

R A P P O R T

Problemkartlegging
av 20 innsjøar med moglege
blågrønalge-blømingar
i Nordhordland 2012-2013



Rådgivende Biologer AS 1855



Rådgivende Biologer AS

RAPPORTENS TITTEL:

Problemkartlegging av 20 innsjøar med
moglege blågrønalge-blømingar i Nordhordland 2012-2013

FORFATTERE:

Geir Helge Johnsen

OPPDRAKGIVER:

Nordhordland Vassområde, ved Kjersti Isdal og Asbjørn Toft

OPPDRAGET GITT:

12. juli 2012

ARBEIDET UTFØRT:

2012-2013

RAPPORT DATO:

21. februar 2014

RAPPORT NR:

1855

ANTALL SIDER:

24

ISBN NR:

ISBN 978-82-8308-055-1

EMNEORD:

- Vassdirektivet
- Algemengd
- Næringsrik

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS
Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen
Foretaksnummer 843667082-MVA

Internett : www.rådgivende-biologer.no E-post: post@rådgivende-biologer.no
Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

Framsidefoto: Gjerdesvatnet i Radøy sommaren 2012

FØREORD

I samband med utarbeiding av «Lokal tiltaksanalyse for Nordhordland Vassområde», er Rådgivende Biologer AS spurt om å utføre ei problemkartlegging av blågrønalgar i 20 innsjøar i Nordhordland i 2013.

Nokre av dei aktuelle innsjøane har vore undersøkt med omsyn til blågrønalgar heilt attende til midten av 1980-talet, og er også sporadisk granska sidan. Resultata er samanlikna.

Algane er tald og bestemt av Cand. real. Nils Bernt Andersen, og vassprøvane er levert til analyse ved det akkrediterte laboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS i Bergen. Resultata frå undersøkingane er sendt for import til databasen «Vann-miljø».

Rådgivende Biologer AS takkar Nordhordland Vassområde ved Kjersti Isdal og Asbjørn Toft for oppdraget.

Bergen, 21. februar 2014

INNHOLD

Føreord	3
Innhald	3
Samandrag	4
Behov for tiltaksplanar	4
Innleiing	5
Prøvetaking	8
Resultat	11
Vasskvalitet	11
Næringsinnhald	11
Alg	13
Diskusjon	17
Utvikling over tid	18
Konklusjon	20
Vedleggstabellar	21
Referansar	23
Tidlegare undersøkingar i Nordhordland	24

SAMANDRAG

JOHNSEN, G.H. 2014

Problemkartlegging av 20 innsjøar med mogleg blågrønalge blomstring i Nordhordland 2012-2013. Rådgivende Biologer AS, rapport 1855, 24 sider, ISBN 978-82-8308-055-1.

I samband med utarbeiding av «Lokal tiltaksanalyse for Nordhordland Vassområde», har Rådgivende Biologer AS undersøkt 20 innsjøar i Nordhordland med omsyn til næringsinnhald, algemengd og algesamansetting hausten 2012 og 2013. Alle innsjøane var undersøkt ved to høve, og sidan nokre av innsjøane har vore undersøkt tidlegare, er resultata også samanlikna med tidlegare tilstand.

Dei undersøkte innsjøane var gjennomgåande næringsrike, og berre 3 av dei var næringsfattige og hadde samla tilstand «god» eller betre. Innsjøane med lågast innhald av næringsstoffet fosfor hadde også lave algemengder, med låg andel av blågrønalgar. Men for dei innsjøane som har eit fosforinnhald over 30 µg P/l, ser ein at nokre har auka algemengd og også auka innhald av blågrønalgar, medan andre ikkje har ein tilsvarende respons i desse resultata.

Innsjøane i Radøy har vore undersøkt tidlegare, og det synest som om innhaldet av næringsstoff er noko lågare i 2013 enn tidlegare, men sidan nivåa framleis er høge, vart det observert til dels mykje høgare algemengder i 2013 enn tidlegare. I Hallandsvatnet har det i perioden sidan 1998 skjedd ein gradvis reduksjon i innhald av næringsstoff og også i høgaste andel blågrønalgar. Nesvatnet har vore undersøkt ved fire høve sidan 1998. Tilstanden har variert mykje, og innhaldet av næringsstoffa var i 2013 igjen høgare enn ved dei to føregåande undersøkingane. Algemengda og innhaldet av blågrønalgar er heller ikkje redusert i undersøkingsperioden sett under eitt.

BEHOV FOR TILTAKSPLANAR

Dei 20 innsjøane skil seg i tre grupper når ein sorterer i høve til samla vurdering av tilstand:

- 1) Næringsfattige innsjøar med lite algar, som har «svært god» eller «god» status etter vassdirektivet. Her treng ein ikkje utarbeide tiltaksplanar.
- 2) Næringsrike innsjøar med middels algemengd, men utan blomstring av blågrønalgar. Her treng ein problemkartlegging og moglege tiltaksplanar etter vassdirektivet.
- 3) Næringsrike vatn med mykje algar og også blågrønalgar. «Dårleg» eller «svært dårlig» tilstand tilseier at desse må prioriterast med omsyn til utarbeiding av tiltaksplanar etter vassdirektivet .

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<ul style="list-style-type: none">• Storavatnet (1,0)• Kjeggjarvatnet (1,2)• Eikelandsvatnet (1,5)• Straumstadvatnet (1,7)	<ul style="list-style-type: none">• Mjøsvatnet (2,3)• Vestevatnet (2,7)• Hallandsvatnet (2,7)• Ystebøvatnet (2,7)• Brakstadvatnet (2,8)• Gjerdevatnet (2,8)• Lommetjørnet (3,0)• Hundvinsvatnet (3,0)• Klessvatnet (3,2)	<ul style="list-style-type: none">• Hauglandsvatnet (3,7)• Nesvatnet (3,8)• Dalevatnet (4,0)• Solenvatnet (4,0)• Mykingsvatnet (4,0)• Bøtjørnet (4,0)• Klebakkvatnet (4,5)

INNLEIING

I innsjøar som er belasta med tilførslar av næringsstoff frå spreidd busetnad eller gjødsla eller beita landbruksareal, er det føresetnader for auka algemengd, med innslag av andre og meir næringskrevjande algetypar, som mellom anna giftproduserande blågrønalgar (Brettum 1989; Faafeng mfl. 1990). Ved spesielt næringsrike tilhøve, kan ein i tørre og varme somrar få omfattande oppblømingar av blågrønalgar. I stille ver flyt dei oppå, slik at innsjøane vert farga grøne. Dette er kjent som "algebløming", frå den engelske nemninga "algal bloom".

Verknadane av tilførslar av næring avheng av mange lokale tilhøve, der vassutskiftingshyppigheita i innsjøane er ein avgjerande faktor (Vollenweider 1976). Store vasstilførslar, og dermed hyppig utskifting av vassmassane, verkar fortynnande på tilførslane. Ein innsjø med hyppig vassutskifting kan såleis tåle større næringstilførslar enn ein tilsvarande innsjø med sjeldnare vassutskifting (Vollenweider 1976; Rognerud mfl. 1979; Berge 1987).

Av de ulike næringsstoffa er det fosfor som oftast er avgrensande for algevekst i våre innsjøar. Ulike typar tilførslar har kvar sin spesifikke samansetnad av næringsstoff, blant anna uttrykt ved høvetal mellom nitrogen og fosfor. Vanlegvis ventar ein å finne eit høvetal på høgare enn 15 i lite påverka innsjøar, altså at ein har 15 gonger så høge konsentrasjonar av nitrogen som fosfor. Dersom ein finn betydelege avvik frå dette, tyder det på at ein har dominans av enkelte tilførelseskjelder til den aktuelle innsjøen. Til dømes vil avrenning frå fjell, myr og skog på Vestlandet kunne ha eit høgt N:P-høvetal, gjerne opp mot 70, medan både kloakkavløp frå bustader og tilførslar av t.d. gjødsel frå kyr begge har eit høvetal på rundt 7. Særleg fosforrike utslepp er siloshaft, med eit høvetal nede på 1,5 men tilførslar frå fiskeoppdrett og t.d. gjødsel frå gris også er fosforrike, med eit høvetal på rundt 5 (Holtan & Åstebøl 1990).

Der tilførslene av **fosfor** i tillegg er dominert av oppløyst **fosfat**, vil dette ha ein større effekt også fordi det kan nyttast av algane direkte. Dette er kalla **biotilgjengelefeit**, og varierer mellom dei ulike tilførelseskjeldene. Kommunalt avløpsvatn har en biotilgjengelefeit av fosfor på 65-70 %, medan avrenning frå landbruk har 30 % biotilgjengelefeit.

Særleg algemengd, men også algetypar, er altså avgrensa av tilgang på tilgjengelig næring. Denne effekten vert kalla "**bottom-up**" og viser til verknaden sin retning i næringskjedene i innsjøen. Di meir næringsstoff, desto meir algevekst, som igjen er grunnlag for biologisk produksjon av algespisande organismar som dyreplankton og etter kvart også fisk (Sommer mfl. 1986).

