mange tilfeller vil identifisering av spesifikke arter kunne gi mye informasjon om en innsjø, men som oftes blir phytoplanktonsamfunnet karakterisert på bakgrunn av de dominerende klasser (grupper) og arter (Lepistö m.fl. 2004). Ved hjelp av Utermöhl-metoden er, i tillegg til identifisering av phytoplanktonklasser og -arter, det kvantitative aspektet trukket inn. Det vil si at en utregnet totalmengde, samt hvor stor andel av denne totalmengden de registrerte phytoplanktonklassene utgjør, er tatt med i vurderinger. Det er interessant å se på hvilken mengde de forskjellige phytoplanktonklassene utgjør i forhold til det totale phytoplanktonvolumet. Det er også interessant å studere om disse mengdeforholdene har forandret seg langs en tidsgradient etter brannen i innsjøene både i og utenfor brannområdet. Siden volumet og sammensetningen av phytoplanktonsamfunnet er relatert til vannkvaliteten vil det også være interessant å studere forekomst og mengde av indikatorarter og -klasser.

Det er viktig å huske på at alle de analyserte phytoplanktonprøvene stammer fra august måned. Phytoplanktonsamfunnet gjennomgår en sesongmessig suksesjon hvor artsammensetningen og produksjonen kan variere betydelig. Sensommeren er den del av sesongen strukturen i phytoplanktonsamfunnet er mest stabilt. Mens våren kan inneholde store skiftninger værmessig vil sensommeren ha få forstyrrelser i form av ytre påvirkningsfaktorer, som for eksempel tilrennende vann og store omrøringer i vannmassene (Lepistö m.fl. 2004, Willén 2007).

I mange av phytoplanktonprøvene ble det observert store andeler kuleformede gullalger i diverse størrelser. Disse ble delt inn i kategoriene "små kuler" der den målte diameter var under 6,5  $\mu\text{m}$  og "store kuler" dersom cellens diameter ble målt til over 6,5  $\mu\text{m}$ .

Tatt i betraktning at alle phytoplanktonprøvene ble analysert oktober-desember 2011 vil prøvene fra 2010 og særlig 2009 være relativt gamle. Prøver som er behandlet med Lugol's løsning kan ikke oppbevares i mange måneder eller år siden sopper og bakterier utvikles med jodens oksidering. Intet konserveringsmiddel bevarer prøvene i årevis uten forandringer. Phytoplanktonvolum og artssammensetning vil forandres over tid. Dette bør tas hensyn til som en feilkilde da blant annet kiselalgenes skall har en tendens til å gå i oppløsning og de tynnveggede artene forsvinner så smått fra gamle prøver (Tikkanen & Willén 1992).

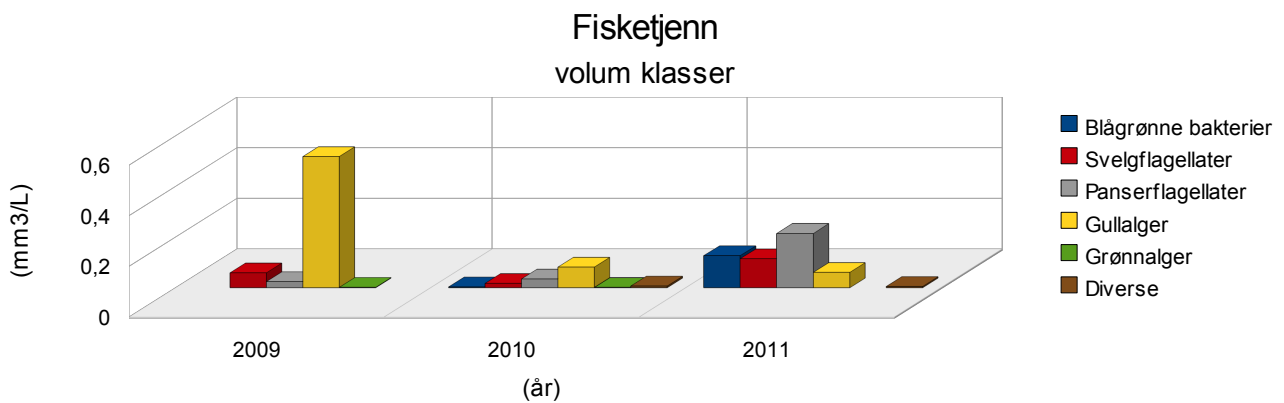
### 5.2.1 Fisketjenn.

Phytoplanktonprøvene fra Fisketjenn år 2009 og år 2011 inneholdt store mengder detritus og bakterier som gjorde det umulig å skille ut taxa fra sedimenterte volum på 25 ml og 50 ml. Det ble nødvendig å riste prøvene ekstra godt, og et mindre volum på 10 ml ble satt til sedimentasjon slik at bakterielaget ikke skulle bli så tykt. I tillegg til at phytoplanktonceller kan ha gått i stykker ved for hard homogeniseringsteknikk var det fortsatt vanskelig å identifisere taxa, selv etter sedimentering av et så lite volum. Dette bør medregnes som feilkilde i prøvene fra 2009 og 2011. Prøven fra 2010 inneholdt imidlertid ikke bakteriemasser.

I Fisketjenn ble det sammenlagt fra 2009-2011 observert 14 forskjellige phytoplanktontaxa fordelt på 5 klasser, inkludert noen ubestemmelige avlange celler og små og store gullalgekuler. **Tabell 8** viser en oversikt over de registrerte phytoplanktonklasser og -arter, mens **figur 5** angir de kvantitative mengdeforholdene mellom de ulike klassene for hvert av årene.

**Tabell 8.** Registrerte phytoplanktontaxa i Fisketjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

		2009	2010	2011
Cyanophyceae	Chroococcus sp.		X	
	Eucapsis minuta			X
Cryptophyceae	Cryptomonas sp.		X	X
	Rhodomonas sp.	X		
Dinophyceae	Peridinium sp.	X	X	X
Chrysophyceae	Bitrichia chodatii		X	
	Dinobryon cylindricum		X	
	Dinobryon divergens	X		
	Dinobryon pediforme	X		
	Dinobryon sp.	X	X	
	Små kuler (<6,5 µm)	X	X	X
	Store kuler (>6,5 µm)	X	X	X
Chlorophyceae	Chlamydomonas sp.	X	X	
Diverse	Ubestemmelige avlange celler		X	
	<b>SUM</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>5</b>



**Figur 5.** Phytoplanktonmengder ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) fordelt på klasser i Fisketjenn 2009-2011.

I phytoplanktonprøven fra 2009 ble det registrert en klar dominanse av gullalger som avtar relativt kraftig de to påfølgende årene. Stor andel av gullalger i forhold til det totale phytoplanktonvolumet er en god indikasjon på oligotrofe, næringsfattige vann (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992, Aagaard m.fl. 2002). Willèn (2007) benytter ikke gullalger som klasse til bedømmelse av vannkvalitet eller trofistatus, men nevner derimot en del gullalgearter i forbindelse med oligotrofi-indikasjon. Gullalger er også tolerante for lav pH og de fleste artene innenfor klassen utvikler de største volum i innsjøer med  $\text{pH} < 7,0$ , altså i sure vannmasser (Brettum 1989).

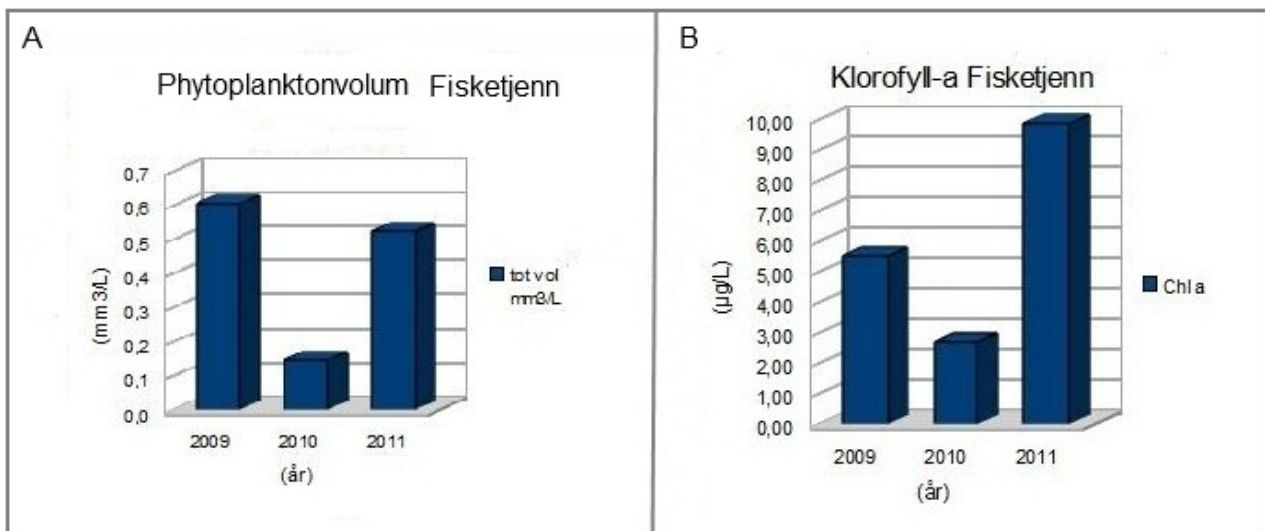
Det er observert panserflagellater alle de tre undersøkte årene og klassens volum har en stigende tendens. I prøven fra 2011 er panserflagellatene den mest dominerende klassen. I følge Tikkanen og Willèn (1992) er denne gruppen phytoplankton hyppigst forekommende i litt mer næringsrike innsjøer. Panserflagellatene har som samlet klasse liten indikatorverdi, men på grunn av individenes ofte store volum blir de gjerne en av de dominerende klassene også i oligotrofe innsjøer, selv om individantallet er beskjedent. Panserflagellatene er tolerante overfor surt vann og vil kunne markere seg volummessig ved pH-verdier helt ned i 4 (Brettum 1989).

Den siste phytoplanktonklassen som er observert både i 2009, 2010 og 2011 er svelgflagellatene. Denne gruppen phytoplankton er tilpasningsdyktige generalister som har en bred økologisk nisje. Dessuten er det vanskelig å identifisere arter av svelgflagellatene i konservert materiale, og de slås helst sammen i slekter som for eksempel *Cryptomonas sp.* og *Rhodomonas sp.* Dette er faktorer som gjør arter innen denne klassen lite egnet som indikatorarter (Brettum 1989).

Svelgflagellatene er ofte en av de dominerende klassene i oligotrofe innsjøer (Tikkanen og Willèn 1992). Grønnalger av slekten *Chlamydomonas* ble observert både i 2009 og 2010. Blågrønne bakterier er registrert med stigende volum fra 2010 til 2011.



Tikkanen og Willèn (1992) påpeker at dominanse av blågrønne bakterier og panserflagellater assosieres med næringsrikhet, noe som kan indikere at næringsinnholdet i Fisketjenn har vært høyere i august 2011 enn i august de to foregående årene. Av indikatorarter ble det registrert *Dinobryon divergens* (mesotrofe, humusrike innsjøer) og *Dinobryon pediforme* (oligotrofe innsjøer) i 2009. I 2010 ble *Dinobryon cylindricum* (oligotrofe innsjøer) og *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse, sure innsjøer) registrert. Resultater fra utregning av det totale phytoplanktonvolum viser at Fisketjenn hadde sitt laveste phytoplanktoninnhold i 2010 med litt over 0,1 mm<sup>3</sup>/L. Dette året viste samtidig størst artsmangfold. Volumuberegninger fra 2009 og 2011 viser for begge årene en god del høyere innhold av phytoplankton med opp i mot 0,6 mm<sup>3</sup>/L i 2009 og i overkant av 0,5 mm<sup>3</sup>/L i 2011. Dette kan ha en sammenheng med det store innholdet av uidentifiserbart bakterie- og detritusmateriale i prøvene fra disse to årene. Klorofyll-a målinger viser den samme trenden, men har den største mengden i 2011 med 9,9 µg/L. I 2009 ble det målt 5,5 µg/L. Veileder SFT 97:04 forbinder klorofyll-a mengder på 4-8 µg/L med tilstandsklassen "mindre god", og mengder på 8-20 µg/L med tilstandsklassen "dårlig". I følge Carlson og Simpson (1996) vil klorofyll-a målingen fra 2009 indikere mesotrofi, mens klorofyll-a målingen fra 2011 indikerer eutrofi. De store klorofyll-a mengdene fra 2009 og 2011 kan tyde på at mye av bakteriemassene i disse prøvene har vært små blågrønne bakterier. **I figur 6A og 6B** vises resultater fra utregning av phytoplanktonvolum og klorofyll-a målinger.



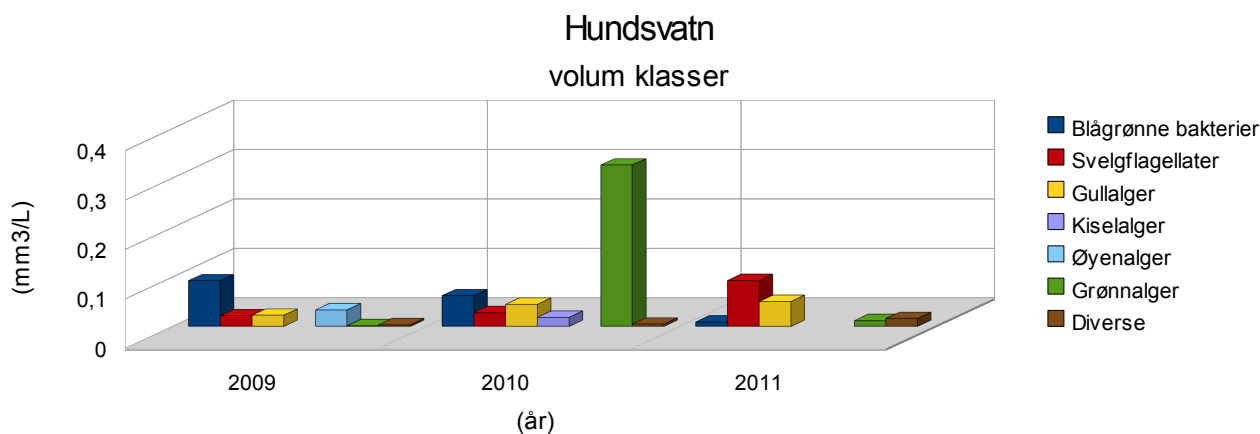
**Figur 6.** A: Totalt phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Fisketjenn, august måned 2009-2011.  
B: Klorofyll-a mengder (µg/L) for Fisketjenn, august 2009-2011.

## 5.2.2 Hundsvatn.

I løpet av undersøkelsesperioden fra 2009-2011 ble det i Hundsvatn registrert 6 phytoplanktonklasser med sammenlagt 18 forskjellige taxa, inkludert gullalgekuler og et par uidentifiserte taxa. **Tabell 9** fremlegger en oversikt over disse phytoplanktonklassene med tilhørende arter/slekter, mens **figur 7** viser mengdeforholdene i form av de ulike klassenes volum for hvert av årene.

**Tabell 9.** Registrerte phytoplankton-taxa i Hundsvatn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

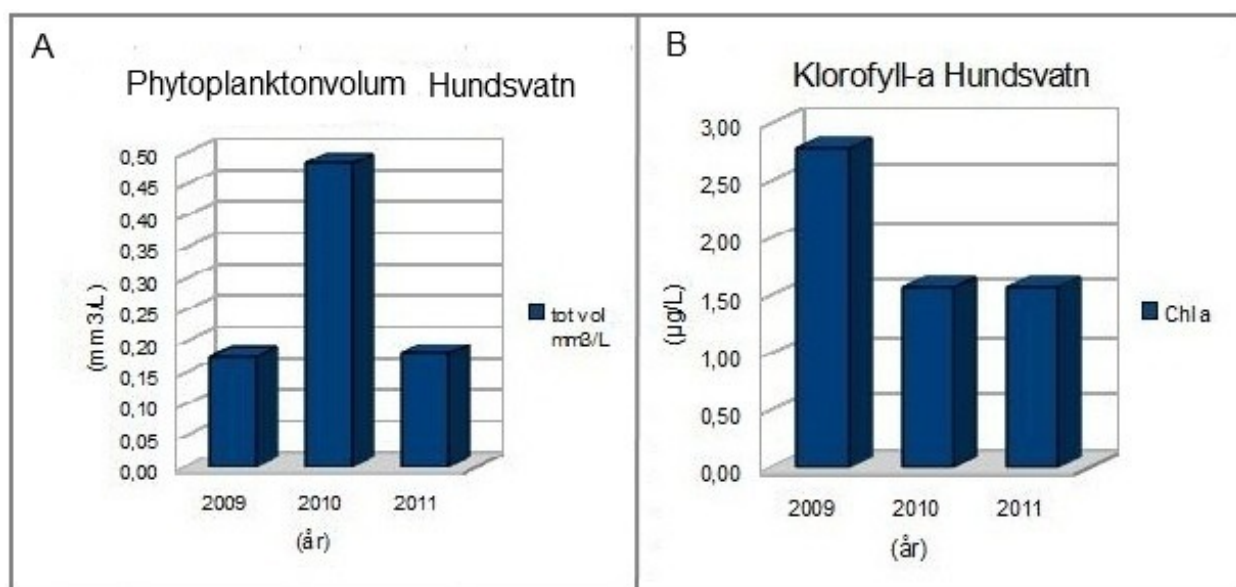
		2009	2010	2011
Cyanophyceae	<b>Aphanothece clathrata</b>			X
	<b>Chroococcus sp.</b>	X		
	<b>Eucapsis minuta</b>		X	X
	<b>Microcystis sp.</b>	X		
Cryptophyceae	<b>Cryptomonas sp.</b>	X	X	X
	<b>Rhodomonas sp.</b>		X	
Chrysophyceae	<b>Bitrichia chodatii</b>		X	
	<b>Dinobryon sp.</b>		X	
	<b>Små kuler (&lt;6,5 µm)</b>	X	X	X
	<b>Store kuler (&gt;6,5 µm)</b>	X	X	X
Diatomophyceae	<b>Fragilaria sp.</b>		X	
Euglenophyceae	<b>Trachelomonas sp.</b>	X		
Chlorophyceae	<b>Botryococcus braunii</b>		X	
	<b>Monoraphidium dybowskii</b>	X		X
	<b>Oocystis rhomboidea</b>		X	X
	<b>Oocystis sp</b>			X
Diverse	<b>Kuler i koloni</b>			X
	<b>Ubestemmelige avlange celler</b>	X	X	X
<b>SUM</b>		<b>8</b>	<b>11</b>	<b>10</b>



**Figur 7.** Phytoplanktonmengder ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) fordelt på klasser i Hundsvatn 2009-2011.

I phytoplanktonprøven fra 2009 er det de blågrønne bakteriene som er den dominerende gruppen, med et minkende innhold de to påfølgende årene. Volumet til denne klassen har i Hundsvatn bestått hovedsaklig av arten *Eucapsis minuta*, som har hatt en oppblomstring i året etter brannen med avtagende effekt i 2010 og 2011. Blågrønne bakterier er en av de karakteristiske phytoplanktongruppene i eutrofe vann. Dersom andelen av denne klassen øker er dette en god indikasjon på at næringstilførselen til innsjøen har blitt større. Motsatt vil et minkende innhold av blågrønne bakterier indikere at innsjøens innhold av næringsstoffer har blitt lavere (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992, Aagaard m.fl. 2002, Willèn 2007). Selv om Hundsvatn er en oligotrof innsjø ble det registrert en del blågrønne bakterier. På tross av at klassen assosieres med eutrofi vil mange av artene forekomme i de fleste vannkvaliteter (Brettum 1989). I sure vann vil de blågrønne bakteriene ofte nærmest forsvinne, da de som regel krever mer næring enn det som er tilgjengelig i innsjøer med  $\text{pH} < 5,5$  (Willèn 2007). Med tanke på at  $\text{pH}$  i Hundsvatn har ligget på rundt 5,0 i sensommermånedene (**vedlegg 2**), kan det derimot tyde på at *Eucapsis minuta* er en surhetstolerant art. Phytoplanktonklassene svelgflagellater og gullalger har vist en stigende trend gjennom de tre undersøkte årene. I 2009 ble det registrert øyenalger av slekten *Trachelomonas*. Antallet var meget lavt men på grunn av individenes størrelse vil volumet likevel gjøre et visst utslag som vist i **figur 7**. De aller fleste arter innenfor øyenalgene er forbundet med næringsrike vannmasser, og klassen vil utvikle sitt største volum i eutrofe innsjøer (Brettum 1989, Tikkanen og Willèn 1992, Willèn 2007). Prøven fra 2010 viser en enorm dominanse av grønnalger.

Dette har bakgrunn i at arten *Botryococcus braunii* står for det aller meste av det utregnede volum. Det ble kun observert to kolonier ved telling av hundre ruter med 40X objektiv under analysen av prøven, men de tettliggende cellene i en *Botryococcus braunii*-koloni kan sammenlagt utgjøre meget store volum. *Botryococcus braunii* trives, som tidligere nevnt, best i oligotrofe vannmasser. Av andre arter med indikatorverdi ble det funnet *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse, sure innsjøer), *Monoraphidium dybowskii* (oligotrofe innsjøer) og *Oocystis rhomboidea* (oligotrofe innsjøer). I **figur 8A** vises utregnet totalvolum av phytoplankton for hvert av de undersøkte årene, mens **figur 8B** viser målte klorofyll-a mengder.



**Figur 8.** A: Totalt phytoplanktonvolum ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) i Hundsvatn, august måned 2009-2011.  
B: Målte klorofyll-a mengder ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) for Hundsvatn, august 2009-2011.

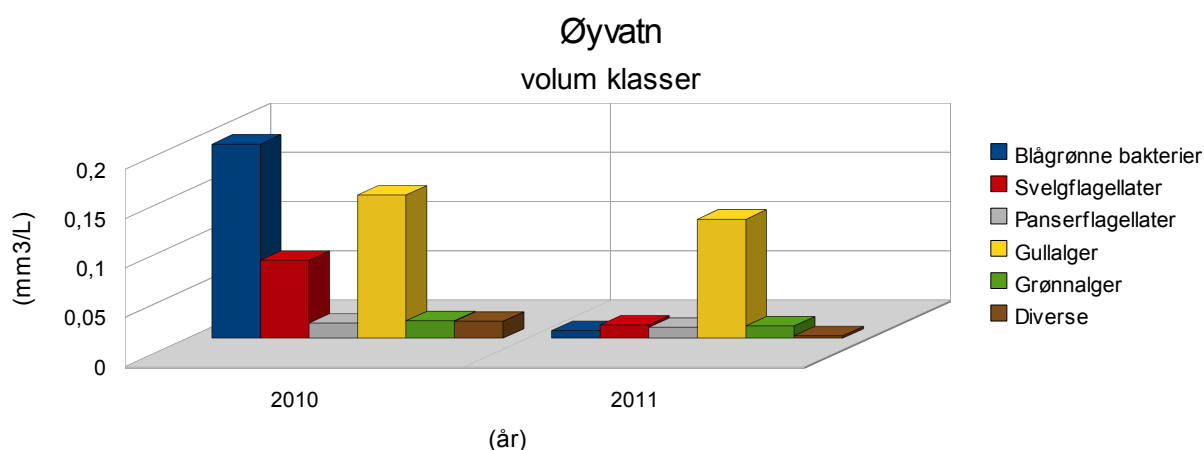
Resultater fra utregning av totalvolum viser at Hundsvatn helt klart har det største phytoplanktoninnholdet i 2010 med tilnærmet  $0,48 \text{ mm}^3/\text{L}$ . Til forskjell ble de høyeste klorofyll-a mengdene målt i 2009 ( $2,8 \mu\text{g}/\text{L}$ ). De to påfølgende årene var klorofyll-a innholdet lavt ( $1,6 \mu\text{g}/\text{L}$ ). Veileder SFT 97:04 forbinder klorofyll-a mengder på  $2-4 \mu\text{g}/\text{L}$  med tilstandsklassen "meget god". Da mengder på over  $2,6 \mu\text{g}/\text{L}$  indikerer mesotrofi (Carlson og Simpson 1996) viser klorofyll-a målingene at phytoplanktonproduksjonen har forandret seg fra mesotrofe til oligotrofe nivåer i årene etter brannen.

### 5.2.3 Øyvavn.

Da det ikke forelå noen phytoplanktonprøve fra august 2009 fra Øyvavn ble det kun analysert prøver fra 2010 og 2011. Det ble tilsammen registrert 16 phytoplanktontaxa disse to årene, inkludert gullalgekuler og noen ubestemmelige avlange celler. I **tabell 10** fremlegges en oversikt over de phytoplanktonklasser og -arter/slekter som ble funnet, mens **figur 9** viser klassenes volum for hvert av årene.

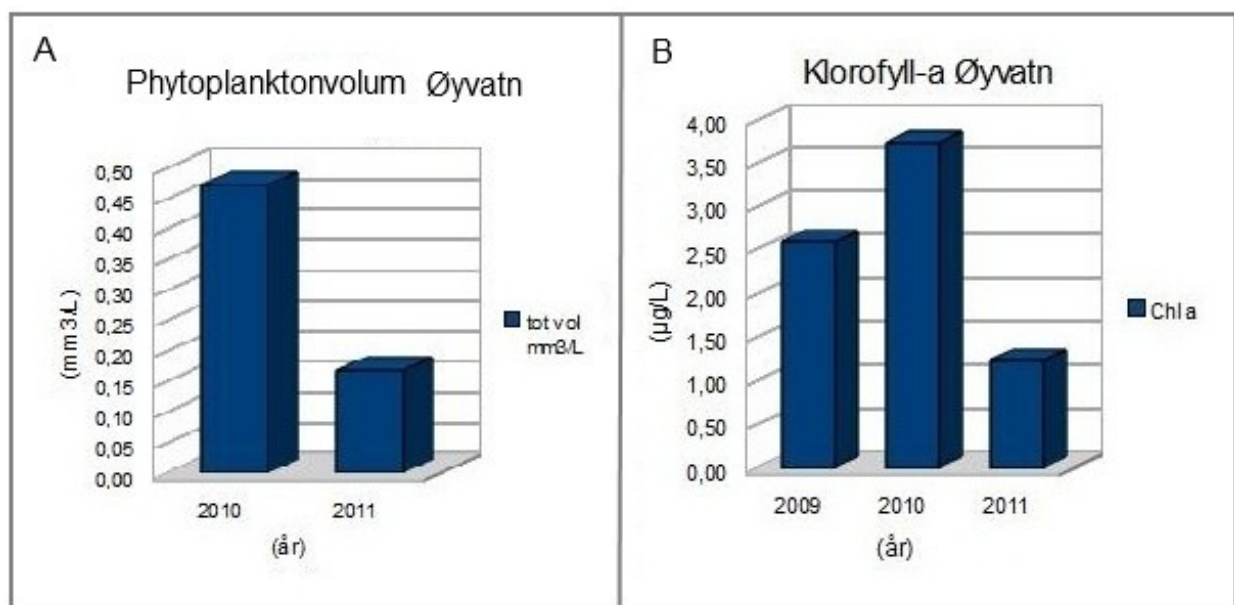
**Tabell 10.** Registrerte phytoplanktontaxa i Øyvavn, august 2010-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

		2010	2011
Cyanophyceae	<i>Eucapsis minuta</i>	X	
	<i>Merismopedia</i> sp.		X
	<i>Pseudanabaena</i> sp		X
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp.	X	X
	<i>Rhodomonas</i> sp.	X	
Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp.	X	X
Chrysophyceae	<i>Dinobryon sociale</i>	X	
	<i>Dinobryon acuminatum</i>		X
	Små kuler (<6,5 µm)	X	X
	Store kuler (>6,5 µm)	X	X
	<i>Uroglena</i> sp.		X
Chlorophyceae	<i>Chlamydocapsa</i> sp.	X	
	<i>Monoraphidium dybowskii</i>	X	X
	<i>Oocystis rhomboidea</i>	X	
	<i>Oocystis</i> sp		X
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X
<b>SUM</b>		<b>11</b>	<b>11</b>



**Figur 9.** Phytoplanktonmengder (mm<sup>3</sup>/L) fordelt på klasser i Øyvavn 2010-2011.

I prøven fra 2010 ble det påvist en dominanse av blågrønne bakterier som også her bestod av en oppblomstring av arten *Eucapsis minuta*. I prøven fra 2011 har volumet til de blågrønne bakteriene gått kraftig ned og *Eucapsis minuta* ble ikke påvist. Derimot ble *Pseudanabaena sp.* med heterocyster registrert. Heterocyster er spesialiserte celler som gjør det mulig for visse arter av blågrønne bakterier å fikserer nitrogen ( $N_2$ ) fra luft over i tilgjengelige former som ammonium og nitrat (Herrero m.fl. 2001). Tilstedeværelse av heterocystedannende arter kan tyde på at innholdet tilgjengelig nitrogen har gått ned i 2011 (Brettum 1989, Nitschke 2005). Både i prøven fra 2010 og i prøven fra 2011 stod gullalgene for en stor del av det totale phytoplanktonvolumet. Svelgflagellatene utgjorde også en betydelig andel i prøven fra 2010. Det ble registrert panserflagellater og grønnalger i begge prøvene. Samtlige phytoplanktonklasser, spesielt de blågrønne bakteriene hadde en reduksjon i volum fra 2010 til 2011. **Figur 10A** viser at det totale phytoplanktonvolumet har sunket fra 0,47 mm<sup>3</sup>/L til 0,16 mm<sup>3</sup>/L. Resultater fra klorofyll-a målinger viser den samme trenden og har sunket fra mesotrofe mengder (3,8 µg/L) i 2010 til oligotrofe mengder (1,2 µg/L) i 2011. Dette kan tyde på at næringsinnholdet i Øyvatt har blitt lavere i 2011 enn det var i 2010. I følge veileder 01:2009 har Øyvatt meget god vanntilstand (<4 µg/L) begge årene med hensyn på klorofyll-a innholdet. I **figur 10B** er klorofyll-a målinger for 2009 tatt med for å gi et inntrykk av phytoplanktoninnholdet dette året.



