

Mastergradsoppgave

Anette Johansen

Vannkvalitet og forekomst av
cyanobakterier i Akersvannet,
Goksjø og Norsjø 2013



Høgskolen i Telemark

Fakultet for allmennvitenskapelige fag

Masteroppgave i natur-, helse- og miljøvern

Anette Johansen

Vannkvalitet og forekomst av cyanobakterier i
Akersvannet, Goksjø og Norsjø 2013

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

<http://www.hit.no>

© 2014 Anette Johansen

Forsidebilde: Stokke kommune, <http://www.tb.no/nyheter/giftalarm-i-akersvannet-1.1449686>.

Sammendrag

Cyanobakterier er en av de mest tilpasningsdyktige organismegruppene på jorda og kan danne store oppblomstringer i ferskvann og brakkvann. Tidligere forskning viser at oppblomstringer styres av ulike faktorer som temperatur, næringstilgang eller andre fysisk-kjemiske parametere. Denne studien ser nærmere på sammenhengen mellom cyanobakterie oppblomstringer og fysiske-kjemiske parametere. Innsjøene Akersvannet, Goksjø og Norsjø ble undersøkt i perioden juni til september 2013, fysisk-kjemiske vannkvalitetsparametere, artssammensetningen og biomassen av planteplankton ble studert.

Alle vannene hadde forekomster av cyanobakterier, men bare Akersvannet hadde oppblomstring. Akersvannet er en sterkt eutrof innsjø med høye nitrogen (1,1-1,8 mg/l) og fosfor (83 µg/l) konsentrasjoner. Temperaturen var høy, i intervallet 17-23 °C gjennom hele sesongen. Konduktiviteten var 18,1 mS/m, der de fleste ionene varierte mellom 10-19 mg/l utenom magnesium og kalium som lå på 4,3-5,0 mg/l. Alkaliteten var høy, 0,866-1,024 mekv/l. Biomassen av cyanobakterier varierte mellom 0,10-1,15 mg/l. I tillegg til cyanobakterier var også grønnalger en dominerende algegruppe. *Aphanizomenon flos-aquae* og *Ceratium hirundinella* var de mest dominerende artene gjennom sesongen. Goksjø og Norsjø hadde lite registrerte cyanobakterier i den kvantitative planteplanktonundersøkelsen. De høyeste cyanobakteriebiomassene var mellom 0,0002-0,0004 mg/l i august hvor temperaturen var høyest i begge vannene. Begge innsjøene hadde en relativt lav alkalitet, Goksjø 0,365-0,439 mekv/l og Norsjø 0,140-0,155 mekv/l. Goksjø er en eutrof innsjø, med 32 µg P/l fosfor og 1,3 mg N/l nitrogen. Norsjø er oligotrof med fosforkonsentrasjon på 3,4 µg P/l og nitrogenmengde på 0,2 mg N/l. Selve artssammensetningen av planteplankton i begge innsjøene besto hovedsakelig av grønnalger, kiselalger og gulalger. Artene *Rhodomonas lacustris* og *Plantosphaeria gelatinosa* dominerte i Goksjø, mens *Dinobryon sp* og *Asterionella formosa* dominerte i Norsjø. Resultatene viser at det var Akersvannet som var mest eutrof, hadde høyest alkalitet, temperatur og fosforkonsentrasjoner, i tillegg til oppblomstring av cyanobakterier.

Abstract

Cyanobacteria are one of the most adaptable organism groups on earth that can form blooms in freshwater and brackish water. Previous research shows that factors like temperature, nutrients and other physical-chemical parameters are controlling blooms. This study examines the relationship between blooms and physical –chemical factors in three different lakes. Physical-chemical water quality factors, species composition and biomass of phytoplankton were studied in Lake Akersvannet, Goksjø and Norsjø from June to September 2013.

Cyanobacteria occurred in all lakes, but only in L. Akersvannet blooms were observed. L. Akersvannet is a highly eutrophic lake with high nitrogen (1.1-1.8 mg N/l) and phosphorus (83 mg P/l) concentrations. The temperature was between 17-23°C throughout the season. The conductivity was 18.1 mS/m, and concentrations of most of the ions ranged from 10 to 19 mg/l except magnesium and potassium, which had concentrations between 4.3-5.0 mg/l. The alkalinity was high, i.e. 0.866-1.024 meq/l. the biomass of cyanobacteria varied from 0.10 µg/l to 1.15 µg/l. Green algae and cyanobacteria were the dominating algae groups in L. Akersvannet. In particular, *Aphanizomenon flos-aquae* and *Ceratium hirundinella* were the most dominant species throughout the season.

Few cyanobacteria were registered in L. Goksjø and L. Norsjø, i.e. from 0.0002 to 0.0004 mg/l were registered in August. This was also the month with highest temperature in both lakes. L. Goksjø and L. Norsjø had both low alkalinity, 0.365-0.439 meq/l and 0.140-0.155 meq/l respectively. L. Goksjø is a eutrophic lake, but has only 32 mg P/l of phosphorus. Norsjø is Oligotrophic with 3.4 mg P/l. The species composition in both lakes consisted mainly of green algae, diatoms and golden algae. *Rhodomonas lacustris* and *Plantosphaeria gelatinosa* were the dominating species in L. Goksjø, compared to L. Norsjø where species *Dinobryon sp* and *Asterionella formosa* were dominating. It appears that particularly alkalinity, phosphorus and temperature have an effect on the cyanobacteria blooms.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord.....	7
1 Innledning	8
2 Områdebeskrivelse	10
2.1 Akersvannet.....	10
2.1.1 Beliggenhet og morfologi	10
2.1.2 Geologi.....	12
2.1.3 Klima	12
2.1.4 Forurensning.....	13
2.2 Goksjø.....	14
2.2.1 Beliggenhet og morfologi	14
2.2.2 Geologi.....	16
2.2.3 Klima	16
2.2.4 Forurensning.....	16
2.3 Norsjø.....	16
2.3.1 Beliggenhet og morfologi	16
2.3.2 Geologi.....	18
2.3.3 Klima	19
2.3.4 Forurensning.....	20
3 Metode	21
3.1 Prøvetaking og lagring	21
3.2 Analysemetoder.....	23
3.2.1 Vannkjemi.....	23
3.2.2 Toksinanalyser	25
3.2.3 Planteplankton.....	26
3.2.4 Klassifisering av økologisk tilstand.....	26
3.2.5 Feilkilder	26
4 Resultat og diskusjon	28
4.1 Typifisering	28
4.2 Fysisk-kjemiske parametere	29
4.2.1 Akersvannet	29
4.2.2 Goksjø.....	38

4.2.3 Norsjø	40
4.3 Planteplankton	42
4.3.1 Arts sammensetting	42
4.3.2 Planteplanktonbiomasse	45
4.4 Cyanobakterier	48
4.5 Toksinanalyser	50
4.5.1 Microcystin	50
4.5.2 Saxitoksin	51
4.6 Klassifisering av økologisk tilstand	51
5 Konklusjon	53
6 Referanser	54
Vedlegg	59

Forord

Masteroppgaven er en del av masterstudie i natur-, helse- og miljøvern, utført ved Høgskolen i Telemark, Bø. Oppgaven utgjør 60 studiepoeng og er utarbeidet i perioden juni 2013 til mai 2014. Førsteamanuensis Synne Kleiven har vært min veileder og jeg vil takke henne for stort engasjement, hennes faglige bakgrunn og ikke minst for alltid å være tilgjengelig når jeg trengte det. I tillegg vil jeg takke Gunn Hege Laugen for å sette meg i kontakt med grunneiere i prøvetakingsområdene, slik at jeg fikk tak i båt. Jeg vil takke grunneierne Leif Simonsen og Jørn Magne Kjølner for lån av båt i Goksjø og Akersvannet. Ralf Ingemar Stålberg fortjener en stor takk for både å stille som skipper og med båt i Norsjø.

Karin Bekke Li og Bjørn Steen har vært til stor hjelp under analysearbeidet. De fortjener en kjempetakk for deres tålmodighet og deres iherdige jobb med å finne feilen med fosfor prøvene. Til sist vil jeg takke Niranjan Parulekar for hyggelig selskap og hjelp under prøvetakingene.

<Høgskolen i Telemark, Bø, 15.05.14>

<Anette Johansen>

1 Innledning

Cyanobakterier er en gruppe prokaryoter som dominerte livsformene på jorda for mer enn 1,5 millioner år siden (Graham & Wilcox 2000). Deres evne til å utføre fotosyntese og produsere oksygen har vært en viktig kilde til utviklingen av dagens biodiversitet (Graham & Wilcox 2000, Okafor 2011). I dag er de en av de mest tilpasningsdyktige organismegruppene som finnes, og kan okkupere ekstreme habitater som er utilgjengelig for andre (Okafor 2011). Grunnen til dette ligger i deres evne til å utfør fotosyntese ved lav lysintensitet, drive nitrogenfiksering og bruke luftvakuoler til å forflytte seg i vannmassene (Oliver et al. 2012). Det optimale vekstmiljøet for cyanobakterier er i limniske og marine miljøer med en temperatur på 25 °C (Chorus & Bartram 1999, Beaulieu et al. 2013). Her kan de i vise tilfeller danne store oppblomstringer, hvilket kan være problem for vannkvaliteten ved at de produserer smakskomponenter og toksiner (Oliver et al. 2012). Det er hovedsakelig toksinene som skaper problemer, siden de utgjør en helserisiko for mennesker og dyr. De mest vanlige toksinene er microcystin (levergift) og saxitoksin (nervegift). I 1999 kom Chorus & Bartram i samarbeid med World Health Organisation (WHO) ut med retningsgivende konsentrasjoner for microcystin i drikkevann (1 µg/l) og badevann (10 µg/l).

Menneskelig aktivitet som tilfører næring til vassdragene fører til eutrofiering. I følge Beaulieu et al. (2013) er eutrofiering sammen med fysisk-kjemiske faktorer som temperatur, den direkte årsak til store cyanobakterieoppblomstringer. Carvalho et al. (2013) viser i sin undersøkelse at det ikke bare er temperatur og næringstoffer som er avgjørende for oppblomstring. De mener flere kombinasjoner av faktorer spiller en rolle, hvor den viktigste er alkaliteten. O'Neil et al. (2011) påpeker muligheten for at eutrofiering sammen med klimaendringen er to prosesser som vil provosere spredning og ekspansjon av toksinproduserende cyanobakterier.

Norge følger i dag EUs rammedirektiv for vann som sier at alt vann skal oppnå god økologisk og kjemisk tilstand innen 2021, utenom i de tilfeller der det går betydelig utover samfunnsnyttene (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Arbeidet for å oppnå målet er allerede i gang, men i enkelte vannforekomster er det fare for at dette ikke vil lykkes.

Akersvannet er et av disse vannene og har inngått i basis overvåkingen de siste ti årene. Innsjøen har svært dårlig vannkvalitet og kraftige oppblomstringer av cyanobakterier. Flere undersøkelser viser at kontinuerlig tilførsel av næringsstoffer fra jordbruket skaper en kraftig eutrofiering og store algeoppblomstringer (Fjeld et al. 1996, Oredalen 2002, Spikkeland 2010). I følge Utkilen et al. (1996) har også senkingen av Akersvannet i 1968 medført

forandring i cyanobakterie sammensetningen, og gitt microcystinproduserende cyanobakterier gode leveforhold. I 1958 var det *Aphanizomenon flos-aquae* som dominerte i Akersvannet, men etter senking tok *Microcystin aeruginosa* over som dominerende art. I 1990 ble det tilført grunnvann til innsjøen og *A. flos-aquae* ble dominerende igjen. I tillegg ble *Ceratium hirundinella* en viktig art og svekket veksten av cyanobakterier.

Goksjø er et annet vann med risiko for ikke å nå målet i 2021 (Vann-nett.no²). Vannkvaliteten ble undersøkt i 2004, for å finne ut hvilke tiltak som måtte gjennomføres for å nå miljømålet. Det viste seg at den var i moderat økologisk tilstand, noe som skyltes tilførsel av næringsstoffer fra jordbruk og andre menneskelige aktiviteter, som igjen skapte eutrofiering. I 2012 ble den tatt med i forurensningsregnskapet til fylkesmannen i Vestfold (Hansen 2005, Simonsen 2011). Det er gjort få direkte undersøkelser på plankteplanktonsamfunnet eller cyanobakterier i Goksjø.

I 2008 gjorde Ingunn Berge en undersøkelse av planteplanktonsamfunnet i Norsjø, for å se på forekomsten av cyanobakterier. *Anabaena lemmermannii* var den mest dominerende cyanobakteriearten og kunne danne oppblomstringer i enkelte deler av vannet. Uten om denne undersøkelsen er det gjort relativt lite på planteplankton og cyanobakterier i Norsjø. Vannkvaliteten undersøkes regelmessig da Norsjø brukes som drikkevannskilde for Skien og Nome.

Dette studiet er en limnologisk undersøkelse av de tre vannene. Hvor det vil bli lagt mest vekt på Akersvannet, grunnet oppblomstring av cyanobakterier. Vannkvaliteten blir vurdert i forhold til veilederen 02:2013 klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013). Det vil bli sett nærmere på hvilke taxa som dominerer planteplanktonsammfunnet i de ulike vannforekomstene og om det er en dominerende opptreden av cyanobakterier. Disse dataene vil videre bli brukt til å undersøke om det er en sammenheng mellom vannkvalitet og cyanobakterieforekomster. Det vil spesielt bli lagt vekt på studie av fysisk-kjemiske faktorer som trigger oppblomstring av cyanobakterier.

2 Områdebeskrivelse

Vannene, Akersvannet, Goksjø og Norsjø med beliggenhet i henholdsvis Vestfold og Telemark i Sør-Norge ble valgt ut for denne undersøkelsen (Figur 1). Det ble valgt tre vann for å forsikre seg om at et av vannene ville få oppblomstring. I tillegg var det variasjon mellom cyanobakterieartene i de ulike vannforekomstene.

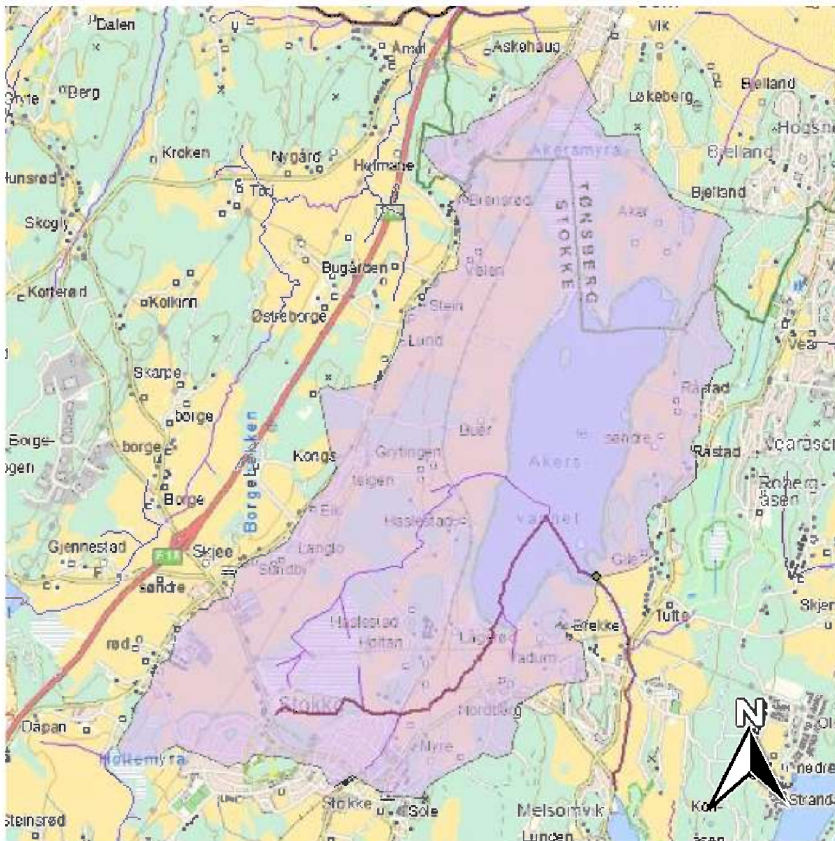


Figur 1: Beliggenheten til de tre prøvevannene i Norge. Akersvannet (Rød), Goksjø (Grønn) og Norsjø (Blå)(Finn.no)

2.1 Akersvannet

2.1.1 Beliggenhet og morfologi

Akersvannet er en eutrof innsjø som ligger i Vestfold fylke, mellom kommunene Stokke, Sem og Tønsberg (59,24417 °N, 10,32762 °Ø). Vannet har et nedbørfelt på 14,84 km² som avgrenses av raet og gamle E18 i vest, Akersmyra i nord, Stokke sentrum i sør og åsdraget rett ved vannet i øst (Berge 1986) (Figur 2).



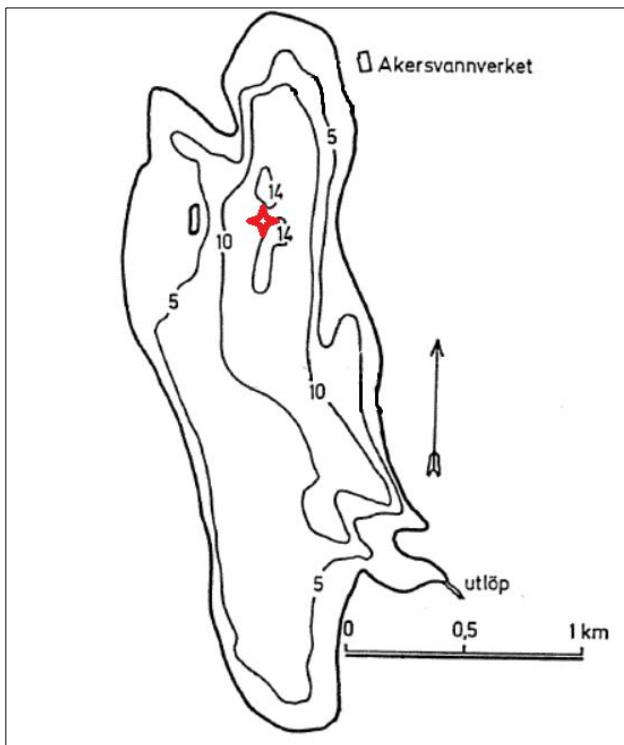
Figur 2: Nedbørfelt for Akersvannet (atlas.nve.no)

46% av nedbørfeltet er dekket av jordbruk, resten er fordelt på tettbebyggelse, myr og skog (Berge 1986, Vann-nett.no¹). I sørøstlige enden av vannet ligger utløpet, Melsonbekken som etter 2 km renner ut i Tønsbergfjorden. Det er ingen store innløpselver, bare små bekker som renner gjennom nedbørfeltet. Dette gjør vannet utsatt for avrenning fra jordbruket.

Akersvannet ligger 14 moh. med et overflateareal på 2,4 km², maks lengde på 3 km og maks bredde på 1 km. Innsjøen er grunn med et middeldyp på 6 m, hvor det dypeste punkt er 13 m (Tabell 1) (Figur 3). Det er to små øyer i innsjøen som dukket opp da vannet ble senket 2 m i 1968 for å avdekke mer jordbruksareal.

Tabell 1. Morfologiske parametere for Akersvannet (Berge 1986, Vann-nett.no¹)

Parametere	Verdier
Nedbørfelt (areal)	14,84 km ²
Innsjøareal	2,4 Km ²
Høyde over havet	14 m
Maks lengde	3 km
Maks bredde	1 km
Største dyp	13 m
Middeldyp	6 m
Oppholdstid	1,7 år
Volum	14,5*10 ⁶ m ³



Figur 3: Dybde kart over Akersvannet (Aanes & Mjelde 1994). Rød stjerne = prøvetakingspunkt.

2.1.2 Geologi

Akersvannet ligger innenfor Oslofeltet. Berggrunnen er hovedsakelig preget av dypbergarten larvikitt. Det er bare enkelte bergknauser rundt vannet som avdekker bart fjell ellers er det dekket av tykke marine leirer og siltlag bestående av strandavsetninger og tykke havavsetninger. Nordvest for Akersvannet ligger et myr- og torvrområde (Akersmyra) og i vest ligger Vestfoldraet som er en mektig morene som ble dannet under ismeltingen (Spikkeland 2010)

2.1.3 Klima

Akersvannet er preget av et oseanisk klima. Dette gir vintre med vekslende mildværs- og kuldeperioder. Dette er en fordel for vannutskiftningen under isen, grunnet smelteperioder i løpet av vinteren (Berge 1986). I følge Meteorologisk institutt er normalårsmiddeltemperaturen (1961-1990) for Melsom målestasjon (27450) 6,0 °C. Varmeste måned er juli med 16,3 °C og kaldeste er februar med -3,8 °C. Temperaturene for 2013 viste at dette var et litt varmere år i forhold til normalen, med en middels temperatur på 6,7 °C. Den varmeste måneden var juli med 17,9 °C. Derimot hadde vinteren 2013 vært litt kaldere med et gjennomsnitt i januar på -4,2 °C (eklima.no). Temperaturen for prøvetakningsdagene er vist i

Tabell 2. Prøvetakingsdagen i juni 2013 var litt kaldere en tilsvarende dag i normalperioden. Prøvedagene i juli, august og september hadde derimot vært varmere, dette gjelder spesielt september som var hele 3,1 °C varmere enn normalen for denne dagen.

Tabell 2. Lufttemperatur (°C) ved Akersvannet stasjon Melsom (27450) prøvetakingsdagene i 2013 (eklima.no).

	13.06.2013	08.07.2013	20.08.2013	05.09.2013
Melsom (27450) °C	13,8	17,6	15,4	15,7
Normal (1961-1990) °C	15,1	16,2	15,0	12,6
Avvik °C	-1,3	1,4	0,4	3,1

Akersvannet ligger i et relativt nedbørsrikt område med normalnedbørsmengde på 1029 mm. I 2013 var nedbørsmengden 93 mm over normalen og fordelingen av nedbøren gjennom året viste variasjoner i forhold til normalen (Tabell 3). Januar, februar, mars og november 2013 lå langt under normalen, mens mai, juni og desember samme år hadde over det dobbelte av nedbørsmengden i forhold til normalen. (eklima.no)

Tabell 3. Nedbørsmengden (mm) ved Melsom stasjon(27450) for 2013 og normalnedbør for 1961-1990 (eklima.no)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Sum
27450/2013 (mm)	51,6	23,9	11,7	61,6	135	156	61,2	96,5	151	130	55,6	188	1122
Normal (mm)	83	59	69	54	70	65	79	103	109	133	122	83	1029
Avvik (mm)	-31,4	-35,1	-57,3	7,6	65,1	90,7	-18	-6,5	42,3	-3	-66	105	93

2.1.4 Forurensning

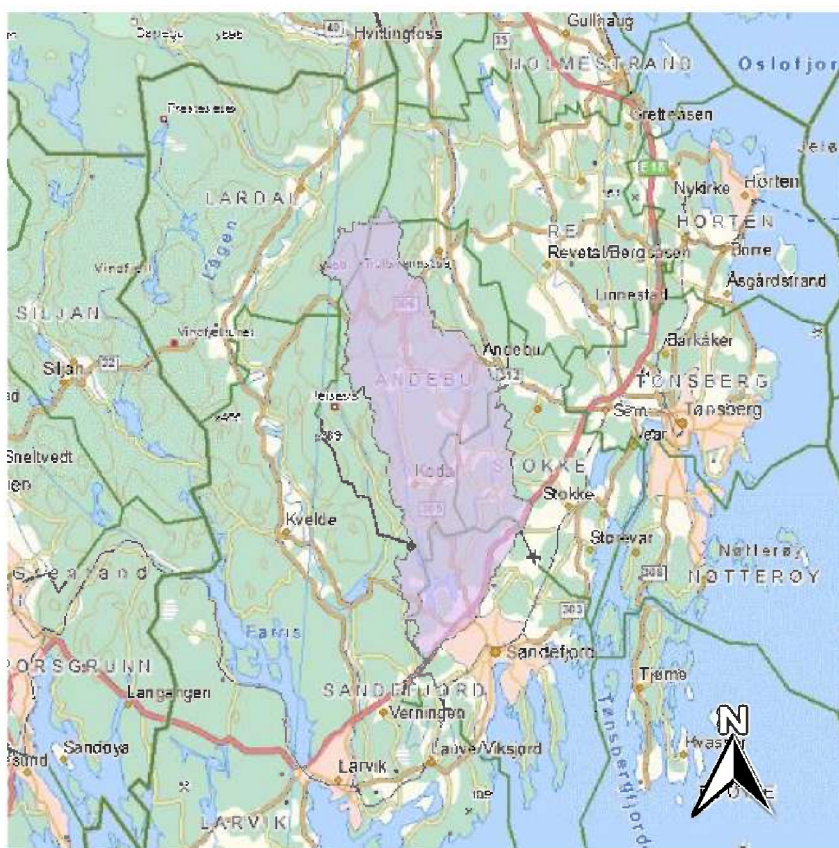
Akersvannet er klassifisert til en middels, moderat kalkrik og humøs innsjø. Den er satt til økologisk tilstand dårlig, med risiko for å ikke klare miljømålet innen 2021 (Vann-nett.no¹). Hovedkilden til forurensning er fulldyrket mark, i tillegg til spredt bebyggelse. Begge disse faktorene er med på å gi tilførsel av næringsstoffer og organisk materiale. Både klorofyll a og nitrogen er satt til dårlig tilstand, mens fosfor er svært dårlig. Senkningen av vannet har vært med på å endre habitatene i innsjøen, ved at det dukket opp to øyer. Det var et ønske om å senke innsjøen enda mer, men det ble ikke gjennomført grunnet fare for enda dårligere vannkvalitet. Det er også blitt satt ut gjørs (*Sande lucioperca*) for å forbedre vannkvaliteten ved at de reduserer mengden zooplanktonspisende arter som laue (*Alburnus alburnus*), mort

(*Rutilus rutilus*) m.fl. (vann-nett.no⁴). Siktedybden i vannet om sommeren varierte mellom 0,9-1,2 m.