Dersom økosystemet i en innsjø er i nokolunde balanse, vil ikkje algane kunne bløme uhemma, fordi det vil være effektive dyreplankton som kan kontrollere dei. Men dersom det også er store mengder planktonetande fisk i en innsjø, vil desse effektivt fjerne dyreplanktonet, slik at algane ikkje lenger er kontrollerte (såkalla "**top-down**"-effekt). Det same vil kunne skje dersom næringstilførslane og produksjonsgrunnlaget for algane er for stort. Då vil ikkje dyreplanktonet greie å kontrollere algane, som i tillegg vil kunne dominerast av "uspiselege" algar som blågrønalgar. Eit balansert økosystem er såleis i stand til å takle ei større næringsbelasting og likevel oppretthalde ein akseptabel vasskvalitet, i motsetnad til eit ubalansert system, som fort vil kunne bli dominert av store algeoppblømingar med aukande innslag av blågrønalgar (Sommer mfl. 1986).

Også tilførslar av organisk materiale kan ha stor innverknad på miljøkvaliteten i innsjøar. Slike tilførslar kan kome frå både naturlege og menneskeskapte eksterne kjelder i nedbørfeltet, eller frå innsjøen sin eigen biologiske produksjon av algar og dyr (Holtan & Åstebøl 1990). Omfang av tilførslar av organisk stoff til innsjøar vil kunne målast i vassprøver frå overflatevatnet, men det vil i hovudsak påverke tilhøva i det stabile djupvatnet, ved at store tilførslar fører til eit høgare forbruk av oksygen som kan resultere i heilt oksygenfrie tilhøve i djupvatnet (Johnsen mfl. 1985).

Det største problemet knytt til oksygenfritt djupvatn i innsjøar er fenomenet “**indre gjødsling**”. Når det har vore oksygenfritt vatn over sedimenta ei tid, vil høvet mellom toverdig og treverdig jern endrast, slik at bindinga av fosfor i sedimentet opphører. Då vil betydelege mengder av det tidlegare sedimenterte fosforet bli frigitt til vassmassane som biotilgjengeleg fosfat, og konsentrasjonane av fosfor i djupvatnet kan vere både 10 og 100 gonger høgare enn i overflatevatnet (Johnsen mfl. 1985). I slike innsjøar vil denne “indre gjødslinga” kunne utgjere ein vesentleg del av dei samla tilførslane av næring, og ein kan kome inn i ein vond sirkel, med stadig aukande næringsinnhald og algemengder.

Samspelet mellom alle dei ulike typane påverknad på innsjøsystemet, gjer det viktig ikkje berre å fokusere på tilstand år for år eller utvikling i tilstand åleine, men samstundes vurdere risiko for vidare utvikling i den prosessen som vert kalla “eutrofiering”, eller auke i næringsrikdom og algemengde. Eit slikt “eutrofieringsforløp” i innsjøar kan beskrivast med tre fasar etter som økosystemet responderer på aukande fosforbelasting:

1) Byrjande eutrofiering

Kjenneteikna ved middels næringsrike tilhøve (Tilstand=III), med auka produktivitet i alle ledd i innsjøen sin næringspyramide pga. auka næringstilførslar (positiv “bottom-up”-effekt). Den aukande algemengda vert halde nokolunde under kontroll av den samstundes aukande dyreplanktonmengda (negativ “top-down”-effekt), slik at algemengdene berre aukar sakte under økologisk likevekt.

2) Fare på ferde

Kjenneteikna med næringsrike tilhøve (Tilstand =IV-V), der algetypar som ikkje er etande for dyreplanktonet byrjar å dominere, og algemengdene aukar difor raskare. Større mengder algar søkk til botn og rotnar under forbruk av oksygen, og oksygenfrie tilhøve med indre gjødsling kan byrja.

3) Kritisk fase

Kjenneteikna av svært næringsrike tilhøve (Tilstand =V). Rote botnvatn med omfattande indre gjødsling gjev store algemengder, der algeoppblømingar med giftige blågrønalgar kan dominere.

Direktoratsgruppa for Vassrammedirektivet har utvikla tilstandsklassifiseringar for vurdering av miljøkvalitet i ferskvatn, der ein først fastsetter innsjøtype, og deretter klassifiserer tilstanden i med omsyn til ein del kvalitetselement (Rettleiar 2:2013). Dette er utarbeidd med ei generell tilnærming, slik at ein ved undersøkingar av innsjøar i utgangspunktet skal freiste å fange opp dei fleste sannsynlege miljøpåverknader. Det gjev miljøforvaltninga moglegheit for ei standardisert tilnærming til den aktuelle problematikken i innsjøar, og dette systemet og klassifiseringa er også nytta i denne overvakingsrapporten (**tabell 1**).

Tabell 1. Klassifisering av vasskvalitet i lågtliggende, små, grunne, humøse og kalkfattige innsjøar på Vestlandet – type LN3 (Rettleiar 2:2013).

Tilstand	I = meget god	II = god	III = mindre god	IV = dårlig	V = meget dårlig
Fosfor (µg/l)	< 11	11-16	16-30	30-35	> 55
Nitrogen (µg/l)	< 400	400-500	500-800	800-1300	> 1300
Siktedyp (m)	> 4	4-3	3-1,5	1,5-0,7	< 0,7
Klorofyll a (µg/l)	< 5	5-7,5	7,5-15	15-30	> 30

ALGETOKSIN

Blågrønbakteriar eller Cyanobacteria (gr. *kyanos* - lasurstein, blå farge, *bakterion* - stav, stamme) finst overalt (jord, vatn, hav), også under ekstreme livstilhøve (høg temperatur, høg salinitet). Det har lenge vore kjent at cyanobakteriar representerer ein helserisiko for menneske og dyr. Den første forgiftinga av dyr vart rapportert i Australia på slutten av 1800-tallet. I årene 1960-1980 vart det vist at cyanobakteriane produserer fleire typar toksin, og etter kvart har ein utvikla nye og betre metodar for undersøking av desse. Tidlegere undersøkingar føregjekk ved testing på forsøksmus og observasjonar av korleis dei reagerte på dette. Det gav ikkje grunnlag for kvantifisering eller eksakt bestemming av type toksin. Etter kvart vart enkle kjemiske analysar teke i bruk, men det er først dei siste par åra det er utvikla analysemetodar der ein kan både kvalifisere og kvantifisere fleire typar algegifter.

Toksina er delt inn i grupper etter virkemåte. Dei omfattar nervetoksin (anatoksin), levertoksin (microcystin), uspesifikke toksin og hudirritantar (endotoksin). Anatoksin (eller nervetoksin) har fått namn etter cyanobacterien *Anabaena*, som dei først vart isolert frå. To anatoksin er godt beskrive: anatoksin-a og anatoksin-a(s) som begge kan, dersom eksponeringa er høg nok, føre til pustevanskar, muskellammingar, krampar og eventuelt død. Microcystin har fått namn etter cyanobacterien *Microcystis*, fordi dei for første gong vart isolert frå denne. Det er sidan vist at denne typen toksin vert produsert av ei rekke cyanobakteriar innan slektene *Anabaena*, *Planktotrix* (tidlegare kalla *Oscillatoria*), *Aphanizomenon* og *Gomphosphaeria*. Alle førekjem i norske vassførekomstar og kan under visse tilhøve danne vassblome, dvs. ein konsentrasjon av cyanobakteriar i overflata, som gjev ein sterk farge på vatnet. Femtifire variantar av microcystin er kjent, og toksisiteten til dei ulike varierer sterkt. I tillegg finst fleire andre typar toksin.

Endotoksin er ein del av celleveggen hos gram-negative bakteriar (som cyanobakteriane eigentleg er). Endotoksina kan vere ei årsak til kløe og hudutslett hjå menneske som badar i vatn med store mengder blågrønalgar. Trulig er dette den algegiffa som på verdsbasis har resultert i dei fleste humane sjukdomstilfella, men desse har likevel fått lite merksemrd. Endotoksin er ikkje undersøkt i denne rapporten.

På verdsbasis har det vist seg at ca. 70 % av cyanobakterie-oppblømingane har produsert lever- eller nervetoksin. Tilsvarande tal for Norge er i storleiksorden 50 %. Mekanismane rundt giftproduksjon og blågrønalgar er ikkje klarlagt, og ein kjenner ikkje til kva som fører til at enkelte "stammar" av blågrønalgar plutselig blir giftproduserande. Toksinproduksjon kan variere mykje og raskt, og det kan også førekoma algeoppblømingar heilt utan giftproduksjon. Morfologiske analysar kan ikkje skilje mellom toksinproduserande og ikkje-produserande stammar og det ein i dag kjenner til av fysiologiske mekanismar kan heller ikkje føresei toksinproduksjon. Ein kan også oppleve toksinproduserande algar jamt fordelt i ein innsjø eller berre i enkelte område av innsjøen, då som oftast i eit område der vind og straum har ført til ei opphoping av algar.

