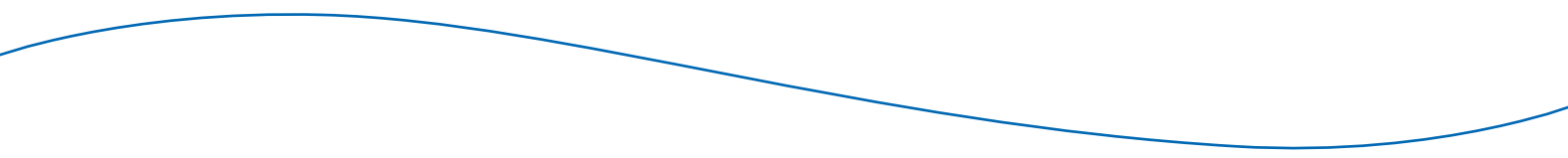


Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer - videreføring

A decorative blue wavy line that spans the width of the page, starting from the left edge, curving upwards, then downwards, and finally curving upwards again towards the right edge.

Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Handlingsplan for kalksjøer Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer - videreføring	Løpenr. (for bestilling) 6685-2014	Dato 19. mai 2014
	Prosjektnr. Undernr. 29169	Sider Pris 73
Forfatter(e) Marit Mjelde	Fagområde ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Oppland	Oppdragsreferanse Ola Hegge
--	--------------------------------

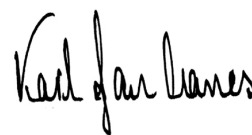
Sammendrag

Formålet med rapporten har vært å foreta en oppdatert utredning av miljøkravene til artene som inngår i utvalgt naturtype kalksjøer, samt å vurdere mulige årsaker til redusert forekomst av kransalger i flere kalksjøer. For hver av de utvalgte artene gir rapporten en oppdatert oversikt over utbredelse i Norge samt forekomst i forhold til viktige vannkjemiske parametre. Problemkartleggingen har omfattet både innsjøer med reduserte kransalgebestander og referansesjøer; Vientjern, Rokotjern, Kjevlingen, Nyborgtjern, Jarevatn, Kalven, Glorudtjern og Oksetjern på Hadeland, Helsettjern, Holetjern, Sillongen, Steffensrudtjern Slomma, Kauserudtjern og Eriksrudtjern på Vestre Toten og Spiketjern på Skrim. For hver av de undersøkte innsjøene har vi antydnet mest sannsynlige årsak til redusert kransalgebestander og behov for tiltak. Det er klare indikasjoner på at høy nitrogenkonsentrasjon er en viktig faktor i flere av innsjøene, i tillegg til dårlige lysforhold som følge av høy fosforbelastning. Rapporten foreslår grenseverdier fosfor, nitrat og ammonium i kalksjøer og anbefalinger i forhold til oppfølging og videre undersøkelser

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Svært kalkrike innsjøer	1. High-alkalinity lakes
2. Miljøkrav	2. Environmental requirements
3. Vannvegetasjon	3. Aquatic macrophytes
4. Fysisk-kjemiske analyser	4. Physiochemical analysis



Marit Mjelde
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder

Handlingsplan for kalksjøer

Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks
i kalksjøer - videreføring

Forord

Norsk institutt for vannforskning har på oppdrag fra Fylkesmannen i Oppland foretatt problemkartlegging av utvalgte innsjøer på Hadeland og Vestre Toten, samt en oppdatert utredning om miljøforhold for arter i kalksjøer.

Vannprøvene er innhentet av John Hornslien (Hadeland) og Anders Kvaløy Olsen (Vestre Toten). Det botaniske feltarbeidet er utført av Hanne Edvardsen, Ola Hegge (FM i Oppland), Ine Cecilie Jordalen Norum (FM i Oppland) og Marit Mjelde, mens CTD-målingene og sedimentprøvetakingen er foretatt av Torleif Bækken og Marit Mjelde. Anders Langangen har kontrollbestemt kransalgene og kommet med innspill til rapporten

De vannkjemiske analysene er foretatt ved Analysesenteret i Trondheim, NIVAs kjemilaboratorium og Eurofins AS, mens sedimentprøvene er analysert av Eurofins AS.

Rapporten er skrevet av Marit Mjelde, som også har vært NIVAs prosjektleder. Dag Berge har kvalitetssikret rapporten.

Oppdragsgivers kontaktperson Ola Hegge.

Takk til alle for godt samarbeid.

Oslo, 19. mai 2014

Marit Mjelde

Innhold

Sammendrag	7
Summary	7
1. Innledning	8
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Formål	8
2. Materiale og metoder	9
2.1 Datamateriale	9
2.2 Litteraturgjennomgang	9
2.3 Problemkartlegging	9
3. Tålegrenser for arter i utvalgt naturtype – oppdatert	11
3.1 Innledning	11
3.2 Miljøforhold for de utvalgte artene	12
3.3 Oppsummering	20
4. Problemkartlegging 2013	21
4.1 De undersøkte innsjøene	21
4.2 Nedbør og temperatur	21
4.3 Temperatur, oksygen, konduktivitet og turbiditet i vannmassene	26
4.4 Vannkjemi og siktedyp	29
4.4.1 Tidsendringer	31
4.5 Sedimentkjemi	40
4.6 Vannvegetasjon	43
4.6.1 Generell beskrivelse Hadeland	43
4.6.2 Generell beskrivelse Vestre Toten	45
4.6.3 Spiketjern	47
4.6.4 Antall arter og rødlistearter	50
4.6.5 Store og små kransalger - antall og mengde	51
4.6.6 Økologisk tilstand	52
4.6.7 Vegetasjonens nedre grense	53
4.6.8 Tidsendringer	54
4.7 Viktige faktorer for forekomst av kransalger - årsaker til endringer	56
4.8 Oppsummering, forslag til grenseverdier og videre undersøkelser	59
5. Litteratur	62
Vedlegg A. Rådata	64

Sammendrag

I flere verdifulle kalksjøer har truede arter av kransalger har gått sterkt tilbake, og stedvis også forsvunnet. I arbeidet med forvaltnings- og tiltaksplaner for kalksjøer er det behov for å stille miljømål som vil kunne opprettholde, eventuelt gi grunnlag for reetablering av livskraftige bestander av arter av naturlig forekommende kransalger. Fylkesmannen i Oppland fikk i 2012 gjennomført en utredning av miljøkrav som et hjelpemiddel for miljøkravsetting. Rapporten foreslo en oppfølgende undersøkelse for å styrke vurderingsgrunnlaget for miljøkravvurderingen. Formålet med den foreliggende rapporten har vært å foreta en problemkartlegging av utvalgte innsjøer, samt en oppdatert analyse og vurdering av miljøkravene for de aktuelle artene.

Pr april 2014 er det registrert 522 sikre kalksjøer i Norge, hvorav 161 kan karakteriseres som utvalgt naturtype. Oppland og Nordland er de viktigste kalksjøfylkene.

For hver av de utvalgte artene gir rapporten en oppdatert oversikt over utbredelse i Norge samt forekomst i forhold til viktige vannkjemiske parametre.

Problemkartleggingen omfattet både innsjøer med reduserte kransalgebestander og referansesjøer; Vientjern, Rokotjern, Kjevlingen, Nyborgtjern, Jarenvatn, Kalven, Glorudtjern og Oksetjern på Hadeland, Helsettjern, Holetjern, Sillongen, Steffensrudtjern Slomma, Kauserudtjern og Eriksrudtjern på Vestre Toten og Spiketjern på Skrim. Mulige årsaker til redusert forekomst av kransalger er vurdert.

For hver av de undersøkte innsjøene har vi antydnet mest sannsynlige årsak til redusert kransalgebestander og behov for tiltak. Vi har imidlertid fortsatt for lite data til å med sikkerhet si hva som er årsaken til reduserte eller bortfall av kransalgebestandene i den enkelte innsjø, men det er klare indikasjoner på at høye konsentrasjoner av nitrat og ammonium er viktig faktorer i flere av innsjøene, i tillegg til dårlige lysforhold som følge av høy fosforbelastning. Det er imidlertid fortsatt behov for flere undersøkelser for å finne klarere tålegrenser for enkeltarter, særlig i forhold til nitrogen. Her kan man tenke seg forsøk med tilsetning av ulike former og mengder av nitrogen, enten i laboratoriet eller som mesocosmos-eksperimenter.

Rapporten foreslår følgende grenseverdier i kalksjøer: fosfor: 20 µg P/l, nitrat: 500 µg NO₃/l og ammonium: 300 µg NH₄/l.

For de lokalitetene hvor man tenker å gjennomføre tiltak med tanke på å oppnå de foreslåtte grenseverdiene er det viktig med grundige undersøkelser, under og etter gjennomførte tiltak. Dette bl.a. for å kunne sjekke, eventuelt korrigere, grenseverdiene.

Videre undersøkelser av kalksjøer i forbindelse med problemkartlegging og tiltaksvurdering bør alltid inkludere tilsvarende vannkjemiske prøver som i den foreliggende undersøkelsen. Sedimentprøver er også nyttige. Overvåking av kalksjøene er viktig, også etter at tiltak er gjennomført.

Summary

Title: Action plan for high alkalinity lakes. Environmental requirements for *Chara* and *Potamogeton/Stuckenia* species. Continuation.

Year: 2014

Author: Marit Mjelde

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6420-3

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Kalksjøer er kalkrike innsjøer og tjern med kalsiuminnhold større eller lik 20 mg Ca/l (DN 2011), og er delt inn i undertyper ut fra vannvegetasjonen (kransalger og karplanter).

Totalt 13 arter av kransalgene og 11 karplanter har kalksjøene som sitt hovedhabitat (DN 2011). De aller fleste av kransalgene er rødlistearter, og også de karplanter som er sterkest knyttet til kalksjøene er rødlistede.

Kalksjøer er en utvalgt naturtype, jfr. Naturmangfoldloven (MD 2009). Den utvalgte naturtypen er definert som: innsjøer med kalsiuminnhold ≥ 20 mg Ca/l og med forekomst av minst en av følgende arter; rødkrans (*Chara tomentosa*), smaltaggkrans (*C. rudis*), hårpiggkrans (*C. polyacantha*), stinkkrans (*C. vulgaris*), knippebustkrans (*C. curta*), gråkrans (*C. contraria*), blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), sliretjønnaks (*Stuckenia vaginata*), vasskrans (*Zannichellia palustris*), eller andre truede kalkkrevende plante- eller dyrearter.

1.2 Formål

I flere verdifulle kalksjøer er det betydelige miljøproblemer som følge av næringssaltforurensning. Dette har flere steder resultert i at truede arter av kransalger har gått sterkt tilbake, og stedvis også forsvunnet. Noen steder er det også mistanke om at økt brunfarge på innsjøer har gitt tilsvarende tilbakegang for kransalger. I arbeidet med forvaltnings- og tiltaksplaner for kalksjøer er det behov for å stille miljømål som vil kunne opprettholde, eventuelt gi grunnlag for reetablering av livskraftige bestander av arter av naturlig forekommende kransalger.

Fylkesmannen i Oppland fikk i 2012 gjennomført en utredning av miljøkrav som et hjelpemiddel for miljøkravsetting (Mjelde m.fl. 2012). Rapporten foreslo en oppfølgende undersøkelse for å styrke vurderingsgrunnlaget for miljøkravvurderingen.

Formålet med den foreliggende rapporten er å foreta en problemkartlegging av 16 utvalgte innsjøer, og en oppdatert analyse og vurdering av miljøkravene for de aktuelle artene. Dessuten foreta supplerende litteratursøk for vannvegetasjon med fokus på enkeltarter av *Chara* og *Potamogeton/Stuckenia*, med sikte på å fange opp eventuell ny litteratur siden forrige analyse.