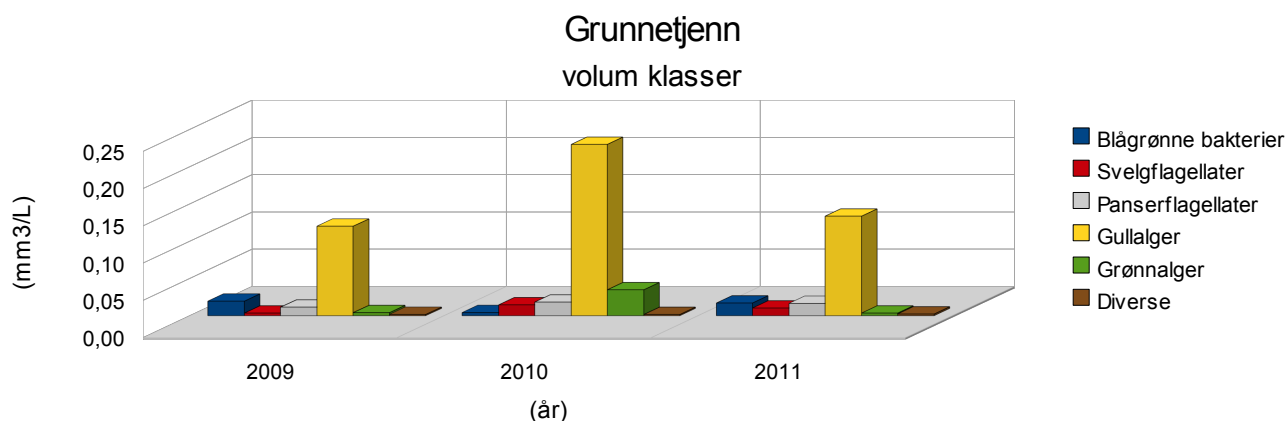
**Figur 10.** A: Totalt phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Øyvatt, august måned 2010 og 2011.  
B: Målte klorofyll-a mengder (µg/L) for Øyvatt, august 2009-2011.

## 5.2.4 Grunnetjenn.

I Grunnetjenn ble det i de undersøkte årene 2009-2011 registrert 20 phytoplanktontaxa fra 5 forskjellige klasser, inkludert noen uidentifiserte avlange celler og gullalgekuler (*tabell 11*). I *figur 11* angis volumforholdene mellom de ulike klassene for hvert av de tre årene.

*Tabell 11. Registrerte phytoplanktontaxa i Grunnetjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.*

		2009	2010	2011
Cyanophyceae	Chroococcus sp.	X	X	X
	Planktothrix agardhii			X
	Plantolyngbya subtilis	X		
	Snowella septentrionalis			X
Cryptophyceae	Cryptomonas sp.	X	X	X
Dinophyceae	Peridinium sp.	X	X	X
	Peridinium umbonatum			X
Chrysophyceae	Bitrichia chodatii	X		X
	Bitrichia sp.			X
	Dinobryon cylindricum	X		
	Dinobryon sociale			X
	Små kuler (<6,5 µm)	X	X	X
	Stichogloea doederleinii			X
	Store kuler	X	X	X
Chlorophyceae	Chlamydocapsa sp.		X	
	Elakatothrix genevensis			X
	Monoraphidium dybowskii	X	X	
	Monoraphidium minutum		X	
	Oocystis rhomboidea	X		X
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X	X
<b>SUM</b>		<b>11</b>	<b>9</b>	<b>15</b>

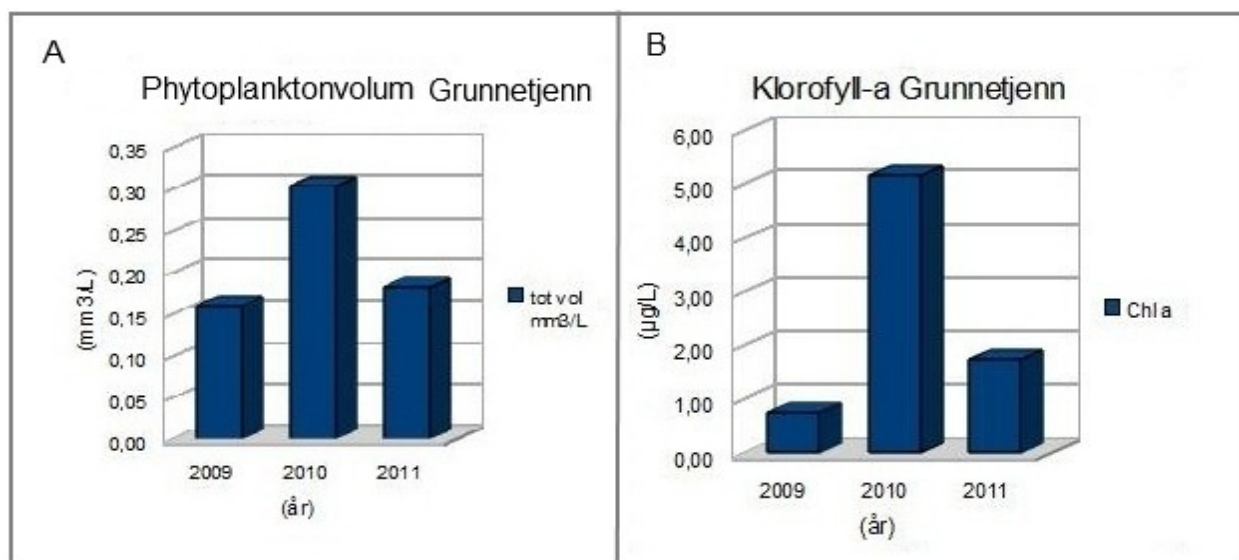


*Figur 11. Phytoplanktonmengder (mm<sup>3</sup>/L) fordelt på klasser i Grunnetjenn 2009-2011.*

I phytoplanktonprøvene fra Grunnetjenn er det i alle de tre undersøkte årene en stor dominanse av guldalger. Som nevnt tidligere er det typisk for oligotrofe innsjøer at en høy andel av phytoplanktonsamfunnet består av denne klassen. Prøven fra 2009 inneholdt omtrent bare kuleformede taxa. Store mengder konserveringsmiddel gjorde vanskelig å analysere på grunn av mørk farge og lite kontraster. Det ble i midlertidig observert en del skall fra *Dinobryon cylindricum*, så det er stor sannsynlighet for at mange av guldalgekulene tilhører denne arten. Det var hovedsaklig *Chroococcus sp.* som utgjorde volumet av de blågrønne bakteriene i 2009. Klassens volum var noe lavere i 2010. I 2011 ble det registrert en relativt stor del *Planktothrix agardhii*, en trådalge som både kan forårsake vannblomst og produsere algetoxiner (Tikkanen og Willèn 1992). Svelgflagellater, panserflagellater og grønnalger var tilstede i alle de tre prøvene, med noe større volum i 2010 enn i 2009 og 2011. Dette gjelder særlig grønnalgene som i 2010 var den dominerende phytoplanktonklassen nest etter guldalgene. Grønnalger har som samlet gruppe ingen stor indikatorverdi for bestemte trofinivåer (Brettum 1989), men med økende næringsinnhold blir ofte klassens artsrikdom større (Tikkanen og Willèn 1992). Selv om grønnalgene kan utgjøre en relativt stor del av en innsjøes arter, vil ofte bare en beskjeden andel av det totale phytoplanktonvolumet bestå av denne gruppen (Brettum 1989, Aagaard m.fl. 2002).

Det ble funnet en del arter med indikatorverdi i Grunnetjenn; *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse, sure innsjøer), *Dinobryon cylindricum* (oligotrofe innsjøer), *Dinobryon sociale var. americanum* (oligotrofe, sure innsjøer), *Stichogloea doederleinii* (oligotrofe, klare innsjøer) *Planktothrix agardhii* (eutrofe innsjøer), *Monoraphidium dybowskii* (oligotrofe, sure innsjøer) og *Oocystis rhomboidea* (oligotrofe innsjøer). I prøven fra 2010 ble det også funnet en del individer av arten *Monoraphidium minutum* som er karakteristisk for eutrofe vannmasser (Tikkanen og Willèn 1992, Brettum og Andersen 2004, Willèn 2007). Den samme prøven inneholdt Grunnetjenns største totale phytoplanktonvolum på 0,3 mm<sup>3</sup>/L. I 2010 ble det også målt en relativt høy klorofyll-a mengde på tilnærmet 5 µg/L. Dette tyder på økt produksjon dette året. Totalt phytoplanktonvolum og klorofyll-a mengder for de undersøkte årene er presentert i **figur 12A** og **12B**.





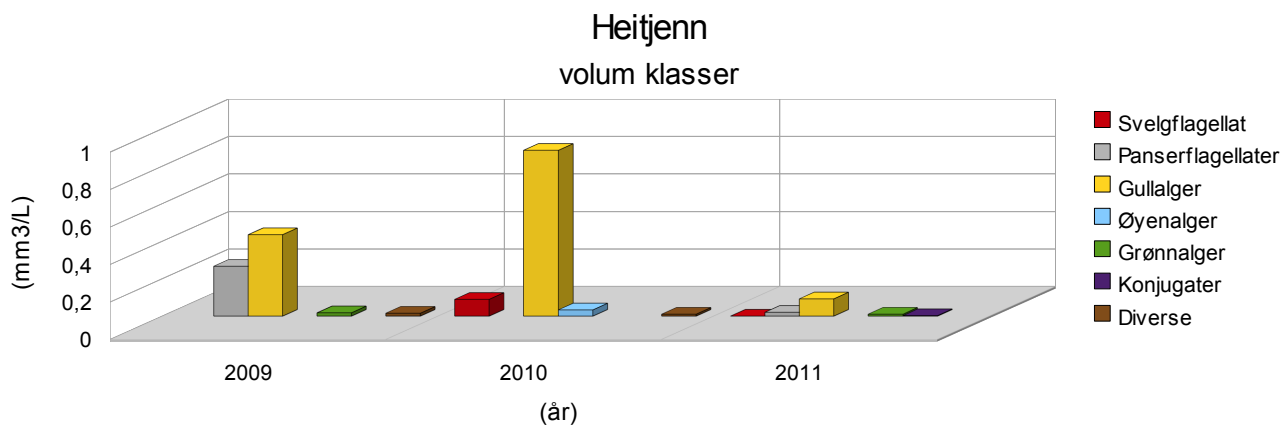
**Figur 12.** A: Totalt phytoplanktonvolum ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) for Grunnetjenn, august måned 2009-2011. B: Klorofyll-a mengder ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) for Grunnetjenn, august 2009-2011.

### 5.2.5 Heitjenn.

I Heitjenn ble sammenlagt registrert 14 forskjellige phytoplanktontaxa i prøvene fra 2009-2011, inkludert ubestemte gullalgekuler og diverse uidentifiserte avlange celler. Artene/slektene er presentert etter klasser i **tabell 12**. I **figur 13** vises en oversikt over de ulike klassenes volum for hvert av de undersøkte årene.

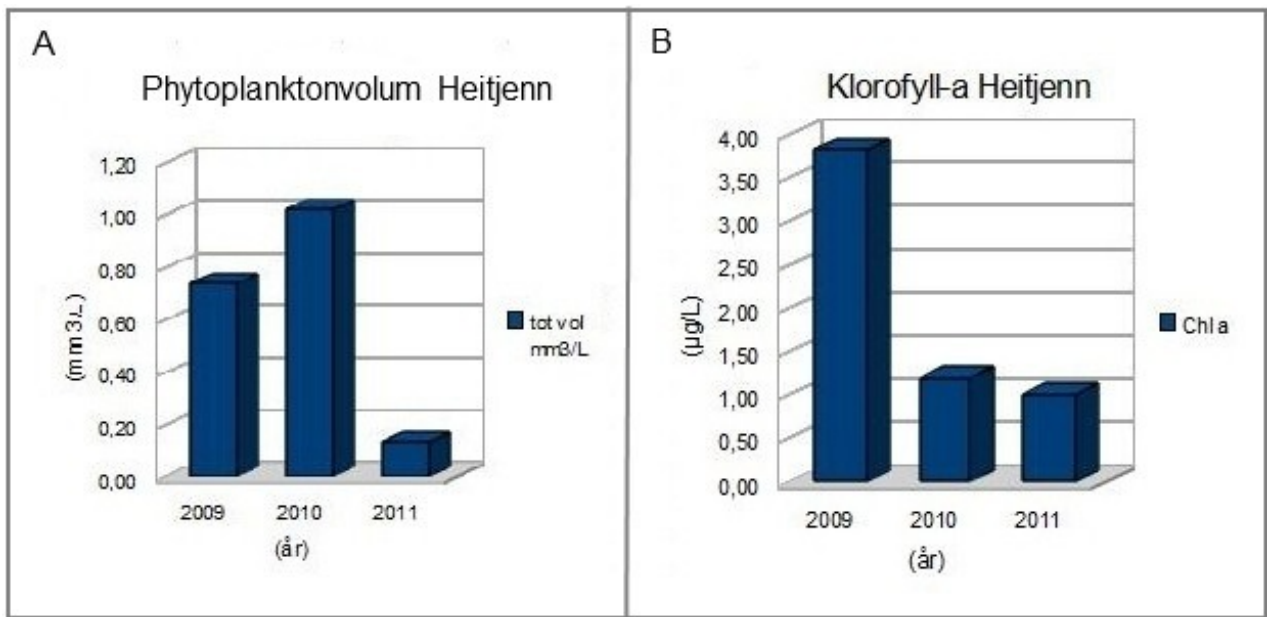
**Tabell 12.** Registrerte phytoplanktontaxa i Heitjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

		2009	2010	2011
Cryptophyceae	Cryptomonas sp.		X	X
	Rhodomonas sp.		X	
Dinophyceae	Peridinium sp.	X		X
Cluysophyceae	Bitrichia chodatii		X	X
	Bitrichia sp.	X		X
	Dinobryon pediforme	X	X	
	Små kuler (<6,5 $\mu\text{m}$ )	X	X	X
	Store kuler (>6,5 $\mu\text{m}$ )	X	X	X
Euglenophyceae	Trachelomonas sp.		X	
Chlorophyceae	Chlamydomonas sp.	X		X
	Oocystis rhomboidea			X
	Scourfieldia complanata			X
Conjugatophyceae	Staurodesmus incus			X
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X	
<b>SUM</b>		<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>



**Figur 13.** Phytoplanktonmengder ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) fordelt på klasser i Heitjenn 2009-2011.

I phytoplanktonprøvene fra Heitjenn er det igjen gullalgen som har utviklet de største volumene i august. Det ble observert en nokså stor dominanse av arten *Dinobryon pediforme* i 2009 som i 2010 hadde økt ytterligere. I 2011 ble det ikke funnet *Dinobryon*-arter i phytoplanktonprøven, selv om håvtrekket fra september 2011 inneholdt store mengder av *Dinobryon pediforme* og *Dinobryon sertularia*. Det ble registrert panserflagellater i 2009 og 2011, med en relativt stor andel i førstnevnte prøve. De øvrige phytoplanktonklassene utgjorde kun små andeler av det totale phytoplanktonsamfunnet. Av indikatorarter ble det i tillegg til store mengder *Dinobryon pediforme* (oligotrofe, klare, sure innsjøer) funnet *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse, sure vann), *Oocystis rhomboidea* (oligotrofe innsjøer) og *Staurodesmus incus* (oligotrofi). Den kraftige dominansen av *Dinobryon pediforme* gav, som vist i **figur 14A**, det totale phytoplanktonvolumet en topp i 2010 på  $1,0 \text{ mm}^3/\text{L}$ . Klorofyll-a målingene (**figur 14B**) viste det høyeste resultatet i 2009 på  $3,8 \mu\text{g}/\text{L}$  med påfølgende lave verdier i 2010 og 2011. Phytoplanktonprøven fra 2009 inneholdt en del bakterie- og detrituslag slik at den ble vanskelig å telle. Dette tyder på at det kan ha vært større mengder phytoplankton tilstede enn det registrerte totalvolumet. Både utregnet volum og målt klorofyll-a mengde var lav i 2011.



**Figur 14.** A: Totalt phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Heitjenn, august måned 2009-2011.  
 B: Klorofyll-a mengder (µg/L) for Heitjenn, august 2009-2011.

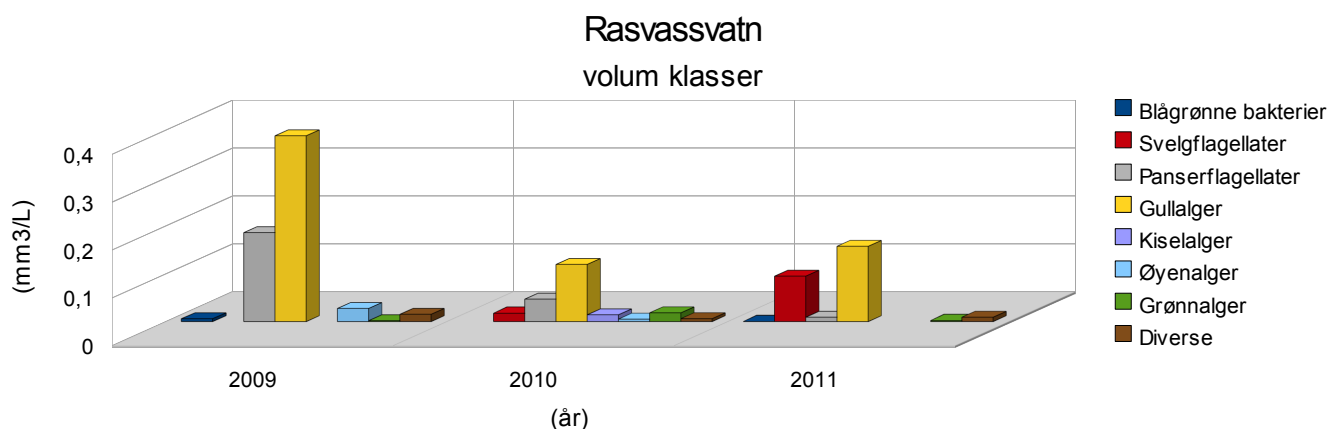
## 5.2.6 Rasvassvatn.

I Rasvassvatn ble det sammenlagt funnet 16 forskjellige phytoplanktontaxa, inkludert gullalgekuler, ubestemmelige avlange celler og noen uidentifiserte kuler med flageller. **Tabell 13** viser de registrerte artene/slektene fordelt på tilhørende klasser i de undersøkte årene 2009-2011.

**Figur 15** viser phytoplanktonklassenes volum hvert av årene.

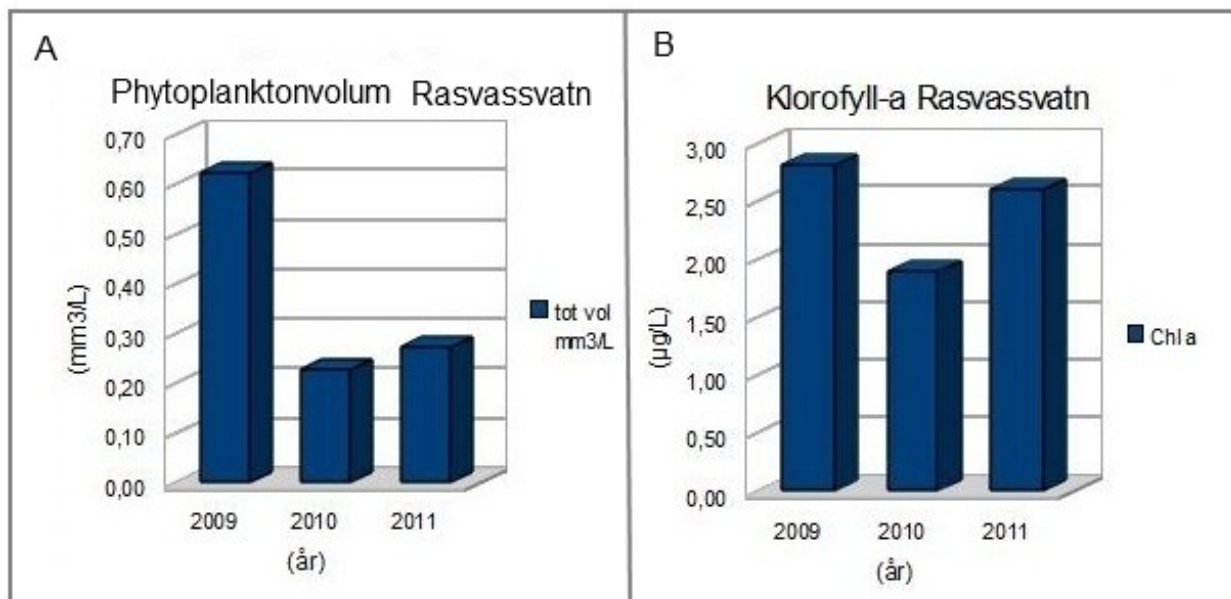
**Tabell 13.** Registrerte phytoplanktontaxa i Rasvassvatn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

		2009	2010	2011
Cyanophyceae	<i>Chroococcus</i> sp.	X		
	<i>Snowella septentrionalis</i>			X
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp.		X	X
	<i>Rhodomonas</i> sp.		X	
Dinophyceae	<i>Peridinium</i> sp.	X	X	X
Chrysophyceae	<i>Dinobryon</i> sp.	X		X
	<i>Dinobryon sociale</i>	X	X	
	<i>Mallomonas</i> sp.			X
	Små kuler (<6,5 µm)	X	X	X
	Store kuler (>6,5 µm)	X	X	X
	<i>Stichogloea doederleini</i>	X		
Diatomophyceae	<i>Fragilaria</i> sp.		X	
Euglenophyceae	<i>Trachelomonas</i> sp.	X	X	
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonas</i> sp.	X	X	X
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X	X
	Ubestemmelige kuler med flageller			X
<b>SUM</b>		<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>



**Figur 15.** Phytoplanktonmengder ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) fordelt på klasser i Rasvassvatn 2009-2011.

Phytoplanktonprøven fra 2009 viste en markant dominanse av gullalger, hovedsaklig bestående av små kuler og *Dinobryon sociale var. americanum*. Volumet av gullalger gikk betydelig ned i prøvene fra de to påfølgende årene. Det ble også registrert en relativt stor andel panserflagellater i 2009, som viste en minkende trend i 2010 og 2011. I 2011 var det ved siden av gullalgene, svelgflagellatene som dominerte phytoplanktonsamfunnet. Hverken panserflagellater eller svelgflagellater gir som gruppe noen god indikasjon på vannkvalitet (Brettum 1989). Den store andelen gullalger i Rasvassvatn kan stemme overens med at vannet er nokså næringsfattig. Øvrige observerte phytoplanktongrupper utgjorde kun små andeler av det totale phytoplanktonvolumet. Av indikatorarter ble det i tillegg til *Dinobryon sociale var. americanum* (oligotrofe, sure innsjøer) funnet *Stichogloea doederleinii* (oligotrofe, klare innsjøer). Med bakgrunn i stor forekomst av gullalger viser volumberegningene den høyeste verdien i 2009 med 0,61 mm<sup>3</sup>/L (**figur 16A**). Phytoplanktonvolumet reduseres deretter betydelig i 2010 og 2011. Klorofyll-a målinger viste også den største mengden i 2009 med 2,8 µg/L (**figur 16B**).



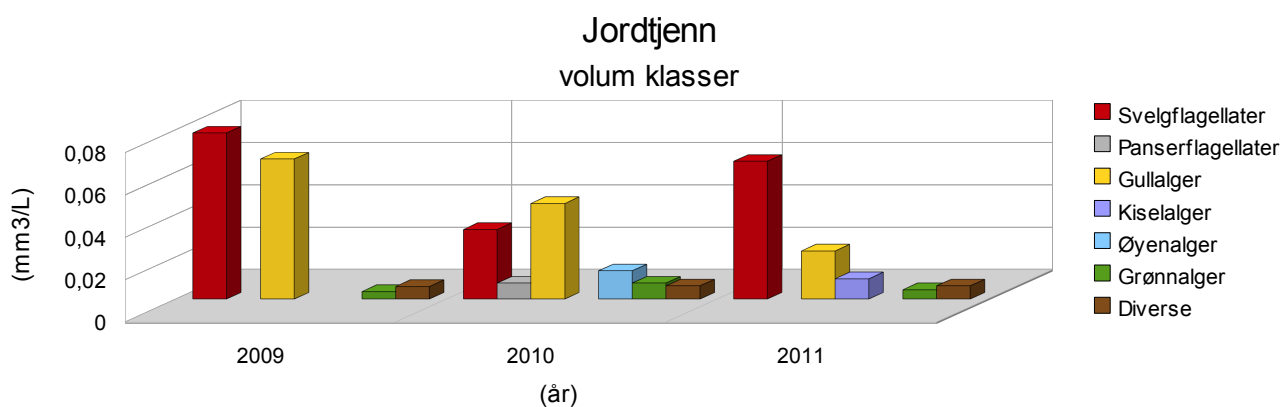
**Figur 16.** A: Totalt phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Rasvassvatn, august måned 2009-2011.  
B: Klorofyll-a mengder (µg/L) for Rasvassvatn, august 2009-2011.

## 5.2.7 Jordtjenn.

I prøvene fra referansevannet Jordtjenn ble det sammenlagt funnet 15 phytoplanktontaxa fordelt på 6 klasser, inkludert gullalgekuler og uidentifiserte avlange celler (*tabell 14*). Figur 17 viser phytoplanktonklassenes volum for hvert av de undersøkte årene.

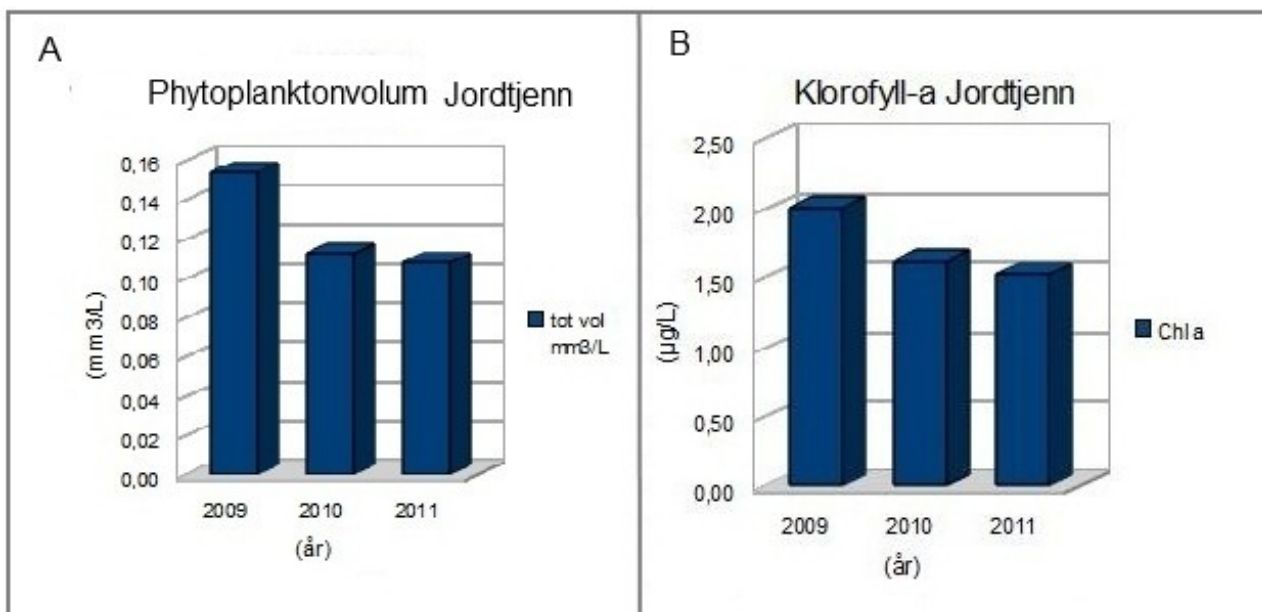
*Tabell 14. Registrerte phytoplanktontaxa i Jordtjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.*

		2009	2010	2011
Cryptophyceae	Cryptomonas sp.	X	X	X
	Rhodomonas sp.	X	X	X
Dinophyceae	Peridinium sp.		X	
Chrysophyceae	Bitrichia chodatii	X		X
	Bitrichia sp.	X		
	Dinobryon sociale			X
	Små kuler (<6,5 µm)	X	X	X
	Store kuler (>6,5 µm)	X	X	X
Diatomophyceae	Fragilaria sp.			X
Euglenophyceae	Trachelomonas sp.		X	
Chlorophyceae	Ankyra judayi		X	
	Chlamydomonas sp.	X		X
	Oocystis rhomboidea		X	
	Oocystis sp.		X	
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X	X
<b>SUM</b>		<b>8</b>	<b>10</b>	<b>9</b>



*Figur 17. Phytoplanktonmengder (mm<sup>3</sup>/L) fordelt på klasser i Jordtjenn 2009-2011.*

Det meste av phytoplanktonvolumet bestod av svelgflagellater og gullalger i alle de tre undersøkte prøvene. Som nevnt er disse klassene ofte de dominerende phytoplanktongruppene i oligotrofe innsjøer som Jordtjenn. Ellers ble det også registrert mindre andeler grønnalger, panserflagellater, kiselalger og øyenalger. En lav phytoplanktonmengde med dominanse av gullalger og svelgflagellater er i følge Løvik m.fl. (2011) indikasjon på at innsjøen har en god miljøtilstand. Av indikatorarter ble det i Jordtjenn funnet *Bitrichia chodatii* (oligotrofe, humøse, sure innsjøer), *Dinobryon sociale var. americanum* (oligotrofe, sure innsjøer), *Oocystis rhomboidea* (oligotrofe innsjøer) og den nokså sjeldne *Ankyra judayi* som helst forekommer i oligotrofe miljøer (Brettum 1989). Både volumberegninger og klorofyll-a målinger viser et lavt innhold av phytoplankton (**figur 18A og 18B**). Det totale phytoplanktonvolumet var høyest i 2009 med 0,15 mm<sup>3</sup>/L, for deretter å avta i 2010 og 2011. Klorofyll-a målinger viser den samme minkende tendensen med den største mengden i 2009 på 2,0 µg/L. Med henhold til klorofyll-a målinger er referansevannet Jordtjenn en oligotrof innsjø (Carlson og Simpson 1996) med meget god vanntilstand (veileder 01:2009) gjennom alle de tre undersøkte årene.