PRØVETAKING

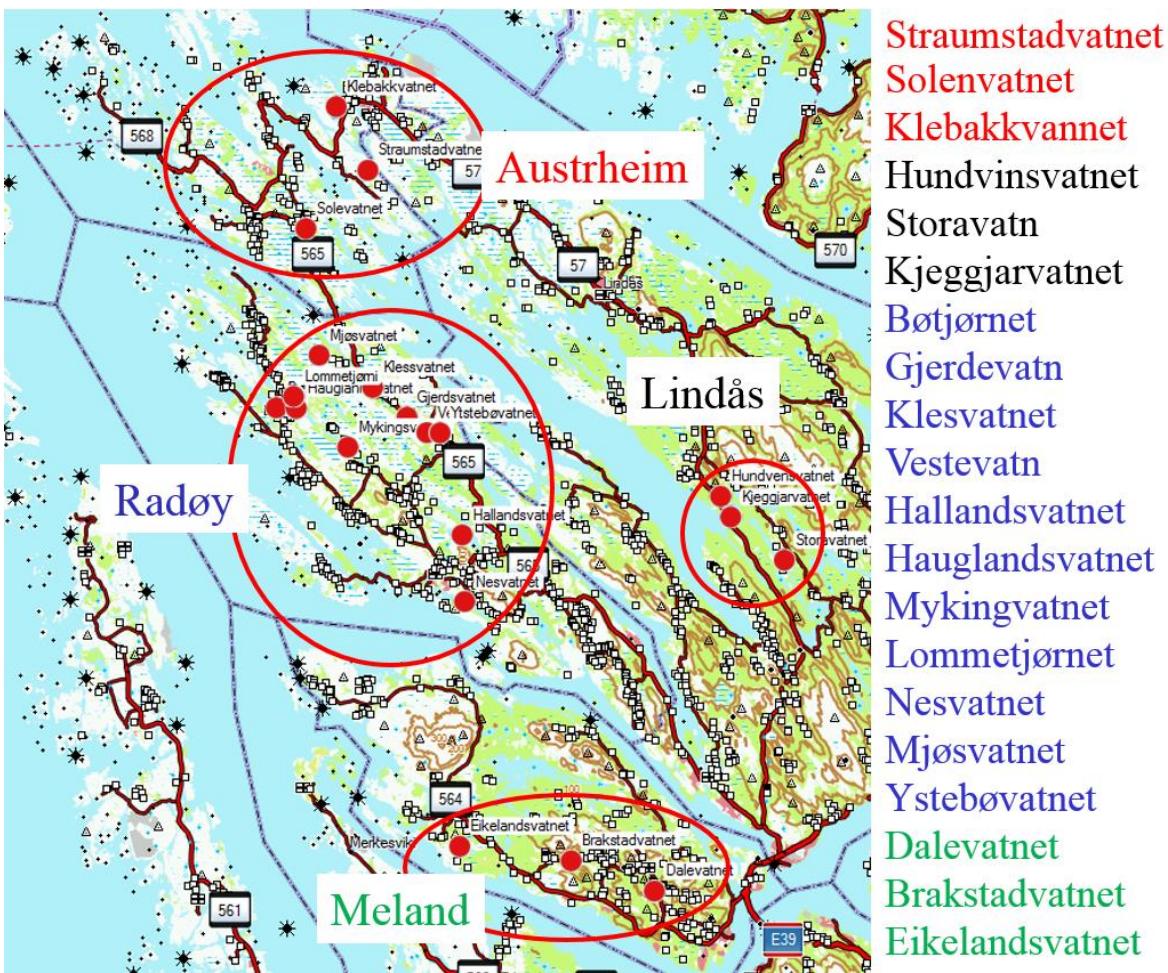
I løpet av perioden vart det teke prøvar i dei 20 innsjøane 2 gongar. Det vart ikkje registrert omfattande algebløming hausten 2012, slik at innsamlinga i hovudsak vart konsentrert til hausten 2013 (**tabell 2**)

Tabell 2. Dei undersøkte innsjøane

Nr	Innsjø	Kommune	Vann-ID	Areal	Prøvetakingstidspkt.	
1	Straumstadvatnet	Austrheim	065-55231	0,093	18.09.2012	27.08.2013
2	Solenvatnet	Austrheim	066-25798	0,042	18.09.2012	27.08.2013
3	Klebakksvatnet	Austrheim	065-19144	0,04	18.09.2012	27.08.2013
4	Hundvinsvatnet	Lindås	065-8699	0,264	18.09.2012	27.08.2013
5	Storavatnet	Lindås	065-14141	2,106	27.08.2013	01.10.2013
6	Kjeggjarvatnet	Lindås	065-6083	0,147	18.09.2012	27.08.2013
7	Bøtjørnet	Radøy	066-61680	0,03	27.08.2013	01.10.2013
8	Gjerdevatnet	Radøy	066-33488	0,034	18.09.2012	27.08.2013
9	Klessvatnet	Radøy	066-11711	0,034	18.09.2012	27.08.2013
10	Vestevatnet	Radøy	066-14508	0,038	27.08.2013	01.10.2013
11	Hallandsvatnet	Radøy	066-19847	1,23	27.08.2013	01.10.2013
12	Hauglandsvatnet	Radøy	066-1824	0,193	27.08.2013	01.10.2013
13	Mykingvatnet	Radøy	066-16604	0,241	27.08.2013	01.10.2013
14	Lommetjørnet	Radøy	066-61681	0,053	27.08.2013	01.10.2013
15	Nesvatnet	Radøy	066-28968	0,796	27.08.2013	01.10.2013
16	Mjøsvatnet	Radøy	066-1116	0,133	27.08.2013	01.10.2013
17	Ytstebøvatnet	Radøy	066-34229	0,032	27.08.2013	01.10.2013
18	Dalevatnet	Meland	059-34331	0,028	27.08.2013	01.10.2013
19	Brakstadvatnet	Meland	059-32353	0,047	27.08.2013	01.10.2013
20	Eikelandsvatnet	Meland	059-19742	0,211	27.08.2013	01.10.2013

Alle prøvane vart samla inn frå gummibåt ute på innsjøane. Vassprøver vart samla inn som blandprøvar frå null til fem meters djup. Desse vart analysert for næringsstoffa fosfor og nitrogen, samt innhald av organisk stoff (TOC).

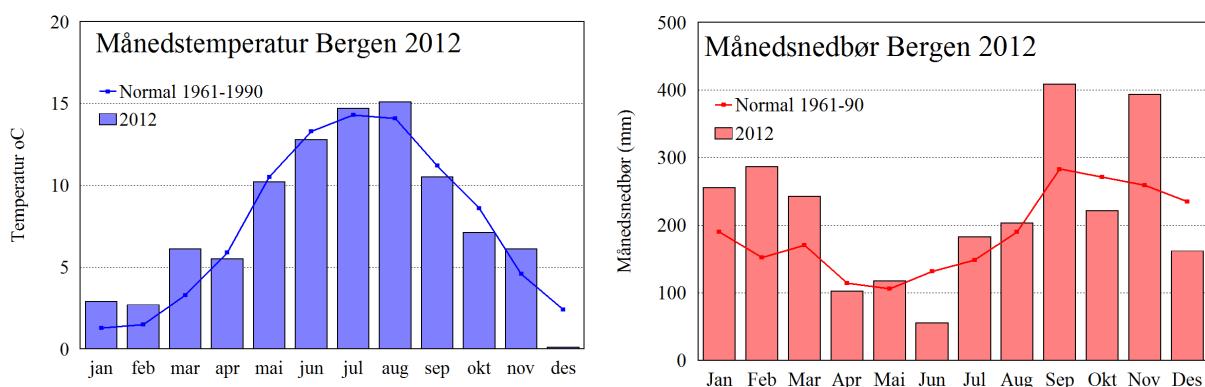
I desse blandeprøvene vart også algearter og -mengd bestemt etter fiksering med Lugols løysing og mikroskopering i omvendt mikroskop. Prøvene vart ikkje undersøkt med omsyn til konsentrasjon av algegiftstoff (toksin).



Figur 1. Plasseringa av dei 20 undersøkte innsjøane fordelt på fire av kommunane i Nordhordland.

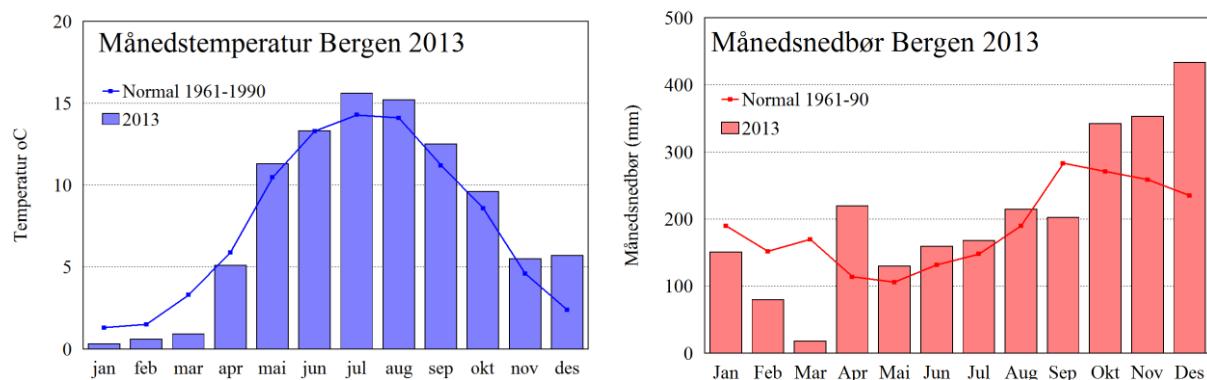
VERTILHØVE

Nedbørmengda i 2012 ved Bergen (Florida) var 117 % av normalen, og det vart målt 2627 mm nedbør mot normalen på 2250 mm (1961-1990). Ved prøvetakinga i september var det mykje meir nedbør enn normalt, medan månadsmiddel-temperaturen var litt under normalen i september (**figur 2**).



Figur 2. Månadstemperatur (venstre) og månedleg nedbør (høgre) ved Bergen Florida i 2012 (søyler) og normalen for perioden 1961-1990 (linje). Data er henta frå e-klima.

Sommaren og hausten 2013 var varmere enn normalt, og nedbøren var utover sommaren noko høgare enn normalt, medan september og byrjinga av oktober var tørrare (**figur 3**).