2.2 Goksjø

2.2.1 Beliggenhet og morfologi

Goksjø er en del av Vest-viken vannregion og befinner seg i Vestfold fylke, mellom kommunene Larvik og Andebu, ca. 5 km nordvest for Sandefjord (59,17488°N, 10,14091°Ø) (Mjelde & Rørslett 1981, Vann-nett.no²). Nedbørfeltet er på 193,06 km² (Figur 4). Det meste av nedbørfeltet befinner seg nord for innsjøen og ligger i kommunene Stokke, Lardal og Re, i tillegg til kommunene Larvik og Andebu som innsjøen ligger i (Hansen 2005).



Figur 4: Nedbørfelt for Goksjø (atlas.nve.no¹)

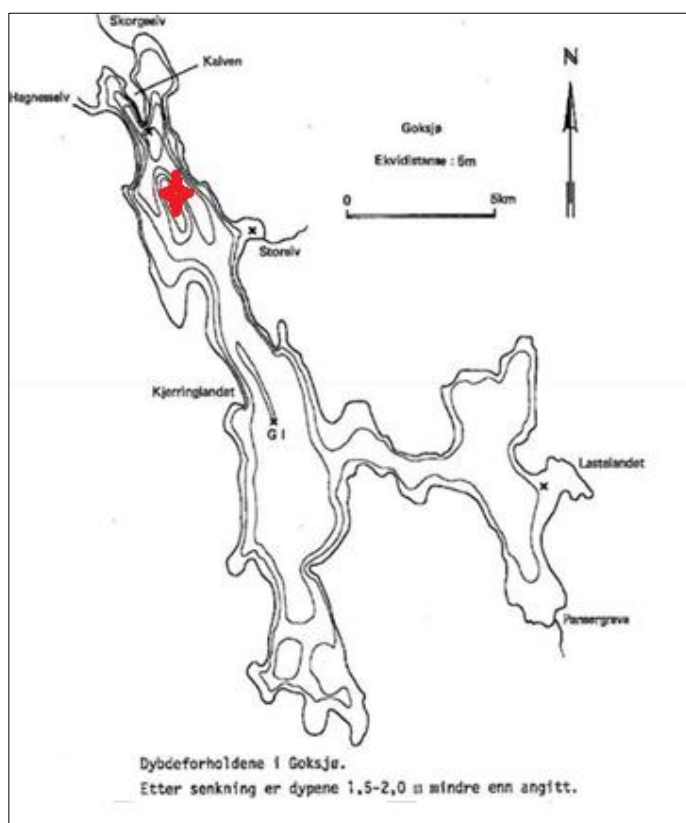
Goksjø er omgitt av skog og dyrket mark, med sauer og kyr. Det er litt sprett bebyggelse rundt vannet, i tillegg er det rundt 25 hytter fordelt på den 20 km lange strandlinjen (Simonsen 2011, Raudsandmoen 2012, vann-nett.no²). Goksjø er spesiell ved at både tilløpene og utløpet befinner seg i nordenden av vannet (Goksjø.no). Dette er med på å skape stor økologisk variasjon mellom nord og sørenden av vannet (Raudsandmoen 2012). Tilløpselvene er Skorgeelva fra nord som munner ut i Tverdalsbukta og Storelva som render

ut litt nord for Røveren. Utløpselven er Hangneselven som renner ut litt vest for Skorgelva og går sammen med Svartåa og renner ut i Åsrumvannet (Goksjo.no, maps.google.no).

Goksjø har et overflateareal på 3,4 km² og et maks dyp på 25 m (Figur 5). Middeldypet er på 7,6 m, som skyldes at innsjøen er relativt grunn og blir brådyp enkelte steder. Vannet ligger 29 moh. med et volum på 26 mill. m³ og en oppholdstid på 80 dager (Mjelde & Rørslett 1981, Vann-nett.no²) (Tabell 4).

Tabell 4. Morfologiske parametere for Goksjø (Mjelde & Rørslett 1981, Vann-nett.no²)

Parametere	Verdier
Nedbørfelt (areal)	193,06 km ²
Innsjøareal	3,4 km ²
Høyde over havet	29 m
Største dyp	25 m
Middeldyp	7,6 m
Oppholdstid	80 dager
Volum	26 mill. m ³



Figur 5: Dybdekart over Goksjø (nm-isfiske-2013.blogspot.no). Rød stjerne = prøvetakings sted

2.2.2 Geologi

Goksjø ligger innenfor Oslofeltet under marin grense. Dette gjør at store deler av jordsmonnet består av leiravsetninger som marin strandavsetning og tykke havavsetninger. I tillegg finnes det en del steinbergavsetninger, myr og torv (geo.ngu.no¹). Berggrunnen rundt vannet og i nedbørfeltet består hovedsakelig av larvikitt, alkalisyenitter og granitt. I tillegg passerer Storelva og Skorgeelva gjennom områder som består av lavastein (Mjelde & Rørslett 1981).

2.2.3 Klima

Klimaet for Goksjø er generelt likt Akersvannet. Goksjø ligger relativt nær Sandefjord og med dette vil en få inn et kystklima. Her brukes samme målestasjon Melsom (27450) for både Akersvannet og Goksjø fordi dette er den offisielt nærmeste målestasjonen som måler både nedbør og temperatur (Tabell 2 og 3).

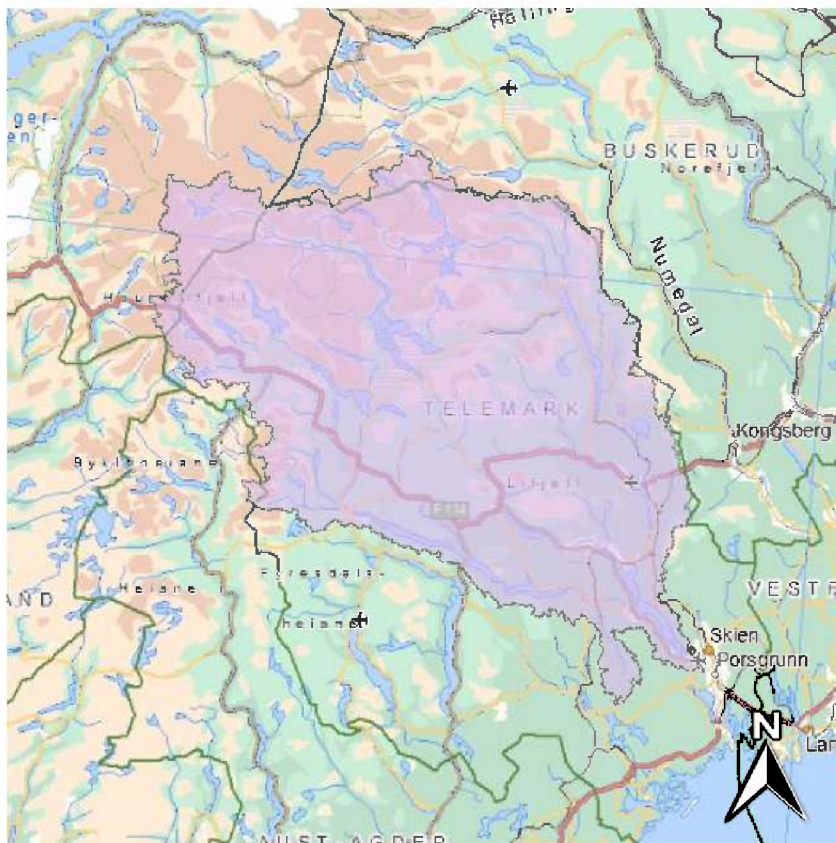
2.2.4 Forurensning

Goksjø er blitt karakterisert som en middelsstor, moderat kalkrik og humøs innsjø. Det er antatt at vannkvaliteten er moderat, og at den vil være i risiko for ikke å nå miljømålet i 2021 (Vann-nett.no²). Forurensningskildene er hovedsakelig fulldyrket mark, i tillegg til spredt bebyggelse og vannføringsregulering. Store deler av forurensningen blir tilført via Storelva. Disse faktorene er med på å tilføre store mengder fosfor og nitrogen til vannet slik at det blir økt mengde organiske stoffer i vannmassene. Dette er igjen med på å påvirke det biologiske mangfoldet (Vann-nett.no⁴).

2.3 Norsjø

2.3.1 Beliggenhet og morfologi

Norsjø er en del av Skiensvassdraget og ligger i Telemark fylke hvor den er fordelt over kommunene Skien, Nome og Sauherad (59,22495°N, 9,45913°Ø) (Vann-nett.no³). Innsjøen strekker seg fra Skotfoss og Fjæra i sør og opp til Gvarv og Akkerhaugen i nord (Sanden 2009). Norsjø har et nedbørfelt på 10388,42 km² som dekker nesten hele Telemark (Figur 6), i tillegg til mindre områder i Buskerud, Vest-Agder, Hordaland og Rogaland (atlas.nve.no²).



Figur 6: Nedbørfeltet til Norsjø (atlas.nve.no)

Innsjøen har tre hovedtilløp. Det østlige tilløpet starter på Hardangervidda, hvor det renner videre gjennom Møsvatn, gjennom Rjukan og Tinnsjø og videre til Heddalsvatn før den via Saua renner ut i Norsjø ved Akkerhaugen. Det andre tilløpet har sin opprinnelse i Seljordsvannet og kommer inn i Norsjø via Bøelva. Det tredje tilløpet ligger ved Ulefoss og har sitt utspring fra Sognvatnet via Tokkeåi, som renner ut i Bandak og videre nedover Kvitseidvannet og Flåvannet, før den danner Eidselva som renner ut i Norsjø (Pettersson 2001, Pettersson 2006). Utløpet til Norsjø ligger ved Skotfoss, hvor vannet renner ut i Skotfosdammen og videre ned elven gjennom Skien og Porsgrunn.

Norsjø er generelt en smal innsjø, der av navnet Nor som betyr smal eller trang (Sanden 2009). Den er 4 km på det bredeste og har en maks lengde på 29 km fra Akkerhaugen i nord til Fjærland i sør (Tabell 5). Norsjø er karakterisert som en stor innsjø med et areal på 55,42 km². Den inneholder 5100 mill. m³ vann og er 171 m dyp med et middeldyp på 87 m (Figur 7). Norsjø ligger 15 moh., noe som tilsier at den strekker seg 153 m under havnivå (vannnett.no⁴).

Tabell 5. Morfologiske parametere for Norsjø (vann-nett.no³)

Parametere	Verdier
Nedbørfelt (areal)	10388,42 km ²
Innsjøareal	55,24 km ²
Høyde over havet	15,8 m
Maks lengde	29 km
Maks bredde	4 km
Største dyp	171,0 m
Middeldyp	87,0 m
Oppholdstid	0,6 år
Volum	5100 mill. m ³



Figur 7: Dybdekart over Norsjø (Østrem et al. 1984). Rød stjerne = prøvetakings sted

2.3.2 Geologi

Berggrunnen rundt Norsjø består hovedsakelig av ditorittisk til granittisk gneis. I tillegg er det innslag av metasandstein og glimmerskifer på vestsiden av vannet sammen med kvartsitt. I Fensfeltet ved Ulefoss er det en gammel vulkan som har skapt et svært spesielt tilslag av

vulkanske bergarter, i tillegg til syenitt og kvartssyenitt. Det finnes også en stripe med gabbro og amfibolitt. (geo.ngu.no²)

Løsmassene rundt vannet består for det meste av tykke havavsetninger. Ved elvene er det en del elveavsetninger og ved Akkerhaugen finnes det en liten breavsetning. I området rundt Fensfeltet ligger det en del forvittringsmateriale. I norddelen av vannet er det tynne moreneavsetninger og et lite område med randmorene (geo.ngu.no¹)

2.3.3 Klima

Området rundt Norsjø er preget av et innlandsklima med kalde vintre og varme somre. Normalårsmiddeltemperaturen for målestasjonen Gvarv-Nes (32060) er ifølge Meteorologisk institutt på 5,6 °C, mens den varmeste måneden er juli med et gjennomsnitt på 16,0 °C. Den kaldeste måneden er januar med -5,5 °C. Middelttemperaturen i 2013 var relativt lik normalen med 5,9 °C. Sommeren hadde vært litt varmere enn normalen, med juli som varmeste måned med 18,0 °C og vinteren var kaldere i januar med -6,3 °C. Prøvedagene i juni 2013 var hele 3,1 °C kaldere enn normalen, mens prøvedagen i juli og august var fra 0,7-1 °C høyere enn normalen (Tabell 6).

Tabell 6. Gjennomsnittlig døgntemperatur (°C) prøvedagene 2013 for målestasjon Gvarv-Nes (32060) sammenlignet med normalen (1961-1990) for samme stasjon (eklima.no)

	12.06.2013	05.07.2013	15.08.2013
Gvarv-Nes (32060) °C	11,8	17	15,6
Normal °C	14,9	16	14,9
Avvik °C	-3,1	1	0,7

Området rundt Norsjø har ifølge normalen 760 mm nedbør i året (eklima.no). Dette overensstemmer godt med nedbøren i 2013. Januar, februar, mars og april 2013 hadde ca. halvparten eller mindre nedbør i forhold til normalnedbøren. Nedbørsmengdene i mai var tre ganger så høye som normalen og i juni det dobbelte av normalen. I juli reduseres nedbørsmengden til under halvparten av normalen og videre utover året stabiliseres nedbørsmengden i forhold til normalen (Tabell 7).

Tabell 7. Nedbørsmengde (mm) for 2013 i forhold til normalen (1961-1990) ved Gvarv-Nes målestasjon (32060) (eklima.no)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
32060 (mm)	33,8	13,5	12,9	24,1	188,5	113,7	32	77,8	111	87	52,9	83,3	830
Normal (mm)	50	35	50	40	60	55	70	90	90	90	75	55	760
Avvik (mm)	-16,2	-21,5	-37,1	-15,9	128,5	58,7	-38	-12	20,7	-3	-22,1	28,3	70,2

2.3.4 Forurensning

Norsjø er klassifisert som en svært stor, kalkfattig og klar innsjø. Den er ansett å ha god økologisk tilstand (vann-nett.no⁴). Selv om innsjøen er satt til god økologisk tilstand har den noen påvirkninger. Det blir tilført næringsstoffer i middelsgrad fra fritidsaktiviteter som båtliv, bading og fiske, i tillegg til rv. 36 og rutebåter. Avrenning fra fulldyrket mark tilfører næringsstoffer i stor grad. Regulering og påvirkning fra Telemark Jernverk er med på å skape habitatforandringer og temperaturøkning i noen grad. Det som skaper den største habitatforstyrrelsen er fiskehinderet ved Ulefoss. Dette er satt ut for å hindre gjedden å komme videre inn i vassdraget, men er også med på å stanse laksevandringen opp i vassdraget. Det er bygd en laksetrapp i området for å hjelpe laksen (*Salmon salar*) over, men denne fungerer ikke som den skal (vann-nett.no⁴).

3 Metode

3.1 Prøvetaking og lagring

I perioden 12. juni til 5. september 2013 ble det gjennomført en prøvetaking per måned i Akersvannet (59,25357° N 10,33105° Ø), Goksjø (59,19074° N, 10,1546° Ø) og Norsjø (59,31326° N, 9,26341° Ø) (Tabell 8). Prøvene ble tatt fra samme posisjon hver gang og det ble tatt prøver jevnt fordelt nedover i vannmassen (Tabell 9).

Tabell 8: Dato for prøvetaking i Akersvannet, Goksjø og Norsjø 2013.

Innsjøer	Dato			
Akersvannet	13.06.2013	08.07.2013	20.08.2013	05.09.2013
Goksjø		08.07.2013	20.08.2013	05.09.2013
Norsjø	12.06.2013	05.07.2013	15.08.2013	

Tabell 9: Prøvetakingsdypene (m) for Akersvannet, Goksjø og Norsjø i 2013.

Innsjøer	Prøvetakings dyp (m)					
Akersvannet	0	2	4	6	8	
Goksjø	0	4	8	12	16	20 (en gang)
Norsjø	0	4	7/8	20/25	48	

Først ble siktedypet målt med en secchiskive som ble senket ned i vannet på skyggesiden av båten. Videre ble lysintensiteten i vannmassene målt med en lysmåler (LI-Cor Underwater Radiation sensor, model LI-250 light meter) til lysintensiteten tilsvarte 1 % av overflatelyset (kompensasjonsdypet). Innenfor dette området ble det tatt tre prøver jevnt fordelt til analyse av klorofyll a og microcystin, i tillegg til blandprøve av planteplankton. En Rutner vannhenter med innebygd termometer ble brukt til å ta vannprøvene og avlese temperaturen.

Vannprøvene ble alltid tatt i følgende rekkefølge; oksygen, totalt fosfor og nitrogen, klorofyll a, microcystin og vannkjemi. Tabell 10 viser hvordan prøvene ble oppbevart og behandlet før lagring. Det ble også tatt en vertikal og en horisontal håvprøve for planteplankton. Det ble brukt en 25 µm planktonhåv, som ble senket ned til ca. 1 % lysintensitetsnivå, før den ble dratt opp. Den horisontale prøven ble tatt ved å ro båten med håven på slep.

Tabell 10. Prøvetaking, oppbevaring og lagring av prøvene fra Akersvannet, Goksjø og Norsjø 2013.

Parametere	Oppbevaring	Lagring
Oksygen	100 ml lufttette rene glassflasker	Tilsett 0,5 ml Winkler I og II i felt. Settes kjølig og mørkt, kort lagring.
Totalfosfor og totalnitrogen	100 ml medisinflasker	Tilsettes 1 ml 4M svovelsyre (H ₂ SO ₄). Settes kjølig
Microcystin/Saxitoksin	Lite dramsglass	Fryses
Klorofyll a	1 l plastflaske	Filtreres samme dag gjennom glassmicrofiber filter GF/C 45 mm. Filteret brettes sammen og pakkes inn i aluminiumsfolie før det fryses
Jern og mangan	100 ml syrevaskede medisinflasker	Filtreres gjennom 0,45 µm cellulosenitratfilter. Tilsett 1 ml 7M HNO ₃ og settes kjølig
Anioner, Kationer og TOC	1 l plastflaske	Kjølig og mørkt inntil analyse
Planteplankton	100 ml glassflasker	Tilsett Lugols løsning til cognacfarge, settes mørkt.

3.2 Analysemetoder

Laboratoriearbeidet ble utført ved Høgskolen i Telemark, Bø. pH, alkalinitet, ledningsevne, fargetall og oksygen ble analysert innen 48 timer. Klorofyllprøvene og prøvene for jern og mangan ble filtrert innen samme tidsperiode.

3.2.1 Vannkjemi

De kjemiske analysene ble i hovedsak gjennomført i henhold til Norsk Standard. Tabell 11 gir en oversikt over de ulike parameterne, standard og instrument/utstyr som er brukt i undersøkelsene.

Tabell 11. Oversikt over analyseparametere, standarder og analyseinstrumenter som er brukt i undersøkelsen av Akersvannet, Goksjø, Norsjø 2013.

Parametere	Standarder	Instrumenter	Merknad
pH	NS 4720	PHM 210 – standard pH-meter	
Turbiditet	NS-EN ISO 7027 (2/2000)	Turbiquant 1100 IR (Merck)	
Alkalinitet	NS 4754	Autotitrator Mettler DL25, sammen med Electrode Glass-D5 115 og 0,0100 M HCl	Verdien korrigeres med formel: ALK(korrigert) = ALK(Målt) – (0,0316 - [H ₃ O ⁺])
Konduktivitet	NS 4721 erstattet av NS-ISO 7888 (1/1993)	WTW LF320 – Conductivity meter	
Fargetall	NS 4787 (2/2000)	Perkin Elmer UV/VIS spectrometer Lambda 20, med bølgelengde 410	Filtreres med 0,45 µm cellulose nitrat filter.

Parametere	Standarder	Instrumenter	Merknad
Totalfosfor	NS 4725 (1984)	Perkin Elmer UV/VIS spectrometer Lambda 20, kuvettelengde 10 mm	15 ml prøvevann ble pipettert ut og tilsatt kaliumperoxodisulfat ($K_2S_2O_8$) før det ble trykkokt i en Certoclav-Tech-Autoclav.
Totalnitrogen	NS 4743	Flow Injector Analyser (FIA), Tecator 5042 detector og 5012 analyser, i henhold til metode ASN 110-03/92	10 ml prøvevann ble pipettert ut og tilsatt 5 ml oksidasjonsløsning (10 g $K_2S_2O_8$ +16g NaOH). Prøvene ble trykkokt i en Certoclav-Tech-Autoclav.
Jern	NS 4770 og NS 4773 (1994)	Perkin-Elmer Atomic Absorption Spectrometer AAS-3100.	
Mangan	NS 4770 og NS 4774 (1994)	Perkin-Elmer Atomic Absorption Spectrometer AAS-3100.	
TOC	Intern metode	Analytical – Aurora Model 1030	Brukermanual O.I. Analytical.

Parametere	Standarder	Instrument	Merknad
Oksygen	NS 5813	Autotitrator Mettler DL25, sammen med Electrode Pt-DM 140 og 0,0100 M Na ₂ S ₂ O ₃	
Klorofyll a	NS 4766 (1/1983)	Perkin Elmer UV/VIS spectrometer Lambda 20, med Kuvette lengde 50 mm. Bølgelengde 650 nm og 750 nm.	

Kationene (NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Al³⁺) og anionene (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻) ble analysert på Dionex ICS 1100 ionekromatograf i henhold til Dionex ICS 1100 Ion Chromatography System Operator's Manual (Thermo Fisher Scientific 2012). Her ble hver prøve helt over i et PolyVials 5 ml Vials beger og en PolyVials 5 ml Filter Caps ble presset ned i begeret. Prøvene ble så satt inn i Ionekromatografen. For denne maskinen ble det brukt en eluent for anioner (0,0840g NaHCO₃ og 2,289g Na₂CO₃*10H₂O) og en for kationer (10 M H₂SO₄). Programmet Chromeleon Console ble brukt til å fremstille resultatene.

3.2.2 Toksinanalyser

Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) er en analysemetode for toksiner, basert på tilstedeværelsen av antistoffer og antigener i prøvene. Det finnes både en direkte og en indirekte ELISA for microcystin. I denne oppgaven ble det brukt en indirekte ELISA (Microcystins/Nodularin (ADDA) ELISA). For saxitoksinen ble en direkte ELISA brukt (Saxitoxin ELISA (Firma Abraxis)). Prøvevannet ble først fryst og tint to ganger før analysene kunne gjennomføres. Dette ble gjort for å sprengne cellene som inneholder microcystin så det kommer ut i vannet. Resultatene leses av en AccuReader model 965, ved en absorbans på 450nm. For dette ble programmet M965 Grabber brukt og resultatene ble videreført til Excel.

Begge ELISA metodene er godkjente for toksinanalyser, men grunnet mulig kryssreaksjoner burde positive prøver dobbeltsjekkes med HPLC eller lignende.

3.2.3 Planteplankton

For å vurdere artssammensetningen og dominans av plankton i vannmassene, brukes det et vanlig lysmikroskop (Olympus CX 21). En dråpe av de vertikale planktonprøvene ble satt på et objektglass, hvor et dekkglass ble lagt over. Prøven ble studert ved 100x og 400x forstørrelse til det ikke var flere arter å oppdage. Minimum fem dråper per prøve ble analysert. Bestemmelseslitteraturen som ble brukt var Växtplanktonflora av Tikkanen og Willèn (1992), Växtplanktonkompendium av Blomqvist & Olsèn (1981) og The Desmids of the freshwater algal flora of the british isles av John et al. (2011).

Blandprøvene ble brukt til å analysere planktonbiomassen i vannmassen. Fremgangsmåten for tellingen og beregningen var i henhold til Utermöhl inverted microscope technique (Utermöhl 1958). Hver prøve ble homogenisert ved å riste flasken 100 ganger, får så å fylles over i sedimentasjonskammer på 10, 25 eller 50 ml (Alt etter hvor næringsrikt vannet var, jo rikere vann desto mindre kammer). Prøvene stod mørkt over natten så det biologiske materialet fikk tid til å bunnfelle. Neste dag ble kammeret skjøvet bort med en glassplate slik at de sedimenterte massene ble liggende i et lite kammer som kunne legges under et omvendt mikroskop (Olympus CK2). Deretter kunne artene telles ved bruk av 100x eller 400x forstørrelse. Hele kammeroverflaten ble gjennomgått ved 100x forstørrelse. På 400x forstørrelse ble det telt 100 ruter fordelt over hele flaten. I prøvene var det bare *C. hirundinella* og *Asterionella formosa* som ble telt ved 100x forstørrelse.

Alle resultatene blir fremstilt i tabeller og vedlegg i henhold til rekkefølgen i Växtplanktonflora av Tikkanen og Willèn (1992)

3.2.4 Klassifisering av økologisk tilstand

Klassifiseringen av økologisk tilstand ble gjort i henhold til «Veileder 02:2013, Klassifisering av miljøtilstand i vann».

3.2.5 Feilkilder

Planktonbiomassen: For prøven fra Norsjø den 12.06.13 ble det brukt et 25 ml sedimentasjonskammer, mens de egentlig skulle vært brukt et 50 ml. Grunnen til dette var at ved første forsøk ble det brukt 50 ml sedimentasjonskammer, men det ble ikke tett nok slik at prøvevannet rant ut. Ved neste forsøk var det ikke nok vann til å fylle 50 ml, derfor ble 25 ml brukt i stedet.

Anioner og kationer: Prøven fra Akersvannet 8 m den 05.09.2013 skiller seg ut fra de andre, ved å være mye lavere enn alle andre målinger i vannet. Denne prøven ble ikke registrert første gangen og måtte tas på nytt senere. I den sammenhengen ble den tatt på litt gamle standarder, som kan være grunnen til lavere verdier.