I utredningen av miljøkravene vil det være fokus på de artene som inngår i utvalgt naturtype kalksjøer (jfr. NML § 52, MD 2009):

- Kransalgene rødkrans (*Chara tomentosa*), smaltaggkrans (*C. rudis*), hårpiggkrans (*C. polyacantha*), stinkkrans (*C. vulgaris*), knippebustkrans (*C. curta*) og gråkrans (*C. contraria*)
- Karplantene blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), sliretjønnaks (*Stuckenia vaginata*) og vasskrans (*Zannichellia palustris*)

Tidligere studier har vist at *Chara rudis* og *C. hispida* sannsynligvis er samme art (Urbaniak 2010). Disse blir behandlet samlet i tålegrensekapitlet. En pågående genetisk studie av *Chara*-artene antyder at alle de store artene *Chara rudis*, *C. hispida*, *C. aculeolata* og *C. polyacantha* kan tilhøre samme artskompleks, eventuelt samme art (Schneider et al., in prep), mens *C. tomentosa* regnes som egen art. Samme studie antyder at noen av de små artene muligens kan slås sammen. Det trengs imidlertid videre analyser her. Vi forholder oss derfor foreløpig til tidligere artsinndeling.

2. Materiale og metoder

2.1 Datamateriale

Alle data for kalksjøer fra nye registreringer, NIVAs database, Naturbase og Artskart er lagt inn i en samlet database, sammen med tidligere data. Pr. april 2013 omfatter denne totalt 583 kalksjøer, men botaniske og vannkjemiske data foreligger for et noe mindre antall.

Enkelte av innsjøene er undersøkt flere år, slik at vi har botaniske data for totalt 846 innsjø-år, men vannkjemiske data er tildels mangelfulle. Det foreligger kalsium-data for 709 innsjø-år, mens data for de øvrige vannkjemiske parametrene er færre. Tilgjengelige vannkjemiske parametre er vist i tabell 1.

Tabell 1. Tilgjengelige vannkjemiske data fra kalksjøene.

	kalsium	farge	total nitrogen	total fosfor	siktedyp
antall innsjø-år	709	357	357	446	87

Sammen med tilgjengelig litteratur om enkeltarter utgjør dette datagrunnlaget for analyser av enkeltarters miljøkrav.

2.2 Litteraturgjennomgang

Det er foretatt innsamling og gjennomgang av litteratur for vannvegetasjon, med fokus på enkeltartene av *Chara* og *Potamogeton/Stuckenia* som inngår i utvalgt naturtype. Litteratursøket omfatter både internasjonal litteratur og sammenstilling av norsk litteratur (artikler, rapporter samt resultater fra naturtypekartlegging og andre liknende undersøkelser). Dataen fra litteraturen er benyttet ved vurdering av den enkelte arts forekomst/mengde og krav til ulike miljøforhold.

2.3 Problemkartlegging

Prioriterte innsjøer

Den første utredningen om miljøkrav (Mjelde m.fl. 2012) viste at det var et stort behov for flere og bedre vannkjemiske data, særlig for innsjøene som defineres som utvalgt naturtype, men også generelt for kalksjøer. De fleste kalksjøene ligger i områder som er attraktive for jordbruk og bebyggelse, noe som medfører at vannkjemiske forhold kan variere mye over forholdsvis kort tid. For å kunne vurdere effekter av forurensninger er det derfor viktig at botaniske og vannkjemiske data innhentes i samme periode.

Oversikt over kalksjøer i Oppland med dårlig tilstand i et eller flere undersøkelsesår er vist av Mjelde m.fl. (2012). I flere av disse var det observert en klar forverring i kransalgevegetasjon over tid. Dette gjaldt særlig Vientjern (Østtjern), Rokotjern, Kjevlingen, Helsettjern, Holetjern, Sillongen, Steffensrudtjern Slomma, Kauserdutjern, samt en mulig forverring i vannkjemiske forhold i Nyborgtjern. Disse innsjøene ble derfor inkludert i den foreliggende undersøkelsen. I tillegg ble Jarenvatn inkludert siden det her ser ut til at kransalgebestanden har tatt seg opp til tross for svært høye nitrogenkonsentrasjoner i vannet og store vasspestbestander siden 1950-tallet og Eriksrudtjern på grunn av kalkbruddene i nærområdet. Dessuten er de antatte referansesjøene Kalven, Glorudtjern og Oksetjern inkludert. I løpet av prosjektperioden viste det seg at kransalgevegetasjonen i Spiketjern (Kongsberg) var sterkt redusert (Langangen, pers.medd.). Denne innsjøen er derfor inkludert i undersøkelsen.

Feltundersøkelser

For alle innsjøene ble det i 2013 samlet inn vannprøver 3-4 ganger i perioden mai-oktober (tid for prøvetaking og antall tidspunkt avviker noe fra NIVAs plan). I tillegg ble det hentet inn vannprøver fra alle innsjøene i mars 2014. Vannprøvene ble tatt som blandprøver fra 0-2 m dyp ved et sentralt punkt i hver av innsjøene. Samtidig ble siktedyp målt. Prøvene er analysert med hensyn på kalsium, farge, total-fosfor, fosfat, total-nitrogen, nitrat og ammonium. I september ble oksygeninnhold, temperatur, konduktivitet, pH og turbiditet målt i hele vannsøylen ved bruk av CTD (YSI-sonde).

Alle vannprøvene, unntatt september-prøvene, ble innhentet av lokale prøvetakere. September-prøvene ble innhentet samtidig med CTD- og sedimentprøvetakingen. De vannkjemiske analysene ble foretatt av Analysesenteret i Trondheim, NIVAs kjemilaboratorium og Eurofins AS.

I alle innsjøene ble det, ved hjelp av en Limnos prøvetaker, hentet inn sedimentprøver både fra dypeste punkt og fra littoralsona. Fra innsjøenes dypeste punkt ble det tatt én prøve fra overflatesedimentet (0-2 cm). I littoralsona ble 3 prøver av overflatesedimentet (0-5 cm) slått sammen til én blandprøve. Alle sedimentprøvene er analysert på totalt fosfor, total nitrogen, tørrstoff og gløderest. Analysene er gjort av Eurofins AS.

Vannvegetasjon i innsjøene ble undersøkt i perioden 19-22. august 2013, unntatt Kalven og nordre del av Jarenvatn, som ble undersøkt i 2011. Registreringene ble foretatt i henhold til standard prosedyre; ved hjelp av vannkikkert og kasterive fra båt (jfr. Mjelde m.fl. 2010). Kvantifisering av vannvegetasjonen er gjort etter en semi-kvantitativ skala, hvor 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerende. Alle dybdeangivelser er gitt i forhold til vannstand ved registreringstidspunktet. Navnsettingen for karplantene følger Lid og Lid (2005), mens kransalgene er navngitt etter Langangen (2007).

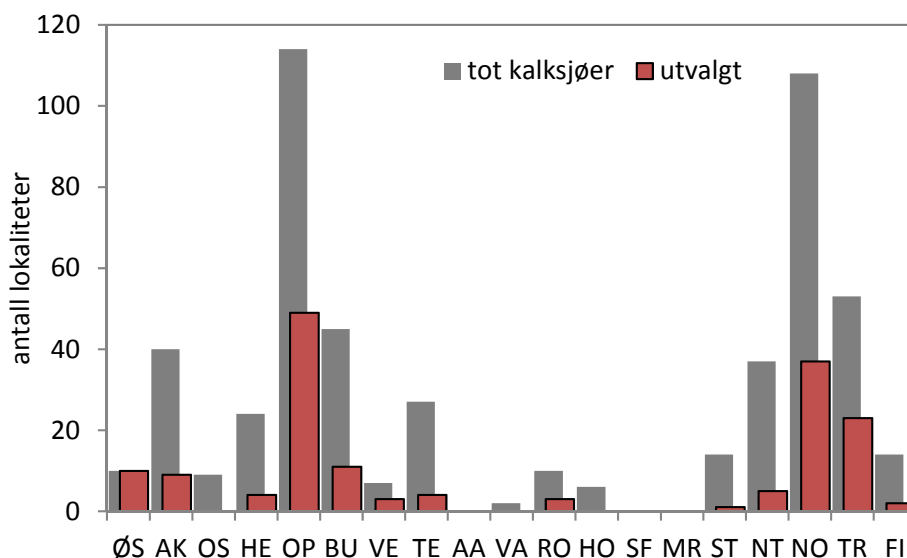
Vurdering av økologisk tilstand for vannvegetasjonen, inkl. kransalgene, og kjemisk tilstand er basert på klassifikasjonsveilederen (Direktoratsgruppa 2013).

3. Tålegrenser for arter i utvalgt naturtype – oppdatert

3.1 Innledning

Pr april 2014 er det registrert **522** sikre kalksjøer i Norge, fordelt på 16 fylker. Her inkluderes alle innsjøer som et eller flere år har kalsiumverdi > 20 mg Ca/l. I tillegg kommer ca. 60 lokaliteter med mangelfulle eller usikre data. Størst antall kalksjøer er registrert på Østlandet, med Oppland som det viktigste fylket, og i Nord-Norge, hvor Nordland har klart størst antall (figur 1). Det er svært få kalksjøer på Sør- og Vestlandet, og det er ikke registrert kalksjøer i Aust-Agder, Sogn og Fjordane eller Møre og Romsdal.

Av de 522 kalksjøene i Norge kan **161** karakteriseres som utvalgt naturtype (basert på forekomst av artene i NML paragraf 20). Størst andel utvalgt naturtype har fylkene Oppland, Nordland og Troms (figur 1).



Figur 1. Totalt antall kalksjøer og antall utvalgte naturtyper i hvert fylke. Lokaliteter med usikre/mangelfulle data er ikke inkludert.

Hovedfokuset i undersøkelsen har vært på de artene som inngår i utvalgt naturtype (jfr. NML § 52, MD 2009). De utvalgte artene er alle rødlistearter innenfor kategoriene CR (kritisk truet), EN (sterkt truet) og VU (sårbar) som har sitt hovedhabitat i kalksjøer.

Ved vurdering av tålegrenser for artene har vi bare brukt data for kalksjøer, selv om noen av artene også forekommer i andre innsjøtyper. Dette betyr bl.a. at noen lokaliteter (med kalsium < 20 mg Ca/l) for enkelte arter ikke er inkludert her. Det er også viktig å være oppmerksom på at datamaterialet omfatter alle lokaliteter der artene er registrert en eller annen gang, selv om de for enkelte lokaliteter ikke er gjenfunnet.

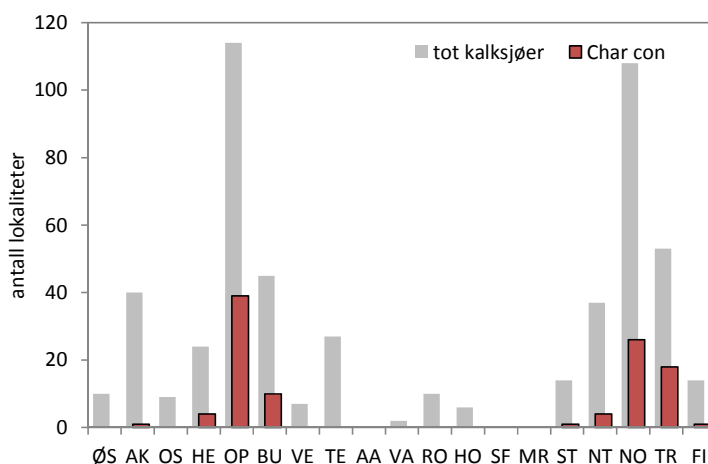
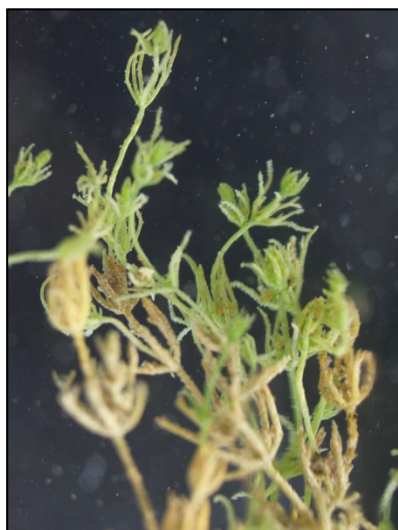
3.2 Miljøforhold for de utvalgte artene

Chara contraria – gråkrans

Gråkrans er en av de små kransalgene og har både ettårige og flerårige former (Langangen 1974). Den vokser som regel på helt grunt vann, men er registrert ned til 11 m (Langangen & Breivik 2010). Arten er som regel rikt fruktifiserende og har ofte store mengder modne oosporer.