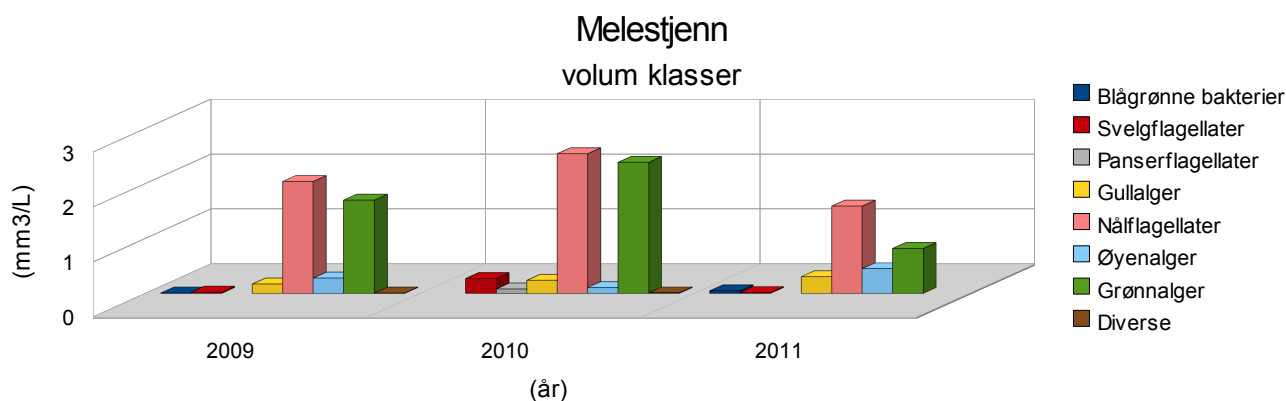
**Figur 18.** A: Totalt phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Jordtjenn, august måned 2009-2011.  
B: Klorofyll-a mengder (µg/L) for Jordtjenn, august 2009-2011.

## 5.2.8 Melestjenn

I prøvene fra Melestjenn 2009-2011 ble det tilsammen registrert 21 phytoplanktonarter fra 7 forskjellige klasser, inkludert gullalgekuler og noen uidentifiserte avlange celler. En oversikt over phytoplanktonklassene med tilhørende observerte arter vises i **tabell 15**. **Figur 19** viser phytoplanktonklassenes volum for hvert av de undersøkte årene.

**Tabell 15.** Registrerte phytoplanktontaxa i Melestjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

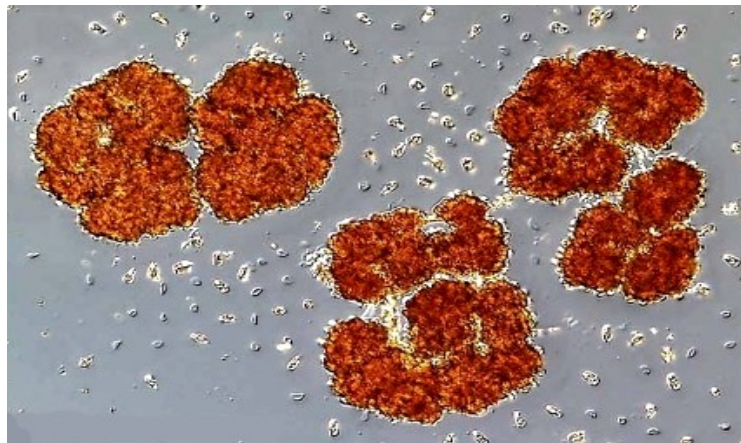
		2009	2010	2011
Cyanophyceae	<b>Chroococcus sp.</b>	X		
	<b>Diverse blågrønne bakterier</b>	X		X
	<b>Snowella septentrionalis</b>	X		
Cryptophyceae	<b>Cryptomonas sp.</b>	X	X	
	<b>Rhodomonas sp.</b>	X		X
Dinophyceae	<b>Peridinium sp.</b>		X	
Chrysophyceae	<b>Bicosoeca sp.</b>			X
	<b>Dinobryon bavaricum</b>		X	
	<b>Dinobryon cylindricum</b>		X	
	<b>Dinobryon sp.</b>	X		X
	<b>Dinobryon sociale</b>	X		
	<b>Mallomonas sp.</b>	X		X
	<b>Små kuler (&lt;6,5 µm)</b>	X	X	X
	<b>Store kuler (&gt;6,5 µm)</b>	X	X	
Raphidophyceae	<b>Gonyostomum semen</b>	X	X	X
Euglenophyceae	<b>Trachelomonas sp.</b>	X	X	
Chlorophyceae	<b>Botryococcus braunii</b>	X	X	X
	<b>Elakatothrix genevensis</b>	X		
	<b>Monoraphidium dybowskii</b>		X	X
	<b>Oocystis sp.</b>		X	
Diverse	<b>Ubestemmelige avlange celler</b>	X	X	
<b>SUM</b>		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>9</b>



**Figur 19.** Phytoplanktonmengder ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) fordelt på klasser i Melestjenn 2009-2011.



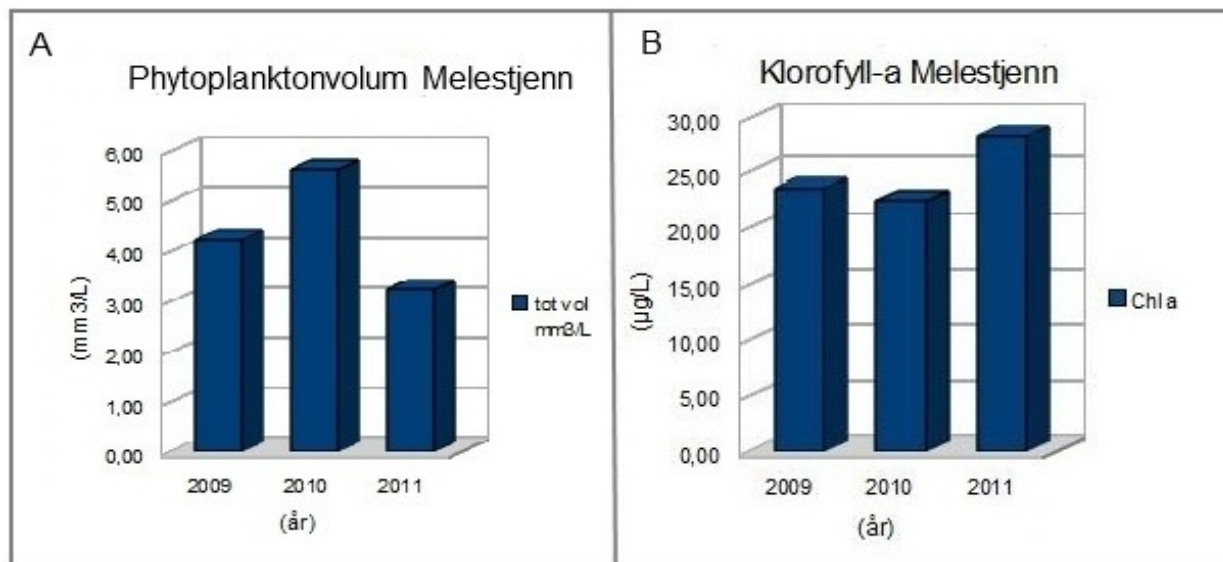
I tillegg til mindre andeler svelgflagellater, gullalger og øyenalger viste alle de tre phytoplanktonprøvene fra Melestjenn en kraftig dominanse av nålflagellaten *Gonyostomum semen* og grønnalgen *Botryococcus braunii* (**figur 20**). Det ble også funnet en små mengder blågrønne bakterier i prøvene fra 2009 og 2011, og en liten andel panserflagellater i 2010. *Gonyostomum semen* er en forholdsvis stor art som ofte utvikler et meget høyt antall individer (Willèn 2007). Den kolonidannende *Botryococcus braunii* kan også forårsake store oppblomstringer (Smittenberg m.fl. 2005, Papa m.fl. 2008) som kan ha toksiske effekter på fisk og zooplankton. Phytoplanktonarten er i tillegg kjent for å kunne danne hydrokarbonolje som fører til at koloniene ofte flyter opp mot vannoverflaten (Papa m.fl. 2008). Vekstraten til *Botryococcus braunii* er langsom og den blir derfor lett utkonkurrert av andre arter dersom vannmassene blir for næringsrike. På grunn av dette påpeker Smittenberg m.fl. (2005) at *Botryococcus braunii* er en god indikatorart for næringsfattige, oligotrofe forhold. Da Melestjenn er et mesotroft vann viser dette at masseforekomster kan oppstå også i litt mer næringsrike vannmasser.



**Figur 20.** *Botryococcus braunii*-kolonier kan være avrundede eller bygd opp av flere delkolonier. Koloniene består av tette cellelag som er omgitt av gele og kan derfor ofte fremstå som en ugjennomsiktig masse (Tikkanen og Willèn 1992). Figuren er hentet fra [www.fytoplankton.cz](http://www.fytoplankton.cz)

Ved siden av *Gonyostomum semen* (mesotrofe, sure, humøse innsjøer) og *Botryococcus braunii* (oligotrofe innsjøer) ble det funnet flere indikatorarter i Melestjenn; *Dinobryon bavaricum* (mesotrofe, sure, humøse innsjøer), *Dinobryon cylindricum* (oligotrofe innsjøer), *Dinobryon sociale* var. *americanum* (oligotrofe, sure innsjøer) og *Monoraphidium dybowskii* (oligotrofe, sure innsjøer). Både utregnede totale phytoplanktonvolum og målte klorofyll-a konsentrasjoner viste meget store mengder (**figur 21A og 21B**).

Det største volumet ble beregnet for 2010 på 5,6 mm<sup>3</sup>/L, mens den høyeste klorofyll-a konsentrasjonen ble målt i 2011 på litt over 28 µg/L. I følge veileder 01:2009 hadde referansevannet Melestjenn dårlig vanntilstand i 2009-2010 og meget dårlig vanntilstand i 2011 med henhold på klorofyll-a mengden. Klorofyll-a målingene viste også eutrofe forhold alle de undersøkte årene (Carlson og Simpson 1996).



**Figur 21.** A: Total phytoplanktonvolum (mm<sup>3</sup>/L) for Melestjenn, august måned 2009-2011. B: Klorofyll-a mengder (µg/L) for Melestjenn, august 2009-2011.

Melestjenn er i utgangspunktet ment å være et referansevann som innsjøer innenfor de brente områdene skal kunne sammenlignes med både vannkjemisk og biologisk. Melestjenn har imidlertid et meget høyt humusinnhold og er et såkalt "Gonyostomum-vann" som gjør at phytoplanktonsamfunnet blir markant atypisk.

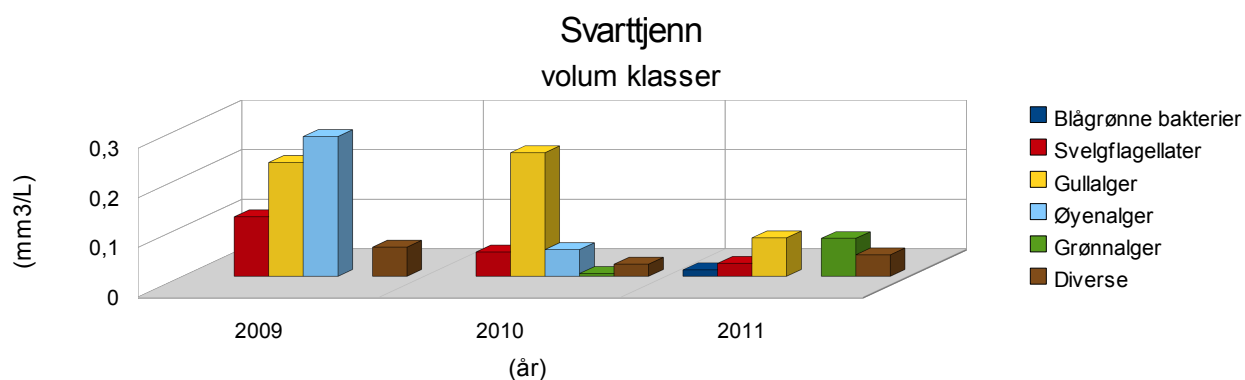
### 5.2.9 Svarttjenn.

Alle phytoplanktonprøvene fra referansevannet Svarttjenn inneholdt store mengder tette bakteriekolonier. Under analysen var det vanskelig å si om dette var blågrønne bakterier eller om koloniene bestod av helt andre bakterietyper uten klorofyll. Bakteriemengdene lå i flere lag i tellekammeret og gjorde det nesten umulig å få øye på phytoplankton. Prøvene ble derfor, som hos Fisketjenn, ristet ekstra godt før sedimentasjon av et mindre volum.

Selv etter denne fremgangsmåten var det meget vanskelig å skille ut phytoplanktonceller. Dette vil gi grunnlag for store feilkilder, både når det gjelder phytoplanktonvolum og artssammensetning. Tross disse vanskelighetene ble det registrert 11 forskjellige phytoplanktonarter i Svarttjenn 2009-2011. Inkludert er da ubestemte blågrønne bakterier, gullalgekuler og noen uidentifiserte avlange celler. I **tabell 16** vises de registrerte artene, fordelt i klasser, for hvert av de undersøkte årene. **Figur 22** viser de forskjellige phytoplanktonklassenes volum i 2009, 2010 og 2011.

**Tabell 16.** Registrerte phytoplanktontaxa i Svarttjenn, august 2009-2011. Klasser er presentert til venstre, med påfølgende arter/slekter og hvilke år de er observert i.

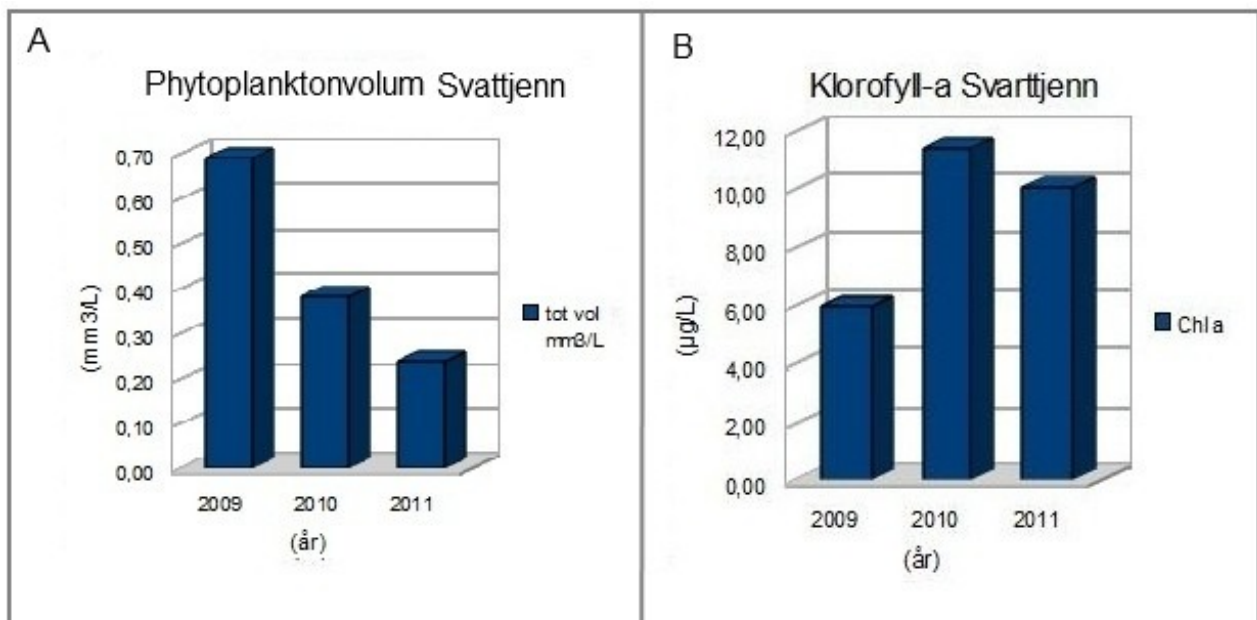
		2009	2010	2011
Cyanophyceae	Diverse blågrønne bakterier			X
	<i>Snowella septentrionalis</i>			X
Cryptophyceae	<i>Cryptomonas</i> sp.	X	X	
	<i>Rhodomonas</i> sp.	X	X	
Chrysophyceae	Små kuler (<6,5 µm)	X	X	X
	Store kuler (>6,5 µm)	X	X	
Euglenophyceae	<i>Phacus</i> sp.	X		
	<i>Trachelomonas</i> sp.	X	X	
Chlorophyceae	<i>Elakatothrix</i> sp.		X	
	<i>Monoraphidium dybowskii</i>		X	X
Diverse	Ubestemmelige avlange celler	X	X	X
<b>SUM</b>		<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>



**Figur 22.** Phytoplanktonmengder (mm<sup>3</sup>/L) fordelt på klasser i Svarttjenn 2009-2011.

Under analyse av phytoplanktonprøvene ble det funnet en mengde uidentifiserte gullalgekuler, særlig i prøvene fra 2009 og 2010. Prøven fra 2009 viser også en stor andel øyenalger innenfor slekten *Phacus sp.* Dette er en slekt bestående av store arter som gir et stort volum selv om antall individer er beskjedent. Arter av *Phacus sp.* er som de fleste øyenalger forbundet med næringsrike vannmasser (Brettum 1989, Tikkanen og Willén 1992, Willén 2007). Ellers ble det også registrert svelgflagellater med synkende volum fra 2009-2011. Grønnalger bestående hovedsaklig av *Monoraphidium dybowskii* ble funnet i prøvene fra 2010 og 2011. Det ble observert en liten andel blågrønne bakterier i 2011, men det er meget mulig at alle phytoplanktonprøvene fra Svarttjenn inneholdt en stor andel av denne klassen. I tillegg til øyenalgene (eutrofe innsjøer) var *Monoraphidium dybowskii* (sure innsjøer) den eneste observerte indikatorarten.

Resultatet fra utregningen av det totale phytoplanktonvolumet viser en synkende trend fra 2009 til 2011 (**figur 23A**). På grunn av de enorme mengdene med bakterier tilstede i prøvene vil det kunne finnes store feil i det utregnede volumet. Det vil derfor mest sannsynlig være mer hensiktsmessig å basere diskusjonen på data fra klorofyll-a innhold. De målte klorofyll-a konsentrasjonene for Svarttjenn i årene 2009-2011 vises i **figur 23B**. Disse målingene viser høyt innhold, spesielt i 2010 og 2011 med 11,5 µg/L og 10,0 µg/L respektive. De store klorofyll-a mengdene kan tyde på at bakterielagene bestod helt eller delvis av blågrønne bakterier, eller at mye phytoplankton har vært skjult innimellom.



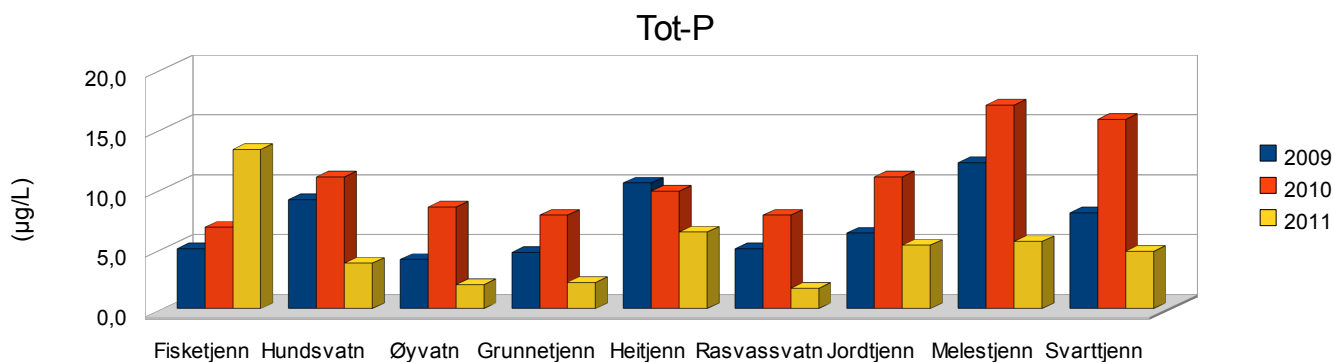
**Figur 23.** A: Total phytoplanktonbiomasse ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) for Svarttjenn, august måned 2009-2011. B: Klorofyll-a mengder ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) for Svarttjenn, august 2009-2011

En svakhet med sammenligningsbildet er at to av tre referansevann viser relativt spesielle forhold. Melestjenn med oppblomstring av *Gonyostomum semen*, i tillegg til et meget høyt humusinnhold, og Svarttjenn med sitt ekstremt store innhold av uidentifiserte bakteriemasser.

### 5.3 Tilførsel av næringsstoffer.

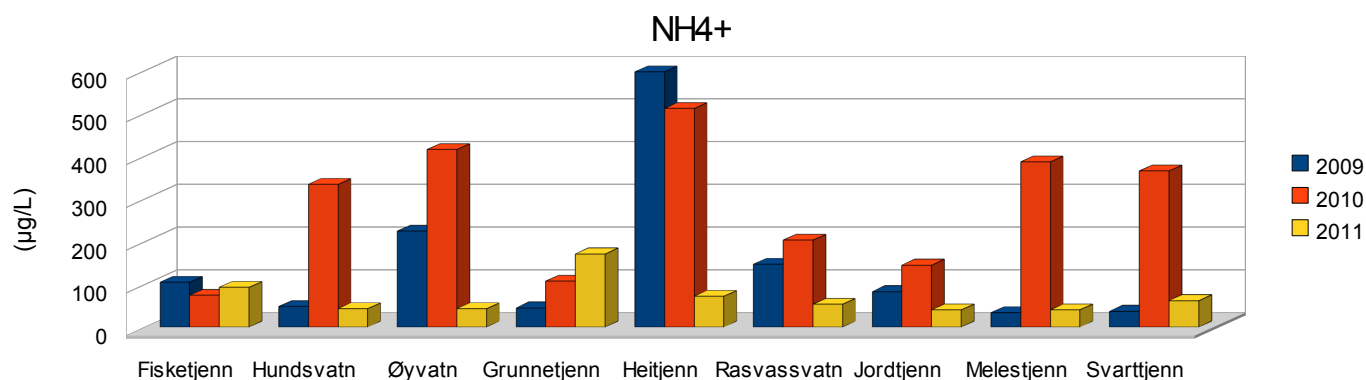
Produksjon av phytoplankton kontrolleres av tilgang på næringsstoffer og sollys. Et flertalls studier har vist et tydelig sambånd mellom skogbrann og økte konsentrasjoner av næringsstoffer i innsjøer til berørte nedbørsfelt. En undersøkelse utført av McEachern m.fl (2000) viste økte konsentrasjoner av nitrogen og fosfor i to år etter brann. Eriksson m. fl. (2003) fant en kraftig økning av total-fosfor, ammonium og nitrat i bekker og innsjøer etter brannpåvirkning, med påfølgende masseoppblomstring av phytoplankton. Bladon m.fl. (2008) rapporterte at innholdet av ammonium og nitrat økte til flere ganger konsentrasjonen av ammonium og nitrat som ble målt i referansevann. Smith m.fl. (2011<sup>a</sup>) fant total-fosfor mengder i brannpåvirkede innsjøer som steg godt over konsentrasjonene målt i referansevannene. En fellesnevner for disse studiene er at de økte næringskonsentrasjonene ble observert kort tid etter skogbrannen, og da gjerne i forbindelse med større mengder nedbør. Innholdet av næringsstoffene gikk i de fleste tilfellene tilbake til normalverdier, målt før brann eller i referansevann, innenfor en tidsramme på ett til tre år. Et feltinnsamlingsprogram etablert av NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning) har påvist at flere av innsjøene lokalisert i brannområdet i Frøland hadde økt næringsinnhold direkte etter hendelsen sensommeren 2008. Imidlertid gikk konsentrasjonene raskt tilbake til nivåer fra før brannpåvirkning (Høgberget 2010).

Til dette studiet foreligger det vannkjemiske data kun fra året etter brannen og to år frem (2009-2011). Konsentrasjoner av næringsstoffene total-fosfor, ammonium og nitrat målt i august måned presenteres i **figurene 24, 25 og 26**.



**Figur 24.** Innhold av total-fosfor ( $\mu\text{g/L}$ ) i de undersøkte innsjøene, målt august måned i årene 2009-2011.

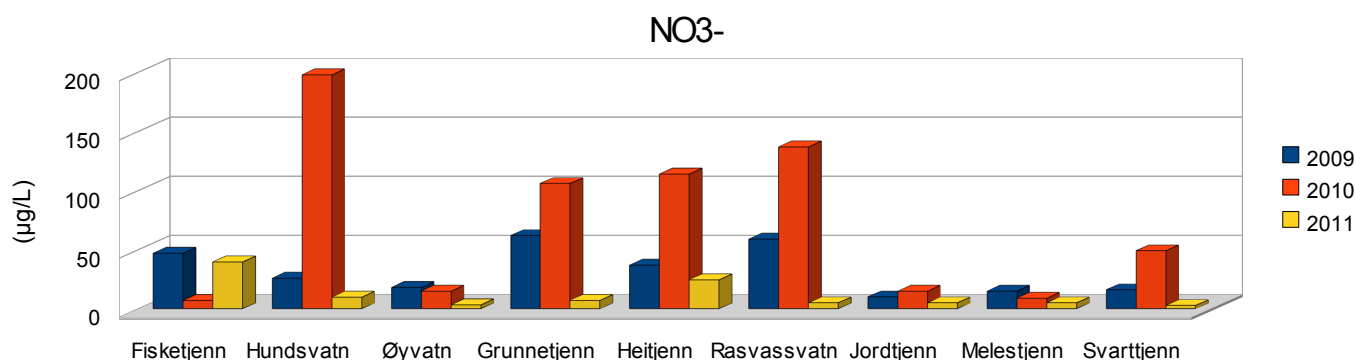
I Fisketjenn ble det målt en relativt høy total-fosfor konsentrasjon ( $13 \mu\text{g/L}$ ) i 2011. Innsjøen viste et stigende fosforinnhold fra 2009-2011. De tre referansevannene Jordtjenn, Meletjenn og Svarttjenn, samt brannpåvirkede Hundsvatn, Øyvatn, Grunnetjenn og Rasvassvatn hadde alle en total-fosfor topp i 2010. Melestjenn og Svarttjenn hadde dette året høye konsentrasjoner på  $17 \mu\text{g/L}$  og  $16 \mu\text{g/L}$  respektive. Heitjenn hadde sitt høyeste total-fosfor innhold i 2009, med minkende tendens til 2011.



**Figur 25.** Innhold av ammonium ( $\mu\text{g/L}$ ) i de undersøkte innsjøene, målt august måned i årene 2009-2011.

I Heitjenn ble det påvist meget høyt innhold av ammonium både i 2009 og 2010 med henholdsvis  $597 \mu\text{g/L}$  og  $511 \mu\text{g/L}$ . Høgberget (2010) fant også særlig høye ammoniumkonsentrasjoner hos Heitjenn i august 2009 på  $485 \mu\text{g/L}$ . Samtlige av referansevannene, i tillegg til Hundsvatn, Øyvatn og Rasvassvatn hadde størst innhold av ammonium i 2010. Sammen med Heitjenn utmerket Hundsvatn, Øyvatn, Melestjenn og Svarttjenn seg spesielt dette året med høye konsentrasjoner.

Fisketjenn viste relativt lave, jevne mengder ammonium alle tre årene, mens Grunnetjenn hadde en stigende tendens fra 2009 til 2011.



**Figur 26.** Innhold av nitrat ( $\mu\text{g/L}$ ) i de undersøkte innsjøene, målt august måned i årene 2009-2011.

Hundsvatn hadde det største nitratinnholdet i 2010 på 198  $\mu\text{g/L}$ . Grunnetjenn, Heitjenn, Rasvassvatn og Svarttjenn hadde også de høyeste nitratverdier dette året på 106  $\mu\text{g/L}$ , 114  $\mu\text{g/L}$ , 137  $\mu\text{g/L}$  og 49  $\mu\text{g/L}$  respektive. Ellers hadde Øyvavn, Jordtjenn og Melestjenn jevne, lave nitratkonsentrasjoner, mens Fisketjenn viste de største mengdene i 2009 og 2011.