Totalt fosfor: Resultatene for totalfosfor viste ulogisk høye konsentrasjoner og variasjon nedover i vannmassen. I ettertid er det kommet frem at feilen skyltes feil med oppvaskmaskinen, der flaskene ikke ble skylt ordentlig etter vask. Dette resulterte i at silisium fra vaskemidlet ble sittende igjen i flaskene og gjorde utslag på absorbansen ved at silisium avgir samme blåfarge som fosfor. Fosfor er en av de viktigste parameterne for å kunne bestemme trofigrad. Derfor blir gjennomsnittsverdien for fosfor for alle vannene hentet fra Vann-nett.no.

4 Resultat og diskusjon

4.1 Typifisering

Typifiseringen av lokalitetene ble utført i henhold til «Veileder 02:2013» av Direktoratgruppen Vanndiektivet (2013)

Akersvannet: Akersvannet ble typifisert som en middels grunn, moderat kalkrik og humøs innsjø (Tabell 12). Både kalsiuminnholdet (14,8 mg/l) og alkalitet (0,94 mekv/l) støtter at den er moderat kalkrik. Fargetallet (42 mg Pt/l) og TOC (6,7 mg/l) viste en humøs innsjø.

Akersvannet tilhører vanntype L-N8 og type nr. 9.

Goksjø: Goksjø havnet i samme kategorien som Akersvannet, en middels grunn, moderat og humøs innsjø (Tabell 12). Et kalkinnhold på 7,5 mg/l og alkalitet på 0,40 mekv/l, tilsvarer en moderat kalkrik innsjø. Fargetallet (61 mg Pt/l) og TOC (5,87 mg/l) var innenfor intervallene for en humøs innsjø. Vanntypen er L-N8, type nr 9.

Norsjø: Norsjø er en svært stor, kalkfattig, klar og dyp innsjø (Tabell 12). Kalsiuminnhold (2,1 mg/l) og alkaliteten (0,16 mekv/l) støtter at den er kalkfattig. Fargetall (28 mg Pt/l) og TOC (2,8 mg/l) var innenfor intervallene til en klar innsjø. Med et middeldyp på 87 m kommer den inn under kategorien dyp. Disse parameterne gir Norsjø vanntype L-N2b og type nr. 6.

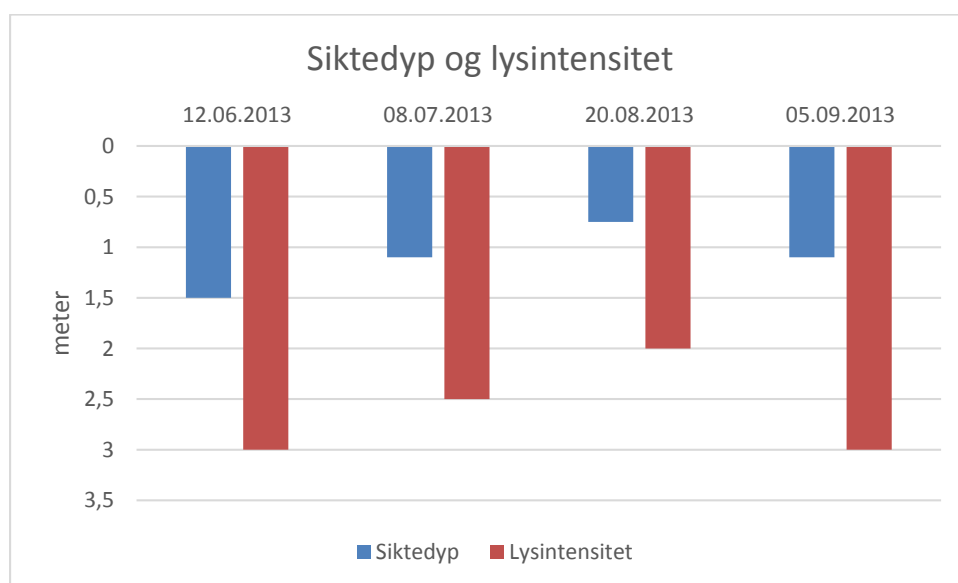
Tabell 12: Typifisering av Akersvannet, Goksjø og Norsjø i henhold til veileder 02:2013 (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013)

Parametere	Akersvannet	Goksjø	Norsjø
Økoregion	Østlandet	Østlandet	Sørlandet
Klimaregion	Lavland	Lavland	Lavland
Størrelse	Middels	Middels	Svært stor
Middeldyp, m	6	8	87
Kalsium mg/l	14,8	7,5	2,1
Alkalitet mekv/l	0,94	0,4	0,16
Farge mg Pt/l	42	61	27,7
TOC mg/l	6,7	5,87	2,8
Typekode	L-N8	L-N8	L-N2b
Type nr.	9	9	6
Typebeskrivelse	Moderat kalkrik, humøs	Moderat kalkrik, humøs	Kalkfattig, klar, dyp

4.2 Fysisk-kjemiske parametere

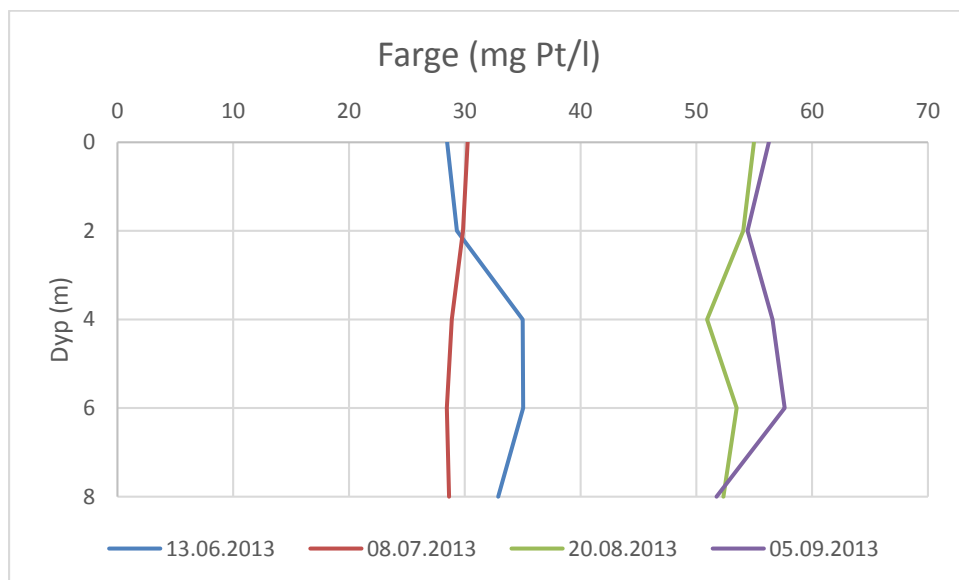
4.2.1 Akersvannet

Temperaturen i Akersvannet varierte mellom 13-23 °C. Den laveste temperaturen ble målt ved 8 m i juni og var den eneste målingen under 17 °C gjennom prøvetakingssesongen 2013. Resten av sesongen var temperaturen jevn i hele vannmassen (Vedlegg 1). Den stabile temperaturen viser sirkulasjon i hele vannmassen ned til 8 m. Siktedypet i en innsjø varierer gjennom året, avhengig av algemengden, løst uorganisk og organisk materiale og partikler (Økland & Økland 1998). Siktedypet i Akersvannet varierte mellom 0,75-1,5 m, typisk for en eutrof innsjø (Figur 8). Siktedypet var størst i juni (1,5 m) og minket gradvis til 0,75 m i august, men økte til 1,1 m i september. Trolig skyltes det avtagende siktedypet en voksende planteplanktonbiomasse utover i vekstsesongen, med en topp i august på 16 mg/l. I følge Wetzel (1983) vil siktedypet tilsvare rundt 10 % av overflatelyset. Lysintensiteten på 1 % tilsvare kompensasjonsdypet (Cole 1994). I Akersvannet var kompensasjonsdypet ca. dobbelt så langt ned som siktedypet (Figur 8). Kalff (2001) viser til en bedre overenstemmelse mellom kompensasjonsdypet og siktedypet i humøse innsjøer, enn i klare innsjøer. I Akersvannet var kompensasjonsdypet:siktedypet = 2,4, som i henhold til Klaff (2001) er typisk for en klar innsjø. Muligens kan variasjonen mellom kompensasjonsdypet og siktedypet skyldes feilkilder som at lysintensiteten var svært vanskelig å måle i overflaten. I tillegg var det vanskelig å treffe det nøyaktige punktet der lysintensiteten var 1 %, siden lysmåleren ble senket 1 meter om gangen.

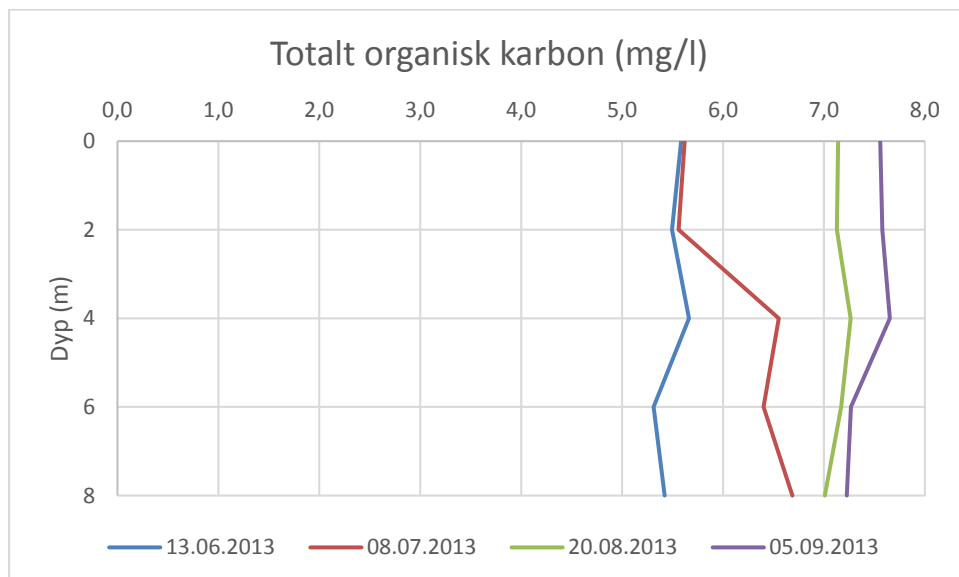


Figur 8: Siktedypet (m) og kompensasjonsdypet (m, 1 % av overflatelyset) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013.

Typifiseringen av Akersvannet viste at vannet er humøst. I følge Direktoratgruppen Vanddirektivet (2013) er skillet mellom en klar og humøs innsjø 30 mg Pt/l for fargetall og 5 mg C/l for totalt organisk karbon (TOC). Akersvannet hadde et gjennomsnitt på 42 mg Pt/l og 6,7 mg C/l gjennom vekstsesongen. Både fargetall og TOC var lavere i juni og juli enn i august og september (Figur 9 og 10). En mulig forklaring kan være at nedbøren økte fra 61,2 mm i juli til 96,5 mm i august og 151 mm i september. Økt nedbør vil gi større avrenning fra myrområdene rundt og kan øke TOC og fargetall (Brettum & Løvik 2001).



Figur 9: Fargetall (mg Pt/l) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013.



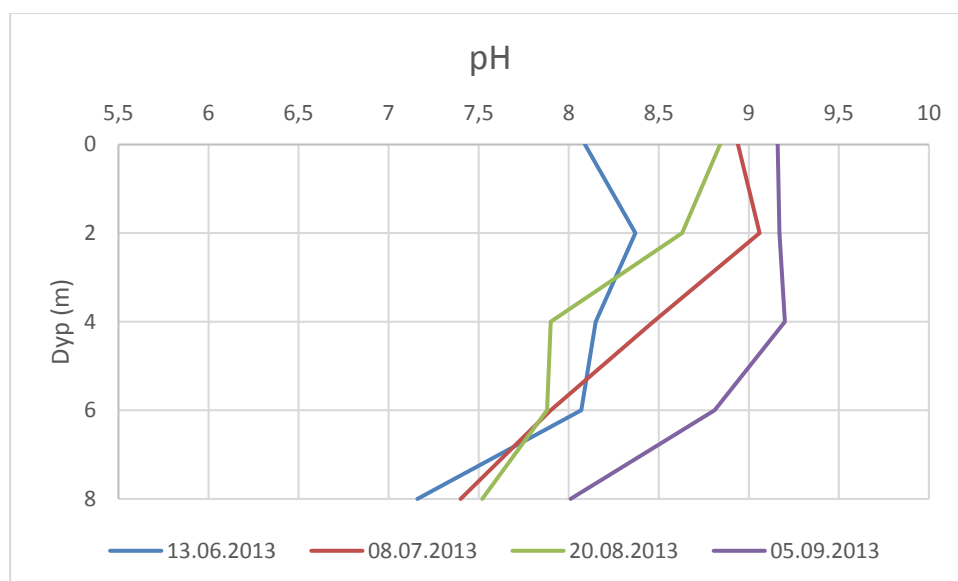
Figur 10: TOC (mg C/l) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

I tillegg til store nedbørmengder kan fargetallet øke ved en pH over 7 i innsjøer, da dette forsterker humusfargen (Økland & Økland 1998). Akersvannet hadde pH mellom 7,2-9,2.

Figur 11 viser en tydelig økning i pH utover i sesongen, der pH var høyest ved 0-2 m og avtok nedover i vannmassen. Variasjonen i pH skyldes mest sannsynlig produksjonsforholdene i overflaten, økt biomasse og nedbrytning i bunnvannet. I alle innsjøer er det en kjemisk likevekt som regulerer pH og forekomst av de ulike uorganiske karbonfraksjonene:

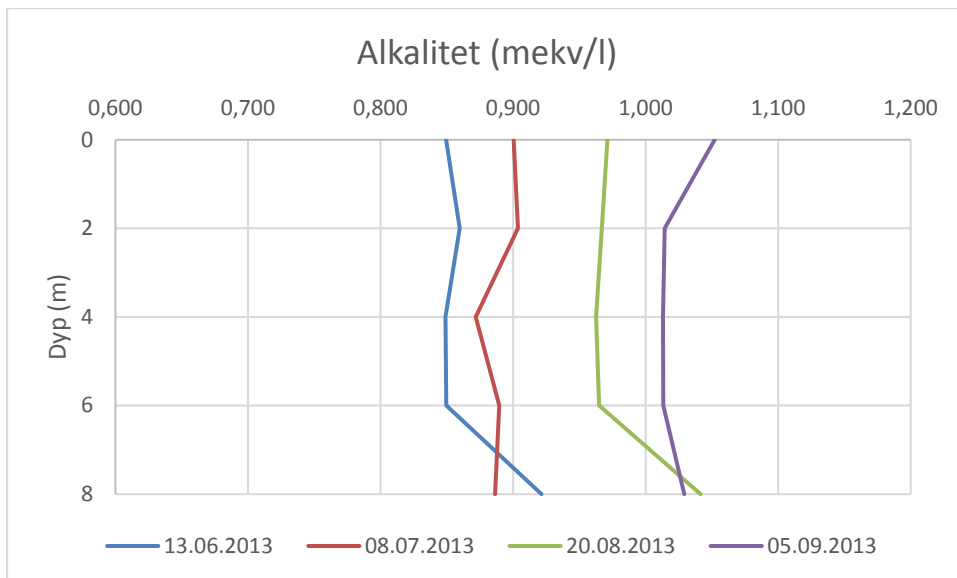


Denne likevekten forskyves ved dannelse eller forbruk av CO_2 . Under fotosyntese forbrukes CO_2 , og det vil bli produsert mindre H^+ -ioner som igjen gir høyere pH (Bjerketvedt & Pedersen 1994, Kalff 2001).



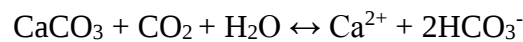
Figur 11: pH i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Ved økt pH vil karbonsyremengden (H_2CO_3) minke og bikarbonat (HCO_3^-) blir mer dominerende og alkaliteten øker (Kalff 2001). Alkaliteten i Akersvannet varierte mellom 0,849-1,052 mekv/l i perioden juni til september (Figur 12). I følge Direktoratgruppen Vanndirektivet (2013) tilsvarer dette en moderat kalkrik innsjø. Med så høye verdier tas ikke alkaliteten med ved bestemmelse av økologisk tilstand. Normalt ligger alkaliteten mellom 0,100-5,0 mekv/l (Likens 2010). Alkaliteten viser nesten samme mønster som for pH. I juli var pH høyere enn i august, mens alkaliteten var lavere i juli enn i august. Trolig skyldes dette en økning i nedbørsmengden i august og september, hvilket kan føre til større tilførsel av bikarbonat fra omgivelsen. Bikarbonat er fullstendig dominerende i karbonsyresystemet ved pH 8,4, men det kan også være andre faktorer som spiller en rolle for variasjonen i alkaliteten (Likens 2010). Akersvannet inneholder mye kalsium (Ca^{2+}), dette ionet kan reagere med CO_3^{2-} og felles ut som $\text{CaCO}_3(\text{s})$.

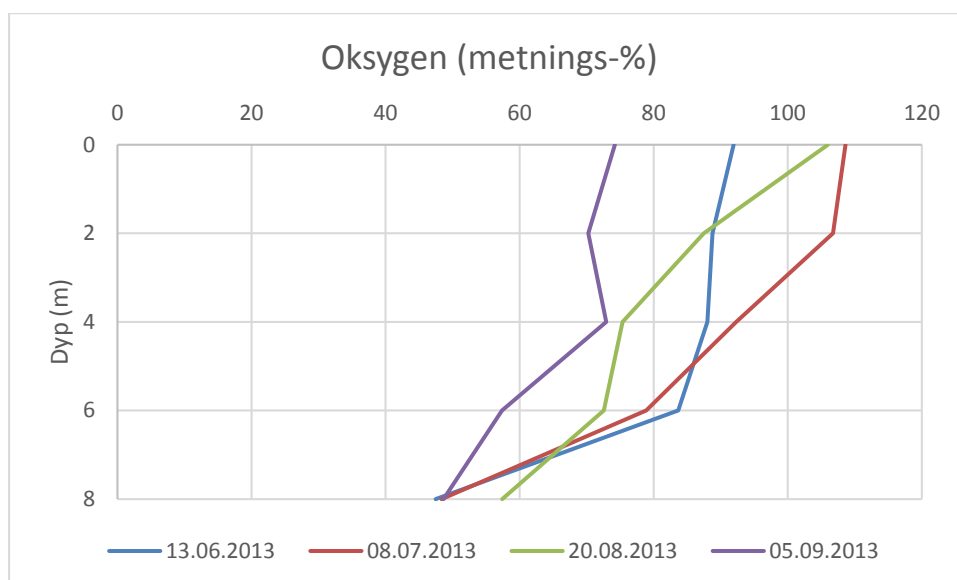


Figur 12: Alkalitet (mekv/l) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Akersvannet ligger på larvikitt og havavsetninger som inneholder karbonat. CaCO_3 i berggrunnen vil i nærvær av CO_2 og H_2O forvitne og løses opp. CaCO_3 omdannes til Ca^{2+} og HCO_3^- (Cole 1994):

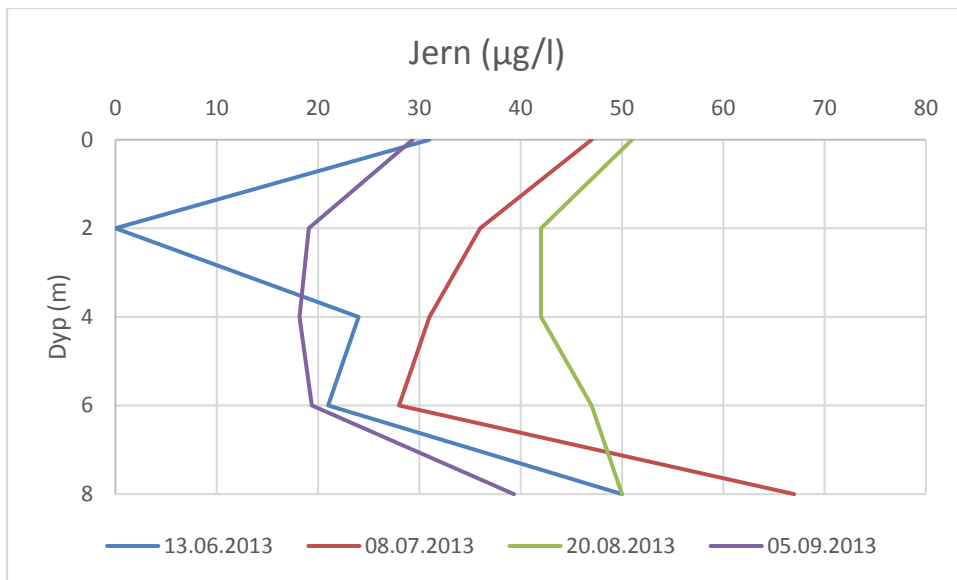


Oksygenkurven til Akersvannet viste høy O_2 -metning i overflaten med en nedgang nedover i vannmassene (Figur 13). På 6 m varierte metningsprosenten mellom 57-84% for så å avta videre nedover. Økt nedbrytning på grunn av sedimentasjon av organisk materiale og lite lys gir høy konsentrasjon av CO_2 som forskyver CaCO_3 likevekten mot høyre. Dette gir økt alkalitet mot bunn (Kalff 2001). De høye metningsprosentene i overflaten var trolig et resultat av økt fotosyntese. Gjennom fotosyntese forbruker algene CO_2 og danner O_2 , og derfor vil verdier på over 100 % O_2 -metning kunne oppstå ved store algebiomasser. I tillegg var prøvene tatt midt på dagen i perioden med størst produksjon.

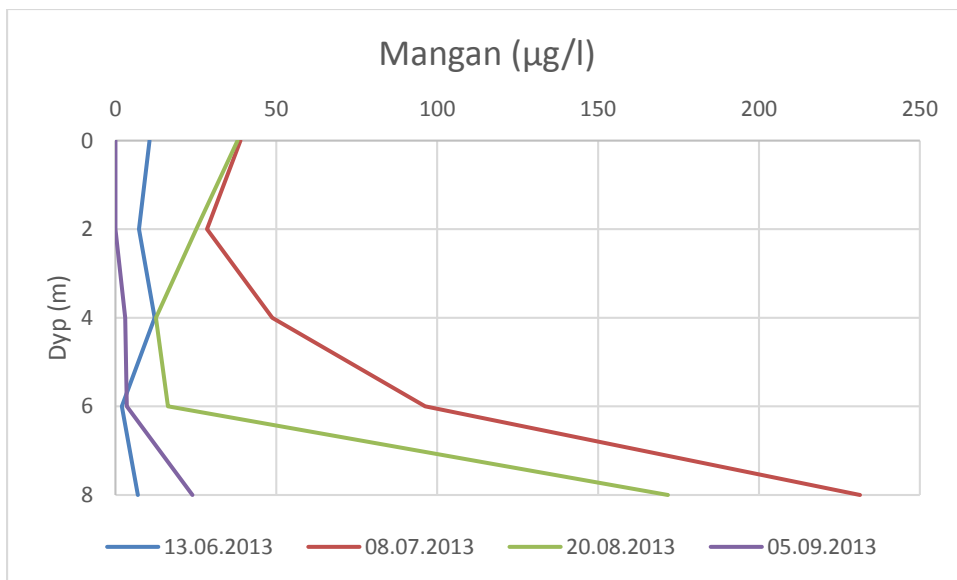


Figur 13: Oksygen (%) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

På samme måte som overmetning av CO₂ kan skape forvitring og høyere alkalitet, kan oksygen mangel gi økte mengder jern og mangan. Jern og mangan er to av de mest vanlige grunnstoffene i berggrunnen og løsmasser. Jern forekommer i noe større mengder enn mangan (Klart-vann.no). I Akersvannet var jernkonsentrasjonen mellom 29-67 µg/l og mangankonsentrasjonen mellom 0-232 µg/l. Normalt varierer jernkonsentrasjonen mellom 50-200 µg/l i oksygenrike vann ved pH mellom 5-8, mens mangan kan strekke seg fra 10 til 850 µg/l (Wetzel 1983). Variasjonene fra juni til september, viste lavest konsentrasjon av jern (29 µg/l) og mangan (0-11 µg/l) i juni og september, med noen høyere konsentrasjoner i juli og august (jern 47-51 µg/l og mangan 38 µg/l) (Figur 14 og 15). Bunnvannet i Akersvannet hadde enn høyere jern- (40-68µg/l) og mangankonsentrasjon (8-231 µg/l), enn i overflaten (Figur 14 og 15). Ved anaerobe forhold vil jern og mangan løses ut fra grunnen og gi høyere konsentrasjoner i bunnvannet (Likens 2010). Når jern flytter opp i vannmassen og kommer i kontakt med oksygen, oksideres det til tre-verdig jern. Dette jernet felles ut eller binder seg raskt til humusstoffer for igjen å synke ned til bunnen hvor det reduseres (Likens 2010). Mangankonsentrasjonene var høyere enn jernkonsentrasjonene i de nederste vannlagene i juli og august. Mangan reduseres ved et høyere reduksjonspotensiale enn jern og vil dermed løses lettere ut i vannet (Kalff 2001, Likens 2010).