Fylkesforekomst

Gråkrans er registrert i totalt 104 innsjøer; hvorav 54 på Østlandet (Akershus, Hedmark, Oppland og Buskerud), 5 i Trøndelag og 45 i Nord-Norge (figur 2).



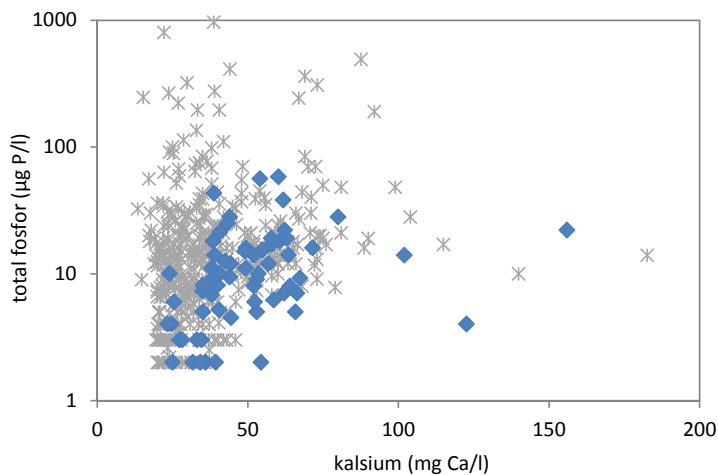
Figur 2. Gråkrans (*Chara contraria*) (foto: A. Langangen). Til høyre: artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Gråkrans er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra <20 til 156 mg Ca/l.

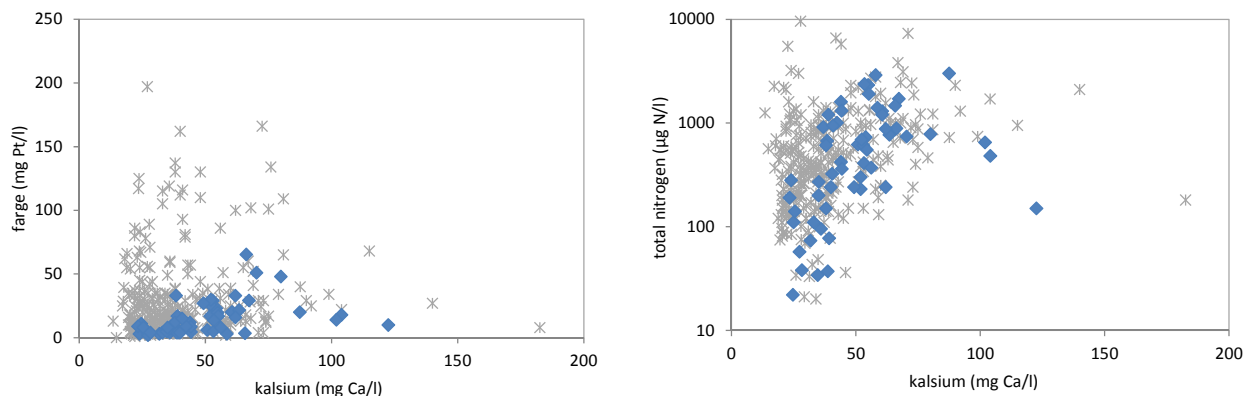
Siden arten kan vokse på grunt vann vil den også kunne forekomme i eutrofe innsjøer (registrert opp til 58 µg P/l) hvor lysforholdene er dårlige, så fremt det er åpne strandsoner uten helofyttvegetasjon (figur 3). Bestander er imidlertid bare registrert i innsjøer med total fosfor < 20 µg P/l.

Arten finnes i innsjøer med farge opp til 65 mg Pt/l (figur 4), men bare registrert som vanlig i én humøs innsjø. Forøvrig forekommer den bare sjelden eller spredt i humøse innsjøer. Bestander er bare registrert ved farge < 20 mg Pt/l.



Figur 3. Forekomst av gråkrans i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Gråkrans forekommer stort sett i innsjøer med total nitrogen mindre enn 2 mg N/l, unntatt i Jarenavatn som har total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 4). Arten danner imidlertid bare bestander i innsjøer med total nitrogen < 1 mg N/l.



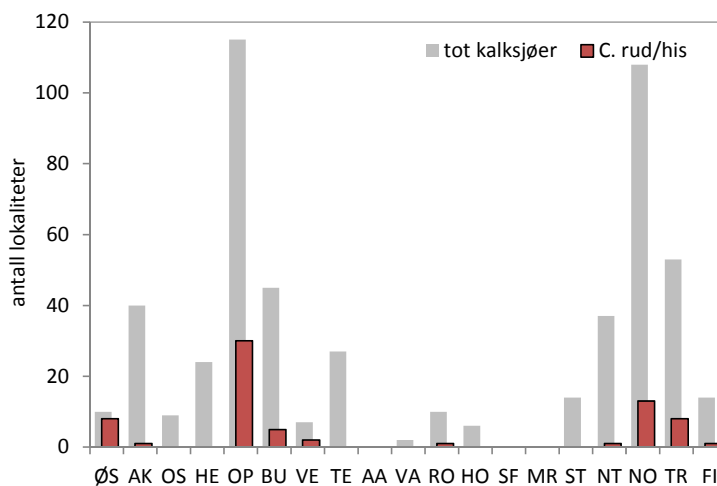
Figur 4. Forekomst av gråkrans i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Chara rudis og *C. hispida* – smaltaggkrans og bredtaggkrans

Chara rudis og *C. hispida* er muligens en og samme art (Urbaniak 2010) og behandles derfor sammen her. Begge artene har både ettårige og flerårige former. De ettårige formene finnes som regel på grunt vann mens de flerårige vokser på dypere vann (Langangen 1974). Dette er en storvokst art som helst vokser på noe dypere vann. I Mysutjern (Kongsberg) er den registrert ned til 9 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Chara rudis og *C. hispida* er registrert i totalt 70 innsjøer; hvorav 46 på Østlandet (Østfold, Akershus, Oppland, Buskerud og Vestfold) og 22 i Nord-Norge (figur 6).



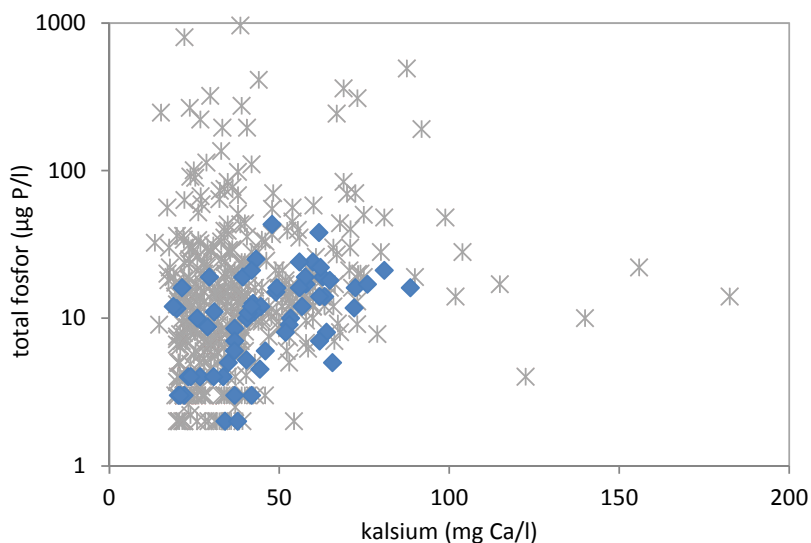
Figur 6. Smaltaggkrans (*Chara rudis*) - bredtaggkrans (*C. hispida*), (foto: A. Langangen). Til høyre: artskompleksets fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Artene er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 20 til 104 mg Ca/l.

Dette er store kransalger som man vanligvis finner best utviklet på noe dypere vann (ofte >1-2m), selv om spredte eksemplarer av arten kan finnes på grunt vann, bl.a. i kalksjøene på Kongsberg og Hvaler.

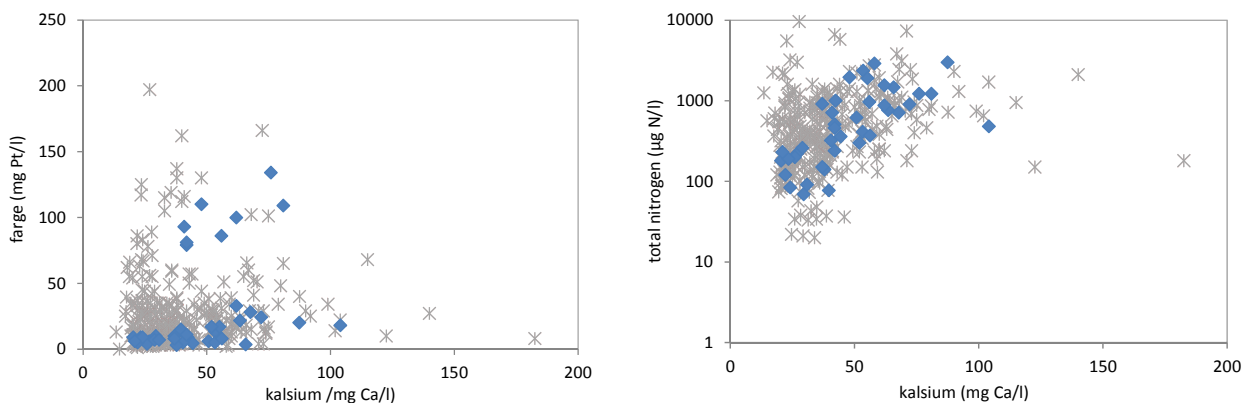
Artene er sporadisk registrert i innsjøer med fosfor opp til 43 µg P/l (figur 7), men danner bestander bare i innsjøer med fosfor mindre enn 25 µg P/l.



Figur 7. Forekomst av artskomplekset i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Artene finnes helst i klare innsjøer, unntatt et par svakt humøse innsjøer i Buskerud (farge 32 mg Pt/l) (figur 8). Imidlertid er artskomplekset registrert i grunne og svært humøse pytter på Hvaler og i Hvalpetjern i Buskerud.

Artskomplekset forekommer stort sett i innsjøer med total nitrogen mindre enn 2 mg N/l, unntatt i Jarenavatn hvor den er relativt vanlig, men ikke danner bestander, ved total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 8).