En kritisk side av denne analysen er at det må antas at referansevannene tilsvarer de forholdene innsjøene i brente nedbørsfelt hadde før brannen. På bakgrunn av dette ligger de tre referansevannene relativt nær brannområdet slik at geologi-, jord- og vegetasjonstype blir mest mulig lik den i brent område. Dette betyr imidlertid at aske kan føre med seg komponenter som næringsstoffer til omkringliggende vann. Avstand fra kilden vil dermed ikke nødvendigvis være noen effektiv buffer mot brannpåvirkning (Smith m.fl. 2010). At så mange av innsjøene viser det høyeste innholdet av næringsstoffer i 2010 kan ha med nedbørsforholdene å gjøre da august 2010 hadde en relativt stor nedbørsmengde på 166mm (*se vedlegg 1*). Det kom også mye nedbør i august 2011, men de betydelig lavere konsentrasjonene av næringsstoffer kan tyde på at påvirkning fra eventuelle askeavsetninger har opphørt eller blitt redusert. Av de brannpåvirkede innsjøene var det spesielt Heitjenn som utmerket seg med høyt innhold av ammonium i både 2009 og 2010 og oppblomstring av guldalgen *Dinobryon pediforme* de samme årene. At en phytoplanktongruppe, og da gjerne en spesiell art, tar markant over er typisk når næringstilførselen endres i så stor grad hos en vanligvis næringsfattig innsjø (Eriksson m.fl. 2003).

Heitjenn viste, i likhet med innhold av næringsstoffer, de høyeste phytoplanktonvolumene i 2009 og 2010 (*se figur 14A*). Disse forholdene kan skyldes at Heitjenn tilhører et meget lite nedbørsfelt (*se tabell 1*). Da går utskiftingen av vannet langsamt slik at konsentrasjonen av næringsstoffer får muligheten til å øke parallelt med at nedbørsfeltet skiller ut ioner.

Høgberget (2010) rapporterte om økte nitratkonsentrasjoner i Hundsvatn over en lengre periode etter brannen. Innholdet gikk tilbake utpå sommeren 2009, men *figur 26* viser en ny stor tilførsel i august 2010. Tilførselen av næringsstoffer gjenspeiler phytoplanktonvolumet i mange av de undersøkte innsjøene. Øyvavn, Grunnetjenn og referansevannene Melestjenn og Svarttjenn hadde også de største phytoplanktonvolumene i 2010 (*figurene 10A, 12A, 21A og 23A*). Hos Rasvassvatn ble det derimot funnet en reduksjon i phytoplanktonvolumet fra 2009 til 2010, på tross av at næringsinnholdet hadde økt i 2010. Melestjenn og Svarttjenn inneholdt begge store mengder totalfosfor og ammonium i 2010. Disse innsjøene hadde også høye klorofyll-a konsentrasjoner (*figur 21B og 23B*). Melestjenn på grunn av oppblomstring av *Gonyostomum semen* og *Botryococcus braunii*, og Svarttjenn antagelig på grunn av store mengder blågrønne bakterier. Samtlige av phytoplanktonprøvene fra Svarttjenn og to av phytoplanktonprøvene fra Fisketjenn inneholdt enorme mengder bakterier og grums. Dette har høyst sannsynlig medført analysefeil, og det vil være mest hensiktsmessig å vurdere innsjøene ut fra klorofyll-a mengdene (*figurene 23B og 6B*). Fisketjenn hadde relativt stort total-fosfor innhold i august 2011 som vises igjen i en høy klorofyll-a konsentrasjon. Svarttjenn inneholdt mye klorofyll-a alle de tre undersøkte årene. Den største mengden ble, i samsvar med innholdet av næringsstoffer, registrert i 2010. Svarttjenn er et meget lite vann med et relativt stort nedbørsfelt (*se tabell 3 og tabell 1*). Dette fører til en rask gjennomskylling av vann, men samtidig vil det også tilføres en høyere andel næringsstoffer som igjen kan øke vekstraten til phytoplankton (Kalff 2003). Det siste referansevannet Jordtjenn hadde et jevnt lav phytoplanktonvolum i alle de undersøkte årene, til tross for en økning i total-fosfor fra august 2009 til august 2010.

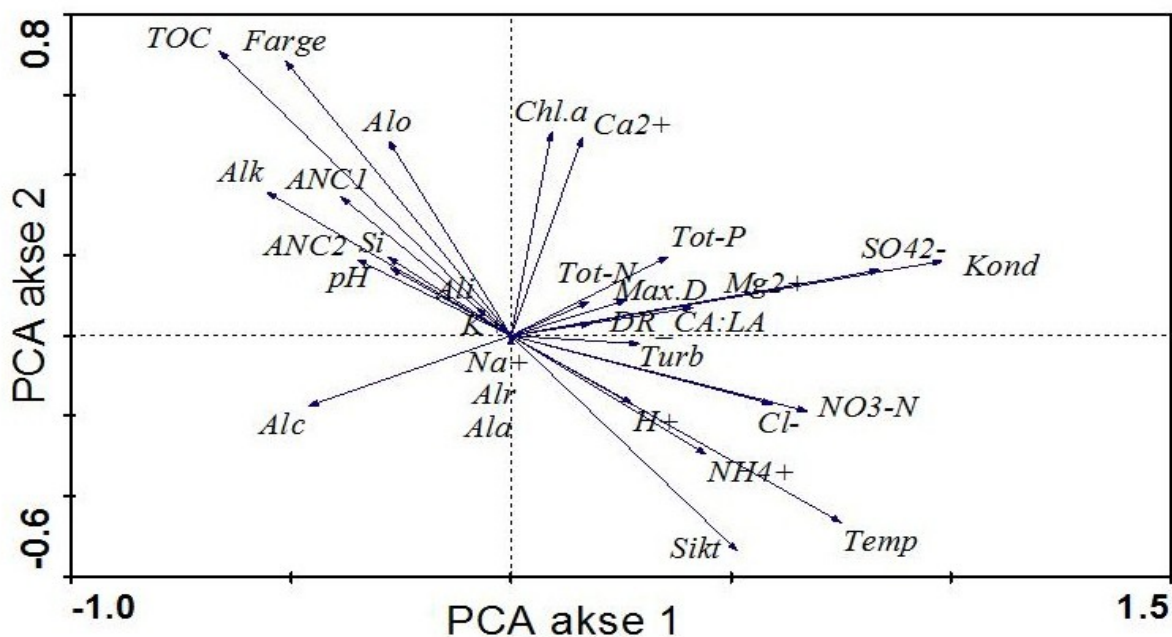
Det er ingen klare trender i innsjøer fra brannpåvirkede nedbørsfelt som ikke også forekommer i referansevannene når det gjelder næringsstoffer.



## 5.4 Ordinasjonsanalyser.

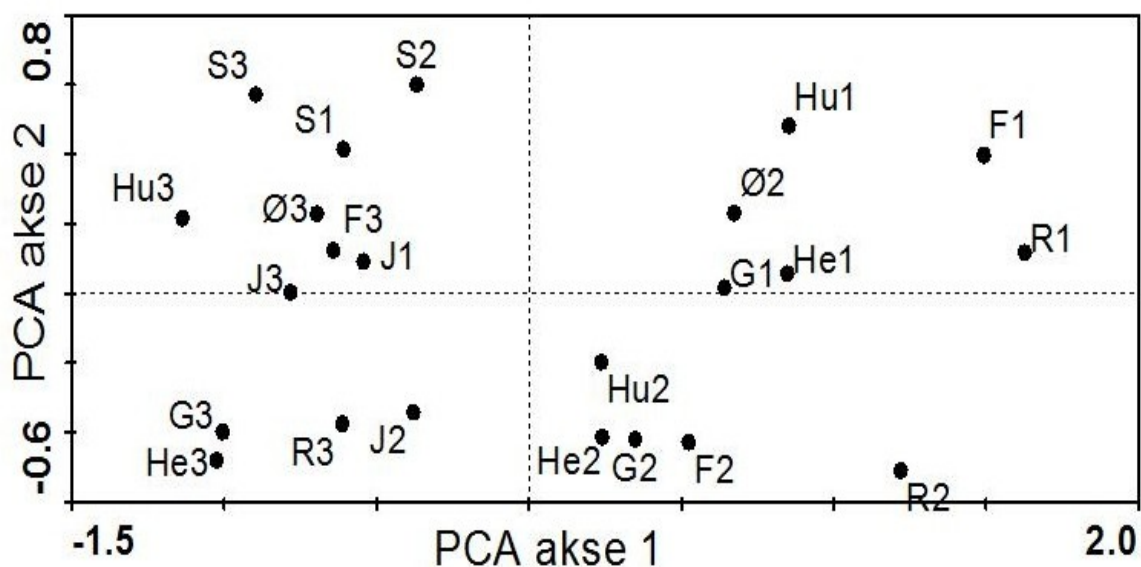
For å utforske tilgjengelige data statistisk ble ordinasjonsmetodene Principal Component Analysis (PCA) og Detrended Correspondence Analysis (DCA) tatt i bruk. Ordinasjoner er generelt en samlebetegnelse på multivariate teknikker som brukes for å skape struktur og se sammenhenger i meget store datasett (Hov og Walseng 2003, Halvorsen m.fl. 2009). Referansevannet Melestjenn viste meget atypiske forhold, både når det gjelder phytoplanktonsamfunn og humøsitet. Innsjøen ble derfor utelatt fra ordinasjonsanalysene. PCA ble utført på miljøvariabelmatrisen for å finne korrelasjon hos de forskjellige variablene. PCA-ordinasjon er et viktig redskap når det gjelder å identifisere hvilke miljøvariabler som varierer sammen og kan påvise komplekse miljøgradienter (Halvorsen m.fl. 2009, Kent 2012). Miljøvariabelmatrisen inneholdt observasjoner av 30 variabler, registrert i 8 innsjøer med en årlig observert mengde eller verdi fra august måned i perioden 2009-2011. Matematisk sett utgjør denne matrisen et 30-dimensjonalt rom med miljøvariablene som akser. Hver av de 8 innsjøene for hvert av de tre årene plasserer seg som et punkt hvis posisjon langs hver akse er bestemt av de observerte mengder eller verdier til miljøvariabelene. PCA-ordinasjonen plasserer et koordinatsystem i det 30-dimensjonale rommet, definert av miljøvariablene. Her blir innsjøer og miljøvariabler sortert slik at mest mulig av variasjonen fanges opp i 1.aksen, og mest mulig av restvariasjonen fanges opp i 2.aksen og så videre (Hov og Walseng 2003, Halvorsen m.fl. 2009, Kent 2012). I **figur 27** vises PCA-ordinasjonen av tilgjengelige miljøvariabler, mens **figur 28** viser innsjøfordelingen i den samme ordinasjonen. Forklaringer til variabelforkortelsene finnes i **vedlegg 3**. Innsjøene er representert med forbokstav eller de to første bokstavene i innsjøens navn, etterfulgt av tallet 1, 2 eller 3 som henviser til årstallene 2009, 2010 og 2011.

Resultatene fra PCA-ordinasjon viser at 1.aksen forklarer 70,3% og 2.aksen forklarer 12,7% av variasjonen i datasettet. De to hovedaksene forklarer da 83% av den totale variasjonen i miljøvariablene, noe som indikerer en sterk gradient i 1.aksen.  $\text{SO}_4^{2-}$ , konduktivitet og tildels også  $\text{NO}_3\text{-N}$  er de miljøvariablene som gir den høyeste forklaringsverdien til 1. aksen. Pillelengden til en variabel sier noe om hvor kraftig en variabel øker i den gitte retningen. Fordi ordinasjonen er presentert i et mangedimensjonalt rom kan piler som egentlig peker mer orthogonalt ut fra en hovedakse fremstå som kortere enn piler som peker mer parallelt med aksene. Chl.a og  $\text{Ca}^{2+}$  viste korrelasjon med 2.aksen. TOC og Farge, som danner en relativt sterk korrelasjonsgradient, er korrelert med både akse 1. og akse 2. Når det gjelder næringsstoffene viser ordinasjonen at Chl.a er mer samvarierte med tot-P enn  $\text{NO}_3\text{-N}$  og  $\text{NH}_4^+$ , noe som støtter påstanden om at fosfor er mer begrensende enn nitrogen med henhold til phytoplanktonvekst.



**Figur 27.** PCA-ordinasjonsplott av 30 miljøvariabler basert på observerte mengder og verdier fra august måned 2009-2011.

I **figur 28** som viser innsjøplottet er det klart større spredning mellom vannene i 2009 og 2010 enn det er mellom vannene i 2011 som grupperer seg lengst til venstre i ordinasjonsdiagrammet. Referansevannene grupperer seg med alle de tre undersøkte årene også lengst til venstre i diagrammet, mens det er stor mellomårlig variasjon hos alle de brannutsatte innsjøene. Dette viser tydelig at brannen har påvirket fysiske og kjemiske parametre i de utsatte innsjøene, med redusert virkning i 2011 da innsjøer fra de brente nedbørsfeltene viste større likheter med referansevann. Både sulfatinnhold og konduktiviteten har vist jevnt reduserte mengder i perioden 2009 til 2011 i alle de brannpåvirkede innsjøene, mens referansevannene hadde betydelig lavere mengder alle de tre undersøkte årene for de samme variablene (*se vedlegg 2*). Dette påviser at brannen i Froland har ført til en utlekking av ladete ioner, deriblant en stor andel sulfat. Også Høgberget (2010) rapporterte om en økning i konduktivitet og stor tilførsel av sulfat i undersøkte innsjøer innenfor brannområdet i Froland direkte etter hendelsen.



**Figur 28.** PCA-ordinasjonsplott av de 8 undersøkte innsjøer over perioden 2009-2011. Plottet er basert på ordinasjonen av fysiske- og kjemiske miljøvariabler.

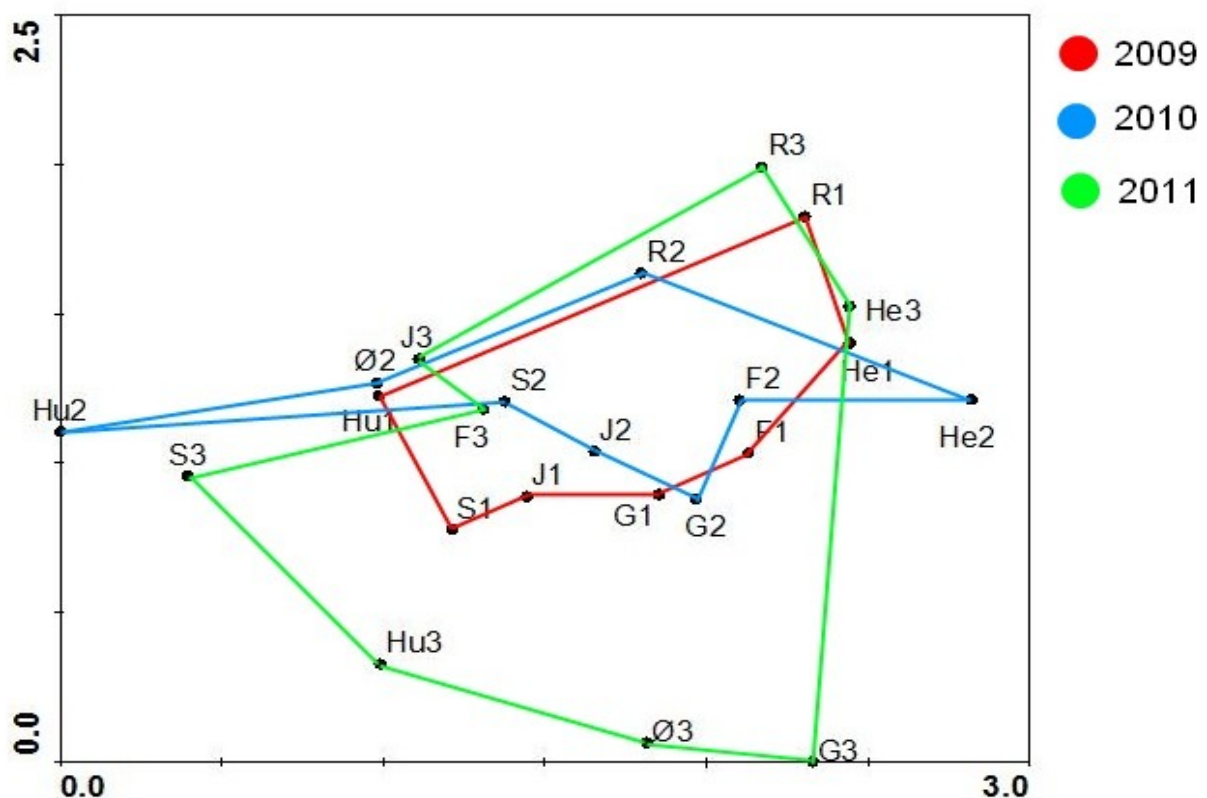
Til ordinasjon av artsobservasjoner ble DCA benyttet. Årsaken til dette er at PCA forutsetter en lineær sammenheng, det vil si at en variabel øker eller avtar proporsjonalt med endringen langs den underliggende komplekse miljøgradienten. En arts respons på miljøgradienter, det vil si artens forekomst og mengde, følger vanligvis en klokkeformet kurve der kurvetoppen symboliserer hvilke forhold langs miljøgradienten som er optimale for arten. DCA-ordinasjonen er i prinsippet lik PCA-ordinasjonen, men DCA tar hensyn til slike ulineære klokkeformede kurver under identifiseringen av artssammensetningsgradientene (Halvorsen m.fl. 2009, Kent 2012). DCA er mye brukt blant økologer nettopp fordi analysen kan visualisere sammenhenger mellom lokaliteter med forskjeller i artssammensetning (Hov og Walseng 2003). I **figur 29A** og **figur 29B** vises innsjøplott basert på DCA-ordinasjon av artsdata fra august måned for årene 2009-2011. I **figur 29A** er det trukket linjer som danner et "areal" for hvert av de undersøkte årene, mens **figur 29B** viser "arealer" for hvert av de av de 8 undersøkte vannene. Da phytoplanktonprøven fra Øyvåtn 2009 manglet vil figuren kun vise en linje for dette vannet.

Avstanden mellom plottene gjenspeiler variasjonen i phytoplanktonsamfunn mellom år og mellom innsjøer. Stort "areal" tilsvarer derfor stor variasjon mens lite "areal" tilsvarer liten variasjon. Aksene er skalert i standardavvikenheter (SD-enheter) som er et mål på spredningen til datasettets verdier eller observasjoner.

Generelt kan det sies at prøver som er plottet med en avstand på 1 SD normalt har mer enn 50% felles arter, mens prøver med avstand på over 4 SD har få eller ingen felles arter (Halvorsen m.fl. 2009).

1.aksen fanger i DCA-ordinasjonen opp 12% og 2.aksen fanger opp 7,5% av variasjonen i artsdataene. I **figur 29A** påvises størst forskjell mellom innsjøene i 2011, mens det mellom innsjøene i 2009 er flere likhetstrekk i phytoplanktonsammensetningen. Innsjøene hadde i 2010 også større likhet enn i 2011, bortsett fra Hundsvatn 2010 og Heitjenn 2010 som danner ytterpunktene langs 1.aksen.

Dette kan forklares med at prøven fra Hundsvatn 2010 inneholdt et stort volum grønnalger, mens Heitjenn skilte seg spesielt ut i 2010 med høyt innhold av gullalgen *Dinobryon pediforme*.



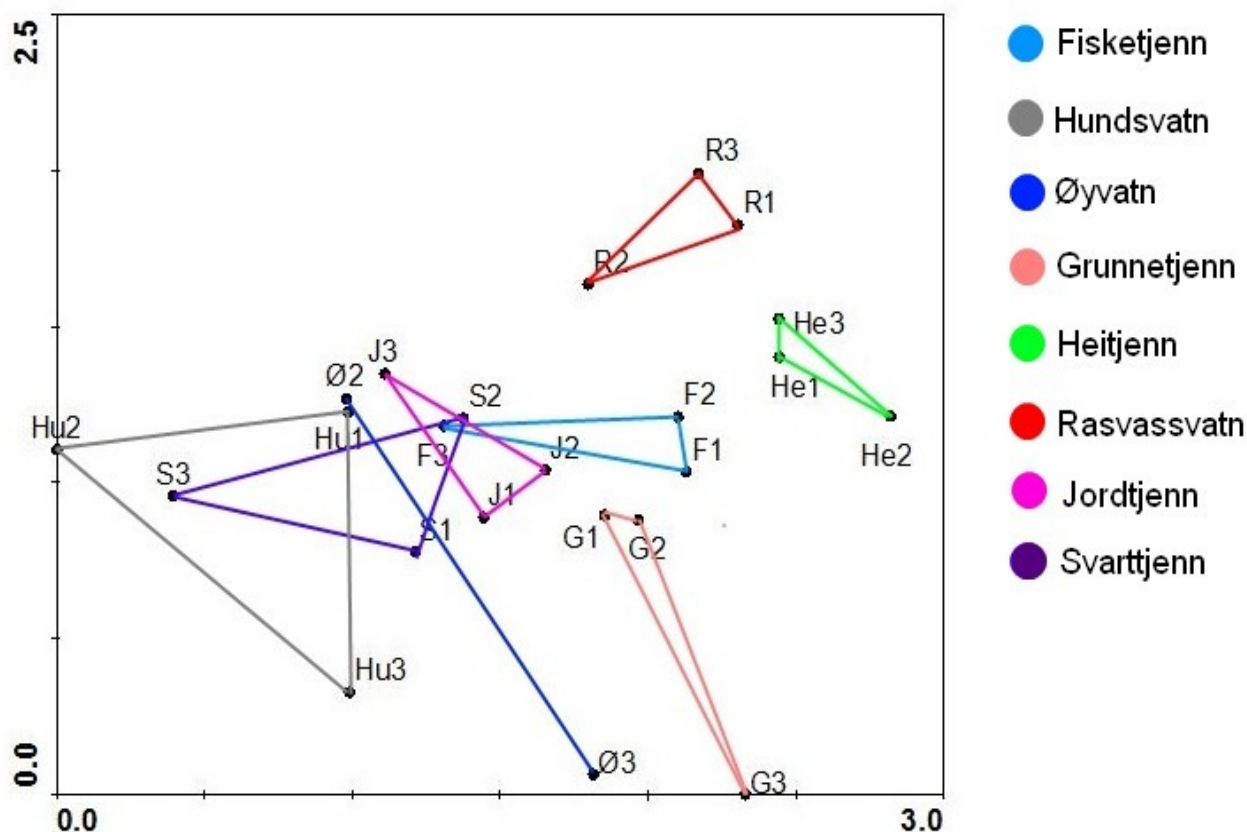
**Figur 29A.** Artsbasert DCA-innsjøplott som viser "arealer" for hvert av årene 2009, 2010 og 2011. Avstanden mellom plottene gjenspeiler variasjonen mellom innsjøenes phytoplanktonsamfunn.

Innsjøplottet i **figur 29B** viser at Hundsvatn er mest forskjellig fra Rasvassvatn og Heitjenn når det gjelder artsinventar. Phytoplanktonsamfunnet i Hundsvatn er også det som har størst variasjon gjennom de tre undersøkte årene. De to referansevannene Jordtjenn og Svarttjenn ligger nokså nær hverandre i midten av ordinasjonsdiagrammet.

Innsjøene som skiller seg mest ut og danner ytterkantene av plottet er Hundsvatn, Øyvatn, Grunnetjenn og Rasvassvatn i 2011, i tillegg til Hundsvatn og Heitjenn i 2010. Dette kan tyde på at phytoplanktonsamfunnet i mange av de brannpåvirkede innsjøene har utviklet seg over tid til å bli mer ulikt basert på de arter og det volumet som er registrert i innsjøene som skal representere referansetilstander.

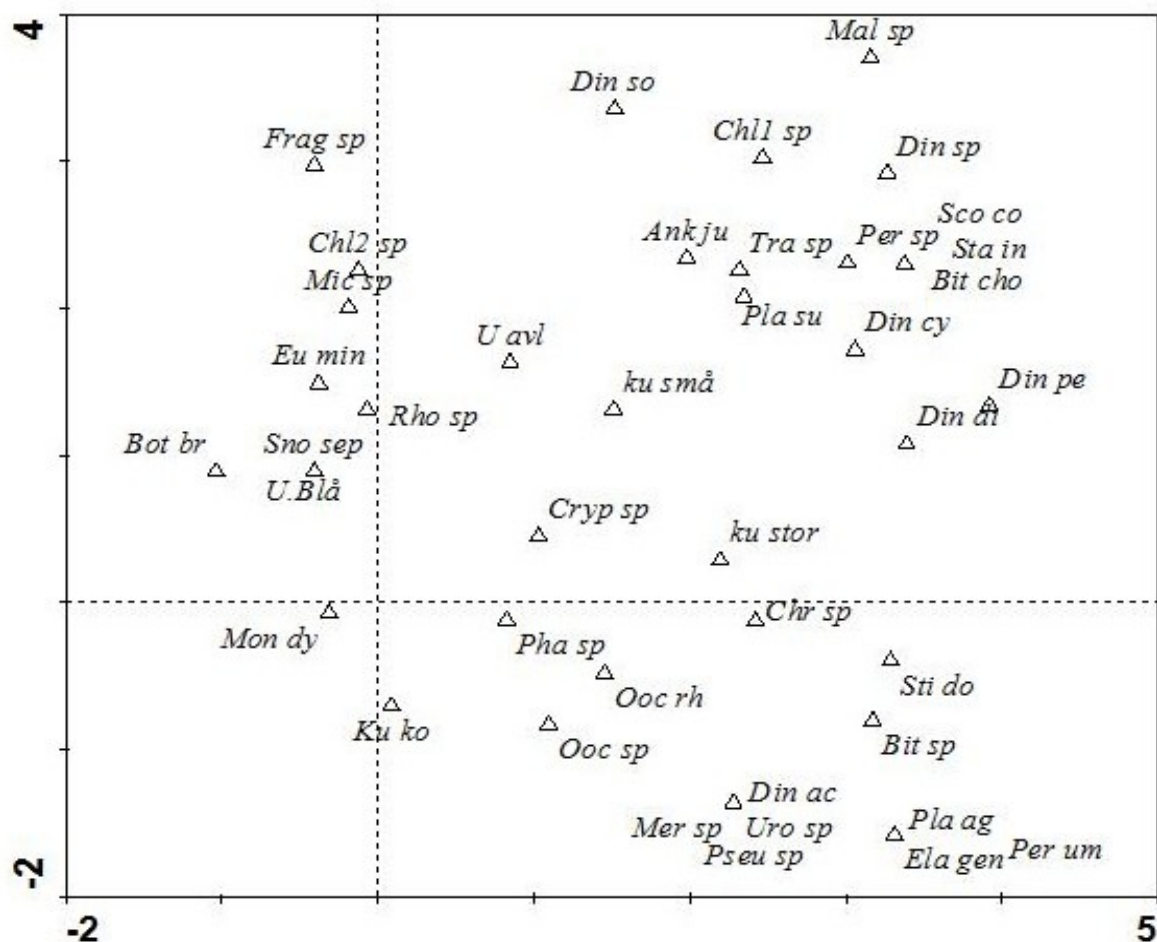
Dersom nedbørsfeltet til en innsjø blir utsatt for brann vil det som nevnt ofte kunne forventes økt tilførsel av diverse kjemiske komponenter. Phytoplankton, med sin korte livssyklus, vil raskt kunne respondere på slike endringer.

At phytoplankton sammensetningen i mange av de brannpåvirkede innsjøer er mer lik phytoplankton sammensetningen i referansevann første året etter brannen enn tre år etter brannen tyder på at de registrerte endringene i vannkjemien ikke har hatt noen markant innflytelse på phytoplanktonsamfunnet generelt.



**Figur 29B.** Artsbasert DCA-innsjøplott som viser "arealer" for hvert av de undersøkte vannene over perioden 2009-2011. Avstanden mellom plottene gjenspeiler variasjonen mellom innsjøenes phytoplanktonsamfunn.

I **figur 30** vises et DCA-artsplott over alle de observerte artene fra de 8 innsjøene som ble analysert. Forklaring på forkortelser benyttet i artsplottet er gitt i **vedlegg 4**. Figuren viser *Dinobryon pediforme* lengst til høyre i den positive delen av X-aksen som er assosiert med Heitjenn 2010. I motsatt ende av figuren er *Botryococcus braunii* plassert som er assosiert med Hundsvatn 2010. Lengst nede til høyre i figuren ligger *Peridinium umbonatum*, *Planktothrix agardhii* og *Elaktothrix genevensis* som er arter funnet kun i prøven fra Grunnetjenn 2011. *Mallomonas sp.* som kun er funnet i Rasvassvatn 2011 er plassert lengst oppe i høyre hjørne. Øyvatt 2011 er assosiert med artene *Dinobryon acuminatum*, *Uroglena sp.*, *Merismopedia sp.* og *Pseudanabaena sp.* som er lokalisert omtrent 2 SD ut på 1.aksen og -1,2 SD ned på 2.aksen. Hundsvatn 2011 assosieres med *Oocystis*-arter og noen uidentifiserte kuler kun funnet i denne prøven. Den ubestemte kolonien med kuler er plassert nesten -1 SD ned på 2.aksen. Mot midten av artsplottet ligger de artene som hyppigst ble identifisert i et flertall av phytoplanktonprøvene, blant annet *Cryptomonas sp.*, *Rhodomonas sp.* og gullalgekuler. Referansevannene befinner seg i midten av innsjøplottet som vist i **figur 30**. Det er også disse vannene som har de største overlappene fra andre vann. Underforstått vil dette si at mange av artene registrert i referansevannene også har blitt funnet i andre lokaliteter. Arts sammensetningen skiller seg her altså lite ut, mens enkelte brannpåvirkede innsjøer som Rasvassvatn og Heitjenn inneholder mer særegne phytoplanktonsamfunn med hovedvekt av taxa som sjeldent eller ikke i det hele tatt ble observert i de andre innsjøene.