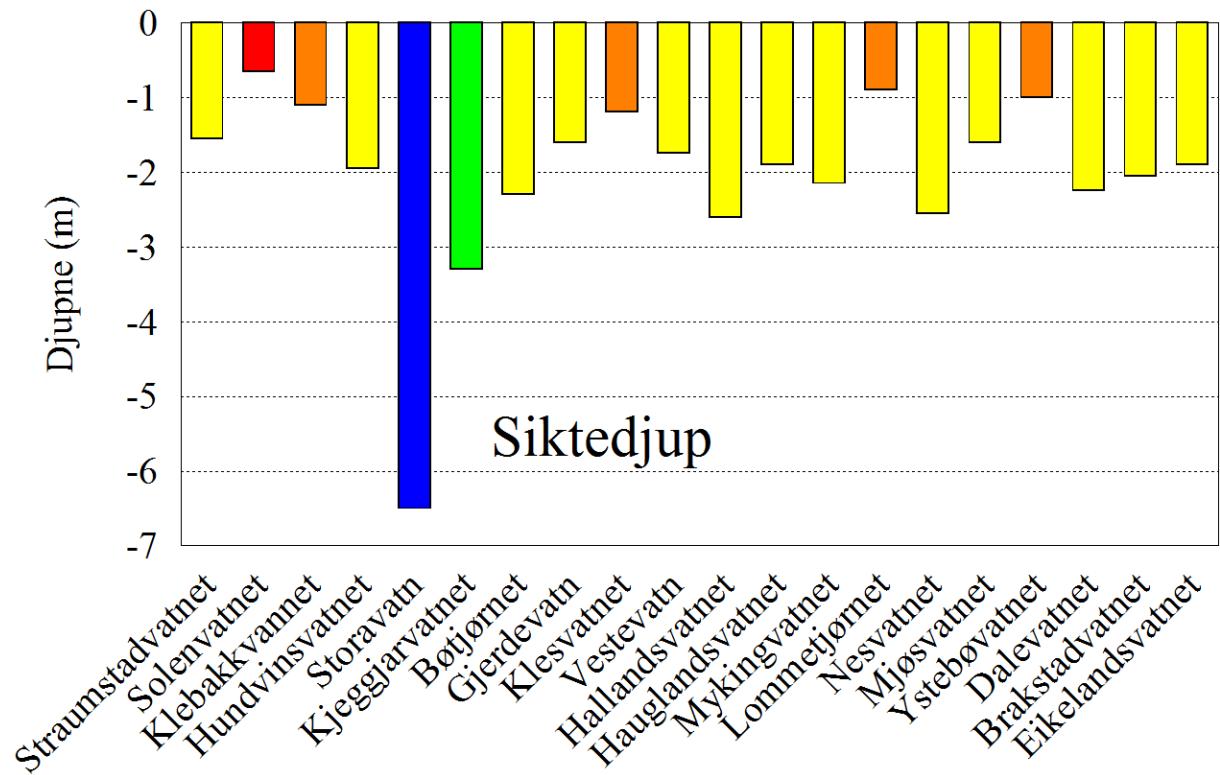


Figur 3. Månadstemperatur (venstre) og månadleg nedbør (høgre) ved Bergen Florida i 2013 (søyler) og normalen for perioden 1961-1990 (linje). Data er henta fra e-klima.

RESULTAT

VASSKVALITET

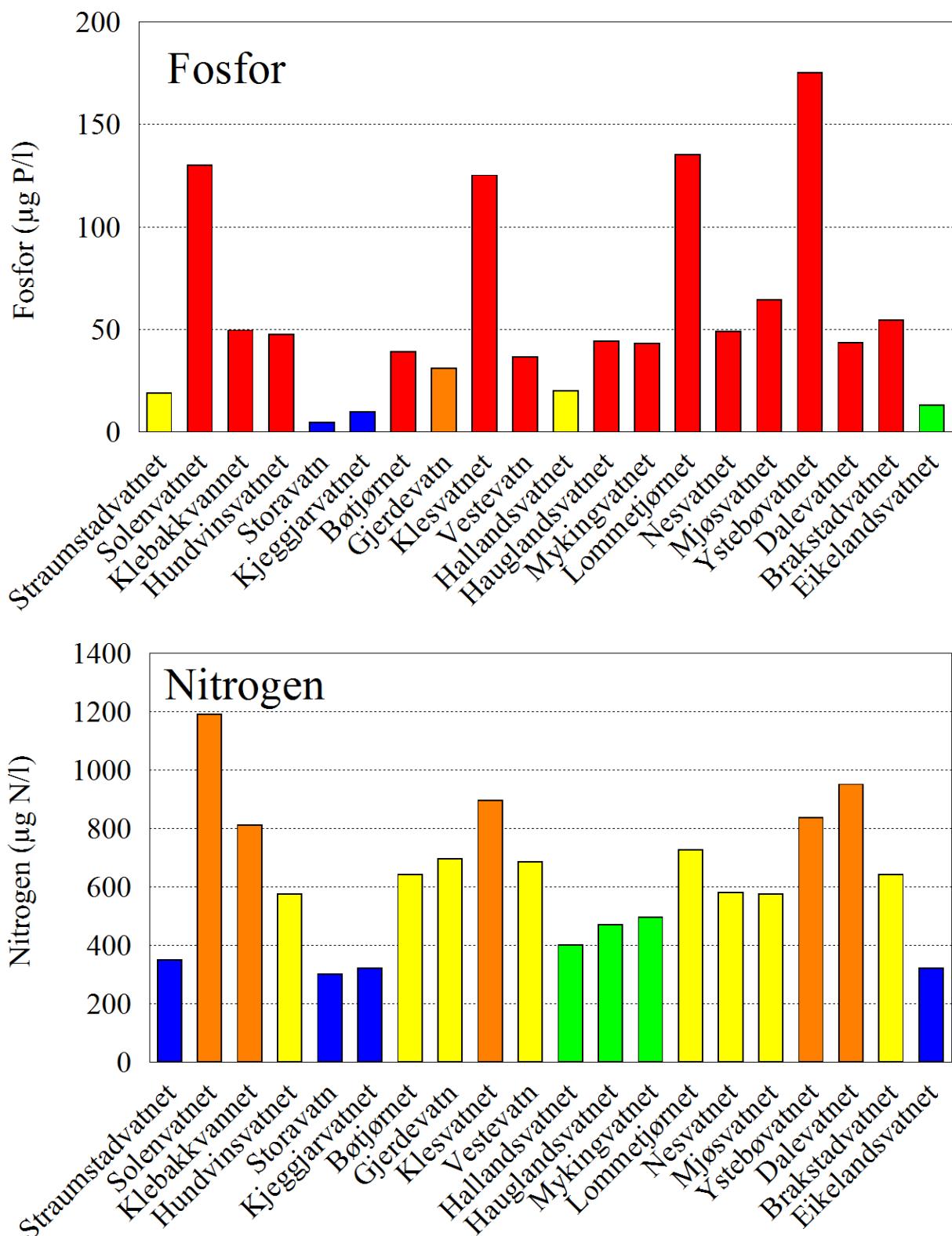
Dei aller fleste av dei 20 undersøkte innsjøane var humøse, med kraftig brun vassfarge og med lågt siktedjup i alle, med unntak av Storavatnet i Lindås. Denne innsjøen er drikkevasskjelde, og vatnet her var klårt, med eit siktdjup på over 6 m i gjennomsnitt ved dei to målingane i 2013. Dei andre innsjøane hadde lågt siktedjup, med under 1 m både i Solenvatnet, Lommetjørnet og i Ytstebøvatnet (**figur 4**).



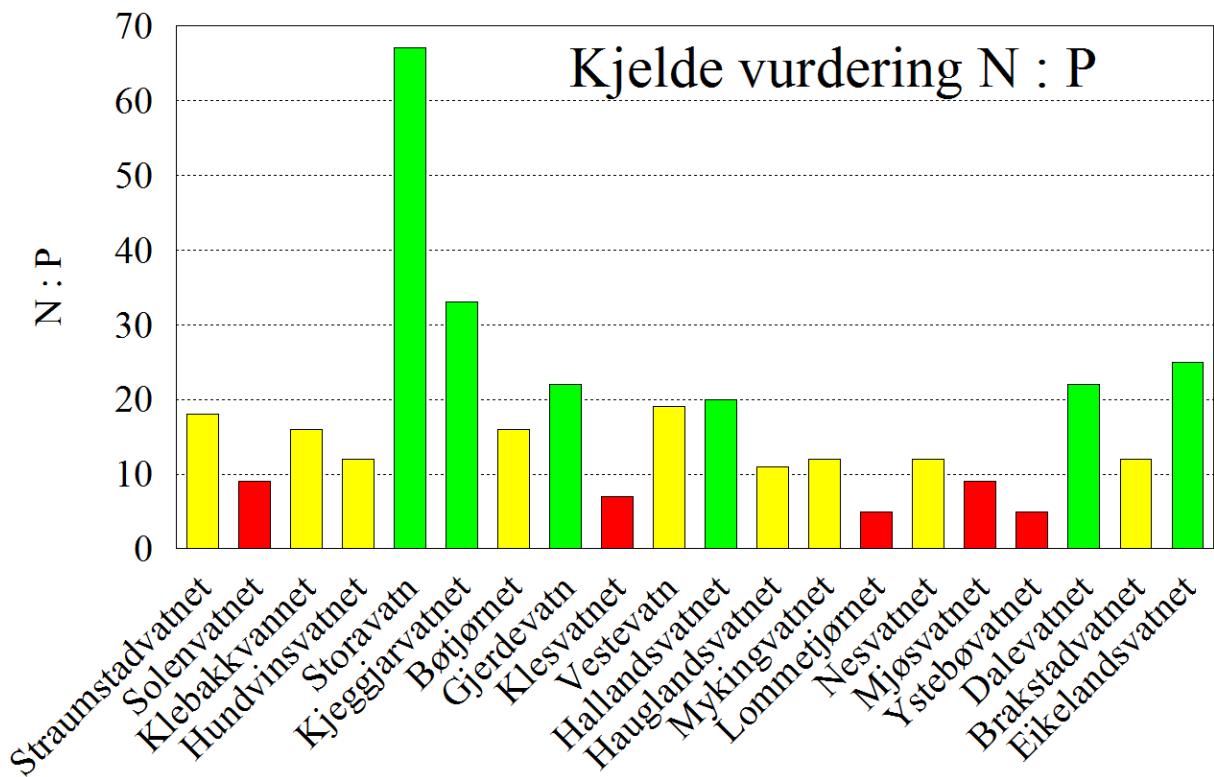
Figur 4. Middelsiktedjup målt i dei 20 innsjøane i Nordhordland 2013 Fargeskala i høve til dei fem tilstandsklassane etter vassrammedirektivet (tabell 1, side 6).