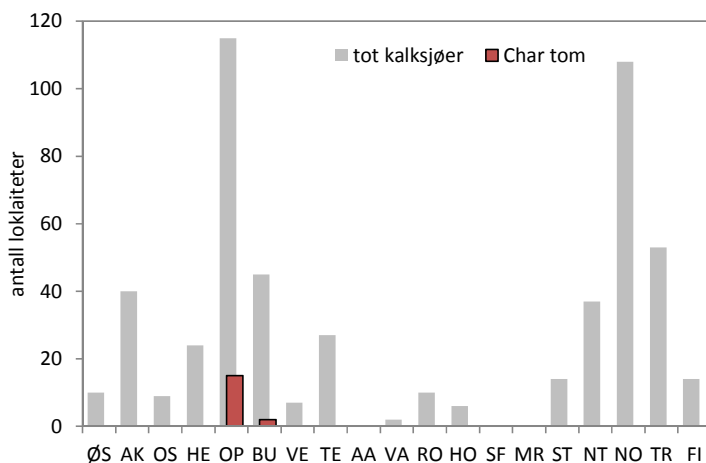
Figur 8. Forekomst av artskomplekset i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Chara tomentosa – rødkrans

Rødkrans er en av de store artene og har både ettårige og flerårige former. De ettårige formene finnes som regel på grunt vann mens de flerårige vokser på dypere vann (Langangen 1974). Arten danner ofte tette bestander ned til 2-3 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

Rødkrans finnes bare på Østlandet, hvor den er registrert i 17 innsjøer i Oppland og 2 i Buskerud (figur 9).

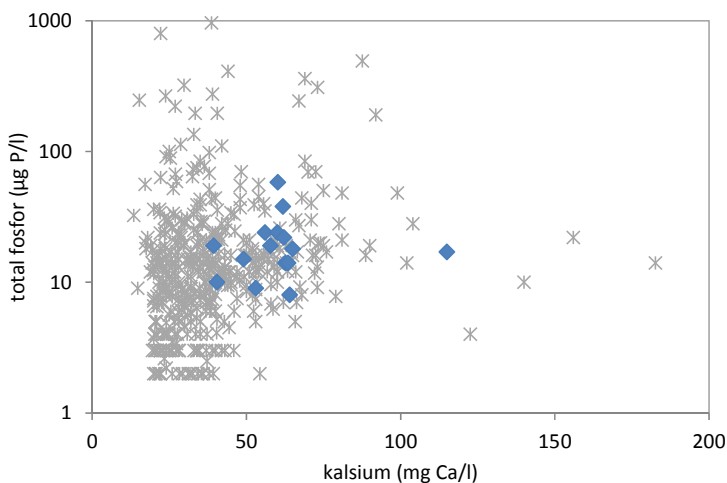


Figur 9. Rødkrans (foto: A. Langangen). Til høyre: artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Vannkjemiske forhold

Rødkrans er en sjelden art og vannkjemiske data for arten er sparsomme. Arten er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 40 til 115 mg Ca/l.

Siden arten i Norge helst finnes på grunt vann antar vi at den er mindre påvirket av dårlige lysforhold enn de andre store artene. Arten er registrert som vanlig i innsjøer med total fosfor opp til nesten 60 µg P/l (figur 10), men forekommer her bare på helt grunt vann, 0,2-0,6 m dyp. Den danner ikke bestander i noen av de undersøkte innsjøene.



Figur 11. Forekomst av rødkrans i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

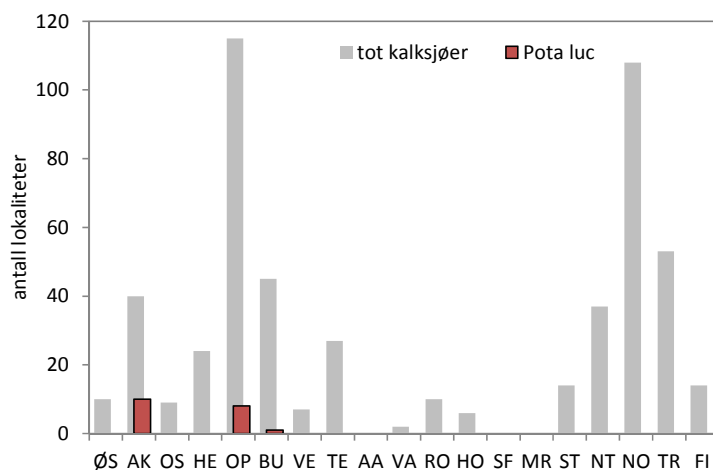
Arten finnes spredt i innsjøer med farge 18-68 mg Pt/l og total nitrogen 480-950 µg N/l (data fra bare 4 innsjøer).

Potamogeton lucens - blanktjønnaks

Blanktjønnaks er en av de største tjønnaks-artene i Norge og kan bli 2-3 m lang. Den har bare undervannsblad, flyteblad mangler. Arten står oftest på noe dypere vann (>1 m dyp) og kan være vanskelig å få øye på fra land.

Fylkesforekomst

Blanktjønnaks finnes bare på Østlandet; og er registrert i 10 innsjøer i Akershus, 8 innsjøer i Oppland og 1 innsjø i Buskerud (figur 11). Hybriden *P. zizii* (*P. lucens* × *P. gramineus*) er ikke inkludert.

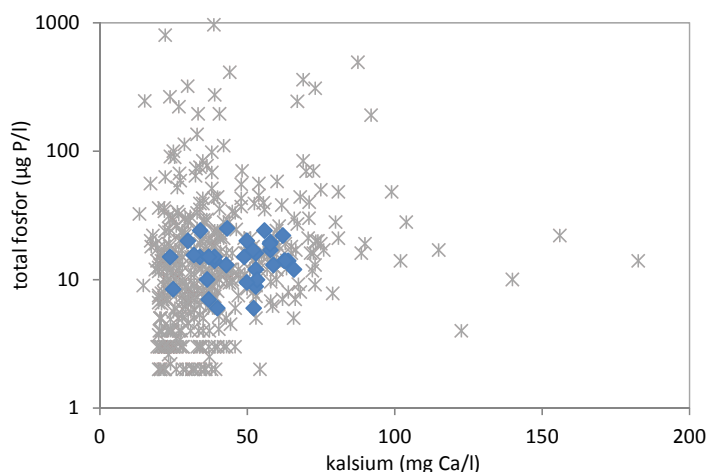


Figur 11. Blanktjønnaks (foto: B. Faafeng). Til høyre: artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

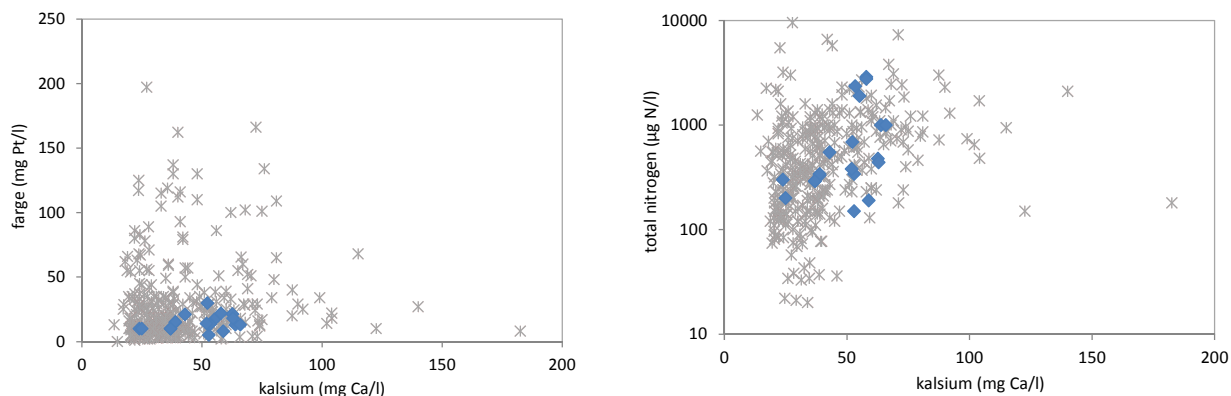
Vannkjemiske forhold

Arten er registrert i innsjøer med kalsiuminnhold fra 24 til 62 mg Ca/l (figur 12). På grunn av den langvokste vekstformen kan man anta at arten er mindre følsom ovenfor dårlige lysforhold enn *Chara*-artene. Imidlertid er den bare registrert i innsjøer med total fosfor opp til 25 µg P/l (figur 12).

Blanktjønnaks er utelukkende funnet i klare innsjøer (farge <30 mg Pt/l) (figur 13). Den finnes først og fremst i innsjøer med total nitrogen mindre enn 1 mg N/l, unntatt i Jarevatn og Elgsjøen hvor den er vanlig, men ikke danner bestander, ved total nitrogen opp mot 3 mg N/l (figur 13).



Figur 12. Forekomst av blanktjønnaks i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.



Figur 13. Forekomst av blanktjønnaks i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Stuckenia vaginata - sliretjønnaks

Sliretjønnaks er en langskuddsplante som kan bli 2-3 m lang og vokser fortrinnsvis på dypere vann. På samme måte som busttjønnaks kan øvre deler av skuddene danne matter i eller like under overflata.

Fylkesforekomst

Sliretjønnaks er svært sjelden og finnes bare i Nord-Norge, registrert i 3 innsjøer i Nordland og 1 innsjø i Troms.

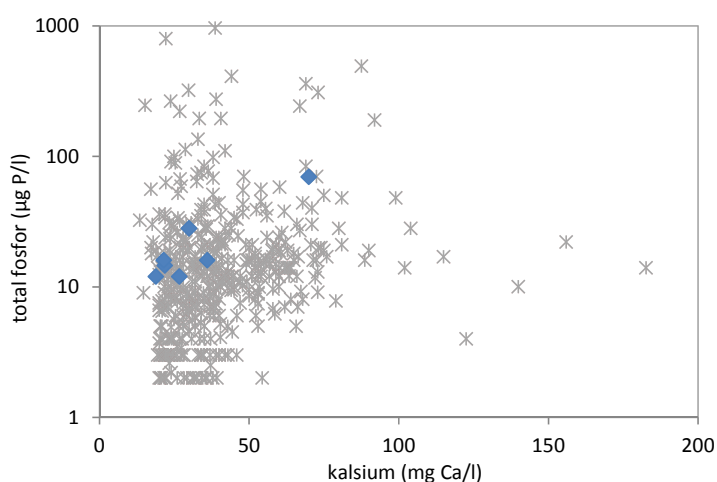


Vannkjemiske forhold

Arten er registrert i innsjøer med kalsium 19-36 mg Ca/l (figur 14). Dessuten er den registrert ved 70 mg Ca/l i Ytrevatn i Brønnøy. Denne innsjøen er muligens påvirket av brakkvann.

Arten er stort sett registrert i innsjøer med total fosfor 12-30 µg P/l, unntatt i Ytrevatn hvor total-P er 70 µg P/l.

Vurdering av artens forekomst i forhold til farge og total nitrogen kan ikke foretas på grunn av manglende data.



Figur 14. Øverst: Sliretjønnaks (foto: M. Mjelde). Nederst: Forekomst i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

***Chara curta* - knippebustkrans**

Knippebustkrans er en liten art som står meget nær *C. aspera*. I Norge er denne arten bare funnet på grunt vann (Langangen 2008, 2010).

Fylkesforekomst

Knippebustkrans finnes bare på Østlandet; 2 innsjøer i Oppland og 1 i Buskerud.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total fosfor, total nitrogen eller farge. Den er registrert i innsjøer med kalsium 32-40 mg Ca/l.

Foto: A. Langangen

***Chara polyacantha* - hårpiggkrans**

Chara polyacantha er en flerårig art. Den er en av de store artene, men vokser stort sett bare ned til 1 m dyp (Langangen 2007).