**Figur 30.** DCA-artsplott som viser fordelingen av phytoplanktontaxa med bakgrunn i innsjøenes plassering i **figur 29A** og **figur 29B**.

Det var og interessant å undersøke om noen av de tilgjengelige miljøvariablene har hatt signifikant innvirkning på forekomsten og volumet til de forskjellige phytoplanktontaxaene. En Canonical Correspondence Analysis (CCA) med forward selection of Monte Carlo permutation tests viste at ingen av de tilgjengelige miljøvariablene var statistisk signifikante ( $p < 0,05$ ). Dette innebærer at eventuelle endringer i phytoplanktonsamfunnet etter skogbrannen ikke kan forklares på bakgrunn av fysiske og kjemiske miljøvariabler i disse analysene. En mulig forklaring på dette utfallet kan være at variasjonen til miljøvariablene har vært for stor i forhold til antall prøveenheter (phytoplanktonprøvene). Dersom det er relativ stor variasjon i miljøparametrene, vil det med et lavt antall prøveenheter bli nesten umulig å få signifikante miljøvariabler (Arvid Odland, pers. medd., 2012).

## 5.5 Sammenfattende konklusjoner.

Mange av phytoplanktonsamfunnene til de undersøkte innsjøene i Froland kommune inneholdt store andeler gullalgekuler som var umulige å artsbestemme. Det ble derfor registrert relativ lav artsforekomst, både i innsjøer fra brente nedbørsfelt og i referansevann. De fleste av vannene domineres hovedsaklig av gruppen gullalger, men det ble også analysert prøver der blågrønne bakterier, svelgflagellater, panserflagellater, grønnalger og/eller nålflagellater opptok store andeler av totalvolumet. To av de tre referansevannene hadde meget spesielle, atypiske phytoplanktonsamfunn med store mengder nålflagellater eller blågrønne bakterier. Dette gjør det meningsløst å sammenligne volum og klorofyll-a konsentrasjoner mellom innsjøer fra brente nedbørsfelt og referansevann. Analysene av næringsstoffer viser at det kan forventes enkelte utlekkingsepisoder også et par år etter brann. Dette gjelder spesielt nitrat og ammonium. I PCA-ordinasjonen kommer det tydelig frem at brannen har påvirket fysiske og kjemiske parametre i de utsatte innsjøene. Konduktiviteten og innholdet av sulfat var forhøyet i forhold til referansetilstand, men viste gradvis avtagende mengder gjennom de tre undersøkte årene. DCA-ordinasjonen av artsdataene viser en tendens til færre likheter mellom phytoplanktonsamfunnene i de forskjellige lokalitetene fra 2009 til 2011. I et flertall av de brannutsatte innsjøenes phytoplanktonsamfunn ble det påvist større forskjell fra referansevann tre år etter enn i det første året etter brannen. DCA-ordinasjonen viste også at referansevannene inneholdt hovedsaklig de hyppigst forekommende artene, mens enkelte innsjøer fra brannutsatte nedbørsfelt hadde mer særegne phytoplanktonsamfunn med arter som sjeldent, eller ikke i det hele tatt, ble registrert i andre vann. På tross av at tilførselen av næringsstoffer til mange av vannene samsvarte med økte phytoplanktonmengder viste Monte Carlo permutation-testen at phytoplanktoninnholdet i de undersøkte prøvene ikke kunne forklares på bakgrunn av tilgjengelige fysiske og kjemiske parametre i dette studiet.

Det finnes lite litteratur som omhandler direkte og indirekte effekter av skogbrann på phytoplanktonsamfunnet i ferskvann og resultatene fra denne undersøkelsen kan være med på å danne et bilde av hvordan den sørnorske skogtypen reagerer på større branner.



## 6. Referanser

Aagaard, K., Bækken, T. Jonsson, B. (red). 2002. *Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter*. NINA Temahefte 21. 48 s.

Bladon, KD, Silins, U, Wagner, MJ, Stone, M, Emelko, MB, Devito, KJ, Mendoza, CA, og Boon, S. 2008. *Wildfire impacts on nitrogen export and production from headwater streams in southern Alberta's Rocky Mountains*. Can. J. For. Res. 38, s. 2359–2371.

Bleken, E., Mysterud, I. og Mysterud, I. 1997. *Skogbrann og miljøforvaltning: En utredning om skogbrann som økologisk faktor*. Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern og Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, 266 s.

ter Braak, C. J. F. and Smilauer, P. 2002. *CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canoco Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power. Ithaca, NY, USA.

Brandrud, T.E., Bratli, H. og Sverdrup-Thygeson, A. 2010. *Dokumentasjon av sopp, lav og innsekter etter Frolandsbrannen*. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 6-2010. Norsk institutt for skog og landskap, Ås, 42 s.

Brettum, P. 1989. Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton. NIVA-rapport nr.2344, 111 s.

Brettum, P. og Andersen, T. 2005. *The use of phytoplankton as indicators of water quality*. NIVA-Rapport SNO 4818-2004: 197 s.

Canter-Lund H og Lund J.W.G. 1995. *Freshwater algae, their microscopic world explored*. Biopress Ltd, Bristol, 360 s.

Carlson, R.E. og J. Simpson. 1996. *A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods*. Vitenskaplig rapport. North American Lake Management Society, 96 s.

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet. 2009. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften*. Veileder 01:2009, 181 s.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. 2008. *Skogbrannberedskap og håndtering av den senere tids skogbranner i Norge*. Rapport etter oppdrag fra Justis- og politidepartementet, 86 s.

Ekelund, N.G.A. og Aronsson, K.A., 2006. *Changes in chlorophyll a fluorescence in Euglena gracilis and Chlamydomonas reinhardtii after exposure to woodash*. Environ. Exp. Bot. 59, s. 92–98.

Elgersma, A. og Asheim, V. 1998. *Landskapsregioner i Norge -landskapsbeskrivelser.*, Norsk institutt for jord- og skogkartlegging. NIJOS rapport 2/98, 61 s.

Eriksson, H., Edberg, F. og Borg, H. 2003. *Effects of forest fire and firefighting operations on water chemistry in Tyresta National Park, Stockholm, Sweden*. Journal De Physique Iv 107:427–430.

European Committee for Standardization 2006. *Water quality - Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique)*. EN 15204:2006, 46 s.

Gustavsen, P. Ø. 2003. *Kalkingsplan for Aust-Agder 2003 – 2008*. FM rapport nr 3-2003. Miljøvern avdelingen, 25 s.

Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H.H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P.B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. og Ødegaard, F. 2009. *Naturtyper i Norge – Teoretisk grunnlag, prinsipper for inndeling og definisjoner*. Naturtyper i Norge versjon 1.0 Artikkel 1, 210s.

Herrero, A., Muro-Pastor, A. M. og Flores, E. 2001. *Nitrogen control in cyanobacteria*. Journal of bacteriology 183, s. 411-425.

Hov, A.M. og Walseng, B. 2003. *Suksesjon av ferskvannsinvertebrater i et nyetablert damsystem i Trøgstad kommune*. NINA Fagrapport 074, 50 s.

Hötzel, G. og Croome, R. 1999. *A phytoplankton methods manual for australian freshwaters*. LWRRDC Occasional paper 22/99. Land & Water Resources Research Development Corporation, Canberra, 58 s.

Høgberget, R. 2010. Skogbrannen I Mykland 2008. *Resultater etter to års oppfølging av kjemiske effekter i vann*. NIVA-rapport L.NR. 5979-2010, 44 s.

Kalff, J. 2003. *Limnology: inland water ecosystems*. Prentice Hall. Upper Saddle Hill, New Jersey, 592 s.

Kalin, M., Cao, Y. Smith, M. og Olaveson, M.M. 2001. *Development of the phytoplankton community in a pitlake in relation to water quality changes*. Water Research 35, s. 3215-3225

Kent, M. 2012. *Vegetation description and data analysis: a practical approach*. New York, John Wiley, 428 s.

Klaveness, D. 1992. *Ferskvanns-algene i Norge: en forskningsoppgave "for leg og lærd"*. Blyttia 50 (3), s. 121-140.

Lepistö L., Holopainen A. L. og Vuoristo H. 2004 *Type-specific and indicator taxa of phytoplankton as a quality criterion for assessing the ecological status of Finnish boreal lakes*. Limnologia 34: 236-248.

Longhi, M.L. og Beisner, B.E. 2009. *Environmental factors controlling the vertical distribution of phytoplankton in lakes*. J Plankt Res 31, s. 1195-1207.

Løvik, J.E., Stuen, H.O., Eriksen, T.E., Fjeld, E. og Kile, M.R., 2011. *Forurensningssituasjonen I Mjøsa med tilløpselver.*, NIVA-rapport lnr 6308 2012, 8 s.

McEachern, P., Prepas, E.E., Gibson, J.J., og Dinsmore, W.P. 2000. *Forest fire induced impacts on phosphorus, nitrogen and chlorophyll a concentrations in boreal subarctic lakes of northern Alberta*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57(Suppl. 2), s. 73–81.

Neary, D.G., Ryan, K.C., DeBano, L.F. og Landsberg, J.D. 2005. *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 250 s.

Nitschke, C. R. 2005. *Does forest harvesting emulate fire disturbance? A comparison of effects on selected attributes in coniferous-dominated headwater systems*. Forest Ecology and Management 214, s.305–319.

Nygaard G. 2001. *Dansk planteplankton*. 3. utgave. Gyldendal, 36 s.

Papa, R.D., Wu, J.T., Baldia, S., Cho, C., Cruz, M.A., Saguiguit, A. og Aquino R. 2008. *Blooms of the colonial green algae, Botryococcus braunii Kützing, in Paoay Lake, Luzon Island, Philippines.* Philippine Journal of Systematic Biology, 2(1), s. 21-31

Planas, E.E., Desrosiers M., Groulx, S.R., Paquet, S. og Carignan, R. 2000. *Pelagic and benthic algal responses in eastern Canadian Boreal Shield lakes following harvesting and wildfires.* Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57(Suppl. 2), s. 136-145.

SFT: 97:04: Andersen; J. R., Bratli, J. B., Fjeld, E., Faafeng B., Grande M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B. O., og Aanes, K. J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, SFT-veiledning, 31 s.*

Smittenberg, R.H., Baas, M., Schouten, S. og Sinninghe Damsté, J.S., 2005. *The demise of the alga Botryococcus braunii from a Norwegian fjord was due to early eutrophication.* Holocene 15, s.133–140.

Smith, H.G., Sheridan, G.J., Lane, P.N.J., Nyman P. og Haydon, S. 2010. *Wildfire effects on water quality in forest catchments: a review with implications for water supply.* Journal of Hydrology, 396, s. 170-192.

Smith, H.G., Hopmans, P., Sheridan, G.J., Lane, P.N.J., Noske, P.J. og Bren, L.J. 2011<sup>a</sup>. *Impacts of wildfire and salvage harvesting on water quality and nutrient exports from radiata pine and eucalypt forest catchments in south-eastern Australia.* Forest Ecology and Management 263, s. 160-169.

Smith, H.G., Cawson, J., Sheridan, G.J., og Lane, P.N.J. 2011<sup>b</sup>. *Desktop review: impact of bushfires on water quality.* Summary for public dissemination for the Australian Government of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities, 8 s.

Solvang, R. 2003. *Kartlegging av naturtyper i Froland kommune 2000-2002*. Froland Kommune. Rapport, 100 s.

Steedman, R.J. og Kushneriuk, R. S. 2000. Effects of experimental clearcut logging on water quality in three small boreal forest lake trout (*Salvelinus namaycush*) lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57, s. 92-96.

Storaunet, K.O, Brandrud, T.E, Rolstad, J. og Rolstad E. 2008. *Vurdering av verneverdier og skogshistorie I to områder tilbudt for frivillig vern etter skogbrannen i Mykland I juni 2008*. Oppdragsrapport 17. Skog og landskap, 49 s.

Tikkanen, T. & Willén, T. 1992. *Växtplanktonflora*. Naturvårdsverket, Solna, 280 s.

Tulonen, T., Arvola, L. og Ollila, S. 2002. *Limnological effects of wood ash application to the subcatchments of boreal, humic lakes*. *J. Envi-ron. Quality* 31, s. 946-953.

Willén, E., Pejler, Y. og Tirén M. 1985. *Räkningsförfarande af växtplankton vid laboratoriet för miljökontroll*. Uppsala – Laboratorie veiledningshefte, 55 s.

Willen, E. 2007. *Vaxtplankton i sjoar. Bedömningsgrunder*. Institutionen for miljöanalys, SLU, Rapport 2007:6, 37 s.

Økland, J. og Økland, K. A., 1998. *Vann og vassdrag 3. Kjemi, fysikk og miljø*. Vett & viten AS, 206 s.

## Nettadresser:

www.dr-ralf-wagner.de:

[http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Dinobryon\\_sertularia-phase.jpg](http://www.dr-ralf-wagner.de/Bilder/Dinobryon_sertularia-phase.jpg)

www.eklima.no

www.nve.no:

<http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/verneplan/Verneplanarkiv/Aust-agder/0203-Tovdalsvassdraget-ovf-Heresfossfjorden/>

planktonnet.awi.de:

[http://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image\\_details&itemid=16792#content](http://planktonnet.awi.de/index.php?contenttype=image_details&itemid=16792#content)

retro.met.no:

[http://retro.met.no/met/klima\\_norge/Agder.html](http://retro.met.no/met/klima_norge/Agder.html)

## **Vedlegg.**

Vedlegg 1: nedbørsfigurer.

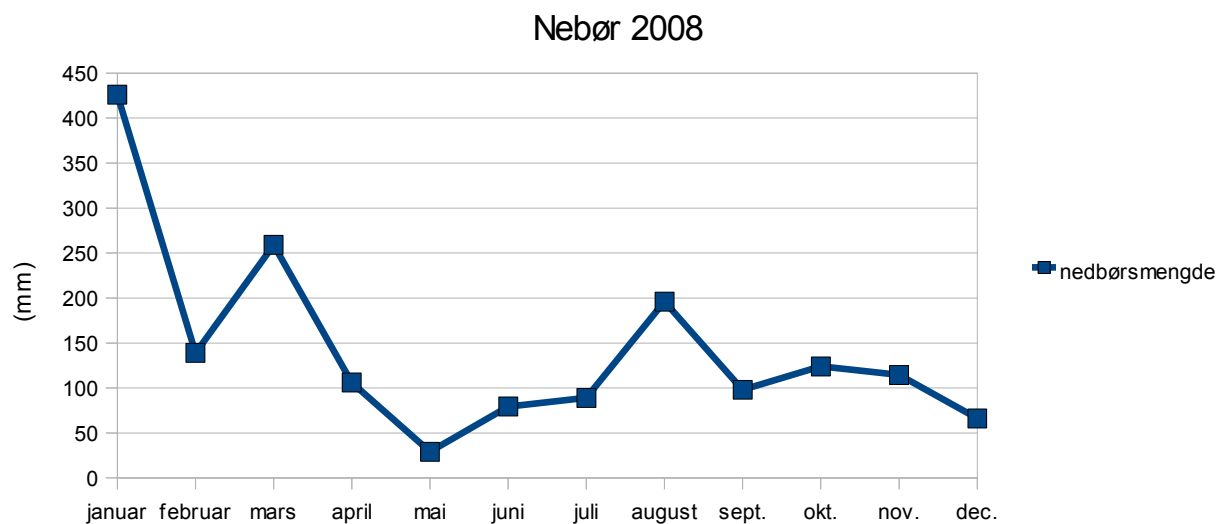
Vedlegg 2: fysiske og kjemiske miljøvariabler.

Vedlegg 3: forklaringer til variabelforkortelser.

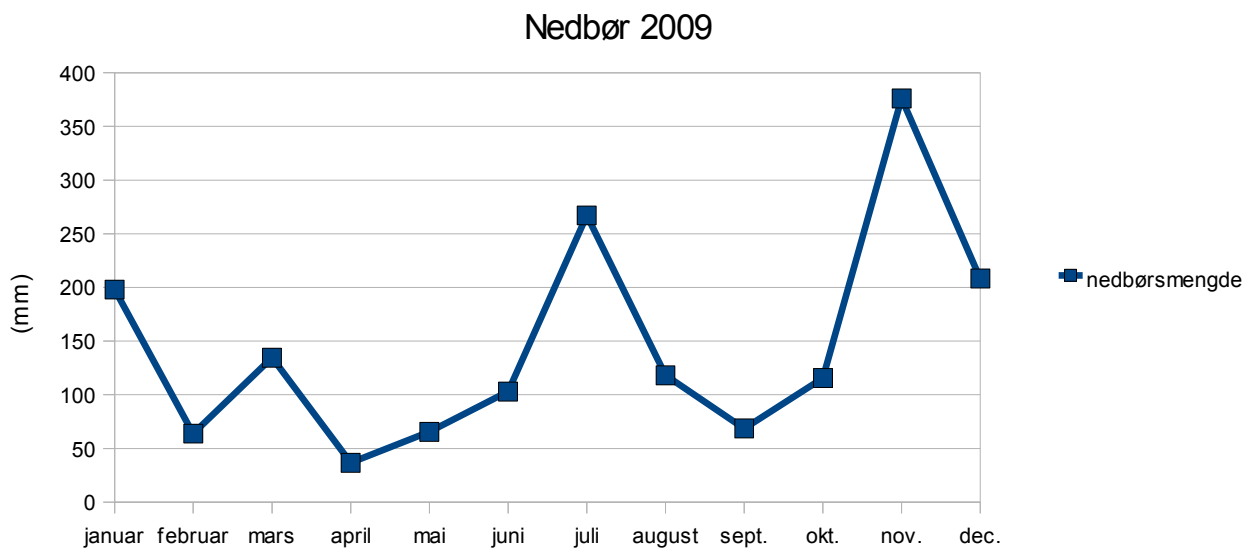
Vedlegg 4: forklaringer til artsforkortelser.



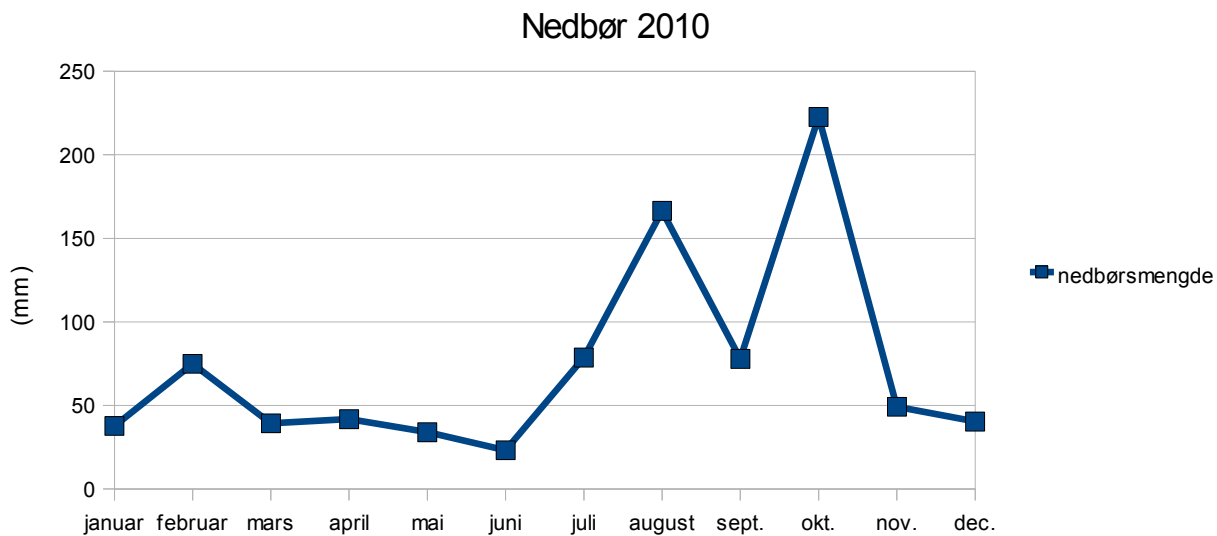
**Vedlegg 1:** Figurene A, B, C og D viser månedlige nedbørsmengder (mm) for 2008-2011. Alle dataene er tilsendt fra eklima.no og stammer fra Nelaug målestasjon.



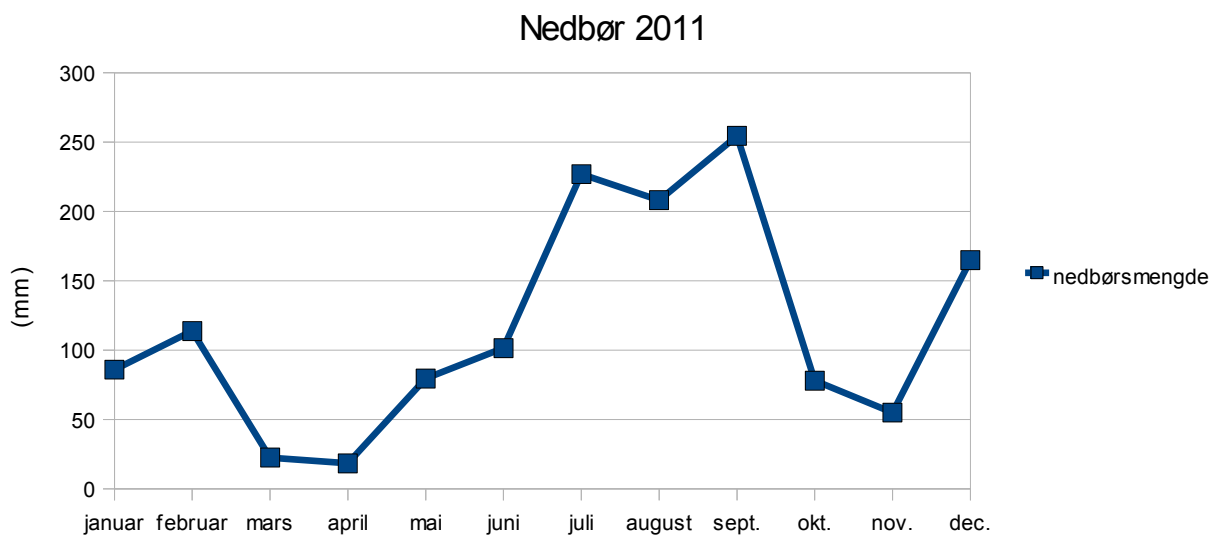
**Figur A.** Månedlige nedbørsmengder for 2008.



**Figur B.** Månedlige nedbørsmengder for 2009.



*Figur C. Månedlige nedbørmengder for 2010.*



*Figur D. Månedlige nedbørmengder for 2011.*

*Vedlegg 2. Fysiske og kjemiske miljøvariabler fra årene 2009, 2010 og 2011..*

Lokalitet	Prøvedato	Temp °C	Siktdyp m	Konduktivitet µS/cm	Turbiditet FTU/NTU	pH	Alr µg/L	Ala µg/L
Fisketjenn	19.05.2009	13,5	2,4	28,5		4,88	147	107
Fisketjenn	15.06.2009	17,9	2,5	29,3		4,41	101	98
Fisketjenn	18.07.2009	19,8	3,1	28,3		4,68	107	88
Fisketjenn	24.08.2009	17,9	3,0	26,4	0,74	4,79	104	94
Fisketjenn	06.10.2009	7,8	2,3	24,6	1,30	4,69	111	79
Fisketjenn	27.01.2010	1,7		27,3	0,83	4,69	112	89
Fisketjenn	24.02.2010	1,5		26,8	0,87	4,72	121	87
Fisketjenn	23.03.2010	1,3		27,8	0,80	4,71	137	95
Fisketjenn	05.05.2010	10,3	1,9	20,0	1,60	5,01	134	84
Fisketjenn	19.05.2010	14,6	1,9	20,5	1,29	5,09	131	85
Fisketjenn	16.06.2010	18,2	3,2	21,9	0,84	4,91	101	76
Fisketjenn	20.07.2010	19,5	4,2	21,2	0,49	5,00	74	58
Fisketjenn	17.08.2010	19,2	4,5	20,1	0,35	4,87	72	51
Fisketjenn	14.09.2010	14,2	2,6	19,3	1,05	4,93	82	61
Fisketjenn	12.10.2010	8,8	1,9	22,0	1,74	4,77	109	77
Fisketjenn	16.11.2010	3,0		23,3	1,49	4,80	126	114
Fisketjenn	14.12.2010	1,8		24,7	1,35	4,82	138	119
Fisketjenn	17.01.2011	2,0		24,4	1,35	4,91	132	91
Fisketjenn	21.02.2011	1,3		25,5	1,28	4,88	135	101
Fisketjenn	21.03.2011	1,2		40,3	1,44	4,72	138	90
Fisketjenn	02.05.2011	13,0	2	17,3	1,75	5,24	122	75
Fisketjenn	23.05.2011	12,9	2,0	17,6	1,64	5,23	117	73
Fisketjenn	16.06.2011	17,3	2,1	17,8	1,39	5,10	111	72
Fisketjenn	19.07.2011	17,8	2,2	17,5	1,07	4,75	127	69
Fisketjenn	22.08.2011	16,7	1,9	16,0	1,43	5,08	141	82
Fisketjenn	13.09.2011	14,2		15,8	2,17	5,09	153	97
Fisketjenn	25.10.2011	6,2	1,2	16,0	2,09	5,08	154	87
Fisketjenn	22.11.2011	2,6		14,2	1,61	4,84	134	113
Fisketjenn	13.12.2011	1,0		15,0	0,98	4,96	77	48
Grunnetjenn	19.05.2009	13,2	>3	25,4		5,54	127	58
Grunnetjenn	15.06.2009	18,6	>3,2	24,5		4,94	74	65
Grunnetjenn	18.07.2009	19,5	>3	22,9		5,12	98	84
Grunnetjenn	24.08.2009	18,2	>3	21,4	0,45	5,40	108	99
Grunnetjenn	06.10.2009	6,5		20,3	0,59	5,45	112	75
Grunnetjenn	27.01.2010	1,5		24,9	0,31	4,86	172	132
Grunnetjenn	24.02.2010	1,4		22,5	0,41	5,13	169	123
Grunnetjenn	23.03.2010	1,0		40,4	0,38	4,68	272	198
Grunnetjenn	05.05.2010	11,8	3,2	18,0	1,30	5,95	119	39
Grunnetjenn	19.05.2010	15,7		17,6	0,78	5,89	106	36
Grunnetjenn	16.06.2010	19,0		18,2	0,76	5,46	91	27
Grunnetjenn	20.07.2010	19,6		19,4	0,35	5,09	38	15
Grunnetjenn	17.08.2010	18,8		19,4	0,60	5,47	78	41
Grunnetjenn	14.09.2010	14,3		17,8	0,77	5,61	96	56
Grunnetjenn	12.10.2010	8,5	2,7	19,8	0,91	5,07	161	131
Grunnetjenn	16.11.2010	2,5		19,9	0,60	5,22	132	118
Grunnetjenn	14.12.2010	3,0		22,4	0,81	5,34	184	151
Grunnetjenn	17.01.2011	2,8		23,6	0,81	5,34	178	135
Grunnetjenn	21.02.2011	1,8		25,0	0,70	5,33	178	135
Grunnetjenn	21.03.2011	1,0		24,6	0,81	5,23	187	123
Grunnetjenn	02.05.2011	13,8		15,4	1,04	5,95	100	36
Grunnetjenn	23.05.2011	13,4		15,1	0,77	5,86	85	24
Grunnetjenn	16.06.2011	17,4		15,1	0,60	5,86	106	47
Grunnetjenn	19.07.2011	17,8		13,9	0,94	5,50	149	95
Grunnetjenn	22.08.2011	17,1		12,8	0,63	5,90	139	73
Grunnetjenn	13.09.2011	14,2		13,6	0,66	5,35	186	134
Grunnetjenn	25.10.2011	5,9		14,1	0,79	5,22	172	115
Grunnetjenn	22.11.2011	3,0		13,2	0,62	5,23	170	131
Grunnetjenn	13.12.2011	1,0		20,3	0,72	5,18	119	101
Heitjenn	20.05.2009	12,6		28,4		4,74	160	124
Heitjenn	15.06.2009	18,8	>2	29,6		4,43	130	123
Heitjenn	18.07.2009	19,2	>2	24,0		4,85	122	95
Heitjenn	24.08.2009	18,2	>2	22,0	1,60	5,38	140	95
Heitjenn	06.10.2009	6,0		20,9	1,80	5,06	121	83
Heitjenn	27.01.2010	1,5		25,2	0,58	4,66	147	120
Heitjenn	24.02.2010	1,4		24,4	0,54	4,74	154	108