NÆRINGSSINNHOLD

Nær alle dei undersøkte innsjøane i Nordhordland hadde høgt innhold av næringsstoff. Berre 6 av dei undersøkte innsjøane hadde middelverdi av fosfor under høgste tilstandsklasse V= «svært dårlig». Storavatnet og Kjeggjarvatnet var fattige på næringsstoff og vart klassifisert til tilstand I= «svært god», og også Eikelandsvatnet i Meland hadde låge konsentrasjonar av næringsstoffa fosfor og nitrogen. Gjennomgåande hadde innsjøane lågare klassifisert nivå på nitrogenstoffa enn fosforinnhaldet (**figur 5**).



Figur 5. Middelkonsentrasjon av næringsstoffa fosfor (øvst) og nitrogen (nedst) i dei 20 innsjøane i Nordhordland hausten 2012 og 2013. Fargeskala i høve til dei fem tilstandsklassane etter vassrammedirektivet (tabell 1, side 6).



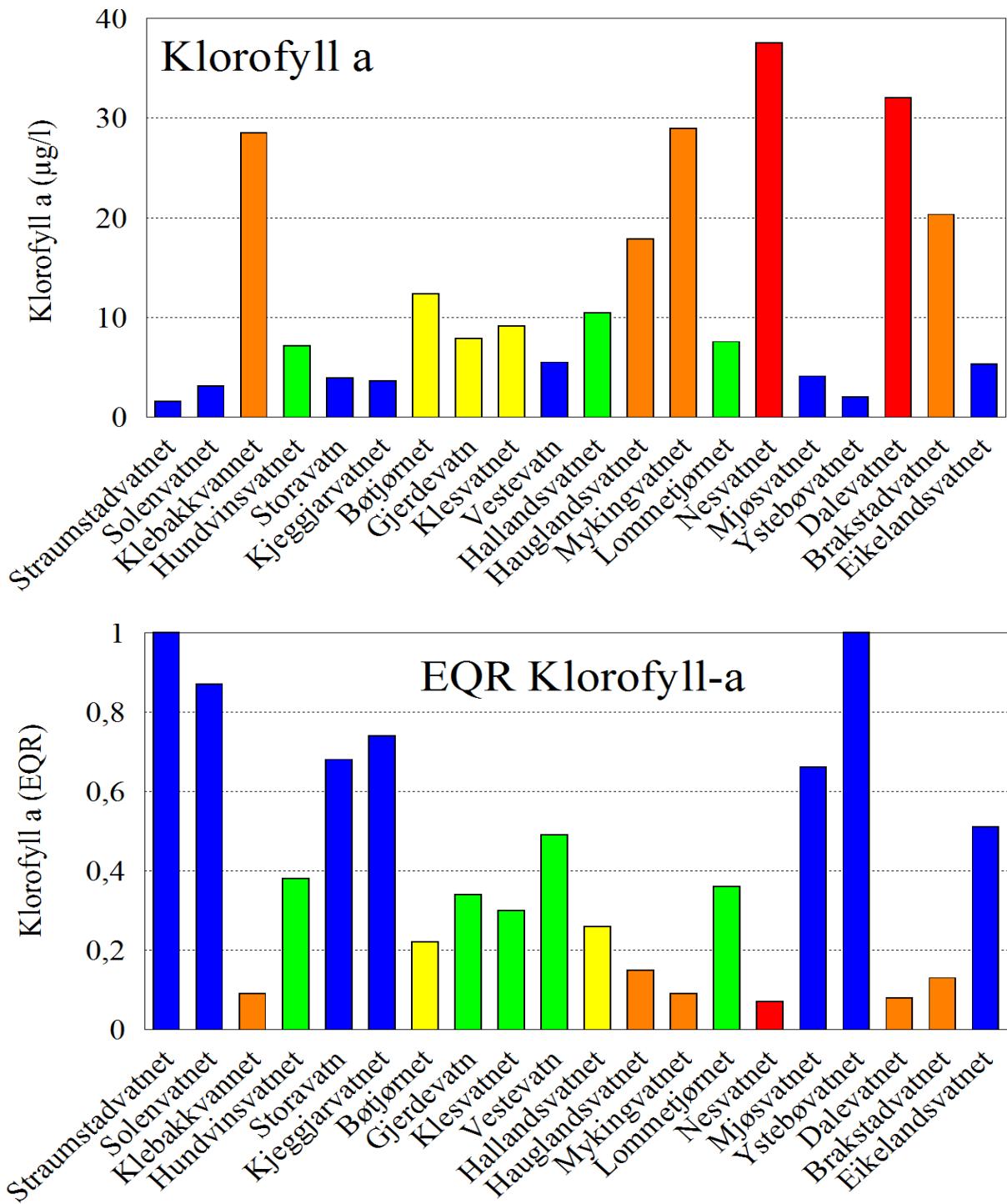
Figur 6. Høvet mellom næringsstoffa fosfor og nitrogen i dei 20 innsjøane i Nordhordland hausten 2012 og 2013. Grøne søyler syner vatn med «normalt» tilhøve mellom fosfor og nitrogen på >20, medan dei raude har for høge verdiar av fosfor i høve til innhaldet av nitrogen. Dei gule er i ei mellomstilling med høvetal mellom 10 og 20..

Dei ulike typane av næringstilførslar har ulik samansettning av næringsstoff, uttrykt ved høvetal mellom nitrogen og fosfor. Vanlegvis ventar ein å finne eit høvetal høgare enn 15 i lite påverka innsjøar, medan både kloakkavløp frå bustader og tilførslar av t.d. gjødsel frå kyr begge har eit høvetal på under 10. Solenvatnet, Klessvatnet, Lommetjørna. Mjøsvatnet og Ystebøvatnet var alle dominert av fosforrike tilførslar av anten gjødsel eller kloakk frå spreidd busetnad, eller begge delar, ved undersøkinga i 2012-2013.