Fylkesforekomst

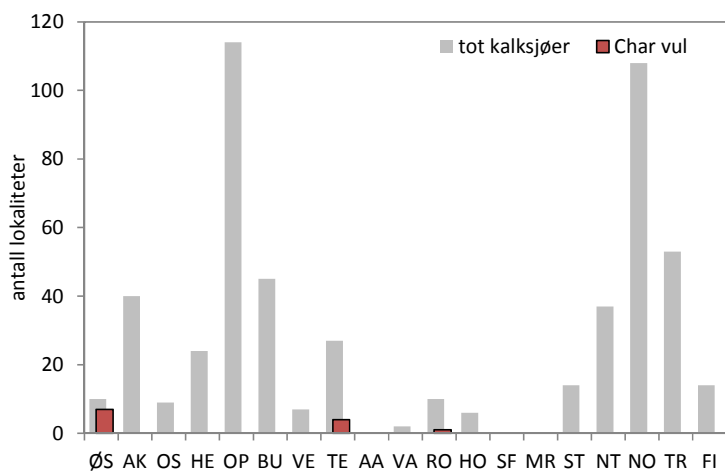
Chara polyacantha finnes bare 2 innsjøer i Vestfold og 1 innsjø i Rogaland.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total fosfor, total nitrogen eller farge. Den er registrert i innsjøer med kalsium 34-50 mg Ca/l.



Foto: A. Langangen

***Chara vulgaris* - stinkkrans**

Figur 15. Stinkkrans (foto: A. Langangen). Til høyre: artens fylkesforekomst. Totalt antall kalksjøer er vist med grå farge.

Stinkkrans er en art som har både ettårige og flerårige former. Arten vokser på grunt vann ned til 1 m dyp. Den er ofte rikt fertil med modne oosporer fra juli (Langangen 2007).

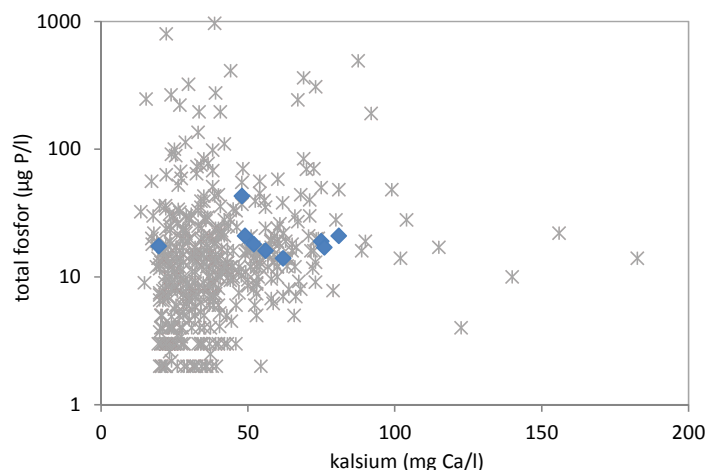
Fylkesforekomst

Stinkkrans er registrert i 8 dammer og tjern i Østfold og 4 dammer i Telemark, samt i Rogaland..

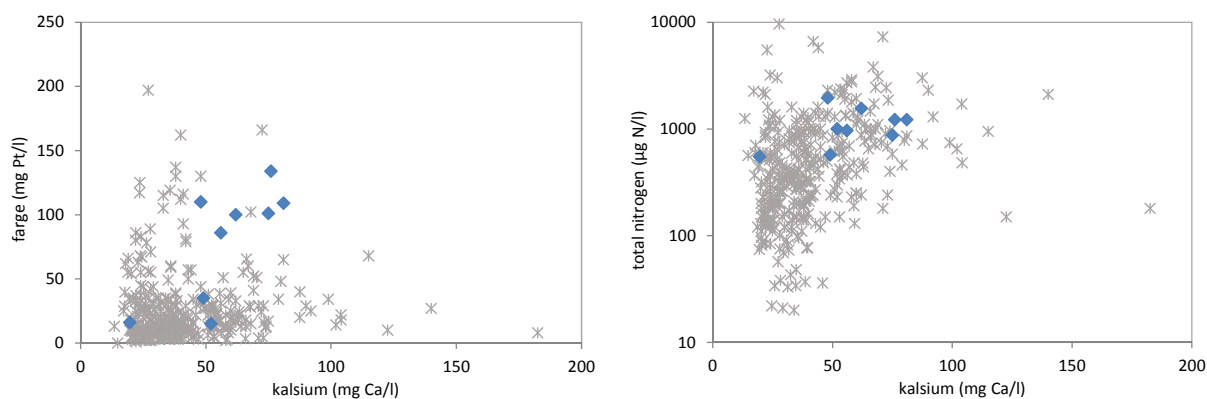
Vannkjemiske forhold

Stinkkrans er registrert i innsjøer med kalsium 20-81 mg Ca/l (figur 16) og finnes nesten bare i humøse lokaliteter. Fosfor- og nitrogeninnholdet i dammene

og tjernene varierer mellom hhv. 14-43 µg P/l og 550-2000 µg N/l (figur 17). Muligens er noen av lokalitetene på Hvaler brakkvannspåvirket, men klorid- eller salinitetsdata foreligger ikke.



Figur 16. Forekomst av stinkkrans i forhold til kalsium og total fosfor. Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.



Figur 17. Forekomst av stinkkrans i forhold til kalsium og farge (venstre), og kalsium og total nitrogen (høyre). Øvrige kalksjøer er vist med grå farge.

Zannichellia palustre - vasskrans

Vasskrans er en flerårig kortvokst langskuddsplante, som helst vokser på grunt vann. I Norge er den sjelden i ferskvann, men noe vanligere i brakkvann.

Fylkesforekomst

Vasskrans finnes bare i 2 innsjøer i Rogaland.

Vannkjemiske forhold

For denne arten foreligger det ikke data for total nitrogen eller farge. Den er registrert i lokaliteter med kalsium 20-29 mg Ca/l og total fosfor på 17-113 µg P/l.



Foto: www.korseby.net

3.3 Oppsummering

En oppsummering av sannsynlig habitat-preferanse for hver enkelt art er gitt i tabell 2. Vurderingene er foretatt dels på bakgrunn av nasjonal og internasjonal litteratur om artens forekomst, sammenstilt med tilgjengelige vannkjemiske data fra Mjelde m.fl. (2012) og oppdaterte data etter det, samt resultatene fra problemkartleggingen i foreliggende rapport.

Data er fortsatt noe mangelfulle, men det kommer allikevel klart fram at de fleste artene foretrekker eller bare forekommer i klare innsjøer. Økt humusinnhold ser ut til å virke negativt på artene. Videre er det noen forskjeller når det gjelder fosfor, de store artene *Chara rudis-hispida* og *Potamogeton lucens* vokser stort sett bare på noe dypere vann og ser ut til å være særlig sårbare overfor økt fosfor (eutrofiering og dårligere lys). *Potamogeton lucens* har heller ikke evnen til å danne skudd som flyter rett under overflata («canopy») slik som hos *Stuckenia vaginata* og særlig *Stuckenia pectinata*.

Når det gjelder artenes forhold til nitrat og ammonium har vi for lite data til å kunne vurdere effekter. Stort sett foreligger bare data for total nitrogen, mens det er nitrat- og ammonium som sannsynligvis er viktigst. Foreløpig ser det ut til at artene *Chara rudis-hispida* og *Potamogeton lucens* er mer sårbare enn de øvrige utvalgte artene.

De artene som er sårbare overfor økt humus og nitrogen vil være særlig utsatte ved klimaendringer.

Tabell 2. Oppsummering for de utvalgte artene i norske kalksjøer. For kalsium vises i hvilket område arten forekommer, mens det for farge, fosfor og nitrogen er antydning av øvre grense for bestander av arten. Enkeltplanter kan forekomme over disse grensene. For fosfor vises grenseverdier for bestander (skala 3-5), mens tallene i parentes viser grenseverdi for enkeltplanter.

Art	arts- størrelse	vokse- dyp	kalsium mg Ca/l	farge mg Pt/l	fosfor µg P/l	nitrogen µg N/l	Lys ⁴	Erosjon ⁴
<i>Chara tomentosa</i>	stor	hele ¹	40 - >100	(68)	(60)	(<1000)	sens?	sens?
<i>C. rudis + C. hispida</i>	stor	dypt	20 - >100	<30	25 (98)	2000 ³	sens	sens
<i>C. polyacantha</i> ²	stor	grunt	20 - >100	<30	25 (98)	2000 ³	sens	sens
<i>C. vulgaris</i> ²	liten	grunt	20-81	>30	(43)	(2000)	-	-
<i>C. curta</i>	liten	grunt	32 - 40	-	-	-	-	-
<i>C. contraria</i>	liten	grunt	<20 - >100	20	22 (58)	1000 ³	-	-
<i>Potamogeton lucens</i>	stor	dypt	24 - 62	<30	25 (25)	1000 ³	sens	sens
<i>Stuckenia vaginata</i>	stor	dypt	19-32 ²	-	30 (70)	-	-	-
<i>Zannichellia palustris</i>	liten	grunt	(20-29) ²	-	(113)	-	-	-

¹: hele = både grunt og dypt vann, ²: arter som sannsynligvis foretrekker brakkevann framfor ferskvann, ³: Jarevatn ikke inkludert (her varierer totN mellom 2 og 3 mg N/l, og spredte forekomster av arten finnes her), ⁴: sens = arten antas å være sensitiv overfor hhv. dårlige lysforhold og erosjon (bølge, is, fare for tørrlegging)

4. Problemkartlegging 2013

4.1 De undersøkte innsjøene

De undersøkte innsjøene ligger i Gran og Lunner kommuner på Hadeland og i Vestre Toten kommune (tabell 3, figur 20-21). I tillegg er Spiketjern på Skrim (Kongsberg kommune) inkludert.

De prioriterte innsjøene er innsjøer hvor det er observert en klar forverring i kransalgevegetasjon over tid (Vientjern, Rokotjern, Kjevlingen, Helsettjern, Holetjern, Sillongen, Slomma, Steffensrudtjern, Kauserrudtjern), eller mulig forverring i vannkjemiske forhold (Nyborgtjern). Jarevatn er inkludert fordi det her ser ut til at kransalgebestanden har tatt seg opp til tross for svært høye nitrogenkonsentrasjoner i vannet og store vasspestbestander siden 1950-tallet. Eriksrudtjern er inkludert fordi den har hatt flere kalkbrudd i nærområdet. Under bearbeidingen ble også Spiketjern inkludert fordi undersøkelser i 2013 viste en kraftig algebegroing over kransalgne (A. Langangen, pers.medd.). Kalven, Oksetjern og Glorudtjern ble inkludert som er antatt referansesjøer.