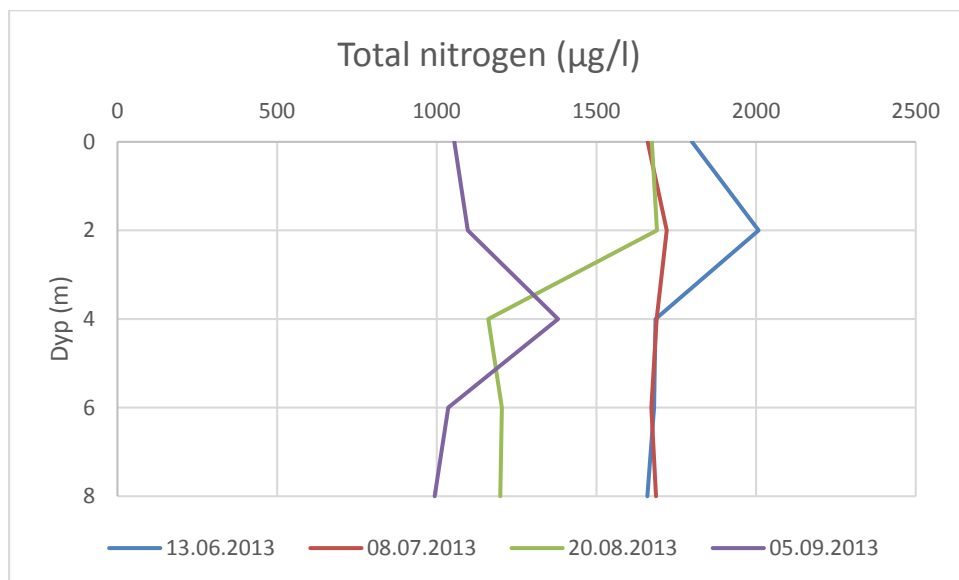
Figur 14: Jern ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013



Figur 15: Mangan ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

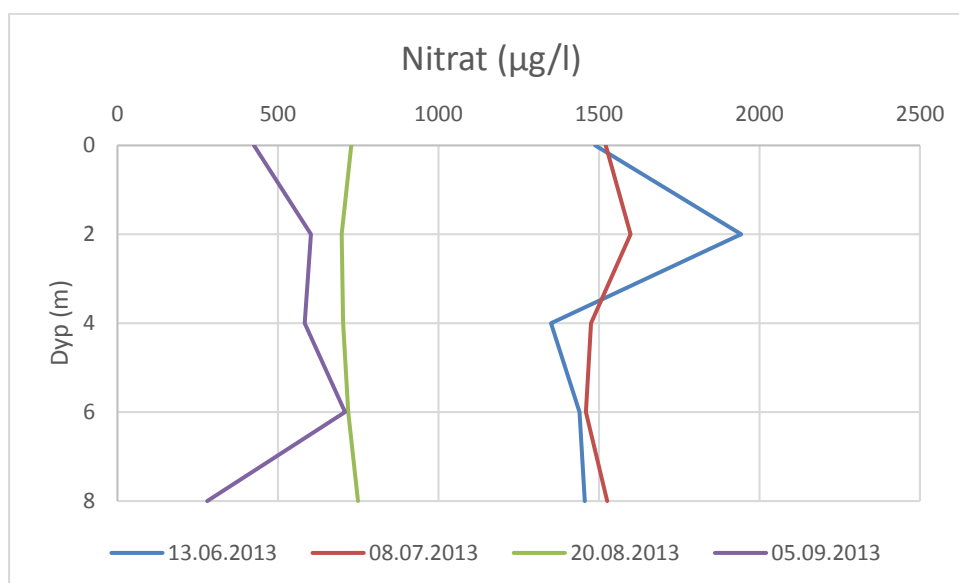
Konduktiviteten i Akersvannet var svært jevn gjennom prøvetakingssesongen med en variasjon mellom 17,5-18,5 mS/m (Vedlegg 1). Lavest konduktivitet var i juni (17,5 mS/m), med økning utover i sesongen. Konduktiviteten er et mål på vannets evne til å lede elektrisk strøm, og gjenspeiler mengden oppløste ioner i vannmassen (Økland & Økland 1998). For anionene og kationene var konsentrasjonene høye og jevne for de fleste ionene (Vedlegg 1). Akersvannet ligger på marin leire og sammen med nedbør fra havet vil dette gi høye konsentrasjoner av ionene kalsium, kalium, magnesium, natrium, klorid og sulfat (Wetzel 1983). Den totale nitrogenmengden i Akersvannet var svært høy med konsentrasjoner mellom 994-2008 $\mu\text{g N/l}$, som setter vannet i svært dårlig økologisk tilstand (Direktoratsgruppen Vanddirektivet 2013) (Figur 16). Gjennomsnittet for sesongen var 1489 $\mu\text{g N/l}$ som ifølge

Likens (2010) gir innsjøen trofigrad «hypereutrof». Nitrogen tilføres innsjøer gjennom avrenning fra jordbruket (gjødsling), husholdningskloakk og ved atmosfærisk nedfall (Bjerketvedt & Pedersen 1994). Akersvannet har i alt 11 fangdammer som skal fange opp denne avrenningen (Spikkeland 2010), men likevel inneholder innsjøen høye konsentrasjoner av nitrogen.



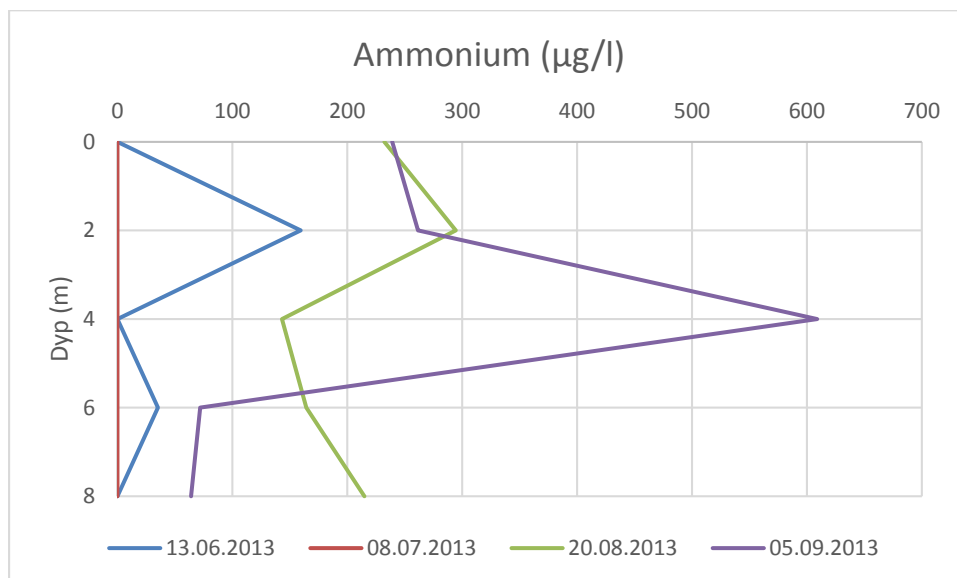
Figur 16: Total nitrogen ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Den høyeste konsentrasjonen (2008 $\mu\text{g/l}$) ble målt i juni, mens den laveste (994 $\mu\text{g/l}$) ble målt i september. Nitrat fulgte nesten samme kurven som totalnitrogen med høye verdier (1521-1943 $\mu\text{g/l}$) i juni og juli, før de falt til 728 $\mu\text{g/l}$ i august og 425 $\mu\text{g/l}$ i september (Figur 17).



Figur 17: Nitrat ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Generelt er det tre måter nitrogen kan forsvinne ut av innsjøen på. For det første kan det forsvinne gjennom utløpet. Nedbørmengden økte i august og videre utover i september, økt nedbør fører til større avrenning via utløpselver. For det andre kan nitrogen bindes til humusstoffer som sedimenteres på bunnen. Til sist kan det skje en denitrifikasjon, som muligens er den beste forklaringen på nedgangen i totalt nitrogen i Akersvannet. Denitrifikasjon skjer under anaerobe forhold ved bakterielle prosesser, der nitrat blir omdannet til lystgass (N_2O) og nitrogen gass (N_2) som forsvinner ut av vannet til luft (Kalff 2001). Nitratkonsentrasjonen falt med $793 \mu\text{g/l}$ fra juli til august og enda $303 \mu\text{g/l}$ fra august til september. Nedgangen i nitrat i august og september kan også ifølge Rognerud og Løvik (2011) skyldes de store algemengdene som vil forbruke nitrat, i tillegg til en reduksjon i nitrifikasjonen. Nitrifikasjon skjer ved høy O_2 -metning hvor ammonium omdannes til nitrat (Wedum 1984, Kalff 2001). I juni og juli var ammoniumkonsentrasjonen tilnærmet lik 0, med en økning ($159 \mu\text{g/l}$) i juli ved 2 m (Figur 18). I denne perioden var O_2 -metningen svært god. I august og september var ammoniumkonsentrasjonen ca. $290 \mu\text{g/l}$ i overflaten, hvor konsentrasjonen avtok nedover i vannmassene i august og hadde en kraftig økning ved 4 m i september.

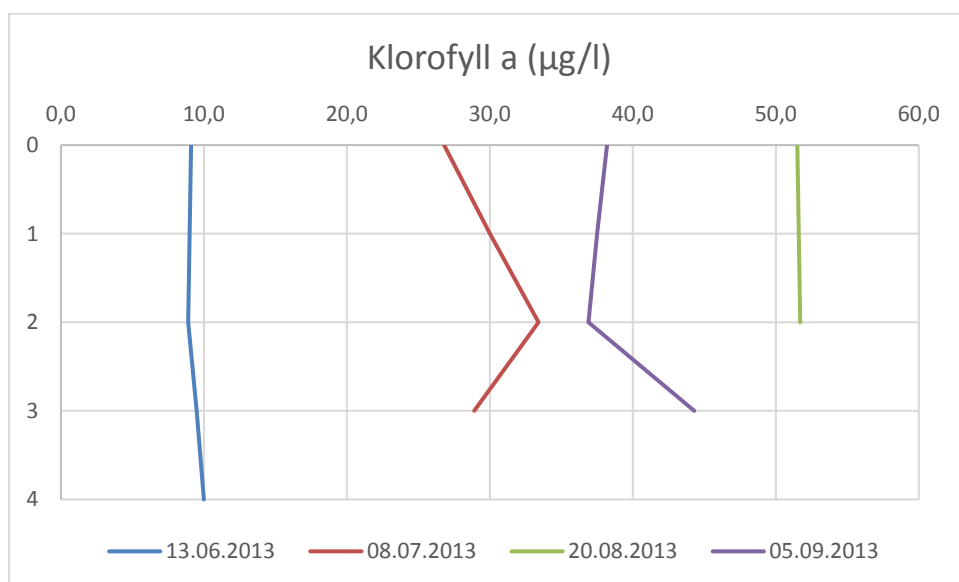


Figur 18: Ammonium ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Økningen i ammonium kan ha hatt ulike årsaker. For det første kunne planteplanktonet ha tatt opp det de trenger av ammonium og overskuddet blitt igjen i vannmassene. For det andre var O_2 -metningen gått ned slik at nitrifikasjonen ikke skjer like raskt som før. For det tredje var *A. flos-aquae* tilstede i vannet gjennom hele prøvesesongen, med størst biomasse i juli. *A. flos-*

aquae kan i følge Eldridge et al. (2013) omdanne atmosfærisk nitrogen (N_2) til ammonium. I september var totalnitrogen redusert til 1055 $\mu\text{g/l}$, med en økning til 1380 $\mu\text{g/l}$ ved 4 m. Dette samsvarer med ammoniumkonsentrasjonen som økte kraftig fra 295 $\mu\text{g/l}$ til 609 $\mu\text{g/l}$ ved 4 m. Grunnen til økningen kan være at det døde store algemengder i denne perioden, fra august til september minket biomassen fra 16 mg/l til 9,5 mg/l . Kompensasjonsdypet var ca. 3 m basert på lysmålingene. Ved kompensasjonsdypet balanseres fotosyntesen av nedbrytningen (Cole 1994). I tillegg til disse faktorene var det lavere O_2 -metning i vannet en tidlig. Lite O_2 i vannmassen vil hemme nitrifikasjon og omvandlingen av ammonium til nitrat.

Planteplanktonsamfunnet er blant annet avhengig av nitrogen som et næringsstoff, dette resulterte i høye klorofyll a konsentrasjoner (Figur 19). Klorofyll a konsentrasjonen varierte fra 9 $\mu\text{g/l}$ i juni til 52 $\mu\text{g/l}$ i august. Dette er svært høye verdier ifølge Direktoratgruppen Vanddirektivet (2013), og gir vannet økologisk tilstand «svært dårlig». Gjennomsnittet for klorofyll a var 32 $\mu\text{g/l}$. I følge Likens (2010) tilsvarende dette en hypereutrof innsjø. Klorofyll a konsentrasjonene varierte mye gjennom prøvetakingsperioden. I juni var den som forventet lavest med 9-10 $\mu\text{g/l}$. Videre økte konsentrasjonen utover til den nådde en topp i august på 51 $\mu\text{g/l}$. Denne toppen skyldes en enorm oppblomstring av *C. hirundinella*. I september hadde konsentrasjonen minket til 38 $\mu\text{g/l}$ i overflaten og 45 $\mu\text{g/l}$ ved 3 m. Dette kan skyldes døende planteplankton som er begynt å synke ned.



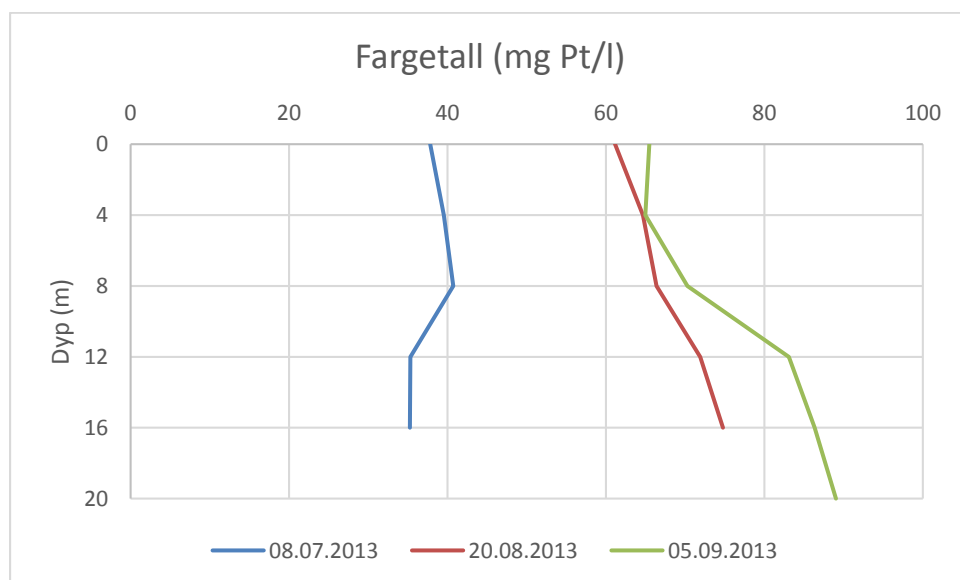
Figur 19: Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013

Det viktigste for å kunne bestemme trofigraden er fosfor. I 2013 var gjennomsnittsverdien for fosfor i Akersvannet 83,4 $\mu\text{g P/l}$ (vann-nett.no⁴). Dette tilsvarende en eutrof innsjø (30-100 $\mu\text{g/l}$) ifølge Wetzel (1983). Derimot viser parametere som totalnitrogen og klorofyll a til en

hypereutrof innsjø. Dette tatt i betraktning i tillegg til at Akersvannet befinner seg i den øverste delen av Wetzel avgrensning for eutrofe innsjøen, blir Akersvannet karakterisert som en hypereutrof innsjø av de fysiske-kjemiske parametrene.

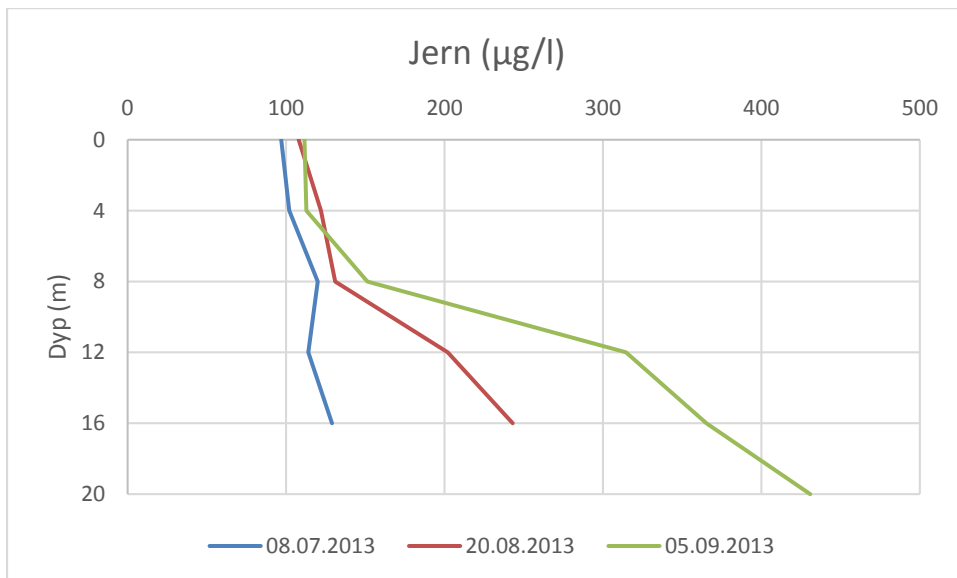
4.2.2 Goksjø

Goksjø er en eutrof og humøs innsjø. Konsentrasjonen av nitrogen (1319 µg N/l), fosfor (32 µg P/l), klorofyll a (7,4 mg/l) og TOC (5,9 mg/l) karakteriserer innsjøen som eutrof, mens siktedypet og fargetallet (61 mg Pt/l) gir en humøs innsjø (vedlegg 2). Siktedypet varierte mellom 1,2-1,75 m, mens kompensasjonsdypet (1 % nivå) var 3,5 m ved alle prøvetakingene. Fargetallet varierte mellom 35-89 mg Pt/l fra juni til september (Figur 20). I august og september var fargetallet 61-65 mg Pt/l ned til 4 m, og 75-89 mg Pt/l ved bunnen. Økningen i fargetall hadde lite samsvar med TOC konsentrasjonen, grunnet at denne var lav og konstant gjennom hele sesongen.

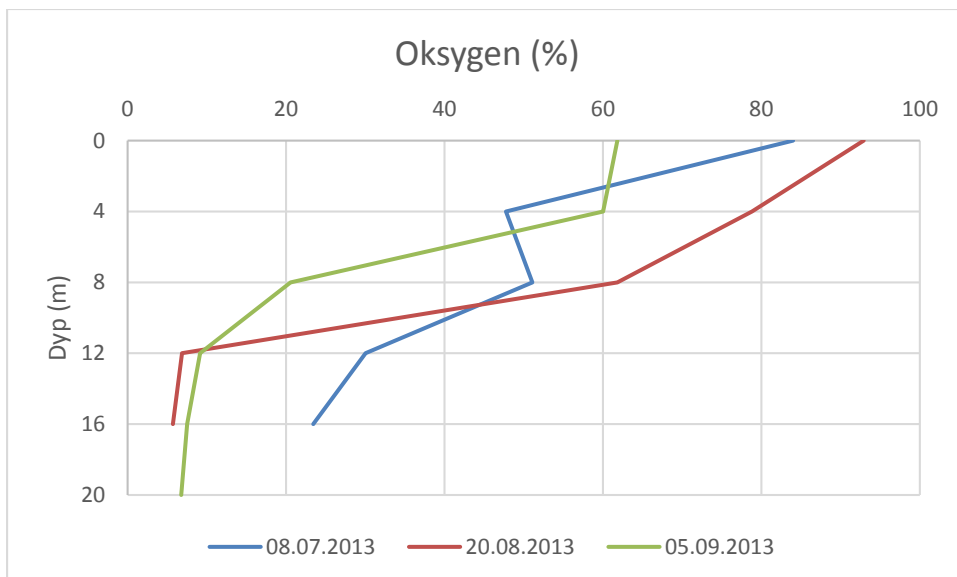


Figur 20: Fargetall (mg Pt/l) i Goksjø i prøveperioden juli til september 2013

Jernkonsentrasjonen økte derimot fra 8 m og nedover (Figur 21). Fargetall er et mål på humusinnholdet og mengden løst jern i vannmassene (Økland & Økland 1998). I september kom jernkonsentrasjonen opp i 431 µg/l, mens den var noe lavere i august (243 µg/l) og juli (129 µg/l). Mangan viser den samme typen kurve, bare at den begynner å økte fra 4 m og stagnerer ved 12-20 m. O₂-metningen i Goksjø fulgte en klinograd kurve, som gav tilnærmet anaerobe forhold ved 12 m (Figur 22). Ved anaerobe forhold vil jern og mangan løses ut og gi store konsentrasjoner i bunnvannet. Mangan har et lavere redoks potensial og vil derfor letter løses ut en jern (Kalff 2001). Noe som gir økende verdier lenger opp i vannmassene.



Figur 21: Jern ($\mu\text{g/l}$) i Goksjø i prøveperioden juli til september 2013



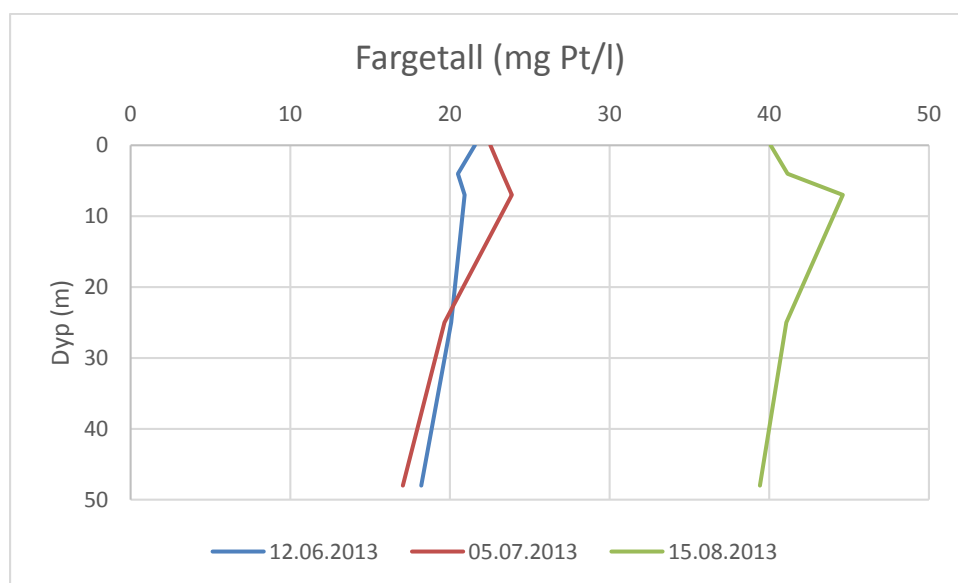
Figur 22: Oksygen (%) i Goksjø i prøveperioden juli til september 2013

Kationene og anionene var noe lavere i Goksjø, enn i Akersvannet. Goksjø ligger ikke bare på marin leire som Akersvannet, noe som kan være grunnen til lavere ioneinnhold.

Klorofyllkonsentrasjonen viste en variasjon gjennom sesongen, med høyest konsentrasjon ($13,0 \mu\text{g/l}$) i overflaten i september og lavest konsentrasjon ($3,4 \mu\text{g/l}$) ved 4 m i juli (Vedlegg 5). I august kan det også spores en nedgang i klorofyll a. Gjennomsnittlig klorofyllkonsentrasjon sank fra $7,5 \mu\text{g/l}$ i juli til $5,5 \mu\text{g/l}$ i august, for igjen å stige til $9,2 \mu\text{g/l}$ i september. Dette skyldes trolig et skifte i artssammensetningen av planteplankton i vannet.

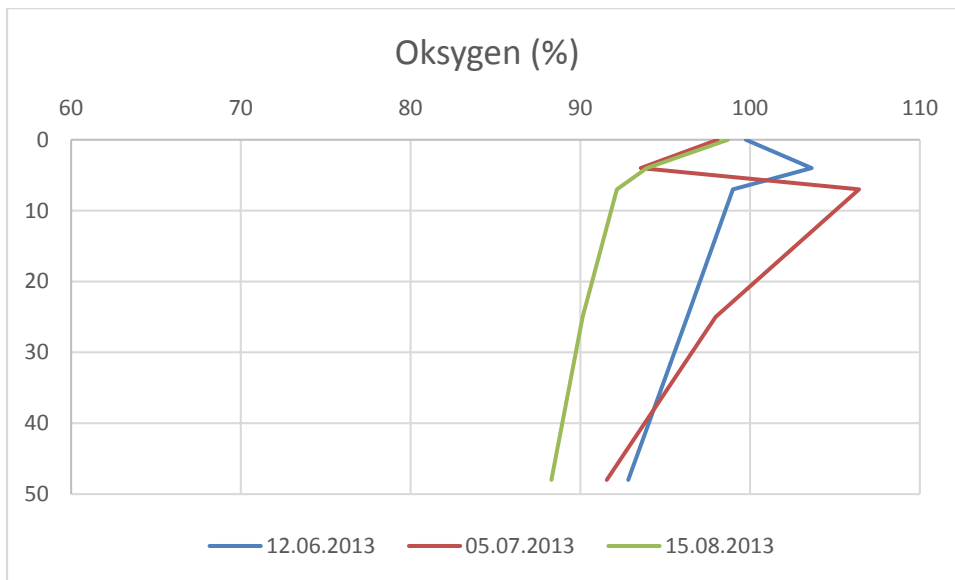
4.2.3 Norsjø

Konsentrasjonen av nitrogen (221 µg N/l), fosfor (3,4 µg P/l), klorofyll a (0,89 µg/l) og TOC (2,8) karakteriserer Norsjø til en ultraoligotrof innsjø (Vedlegg 3). Siktedypet varierte mellom 3-4,3 m, med et kompensasjonsdyp mellom 6-7 m. Det gode siktedypet et resultat av lav TOC (2,5-3,0 mg/l), klorofyll a (0,7-2,4 µg/l) og planteplanktonbiomasse (0,525 mg/l). Fargetallet var lavt mellom 17-24 mg Pt/l i juni og juli (Figur 23). August hadde litt høyere verdier mellom 39-45 mg Pt/l. De høye verdien i august kunne komme av store nedbørsmengder (77,8 mm).