Lokalitet	Prøvedato	Temp °C	Siktdyp m	Konduktivitet µS/cm	Turbiditet FTU/NTU	pH	Alr µg/L	Ala µg/L
Heitjenn	23.03.2010	1,0		44,6	0,60	4,41	181	144
Heitjenn	05.05.2010	11,7		17,0	1,10	5,26	122	83
Heitjenn	19.05.2010	15,3		17,1	0,67	5,15	106	67
Heitjenn	16.06.2010	18,5		17,7	0,92	4,93	91	68
Heitjenn	20.07.2010	19,7		18,3	1,11	4,59	73	53
Heitjenn	17.08.2010	18,5		18,9	0,84	4,85	84	65
Heitjenn	14.09.2010	14,3		17,7	1,60	4,86	93	78
Heitjenn	12.10.2010	8,1		21,9	0,80	4,61	117	81
Heitjenn	16.11.2010	2,1		24,0	0,72	4,65	150	126
Heitjenn	14.12.2010	3,5		22,9	0,75	4,73	159	143
Heitjenn	17.01.2011	2,4		23,6	0,85	4,76	158	129
Heitjenn	21.02.2011	1,8		22,7	0,74	4,82	155	123
Heitjenn	21.03.2011	0,8		31,7	0,77	4,77	161	115
Heitjenn	02.05.2011	13,5		14,4	1,15	5,32	124	78
Heitjenn	23.05.2011	13,4		14,5	1,00	5,22	101	73
Heitjenn	16.06.2011	17,5		14,5	1,00	5,15	96	69
Heitjenn	19.07.2011	17,6		14,9	1,42	5,03	134	91
Heitjenn	22.08.2011	16,7		13,1	0,76	4,97	134	89
Heitjenn	13.09.2011	14,0		14,1	1,15	4,95	141	99
Heitjenn	25.10.2011	5,6		13,5	1,14	4,98	133	101
Heitjenn	22.11.2011	1,6		12,7	1,12	4,75	125	111
Heitjenn	13.12.2011	0,6		21,5	1,08	4,68	153	123
Hundsvatn	19.05.2009	12,7	3,8	26,7		5,07	171	137
Hundsvatn	15.06.2009	17,6	4,0	26,8		4,72	153	126
Hundsvatn	18.07.2009	19,2	3,0	25,5		4,84	171	144
Hundsvatn	24.08.2009	17,7	2,8	22,8	0,86	5,02	189	168
Hundsvatn	06.10.2009	7,8	2,6	24,7	1,20	4,84	191	158
Hundsvatn	04.11.2009	4,0		25,8	0,90	4,88	182	142
Hundsvatn	17.12.2009	0,5		26,9	0,36	4,65	164	140
Hundsvatn	27.01.2010	2,3		25,4	0,82	4,63	172	149
Hundsvatn	24.02.2010	1,4		23,9	0,55	4,85	165	119
Hundsvatn	23.03.2010	0,6		25,3	0,43	4,89	155	127
Hundsvatn	05.05.2010	10,5	3,2	18,0	0,99	5,24	145	109
Hundsvatn	19.05.2010	15,4	3,8	17,8	0,44	5,40	134	96
Hundsvatn	16.06.2010	18,0	4,2	17,7	0,74	5,13	127	87
Hundsvatn	20.07.2010	19,3	4,1	18,2	1,13	5,44	94	53
Hundsvatn	17.08.2010	18,7	3,6	19,4	0,93	5,14	130	86
Hundsvatn	14.09.2010	14,2	2,9	18,1	1,03	5,04	172	137
Hundsvatn	12.10.2010	8,9	2,2	21,7	0,98	4,80	169	138
Hundsvatn	16.11.2010	2,0		23,3	0,77	4,83	204	191
Hundsvatn	14.12.2010	3,0		22,3	0,83	4,92	184	162
Hundsvatn	17.01.2011	2,7		22,6	0,75	4,97	181	138
Hundsvatn	21.02.2011	1,2		23,4	0,75	5,12	163	126
Hundsvatn	21.03.2011	0,5		28,4	0,59	5,00	136	98
Hundsvatn	02.05.2011	12,8	2,9	16,3	0,56	5,28	126	88
Hundsvatn	23.05.2011	12,6	3,2	15,8	0,78	5,31	129	101
Hundsvatn	16.06.2011	16,9	2,6	16,0	1,04	5,28	151	108
Hundsvatn	19.07.2011	17,5	2,4	15,4	1,07	5,07	189	143
Hundsvatn	22.08.2011	16,3	2,2	13,8	0,82	5,11	214	149
Hundsvatn	13.09.2011	13,9		15,4	1,07	5,02	195	159
Hundsvatn	25.10.2011	6,4	1,5	15,3	1,19	5,12	199	132
Hundsvatn	22.11.2011	4,0		13,0	0,86	5,00	174	137
Hundsvatn	13.12.2011	0,5		25,7	0,89	4,78	150	114
Jordtjenn	20.05.2009	11,8	4,5	19,6		6,21	181	77
Jordtjenn	16.06.2009	16,0	4,7	15,5		5,22	91	66
Jordtjenn	19.07.2009	15,4	2,9	15,4		5,15	305	220
Jordtjenn	25.08.2009	16,0	2,9	15,6	0,50	5,50	180	152
Jordtjenn	06.10.2009	7,5	3,1	17,9	0,93	5,45	162	126
Jordtjenn	04.11.2009	4,0		20,1	1,33	5,17	201	145
Jordtjenn	17.12.2009	0,5		23,9	0,38	4,84	185	156
Jordtjenn	27.01.2010	2,9		20,5	0,40	5,14	187	148
Jordtjenn	24.02.2010	1,6		19,5	0,44	5,11	190	131
Jordtjenn	23.03.2010	0,6		21,9	0,63	5,07	211	166
Jordtjenn	05.05.2010	10,8	4	16,0	0,45	5,57	151	102
Jordtjenn	19.05.2010	15,0	4,3	15,8	0,37	5,76	131	94
Jordtjenn	16.06.2010	18,4	4,9	16,3	0,53	5,48	105	57
Jordtjenn	20.07.2010	19,2	4,5	16,6	0,32	5,74	101	51
Jordtjenn	17.08.2010	18,1	4	16,5	0,50	5,41	133	81

Lokalitet	Prøvedato	Temp °C	Siktdyp m	Konduktivitet µS/cm	Turbiditet FTU/NTU	pH	Alr µg/L	Ala µg/L
Jordtjenn	14.09.2010	14,2	3,1	15,8	0,55	5,28	187	155
Jordtjenn	11.10.2010	8,7	3,1	19,8	0,44	5,01	207	169
Jordtjenn	16.11.2010	2,0		20,6	0,42	5,22	199	184
Jordtjenn	14.12.2010	2,7		20,8	0,76	5,24	221	177
Jordtjenn	17.01.2011	1,2		20,7	0,68	5,44	197	144
Jordtjenn	21.02.2011	0,5		21,2	0,74	5,42	183	141
Jordtjenn	21.03.2011	0,7		25,9	0,42	5,20	194	137
Jordtjenn	02.05.2011	12,5	3,6	15,6	0,45	5,54	117	86
Jordtjenn	23.05.2011	13,3	4,2	16,7	0,48	5,69	120	81
Jordtjenn	16.06.2011	16,8	4	15,9	0,59	5,61	164	118
Jordtjenn	19.07.2011	15,7	2,9	14,9	0,85	5,14	250	185
Jordtjenn	22.08.2011	15,7	3,3	15,4	0,36	5,34	231	168
Jordtjenn	13.09.2011	12,9		17,1	0,70	5,09	247	183
Jordtjenn	25.10.2011	5,9	2,5	18,6	1,03	5,31	211	142
Jordtjenn	22.11.2011	2,6		16,8	1,37	5,35	181	137
Jordtjenn	13.12.2011	1,4		23,0	0,45	5,28	183	140
Melestjenn	19.05.2009	12,6	2,1	19,8		5,52	185	123
Melestjenn	16.06.2009	17,2	2,0	17,7		5,29	143	110
Melestjenn	18.07.2009	19,0	2,0	17,0		5,38	137	103
Melestjenn	25.08.2009	17,1	1,7	18,2	0,96	5,65	173	120
Melestjenn	06.10.2009	6,8	1,3	23,4	1,00	5,41	240	190
Melestjenn	27.01.2010	2,9		26,9	0,49	4,97	280	175
Melestjenn	24.02.2010	2,6		26,8	0,66	5,13	309	204
Melestjenn	23.03.2010	1,3		31,2	0,41	4,73	231	160
Melestjenn	05.05.2010	12,8	1,7	21,0	1,10	5,45	235	155
Melestjenn	19.05.2010	16,3	1,9	19,9	0,71	5,62	196	151
Melestjenn	16.06.2010	20,2	1,7	19,3	0,87	5,41	195	123
Melestjenn	20.07.2010	20,3	1,8	18,7	1,56	5,52	149	99
Melestjenn	17.08.2010	18,2	1,9	19,3	1,90	5,51	129	90
Melestjenn	14.09.2010	13,6	2,1	19,2	1,02	5,69	140	102
Melestjenn	12.10.2010	8,2	1,1	25,6	0,98	4,96	288	199
Melestjenn	16.11.2010	2,9		26,9	0,52	4,72	346	290
Melestjenn	13.12.2010	2,2		28,1	0,51	5,12	325	258
Melestjenn	17.01.2011	1,1		28,5	0,63	5,09	317	220
Melestjenn	21.02.2011	0,5		28,5	0,60	5,14	302	201
Melestjenn	21.03.2011	0,8		47,9	0,49	4,73	304	207
Melestjenn	03.05.2011	11,4	1,7	21,2	0,87	5,44	199	120
Melestjenn	23.05.2011	13,7	1,6	20,1	0,89	5,54	180	126
Melestjenn	16.06.2011	18,2	1,9	19,3	0,90	5,49	197	125
Melestjenn	19.07.2011	17,0	1,5	18,6	1,53	5,08	296	197
Melestjenn	22.08.2011	17,2	1,05	17,2	1,01	5,27	353	197
Melestjenn	13.09.2011	13,9		20,2	1,23	4,95	427	266
Melestjenn	25.10.2011	5,4	0,9	22,3	1,38	5,33	387	247
Melestjenn	21.11.2011	3,5		17,4	1,31	5,02	359	255
Melestjenn	12.12.2011	1,0		30,0	0,70	4,61	295	201
Rasvassvatn	19.05.2009	12,6	5	29,8		5,01	284	191
Rasvassvatn	15.06.2009	18,2	4,2	29,0		4,64	205	196
Rasvassvatn	18.07.2009	19,2	4,0	27,9		4,92	198	181
Rasvassvatn	24.08.2009	18,8	3,5	26,5	1,31	5,05	210	195
Rasvassvatn	06.10.2009	9,5	4,0	28,0	1,10	4,81	208	209
Rasvassvatn	04.11.2009	4,6		30,0	1,37	4,91	265	202
Rasvassvatn	17.12.2009	0,8		27,8	0,63	4,61	206	160
Rasvassvatn	27.01.2010	2,9		28,4	0,72	4,98	262	204
Rasvassvatn	24.02.2010	2,7		28,1	0,74	4,85	271	205
Rasvassvatn	23.03.2010	1,0		45,3	0,41	4,61	380	295
Rasvassvatn	05.05.2010	11,3	4,1	24,0	0,94	5,06	236	182
Rasvassvatn	19.05.2010	16,6	5	23,1	0,72	5,06	215	168
Rasvassvatn	16.06.2010	19,8	4,9	23,1	0,84	5,14	182	128
Rasvassvatn	20.07.2010	19,9	5,4	23,0	0,59	5,26	134	96
Rasvassvatn	16.08.2010	20,3	5,5	22,8	0,51	5,11	132	95
Rasvassvatn	13.09.2010	15,4	4,2	21,5	0,85	5,12	161	127
Rasvassvatn	12.10.2010	10,0	3,4	24,3	0,70	4,82	221	187
Rasvassvatn	15.11.2010	1,9		23,1	0,48	4,90	264	236
Rasvassvatn	13.12.2010	1,8		26,8	0,87	5,06	289	233
Rasvassvatn	17.01.2011	1,2		26,2	0,71	5,05	259	209
Rasvassvatn	21.02.2011	0,7		26,5	0,63	5,02	245	202
Rasvassvatn	21.03.2011	0,5		44,7	0,42	4,69	276	205

Lokalitet	Prøvedato	Temp °C	Siktdyp m	Konduktivitet µS/cm	Turbiditet FTU/NTU	pH	Alr µg/L	Ala µg/L
Rasvassvatn	03.05.2011	12,4	4,3	18,8	0,61	5,25	170	127
Rasvassvatn	23.05.2011	13,6	4,1	18,4	0,83	5,38	167	114
Rasvassvatn	15.06.2011	18,4	3,9	17,8	0,93	5,46	174	122
Rasvassvatn	19.07.2011	18,2	3,5	16,4	0,96	5,23	205	148
Rasvassvatn	22.08.2011	17,8	3	14,8	1,06	5,13	254	166
Rasvassvatn	13.09.2011	14,8		16,2	1,07	5,02	270	195
Rasvassvatn	25.10.2011	7,5	3,1	18,3	1,20	5,18	247	173
Rasvassvatn	21.11.2011	4,2		14,9	1,08	5,01	239	174
Rasvassvatn	12.12.2011	1,3		21,6	0,50	5,09	240	182
Svarttjenn	20.05.2009	11,6	3,6	15,8		5,75	133	64
Svarttjenn	16.06.2009	15,8	2,9	16,1		5,37	157	122
Svarttjenn	18.07.2009	15,6	2,1	14,3		4,95	336	229
Svarttjenn	25.08.2009	15,2	2,3	16,3	0,52	5,50	212	184
Svarttjenn	06.10.2009	6,3	2,1	27,4	3,70	6,03	138	99
Svarttjenn	27.01.2010	2,3		19,9	0,32	5,25	186	137
Svarttjenn	24.02.2010	1,6		20,6	0,48	5,33	168	137
Svarttjenn	23.03.2010	0,3		24,2	0,34	4,76	225	150
Svarttjenn	05.05.2010	10,6	3,4	18,0	0,47	6,05	127	70
Svarttjenn	19.05.2010	14,3	3,5	17,7	0,37	5,58	170	120
Svarttjenn	16.06.2010	17,5	2,9	17,1	0,68	5,43	221	164
Svarttjenn	20.07.2010	19,0	2,15	17,2	0,54	5,76	204	143
Svarttjenn	17.08.2010	17,1	2,4	17,6	0,54	5,25	249	187
Svarttjenn	14.09.2010	14,2	2,5	15,8	0,49	5,38	234	182
Svarttjenn	11.10.2010	8,4	2	21,5	0,59	5,16	270	225
Svarttjenn	16.11.2010	1,9		19,8	0,27	4,80	256	223
Svarttjenn	14.12.2010	1,5		22,9	0,60	5,30	231	162
Svarttjenn	17.01.2011	0,5		23,6	0,63	5,67	189	135
Svarttjenn	21.02.2011	0,2		21,3	0,52	5,58	202	151
Svarttjenn	21.03.2011	0,5		22,3	0,46	5,18	232	158
Svarttjenn	02.05.2011	11,9	2,9	16,1	0,55	5,68	130	89
Svarttjenn	23.05.2011	13,3	3,2	17,2	0,50	5,88	125	75
Svarttjenn	16.06.2011	17,1	2,1	15,4	0,47	5,37	260	202
Svarttjenn	19.07.2011	14,9	2,6	16,9	0,55	4,72	348	225
Svarttjenn	22.08.2011	14,7	2,8	16,1	0,50	5,43	279	179
Svarttjenn	13.09.2011	11,7		16,4	0,60	5,18	293	201
Svarttjenn	25.10.2011	5,5	2,2	20,5	2,43	5,66	206	128
Svarttjenn	22.11.2011	2,0		13,9	0,43	5,18	230	165
Svarttjenn	13.12.2011	0,5		24,9	0,81	4,91	168	135
Øyvatn	20.05.2009	12,6	>3 m	25,4		6,16	68	30
Øyvatn	16.06.2009	17,8	>3	24,5		5,70	62	35
Øyvatn	19.07.2009	18,0	>3m	22,9		5,70	120	84
Øyvatn	25.08.2009	17,4	>2	23,8	0,86	5,92	110	81
Øyvatn	07.10.2009	6,5		24,3	0,98	6,04	100	62
Øyvatn	27.01.2010	2,7		25,8	0,27	5,32	121	98
Øyvatn	23.03.2010	1,4		28,9	0,36	5,51	124	87
Øyvatn	06.05.2010	10,9		20,0	0,88	6,21	94	32
Øyvatn	19.05.2010	17,6		20,4	0,44	5,85	76	28
Øyvatn	17.06.2010	19,7		21,2	1,08	5,90	98	26
Øyvatn	19.07.2010	20,0		22,8	0,82	6,14	71	25
Øyvatn	16.08.2010	19,7		22,4	1,01	5,95	102	44
Øyvatn	13.09.2010	14,0		21,0	0,96	5,92	112	65
Øyvatn	12.10.2010	8,5		22,8	0,61	5,26	149	124
Øyvatn	15.11.2010	3,4		22,9	0,41	5,24	150	132
Øyvatn	13.12.2010	2,1		26,8	0,52	5,51	176	141
Øyvatn	17.01.2011	2,8		28,1	0,53	5,50	172	120
Øyvatn	21.02.2011	1,2		32,2	0,48	5,58	170	110
Øyvatn	21.03.2011	0,8		38,1	0,49	5,45	142	90
Øyvatn	03.05.2011	11,8		18,2	0,59	6,09	78	33
Øyvatn	24.05.2011	12,5		18,5	0,59	6,16	61	24
Øyvatn	15.06.2011	17,6		18,4	0,62	6,07	88	47
Øyvatn	20.07.2011	17,3		16,7	0,60	5,76	136	88
Øyvatn	23.08.2011	16,3		16,4	0,38	5,78	172	98
Øyvatn	12.09.2011	14,5		16,1	0,56	5,60	176	126
Øyvatn	24.10.2011	6,0		17,5	0,44	5,70	136	82
Øyvatn	21.11.2011	3,9		15,9	0,58	5,50	136	96
Øyvatn	12.12.2011	1,8		21,9	0,50	5,60	135	97

Lokalitet	Prøvedato	Alo µg/L	Ali µg/L	Alc	Silikat mg SiO <sub>2</sub> /L	TOC mg C/L	Farge OD <sub>410nm</sub>	UV OD <sub>254nm</sub>
Fisketjenn	19.05.2009	34	73	40	0,12	3,6	12,0	0,063
Fisketjenn	15.06.2009	27	71	3	<0,1	4,2	8,4	0,052
Fisketjenn	18.07.2009	27	61	19	0,27	4,2	12,0	0,055
Fisketjenn	24.08.2009	71	23	10	0,43	5,4	26,0	0,134
Fisketjenn	06.10.2009	42	37	32	0,76	5,7	16	0,085
Fisketjenn	27.01.2010	55	34	23	2,50	5,1	40	0,149
Fisketjenn	24.02.2010	51	37	34	3,10	5,3	37	0,146
Fisketjenn	23.03.2010	52	43	41	3,40	5,5	39	0,155
Fisketjenn	05.05.2010	54	30	50	3,20	5,3	20	0,101
Fisketjenn	19.05.2010	58	27	46	1,40	4,3	16	0,078
Fisketjenn	16.06.2010	35	41	25	1,10	4,1	10	0,066
Fisketjenn	20.07.2010	21	36	17	7,00	3,9	9,5	0,053
Fisketjenn	17.08.2010	32	19	20	0,32	3,9	10	0,061
Fisketjenn	14.09.2010	23	38	21	0,66	5,3	14	0,093
Fisketjenn	12.10.2010	38	39	31	1,06	6,9	31	0,069
Fisketjenn	16.11.2010	84	30	12	1,30	6,8	40	0,149
Fisketjenn	14.12.2010	67	52	19	1,60	7,0	42	0,155
Fisketjenn	17.01.2011	57	35	40	1,80	7,0	40	0,171
Fisketjenn	21.02.2011	63	38	34	1,90	6,3	41	0,166
Fisketjenn	21.03.2011	39	52	47	3,00	6,9	33	0,138
Fisketjenn	02.05.2011	64	11	47	1,30	5,2	31	0,129
Fisketjenn	23.05.2011	54	20	43	0,98	5,3	18	0,130
Fisketjenn	16.06.2011	54	19	38	0,78	5,8	19	0,082
Fisketjenn	19.07.2011	67	1	59	0,60	6,6	32	0,136
Fisketjenn	22.08.2011	71	12	59	0,41	7,7	34	0,122
Fisketjenn	13.09.2011	74	23	56	0,71	8,6	51	0,154
Fisketjenn	25.10.2011	82	5	67	1,21	7,4	47	0,175
Fisketjenn	22.11.2011	68	45	22	1,33	7,4	56	0,195
Fisketjenn	13.12.2011	34	15	29		3,4	25	0,093
Grunnetjenn	19.05.2009	18	40	68	<0,1	2,4	4,6	0,032
Grunnetjenn	15.06.2009	27	38	9	0,21	3,0	6,0	0,038
Grunnetjenn	18.07.2009	32	52	15	0,47	3,9	11,0	0,063
Grunnetjenn	24.08.2009	55	44	9	0,57	4,7	16,0	0,110
Grunnetjenn	06.10.2009	40	35	36	0,66	4,7	12	0,071
Grunnetjenn	27.01.2010	84	47	41	3,80	5,5	29	0,120
Grunnetjenn	24.02.2010	71	52	45	4,70	3,9	24	0,103
Grunnetjenn	23.03.2010	98	101	74	5,60	4,8	27	0,129
Grunnetjenn	05.05.2010	26	13	81	2,80	3,7	21	0,079
Grunnetjenn	19.05.2010	21	15	69	0,80	3,2	14	0,062
Grunnetjenn	16.06.2010	20	7	63	0,20	3,6	9,9	0,053
Grunnetjenn	20.07.2010	8	6	24	0,00	3,7	5,7	0,041
Grunnetjenn	17.08.2010	22	19	37	0,15	4,5	10	0,070
Grunnetjenn	14.09.2010	34	23	40	0,45	5,3	17	0,133
Grunnetjenn	12.10.2010	78	52	30	1,17	6,2	27	0,064
Grunnetjenn	16.11.2010	65	54	13	1,50	4,3	21	0,095
Grunnetjenn	14.12.2010	93	58	33	2,00	5,8	28	0,121
Grunnetjenn	17.01.2011	86	49	43	2,00	5,8	27	0,135
Grunnetjenn	21.02.2011	79	57	43	2,10	5,2	25	0,128
Grunnetjenn	21.03.2011	70	53	64	2,70	4,5	22	0,101
Grunnetjenn	02.05.2011	30	6	64	1,30	3,3	13	0,068
Grunnetjenn	23.05.2011	19	5	61	0,60	3,5	12	0,082
Grunnetjenn	16.06.2011	33	14	58	0,38	4,5	17	0,061
Grunnetjenn	19.07.2011	67	28	54	0,48	5,8	25	0,112
Grunnetjenn	22.08.2011	64	10	65	0,52	6,5	24	0,089
Grunnetjenn	13.09.2011	103	31	52	1,14	7,0	41	0,129
Grunnetjenn	25.10.2011	77	38	58	1,01	5,8	31	0,140
Grunnetjenn	22.11.2011	83	48	38	1,47	6,1	33	0,146
Grunnetjenn	13.12.2011	55	45	18		3,1	16	0,077
Heitjenn	20.05.2009	21	102	36	0,13	2,7	5,5	0,034
Heitjenn	15.06.2009	21	102	7	<0,1	2,4	3,9	0,019
Heitjenn	18.07.2009	24	71	27	0,20	3,8	15,0	0,057
Heitjenn	24.08.2009	57	38	45	0,24	5,2	27	0,131
Heitjenn	06.10.2009	37	46	38	0,22	5,0	15	0,079
Heitjenn	27.01.2010	76	43	27	1,60	4,9	37	0,141
Heitjenn	24.02.2010	70	37	46	1,20	5,2	38	0,143

Lokalitet	Prøvedato	Alo µg/L	Ali µg/L	Alc	Silikat mg SiO <sub>2</sub> /L	TOC mg C/L	Farge OD <sub>410nm</sub>	UV OD <sub>254nm</sub>
Heitjenn	23.03.2010	82	62	37	2,40	6,7	44	0,181
Heitjenn	05.05.2010	47	36	39	0,62	4,1	18	0,076
Heitjenn	19.05.2010	63	4	39	0,20	3,0	10	0,056
Heitjenn	16.06.2010	20	47	23	0,20	3,2	5,7	0,038
Heitjenn	20.07.2010	15	38	20	0,12	3,8	8	0,044
Heitjenn	17.08.2010	23	42	19	0,25	4,2	10	0,062
Heitjenn	14.09.2010	25	54	15	0,39	5,4	11	0,082
Heitjenn	12.10.2010	53	27	36	0,78	6,6	27	0,063
Heitjenn	16.11.2010	38	88	25	0,69	6,4	32	0,133
Heitjenn	14.12.2010	84	59	15	0,79	6,8	33	0,138
Heitjenn	17.01.2011	74	55	30	0,97	7,1	33	0,167
Heitjenn	21.02.2011	69	54	32	1,00	6	35	0,148
Heitjenn	21.03.2011	54	61	46	1,30	6,3	35	0,139
Heitjenn	02.05.2011	58	20	45	0,17	4,7	20	0,095
Heitjenn	23.05.2011	38	35	28	0,25	4,2	12	0,085
Heitjenn	16.06.2011	35	34	27	0,21	5,1	12	0,042
Heitjenn	19.07.2011	60	31	43	0,47	6,4	20	0,092
Heitjenn	22.08.2011	50	38	45	0,45	6,5	25	0,074
Heitjenn	13.09.2011	64	35	42	0,37	7,2	43	0,118
Heitjenn	25.10.2011	62	39	32	0,34	5,9	31	0,132
Heitjenn	22.11.2011	76	35	14	0,46	6,9	37	0,147
Heitjenn	13.12.2011	82	41	30		6,4	38	0,155
Hundsvatn	19.05.2009	46	91	34	<0,1	3,8	18,0	0,081
Hundsvatn	15.06.2009	70	56	26	<0,1	4,6	18,0	0,085
Hundsvatn	18.07.2009	53	91	27	0,47	5,5	23,0	0,111
Hundsvatn	24.08.2009	103	64	21	0,46	7,1	47,0	0,238
Hundsvatn	06.10.2009	87	72	33	1,50	6,6	39	0,194
Hundsvatn	04.11.2009	111	31	40	< 0,1	6,4	48	0,441
Hundsvatn	17.12.2009	69	71	24	3,10	4,8	32	0,176
Hundsvatn	27.01.2010	89	61	23	3,80	5,5	41	0,153
Hundsvatn	24.02.2010	78	41	46	4,40	4,1	38	0,148
Hundsvatn	23.03.2010	73	54	28	5,20	4,6	35	0,135
Hundsvatn	05.05.2010	52	57	36	3,10	4,3	24	0,105
Hundsvatn	19.05.2010	45	51	39	1,40	3,7	21	0,090
Hundsvatn	16.06.2010	50	38	39	1,20	4,0	14	0,076
Hundsvatn	20.07.2010	30	22	42	0,50	4,7	16	0,081
Hundsvatn	17.08.2010	54	33	44	0,28	5,9	22	0,115
Hundsvatn	14.09.2010	81	57	35	0,97	7,4	39	0,215
Hundsvatn	12.10.2010	88	50	31	1,33	7,8	46	0,120
Hundsvatn	16.11.2010	118	74	13	2,10	7,5	54	0,195
Hundsvatn	14.12.2010	99	63	23	1,80	7,6	51	0,183
Hundsvatn	17.01.2011	93	45	43	2,30	7,6	48	0,197
Hundsvatn	21.02.2011	80	47	37	2,50	6,1	42	0,174
Hundsvatn	21.03.2011	52	46	38	2,30	5,1	31	0,125
Hundsvatn	02.05.2011	70	18	38	1,50	4,8	31	0,132
Hundsvatn	23.05.2011	63	38	28	1,10	4,9	28	0,155
Hundsvatn	16.06.2011	71	38	43	0,83	6,3	29	0,110
Hundsvatn	19.07.2011	91	52	46	0,75	8,2	52	0,196
Hundsvatn	22.08.2011	82	68	65	0,66	9,2	64	0,198
Hundsvatn	13.09.2011	105	54	36	0,96	9,2	69	0,201
Hundsvatn	25.10.2011	100	32	67	1,54	7,6	50	0,178
Hundsvatn	22.11.2011	92	46	36	1,78	7,2	53	0,192
Hundsvatn	13.12.2011	78	37	36		6,1	45	0,172
Jordtjenn	20.05.2009	43	34	104	<0,1	4,8	32,0	0,127
Jordtjenn	16.06.2009	52	15	24	0,12	3,7	17,0	0,079
Jordtjenn	19.07.2009	143	78	85	1,80	7,8	56,0	0,213
Jordtjenn	25.08.2009	119	33	28	1,50	6,7	44	0,241
Jordtjenn	06.10.2009	84	42	36	2,40	5,9	32	0,166
Jordtjenn	04.11.2009	116	29	56	0,19	6,4	44	0,428
Jordtjenn	17.12.2009	103	53	30	5,40	5,9	40	0,216
Jordtjenn	27.01.2010	101	47	38	6,10	6,0	41	0,161
Jordtjenn	24.02.2010	88	43	58	7,10	5,4	41	0,158
Jordtjenn	23.03.2010	118	47	45	6,50	6,2	47	0,183
Jordtjenn	05.05.2010	69	33	49	4,40	4,2	23	0,104
Jordtjenn	19.05.2010	58	37	36	1,80	3,9	21	0,094
Jordtjenn	16.06.2010	46	11	48	0,80	4,1	17	0,089
Jordtjenn	20.07.2010	43	8	50	0,39	4,7	21	0,101
Jordtjenn	17.08.2010	47	34	52	0,66	5,5	24	0,134