Tabell 3. Kalksjøer på Hadeland, Vestre Toten og i Buskerud som ble spesielt undersøkt i 2013. R=antatt referansesjøer

Kommune	Innsjø	NVE-nr	lengde	bredde	hoh (m)	innsjø-areal (km ²)	Max. dyp (m)*
Gran	Rokotjern	4838	10,51875	60,32633	407	0,17	15,1
Gran	Vientjern	4837	10,52962	60,33277	408	0,03	16,0
Gran	Oksetjern (R)	196332	10,47372	60,38821	255	0,0174	10,9
Gran	Glorudtjern (R)	4814	10,46517	60,35538	266	0,03	3,8
Gran	Jarevatn	557	10,55796	60,371	201	1,45	37,2
Lunner	Kjevlingen	4878	10,53388	60,30199	369	0,058	13,2
Lunner	Nyborgtjern	196502	10,53396	60,29688	384	0,0135	6,1
Lunner	Kalven (R)	4921	10,60986	60,2647	484	0,0298	15,1
Vestre Toten	Eriksrudtjern	4517	10,72723	60,70501	423	0,1694	24,0
Vestre Toten	Helsettjern	4520	10,69769	60,70316	438	0,141	15,3
Vestre Toten	Holetjern	4544	10,65861	60,66061	369	0,0543	21,9
Vestre Toten	Kauserrudtjern	4527	10,726	60,6916	420	0,2165	21,0
Vestre Toten	Sillongen	4522	10,72514	60,69814	453	0,1811	19,6
Vestre Toten	Slomma	4524	10,74445	60,6959	414	0,073	15,8
Vestre Toten	Steffensrudtjern	4535	10,69614	60,67918	416	0,1226	18,3
Kongsberg	Spiketjern	206990	9,66229	59,56707	380	0,0033	1,5

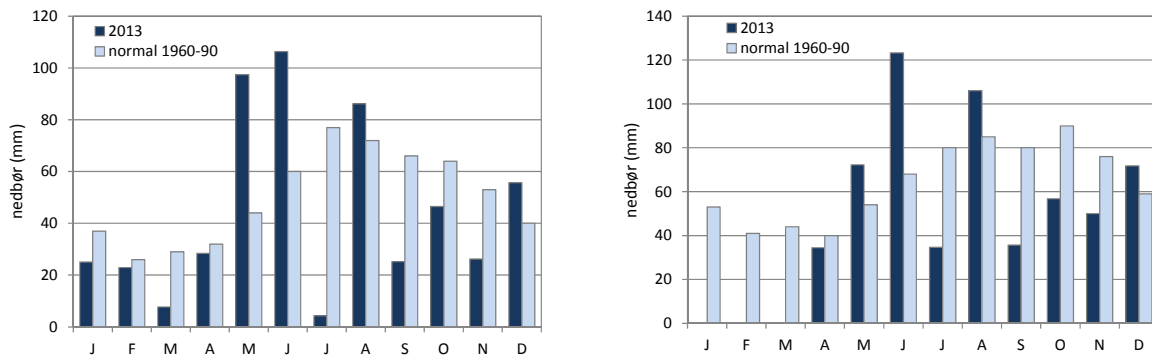
*: observert i felt

4.2 Nedbør og temperatur

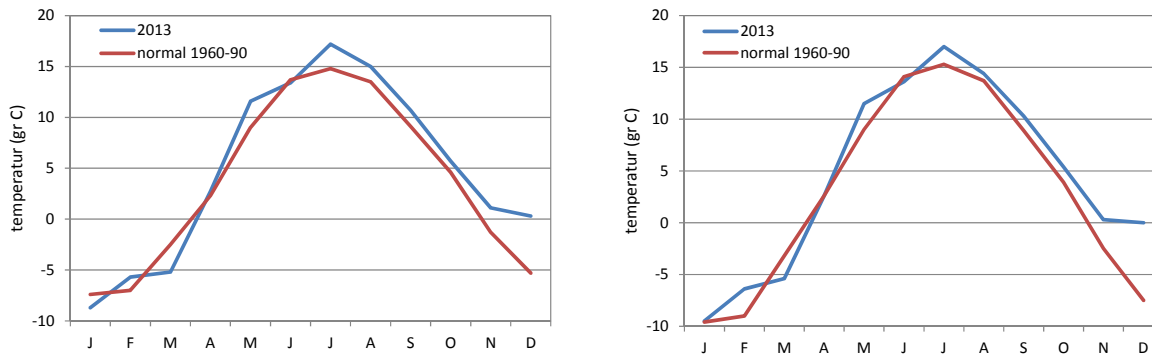
Data for nedbør og lufttemperatur er hentet fra Meteorologiske institutt. Stasjon Østre Toten Apesvoll (stasjon nr. 11500) representerer forholdene for innsjøene på Vestre Toten, mens Hadeland-innsjøene er representert ved stasjon Gran (stasjon nr. 20540). Nedbør og temperatur for 2013 og for normalperioden 1960-90 er vist i figur 18-19.

Begge stasjonene viste klart høyere nedbørmengder i forhold til normalen på våren og forsommeren (mai og juni), og noe høyere i august og desember (figur 18). I øvrige måneder var nedbøren lavere enn normalt.

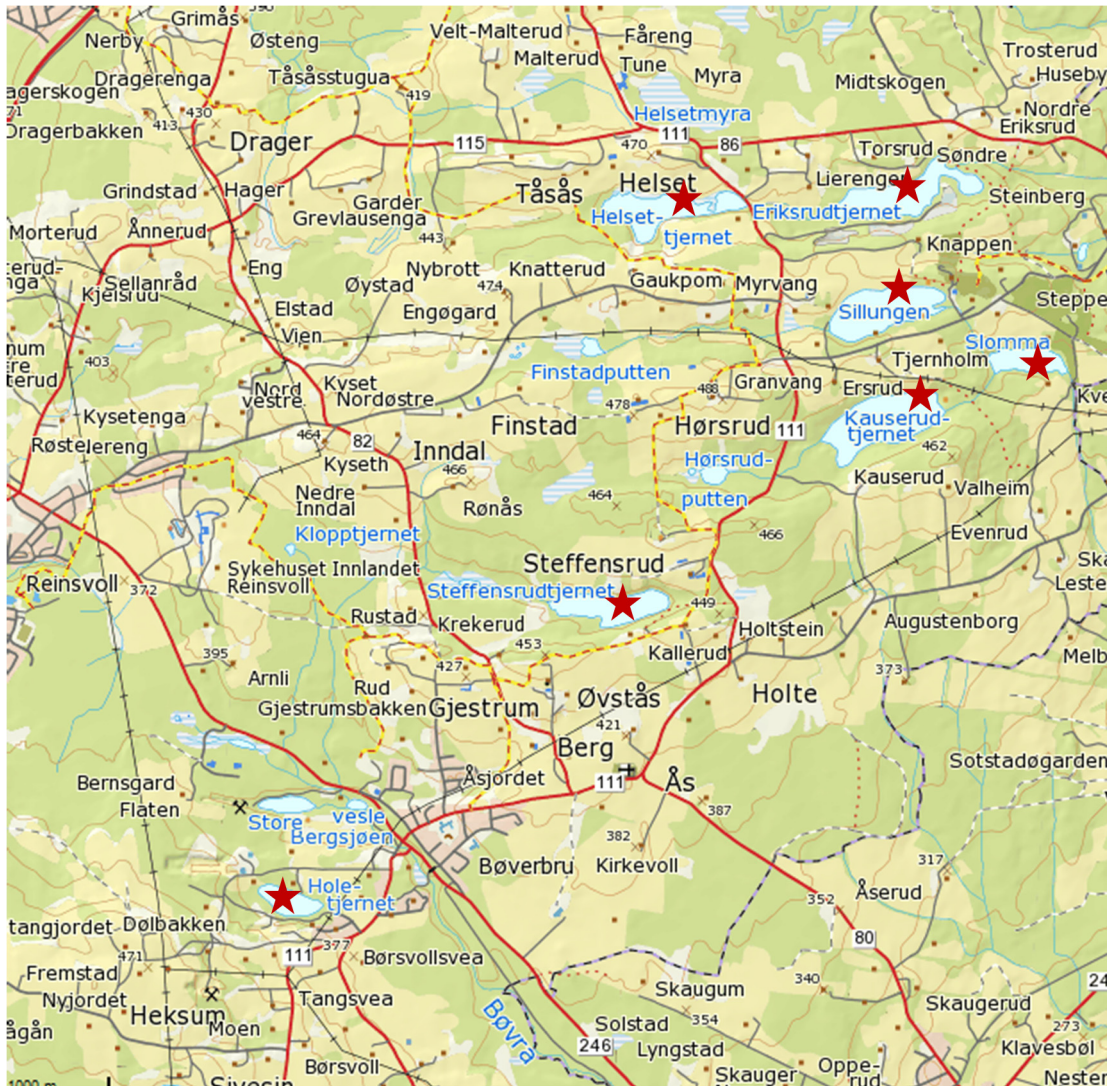
Midlere lufttemperatur for året lå 1-1,5 grader høyere enn normalen for begge stasjonene, med størst avvik på våren-sommeren, og i desember (figur 19).



Figur 18. Månedsnedbør for stasjon Østre Toten Apesvoll (stnr 11500) (øverst) og stasjon Gran (stnr 20540) (nederst). Normalnedbør for perioden 1960-90 er vist.



Figur 19. Månedsmidler for lufttemperatur for stasjon Østre Toten Apesvoll (stnr 11500) (øverst) og stasjon Gran (stnr 20540) (nederst). Normaltemperatur for perioden 1960-90 er vist.



Figur 20. Undersøkte innsjøer på Vestre Toten 2013. Innsjøene er markert med rød stjerne. Grunnlagskartet er hentet fra www.Norgeskart.no.



Figur 21. Undersøkte innsjøer på Hadeland 2013. Innsjøene er markert med rød stjerne. Grunnlagskartet er hentet fra www.Norgeskart.no.

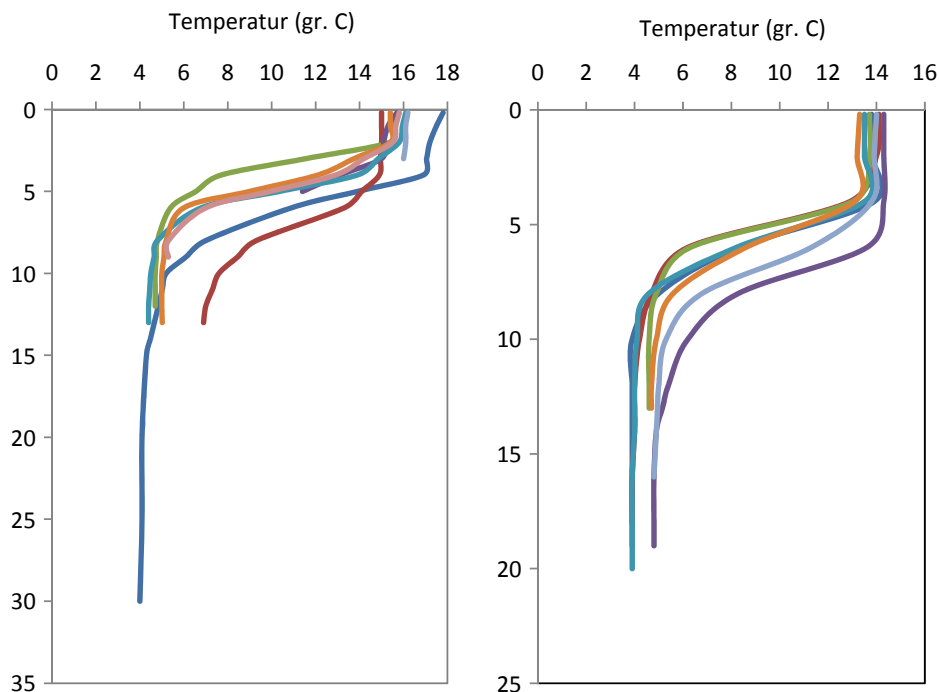


Figur 21. forts.

4.3 Temperatur, oksygen, konduktivitet og turbiditet i vannmassene

I september ble det i alle innsjøene målt temperatur, konduktivitet (salter), oksygen og turbiditet (partikler) gjennom hele vannsøylen.

De fleste innsjøene hadde fortsatt tydelig sprangsjiktet ved prøvetakingstidspunktet i september (figur 22). Glorudtjern og til dels Nyborgtjern er for grunne, maksimalt observert dyp var hhv. 3,8 m og 6,1 m, til at det blir dannet et markert sprangsjikt.