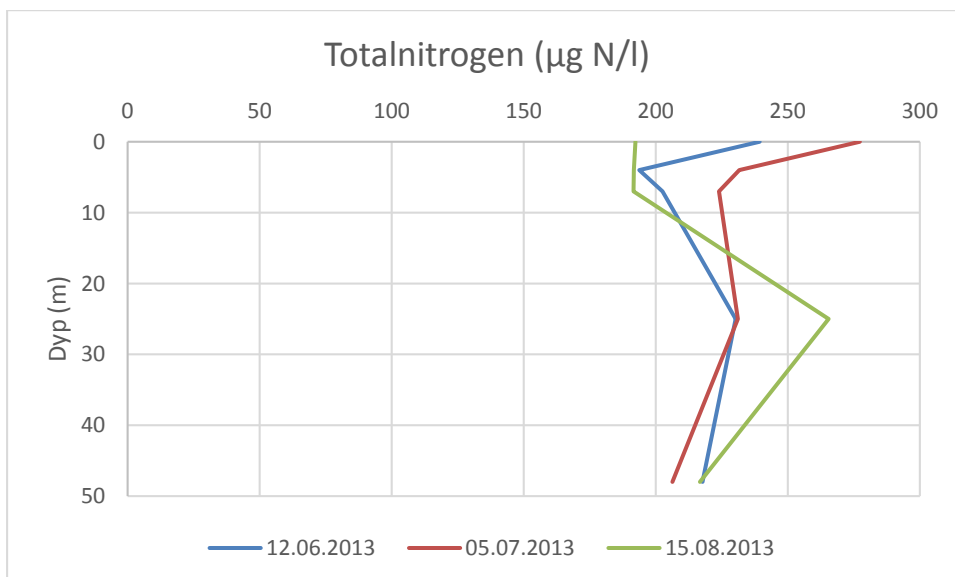
Figur 23: Fargetall (mg Pt/l) i Norsjø i prøveperioden juni til august 2013

Norsjø er en svært stor innsjø og ligger lenger inn i landet en de to andre prøvevannene, og blir derfor ikke like påvirket av kystklimaet. Disse faktorene, i tillegg til lite marin leire gir Norsjø lav konduktivitet. Alkaliteten er også svært lav (0,159 mekv/l). Ifølge Likens (2010) anses en innsjø med alkalinitet på 0,1 mekv/l som en lavalkalinitets innsjø og er typisk for næringsfattige innsjøer. Næringsfattige innsjøer har ofte liten biomasse som gjør at CO₂ ikke blir brukt opp i like stor grad, og det blir ikke produsert like mye bikarbonater (Kalff, 2001). Mangel på bikarbonat i berggrunnen kan være en annen årsak til lav alkalitet (Likens, 2010). pH i Norsjø varierte mellom 6,1-6,9. Lav pH vil også føre til lavere alkaliteten. O₂-metningen i Norsjø var nærmere 100 % i hele vannmassen (Figur 24). Dette er en ortograd oksygenkurv, der O₂-metningen i storgrad er en funksjon av temperaturen og ikke dypet i innsjøen (Wetzel 1983). Disse O₂-forholdene gjør at jern og mangan felles ut og samles i bunnsedimentet (Wetzel 1983). Dette gir Norsjø lave jern- (0-25 µg/l) og mangankonsentrasjoner (0-9 µg/l)

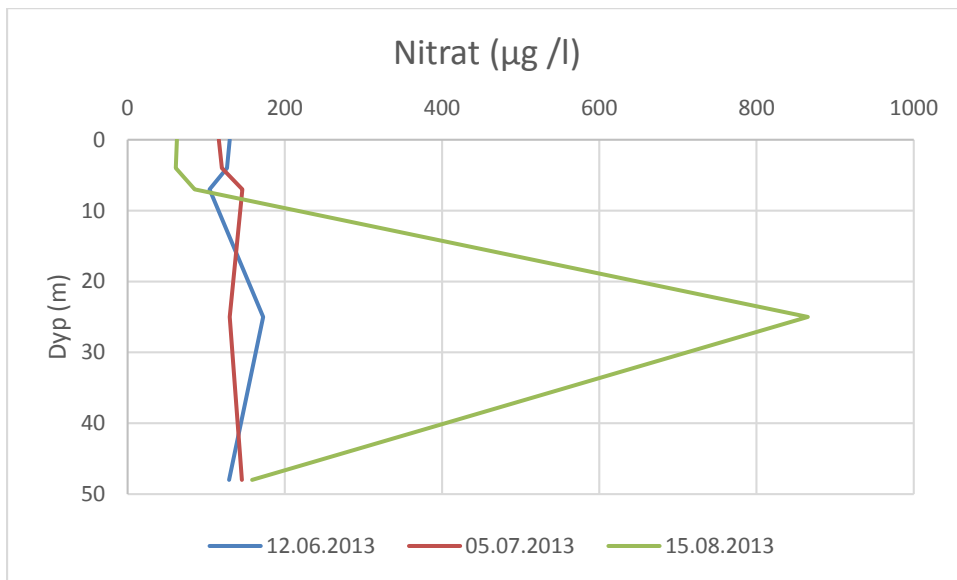


Figur 24: Oksygen (%) i Norsjø i prøveperioden juni til august 2013.

Totalnitrogen varierte mellom 192-265 $\mu\text{g N/l}$ (Figur 25), av dette utgjorde nitrat mellom 63-172 $\mu\text{g/l}$ og ammonium mellom 3-78 $\mu\text{g/l}$. Nitratkonsentrasjonen var ganske jevn gjennom prøvetakingsperioden med en nedgang i august som kunne skyldes at nitrat var blitt fraktet ut av vannmassene (Figur 26). August viste en kraftig økning i nitratkonsentrasjonen til 865 $\mu\text{g/l}$ ved 25 m. Totalnitrogen viste også en liten økning på 25 m til 265 $\mu\text{g/l}$, dette var langt unna nitratkonsentrasjonene og det er en mulighet for at nitratkonsentrasjonen ved 25 m er feil. Nitrifikasjon under god O_2 -metningen er mest sannsynlig årsaken til lite ammonium i vannmassene.



Figur 25: Totalnitrogen ($\mu\text{g N/l}$) i Norsjø i prøveperiode juni til august 2013



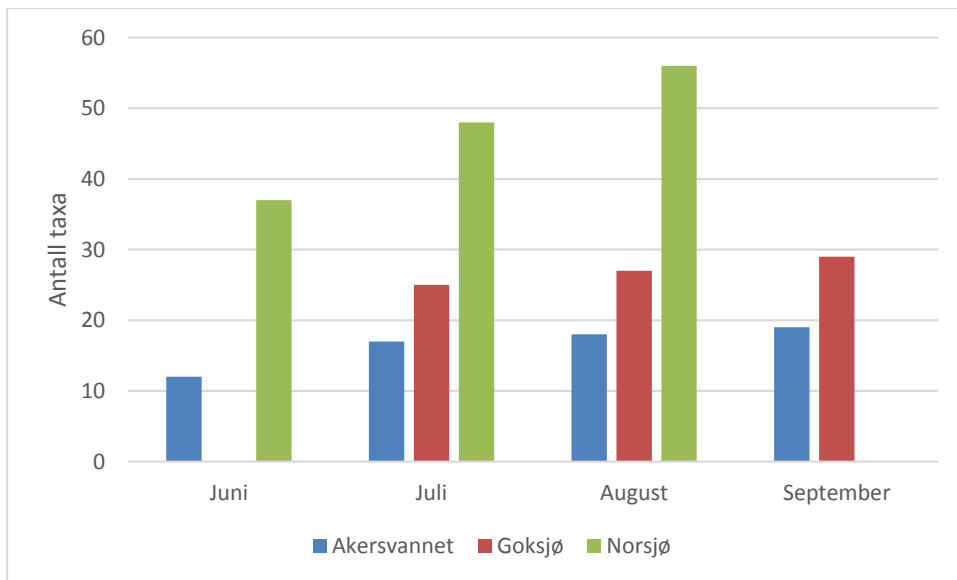
Figur 26: Nitrat ($\mu\text{g/l}$) i Norsjø i prøveperioden juni til august 2013

4.3 Planteplankton

Planteplankton blir ifølge Wetzel (1983) definert som små planter i de frievannmassene med ingen eller begrenset egenbevegelse. Planteplanktonsamfunnet i en innsjø kan bestå av ulike grupper som; cyanobakterier (Cyanophyceae), dinoflagellater (Dinophyceae), gullalger (Chrysophyceae), øyealger (Euglenophyceae), kiselalger (Diatomophyceae), grønnalger (Chlorophyceae) og konjugater (Conjugatophyceae) (Tikkanen & Willèn 1992). Strukturen og sammensetningen i et planteplanktonsamfunn er en refleksjon av de fysiske-kjemiske forholdene i vannet, i tillegg til de biologiske omgivelsene. Mange av disse parameterne varierer kontinuerlig, sesongmessig eller i en annen rytme. Disse variasjonene er med på å endre planteplanktonsammensetningen i løpet av året (Eloranta 1986, Kalff 2001). Dette gjenspeiles i de tre prøvevannene, hvor planteplanktonsamfunnet er svært forskjellig både i sammensetning, antall arter og biomasse.

4.3.1 Artsammensetting

Akersvannet var preget av et lavt artsmangfold med 19 taxa på det meste ved prøvetakingen i september og 12 på det minste i juni 2013. Norsjø på den andre siden hadde det største observerte antallet. I august ble det telt 56 taxa, mens prøvetakingen i juni viste 37 observerte taxa. Goksjø hadde 29 taxa på det meste i september og 25 taxa på det minste i juli (Figur 27).



Figur 27: Antall taxa observert i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i prøveperioden juni til september 2013.

Norsjø er mye større i areal og volum enn Akersvannet, i følge Karatayev et al. (2005) og Smith et al. (2005) vil det være flere habitater i en innsjø med stort areal enn i en med lite. Dette forklarer det høye taxa antallet i Norsjø fremfor Akersvannet.

Planteplanktonsammensetningen for Akersvannet passer svært godt med at det er en eutrof innsjø. I en undersøkelse av Brettum (1989) vil en eutrof innsjø være dominert av cyanobakterier, og jo mer eutrof innsjø, jo mer dominerende er cyanobakteriene. Det samme sier Kalff (2001), bare at her er kiselalger også svært dominerende ved høye fosforkonsentrasjoner. For Akersvannet stemte dette bra med at innsjøen hadde flest arter innen gruppene cyanobakterier og grønnalger gjennom hele vekstsesongen, mens ved prøvetakingene i august og september økte antallet kiselalger. Når det gjaldt Goksjø og Norsjø hadde begge innsjøene flest arter innenfor gruppene gullalger, kiselalger og grønnalger. Dette stemte bra med Kalff (2001) sin teori om at ved fosfor mengden 32 µg P/l (Goksjø) vil de mest dominerede algegruppene være kiselalger, i tillegg til en del grønnalger og gullalger. Mens ved fosfor mengde 4 µg P/l (Norsjø) vil gullalger og grønnalger finnes i større mengder enn ved 32 µg/l. Norsjø var dominert av grønnalger gjennom hele vekstsesongen, i tillegg økte denne dominansen i september. Dette er typisk for en oligotrof innsjø (Brettum 1986).

Dominerende arter: Ved hver enkelt prøvetaking var det 2-4 arter som skilte seg ut som dominerende (Tabell 13). *A. flos-aquae* var dominerende i Akersvannet ved alle prøvetakingene, spesielt i juni og juli. I august og september var den fortsatt dominerende, men ikke i like stort omfang. *A. flos-aquae* er en god indikatorart for eutrofe innsjøer. Denne

arten foretrekker relativt høye N:P forhold (Brettum 1986, Aagaard et al. 2002). I tillegg til *A. flos-aquae* var *Rhodomonas lacustris* dominerende ved de tre første prøvetakingene. Den var også dominerende ved alle prøvetakingene i Goksjø og ikke dominerende, men tilstede i Norsjø. *R. lacustris* er en svært tilpassningsdyktig art som finnes ved alle trofigrader. Den er generelt en dårlig indikatorart (Brettum 1986). I august og september var *C. hirundinella* en svært dominerende art i Akersvannet og utgjør nesten hele biomassen i denne perioden. *C. hirundinella* finnes ved de fleste trofigrader, men kan i næringsrike vann forekomme i store mengder (Brettum 1986, Aagaard et al. 2002). *C. hirundinella* kan også ha stor biomasse ved pH 8-9, noe som gjør at den også kan benyttes som indikator i forhold til pH (Brettum 1986). *Coelastrum reticulatum* dominerte bare i september og *M. aeruginosa* bare i august i Akersvannet, men var tilstede gjennom hele vekstsesongen. Begge artene er indikatorer på et næringsrikt vann (Tikkanen & Willèn 1992, Aagaard et al. 2002). Sammen med *R. lacustris* dominert *Planktosphaeria geletinosa* i Goksjø i juli og august. Dette er en grønnalge som er relativt vanlig i alle vanntyper (Tikkanen & Willèn, 1992). Når det gjelder *Cryptomonas sp.*, er dette en vanskelig slekt å nøyaktig artsbestemme. Dette gjør de også uegnet som indikatorer for trofigrad (Brettum 1986). I september var også *Uroglena sp* og *Mallomonas sp* dominerende i Goksjø. *Mallomonas sp* kan være en indikator for oligotrofe innsjøer, men da må de kunne artsbestemmes helt nøyaktig (Tikkanen & Willèn 1992). Dette var ikke mulig i denne undersøkelsen. *Uroglena sp* på den andre siden er ikke en god indikator. Norsjø var gjennom alle prøvetakingene dominert av slekten *Dinobryon*. Det var ganske mange ulike arter (Vedlegg 6-8), og det er også ulike oppfatninger om hvilke av disse artene som er indikator for de ulike trofigradene. I følge Tikkanen & Willèn (1992) er både *D. bavaricum* og *D. divergens* indikatorer på oligotrofe innsjøer. Både Brettum (1986) og Aagaard et al. (2002) mener at dette er indikatorer for mesotrofe innsjøer. Det eneste alle er enige om er at *D. cylindricum* er en indikator for oligotrofe innsjøer. I tillegg til disse artene er *D. sociale var americanum* også en indikator på oligotrofe vannmasser (Brettum 1986). *A. formosa* er en kiselalge som er å finne i alle typer innsjøer og dominerer ofte i forsommer- og sommerplanktonet (Brettum 1986). Dette var tilfellet i Norsjø under prøvetakingene i juli og august 2013.

Utenom de dominerende artene var det også noen andre arter som kan ses på som indikatorer. Opprinnelig vil enn alltid finne enkelte eksemplarer av en art, men det er først i store mengder de blir en god indikator. I Norsjø kan enn nevne *Tabellaria flocculosa*, *Bitrichia chodatii* og *Willea irregularis* som alle er indikatorer for oligotrofe innsjøer (Brettum 1986, Tikkanen & Willèn 1992, Aagaard et al. 2002). Det ble også observert *Chroococcus turgidus* i alle

vannene. Den er satt som indikator for oligotrofe innsjøer (Tikkanen & Willèn 1992). I Akersvannet ble *Aulacoseira granulata*, *Trachelomonas volvocinopsis*, *Pediastrum duplex*, *P. boryanum* og *Kirchneriella obesa* observert som alle er indikatorer på næringsrike innsjøer.

Tabell 13: Dominerende planteplankton taxa gjennom vekstsesongen i Akersvannet, Goksjø og Norsjø 2013. X=observert taxa som dominerende.

Innsjø	Akersvannet				Goksjø			Norsjø			
	Dato	13.jun	08.jul	20.aug	05.sep	08.jul	20.aug	05.sep	12.jun	05.jul	15.aug
Arter											
<i>Woronichinia naegeliana</i>				X							
<i>Microcystis aeruginosa</i>			X								
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	X	X	X	X							
<i>Cryptomonas sp</i>					X		X				
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X	X	X		X	X	X				
<i>Ceratium hirundinella</i>			X	X							X
<i>Uroglena sp</i>							X				
<i>Dinobryon sp</i>									X	X	X
<i>Mallomonas sp</i>							X				
<i>Asterionella formosa</i>									X	X	
<i>Chlamydomonas sp</i>									X		
<i>Coelastrum reticulatum</i>		X									
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>					X	X					
<i>Konjugater</i>						X					

4.3.2 Planteplanktonbiomasse

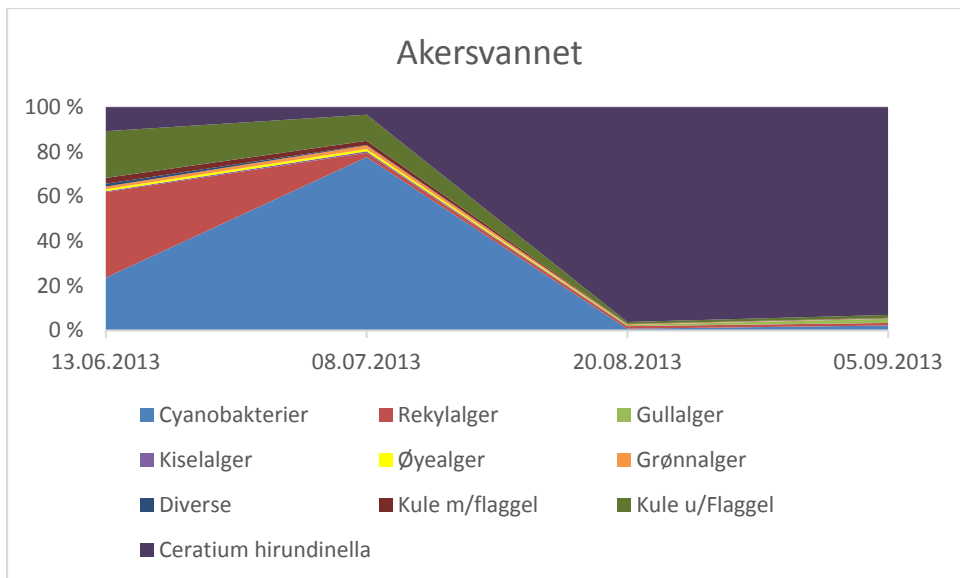
Planteplanktonbiomassen i en innsjø er hovedsakelig regulert av konsentrasjonen av næringen i vannet (Eloranta 1986). Brettum & Andersen (2005) har lagd et system for å klassifisere trofegrad i forhold til planteplanktonbiomassen i vannet. Ut i fra denne klassifiseringen ble Akersvannet, men et gjennomsnitt gjennom vekstsesongen på 6,82 mg/l (Tabell 14) satt til en hypereutrof innsjø (> 5 mg/l). Maks biomasse på 16 mg/l er også typisk for en hypereutrof innsjø. Her har Brettum & Andersen (2005) satt grensen til > 10 mg/l. Goksjø hadde en gjennomsnittlig biomasse på 5,28 mg/l som indikerer at innsjøen er på grensen mellom polyeutrof (2,5-5 mg/l) og hypereutrof (> 5 mg/l). Dette kan avgjøres ved å se på maksverdien (5,8 mg/l) som tilsier at innsjøen er polyeutrof, siden dette er innenfor grensen 5-10 mg/l. Norsjø hadde en gjennomsnittlig planteplanktonbiomasse på 0,52 mg/l som gir innsjøen trofegrad oligomesotrof (0,4-0,6 mg/l). Brukes maksverdien 0,59 mg/l havner Norsjø i stede som oligotrof (0,2-0,7 mg/l). De fysisk-kjemiske parametrene tilsier at innsjøen er oligotrof, i tillegg til at mange av de dominerende artene i vannet er indikator for oligotrofe innsjøer.

En annen grunn til at gjennomsnittlig biomasse blir feil å bruke er at prøver ikke er tatt gjennom hele vekstssesongen (mai-september). I Norsjø mangler mai og september og dette kan ha mye å si for gjennomsnittlig planteplanktonbiomasse (Direktoratsgruppen Vanndirektivet 2013). Mai er en måned kjent for lav planteplanktonbiomasse, mens september kan være mer lik august.

Tabell 14: Oversikt over totalbiomasse (mg/l) og gjennomsnittlig biomasse (mg/l) ved prøvetakingene i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i prøveperioden juni til september 2013.

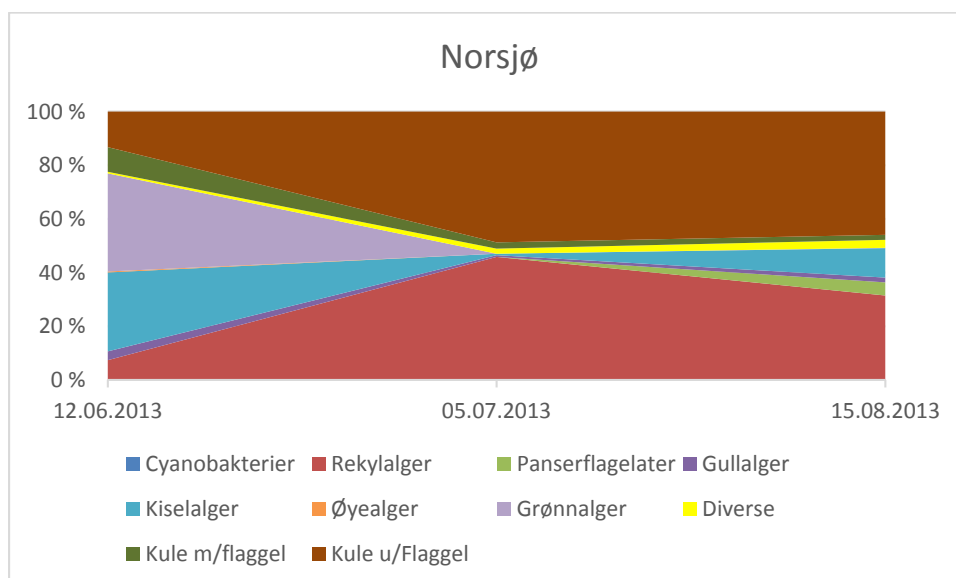
Innsjøer	Total biomasse mg/l				Gj.snitt
	Juni	Juli	August	September	
Prøvetaking					
Akersvannet	0,41	1,42	16,00	9,46	6,82
Goksjø		5,90	0,27	4,97	5,27
Norsjø	0,59	0,46	0,53		0,53

Biomassen viser også fordelingen av de ulike planteplanktongruppene i forhold til hvor mye det er av hver enkelt gruppe eller art. Akersvannet som i den kvalitative prøven var dominert av arter innen gruppene cyanobakterier, grønnalger og kiselalger viser et helt annet bilde i den kvantitative prøven (Figur 28). Ved første prøvetaking (13.06.13) var biomassen dominert av gruppene rekyalger, gullalger og cyanobakterier. Ved andre prøvetaking (08.07.13) viste cyanobakteriene en kraftig økning og dominerte med 80,9 %. Dette snur helt i august og september hvor ingen grupper, men en enkelt art blir fullstendig dominerende. *C. hirundinella* dominerte her med 96,2 % av biomassen i august og 93,0 % i september. *C. hirundinella* er ganske store som enkeltindivider (lengde 45-90 µm), mens andre arter som *M. aeruginosa* (diameter 3-9 µm), *R. lacustris* (lengde 7-14 µm) og *C. reticulatum* (diameter 3-10 µm) er svært små i forhold (Tikkanen & Willèn 1992). På grunn av størrelsen til *C. hirundinella*, vil den alltid dominere i biomasse, selv om det er like mange individer av vær art.



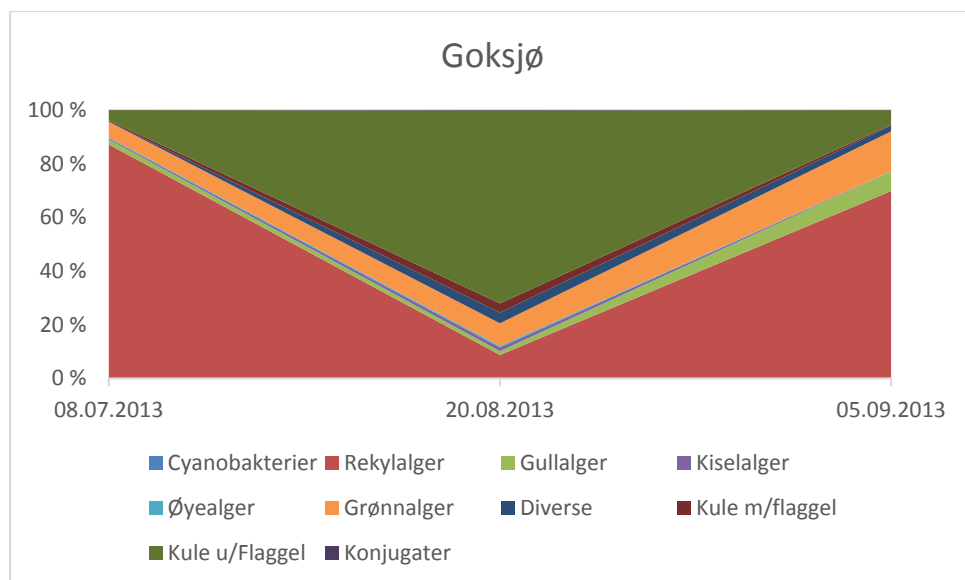
Figur 28: Prosentvis biomassefordeling av planteplanktongrupper i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013.

Norsjø viser en bedre sammenheng mellom antall arter som dominerer innad i en gruppe i de kvalitative prøvene og dominansen i biomasse (Figur 29). I juni dominerte kiselalger og grønnalger biomassen. I juli ble rekyalgene mer dominerende med 45,8 % og kuler u/flagell med 48,7 % av totalbiomassen. Det er meget sannsynlig at kuler u/flagell opprinnelig er grønnalger, bare at de var umulig å artsbestemme under mikroskopering. Kiselalgene økte fra 0,5 % til 11,0 % av totalbiomassen fra juli til august.



Figur 29: Prosentvis biomassefordeling av planteplanktongrupper i Norsjø i prøveperioden juni til august 2013.

De kvalitative planteplanktonprøvene i Goksjø viste flest arter av kiselalger, gullalger og grønnalger. Biomassen derimot ble dominert av rekylalger ved første prøvetaking i juli (Figur 30). I august dominerte øvrig kuler u/flagell som kan være grønnalger, før rekylalgerne tar over i september.