ALGAR

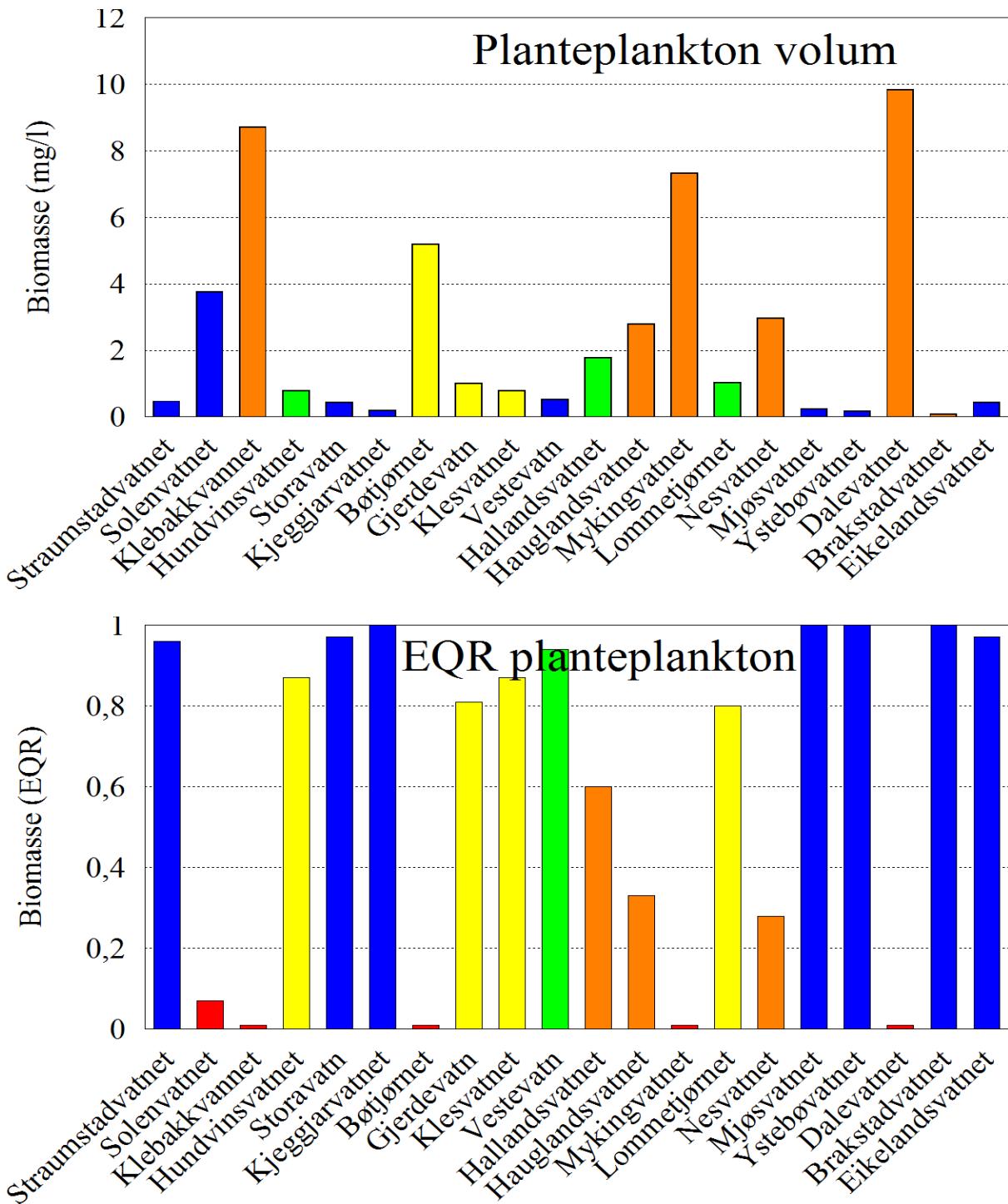
Planteplankton eller algar er primærprodusentane i innsjøane, og nyttar næringsstoffa og sollyset direkte. Dersom ein innsjø vert tilført næringsstoff gjennom heile vekstsesongen, kan det byggje seg opp store mengder algar i innsjøen utover sommaren. Dette vert målt både som algemengd direkte, men også ved analysar av klorofyll-a, som er det grøne fargestoffet i algane. Etter kvart som det vert konkurranse om lyset, vinn ofte blågrønalgne, sidan dei har gassbobler som gjer at dei flyt opp og skuggar for dei andre. På dei neste sidene er resultata for desse tre tilhøva vist, med sine respektive EQR-indeksar etter vassrammedirektivet sin siste rettleiar 2:2013. EQR-Indeksar (Ecological Quality Ratio) er berekna for følgjande tre tilhøve knytt til planteplankton, og varierer mellom 0 og 1, der 1 tilsvrar den upåverka referansestilstanden:

- Klorofyll-a (gjennomsnitt).
- Samla biovolum av planteplankton (gjennomsnitt).
- Største biomasse for blågrønalgar (cyanobakteriar.).



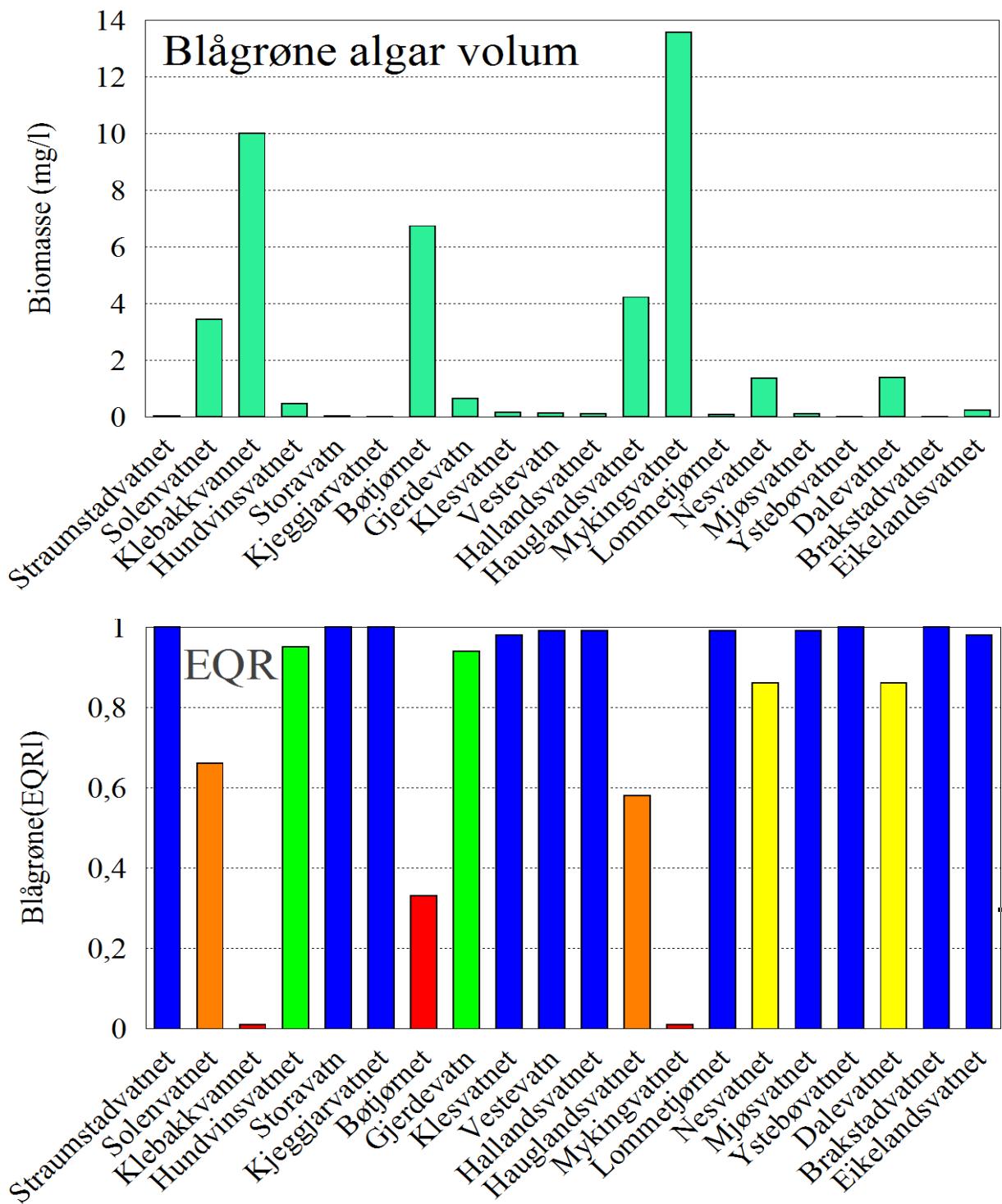
Figur 7. Middelkonsentrasjon av klorofyll a (øvst) og EQR-indeks for innhold av klorofyll a (nedst) i dei 20 innsjøane i Nordhordland hausten 2012 og 2013. EQR-indeksen ligg mellom 0 og 1, og fargeskalaen er i høve til dei fem tilstandsklassane etter vassrammedirektivet (tabell 1, side 6).

Innhald av klorofyll-a er eit mål på algemengd i ein innsjø, og over halvparten av dei undersøkte innsjøane hadde middelverdi for klorfyll-a tilsvarende dei to beste tilstandsklassane 1 og 2 (høvesvis blå og grøn). Klebakkvatnet, Hauglandsvatnet, Mykingvatnet, Nesvatnet, Dalevatnet og Brakstadvatnet hadde klorofyll-a tilsvarende tilstand 4= «dårleg» og 5= «svært dårleg» (figur 7 øvst). EQR for klorofyll er berekna med referanseverdi 2,7 for denne innsjøtypen, og EQR-klassifiseringa samsvarar nokså godt med klassifiseringa av klorfyll-a innhaldet direkte.



Figur 8. Biomasse av plant plankton (mg/l; øvst) og EQR-indeks for biomasse av plant plankton (nedst) i dei 20 innsjøane i Nordhordland hausten 2012 og 2013. EQR-indeksen ligg mellom 0 og 1, og fargeskalaen er i høve til dei fem tilstandsklassane etter vassrammedirektivet.

Klebakkvatnet, Mykingvatnet og Dalevatnet hadde hausten 2013 store algemengder. EQR er berekna med ei maksimal algemengd for denne innsjøtypen på 4 mg/l og eit referansenivå på 0,3 mg/l. Om lag halvparten av innsjøane tilfredsstilte krava til «god» eller betre (**figur 8** øvste del), medan berre 8 av dei 20 hadde EQR-indeksar som samsvarer med dette kravet. Det skal ikkje trekkjast for detaljert konklusjon av resultata frå berre to prøvar, men det gjev likevel ein god indikasjon på tilhøva.



Figur 9. Biomasse av blågrønalgar (mg/l; øvst) og EQR-indeks for biomasse av blågrønalgar (nedst) i dei 20 innsjøane i Nordhordland hausten 2012 og 2013. EQR indeksen ligg mellom 0 og 1, og fargeskala i høve til dei fem tilstandsklassane etter vassrammedirektivet

Fleire av innsjøane hadde periodevis store mengder med blågrønalgar, og særleg Solenvatnet, Klebakkvatnet, Bøtjørnet, Hauglandsvatnet og Mykingvatnet hadde store biomassar. Ved berekning av EQR er maksimum for alle innsjøtypar sett til 10 mg/l, og både Klebakkvatnet og Mykingvatnet «nådde taket», og får dermed EQR=0. Dette er vist som 0,01 i **figur 9**, for å kunne syne den rauda tilstandsfargen i figuren. Berre sju av dei 20 innsjøane hadde EQR dårlegare enn tilstand 2= «god».