Lokalitet	Prøvedato	Alo µg/L	Ali µg/L	Alc	Silikat mg SiO <sub>2</sub> /L	TOC mg C/L	Farge OD <sub>410nm</sub>	UV OD <sub>254nm</sub>
Jordtjenn	14.09.2010	99	56	32	1,60	6,8	37	0,209
Jordtjenn	11.10.2010	104	65	38	2,29	6,9	37	0,098
Jordtjenn	16.11.2010	114	71	14	3,90	4,9	28	0,120
Jordtjenn	14.12.2010	118	59	44	3,40	6,6	43	0,154
Jordtjenn	17.01.2011	101	43	53	3,40	6,8	41	0,183
Jordtjenn	21.02.2011	97	44	42	3,50	6,1	40	0,173
Jordtjenn	21.03.2011	85	52	58	3,90	6,1	39	0,154
Jordtjenn	02.05.2011	60	26	31	2,20	3,6	18	0,111
Jordtjenn	23.05.2011	52	28	39	1,50	3,8	17	0,107
Jordtjenn	16.06.2011	75	43	45	1,40	5,4	29	0,101
Jordtjenn	19.07.2011	137	49	65	1,50	8,5	52	0,204
Jordtjenn	22.08.2011	98	70	63	2,03	7,3	47	0,149
Jordtjenn	13.09.2011	135	48	64	2,84	8,5	63	0,186
Jordtjenn	25.10.2011	95	47	69	3,06	6,0	38	0,149
Jordtjenn	22.11.2011	91	46	45	4,21	5,2	31	0,124
Jordtjenn	13.12.2011	89	51	43		4,0	24	0,102
Melestjenn	19.05.2009	102	20	63	<0,1	6,9	57,0	0,207
Melestjenn	16.06.2009	84	26	33	<0,1	7,4	59,0	0,216
Melestjenn	18.07.2009	73	30	34	0,19	7,2	50,0	0,189
Melestjenn	25.08.2009	115	5	54	0,16	9,6	74	0,369
Melestjenn	06.10.2009	133	57	49	1,60	11,6	115	0,476
Melestjenn	27.01.2010	151	24	105	5,90	10,6	116	0,354
Melestjenn	24.02.2010	152	52	105	6,00	10,8	116	0,356
Melestjenn	23.03.2010	119	42	71	5,20	8,6	84	0,294
Melestjenn	05.05.2010	122	33	79	3,00	8,9	72	0,246
Melestjenn	19.05.2010	113	37	45	0,40	8,0	65	0,245
Melestjenn	16.06.2010	94	29	72	0,00	8,9	65	0,261
Melestjenn	20.07.2010	89	10	50	0,00	8,5	50	0,218
Melestjenn	17.08.2010	69	21	39	0,20	8,4	47	0,208
Melestjenn	14.09.2010	80	22	38	0,44	9,1	58	0,302
Melestjenn	12.10.2010	171	28	89	2,09	13,9	101	0,257
Melestjenn	16.11.2010	201	89	57	3,30	10,6	86	0,291
Melestjenn	13.12.2010	202	56	67	2,90	13,8	122	0,333
Melestjenn	17.01.2011	172	48	97	3,10	12	118	0,421
Melestjenn	21.02.2011	161	40	101	3,30	11,4	113	0,386
Melestjenn	21.03.2011	126	80	98	3,70	10,2	88	0,277
Melestjenn	03.05.2011	92	28	80	1,40	8,6	65	0,241
Melestjenn	23.05.2011	106	21	54	0,40	8,3	58	0,310
Melestjenn	16.06.2011	99	26	72	0,28	9,8	66	0,208
Melestjenn	19.07.2011	165	32	98	0,69	11,3	88	0,283
Melestjenn	22.08.2011	165	32	156	0,70	13,8	111	0,344
Melestjenn	13.09.2011	230	37	161	1,50	17,9	164	0,433
Melestjenn	25.10.2011	209	38	140	2,83	15,4	150	0,414
Melestjenn	21.11.2011	224	31	104	2,88	15,2	135	0,389
Melestjenn	12.12.2011	157	44	95		9,6	86	0,270
Rasvassvatn	19.05.2009	47	144	93	<0,1	2,2	4,3	0,032
Rasvassvatn	15.06.2009	43	153	9	0,11	2,4	3,0	0,025
Rasvassvatn	18.07.2009	52	129	17	1,10	3,0	5,7	0,043
Rasvassvatn	24.08.2009	71	124	14	1,10	3,9	13	0,095
Rasvassvatn	06.10.2009	58	151	-1	1,30	4,0	9,2	0,053
Rasvassvatn	04.11.2009	102	99	64	< 0,1	4,2	18	0,319
Rasvassvatn	17.12.2009	102	58	47	3,00	4,7	33	0,175
Rasvassvatn	27.01.2010	100	104	57	3,70	3,4	22	0,094
Rasvassvatn	24.02.2010	99	106	66	3,90	4,0	20	0,093
Rasvassvatn	23.03.2010	99	196	86	5,70	4,2	23	0,123
Rasvassvatn	05.05.2010	63	119	54	3,60	3,3	11	0,060
Rasvassvatn	19.05.2010	54	115	46	1,50	2,7	7,1	0,042
Rasvassvatn	16.06.2010	40	87	55	1,10	2,7	3,9	0,032
Rasvassvatn	20.07.2010	31	65	38	0,98	2,8	5	0,031
Rasvassvatn	16.08.2010	29	66	37	0,62	2,8	7	0,057
Rasvassvatn	13.09.2010	42	85	34	1,00	3,5	9,5	0,069
Rasvassvatn	12.10.2010	90	97	34	1,34	4,8	19	0,039
Rasvassvatn	15.11.2010	130	106	28	2,00	4,6	23	0,109
Rasvassvatn	13.12.2010	102	131	56	2,10	4,8	23	0,108
Rasvassvatn	17.01.2011	93	116	51	2,10	4,9	18	0,113
Rasvassvatn	21.02.2011	86	115	43	2,10	3,9	16	0,103
Rasvassvatn	21.03.2011	62	143	71	2,40	4,2	17	0,089

Lokalitet	Prøvedato	Alo µg/L	Ali µg/L	Alc	Silikat mg SiO <sub>2</sub> /L	TOC mg C/L	Farge OD <sub>410nm</sub>	UV OD <sub>254nm</sub>
Rasvassvatn	03.05.2011	48	79	43	1,50	2,8	8	0,058
Rasvassvatn	23.05.2011	46	68	53	1,30	2,7	6	0,051
Rasvassvatn	15.06.2011	45	76	53	1,23	3,6	13	0,039
Rasvassvatn	19.07.2011	91	56	57	0,93	4,7	18	0,082
Rasvassvatn	22.08.2011	108	58	88	1,07	5,6	24	0,089
Rasvassvatn	13.09.2011	100	95	75	1,37	6,6	39	0,129
Rasvassvatn	25.10.2011	95	79	73	1,64	5,1	26	0,121
Rasvassvatn	21.11.2011	103	70	66	1,90	5,0	22	0,119
Rasvassvatn	12.12.2011	107	75	58		5,1	35	0,145
Svarttjenn	20.05.2009	48	17	69	<0,1	3,5	16,0	0,078
Svarttjenn	16.06.2009	95	27	35	0,26	6,7	44,0	0,177
Svarttjenn	18.07.2009	195	34	108	1,10	10,5	83,0	0,295
Svarttjenn	25.08.2009	137	47	27	1,30	8,4	59	0,305
Svarttjenn	06.10.2009	73	26	39	2,00	7,1	49	0,210
Svarttjenn	27.01.2010	105	32	50	8,20	5,0	45	0,167
Svarttjenn	24.02.2010	88	49	31	10,00	5,3	42	0,159
Svarttjenn	23.03.2010	118	32	75	6,70	6,9	51	0,205
Svarttjenn	05.05.2010	58	12	57	2,20	5,0	30	0,122
Svarttjenn	19.05.2010	91	29	50	1,70	5,8	39	0,158
Svarttjenn	16.06.2010	116	48	57	0,70	9,1	57	0,242
Svarttjenn	20.07.2010	105	37	62	0,20	9,5	56	0,235
Svarttjenn	17.08.2010	140	47	62	0,92	10,0	61	0,282
Svarttjenn	14.09.2010	141	41	52	1,30	9,6	59	0,320
Svarttjenn	11.10.2010	155	69	45	2,36	9,7	61	0,168
Svarttjenn	16.11.2010	158	65	33	3,40	7,6	54	0,206
Svarttjenn	14.12.2010	127	34	69	5,50	7,1	58	0,220
Svarttjenn	17.01.2011	85	50	54	5,10	5,4	31	0,141
Svarttjenn	21.02.2011	100	51	51	5,20	5,2	34	0,158
Svarttjenn	21.03.2011	105	53	74	5,30	6	42	0,159
Svarttjenn	02.05.2011	66	23	41	0,87	4,6	29	0,125
Svarttjenn	23.05.2011	58	17	50	0,30	5,1	30	0,171
Svarttjenn	16.06.2011	136	66	58	0,46	9,5	60	0,202
Svarttjenn	19.07.2011	200	25	123	1,34	13,6	92	0,329
Svarttjenn	22.08.2011	140	39	100	1,48	9,5	65	0,212
Svarttjenn	13.09.2011	175	26	92	2,25	11,0	87	0,255
Svarttjenn	25.10.2011	107	21	78	2,89	6,9	46	0,179
Svarttjenn	22.11.2011	127	38	64	4,27	7,8	59	0,220
Svarttjenn	13.12.2011	93	41	34		4,7	26	0,113
Øyvåtn	20.05.2009	15	15	39	0,11	3,3	14,0	0,066
Øyvåtn	16.06.2009	27	7	27	<0,1	4,4	15,0	0,076
Øyvåtn	19.07.2009	60	23	36	0,51	6,0	29,0	0,133
Øyvåtn	25.08.2009	69	12	29	0,59	6,9	37	0,216
Øyvåtn	07.10.2009	45	17	38	0,63	6,8	30	0,175
Øyvåtn	27.01.2010	61	37	23	5,70	4,0	32	0,120
Øyvåtn	23.03.2010	51	36	37	7,00	4,0	26	0,111
Øyvåtn	06.05.2010	23	9	63	2,80	3,3	22	0,091
Øyvåtn	19.05.2010	19	9	47	1,40	3,7	20	0,086
Øyvåtn	17.06.2010	26	0	72	0,00	4,8	16	0,083
Øyvåtn	19.07.2010	14	10	46	0,10	5,8	20	0,096
Øyvåtn	16.08.2010	37	8	58	0,54	7,0	28	0,143
Øyvåtn	13.09.2010	47	18	47	0,97	7,7	37	0,214
Øyvåtn	12.10.2010	85	38	25	2,12	7,4	45	0,114
Øyvåtn	15.11.2010	102	30	19	2,70	6,2	42	0,156
Øyvåtn	13.12.2010	106	35	35	3,40	6,9	49	0,164
Øyvåtn	17.01.2011	96	25	51	3,70	5,9	44	0,204
Øyvåtn	21.02.2011	78	32	60	4,90	5,5	38	0,168
Øyvåtn	21.03.2011	41	49	52	4,90	4,0	23	0,100
Øyvåtn	03.05.2011	24	10	44	1,70	3,4	17	0,090
Øyvåtn	24.05.2011	14	10	38	0,80	3,7	16	0,103
Øyvåtn	15.06.2011	35	11	41	0,43	5,7	22	0,082
Øyvåtn	20.07.2011	77	11	47	0,70	7,6	48	0,183
Øyvåtn	23.08.2011	81	18	74	1,20	8,2	54	0,172
Øyvåtn	12.09.2011	71	55	50	1,79	7,8	63	0,189
Øyvåtn	24.10.2011	62	19	55	2,15	6,1	47	0,176
Øyvåtn	21.11.2011	74	22	39	2,53	6,2	45	0,172
Øyvåtn	12.12.2011	81	16	38		5,8	42	0,158

Lokalitet	Prøvedato	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	Klorofyll-a µg/L	H <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>
Fisketjenn	19.05.2009	10,7	591	3,882	13,18	41	26	78	26
Fisketjenn	15.06.2009	8,7	546	4,831	38,90	37	27	78	26
Fisketjenn	18.07.2009	6,4	555	5,393	20,89	50	30	87	21
Fisketjenn	24.08.2009	5,0	495	5,508	16,22	45	29	78	17
Fisketjenn	06.10.2009	7,1	448	4,831	20,42	32	29	74	14
Fisketjenn	27.01.2010	4,9	822		20,42	33	25	74	12
Fisketjenn	24.02.2010	5,7	800		19,05	36	26	78	14
Fisketjenn	23.03.2010	4,1	612		19,50	42	26	83	15
Fisketjenn	05.05.2010	5,4	424		9,77	85	22	74	16
Fisketjenn	19.05.2010	7,2	478	13,573	8,13	60	21	78	15
Fisketjenn	16.06.2010	10,1	473	6,180	12,30	40	21	65	14
Fisketjenn	20.07.2010	6,9	1310	4,157	10,00	35	22	70	15
Fisketjenn	17.08.2010	6,8	1333	2,659	13,49	21	15	70	12
Fisketjenn	14.09.2010	6,7	896	2,648	11,75	22	15	65	13
Fisketjenn	12.10.2010	4,9	1154	2,483	16,98	60	26	57	21
Fisketjenn	16.11.2010	5,7	1142		15,85	48	21	70	12
Fisketjenn	14.12.2010	8,9	1282		15,14	60	23	87	15
Fisketjenn	17.01.2011	7,1	566		12,30	50	26	87	17
Fisketjenn	21.02.2011	9,3	426		13,18	35	31	73	16
Fisketjenn	21.03.2011	2,4	844		19,05	41	45	124	29
Fisketjenn	02.05.2011	2,9	762		5,75	27	25	53	14
Fisketjenn	23.05.2011	2,6	344	7,191	5,89	22	23	56	20
Fisketjenn	16.06.2011	2,9	436	6,652	7,94	22	23	77	14
Fisketjenn	19.07.2011	8,9	413	6,485	17,78	28	26	55	11
Fisketjenn	22.08.2011	13,3	440	9,873	8,32	21	22	56	12
Fisketjenn	13.09.2011	5,6	479		8,13	23	21	52	12
Fisketjenn	25.10.2011	5,1	722	4,075	8,32	36	25	68	29
Fisketjenn	22.11.2011	4,8	594		14,45	24	21	53	12
Fisketjenn	13.12.2011	8,7	581		10,96	10	13	38	5
Grunnetjenn	19.05.2009	4,5	388	1,798	2,88	65	32	70	31
Grunnetjenn	15.06.2009	7,4	317	0,985	11,48	60	35	74	28
Grunnetjenn	18.07.2009	6,0	430	1,252	7,59	47	47	83	21
Grunnetjenn	24.08.2009	4,7	281	0,762	3,98	55	31	65	16
Grunnetjenn	06.10.2009	5,4	274	0,994	3,55	55	30	65	16
Grunnetjenn	27.01.2010	4,1	607		13,80	42	30	65	16
Grunnetjenn	24.02.2010	6,3	1039		7,41	47	28	70	15
Grunnetjenn	23.03.2010	4,0	861		20,89	85	43	113	22
Grunnetjenn	05.05.2010	4,6	277		1,12	60	26	70	17
Grunnetjenn	19.05.2010	5,1	250	1,481	1,29	70	26	70	19
Grunnetjenn	16.06.2010	6,4	358	1,254	3,47	110	26	65	19
Grunnetjenn	20.07.2010	5,8	1385	1,416	8,13	60	26	70	20
Grunnetjenn	17.08.2010	7,8	1268	5,169	3,39	60	19	70	18
Grunnetjenn	14.09.2010	4,8	1019	1,504	2,45	32	18	65	18
Grunnetjenn	12.10.2010	4,9	1177	0,953	8,51	60	25	61	14
Grunnetjenn	16.11.2010	5,5	1076		6,03	44	24	70	14
Grunnetjenn	14.12.2010	6,0	1054		4,57	55	30	74	17
Grunnetjenn	17.01.2011	4,9	471		4,57	55	29	78	20
Grunnetjenn	21.02.2011	3,8	396		4,68	58	39	69	15
Grunnetjenn	21.03.2011	2,4	309		5,89	60	39	67	14
Grunnetjenn	02.05.2011	3,8	444		1,12	52	29	47	13
Grunnetjenn	23.05.2011	2,6	197	1,478	1,38	37	25	45	11
Grunnetjenn	16.06.2011	2,9	419	1,052	1,38	38	26	47	10
Grunnetjenn	19.07.2011	2,8	390	2,911	3,16	45	28	45	8
Grunnetjenn	22.08.2011	2,2	428	1,740	1,26	36	24	46	8
Grunnetjenn	13.09.2011	3,4	416		4,47	33	22	43	7
Grunnetjenn	25.10.2011	3,2	477	1,938	6,03	51	28	47	11
Grunnetjenn	22.11.2011	2,4	374		5,89	44	29	52	11
Grunnetjenn	13.12.2011	6,8	486		6,61	26	25	77	9
Heitjenn	20.05.2009	6,7	519	2,202	18,20	42	23	74	28
Heitjenn	15.06.2009	6,6	328	1,315	37,15	27	24	65	26
Heitjenn	18.07.2009	9,0	828	3,021	14,13	36	26	78	23
Heitjenn	24.08.2009	10,5	1054	3,820	4,17	34	21	61	18
Heitjenn	06.10.2009	8,6	908	5,096	8,71	29	21	61	17
Heitjenn	27.01.2010	5,3	776		21,88	24	21	61	13
Heitjenn	24.02.2010	6,9	985		18,20	45	21	65	14

Lokalitet	Prøvedato	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	Klorofyll-a µg/L	H <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>
Heitjenn	23.03.2010	6,2	1060		38,90	50	29	109	18
Heitjenn	05.05.2010	5,4	566		5,50	33	16	61	14
Heitjenn	19.05.2010	7,7	507	2,382	7,08	46	16	65	15
Heitjenn	16.06.2010	6,9	440	1,479	11,75	37	16	57	14
Heitjenn	20.07.2010	7,8	1295	2,632	25,70	28	15	57	14
Heitjenn	17.08.2010	9,8	1530	1,199	14,13	24	10	65	14
Heitjenn	14.09.2010	6,7	1062	4,706	13,80	16	10	61	12
Heitjenn	12.10.2010	5,8	1229	1,541	24,55	34	16	57	13
Heitjenn	16.11.2010	5,2	953		22,39	42	17	70	13
Heitjenn	14.12.2010	5,4	1138		18,62	34	21	87	14
Heitjenn	17.01.2011	4,5	543		17,38	45	18	83	23
Heitjenn	21.02.2011	4,1	531		15,14	25	25	64	16
Heitjenn	21.03.2011	3,1	619		16,98	21	32	91	18
Heitjenn	02.05.2011	3,2	446		4,79	20	23	49	19
Heitjenn	23.05.2011	2,6	266	4,080	6,03	12	19	40	12
Heitjenn	16.06.2011	2,9	348	1,592	7,08	12	20	44	13
Heitjenn	19.07.2011	11,9	627	2,343	9,33	17	23	42	10
Heitjenn	22.08.2011	6,4	681	1,011	10,72	12	19	40	8
Heitjenn	13.09.2011	4,3	463		11,22	15	18	39	6
Heitjenn	25.10.2011	4,7	568	4,815	10,47	23	22	45	12
Heitjenn	22.11.2011	4,0	370		17,78	12	19	43	8
Heitjenn	13.12.2011	10,2	473		20,89	13	23	57	8
Hundsvatn	19.05.2009	6,4	541	1,345	8,51	55	25	70	31
Hundsvatn	15.06.2009	11,2	449	1,815	19,05	55	25	83	28
Hundsvatn	18.07.2009	7,8	416	4,860	14,45	50	36	83	21
Hundsvatn	24.08.2009	9,1	518	2,787	9,55	44	29	74	14
Hundsvatn	06.10.2009	7,3	367	2,472	14,45	44	32	83	20
Hundsvatn	04.11.2009	7,0	469		13,18	60	28	61	20
Hundsvatn	17.12.2009	4,4	525		22,39	45	24	65	15
Hundsvatn	27.01.2010	6,7	860		23,44	44	27	65	15
Hundsvatn	24.02.2010	12,7	667		14,13	43	26	65	15
Hundsvatn	23.03.2010	3,9	525		12,88	41	26	83	17
Hundsvatn	05.05.2010	6,6	339		5,75	46	20	65	16
Hundsvatn	19.05.2010	5,1	290	1,030	3,98	60	20	61	16
Hundsvatn	16.06.2010	7,6	358	1,766	7,41	60	21	70	21
Hundsvatn	20.07.2010	6,3	1305	3,724	3,63	45	21	65	21
Hundsvatn	17.08.2010	11,0	1573	1,573	7,24	35	15	74	15
Hundsvatn	14.09.2010	6,8	1122	0,995	9,12	35	16	65	13
Hundsvatn	12.10.2010	4,4	1171	1,199	15,85	50	23	78	18
Hundsvatn	16.11.2010	6,2	1011		14,79	47	21	83	18
Hundsvatn	14.12.2010	6,4	878		12,02	49	24	74	17
Hundsvatn	17.01.2011	4,7			10,72	65	26	78	15
Hundsvatn	21.02.2011	5,5	345		7,59	45	33	67	15
Hundsvatn	21.03.2011	2,4	761		10,00	41	35	78	14
Hundsvatn	02.05.2011	2,7	432		5,25	35	23	49	14
Hundsvatn	23.05.2011	2,6	363	1,389	4,90	28	21	47	13
Hundsvatn	16.06.2011	2,9	338	2,530	5,25	31	24	51	11
Hundsvatn	19.07.2011	7,0	473	2,142	8,51	37	26	46	7
Hundsvatn	22.08.2011	3,8	580	1,574	7,76	31	24	43	5
Hundsvatn	13.09.2011	3,6	369		9,55	27	21	42	7
Hundsvatn	25.10.2011	3,8	366	1,598	7,59	58	28	51	15
Hundsvatn	22.11.2011	8,1	390		10,00	36	25	52	12
Hundsvatn	13.12.2011	9,3	592		16,60	31	31	81	7
Jordtjenn	20.05.2009	2,0	206	2,311	0,62	85	21	74	10
Jordtjenn	16.06.2009	7,2	165	0,939	6,03	55	16	74	10
Jordtjenn	19.07.2009	11,1	404	1,367	7,08	32	17	57	5
Jordtjenn	25.08.2009	6,3	309	2,016	3,16	42	19	65	5
Jordtjenn	06.10.2009	5,3	234	2,451	3,55	85	21	74	9
Jordtjenn	04.11.2009	6,2	492		6,76	65	22	70	13
Jordtjenn	17.12.2009	5,3	733		14,45	42	21	78	8
Jordtjenn	27.01.2010	4,6	562		7,24	44	20	74	9
Jordtjenn	24.02.2010	6,7	686		7,76	44	20	74	8
Jordtjenn	23.03.2010	5,0	538		8,51	60	21	78	8
Jordtjenn	05.05.2010	6,2	294		2,69	50	16	78	8
Jordtjenn	19.05.2010	4,8	200	2,108	1,74	75	18	70	9
Jordtjenn	16.06.2010	6,0	251	1,793	3,31	90	18	70	8
Jordtjenn	20.07.2010	6,9	1254	4,652	1,82	55	18	70	10
Jordtjenn	17.08.2010	11,0	1328	1,618	3,89	35	13	78	12

Lokalitet	Prøvedato	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	Klorofyll-a µg/L	H <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>
Jordtjenn	14.09.2010	6,8	1072	1,335	5,25	26	12	70	8
Jordtjenn	11.10.2010	4,3	855	0,921	9,77	43	21	83	13
Jordtjenn	16.11.2010	4,4	801		6,03	47	24	87	11
Jordtjenn	14.12.2010	6,1	889		5,75	50	22	87	16
Jordtjenn	17.01.2011	5,7	436		3,63	70	22	100	24
Jordtjenn	21.02.2011	2,5	285		3,80	50	26	77	10
Jordtjenn	21.03.2011	2,9	490		6,31	53	30	92	10
Jordtjenn	02.05.2011	2,8	174		2,88	41	22	59	10
Jordtjenn	23.05.2011	2,5	1070	1,419	2,04	39	22	62	11
Jordtjenn	16.06.2011	2,6	301	2,206	2,45	40	24	62	8
Jordtjenn	19.07.2011	3,4	391	1,654	7,24	41	25	50	4
Jordtjenn	22.08.2011	5,3	308	1,524	4,57	39	25	57	5
Jordtjenn	13.09.2011	3,0	578		8,13	34	24	60	8
Jordtjenn	25.10.2011	4,9	352	2,094	4,90	57	30	71	14
Jordtjenn	22.11.2011	2,8	297		4,47	57	35	77	13
Jordtjenn	13.12.2011	5,4	331		5,25	50	35	84	11
Melestjenn	19.05.2009	6,9	446	9,341	3,02	47	15	100	6
Melestjenn	16.06.2009	13,5	433	15,169	5,13	55	16	96	2
Melestjenn	18.07.2009	12,4	665	35,169	4,17	45	21	104	4
Melestjenn	25.08.2009	12,2	604	23,596	2,24	55	18	96	1
Melestjenn	06.10.2009	11,1	488	5,268	3,89	65	23	83	7
Melestjenn	27.01.2010	8,8	785		10,72	49	22	104	9
Melestjenn	24.02.2010	10,7	1035		7,41	75	22	109	8
Melestjenn	23.03.2010	6,7	883		18,62	65	19	113	6
Melestjenn	05.05.2010	6,8	294		3,55	110	19	148	15
Melestjenn	19.05.2010	12,6	385	5,243	2,40	90	17	91	6
Melestjenn	16.06.2010	13,9	457	17,650	3,89	65	18	100	4
Melestjenn	20.07.2010	14,0	1333	22,846	3,02	60	19	100	4
Melestjenn	17.08.2010	17,0	1311	22,472	3,09	46	15	100	5
Melestjenn	14.09.2010	8,8	965	17,255	2,04	42	14	100	3
Melestjenn	12.10.2010	9,5	1300	2,584	10,96	65	22	109	9
Melestjenn	16.11.2010	8,1	1064		19,05	42	17	83	6
Melestjenn	13.12.2010	12,0	1122		7,59	47	25	130	19
Melestjenn	17.01.2011	10,0	562		8,13	55	21	135	20
Melestjenn	21.02.2011	5,8	433		7,24	63	29	111	9
Melestjenn	21.03.2011	2,5	1213		18,62	64	47	184	13
Melestjenn	03.05.2011	3,0	418		3,63	58	25	93	10
Melestjenn	23.05.2011	2,4	401	8,809	2,88	46	23	93	9
Melestjenn	16.06.2011	3,9	475	17,228	3,24	51	24	92	5
Melestjenn	19.07.2011	11,7	556	25,169	8,32	46	23	80	3
Melestjenn	22.08.2011	5,6	734	28,404	5,37	45	22	80	2
Melestjenn	13.09.2011	23,4	626		11,22	49	23	80	4
Melestjenn	25.10.2011	9,0	680	8,360	4,68	109	28	116	28
Melestjenn	21.11.2011	20,4	552		9,55	58	26	95	11
Melestjenn	12.12.2011	9,9	502		24,55	33	22	96	4
Rasvassvatn	19.05.2009			2,854	9,77	46	35	83	31
Rasvassvatn	15.06.2009	4,8	270	2,122	22,91	50	35	83	31
Rasvassvatn	18.07.2009	5,4	452	2,667	12,02	43	43	96	26
Rasvassvatn	24.08.2009	5,0	346	2,824	8,91	50	37	87	23
Rasvassvatn	06.10.2009	5,6	315	2,600	15,49	49	39	96	26
Rasvassvatn	04.11.2009	5,6	530		12,30	46	39	91	28
Rasvassvatn	17.12.2009	5,7	651		24,55	38	24	65	11
Rasvassvatn	27.01.2010	5,3	682		10,47	46	35	78	21
Rasvassvatn	24.02.2010	6,1	700		14,13	50	35	83	20
Rasvassvatn	23.03.2010	3,8	786		24,55	115	47	113	28
Rasvassvatn	05.05.2010	4,9	516		8,71	90	30	74	20
Rasvassvatn	19.05.2010	4,8	410	2,189	8,71	55	30	74	20
Rasvassvatn	16.06.2010	6,9	350	2,185	7,24	95	30	65	20
Rasvassvatn	20.07.2010	4,3	1166	1,770	5,50	55	33	70	22
Rasvassvatn	16.08.2010	7,8	1191	1,900	7,76	29	26	70	21
Rasvassvatn	13.09.2010	11,0	876	1,527	7,59	27	21	78	19
Rasvassvatn	12.10.2010	6,1	1003	1,605	15,14	55	29	78	20
Rasvassvatn	15.11.2010	6,3	927		12,59	39	27	83	17
Rasvassvatn	13.12.2010	7,4	924		8,71	75	30	100	36
Rasvassvatn	17.01.2011	3,9	239		8,91	55	35	91	33
Rasvassvatn	21.02.2011	3,1	241		9,55	42	40	74	23
Rasvassvatn	21.03.2011	2,3	842		20,42	42	54	124	25