Figur 30: Prosentvis biomassefordeling av planteplankton i Goksjø i prøveperioden juli til september 2013

Grunnen til at det var forskjell mellom dominerende arter/grupper i håvprøvene og dominerende grupper i forhold til biomasse kan være mange. Hovedsakelig kan det være at flere arter som blir artsbestemt fra håvprøvene finnes i få eksemplarer. Dette gjør at ikke alle artsbestemte arter kommer med under biomasseberegningen. For det andre var enkelte arter generelt vanskelig å artsbestemme, og kom under gruppene «Diverse» eller «kuler med eller uten flageller».

4.4 Cyanobakterier

Ved artsbestemmelsen ble det observert i alt 12 ulike taxa av cyanobakterier. Akersvannet og Goksjø hadde 5 taxa, mens Norsjø hadde 8 (Vedlegg 6-8). Ved bestemmelse av biomassen ble bare de mest dominerende taxa funnet og telt (Vedlegg 9-18) Dette gjorde at biomassen av cyanobakterier i Norsjø og Goksjø var svært lav (Tabell 15) og først og fremst bestod av *Chroococcous sp* ved prøvetakingene i august. I tillegg hadde Norsjø *M. aeruginosa* tilstede ved samme prøvetaking. I Akersvannet var *A. flos-aquae* og *M. aeruginosa* tilstede ved alle tellingene. I tillegg var *W. naegeliiana* tilstede i prøvene i august og september og *Snowella lacustris* i august. I følge Carvalho et al. (2013) vil cyanobakterier ikke være tilstede, eller

bare finnes i små mengder i innsjøer med lav alkalitet i nordeuropeiske land. Akersvannet hadde en gjennomsnittlig alkalitet mellom 0,866-1,024 mekv/l, samtidig var biomassen av cyanobakterier høy (0,10-1,15 mg/l). I Goksjø var alkaliteten på sitt høyeste i august på 0,439 mekv/l og dette var den eneste gangen det ble registrert cyanobakterier (0,0004 mg/l) i vannet. I tillegg hadde Norsjø med svært lav alkalitet (0,140-0,155 mekv/l) bare en biomasse av cyanobakterier på 0,0002 mg/l i august. En annen ting som kan være årsaken til endring i biomassen til cyanobakterier er økt temperatur. Både Goksjø og Norsjø hadde et lite innslag av cyanobakterier ved den høyeste temperaturen i vannmassene i august. Akersvannet hadde ganske høy gjennomsnittstemperatur i vannmassene gjennom helle vekstsesongen på 18-19,8 °C og cyanobakteriebiomassen var også høy hele sesongen. I følge en undersøkelse gjort av Beaulieu et al. (2013) er temperaturen viktig for cyanobakteriens biomasse. Temperaturer mellom 25 °C gir den beste vekstraten uavhengig av næringsforhold, og det er trolig at cyanobakterier har en kraftigere vekstrate i varme miljøer enn eukariote planteplankton.

Tabell 15: Biomasse i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i perioden juni til september 2013. (–) tilsvarer ingen prøvetaking.

Innsjøer	Total biomasse mg/l			
	Juni	Juli	August	September
Prøvetaking				
Akersvannet	0,10	1,15	0,14	0,21
Goksjø	-	0	0,0004	0
Norsjø	0	0	0,0002	-

I juni og juli var Akersvannet sterkt dominert av *A. flos-aquae*, i denne perioden var også ammoniumkonsentrasjonen svært lav (Figur 18). Dette forandrer seg i august, der ammoniumkonsentrasjonen går opp til 231 mg/l og *M. aeruginosa* kommer inn som dominerende sammen med *A. flos-aquae*. I følge Eldridge et al. (2013) er dette trolig et resultat av at ammonium er et vekst-begrensende faktor for *M. aeruginosa*, men ikke *A. flos-aquae*. *A. flos-aquae* skaffer seg ammonium ved å drive nitrogenfiksering av atmosfærisk nitrogen. Utover sesongen vil den økende biomassen med *A. flos-aquae* gi økte mengder ammonium, som igjen gir gode forhold for *M. aeruginosa*. I august skjer det en nedgang i cyanobakteriebiomassen fra 1,15 mg/l til 0,14 mg/l, dette skyldes trolig konkurranse fra *C. hirundinella*. Opprinnelig kan store oppblomstringer av planteplankton skape gode forhold for cyanobakterier ved at det blir dårligere lysforhold og høyere turbiditet. Under slike forhold kan ikke andre planktonarter konkurrere effektivt, mens cyanobakterier som kan utnytte andre deler av lysspekteret vil ha gode forhold og kan øke sin biomasse (Chorus & Bartram 1999). I Akersvannet tok *C. hirundinella* fullstendig overhånd og utkonkurrerte cyanobakteriene. I september gikk biomassen av *C. hirundinella* ned og cyanobakteriene økte litt igjen. I august

skiftet arts sammensetningen av cyanobakterier, *A. flos-aquae* var fortsatt dominerende, men *W. naegliana* økte i biomasse og i september var den en dominerende art i vannmassene.

4.5 Toksinanalyser

4.5.1 Microcystin

Microcystin er et levertoksin som kan gi kroniske leverskader hos mennesker og pattedyr (Oredalen 2002). Toksinene hemmer fjerning av fosfor i aminosyrer og proteiner, og fører til celledød. Leverceller er spesielt utsatte siden de har et spesifikt opptakssystem for microcystin. Kombinasjonen av leverskade og dårlig blodtransport ut av leveren kan gi sirkulatorisk sjokk, som er dødelig (Gjølme et al. 2010). Microcystin blir produsert av cyanobakteriene *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktotrix*, *Gomphosphaeria* og *Woronichinia* (Oredalen 2002, Gjølme et al. 2010). Av disse var *Microcystis*, *Anabaena* og *Woronichinia* tilstede i prøvevannene. Akersvannet med størst andel av disse artene var også den eneste lokaliteten som testet positive for microcystin (Vedlegg 19). Det ble tatt prøver fra juni til september, men det var prøvene fra august til september som var positive (Tabell 16). Den 20.08 var det høyest konsentrasjon av microcystin i overflaten (0,7 µg/l). Dette hadde forandret seg 09.05 der konsentrasjonen er høyest på 2 m med 1,3 µg/l. Cyanobakterier har den fordel at de kan forflytte seg i vannmassene ved hjelp av gassvakuoler, til områder med best mulig miljøforhold (Oliver et al. 2012). I tillegg produserer de mest microcystin når de oppholder seg under de beste miljøforholdene (Chorus & Bartram, 1999). Dette gjør at ved store oppblomstringer og gode miljøforhold i overflaten vil det være høyest konsentrasjon av microcystin i overflaten som resultatene for 20.08 viste. Derimot gjalt ikke dette for 09.05 hvor den høyeste microcystinkonsentrasjonen fantes på 2 m. Forklaringen på dette kan være at microcystinet i overflaten har blitt brutt ned av sollys. Nedbrytningstiden er to uker i sterkt sollys og kortere ved humøse vannmasser (Chorus & Bartram 1999). Ved at Akersvannet er humøst og at været hadde vært relativt fint siden siste prøvetakning, kan dette være en årsak.

Tabell 16: Microcystinkonsentrasjon (µg/l) i Akersvannet i prøveperioden juni til september 2013, fordelt på dyp. (- tilsvarer ingen måling ved dette dyp)

Dyp (m)	Microcystin µg/l		
	20.08.2013	27.08.2013	05.09.2013
0	0,7	0,3	0,5
1	0,3	-	-
2	0,4	-	1,3
3	-	-	0,6

Den høyeste microcystin konsentrasjonen på 1,3 µg/l var over WHO sin retningsgivende verdi for drikkevann, som er 1µg/l. Utgangspunkt for verdien er i forhold til en voksen person som veier 60 kg og drikker 2 liter vann per dag. For bading i vann (ved svelging av 200 ml vann) er grensen 10 µg/l microcystin. Den retningsgivende verdien er mye høyere for bading enn ved drikkevann grunnet at microcystin ikke kan trenge gjennom membraner og må derfor inn i blodsirkulasjonen for å gjøre skade. Dette skjer ved å drikke vannet (Chorus & Bartram 1999).

4.5.2 Saxitoksin

Saxitoksin er nervetoksin, også kjent som paralyserende skalldyr gifter (Paralytic shellfish poisons, PSP) (Chorus & Bartram, 1999). Toksinet er mest kjent fra det marine miljøet, der det blir produsert av dinoflagellater og akkumuleres i enkelte skalldyrarter (Fitzgerald 2001, Moustafa et al. 2009). Ved inntak resulterer toksinet i en omfattende blokkering av natriumionekanalene i nervemembranene. Dette blokkerer igjen nerveimpulsene, og ender i paralyse, nedsatt respirasjon eller respirasjonsstans (Gjølme et al. 2010). Til nå er det oppdaget 26 saxitoksingener, og av disse finnes 17 i cyanobakteriene *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya* og *Cylindrospermopsis* (Chorus & Bartram 1999, Moustafa et al. 2009). Enkelte av disse slektene forekom i prøvevannene, men det var ingen positive resultater på saxitoksin.

4.6 Klassifisering av økologisk tilstand

Akersvannet får økologisk tilstand svært dårlig (Tabell 17). Biomassen i vannet kommer ut svært dårlig, mens klorofyll a som dårlig. Biomassen av cyanobakterier var moderat. Dette gir samlet EQR verdi 0,14 som tilsvarer svært dårlig tilstand. De fysiske-kjemiske kvalitetselementene har ingen betydning for den økologiske tilstanden når de biologiske kvalitetselementene er dårligere en moderat. Både fosfor mengden og siktedypet kom ut som svært dårlig, mens nitrogen var dårlig.

Goksjø hadde både gode forhold når det gjaldt klorofyll a og cyanobakterier. Derimot kom biomassen av planteplankton på moderat og trekker innsjøen ned til moderat. De fysiske-kjemiske kvalitetselementene ligger på moderat for næringsstoffer og dårlig for siktedyp. Den samlede vurderingen av Goksjø er økologisk tilstand, moderat.

Tabell 17: Klassifisering av økologisk tilstand i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i henhold til Direktoratets gruppa Vanndirektivet (2013). SG=svært god, G=god, M=moderat, D=dårlig og SD=svært dårlig.

	Akersvannet	Goksjø	Norsjø
Biologiske kvalitetselementer			
Planteplankton, Klorofyll a, µg/l	D	G	SG
Planteplankton, biomasse (mg/l)	SD	D	M
Planteplankton, maks. biomasse cyanobakterier (mg/l)	M	G	G
Totalvurdering planteplankton	SD	M	G
Fysisk-kjemiske kvalitetselementer			
Total fosfor, µg/l	SD	M	SG
Total nitrogen, µg/l	D	M	G
Siktedyp, m	SD	D	D
pH (kun lav-alk.)			SG
Totalvurdering eutfieringsparametre	SD	M	D
Totalvurdering forsurningsparametre			SG
Totalvurdering for vannforekomsten, uten hydromorfologi	SD	M	M
Hydromorfologiske kvalitetselementer			
Reguleringshøyde, m	SG	SG	SG
Totalvurdering hydromorfologiske kvalitetselementer	SG	SG	SG
Totalvurdering for vannforekomsten, med hydromorfologi	SD	M	M

Norsjø ender derimot samlet sett ut med gode biologiske kvalitetselementer. Men under de fysisk-kjemiske parameterne er siktedypet så dårlig at det gir en samlet vurdering av eutfieringsparameterne på dårlig. Ved at de biologiske kvalitetselementene ligger som god, vil da den samlede vurderingen av fysisk-kjemiske parametre trekke den økologiske tilstanden ned på moderat.

5 Konklusjon

Cyanobakteriene viste størst biomasse ved høy alkalitet (0,866-1,024), temperatur (17-23 °C) og mye fosfor. Goksjø og Norsjø hadde bare merkbare mengder cyanobakterier (0,2-0,4 mg/l) i august, som var den perioden med høyeste temperaturer i begge vannmassene. Selv om Goksjø er en eutrof innsjø med årsgjennomsnitt på 32 µg P/l fosfor, fantes det ikke tegn på oppblomstring. Alkaliteten (0,402 mekv/l) er lav i vannet som kan spille en rolle for cyanobakteriers trivsel. Akersvannet derimot hadde oppblomstring av *A. flos-aquae*. I forhold til Goksjø og Norsjø var Akersvannet sterkt eutrof med fosforkonsentrasjon på 83µg/l og en alkalitet på 0,866-0,1024 mekv/l. Temperaturen varierte mellom 17-23 °C hele vekstsesongen.

Artssammensetningen viser også til at jo mer eutrof innsjøen er jo flere arter innen planteplanktongruppene cyanobakterier finnes det i vannet. Akersvannet var dominert av cyanobakterier og grønnalger, mens Goksjø og Norsjø hadde flest kiselalger, grønnalger og gulalger. Eutrofe innsjøer har også mindre artdiversitet enn oligotrofe. Akersvannet hadde 19 observerte taxa på det meste, Goksjø 29, og Norsjø 56.

Grunnet høy biomasse, cyanobakterier og svært eutrofe forhold ble Akersvannet bestemt til svært dårlig økologisk tilstand. Mens Goksjø og Norsjø hadde moderat økologisk tilstand. Det er tydelig at cyanobakterier foretrekker sterkt eutrofe innsjøer. Med klimaendringer som temperaturøkning og mer forurensning av vassdrag vil cyanobakterier bli et større problem i fremtiden.

6 Referanser

- Aagaard, K., Bækker, T. & Jonsson, B. (2002). *Biologisk mangfold i ferskvann. Regional vurdering av sjeldne dyr og planter*. NIVA Temahefte 21, 48 pp, NIVA Inr 4590 - 2002.
- Aanes, K. J. & Mjelde, M. (1994). *Utslipp av Al-slam fra Akersvannets vannrenseanlegg, kontrollundersøkelser i resipienter 1993-1994*. NIVA-rapport 3166. 26 pp.
- Beaulieu, M., Pick, F. & Gregory-Eaves, I. (2013). *Nutrients and water temperature are significant predictors of cyanobacterial biomass in a 1147 lakes data set*. The sciences of Limnology and Oceanography. 1736-1746 p.
- Berge, D. (1986). *Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelse og forslag til tiltak*. NIVA, Rapport-nr 0-85118. 107 pp.
- Bjerketvedt, D. & Pedersen, A. (1994). *Grunnleggende biologi og miljølære*. 4. utgave, Landbruksforlaget a/s. 153-174 p.
- Blomqvist, P. & Olsen, P. (1981). *Växtplantekompendium*. Uppsala. 186 pp.
- Brettum, P. (1989). *Alger som indikator på vannkvalitet i norske innsjøer. Planteplankton*. NIVA, rapport-nr 0-86116, 111 pp.
- Brettum, P. & Andersen, T. (2005). *The use of phytoplankton as indicators of water quality*. NIVA. Rapport-nr 4818-2004, 33 pp.
- Brettum, P. & Løvik, J. E. (2001). *Overvåking i 200 av vannkvaliteten i Puttjernene, Puttjernsbekken og Lutvannsbekken i Østmarka. Sammenligning med resultatene fra undersøkelsen i 1998 og 1999*. NIVA- rapport 4329-2001, Oslo 77 pp.
- Carvalho, L., McDonald, C., Hoyos, C., Mischke, U., Phillips, G., Borics, G., Poikane, S., Skjelbred, B., Solheim, A. L., Wichelen, J. V. & Cardoso, A. C. (2013). *Sustaining recreational quality of European lakes: minimizing the health risks from algal blooms through phosphorus control*. Journal of Applied Ecology. British Ecogogical Society. 315-323 p.
- Chorus, I. & Bartram, J. (1999). *Toxix Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. World Health Organisation, E & FN Spon, 50. 400 pp.
- Cole, G. A. (1994). *Textbook of limnology. Fourth edition*. Waveland press, inc. 412 pp.

- Direktoratsgruppen Vanddirektivet. (2013). *Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann*.
- Eldridge, S. L., Wood, T. M., Echols, K. R. & Topping, B. R. (2013). *Microcystins, nutrient dynamics, and other environmental factors during blooms of non-microcystin-producing Aphanizomenon flos-aquae in Upper Klamath Lake, Oregon, 2009*. *Lake and Reservoir Management*, 29:1, 68-81 p.
- Eloranta, P. (1986). *Phytoplankton structure in different lake types in central Finland*. *Holarctic ecology*. vol. 9. 214-224 p.
- Fitzgerald, J. D. (2001). Cyanotoxins and Human Health - Overview. I I. Chorus, *Cyanotoxins. Occurrence, causes, consequences* Springer. 179-238 p.
- Fjeld, E., Berge, D., Skulberg, O. & Løvik, J. E. (1996). *Økologisk forhold i Akersvannet*. NIVA, rapport-nr 3494-96, 32 pp.
- Gjølme, N., Krogh, T. & Utkilen, H. (2010). *Cyanobakterier (blågrønnalger) Oppblomstring og toksinproduksjon*. Nasjonalt folkehelseinstitutt, Rapport 2010:4. 58 pp.
- Graham, L. E. & Wilcox, L. W. (2000). *Algae*. Prentice-Hall, Inc, 604 pp.
- Hansen, O. J. (2005). *Goksjøvassdraget 2004, vannkvalitet*. Samarbeidsgruppa for Goksjø. Andebu, Stokke, Larvik og Sandefjord kommuner. 35 pp.
- John, D. M., Whitton, B. A. & Brook, A. (2011). *The Desmids of the freshwater algal flora of the british isles*. British Phycological Society, 2nd edition.
- Kalff, J. (2001). *Limnology*. Prentice Hall, Inc. 592 pp.
- Karatayev, A. Y., Burlakova, L. E. & Dodson, S. I. (2005). *Community analysis of Belarusian lakes: relationship of species diversity to morphology, hydrology and land use*. *Journal of Plankton research*, Volum 27, nr 10 Oxford University Press. 1045-1053 p.
- Likens, G. E. (2010). *Biogeochemistry of inland water*. Eliviser Inc. 728 pp.
- Mjelde, M. & Rørslett, B. (1981). *Undersøkelse av høyere vegetasjon i Goksjø, Vestfold*. NIVA, Rapport-nr 0-78081, 34 pp.
- Moustafa, A., Loram, E. J., Hackett J, D., Anderson, D. M., Plumley, F. G. & Bhattacharya, D. (2009). Origin of Saxitoxin Biosynthetic Genes in Cyanobacteria. *PLoS ONE* 4(6):e5758. doi:10.1371/journal.pone.0005758.

- Okafor, N. (2011). *Environmental Microbiology of Aquatic and Waste Systems*. Springer Science+Business Media B.V. 307 pp.
- Oliver, R. L., Hamilton, D. P. & Brookes, J. G. (2012). Physiology, Blooms and Prediction of Planktonic Cyanobacteria. I B. A. Whitton, *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*. DOI 10.1007/978-94-007-3855-3_6. Springer Science+Business Media B. V. 155-194 p.
- O'Neil, J. M., Davis, T. W., Burford, M. A. & Gobler, C. J. (2011). *The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change*. Elsevier B. V. 313-334 p.
- Oredalen, T. J. (2002). *Akersvannet. Overvåking av vannkvalitet og toksinproduserende cyanobakterier i 2002*. NIVA, rapport-nr 4605-2002. 46 pp.
- Pettersson, L. (2001). *Flomsonekartprosjektet. Flomberegning for Skienselva*. NVE. Dokument nr 16, 22 pp.
- Pettersson, L. (2006). *Flomsonekartprosjekt. Flomberegning for Ulefoss*. NVE. Dokument nr 5-2006, 24 pp.
- Raudsandmoen, L. (2012). *Utprøving av Norges nye klassifiseringssystem for miljøtilstand i henhold til Vannforeskriftene*. Høgskolen i Telemark, fakultet for allmentvitenskapelige fag. 68 pp.
- Rognerud, S. & Løvik, J. E. (2011). *Røgden 2010 Vannkjemi og biologisk status*. NIVA, Rapport-nr 6115-2011, 16 pp.
- Sanden, G. (2009). *Telemarkskanalen og livet rundt*. Brevik Anno forlag, 288 pp.
- Simonsen, L. (2011). *Forurensningsregnskap i Vestfold*. Fylkesmannen i Vestfold, 106 pp.
- Smith, V. H., Foster, B. L., Grover, J. P., Holt, R. D., Leibold, M. A. & DeNoyelles, F. J. (2005). *Phytoplankton species richness scales consistently from laboratory microcosms to the world's oceans*. The National Academy of Sciences of the USA, Vol. 102, nr. 12. 4393-4396 p.
- Spikkeland, O. K. (2010). *Forvaltningsplan for Akersvannet naturresservat*. Fylkesmannen i Vestfold, 46 pp.
- Termo Fisher Scientific. (2012). *Dionex ICS-1100 Ion chromatography system operators Manual*. Document. No. 065289, 168 pp.
- Tikkanen, T. & Willèn, T. (1992). *Växtplanktonflora*. Stockholm: Naturvårdsverket, 280 pp.

- Utermöhl, H. (1958). *Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik*. Stuttgart E. Schweizerbart'sche verlagsbuchhandlung. No. 9, 39 pp.
- Utkilen, H., Skulberg, O. M., Underdal, B., Gjølme, N., Skulberg, R. & Kotai, J. (1996). *The rise and fall of toxigenic population of Microcystis aeruginosa (Cyanophyceae/Cyanobacteria) - a decade of observations in Lake Akersvatnet, Norway*. Phycologia, volum 35 (6 supplement). 189-197 p.
- Wedum, K. (1984). *Ammonium som forureningsparameter VA 15/84*. NIVA. Rapport-nr 0-83035, 54 pp.
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology, second edition*. Saunders College Publishing, 767 pp.
- Økland, J. & Økland, K. A. (1998). *Vann og vassdrag 3. Kjemi, fysikk og miljø*. Vett & viten as, 206 pp.
- Østrem, Flakstad, & Santha. (1984). *Dybdekart over norske innsjøer*. NVE, Meddelelse nr 48. Hydrologisk avd.

Internett referanser

atlas.nve.no:

1. <http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=Lavvann>, lest 19.02.14
2. <http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=NVEAtlas>, lest 23.11.13

e klima.no:

http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39063&_dad=portal&_schema=PORTAL, lest 30.11.13.

finn.no:

<https://kart.finn.no/>, lest 18.03.14

geo.ngu.no:

1. <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>, lest 19.02.14
2. <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>, lest 06.12.13

Goksjo.no:

<http://www.goksjo.no/>, lest 27.01.14

klart-vann.no:

<http://www.klart-vann.no/vannkvalitet/jern-mangan>, lest 10.03.14

maps.google.no:

<https://maps.google.no/>, Lest 27.01.14

nm-isfiske-2013.blogspot.no

<http://nm-isfiske-2013.blogspot.no/2012/09/dybdekart-goksj.html>, lest 27.01

Vann-nett.no:

1. <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=014-314-L>, lest 03.11.13
2. <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=015-378-L>, lest 15.11.13
3. <http://vann-nett.no/portal/Water?WaterbodyID=016-6-L>, lest 23.11.13
4. <http://vann-nett.no/saksbehandler/>, lest 14.11.13

Vedlegg

Vedlegg 1: Fysisk-kjemiske parametere – Akersvannet

Vedlegg 2: Fysisk-kjemiske parametere – Goksjø

Vedlegg 3: Fysisk-kjemiske parametere – Norsjø

Vedlegg 4: Lysintensitet

Vedlegg 5: Klorofyll a

Vedlegg 6: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Akersvannet

Vedlegg 7: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Goksjø

Vedlegg 8: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Norsjø

Vedlegg 9-12: Totalvolum av planteplankton i Akersvannet

Vedlegg 13-15: Totalvolum av planteplankton i Goksjø

Vedlegg 16-18: Totalvolum av planteplankton i Norsjø

Vedlegg 19: Microcystinkonsentrasjon i Akersvannet, Goksjø og Norsjø

Vedlegg 20: Klassifisering av økologisk tilstand i Akersvannet 2013

Vedlegg 21: Klassifisering av økologisk tilstand i Goksjø 2013

Vedlegg 22: Klassifisering av økologisk tilstand i Norsjø 2013

Vedlegg 1: Fysisk-kjemiske parametere - Akersvannet

Dato	Dyp	Temp (°C)	pH	Kond. (mS/m)	Alk. (mekv/l)	Turb. (NTU)	Farge (mg Pt/l)	O ₂ (%)	Mn (µg/l)	Fe (µg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Tot-N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	TOC (mg/l)
13.06.2013	0	17,2	8,09	17,7	0,849	4,6	28	92	11	31	11,9	4,3	4,8	14,4	18,6	10,6	1799	101	0	1488	5,6
13.06.2013	2	17,7	8,37	18,55	0,860	5,0	29	89	7	0	12,0	4,4	4,8	14,6	18,3	10,6	2008	124	159,4	1943	5,5
13.06.2013	4	17,1	8,15	17,52	0,849		35	88	12	24	11,7	4,3	4,8	14,4	18,4	10,6	1685	110	0	1351	5,7
13.06.2013	6	17	8,07	17,95	0,850	10,2	35	84	2	21	11,6	4,3	4,8	14,3	18,5	10,9	1681	102	35,2	1439	5,3
13.06.2013	8	13	7,16	17,93	0,921	7,3	33	47	7	50	12,2	4,3	4,8	14,4	18,7	10,7	1660	163	0	1456	5,4
08.07.2013	0	19,8	8,94	17,82	0,900	11,5	30	109	39	47	11,9	4,4	4,8	14,7	18,4	10,5	1660	62	0	1521	5,6
08.07.2013	2	18,9	9,06	17,96	0,904	15,0	30	107	28	36	12,1	4,4	4,9	14,7	18,3	10,7	1720	144	0	1598	5,6
08.07.2013	4	18,7	8,47	17,91	0,872	6,3	29	92	49	31	11,8	4,4	4,9	14,7	19,0	10,6	1689	64	0	1475	6,6
08.07.2013	6	18,2	7,9	18,05	0,890	5,7	28	79	96	28	12,0	4,4	4,9	14,7	18,5	10,7	1672	143	0	1459	6,4
08.07.2013	8	17,4	7,4	18,05	0,886	4,7	29	48	231	67	11,8	4,4	4,9	14,8	18,5	10,7	1687	60	0	1526	6,7
20.08.2013	0	23	8,84	18,3	0,971	11,1	55	106	38	51	12,1	4,6	5,0	15,1	18,9	10,5	1674	157	232	728	7,1
20.08.2013	2	19,4	8,63	18,23	0,967	8,5	54	87	25	42	12,1	4,6	5,0	15,0	18,9	10,4	1689	199	294	698	7,1
20.08.2013	4	19	7,9	18,23	0,963	7,6	51	75	13	42	12,1	4,6	5,0	15,0	19,0	10,5	1161	87	143	703	7,3
20.08.2013	6	19	7,88	18,24	0,965	5,0	53	73	16	47	12,0	4,6	5,0	15,1	19,0	10,6	1204	94	164	719	7,2
20.08.2013	8	18,4	7,52	18,47	1,042	7,7	52	57	172	50	11,9	4,6	5,0	15,2	18,8	10,5	1199	102	215	749	7,0
05.09.2013	0	18,6	9,16	18,22	1,052	5,8	56	74	0	29	11,6	4,7	5,1	15,6	19,6	10,5	1055	82	239	425	7,6
05.09.2013	2	18,5	9,17	18,24	1,014	6,0	54	70	0	19	11,5	4,7	5,2	15,6	19,6	10,6	1097	112	262	603	7,6
05.09.2013	4	18,6	9,2	18,3	1,013	8,3	57	73	3	18	11,5	4,7	5,1	15,5	19,7	10,7	1380	192	609	583	7,7
05.09.2013	6	18,3	8,81	18,23	1,013	6,4	58	57	4	19	11,6	4,7	5,2	15,6	20,0	10,7	1036	58	67	709	7,3
05.09.2013	8	18	8,01	18,44	1,029	4,8	52	49	24	39	10,3	3,9	4,2	13,0	10,7	6,2	993	88	64	280	7,2