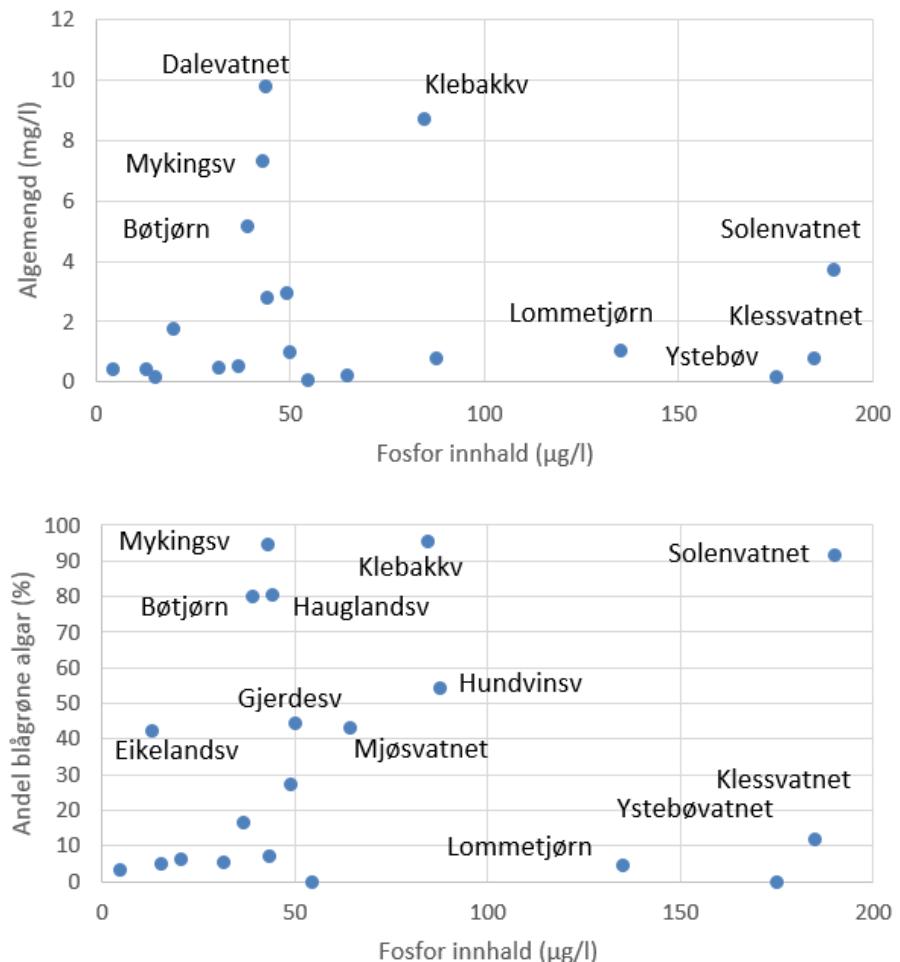
DISKUSJON

Dei undersøkte innsjøane var gjennomgåande næringsrike, og berre 3 av dei hadde fosforinnhald i tilstandsklasse 1= «svært god» eller 2 = «god», medan 14 av dei hadde svært høgt innhald av fosfor, tilsvarende tilstand 5= «svært dårleg». Storavatnet i Lindås er drikkevasskjelde, og skil seg frå alle dei andre vatna som tek imot høge tilførslar av næringsstoff.

Det er vanlegvis god samanheng mellom omfang av tilførslar av næringsstoff og respons frå planteplankton i innsjøar. For dei 20 innsjøane i Nordhordland som er enkelt undersøkt i 2012 og 2013, er det også slik. Dei med lågast innhald av næringsstoffet fosfor har også låge algemengder, med låg andel av blågrønalgar. Men for dei innsjøane som har over eit fosforinnhald over 30 µg P/l, ser ein at nokre har auka algemengd, og også auka innhald av blågrønalgar, medan andre ikkje har ein tilsvarende respons i desse resultata (**figur 10**).

Uansett er det også andre tilhøve som påverkar algemengda i innsjøar. T.d. kan høgt humusinnhald avgrense algeproduksjonen, ved at det hindrar lyset i å nå langt ned i vassøyla. På den andre sida vil oksygenfrie tilhøve i djupvatnet i innsjøar med store tilførslar av organisk materiale kunne føre til indre gjødsling, ved at fosfat vert frigjort frå sedimenta. Dette vil kunne føre til at algemengda vert enno høgare utover sommaren.

Dette materialet er for lite til å trekke vidare konklusjonar, sidan det berre er to prøvar frå kvar innsjø, og for nokre også frå to ulike år.



Figur 10. Samanheng mellom fosforinnhald (middel) og algemengd (øvst), og andel blågrønalgar (nedst) i den 20 innsjøane i Nordhordland

UTVIKLING OVER TID

Nokre av dei undersøkte innsjøane har også vore undersøkt tidlegare, og problema knytt til overgjødsla innsjøar og bløming av blågrønalgar hadde fokus hjå Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen allereie midt på 80-talet (Klyve 1992; Tøsdal 1998)

Johnsen (1999) undersøkte 7 innsjøar i Radøy ved to høve 1998, og resultata er samanlikna i **tabell 3** under. Ut frå berre to prøvar ved begge dei to gramskingane, er det ikkje utan vidare mogleg å konkludere om det har skjedd nokon utvikling i eine eller andre retninga. Gjennomgåande er det noko lågare innhald av næringsstoffa fosfor og nitrogen i dei fleste vatna i 2013, med unntak av Ystebøvatnet. Nivåa er framleis høge, og dei som låg høgast i 1998 er i hovudsak framleis «øvst på lista». Algemengdene er gjennomgåande til dels mykje høgare i 2013, og andel blågrønalgar vekslar og varierer mykje. Dei grunnaste innsjøane med små djuplommer, hadde oksygenfrie tilhøve både hausten 2013 og tidlegare. Det gjeld Ystebøvatnet, Vestevatnet, Mykingvatnet og Hauglandsvatnet, medan Mjøsvatnet berre hadde oksygensvinn utan oksygenfrie tilhøve ved botnen i august 2013. Dei djupare Nesvatnet og Hallandsvatnet hadde ikkje særleg oksygensvinn i 2013 eller tidlegare, og det var liten skilnad mellom undersøkingane.

Tabell 3. Samanlikning av resultata for 7 innsjøar i Radøy mellom denne undersøkinga og tilsvarande undersøking i 1998 (Johnsen 1999).

	Fosfor µg P/l		Nitrogen µg N/l		Algemengd mg/l		Blågrøne % max	
	1998	2013	1998	2013	1998	2013	1998	2013
Vestevatn	52	37	731	685	0,38	0,52	28	17
Hallandsvatnet	58	20	614	400	1,34	1,77	49	6
Hauglandsvatnet	74	44	900	470	0,91	2,78	45	81
Mykingvatnet	73	43	729	495	0,61	7,31	1	95
Nesvatnet	60	49	835	580	0,55	2,96	14	27
Mjøsvatnet	100	65	764	575	1,25	0,23	3	43
Ystebøvatnet	134	175	914	835	0,27	0,17	46	0

Hallandsvatnet vart også undersøkt i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006), ved fire tidspunkt, noko som gjev sikrare resultat. I Hallandsvatnet har det i perioden sidan 1998 skjedd ein gradvis reduksjon i innhald av næringsstoff, og også i høgaste andel blågrønalgar, medan algemengda var høgare i 2006 enn ved dei to andre undersøkingane. Dette skuldast ei særleg høg algemengd tidleg på sommaren 2006 (**tabell 4**).

Tabell 4. Samanlikning av resultata for Hallandsvatnet for dei tre undersøkingane; i 1998 (Johnsen 1999) i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og denne.

Fosfor µg P/l			Nitrogen µg N/l			Algemengd mg/l			Blågrøne % max		
1998	2006	2013	1998	2006	2013	1998	2006	2013	1998	2006	2013
58	26	20	614	448	400	1,34	3,2	1,77	49	26	6

Nesvatnet har vore undersøkt ved fire høve, også i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og i 2007 (Johnsen & Eilertsen 2008), begge desse gongane med fire prøvetakingar årleg. Tilstanden i Nesvatnet har variert mykje, og innhaldet av næringsstoffa var i 2013 igjen høgare enn ved dei to tidlegare granskingane. Algemengda og innhaldet av blågrønalgar er heller ikkje redusert i undersøkingsperioden sett under eitt (**tabell 5**).

Tabell 5. Samanlikning av resultata for Nesvatnet for dei fire undersøkingane; i 1998 (Johnsen 1999), i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006), i 2007 (Johnsen & Eilertsen 2008), og denne undersøkinga.

Fosfor µg P/l				Nitrogen µg N/l				Algemengd mg/l				Blågrøne % max			
1998	2006	2007	2013	1998	2006	2007	2013	1998	2006	2007	2013	1998	2006	2007	2013
60	16	37	49	835	487	584	580	0,6	4,7	1,8	3,0	14	1	51	27

Solenvatnet vart førre gong undersøkt i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006). Denne innsjøen hadde høgare innhald av fosfor i 2006, medan både nitrogeninnhaldet og algemengd og samansetnad i 2013 var meir prega av tilførslane enn i 2006 (**tabell 6**). Også i 2013 var det fullstendig oksygenfrie tilhøve ved det djupaste på vel 6 m.

Tabell 6. Samanlikning av resultata for Solenvatnet for dei to undersøkingane; i 2006 (Bjørklund & Johnsen 2006) og denne undersøkinga.