Lokalitet	Prøvedato	Tot-P µg/L	Tot-N µg/L	Klorofyll-a µg/L	H <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	Na <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>	K <sup>+</sup> µekv L <sup>-1</sup>
Rasvassvatn	03.05.2011	2,4	250		5,62	30	28	55	15
Rasvassvatn	23.05.2011	2,3	232	2,395	4,17	26	27	53	14
Rasvassvatn	15.06.2011	3,0	244	3,042	3,47	29	28	57	15
Rasvassvatn	19.07.2011	2,1	231	3,192	5,89	34	30	51	11
Rasvassvatn	22.08.2011	1,7	295	2,612	7,41	24	25	50	7
Rasvassvatn	13.09.2011	3,2	362		9,55	24	24	52	10
Rasvassvatn	25.10.2011	14,1	719	3,540	6,61	36	30	58	15
Rasvassvatn	21.11.2011	3,0	381		9,77	29	30	58	16
Rasvassvatn	12.12.2011	5,6	344		8,13	42	24	83	4
Svarttjenn	20.05.2009	5,3	245	3,955	1,78	60	15	65	10
Svarttjenn	16.06.2009	9,2	261	3,892	4,27	55	16	74	6
Svarttjenn	18.07.2009	14,0	682	7,303	11,22	44	16	48	3
Svarttjenn	25.08.2009	8,0	351	5,933	3,16	49	20	61	5
Svarttjenn	06.10.2009	10,5	298	3,361	0,93	115	49	83	12
Svarttjenn	27.01.2010	4,7	601		5,62	70	22	78	7
Svarttjenn	24.02.2010	6,7	769		4,68	55	22	78	7
Svarttjenn	23.03.2010	4,8	376		17,38	60	23	100	12
Svarttjenn	05.05.2010	6,0	197		0,89	100	22	70	6
Svarttjenn	19.05.2010	8,3	273	4,413	2,63	75	21	74	7
Svarttjenn	16.06.2010	11,6	423	9,551	3,72	85	21	83	7
Svarttjenn	20.07.2010	15,0	1498	2,921	1,74	75	21	74	6
Svarttjenn	17.08.2010	15,8	1194	11,412	5,62	46	15	65	9
Svarttjenn	14.09.2010	5,5	948	7,341	4,17	50	14	70	7
Svarttjenn	11.10.2010	6,1	1303	2,047	6,92	65	27	74	9
Svarttjenn	16.11.2010	5,2	986		15,85	38	15	78	3
Svarttjenn	14.12.2010	6,9	823		5,01	55	24	104	12
Svarttjenn	17.01.2011	5,1	398		2,14	55	25	104	19
Svarttjenn	21.02.2011	3,2	266		2,63	54	27	78	8
Svarttjenn	21.03.2011	2,5	381		6,61	41	26	80	8
Svarttjenn	02.05.2011	2,8	189		2,09	49	23	60	10
Svarttjenn	23.05.2011	2,4	365	2,408	1,32	48	23	66	10
Svarttjenn	16.06.2011	2,8	438	4,408	4,27	39	21	58	3
Svarttjenn	19.07.2011	5,3	537	4,530	19,05	43	22	38	3
Svarttjenn	22.08.2011	4,8	414	10,076	3,72	56	26	58	4
Svarttjenn	13.09.2011	3,4	345		6,61	49	25	55	6
Svarttjenn	25.10.2011	3,1	432	2,454	2,19	83	35	73	10
Svarttjenn	22.11.2011	3,2	366		6,61	52	25	71	6
Svarttjenn	13.12.2011	5,4	428		12,30	32	35	82	22
Øyvavn	20.05.2009	7,1	323	0,933	0,69	65	29	74	28
Øyvavn	16.06.2009	7,7	256	1,301	2,00	75	30	83	28
Øyvavn	19.07.2009	6,8	425	2,522	2,00	65	35	87	18
Øyvavn	25.08.2009	4,1	365	2,584	1,20	100	35	83	15
Øyvavn	07.10.2009	5,5	341	1,741	0,91	80	35	87	19
Øyvavn	27.01.2010	4,5	633		4,79	70	33	74	18
Øyvavn	23.03.2010	4,6	524		3,09	115	36	96	18
Øyvavn	06.05.2010	5,3	1499		0,62	75	32	74	17
Øyvavn	19.05.2010	8,1	371	0,702	1,41	95	26	74	18
Øyvavn	17.06.2010	7,2	411	1,388	1,26	100	27	74	18
Øyvavn	19.07.2010	4,5	1350	3,399	0,72	85	27	78	21
Øyvavn	16.08.2010	8,5	1172	3,745	1,12	60	26	74	19
Øyvavn	13.09.2010	5,3	866	0,801	1,20	70	21	74	14
Øyvavn	12.10.2010	5,6	997	0,515	5,50	65	29	78	24
Øyvavn	15.11.2010	5,7	872		5,75	75	26	87	19
Øyvavn	13.12.2010	6,3	1024		3,09	55	34	91	26
Øyvavn	17.01.2011	3,7	442		3,16	65	26	96	23
Øyvavn	21.02.2011	4,4	484		2,63	105	49	85	17
Øyvavn	21.03.2011	2,3	769		3,55	111	57	110	15
Øyvavn	03.05.2011	2,5	208		0,81	70	30	53	14
Øyvavn	24.05.2011	2,3	340	1,775	0,69	60	28	55	15
Øyvavn	15.06.2011	2,9	410	3,043	0,85	69	31	61	14
Øyvavn	20.07.2011	3,8	510	1,873	1,74	71	34	53	7
Øyvavn	23.08.2011	2,0	376	1,236	1,66	64	31	54	6
Øyvavn	12.09.2011	3,5	650		2,51	55	28	50	11
Øyvavn	24.10.2011	2,3	357	1,182	2,00	78	32	59	17
Øyvavn	21.11.2011	3,4	387		3,16	75	32	59	13
Øyvavn	12.12.2011	5,0	345		2,51	69	34	70	11

Lokalitet	Prøvedato	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Alkalinitet	ANC1	ANC2
		µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>
Fisketjenn	19.05.2009	26	90	83	9	-3,44	-11	-24
Fisketjenn	15.06.2009	17	81	85	8	15,08	-6	-21
Fisketjenn	18.07.2009	18	94	80	9	-10,73	6	-8
Fisketjenn	24.08.2009	8	96	71	3	-4,47	-1	-19
Fisketjenn	06.10.2009	9	96	90	5	-6,60	-42	-61
Fisketjenn	27.01.2010	13	79	85	9	4,22	-29	-46
Fisketjenn	24.02.2010	12	94	79	10	15,34	-28	-46
Fisketjenn	23.03.2010	44	96	87	9	3,03	-27	-46
Fisketjenn	05.05.2010	17	94	90	5	8,15	8	-10
Fisketjenn	19.05.2010	15	90	73	8	10,40	4	-11
Fisketjenn	16.06.2010	2	60	87	6	14,70	-13	-27
Fisketjenn	20.07.2010	2	56	79	2	8,31	5	-8
Fisketjenn	17.08.2010	5	65	79	1	-18,13	-26	-39
Fisketjenn	14.09.2010	5	54	76	1	11,29	-16	-34
Fisketjenn	12.10.2010	9	65	79	6	31,50	14	-9
Fisketjenn	16.11.2010	5	73	82	5	7,60	-10	-33
Fisketjenn	14.12.2010	12	83	85	10	-0,05	7	-17
Fisketjenn	17.01.2011	13	79	107	0	18,41	-7	-31
Fisketjenn	21.02.2011	12	59	79	7	18,49	10	-11
Fisketjenn	21.03.2011	0	89	128	30	2,03	-8	-32
Fisketjenn	02.05.2011	14	43	61	4	16,11	11	-7
Fisketjenn	23.05.2011	13	39	63	3	14,04	16	-2
Fisketjenn	16.06.2011	6	35	55	3	11,56	44	24
Fisketjenn	19.07.2011	9	37	54	4	39,65	25	3
Fisketjenn	22.08.2011	7	30	49	3	6,66	29	3
Fisketjenn	13.09.2011	7	29	45	4	-2,59	30	1
Fisketjenn	25.10.2011	13	35	65	5	4,30	53	28
Fisketjenn	22.11.2011	15	39	50	10	22,72	11	-14
Fisketjenn	13.12.2011	11	20	47	9	-2,44	-9	-21
Grunnetjenn	19.05.2009	7	94	74	9	0,26	20	12
Grunnetjenn	15.06.2009	7	94	74	5	6,76	25	14
Grunnetjenn	18.07.2009	10	106	65	3	8,03	23	10
Grunnetjenn	24.08.2009	3	100	56	4	1,14	7	-9
Grunnetjenn	06.10.2009	8	96	62	15	3,83	-7	-23
Grunnetjenn	27.01.2010	7	83	68	10	10,99	-8	-27
Grunnetjenn	24.02.2010	4	77	73	7	21,11	2	-11
Grunnetjenn	23.03.2010	10	119	118	37	9,26	-12	-28
Grunnetjenn	05.05.2010	5	88	68	6	27,50	10	-2
Grunnetjenn	19.05.2010	8	75	65	5	24,78	39	28
Grunnetjenn	16.06.2010	2	65	79	2	29,35	75	63
Grunnetjenn	20.07.2010	33	67	76	1	24,76	32	19
Grunnetjenn	17.08.2010	8	67	79	8	-3,30	13	-2
Grunnetjenn	14.09.2010	8	67	59	2	21,13	6	-12
Grunnetjenn	12.10.2010	0	71	71	4	72,35	14	-7
Grunnetjenn	16.11.2010	6	67	110	7	17,60	-32	-47
Grunnetjenn	14.12.2010	14	79	76	8	31,78	12	-8
Grunnetjenn	17.01.2011	9	81	73	14	42,88	13	-6
Grunnetjenn	21.02.2011	10	70	68	6	41,23	38	20
Grunnetjenn	21.03.2011	9	74	64	7	33,84	35	20
Grunnetjenn	02.05.2011	3	46	49	2	32,46	45	34
Grunnetjenn	23.05.2011	3	41	44	0	24,04	32	20
Grunnetjenn	16.06.2011	5	35	41	1	23,45	45	30
Grunnetjenn	19.07.2011	5	39	38	1	28,62	48	28
Grunnetjenn	22.08.2011	12	33	32	1	11,91	50	27
Grunnetjenn	13.09.2011	2	31	29	2	-0,46	44	20
Grunnetjenn	25.10.2011	3	38	42	3	15,55	55	35
Grunnetjenn	22.11.2011	6	45	50	7	25,19	34	14
Grunnetjenn	13.12.2011	7	38	83	11	11,85	4	-7
Heitjenn	20.05.2009	22	90	69	8	-4,42	0	-9
Heitjenn	15.06.2009	14	85	69	7	5,53	-19	-27
Heitjenn	18.07.2009	29	96	73	3	-0,80	-8	-21
Heitjenn	24.08.2009	43	100	71	3	-3,21	-38	-56
Heitjenn	06.10.2009	44	85	65	9	-0,81	-30	-47
Heitjenn	27.01.2010	14	73	71	9	6,51	-34	-50
Heitjenn	24.02.2010	12	96	68	11	11,24	-29	-47

Lokalitet	Prøvedato	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Alkalinitet	ANC1	ANC2
		µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>	µekv L <sup>-1</sup>
Heitjenn	23.03.2010	29	106	107	35	7,28	-43	-66
Heitjenn	05.05.2010	13	83	62	6	5,88	-27	-41
Heitjenn	19.05.2010	15	48	68	7	8,31	20	10
Heitjenn	16.06.2010	2	52	73	3	11,41	-4	-15
Heitjenn	20.07.2010	14	52	68	4	23,32	-10	-23
Heitjenn	17.08.2010	37	50	65	8	-17,49	-10	-24
Heitjenn	14.09.2010	4	50	65	0	1,16	-16	-34
Heitjenn	12.10.2010	0	0	71	4	63,11	45	22
Heitjenn	16.11.2010	5	65	79	5	4,15	-6	-28
Heitjenn	14.12.2010	7	63	71	3	11,35	20	-4
Heitjenn	17.01.2011	13	65	76	14	13,83	15	-9
Heitjenn	21.02.2011	9	48	69	4	15,41	9	-12
Heitjenn	21.03.2011	18	60	99	21	11,26	-17	-38
Heitjenn	02.05.2011	12	36	58	3	11,68	14	-2
Heitjenn	23.05.2011	4	31	46	1	5,57	6	-8
Heitjenn	16.06.2011	4	28	43	0	8,14	18	0
Heitjenn	19.07.2011	8	31	44	2	15,93	15	-6
Heitjenn	22.08.2011	5	26	33	2	1,96	18	-4
Heitjenn	13.09.2011	4	22	30	3	-11,20	23	-2
Heitjenn	25.10.2011	2	25	44	1	2,99	32	12
Heitjenn	22.11.2011	3	27	43	4	14,64	8	-15
Heitjenn	13.12.2011	3	33	64	5	8,75	-1	-23
Hundsvatn	19.05.2009	22	106	81	11	-2,11	-19	-32
Hundsvatn	15.06.2009	15	94	77	9	5,13	10	-5
Hundsvatn	18.07.2009	14	100	76	3	-1,69	10	-8
Hundsvatn	24.08.2009	3	96	65	2	-4,45	-2	-26
Hundsvatn	06.10.2009	9	104	76	8	-0,57	-8	-31
Hundsvatn	04.11.2009	6	102	73	5	-7,05	-12	-34
Hundsvatn	17.12.2009	16	63	68	13	13,33	7	-10
Hundsvatn	27.01.2010	6	92	68	7	15,45	-15	-34
Hundsvatn	24.02.2010	6	81	79	8	17,37	-19	-33
Hundsvatn	23.03.2010	15	94	73	15	9,59	-15	-30
Hundsvatn	05.05.2010	0	73	107	6	9,13	-39	-53
Hundsvatn	19.05.2010	6	90	65	6	14,09	-4	-16
Hundsvatn	16.06.2010	2	63	76	7	23,48	26	12
Hundsvatn	20.07.2010	4	65	73	3	14,26	12	-4
Hundsvatn	17.08.2010	24	71	71	14	-8,95	-16	-36
Hundsvatn	14.09.2010	3	71	71	1	15,50	-14	-39
Hundsvatn	12.10.2010	1	73	73	4	31,88	19	-7
Hundsvatn	16.11.2010	6	79	71	6	10,59	14	-12
Hundsvatn	14.12.2010	4	88	118	5	16,55	-46	-72
Hundsvatn	17.01.2011	6	85	71	4	23,49	24	-2
Hundsvatn	21.02.2011	9	63	67	6	29,23	24	4
Hundsvatn	21.03.2011	19	68	78	26	11,34	-3	-20
Hundsvatn	02.05.2011	5	48	50	4	6,13	20	4
Hundsvatn	23.05.2011	4	42	46	4	13,22	19	2
Hundsvatn	16.06.2011	5	38	45	1	14,70	34	12
Hundsvatn	19.07.2011	5	34	41	1	26,15	39	12
Hundsvatn	22.08.2011	3	26	30	1	10,90	47	16
Hundsvatn	13.09.2011	2	26	31	2	-5,47	38	7
Hundsvatn	25.10.2011	6	36	48	3	11,96	66	40
Hundsvatn	22.11.2011	8	39	49	7	23,12	30	6
Hundsvatn	13.12.2011	8	53	89	7	9,75	2	-18
Jordtjenn	20.05.2009	12	54	61	5	42,00	70	53
Jordtjenn	16.06.2009	13	54	60	2	13,11	38	26
Jordtjenn	19.07.2009	6	79	46	2	-5,58	-17	-44
Jordtjenn	25.08.2009	6	67	51	1	4,21	13	-9
Jordtjenn	06.10.2009	4	77	68	7	13,43	37	17
Jordtjenn	04.11.2009	5	79	85	4	0,99	2	-19
Jordtjenn	17.12.2009	14	67	71	12	11,52	1	-20
Jordtjenn	27.01.2010	6	75	82	5	7,04	-15	-35
Jordtjenn	24.02.2010	4	77	71	4	25,42	-6	-25
Jordtjenn	23.03.2010	7	88	76	11	17,51	-8	-29
Jordtjenn	05.05.2010	5	63	68	2	17,07	20	6
Jordtjenn	19.05.2010	3	52	65	2	24,30	53	39
Jordtjenn	16.06.2010	3	48	73	2	29,18	63	49
Jordtjenn	20.07.2010	6	52	73	1	25,62	26	10
Jordtjenn	17.08.2010	10	52	79	1	-2,71	6	-13



Lokalitet	Prøvedato	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μekv L <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μekv L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> μekv L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N μekv L <sup>-1</sup>	Alkalinitet μekv L <sup>-1</sup>	ANC1 μekv L <sup>-1</sup>	ANC2 μekv L <sup>-1</sup>
Jordtjenn	14.09.2010	4	54	65	1	17,95	-3	-27
Jordtjenn	11.10.2010	5	65	79	4	75,33	12	-11
Jordtjenn	16.11.2010	2	71	87	4	21,86	7	-10
Jordtjenn	14.12.2010	1	75	87	2	32,56	10	-12
Jordtjenn	17.01.2011	6	69	87	3	40,42	57	34
Jordtjenn	21.02.2011	8	45	69	4	35,05	45	24
Jordtjenn	21.03.2011	10	54	84	16	25,51	31	10
Jordtjenn	02.05.2011	2	45	60	2	21,88	26	14
Jordtjenn	23.05.2011	2	41	59	1	20,16	34	21
Jordtjenn	16.06.2011	4	32	49	1	22,08	52	34
Jordtjenn	19.07.2011	3	32	39	1	23,34	49	20
Jordtjenn	22.08.2011	3	31	44	0	12,04	50	25
Jordtjenn	13.09.2011	1	33	47	1	-2,52	46	17
Jordtjenn	25.10.2011	4	44	66	2	19,63	61	40
Jordtjenn	22.11.2011	4	51	75	3	35,03	53	35
Jordtjenn	13.12.2011	2	51	97	5	23,71	27	14
Melestjenn	19.05.2009	15	58	89	2	8,40	19	-5
Melestjenn	16.06.2009	7	54	91	3	9,51	20	-6
Melestjenn	18.07.2009	12	67	104	3	6,07	1	-24
Melestjenn	25.08.2009	2	83	93	1	5,61	-7	-40
Melestjenn	06.10.2009	9	102	107	4	26,07	-36	-75
Melestjenn	27.01.2010	13	123	124	4	21,65	-66	-102
Melestjenn	24.02.2010	12	113	110	4	37,10	-12	-49
Melestjenn	23.03.2010	15	102	102	19	16,08	-20	-49
Melestjenn	05.05.2010	5	88	107	2	22,93	96	65
Melestjenn	19.05.2010	5	54	110	2	23,35	38	11
Melestjenn	16.06.2010	3	52	113	3	27,51	19	-11
Melestjenn	20.07.2010	26	56	113	1	24,19	12	-17
Melestjenn	17.08.2010	28	48	127	1	7,63	-10	-39
Melestjenn	14.09.2010	2	50	110	2	18,63	-3	-34
Melestjenn	12.10.2010	0	98	110	4	48,81	-8	-55
Melestjenn	16.11.2010	1	92	102	4	10,49	-50	-86
Melestjenn	13.12.2010	11	104	124	7	37,45	-14	-61
Melestjenn	17.01.2011	10	121	127	3	38,77	-20	-61
Melestjenn	21.02.2011	10	36	106	2	42,98	68	29
Melestjenn	21.03.2011	47	73	185	47	21,73	2	-32
Melestjenn	03.05.2011	3	34	98	1	25,63	53	23
Melestjenn	23.05.2011	6	22	83	0	21,06	66	38
Melestjenn	16.06.2011	9	20	88	0	22,77	64	30
Melestjenn	19.07.2011	6	17	74	0	24,05	61	22
Melestjenn	22.08.2011	3	3	62	0	14,48	84	37
Melestjenn	13.09.2011	0	13	52	0	-1,65	91	30
Melestjenn	25.10.2011	10	33	112	2	27,68	133	81
Melestjenn	21.11.2011	2	29	74	2	36,13	85	33
Melestjenn	12.12.2011	5	40	101	3	13,47	11	-21
Rasvassvatn	19.05.2009	5	115	93	10	-3,85	-23	-30
Rasvassvatn	15.06.2009	8	108	88	8	13,09	-6	-14
Rasvassvatn	18.07.2009	7	125	92	6	-2,21	-16	-26
Rasvassvatn	24.08.2009	11	113	73	4	-3,70	7	-7
Rasvassvatn	06.10.2009	11	117	87	5	0,57	0	-14
Rasvassvatn	04.11.2009	4	115	87	8	-1,99	-6	-20
Rasvassvatn	17.12.2009	9	69	71	19	7,15	-20	-36
Rasvassvatn	27.01.2010	11	100	90	7	5,57	-17	-29
Rasvassvatn	24.02.2010	20	121	85	7	16,38	-24	-38
Rasvassvatn	23.03.2010	33	146	124	31	6,90	2	-12
Rasvassvatn	05.05.2010	4	71	90	5	7,09	48	37
Rasvassvatn	19.05.2010	2	83	85	5	11,01	7	-3
Rasvassvatn	16.06.2010	2	77	90	5	11,11	38	29
Rasvassvatn	20.07.2010	7	83	82	3	10,92	12	2
Rasvassvatn	16.08.2010	15	77	87	10	-11,82	-29	-38
Rasvassvatn	13.09.2010	4	73	73	2	2,71	-3	-15
Rasvassvatn	12.10.2010	0	83	82	4	44,66	13	-3
Rasvassvatn	15.11.2010	2	81	79	5	12,85	1	-14
Rasvassvatn	13.12.2010	12	100	99	3	20,15	39	23
Rasvassvatn	17.01.2011	7	98	93	5	17,82	18	1
Rasvassvatn	21.02.2011	27	83	81	5	16,27	10	-4
Rasvassvatn	21.03.2011	18	113	138	35	7,41	-39	-54

Lokalitet	Prøvedato	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μekv L <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> μekv L <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup> μekv L <sup>-1</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N μekv L <sup>-1</sup>	Alkalinitet μekv L <sup>-1</sup>	ANC1 μekv L <sup>-1</sup>	ANC2 μekv L <sup>-1</sup>
Rasvassvatn	03.05.2011	2	66	65	4	10,06	-6	-15
Rasvassvatn	23.05.2011	2	55	55	2	7,17	9	0
Rasvassvatn	15.06.2011	5	48	49	1	9,55	32	20
Rasvassvatn	19.07.2011	4	52	49	1	18,66	25	9
Rasvassvatn	22.08.2011	4	45	36	0	3,80	25	6
Rasvassvatn	13.09.2011	2	41	39	1	-6,52	29	7
Rasvassvatn	25.10.2011	3	54	57	2	-9,14	27	10
Rasvassvatn	21.11.2011	6	57	59	5	21,55	11	-6
Rasvassvatn	12.12.2011	4	39	82	6	39,70	25	8
Svartjenn	20.05.2009	2	50	61	3	9,16	37	25
Svartjenn	16.06.2009	9	56	55	2	21,15	38	16
Svartjenn	18.07.2009	11	90	37	3	1,66	-19	-55
Svartjenn	25.08.2009	3	77	65	1	9,72	-9	-38
Svartjenn	06.10.2009	9	81	85	6	96,31	86	62
Svartjenn	27.01.2010	8	75	68	4	36,90	30	13
Svartjenn	24.02.2010	9	81	71	7	53,63	3	-15
Svartjenn	23.03.2010	11	75	76	12	9,08	31	8
Svartjenn	05.05.2010	1	69	68	2	48,27	59	42
Svartjenn	19.05.2010	3	52	68	2	36,17	55	35
Svartjenn	16.06.2010	3	50	62	8	37,95	76	45
Svartjenn	20.07.2010	6	56	59	0	38,44	59	27
Svartjenn	17.08.2010	26	52	65	4	-1,14	15	-19
Svartjenn	14.09.2010	3	56	59	5	19,60	20	-13
Svartjenn	11.10.2010	10	81	87	4	73,32	3	-30
Svartjenn	16.11.2010	4	81	56	5	10,87	-9	-34
Svartjenn	14.12.2010	10	92	71	2	64,41	30	6
Svartjenn	17.01.2011	8	75	90	8	58,76	30	12
Svartjenn	21.02.2011	4	51	63	7	40,68	46	29
Svartjenn	21.03.2011	6	52	64	12	25,90	28	7
Svartjenn	02.05.2011	2	43	57	0	26,59	43	27
Svartjenn	23.05.2011	2	37	54	0	31,54	56	39
Svartjenn	16.06.2011	5	23	39	0	21,11	59	27
Svartjenn	19.07.2011	2	22	26	2	24,32	57	10
Svartjenn	22.08.2011	4	23	42	0	23,97	79	47
Svartjenn	13.09.2011	0	25	39	0	5,09	70	33
Svartjenn	25.10.2011	1	40	65	2	39,51	93	70
Svartjenn	22.11.2011	2	44	45	4	38,54	61	35
Svartjenn	13.12.2011	6	56	100	6	12,88	9	-7
Øyvatn	20.05.2009	5	88	78	10	18,07	20	9
Øyvatn	16.06.2009	13	88	73	2	16,78	53	38
Øyvatn	19.07.2009	6	96	65	3	9,88	41	21
Øyvatn	25.08.2009	16	92	73	1	20,11	67	43
Øyvatn	07.10.2009	10	100	82	4	25,59	34	11
Øyvatn	27.01.2010	7	94	82	10	26,87	9	-4
Øyvatn	23.03.2010	33	94	85	14	46,04	73	60
Øyvatn	06.05.2010	4	92	65	5	40,00	36	25
Øyvatn	19.05.2010	5	71	65	5	42,35	72	59
Øyvatn	17.06.2010	3	65	76	2	42,11	77	60
Øyvatn	19.07.2010	5	71	82	3	47,52	56	36
Øyvatn	16.08.2010	30	69	79	1	39,81	30	6
Øyvatn	13.09.2010	2	67	65	1	37,50	47	21
Øyvatn	12.10.2010	7	75	85	5	49,70	32	7
Øyvatn	15.11.2010	2	79	76	5	34,33	47	26
Øyvatn	13.12.2010	15	104	79	8	47,46	14	-9
Øyvatn	17.01.2011	8	96	130	7	56,13	-23	-43
Øyvatn	21.02.2011	13	85	71	7	92,05	93	74
Øyvatn	21.03.2011	23	94	100	34	73,14	65	52
Øyvatn	03.05.2011	3	57	53	2	39,01	55	43
Øyvatn	24.05.2011	5	49	48	1	36,82	61	49
Øyvatn	15.06.2011	7	53	54	0	33,93	68	49
Øyvatn	20.07.2011	4	43	42	1	38,25	79	53
Øyvatn	23.08.2011	3	39	34	0	27,98	82	54
Øyvatn	12.09.2011	3	38	34	2	12,56	71	45
Øyvatn	24.10.2011	3	50	48	1	29,22	87	66
Øyvatn	21.11.2011	4	56	50	5	39,86	69	48
Øyvatn	12.12.2011	3	60	68	5	31,73	51	31

**Vedlegg 3.** Tabellen viser en oversikt over aktuelle fysiske og kjemiske miljøvariabler, og forkortelser brukt under PCA-ordinasjon.

<b>Fysiske og kjemiske miljøvariabler -forkortelser</b>	
Nitrat	NO3-N
Alkalinitet	Alk
Syrenøytraliserende kapasitet	ANC1
Syrenøytraliserende kapasitet (korrigert for sterke organiske syrer)	ANC2
Totalt aluminium	Alr
Totalt monomert aluminium	Ala
Organisk aluminium	Alo
Uorganisk eller labilt aluminium	Ali
Kolloidalt aluminium	Alc
Fargetall	Farge
Total-fosfor	Tot-P
Total-nitrogen	Tot-N
Klorofyll-a	Chl.a
Hydrogen-ion (proton)	H+
Kalsium-ion	Ca <sup>2+</sup>
Magnesium-ion	Mg <sup>2+</sup>
Natrium-ion	Na+
Kalium-ion	K+
Ammonium	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Temperatur	Temp
Siktedyp	Sikt
Konduktivitet	Kond
Turbiditet	Turb
pH	pH
Silikat	Si
Totalt organisk karbon	TOC
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Klorid	Cl <sup>-</sup>
Maksimum dyp	Max.D
Dreneringsratio = areal nedbørsfelt : areal innsjø	DR_CA:LA

**Vedlegg 4.** Tabellen viser en oversikt over aktuelle phytoplanktonarter og forkortelser brukt under DCA-ordinasjon.

<b>Phytoplanktonarter -forkortelser</b>	
Aphanothece clathrata	Aph cl
Chroococcus species	Chr sp
Uidentifiserte blågrønne bakterier	U.Blå
Eucapsis minuta	Eu min
Merismopedia species	Mer sp
Microcystis species	Mic sp
Pseudanabaena species	Pseu sp
Planktothrix agardhii	Pla ag
Planktolyngbya subtilis	Pla su
Snowella septentrionalis	Sno sep
Cryptomonas species	Cryp sp
Rhodomonas species	Rho sp
Peridinium species	Per sp
Peridinium umbonatum	Per um
Bicosoeca species	Bic sp
Bitrichia chodatii	Bit cho
Bitrichia species	Bit sp
Dinobryon bavarium	Din ba
Dinobryon cylindricum	Din cy
Dinobryon divergens	Din di
Dinobryon pediforme	Din pe
Dinobryon species	Din sp
Dinobryon sociale variant americanum	Din so
Dinobryon acuminatum	Din ac
Mallomonas species	Mal sp
Små kuler (<6,5 µm)	ku små
Store kuler (>6,5 µm)	ku stor
Stichogloea doederleinii	Sti do
Uroglena species	Uro sp
Fragilaria species	Frag sp
Gonyostomum semen	Go sem
Euglena species	Eug sp
Phacus species	Pha sp
Trachelomonas species	Tra sp
Ankyra judayi	Ank ju
Botryococcus braunii	Bot br
Chlamydocapsa species	Chl1 sp
Chlamydomonas species	Chl2 sp
Elakatothrix genevensis	Ela gen
Elakatothrix species	Ela sp
Monoraphidium minutum	Mon mi
Monoraphidium dybowskii	Mon dy
Oocystis rhomboidea	Ooc rh
Oocystis species	Ooc sp
Scorfieldia complanata	Sco co
Starodesmus incus	Sta in
Uidentifisert koloni med kuler	Ku ko
Uidentifiserte avlange celler	U avl