Vedlegg 2: Fysisk-kjemiske parametere - Goksjø

Dato	Dyp	Temp (°C)	pH	Kond. (mS/m)	Alk. (mekv/l)	Turb. (NTU)	Farge (mg Pt/l)	O ₂ (%)	Mn (µg/l)	Fe (µg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Tot-N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	TOC (mg/l)
08.07.2013	0	18	6,9	7,84	0,396	4,1	38	84	7	97	5,2	1,3	1,7	7,0	6,8	4,7	1427	90	0	1483	6,0
08.07.2013	4	16	6,8	8,15	0,382	4,0	40	48	19	102	5,4	1,4	1,8	7,3	7,3	4,8	1590	107	0	1641	6,2
08.07.2013	8	13,5	6,7	8,13	0,361	4,9	41	51	31	120	5,4	1,4	1,8	7,1	7,4	4,8	1634	40	0	1753	6,1
08.07.2013	12	10,5	6,5	8,21	0,348	8,1	35	30	85	114	5,7	1,5	1,8	6,8	8,5	5,1	1480	56	14,7	1511	5,5
08.07.2013	16	9,5	6,5	8,15	0,339	8,7	35	23	110	129	5,6	1,4	1,8	6,7	8,6	5,1	1363	72	0	1469	5,8
20.08.2013	0	19	7,4	9,54	0,461	5,3	61	93	44	108	6,6	1,6	2,1	8,1	9,1	5,4	1353	72	125,6	1225	6,0
20.08.2013	4	18,4	7	9,53	0,453	2,9	65	79	46	122	6,6	1,6	2,0	8,1	9,1	5,7	1267	81	99,3	1148	6,0
20.08.2013	8	16,9	6,8	8,4	0,430	3,5	66	62	105	131	5,6	1,3	1,8	7,4	7,5	4,8	1097	71	69,3	1009	5,8
20.08.2013	12	11,5	6,5	8,81	0,420	6,1	72	7	350	202	5,9	1,5	1,8	7,1	8,7	4,8	1265	117	28,9	1255	5,8
20.08.2013	16	10,4	6,5	8,95	0,431	6,8	75	6	352	243	6,1	1,5	1,8	7,0	8,5	4,8	1212	73	18,3	1191	5,4
05.09.2013	0	19,6	7,2	9,61	0,424	2,5	65	62	17	112	6,8	1,7	2,2	8,4	9,6	5,3	1334	54	51,4	1253	5,9
05.09.2013	4	19,5	7,4	9,58	0,426	1,9	65	60	17	113	6,8	1,7	2,1	8,4	9,6	5,3	1267	50	0	1295	5,8
05.09.2013	8	16,5	6,8	9,23	0,400	2,4	70	21	192	151	6,5	1,6	2,1	8,0	9,1	5,0	1309	80	0	1247	5,7
05.09.2013	12	11,1	6,5	8,77	0,385	6,1	83	9	479	315	5,7	1,6	1,9	7,5	8,8	4,5	1098	96	0	1113	5,9
05.09.2013	16	11,7	6,5	8,72	0,387	8,3	86	8	457	365	5,6	1,6	1,9	7,5	8,9	4,5	1188	74	0	1154	5,9
05.09.2013	20	10,9	6,6	8,79	0,397	10,9	89	7	467	431	5,6	1,6	2,0	7,6	9,0	4,5	1118	75	0	477	6,0

Vedlegg 3: Fysisk-kjemiske parametere - Norsjø

Dato	Dyp	Temp (°C)	pH	Kond. (mS/m)	Alk. (mekv/l)	Turb. (NTU)	Farge (mg Pt/l)	O ₂ (%)	Mn (µg/l)	Fe (µg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Tot-N (µg/l)	Tot-P (µg/l)	NH ₄ ⁺ (µg/l)	NO ₃ ⁻ (µg/l)	TOC (mg/l)
12.06.2013	0	11,8	6,49	2,03	0,164	1,3	22	100	0	>20	1,0	0,2	0,3	2,2	1,3	1,9	239	40	78,2	130	2,8
12.06.2013	4	11,1	6,72	2,32	0,147	1,1	20	104	3	>20	0,8	0,2	0,3	2,1	1,3	1,8	194	28	8,7	126	2,8
12.06.2013	8	9,4	6,83	2,12	0,153	1,0	21	99	0	>20	1,1	0,2	0,3	2,1	1,2	1,8	203	107	3,3	104	2,9
12.06.2013	20	8,4	6,09	2,22	0,100	1,1	20	96	0	>20	0,7	0,2	0,3	2,0	1,3	3,6	230	40	5,6	172	2,8
12.06.2013	48	5	6,73	2,61	0,138	1,0	18	93	0	>20	0,7	0,2	0,3	2,1	1,2	1,9	218	14	0,0	129	2,6
05.07.2013	0	14,6	6,5	2,13	0,332	0,8	23	98	9	31	1,0	0,3	0,3	2,1	1,2	1,8	277	111	36,8	116	3,0
05.07.2013	4	13,3	6,93	2,16	0,134	0,8	23	94	0	>20	0,9	0,2	0,3	2,1	1,1	1,8	232	92	15,8	120	3,0
05.07.2013	8	12,7	6,74	2,07	0,197	0,9	24	106	0	>20	0,8	0,2	0,3	2,1	1,1	1,8	224	79	11,7	146	3,2
05.07.2013	25	8,5	6,7	2,16	0,133	0,8	20	98	0	>20	0,8	0,2	0,3	2,1	1,3	1,9	231	70	20,1	130	2,7
05.07.2013	48	5,6	6,74	2,06	0,139	0,7	17	92	5	>20	0,9	0,2	0,3	2,2	1,2	2,0	206	140	6,9	145	2,5
15.08.2013	0	18,9	6,43	2,2	0,171	1,4	40	99	>3	23	0,8	0,2	0,3	2,1	1,5	1,7	192	50	9,1	63	2,8
15.08.2013	4	17,8	6,91	1,76	0,146	0,8	41	94	>3	25	0,7	0,2	0,3	2,1	1,1	1,7	192	33	7,3	61	2,9
15.08.2013	7	16,4	6,91	1,93	0,147	0,6	45	92	>3	24	0,8	0,2	0,3	2,1	1,1	1,3	192	62	31,0	85	2,8
15.08.2013	25	11	6,63	2,01	0,143	0,6	41	90	>3	>20	0,8	0,2	0,3	1,9	1,1	1,3	265	77	6,9	865	2,8
15.08.2013	48	5,2	6,65	2,05	0,147	0,6	39	88	>3	>20	1,0	0,2	0,3	2,2	1,2	1,4	217	51	7,0	158	2,7

Vedlegg 4: Lysintensitet

Dyp(m)	Akersvannet (W/m ²)				Goksjø (W/m ²)			Norsjø (W/m ²)		
	12.06	08.07	20.08	05.09	08.07	20.08	05.09	12.06	05.07	15.08
0	108	420	363	65,1	242	260	198,5	80	304-106	250-400
1	26,7	43	22,7	7,6	30,1	37,9	30,4	26	51	57
2	6,38	8,5	3,3	1,95	17	11,8	9,31	13	22,6	28
3	1	1,8		0,5	3,5	3,3	2,8	6,8	10,9	43
4	0,57				1,1	0,99	1,04	4,2	5,11	19
5					0,9			2,4	2,54	9,4
6								1,4	1,24	5,04
7								0,8	0,63	2,49
8								0,45	0,15	1,38

Vedlegg 5: Klorofyll a i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i perioden juni til september 2013

Vann	Dato	Meter	Klorofyll a ($\mu\text{g/L}$)
Akersvannet	13.06.2013	0	9,1
Akersvannet	13.06.2013	2	8,9
Akersvannet	13.06.2013	4	10,0
Akersvannet	08.07.2013	0	26,8
Akersvannet	08.07.2013	2	33,4
Akersvannet	08.07.2013	3	28,9
Akersvannet	20.08.2013	0	51,5
Akersvannet	20.08.2013	1	51,6
Akersvannet	20.08.2013	2	51,7
Akersvannet	05.09.2014	0	38,2
Akersvannet	05.09.2014	2	36,9
Akersvannet	05.09.2014	3	44,3
Goksjø	08.07.2013	0	10,7
Goksjø	08.07.2013	2	8,6
Goksjø	08.07.2013	4	3,4
Goksjø	20.08.2013	0	6,2
Goksjø	20.08.2013	2	4,9
Goksjø	20.08.2013	4	5,6
Goksjø	05.09.2014	0	13,0
Goksjø	05.09.2014	2	6,8
Goksjø	05.09.2014	4	7,9
Norsjø	12.06.2013	0	2,0
Norsjø	12.06.2013	2	2,4
Norsjø	12.06.2013	4	1,8
Norsjø	12.06.2013	8	1,1
Norsjø	05.07.2013	0	0,9
Norsjø	05.07.2013	4	0,9
Norsjø	05.07.2013	8	0,7
Norsjø	15.08.2013	0	2,0
Norsjø	15.08.2013	4	2,2
Norsjø	15.08.2013	7	2,5

Vedlegg 6: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Akersvannet, håvprøver. Systematikk i henhold til Tikkanen & Willè (1992)

Artsnavn	Akersvannet 13.06.13	Akersvannet 08.07.13	Akersvannet 20.08.13	Akersvannet 09.05.13
Cyanobakterier				
<i>Gomphosphaeria aponina</i>	X	X	X	
<i>Woronichinia naegeliana</i>	X	X	X	X
<i>Microcystis aeruginosa</i>		X	X	X
<i>Chroococcus turgidus</i>	X	X		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	X	X	X	X
<i>Anabaena sp</i>				X
Rekylalger				
<i>Cryptomonas sp</i>		X	X	
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X			
Panserflagellater				
<i>Gymnodinium sp</i>	X			
<i>Ceratium hirundinella</i>	X	X	X	X
<i>Peridinium sp</i>	X			
Kiselalger				
<i>Cyclotella sp</i>			X	
<i>Stephanodiscus sp</i>				X
<i>Aulacoseira sp</i>			X	
<i>Aulacoseira granulata</i>		X	X	X
<i>Asterionella formosa</i>		X	X	X
Øyealger				
<i>Trachelomonas sp</i>			X	
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>				X
<i>Scourfieldia complanata</i>				X
Grønnalger				
<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	X	X	X	X
<i>Oocystis lacustris</i>			X	X
<i>Oocystis borgei</i>		X	X	
<i>Oocystis sp</i>				
<i>Pediastrum duplex</i>	X	X		
<i>Pediastrum boryanum</i>	X	X		
<i>Coelastrum microporum</i>			X	X
<i>Coelastrum reticulatum</i>	X	X	X	X
<i>Kirchneriella obesa</i>		X		
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>			X	X
Konjugater				

Artsnavn	Akersvannet 13.06.13	Akersvannet 08.07.13	Akersvannet 20.08.13	Akersvannet 09.05.13
<i>Closterium sp</i>		X		X
<i>Staurastrum tetracerum</i>				X
<i>Staurastrum anatinum</i>				X
<i>Staurastrum pingue</i>		X	X	
<i>Staurastrum sp</i>				X
Antall arter	12	17	18	19

Vedlegg 7: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Goksjø, håvprøver. Systematikk i henhold til Tikkanen & Willè (1992)

Artsnavn	Goksjø 08.07.13	Goksjø 20.08.13	Goksjø 05.09.13
Cyanobakterier			
<i>Snowella lacustris</i>			X
<i>Woronichinia naegeliana</i>		X	X
<i>Microcystis aeruginosa</i>	X		
<i>Chroococcus turgidus</i>	X		
<i>Chroococcus</i>			X
<i>Anabaena flos-aquae/lemermannii</i>		X	X
<i>Anabaena sp</i>	X	X	
Rekylalger			
<i>Cryptomonas sp</i>	X	X	X
<i>Rhodomonas lacustris</i>	X	X	
Panserflagellater			
<i>Ceratium hirundinella</i>			X
<i>Peridinium umbonatum</i>			X
Gulalger			
<i>Uroglena sp</i>	X	X	X
<i>Kephyrion sp</i>		X	
<i>Dinobryon sociale var americanum</i>			X
<i>Mallomonas sp</i>	X	X	X
<i>Synura sp</i>	X	X	X
Kiselalger			
<i>Rhizosolenia longiseta</i>	X	X	X
<i>Cyclotella sp</i>			X
<i>Aulacoseira sp</i>		X	X
<i>Fragilaria sp</i>	X		X
<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X	
<i>Asterionella formosa</i>			X
Øyealger			
<i>Colacium arbuscula</i>	X		
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	X		
<i>Trachelomonas sp</i>		X	
Grønnalger			
<i>Chlamydomonas sp</i>	X		
<i>Volvox aureus</i>		X	X
<i>Pandorina morum</i>			X
<i>Tetraspora lemmermannii</i>			X

Artsnavn	Goksjø 08.07.13	Goksjø 20.08.13	Goksjø 05.09.13
<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	X		X
<i>Korschikoviella limnetica</i>		X	
<i>Monoraphidium mirabile</i>		X	
<i>Monoraphidium griffithii</i>	X		
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	X	X	X
<i>Golenkinia radiata</i>			X
<i>Oocystis lacustris</i>			
<i>Oocystis borgei</i>			X
<i>Scenedesmus ecornis</i>	X	X	
<i>Quadrigula pfitzeri</i>		X	
<i>Botryococcus braunii</i>	X	X	X
<i>Nephrocytium limneticum</i>			X
<i>Nephrocytium agardhianum</i>		X	X
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	X	X	
<i>Coenochloris pyrenoidosa</i>	X	X	X
Konjugater			
<i>Closterium sp</i>	X		
<i>Closterium macilentum</i>	X	X	
<i>Closterium acutum</i>	X		
<i>Cosmarium depressum</i>	X		
<i>Staurastrum avicula</i>		X	
<i>Staurastrum pseudopelagicum</i>		X	X
<i>Staurastrum pingue</i>		X	X
Antall	25	27	29

Vedlegg 8: Taxonomisk oversikt over planteplankton i Norsjø, håvprøver. Systematikk i henhold til Tikkanen & Willè (1992)

Artsnavn	Norsjø 12.06.13	Norsjø 05.07.13	Norsjø 15.08.13
Cyanobakterier			
<i>Snowella lacustris</i>	X	X	X
<i>Aphanothece sp</i>			X
<i>Chroococcus turgidus</i>	X	X	X
<i>Chroococcus sp</i>		X	X
<i>Eucapsis minuta</i>			X
<i>Merismopedia sp</i>			X
<i>Phormidium tenue</i>	X		
<i>Planktothrix agardhii</i>		X	X
<i>Anabaena flos-aquae/lemmermannii</i>			X
<i>Anabaena sp</i>	X		
Rekylalger			
<i>Cryptomonas sp</i>	X	X	X
<i>Rhodomonas lacustris</i>		X	X
Panserflagellater			
<i>Gymnodinium sp</i>			X
<i>Ceratium hirundinella</i>		X	X
<i>Peridinium umbonatum</i>	X	X	X
<i>Peridinium willei</i>			X
<i>Peridinium sp</i>	X	X	
Gulalger			
<i>Stichogloea doederleinii</i>		X	X
<i>Bitrichia chodatii</i>		X	X
<i>Dinobryon sertularia</i>	X	X	X
<i>Dinobryon cylindricum</i>	X	X	X
<i>Dinobryon bavaricum</i>	X	X	X
<i>Dinobryon divergens</i>	X	X	X
<i>Dinobryon sociale var americanum</i>	X	X	
<i>Mallomonas sp</i>	X	X	X
<i>Synura sp</i>	X	X	X
Kiselalger			
<i>Rhizosolenia longiseta</i>	X	X	X
<i>Cyclotella sp</i>			X
<i>Stephanodiscus rotula</i>	X		
<i>Aulacoseira islandica</i>			X
<i>Fragilaria sp</i>	X	X	X
<i>Tabellaria flocculosa</i>	X	X	X
<i>Asterionella formosa</i>	X	X	X

Artsnavn	Norsjø 12.06.13	Norsjø 05.07.13	Norsjø 15.08.13
Øyealger			
<i>Phacus sp</i>			X
<i>Trachelomonas varians</i>	X		
<i>Trachelomonas sp</i>		X	
<i>Scourfieldia complanata</i>	X		
Grønnalger			
<i>Chlamydomonas sp</i>	X	X	X
<i>Gonium pectorale</i>	X		
<i>Chlamydocapsa planctonica</i>	X	X	X
<i>Monoraphidium griffithii</i>			X
<i>Golenkinia radiata</i>	X	X	X
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	X	X	
<i>Oocystis lacustris</i>		X	X
<i>Oocystis borgei</i>	X	X	X
<i>Oocystis sp</i>		X	X
<i>Pediastrum duplex</i>		X	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>			X
<i>Tetrastrum komarekii</i>			X
<i>Tetrastrum triangulare</i>		X	X
<i>Willea irregularis</i>		X	X
<i>Actinastrum sp</i>		X	
<i>Quadrigula pfitzeri</i>	X	X	X
<i>Quadrigula closterioides</i>		X	X
<i>Botryococcus braunii</i>	X	X	X
<i>Nephrocytium limneticum</i>		X	X
<i>Nephrocytium agardhianum</i>	X	X	X
<i>Dictyoshaerium pulchellum</i>		X	X
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	X	X	X
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	X	X	X
<i>Elakatothrix genevensis</i>	X	X	X
<i>Elakatothrix biplex</i>			X
<i>Gloeotilia sp</i>			X
Konjugater			
<i>Cosmarium depressum</i>	X	X	X
<i>Starurodesmus sp</i>		X	X
<i>Starurodesmus triangularis</i>	X		
<i>Staurastrum incas</i>		X	
<i>Staurastrum gracileus</i>	X		X
<i>Spondylosium planum</i>	X	X	X
<i>Euastrum sp</i>		X	X
Sum antall	37	48	56

Akersvannet 13.06.13		10 ml									
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind	vol/l
										um3	um3
Kiselalger											
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	0,5	100	3145,0			18,75	6,25		3,14xhxd2/4	575,0	1808239,9
Sum											1808239,9
Øyealger											
<i>Chlamydomonas sp</i>	5	100	31450,3	6,25					3,14xd^3/6	127,8	4018310,8
Sum											4018310,8
Grønnalger											
<i>Monoraphidium griffithi</i>	2	100	12580,1	18,75			3,125		3,14xd2xh/12	47,9	602746,6
<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	5	100	31450,3	6,25	3,125				(3,14xld2/6)*4	127,8	4018310,8
Sum											4621057,4
Diverse	8	100	50320,5			6,25	3,125		3,14xhxd2/4	47,9	2410986,5
Diverse	3	100	18870,2			6,25	4,167		3,14xhxd2/4	85,2	1607324,3
Diverse	1	100	6290,1			6,25	3,125		3,14xhxd2/4	47,9	301373,3
Diverse	1	100	6290,1			18,75	3,125		3,14xhxd2/4	143,7	904119,9
Sum											5223804,1
									um3/l		407837300,8
									mm3/l		0,408
									mm3/m3		408

Akersvannet 08.07.13											
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind	vol/l
										um3	um3
Kiselalger											
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	0,5	100	3145,0			25	9,375		3,14xhxd ² /4	1724,9	5424719,6
<i>Aulacoseira sp</i>	1	100	6290,1			9,375	9,375		3,14xhxd ² /4	646,8	4068539,7
Sum											9493259,3
Øyealger											
<i>Trachelomonas sp</i>	1	100	6290,1	12,5					3,14xd ³ /6	1022,1	6429297,3
<i>Scourfieldia complanata</i>	1	100	6290,1	4,16667					3,14xd ³ /6	37,9	238122,1
<i>Scourfieldia complanata</i>	1	100	6290,1			12,5	6,25		3,14xhxd ² /4	383,3	2410986,5
Sum											15357016,5
Grønnalger											
<i>Chlamydomonas sp</i>	4	100	25160,3	7,8125					3,14xd ³ /6	249,5	6278610,6
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	1	100	6290,1	9,375					3,14xd ³ /6	431,2	2712359,8
<i>Keratococcus suecicus</i>	1	100	6290,1	37,5			3,125		3,14xd ² xh/12	95,8	602746,6
<i>Coelastrum reticulatum</i>	3	100	18870,2	4,16667					3,14xd ³ /6	378,6	7143663,7
<i>Coelastrum reticulatum</i>	2	100	12580,1	4,16667					3,14xd ³ /6	605,7	7619907,9
<i>Coelastrum reticulatum</i>	3	100	18870,2	3,125					3,14xd ³ /6	255,5	4821973,0
<i>Coelastrum reticulatum</i>	1	100	6290,1	3,125					3,14xd ³ /6	159,7	1004577,7
Sum											23905228,6
Diverse	9	100	56610,6			6,25	3,125		3,14xhxd ² /4	47,9	2712359,8
Sum											2712359,8
									um3/l		1418208885
									mm3/l		1,418208885
									mm3/m3		1418,208885

Vedlegg 11: Totalvolum av planteplankton i Akersvannet 20.08.13

Akersvannet 20.08.13											
Art	Antall	10ml Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind um ³	vol/l um ³
<i>Ceratium hirundinella</i>	7782		778200	21,25	3,625	10,9375	3,125	42,1875	$3,14/12(D^3+l*b^2+2hd^2)$	19776,1	15389780441,8
Sum											15389780441,8
Kuler u/flageller	121	3	25369925,2	1,25					$3,14xd^3/6$	1,0	25931499,1
Kuler u/flageller	101	17	3737038,1	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	59683734,1
Kuler u/flageller	40	100	251602,6	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	32146486,5
Kuler u/flageller	2	100	12580,1	9,375					$3,14xd^3/6$	431,2	5424719,6
Kuler u/flageller	2	100	12580,1	12,5					$3,14xd^3/6$	1022,1	12858594,6
Sum											136045033,8
Kuler m/flageller	6	100	37740,4	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	602746,6
Kuler m/flageller	8	100	50320,5	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	6429297,3
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	12,5					$3,14xd^3/6$	1022,1	6429297,3
Sum											13461341,2
Cyanobaktarier											
<i>Woronichinia naegeliana</i>	230,89	100	1452323,7	2,5					$3,14xd^3/6$	8,2	11875772,1
<i>Microcystis aeruginosa</i>	188,54	100	1185897,4	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	18939808,9
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	30	100	188701,9			72,5	3,125		$3,14xhxd^2/4$	555,8	104877912,1
Sum											135693493,1
Rekylalger											
<i>Cryptomonas sp</i>	3	100	18870,2	18,75	10,42				$3,14xlbh/6 (h=8*b)$	8517,8	160732432,3
<i>Rhodomonas lacustris</i>	21,5	100	135236,4	10,625			5,938		$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	125,4	16958539,9
Sum											177690972,2

Akersvannet 20.08.13											
Art	Antall	10ml Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind um3	vol/l um3
Gullalger											
<i>Mallomonas sp</i>	1	100	6290,1	18,75	12,5				$3,14lbh/6$	12265,6	77151567,5
<i>Synura sp</i>	2	100	12580,1	8,33333			6,25		$3,14xd^2/12 \times (d/2+l)$	117,1	1473380,6
Sum											78624948,1
Grønnalger											
<i>Pediastrum boryanum</i>	1	100	6290,1			8,33333	37,5		$3,14xhxd^2/4$	9199,2	57863675,6
<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	1	100	6290,1	9,375	3,125				$(3,14xld^2/6)*4$	191,7	1796,7
Sum											57865472,4
Diverse	4	100	25160,3			7,8125	7,25		$3,14xhxd^2/4$	322,4	8110558,5
Diverse	2	100	12580,1			9,375	6,25		$3,14xhxd^2/4$	287,5	3616479,7
Sum											11727038,3
									um3/l		16000888741
									mm3/l		16,00088874
									mm3/m3		16000,88874