Fosfor µg P/l		Nitrogen µg N/l		Algemengd mg/l		Blågrøne % max	
2006	2013	2006	2013	2006	2013	2006	2013
298	190	1515	1890	1,5	3,74	20	92

KONKLUSJON

Resultata syner at det ikkje alltid er samsvarande klassifisering for dei ulike undersøkte tilhøva i kvar innsjø. Men dersom ein tar gjennomsnittet av dei ulike tilstandsklassane, og sorterer dei 20 innsjøane etter samla tilstand, skil dei seg i tre grupper (**tabell 7**):

Næringsfattige innsjørar med lite algar, som har «svært god» eller «god» status i høve til vassdirektivet.	Næringsrike innsjørar med middels algemengd, men utan bløming av blågrønalgar, der ein treng tiltaksplanar i høve til vassdirektivet for å nå måla om «god» status.	Næringsrike vatn med mykje algar og også blågrønalgar, med «dårleg» eller «svært dårlig» status, som bør prioriterast med omsyn til tiltaksplanar i høve til vassdirektivet.
<ul style="list-style-type: none"> • Storavatnet (1,0) • Kjeggjarvatnet (1,2) • Eikelandsvatnet (1,5) • Straumstadvatnet (1,7) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mjøsvatnet (2,3) • Vestevatnet (2,7) • Hallandsvatnet (2,7) • Ystebøvatnet (2,7) • Brakstadvatnet (2,8) • Gjerdevatnet (2,8) • Lommetjørnet (3,0) • Hundvinsvatnet (3,0) • Klessvatnet (3,2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hauglandsvatnet (3,7) • Nesvatnet (3,8) • Dalevatnet (4,0) • Solenvatnet (4,0) • Mykingsvatnet (4,0) • Bøtjørnet (4,0) • Klebakkvatnet (4,5)

Tabell 7. Samanstilling av alle kvalitetselementa for dei 20 innsjøane i Nordhordland, med sortering og vurdering etter gjennomsnittleg samla tilstand.

Innsjø	Samla	Siktdjup	Fosfor	Nitrogen	EQR Chl a	EQR alge	EQR blågr
Storavatnet	1,0	1	1	1	1	1	1
Kjeggjarvatnet	1,2	2	1	1	1	1	1
Eikelandsvatnet	1,5	3	2	1	1	1	1
Straumstadvatnet	1,7	3	3	1	1	1	1
Mjøsvatnet	2,3	3	5	3	1	1	1
Vestevatn	2,7	3	5	3	2	2	1
Hallandsvatnet	2,7	3	3	2	3	4	1
Ystebøvatnet	2,7	4	5	4	1	1	1
Gjerdevatn	2,8	3	4	3	2	3	2
Brakstadvatnet	2,8	3	5	3	4	1	1
Hundvinsvatnet	3,0	3	5	3	2	3	2
Lommetjørnet	3,0	4	5	3	2	3	1
Klessvatnet	3,2	4	5	4	2	3	1
Hauglandsvatnet	3,7	3	5	2	4	4	4
Nesvatnet	3,8	3	5	3	5	4	3
Solenvatnet	4,0	5	5	4	1	5	4
Bøtjørnet	4,0	3	5	3	3	5	5
Mykingvatnet	4,0	3	5	2	4	5	5
Dalevatnet	4,0	3	5	4	4	5	3
Klebakkvannet	4,5	4	5	4	4	5	5

VEDLEGGSTABELLAR

Vedleggstabell 1. Analyseresultat frå vassprøver samla inn i dei 20 innsjøane ved to tidspunkt i 2013.
Det var samla inn prøver frå 8 av innsjøane 18. aug 2013.

Innsjø	Siktedjup (m)			TOC (mg C/l)			Chl-a (µg/l)			TOT-P (µg P/l)			TOT-N (µg N/l)			
	18/8- 12	27/8- 13	1/10- 13	18/8- 12	27/8- 13	1/10- 13	18/8- 12	27/8- 13	1/10- 13	18/8- 12	27/8- 13	1/10- 13	18/8- 12	27/8- 13	1/10- 13	
Straumstadvatn	1,6	1,5		11	13		1	2,1		25	13		420	280		
Solenvatnet	0,6	0,7		20	23		2	4,2		120	140		1400	980		
Klebakkvannet	1,3	0,9		11	9,8		27	30		70	29		980	640		
Hundvinsvatnet	1,9	2,0		12	8,6		8,8	5,5		80	15		840	310		
Storavatnet		7,0	6		4	3		4,9	19		2,8	6,1		300	300	
Kjeggjarvatnet	3,5	3,1		7,5	6,1		2,6	4,7		11	8,3		390	250		
Bøtjørnet		2,7	1,9		8,1	8,1		17	88		27	51		480	800	
Gjerdevatn	1,7	1,5		12	11		3,7	12		38	24		840	550		
Klessvatnet	1,3	1,1		14	14		2,3	16		120	130		1100	690		
Vestevatn	2,0	1,5		10	9,7		8	3		27	46		640	730		
Hallandsvatnet	2,7	2,5		7,5	2,8		14	6,9		15	25		380	420		
Hauglandsvatnet	2,0	1,8		11	11		31	4,7		29	59		410	530		
Mykingvatnet	2,3	2,0		11	10		54	3,9		29	57		420	570		
Lommetjørnet	0,9	0,9		19	22		11	4,1		130	140		740	710		
Nesvatnet	2,6	2,5		7,5	6,7		60	15		43	55		550	610		
Mjøsvatnet	1,5	1,7		14	15		2,7	5,5		49	80		540	610		
Ystebøvatnet	0,9	1,1		20	16		2,9	1,1		190	160		890	780		
Dalevatnet	2,0	2,5		7,1	5,1		60	4		48	39		940	960		
Brakstadvatnet	2,1	2,0		9,2	7,3		38	2,6		38	71		550	730		
Eikelandsvatnet	2,3	1,5		8,8	8,7		5,8	4,8		12	14		290	350		

Vedleggstabell 2. Middelverdi og EQR-indeks med omsyn til klorofyll-a, algevolum (mg/l) og største mengda blågrønalgar (mg/l) for to algeprøvar samla inn i dei 20 innsjøane.

Innsjø	Chl-a ($\mu\text{g/l}$)		Algevolum		Blågrønalgar	
	Middel	EQR	Middel	EQR	Største	EQR
Straumstadvatnet	1,55	1,00	0,46	0,96	0,02	1,00
Solenvatnet	3,1	0,87	3,74	0,07	3,43	0,66
Klebakkvannet	28,5	0,09	8,70	0	10,01	0,00
Hundvinsvatnet	7,15	0,38	0,78	0,87	0,47	0,95
Storavatnet	3,95	0,68	0,42	0,97	0,02	1,00
Kjeggjarvatnet	3,65	0,74	0,18	1,00	0,01	1,00
Bøtjørnet	12,35	0,22	5,18	0	6,73	0,33
Gjerdevatn	7,85	0,34	1,01	0,81	0,64	0,94
Klessvatnet	9,15	0,30	0,77	0,87	0,15	0,98
Vestevatn	5,5	0,49	0,52	0,94	0,14	0,99
Hallandsvatnet	10,45	0,26	1,77	0,60	0,11	0,99
Hauglandsvatnet	17,85	0,15	2,78	0,33	4,22	0,58
Mykingvatnet	28,95	0,09	7,31	0	13,55	0
Lommetjørnet	7,55	0,36	1,03	0,80	0,08	0,99
Nesvatnet	37,5	0,07	2,96	0,28	1,37	0,86
Mjøsvatnet	4,1	0,66	0,23	1,00	0,12	0,99
Ystebøvatnet	2	1,00	0,17	1,00	0,00	1,00
Dalevatnet	32	0,08	9,81	0	1,40	0,86
Brakstadvatnet	20,3	0,13	0,07	1,00	0,00	1,00
Eikelandsvatnet	5,3	0,51	0,42	0,97	0,25	0,98

REFERANSAR

BERGE, D. 1987.

Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofnivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5 - 15 meter.
SFT rapport nr. 2001, 44 sider.

BRETTUM, P. 1989.

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

BRETTUM, P & ANDERSEN, T. 2004

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

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

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

HOLTAN,H, & S.O. ÅSTEBØL 1990.

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

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

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

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

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

SFT 1997.

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

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

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

VOLLENWEIDER, R.A. 1976.

Advances in defining critical loading levels phosphorus in lake eutrophication.
Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 33, sidene 53-83.

TIDLEGARE UNDERSØKINGAR I NORDHORDLAND

BJØRKLUND, A.E. & G.H. JOHNSEN 2006.

Oppfølgende undersøkelser av innsjøer med tidligere vannblomst og giftproduserende blågrønnalger i Hordaland 2006.

Rådgivende Biologer AS, rapport 961, 33 sider, ISBN 978-82-7658-513-1.

JOHNSEN, G.H. 1999

Beskrivelse og enkel undersøkelse av sju innsjøresipienter i Radøy kommune 1998

Rådgivende Biologer as. Rapport nr 378, 56 sider, ISBN 82-7658-238-9.

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

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

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

JOHNSEN, T. M. 2005

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

KLYVE, S. 1992.

Førerels rapport om blågrønalgar i Nordhordland i perioden 1985-1992.

Notat fra Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen.

TØSDAL, O. 1998

Toksinproduserande cyanobakteriar i Nordhordland.

Næringsmiddeltilsynet for Nordhordland og Gulen. 13 sider.