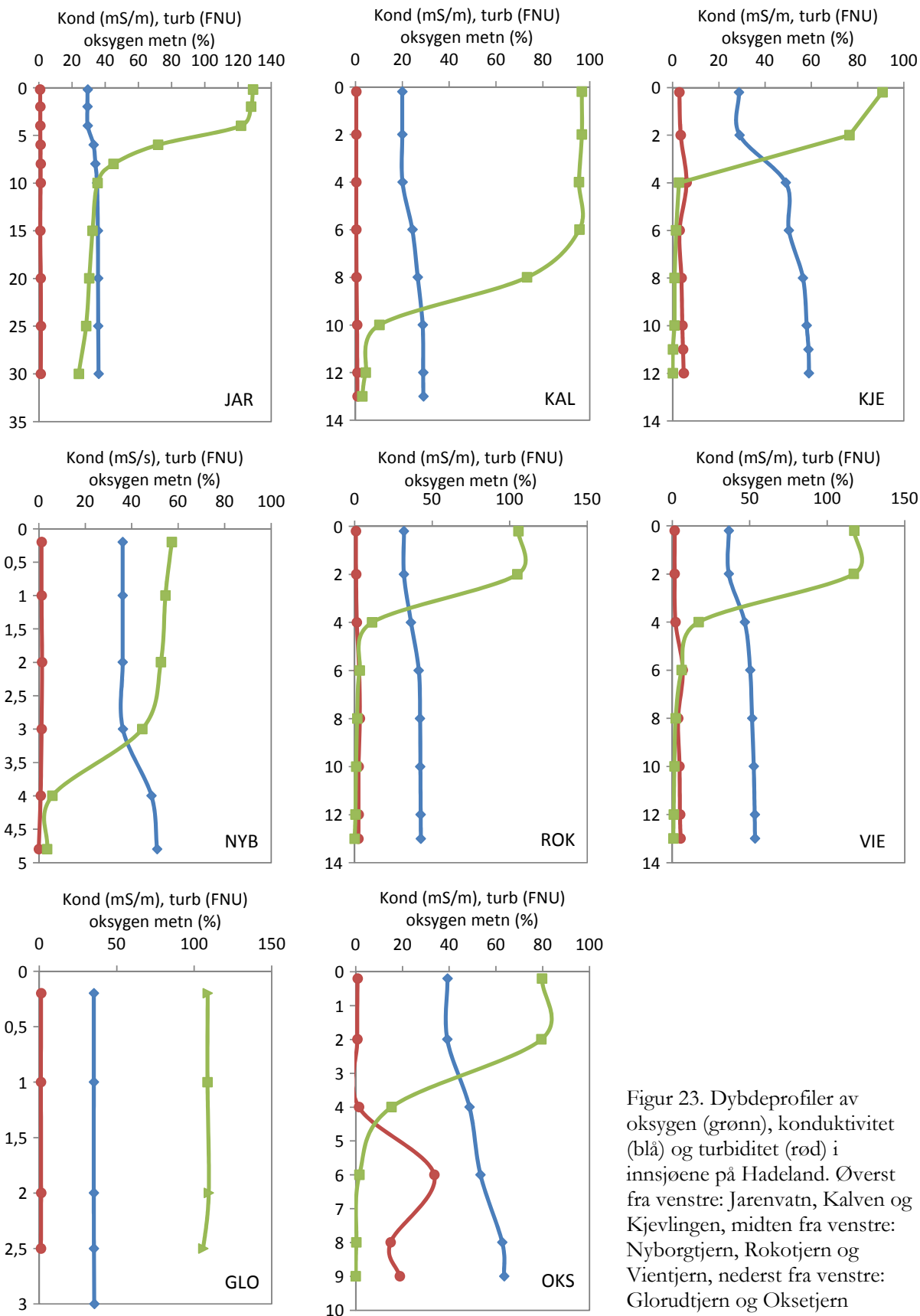


Figur 22. Temperaturforhold i innsjøene på Hadeland (venstre) og på Vestre Toten (høyre) (primærdata for den enkelte innsjø er vist i vedlegg A).

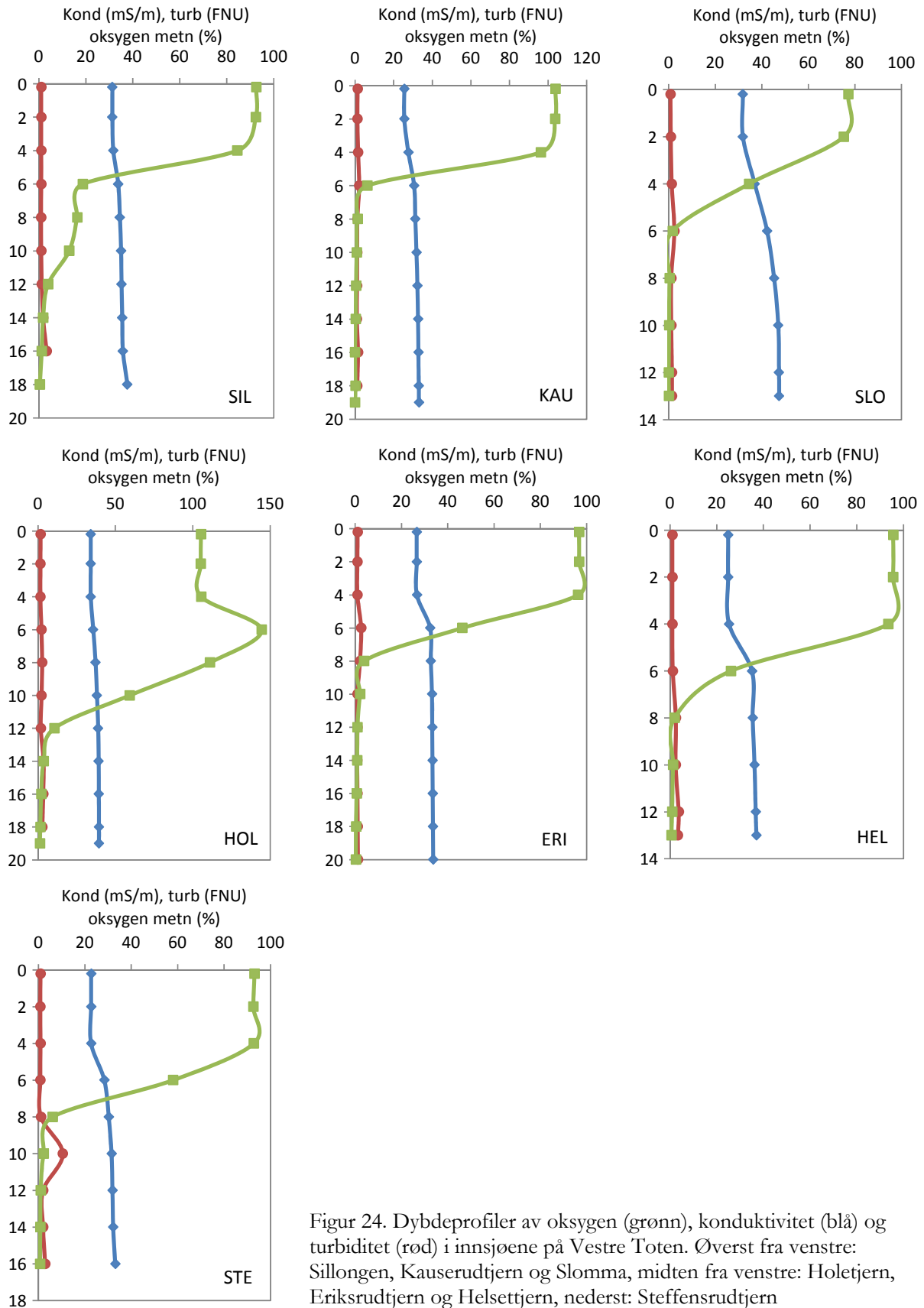
Oksygenmetningen fulgte samme tydelige sjiktning som temperaturen i alle innsjøene (figur 23 og 24), med markert reduksjon av oksygen i hypolimnion, under sprangsjiktet. I mange av innsjøene var oksygenkonsentrasjonen mindre enn 1 mg/l i store deler av dypvannet. Verst var forholdene i Kjevlingen og Nyborgtjern, med nesten oksygenfritt under 4 m, mens Rokotjern, Vientjern, Kauserudtjern, Slomma og Oksetjern hadde nesten oksygenfrie vannmasser under 6 m. I alle disse innsjøene ble det registrert H₂S-lukt av bunnvannet, noe som indikerer oksygenfritt vann.

I kalksjøer vil det i sommersesongen foregå en betydelig utfelling av kalsiumkarbonat i littoralsona. I bunnvannet løses dette opp pga. økt CO₂ (fra nedbrytning av organisk materiale) og konduktiviteten i bunnvannet er derfor noe høyere enn lenger opp (figur 23 og 24).

Turbiditeten i Kalven, Sillongen, Kauserudtjern, Slomma og Eriksrudtjern lå under 2,0 i hele vannsøylen, noe som er normale verdier for upåvirkete innsjøer. I Rokotjern, Holetjern og Helsettjern hadde noe forhøyede verdier nedover i vannmassene; opp mot 3-4 i dypere vannmasser. Oksetjern, Vientjern og Steffensrudtjern hadde markert økning i turbiditet i enkelte sjikt, Oksetjern opp mot 35 på 6 m dyp, mens Vientjern og Steffensrudtjern hadde turbiditetsverdier på 7-10 på hhv. 6 og 10 m dyp (figur 25).

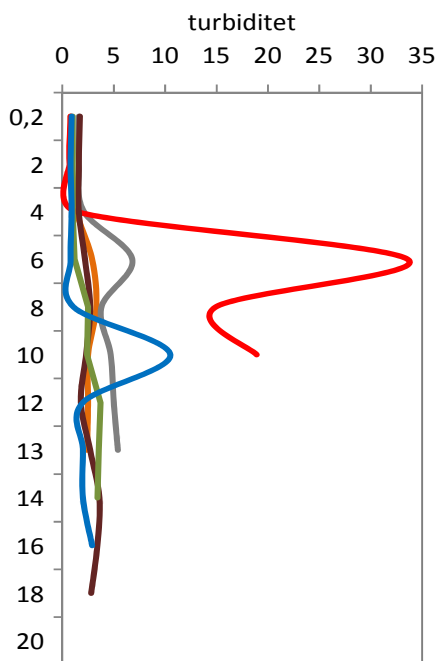


Figur 23. Dybdeprofiler av oksygen (grønn), konduktiviteten (blå) og turbiditet (rød) i innsjøene på Hadeland. Øverst fra venstre: Jarenvatn, Kalven og Kjevlingen, midten fra venstre: Nyborgtjern, Rokotjern og Vientjern, nederst fra venstre: Glorudtjern og Oksetjern



Figur 24. Dybdeprofiler av oksygen (grønn), konduktivitet (blå) og turbiditet (rød) i innsjøene på Vestre Toten. Øverst fra venstre: Sillongen, Kauserdutjern og Slomma, midten fra venstre: Holetjern, Eriksrudtjern og Helsetjern, nederst: Steffensrudtjern

Oksetjern, Steffensrudtjern og Vientjern har høy turbiditet i termoklinområdet. Dette kan skyldes oppblomstring av bakterier eller alger som liker seg i overgangen mot oksygenfrie områder (figur 25).



Figur 25. Turbiditet i utvalgte innsjøer. Rød: Oksetjern, blå: Steffensrudtjern, grå: Vientjern. De øvrige tre er Holetjern, Rokotjern og Helsettjern.