Vedlegg 12: Totalvolum av planteplankton i Akersvannet 05.09.13

Akersvannet 05.09.13											
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind um ³	vol/l um ³
<i>Ceratium hirundinella</i>	3654		365400	20,625	3,125	8,4375	6,4125	45	$3,14/12(D^3+l*b^2+2hd^2)$	24078,7	8798338727,3
Sum											8798338727,3
Kuler u/flageller	125	6	13104300,2	1,25					$3,14xd^3/6$	1,0	13394369,4
Kuler u/flageller	102	18	3564369,7	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	56926069,8
Kuler u/flageller	48	100	301923,1	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	38575783,8
Kuler u/flageller	4,75	100	29877,8	9,375					$3,14xd^3/6$	431,2	12883709,0
Sum											121779931,9
Kuler m/flageller	3	100	18870,2	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	301373,3
Kuler m/flageller	11	100	69190,7	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	8840283,8
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	12,5					$3,14xd^3/6$	1022,1	6429297,3
Sum											15570954,4
Cyanobakterier											
<i>Snowella lacustris</i>	50,96	100	320512,8	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	5118867,3
<i>Woronichinia naegeliana</i>	750,4	100	4720052,1	2,5					$3,14xd^3/6$	8,2	38596259,2
<i>Microcystis aeruginosa</i>	12	100	75480,8	2,5					$3,14xd^3/6$	8,2	617212,5
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	57	100	358533,7			61,623	3,125		$3,14xhxd^2/4$	472,4	169371800,5
Sum											213704139,6
Rekylalger											
<i>Cryptomonas sp</i>	2	100	12580,1	15,625	10,94				$3,14xlbh/6 (h=8*b)$	7825,7	98448614,8
<i>Rhodomonas lacustris</i>	9,5	100	59755,6	13,5313			5,46875		$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	127,3	7606309,2

Akersvannet 05.09.13											
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l	
									um3	um3	
Sum											106054924,0
Gulalge											
<i>Mallomonas sp</i>	2	100	12580,128	21,875	12,5			3,14lbh/6	14309,9		180020324,2
Sum											180020324,2
Øyealge											
<i>Scourfieldia complanata</i>	13	100	81770,833			6,25	4,01786	3,14xhxd2/4	79,2		6476450,9
Sum											6476450,9
Kiselalge											
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	2	100	12580,128			18,75	6,25	3,14xhxd2/4	575,0		7232959,5
<i>Aulacoseira granulata</i>	1	100	6290,0641			31,25	6,25	3,14xhxd2/4	958,3		6027466,2
Sum											13260425,7
Diverse	5	100	31450,321			3,125	3,125	3,14xhxd2/4	24,0		753433,3
Sum											753433,3
								um3/l			9455959311
								mm3/l			9,455959311
								mm3/m3			9455,959311

Vedlegg 13: Totalvolum av planteplankton i Goksjø 08.07.13

Goksjø 08.07.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um ³	um ³
Kuler u/flageller	119	3	24950587,6	1,25				$3,14xd^3/6$	1,0	25502879,3
Kuler u/flageller	100	16	3931290,1	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	62786106,4
Kuler u/flageller	61	100	383693,9	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	49023391,9
Kuler u/flageller	11	100	69190,7	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	29835957,7
Kuler u/flageller	5	100	31450,3	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	32146486,5
Kuler u/flageller	1	100	6290,1	18,75				$3,14xd^3/6$	3449,7	21698878,4
Sum										220993700,1
Kuler m/flageller	19	100	119511,2	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	1908697,6
Kuler m/flageller	18	100	113221,2	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	14465918,9
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	2712359,8
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	6429297,3
Sum										25516273,6
Rekylalger										
<i>Cryptomonas sp</i>	64,5	100	405709,1	22,266	11,578			$3,14xlbh/6$ (h=8*b)	12496,3	5069843216,1
<i>Rhodomonas lacustris</i>	100	63	998422,9	7,9861			5,1	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	71,7	71595152,4
Sum										5141438368,5
Gullalger										
<i>Uroglena sp</i>	24	100	150961,5	6,25	3,125			$3,14xld^2/6$	31,9	4821973,0
<i>Mallomonas sp</i>	2,5	100	15725,2	12,5	10,938			$3,14lbh/6$	6260,6	98448614,8
<i>Synura sp</i>	12	100	75480,8	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	9643945,9
Sum										112914533,7

Goksjø 08.07.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind um3	vol/l um3
Øyealger										
<i>Chlamydomonas sp</i>	10	100	62900,6	8,6806				3,14xd ³ /6	342,3	21531586,5
Sum										21531586,5
Kiselalger										
<i>Aulacoseira sp</i>	1	100	6290,1			56,25	9,375	3,14xhxd ² /4	3880,9	24411238,2
Sum										24411238,2
Grønnalger										
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	3	100	18870,2	12,5				3,14xd ³ /6	1022,1	19287891,9
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	7	100	44030,4	6,25				3,14xd ³ /6	127,8	5625635,1
Sum										342628243,8
Diverse	1	100	6290,1	12,5	6,25			3,14xlxd ² /6	255,5	1607324,3
Diverse	2	100	12580,1			40,63	3,125	3,14xhxd ² /4	311,4	3917853,0
Diverse	1	100	6290,1			9,375	3,125	3,14xhxd ² /4	71,9	452060,0
Diverse (Kiselalge)	1	100	6290,1			18,75	6,25	3,14xhxd ² /4	575,0	3616479,7
Sum										9593717,1
								um3/l		5899027661
								mm3/l		5,899027661
								mm3/m3		5899,027661

Vedlegg 14: Totalvolum av planteplankton i Goksjø 20.08.13

Goksjø 20.08.13										
Art	Antall	25 ml Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind um ³	vol/l um ³
Kuler u/flageller	135	4	21228966,3	1,25				$3,14xd^3/6$	1,0	21698878,4
Kuler u/flageller	100	14	4492902,9	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	71755550,1
Kuler u/flageller	58	100	364823,7	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	46612405,4
Kuler u/flageller	6	100	37740,4	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	16274158,8
Kuler u/flageller	6	100	37740,4	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	38575783,8
Sum										194916776,4
Kuler m/flageller	17	100	106931,1	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	1707782,1
Kuler m/flageller	6	100	37740,4	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	4821973,0
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	2712359,8
Sum										9242114,9
Cyanobakterier										
<i>Chroococcous sp</i>	4	100	25160,3	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	401831,1
Sum										401831,1
Rekylalger										
<i>Cryptomonas sp</i>	12	100	75480,8	21,307	11,364			$3,14xlbh/6$ (h=8*b)	11519,2	869476718,7
<i>Rhodomonas lacustris</i>	27	100	169831,7	10,313			6,25	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	137,3	23326294,2
Sum										23326294,2
Gullalger										
<i>Synura sp</i>	12	100	75480,8	12,5			3,725	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	52,1	3936110,8
Sum										3936110,8

Goksjø 20.08.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um3	um3
Kiselalger										
<i>Aulacoseira sp</i>	1	100	6290,1			18,75	6,25	3,14xhxd ² /4	575,0	3616479,7
Sum										3616479,7
Øyelager										
<i>Chlamydomonas sp</i>	2	100	12580,1	6,25				3,14xd ³ /6	127,8	1607324,3
Sum										1607324,3
Konjugater										
<i>Closterium acutum</i>	2	100	12580,1			12,5	2,6042	3,14*d ² *h/12	44,4	558098,7
Sum										558098,7
Grønnalger										
<i>Monoraphidium griffithi</i>	10,5	100	66045,7	16,25			2,625	3,14xd ² xh/12	29,3	1935106,0
<i>Scenedesmus ecornis</i>	1	100	6290,1	6,25	2,0833			(3,14xd ² /6)*4	56,8	357183,2
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	2	100	12580,1	6,25				3,14xd ³ /6	127,8	1607324,3
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	1	100	6290,1	15,625				3,14xd ³ /6	1996,4	12557221,3
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	1	100	6290,1	12,5				3,14xd ³ /6	1022,1	6429297,3
Sum										22886132,0
Diverse	5	100	31450,3			6,875	3,325	3,14xhxd ² /4	59,7	1876509,4
Diverse	29	100	182411,9			6,45	3,125	3,14xhxd ² /4	49,4	9019500,4
Sum										10896009,8
								um3/l		271387172
								mm3/l		0,271387172
								mm3/m3		271,387172

Vedlegg 15: Totalvolum av planteplankton i Goksjø 09.05.13

Goksjø 05.09.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um ³	um ³
Kuler u/flageller	120	4	18870192,3	1,25				$3,14xd^3/6$	1,0	19287891,9
Kuler u/flageller	100	14	4492902,9	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	71755550,1
Kuler u/flageller	60	100	377403,8	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	48219729,7
Kuler u/flageller	18	100	113221,2	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	48822476,3
Kuler u/flageller	12,5	100	78625,8	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	80366216,2
Sum										268451864,2
Kuler m/flageller	7	100	44030,4	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	703204,4
Kuler m/flageller	5	100	31450,3	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	4018310,8
Kuler m/flageller	2	100	12580,1	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	5424719,6
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	6429297,3
Sum										16575532,1
Rekylalger										
<i>Cryptomonas sp</i>	40	100	251602,6	23,125	11,875			$3,14xlbh/6$ (h=8*b)	13652,7	3435044957,3
<i>Rhodomonas lacustris</i>	65	100	408854,2	8,75			5,2	$3,14xd^2/12 \times (d/2+l)$	80,3	32833666,2
Sum										3467878623,6
Gullalger										
<i>Uroglena sp</i>	6	100	37740,4	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	602746,6
<i>Mallomonas sp</i>	1	100	6290,1	43,75	15,625			$3,14lbh/6$	44718,4	281281756,5
<i>Mallomonas sp</i>	1	100	6290,1	18,75	12,5			$3,14lbh/6$	12265,6	77151567,5
<i>Synura sp</i>	6	100	37740,4	11,875			3,125	$3,14xd^2/12 \times (d/2+l)$	34,3	1295905,2
Sum										360331975,9

Goksjø 05.09.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind um3	vol/l um3
Kiselalger										
Diverse (Kiselalge)	1	100	6290,1			18,75	6,25	3,14xhxd2/4	575,0	3616479,7
Sum										3616479,7
Øyealger										
<i>Scourfieldia complanata</i>	2	100	12580,1				3,125	3,14xhxd2/4	95,8	1205493,2
Sum										3053890,5
Konjugater										
<i>Chlamydomonas sp</i>	1	100	6290,1	8,25				3,14xd ³ /6	293,9	1848397,3
<i>Closterium acutum var variabile</i>	0,5	100	3145,0			75	3,125	3,14*d ² *h/12	383,3	1205493,2
Sum										1205493,2
Grønnalger										
<i>Monoraphidium griffithi</i>	4	100	25160,3	20,313			3,125	3,14xd2xh/12	51,9	1305951,0
<i>Tetrastrum komarekii</i>	1	100	6290,1	3,125				(3,14xd ³ /6)*4	63,9	401831,1
Sum										737721629,8
Diverse	1	100	6290,0641	56,25	18,75			3,14xld2/6	10349,1	65096635,1
Diverse	1	100	6290,0641	31,25	15,625			3,14xld2/6	3992,7	25114442,5
Diverse	2	100	12580,1282	18,75			3,125	3,14xd2xh/12	47,9	602746,6
Diverse	4	100	25160,2564			13,542	3,125	3,14xhxd2/4	103,8	2611902,0
Diverse	26	100	163541,667			6,5625	3,75	3,14xhxd2/4	72,4	11847587,6
Diverse	5	100	31450,3205	3,125	2,0833			(3,14xld2/6)*2	14,2	446479,0
Diverse	1	100	6290,0641	6,25	3,125			(3,14xld2/6)*2	63,9	401831,1
Sum										106121623,9

Goksjø 05.09.13		25 ml								
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um3	um3
								um3/l		4964957113
								mm3/l		4,964957113
								mm3/m3		4964,957113

Vedlegg 16: Totalvolum av planteplankton i Norsjø 12.06.13

Norsjø 12.06.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um ³	um ³
Kuler u/flageller	123	10	7736778,8	1,25				$3,14xd^3/6$	1,0	7908035,7
Kuler u/flageller	100	34	1850018,9	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	29546403,0
Kuler u/flageller	32	100	201282,1	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	25717189,2
Kuler u/flageller	3	100	18870,2	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	8137079,4
Kuler u/flageller	1	100	6290,1	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	6429297,3
Sum										77738004,5
Kuler m/flageller	4	100	25160,3	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	401831,1
Kuler m/flageller	10	100	62900,6	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	8036621,6
Kuler m/flageller	12	100	75480,8	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	32548317,5
Kuler m/flageller	2	100	12580,1	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	12858594,6
Sum										53845364,8
Rekylalger										
<i>Cryptomonas sp</i>	1	100	6290,1	15,625	8,333			$3,14xlbh/6 (h=8*b)$	4542,8	28574654,6
<i>Cryptomonas sp</i>	2	100	12580,1	6,25	3,125			$3,14xlbh/6 (h=8*b)$	255,5	3214648,6
<i>Rhodomonas lacustris</i>	5	100	31450,3	12,5			9	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	360,3	11332022,2
Sum									5158,7	43121325,5
Gullalger										
<i>Dinobryon sp</i>	20	100	125801,3	7,5	4,688			$3,14xld^2/6$	86,2	10849439,2
<i>Mallomonas sp</i>	1	100	6290,1	8,3333	6,25			$3,14lbh/6$	1362,8	8572396,4
Sum									1449,1	19421835,6

Norsjø 12.06.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind um3	vol/l um3
Øyealger										
<i>Scourfieldia complanata</i>	2	100	12580,1				3,792	3,14xhxd2/4	171,2	2153303,1
Sum									171,2	2153303,1
Kiselalge										
<i>Tabellaria flocculosa</i>	6	100	37740,4	18,75	15,63			L*B*h	4577,6	172761770,4
Sum									4577,6	172761770,4
Grønnalger										
<i>Chlamydomonas sp</i>	91	100	572395,8	6,4722	5,667			3,14xlxd2/6	108,8	62256344,3
<i>Planktosphaeria Gelatinosa</i>	7	100	44030,4	18,75				3,14xd^3/6	3449,7	151892148,5
<i>Monoraphidium griffithi</i>	2	100	12580,1	53,125			1,25	3,14xd2xh/12	21,7	273245,1
Sum										214421737,9
Diverse	1	100	6290,1	12,5	9,375			3,14xlxd2/6	575,0	3616479,7
Diverse	1	100	6290,1			18,75	1,25	3,14xhxd2/4	23,0	144659,2
Diverse	1	100	6290,1			3,125	1,25	3,14xhxd2/4	3,8	24109,9
Sum										3785248,8
								um3/l		587248590,6
								mm3/l		0,587248591
								mm3/m3		587,2485906

Vedlegg 17: Totalvolum av planteplankton i Norsjø 05.07.13

Norsjø 05.07.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind	vol/l
									um ³	um ³
Kuler u/flageller	120	4	18870192,3	1,25				$3,14xd^3/6$	1,0	19287891,9
Kuler u/flageller	104	13	5032051,3	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	80366216,2
Kuler u/flageller	58	100	364823,7	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	46612405,4
Kuler u/flageller	14	100	88060,9	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	37973037,1
Kuler u/flageller	6	100	37740,4	12,5				$3,14xd^3/6$	1022,1	38575783,8
Sum									1598,1	222815334,3
Kuler m/flageller	6	100	37740,4	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	602746,6
Kuler m/flageller	9	100	56610,6	6,25				$3,14xd^3/6$	127,8	7232959,5
Kuler m/flageller	1	100	6290,1	9,375				$3,14xd^3/6$	431,2	2712359,8
Sum									575,0	10548065,9
Rekylalger										
<i>Cryptomonas sp</i>	2	100	12580,1	25	12,5			$3,14xlbh/6$ (h=8*b)	16354,2	205737513,4
<i>Rhodomonas lacustris</i>	18	100	113221,2	11,875			3,125	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	34,3	3887715,7
Sum									16388,5	209625229,1
Gullalger										
<i>Dinobryon sociale var. americanum</i>	2	100	12580,1	8,8125	6,25			$3,14xld^2/6$	180,2	2266327,3
<i>Synura sp</i>	2	100	12580,1	7,8125			4,688	$3,14xd^2/12 x(d/2+l)$	58,4	734597,4
Sum									238,5	3000924,7
Kiselalger										
<i>Astrionella formosa</i>	2	100	12580,1	18,75	3,125			$l*b*h$	183,1	2303490,3

Norsjø 05.07.13										
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d	Formel	vol/ind um3	vol/l um3
Sum									183,1	2303490,3
Grønnalger										
<i>Golenkinia radiata</i>	1	100	6290,1	3,125				$3,14xd^3/6$	16,0	100457,8
Sum									16,0	100457,8
Diverse	24	100	150961,5	6,25	3,125			$3,14xld^2/6$	31,9	4821973,0
Diverse	9	100	56610,6	7,2917	3,125			$3,14xld^2/6$	37,3	2109613,2
Diverse	2	100	12580,1			15,63	3,125	$3,14xhxd^2/4$	119,8	1506866,6
Diverse	1	100	6290,1			6,25	3,125	$3,14xhxd^2/4$	47,9	301373,3
Sum										8739826,0
								um3/l		457133328
								mm3/l		0,457133328
								mm3/m3		457,133328

Vedlegg 18: Totalvolum av planteplankton i Norsjø 20.08.13

Norsjø 15.08.13											
Art	Antall	Ruter	antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind	vol/l
										um ³	um ³
<i>Ceratium hirundinella</i>	25		500	28,125	3,125	15,625	3,125	58,125	$3,14/12(D^3+l*b^2+2hd^2)$	51536,8	25768417,2
<i>Astrionella formosa</i>	241		4820	23,125	2,0833				$l*b*h$	100,4	483778,2
Sum											26252195,4
Kuler u/flageller	108	11	6175699,3	1,25					$3,14xd^3/6$	1,0	6312401,0
Kuler u/flageller	100	27	2329653,4	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	37206581,6
Kuler u/flageller	51	100	320793,3	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	40986770,2
Kuler u/flageller	13	100	81770,8	9,375					$3,14xd^3/6$	431,2	35260677,3
Kuler u/flageller	16	100	100641,0	12,5					$3,14xd^3/6$	1022,1	102868756,7
Kuler u/flageller	1	100	6290,1	18,75					$3,14xd^3/6$	3449,7	21698878,4
Sum											244334065,1
Kuler m/flageller	11	100	69190,7	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	1105035,5
Kuler m/flageller	4	100	25160,3	6,25					$3,14xd^3/6$	127,8	3214648,6
Kuler m/flageller	2	100	12580,1	9,375					$3,14xd^3/6$	431,2	5424719,6
Sum											9744403,7
Cyanobakterier											
<i>Microcystis aeruginosa</i>	4	100	25160,3	1,25					$3,14xd^3/6$	1,0	25717,2
<i>Chroococcous sp</i>	2	100	12580,1	3,125					$3,14xd^3/6$	16,0	200915,5
Sum											226632,7
Rekylalger											

Norsjø 15.08.13											
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind	vol/l
										um3	um3
<i>Cryptomonas sp</i>	4,25	100	26732,8	23,438	7,8125				$3,14 \times l \times b \times h / 6$ (h=8*b)	5989,1	160104571,2
<i>Rhodomonas lacustris</i>	10	100	62900,6	10,156			5,719		$3,14 \times d^2 / 12 \times (d/2 + l)$	111,4	7006009,5
Sum											167110580,8
Panserflaggelater											
<i>Peridinium umbonatum</i>	0,25	100	1572,5	12,5			6,25		$0,75 \times 3,14 \times d^2 / 12 \times (d/2 + l)$	119,8	188358,3
Sum										119,8	188358,3
Gullalger											
<i>Dinobryon sp</i>	2,25	100	14152,6	12,5	3,125				$3,14 \times l \times d^2 / 6$	63,9	904119,9
<i>Mallomonas sp</i>	1	100	6290,1	8,3333	6,25				$3,14 \times l \times b \times h / 6$	1362,8	8572396,4
Sum										1426,7	9476516,3
Kiselalger											
<i>Stephanodiscus sp</i>	2	100	12580,1			8,33333	4,167		$3,14 \times h \times d^2 / 4$	113,6	1428732,7
<i>Tabellaria flocculosa</i>	1	100	6290,1	50	12,5				$L \times B \times h$	7812,5	49141125,8
Diverse Kiselalge	2	100	12580,1				18,75	6,25	$3,14 \times h \times d^2 / 4$	575,0	7232959,5
Sum										7926,1	57802818,0
Grønnalger											
<i>Chlamydomonas sp</i>	1	100	6290,1	6,25					$3,14 \times d^3 / 6$	127,8	803662,2
<i>Monoraphidium griffithi</i>	1	100	6290,1	18,75			1,25		$3,14 \times d^2 \times h / 12$	7,7	48219,7
Sum										135,4	851881,9
Diverse	2	100	12580,1	6,25	3,125				$3,14 \times l \times d^2 / 6$	31,9	401831,1
Diverse	6	100	37740,4	6,25	3,125				$3,14 \times l \times d^2 / 6$	31,9	1205493,2
Diverse	4	100	25160,3				12,5	6,25	$3,14 \times h \times d^2 / 4$	383,3	9643945,9

Norsjø 15.08.13											
Art	Antall	Ruter	Antall/l	l	b	h	d		Formel	vol/ind	vol/l
										um3	um3
Diverse	1	100	6290,1			6,25	3,125		3,14xhxd2/4	47,9	301373,3
Diverse	3,5	100	22015,2			20,8333	3,125		3,14xhxd2/4	159,7	3516022,0
Diverse	2	100	12580,1	43,75			2,083		3,14xd2xh/12	49,7	625070,6
Diverse	4	100	25160,3	3,125	2,0833				3,14xld2/6	7,1	178591,6
Sum										711,6	15872327,7
									um3/l		531859779,9
									mm3/l		0,53185978
									mm3/m3		531,8597799

Vedlegg 19: Microcystinkonsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$) i Akersvannet, Goksjø og Norsjø i perioden juni til september 2013.

Akersvannet		Goksjø		Norsjø	
Dyp (m)	13.jun	Dyp (m)	08.jul	Dyp (m)	12.jun
0	< 0,15	0	< 0,15	0	< 0,15
2	< 0,15	2	< 0,15	2	< 0,15
4	< 0,15	4	< 0,15	4	< 0,15
				8	< 0,15
Dyp (m)	08.jul	Dyp (m)	20.aug	Dyp (m)	05.jul
0	< 0,15	0	< 0,15	0	< 0,15
2	< 0,15	2	< 0,15	4	< 0,15
3	< 0,15	4	< 0,15	8	< 0,15
Dyp (m)	20.aug	Dyp (m)	05.sep	Dyp (m)	15.aug
0	0,653	0	< 0,15	0	< 0,15
1	0,307	2	< 0,15	4	< 0,15
2	0,443	4	< 0,15	7	< 0,15
	0,4673				
				Dyp (m)	02.aug
Dyp (m)	27.aug			0	< 0,15
0	0,346				
Dyp (m)	05.sep				
0	0,466				
2	1,32				
3	0,571				
	0,786				

Vedlegg 21: Klassifisering av økologisk tilstand Goksjø 2013.

Klassifisering av økologisk tilstand		Vannforekomst (navn)		Vannforekomstkode		Høyderegion		Alkalitet (kalkholdighet)		Kalsium (mg/l)		Farge (humus)		Størrelse		Vanntype (kode)	
		Goksjø	L-N8a	Lavland (< 200 m.o.h.)	Middels kalkrik	1-4 mg/l	Humørs	Middels	9								
Parameterkategori	Indeks eller parameter	Verdi	Klasse	EQR	Norm.EQR	Grenseverdier for indeks eller parameter											
Biologiske kvalitetselementer	Planteplankton, klorofyll a, µg/l	7,4	G	0,47	0,77	Ref.verdi	Beste mulige verdi	SG/G	G/M	M/D	D/SD	Verse mulige verdi					
	Planteplankton, biovolum (mg/l)	3,71	D	0,49	0,34	3,5	0,34	7	10,5	20	40	7					
	(Planteplankton biomasse = middel av kl-f.a og biovolum)							0,77	1,24	2,66	6,03						
	Planteplankton, trofisk indeks (PTI)				0,55			2,39	2,56	2,73	3,07	4					
	(Planteplankton, middel av biomasse og PTI)																
	Planteplankton, max. biomasse cyanobakterer (mg/l)	0,40	G	0,96	0,74	0		0,16	1	2	5	10					
	Totalvurdering planteplankton		M		0,55												
	Vannplanter, trofisk indeks (Tic)																
	Totalvurdering vannplanter																
	Bunntfauna forsøringsindeks 1																
Bunntfauna, MultiClear (kun lav-alk.)																	
Bunntfauna, Skjoldkreps (Lepidurus)																	
Bunntfauna, Marflo (Gammarus)																	
Totalvurdering bunntfauna																	
Fisk, W/S-FBI																	
Fisk, fiskeindeks: endring fiskesamfunn																	
Fisk, fangstbytte aure: CPUE (kun lav-alk.)																	
Fisk, reduksjon i rekrutteringsareal aure, % endring																	
Fisk, reduksjon i produksjonsareal aure, % endring																	
Totalvurdering fisk																	
Totalvurdering biologiske kvalitetselementer		M			0,55												
Fysisk-kjemiske kvalitetselementer	Total fosfor, µg/l	32	M	0,22	0,45	7		13	20	39	65						
Total nitrogen, µg/l	1372	D	0,24	0,38	325		550	775	1320	2025							
Siktedyp, m	1,5	D	0,48	0,27	3,1		2,7	2,4	1,9	1,3							
pH (kun lav-alk.)																	
ANC, pekløfl (kun lav-alk.)																	
LA1, µg/l (kun lav-alk.)																	
Totalvurdering eutrofiingsparametre		D			0,36												
Totalvurdering forsøringsparametre																	
Totalvurdering for vannforekomsten, uten hydromorfologi		M			0,55												
Hydromorfologiske kvalitetselementer	Reguleringshøyde, m	0	SG					1	3								
Totalvurdering hydromorfologiske kvalitetselementer		SG															
Totalvurdering for vannforekomsten, med hydromorfologi		M															