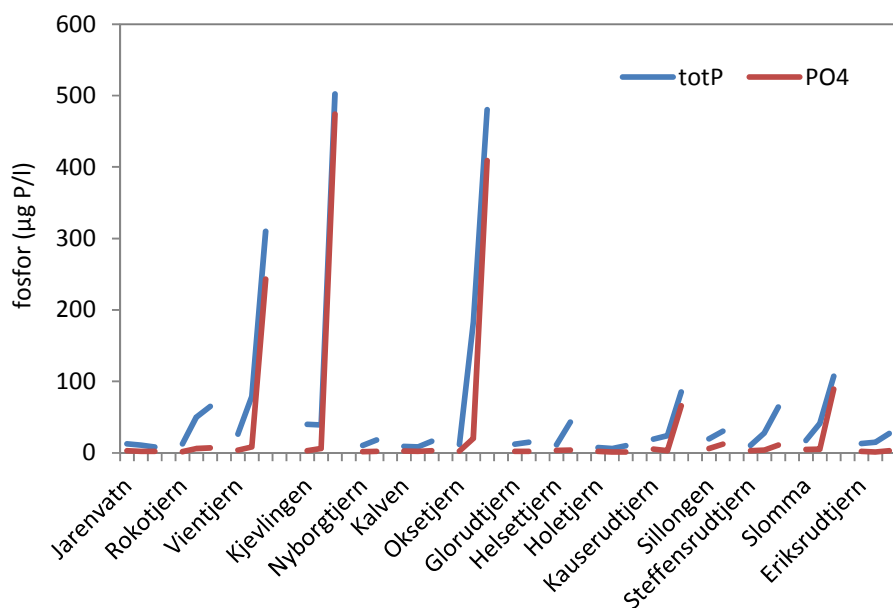
4.4 Vannkjemi og siktedyp

Alle innsjøene er svært kalkrike, med kalsiumverdier på 40-73 mg Ca/l. Kjevlingen er en humøs innsjø og Nyborgtjern er på grensa til humøs, mens resten er klare innsjøer (tabell 4).

Næringsinnholdet viser klare forskjeller mellom innsjøene. Kalven, Nyborgtjern og Holetjern har lave fosfor-verdier ($< 10 \mu\text{g P/l}$) (figur 28-29) og kan karakteriseres som oligotrofe, med tilnærmet referansetilstand (Direktoratsgruppa 2013). Også Glorudtjern, Jarenvatn, Oksetjern, Eriksrudtjern, Helsettjern, Steffensrudtjern og Spiketjern kan karakteriseres som oligotrofe-svakt mesotrofe innsjøer basert på totalt fosfor. Kjevlingen og Kauserudtjern er eutrofe innsjøer med total fosfor $>20 \mu\text{g P/l}$, noe som gir opphav til forhøyet planteplanktonbiomasse og redusert siktedyp (tabell 4). De øvrige innsjøene kan karakteriseres som mesotrofe.

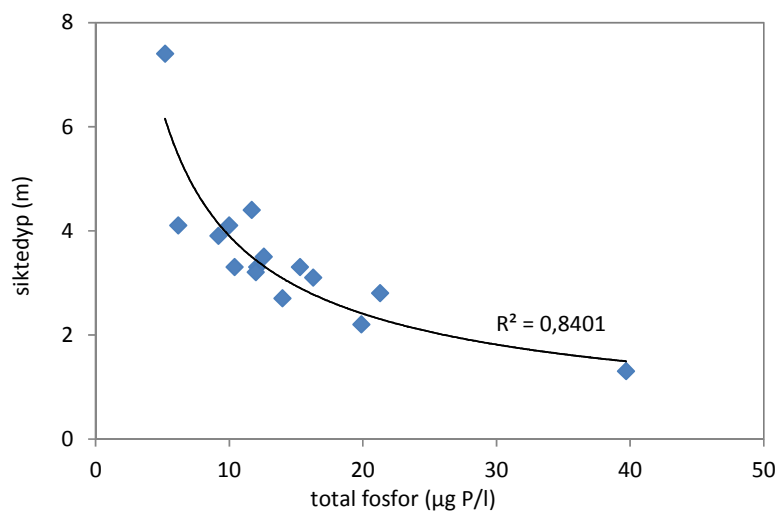
Fosfor som tilføres innsjøen bindes til organisk og uorganisk materiale, og sedimenterer og havner etter hvert i bunnsedimentet. Særlig i svært kalkrike innsjøer vil en stor del av fosforet bindes til kalkpartiklene. De målte fosforverdiene i vannmassene kan derfor være noe lavere enn det som kan forklares ut i fra fosforbelastningen.

Under oksygenfrie forhold i bunnvannet løses fosfor ut igjen til vannmassene. Flere av innsjøene hadde oksygenfrie forhold i bunnvannet slik at muligheten for utlekking av fosfor er til stede. Hvilken betydning dette har er bl.a. avhengig av hvor mye fosfor som er tilgjengelig i sedimentet. I Vientjern, Kjevlingen og Oksetjern ble det påvist fosforutlekkingen fra bunnsedimentet (figur 26).



Figur 26. Endringer i fosforkonsentrasjonene nedover i vannmassene september (fra overflate til bunnvann) 2013.

Det er som regel en klar sammenheng mellom fosfor og klorofyll/planteplanktonbiomasse. Vår undersøkelse inkluderer ikke klorofyll, men vi ser en klar invers sammenheng mellom total fosfor og siktedyp for innsjøene på Hadeland og Vestre Toten, fra Kalven med total fosfor $5,2\mu\text{g P/l}$ og siktedyp $7,4\text{ m}$, til Kjevlingen med total fosfor $39,7\mu\text{g P/l}$ og siktedyp $1,3\text{ m}$ (figur 27).



Figur 27. Sammenhengen mellom midlere verdier av total fosfor og siktedyp i innsjøene 2013.

Innholdet av total nitrogen viser et helt annet bilde enn fosfor (tabell 4, figur 30-31). Kalven, Oksetjern, Rokotjern, Kauserudtjern, Steffensrudtjern og Spiketjern har $\leq 1\text{ mg N/l}$, mens de øvrige innsjøene har høyt - svært høyt innhold av nitrogen, høyest var Jarenavatn og Sillongen med $2,3\text{ mg N/l}$. Den høye nitrogenbelastningen har sammenheng med tilførsler fra jordbruksområdene i nedbørfeltene. De høye nitrat-verdiene i Holetjern kan også skyldes avrenning og støvnedfall fra kalkbruddet. Hole kalkbrudd har vært i virksomhet siden 1940 (kalkbrenneri). Fra 1980 startet de også som pukkleverandør. Vi antar at det brukes sprengstoff for å løsrive og knuse stein.

I løpet av sommersesongen forbrukes nitrat i algeproduksjonen og av den terrestre vegetasjonen i nærområdet. Derfor vil nitrat-verdiene, særlig i eutrofe innsjøer, kunne være svært lave på sommeren.

Vannprøver fra våren vil gi et mer reelt bilde på nitrogenbelastningen. Prøvene fra mars 2014 (figur 30-31) viser til dels svært høye nitratverdier for flere av innsjøene, 2-3 mg N/l i Kausrudtjern, Steffensrudtjern, Slomma, Vientjern og Nyborgtjern, 3-4 mg N/l i Jarevatn og Kjevlingen, mens Glorudtjern hadde nitratverdier i mars på 4,4 mg N/l!

Nyborgtjern har ekstremt høye ammonium-konsentrasjoner som øker utover i sesongen.

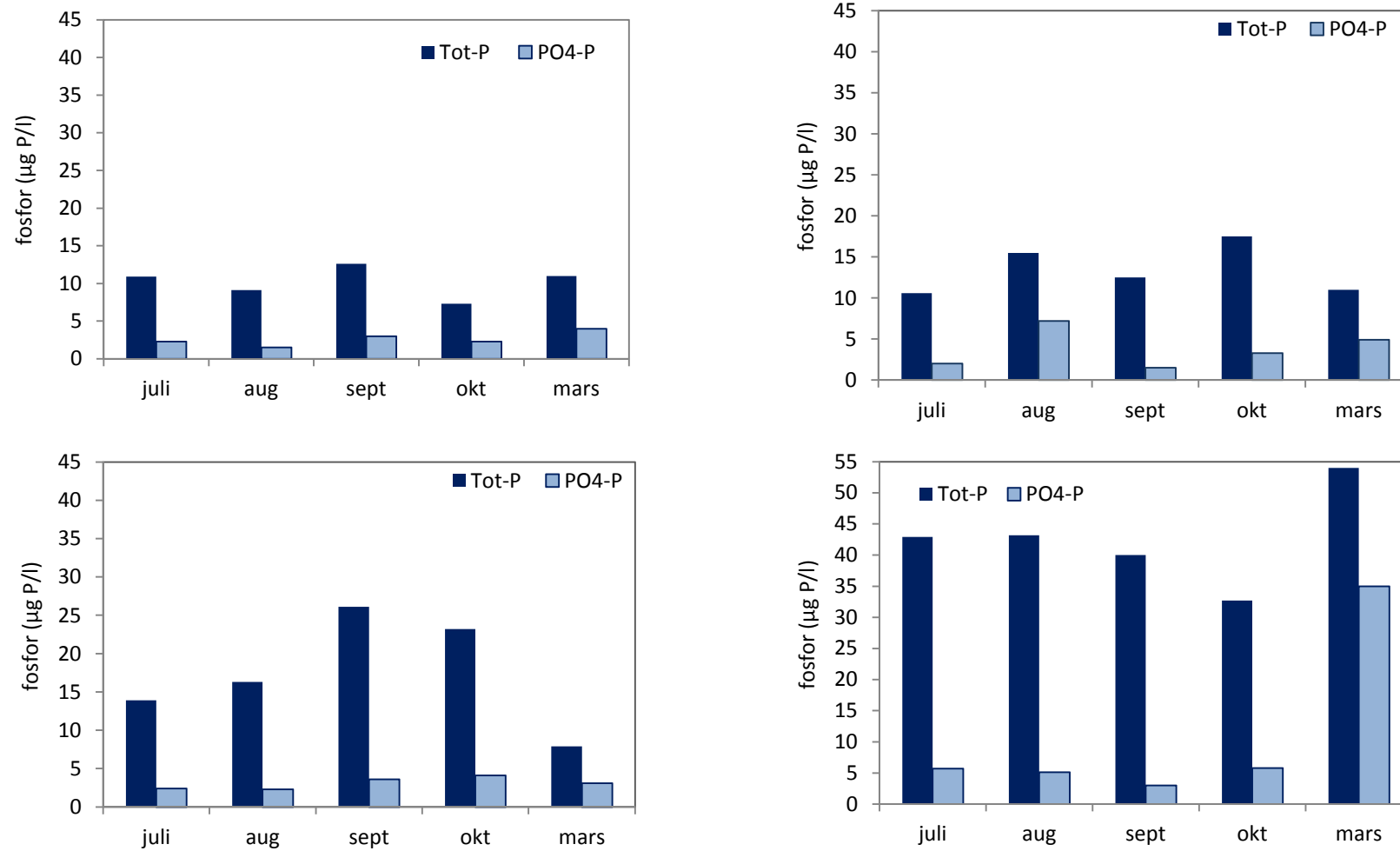
Tabell 4. Vannkjemiske data for innsjøene på Hadeland og Vestre Toten. Middelerverdier for sommer-sesongen 2013. Primærdata er gitt i vedlegg A.

	turb	farge	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Tot-P	PO ₄ -P	Ca	Siktedyp
	NTU	mg Pt/l	µg N/l	µg N/l	µg N/l	µg P/l	µg P/l	mg/l	m
Glorudtjern	1,40	24,50	1103	298	195	12,1	2,1	63,4	3,3
Jarevatn	1,27	13,50	2363	2108	42	10,0	2,3	53,5	4,1
Kalven	0,61	5,00	323	32	51	5,2	1,7	40,5	7,4
Kjevlingen	2,85	38,50	1340	481	120	39,7	4,9	55,6	1,3
Nyborgtjern	0,92	29,25	1713	122	1104	9,2	1,7	67,4	3,9
Oksetjern	1,20	24,25	903	127	184	11,7	2,0	72,1	4,4
Rokotjern	1,33	21,75	768	131	145	14,0	3,5	63,5	2,7
Vientjern	1,93	16,00	1858	1293	86	19,9	3,1	73,3	2,2
Eriksrudtjern	2,30	8,55	1310	385	20	12,0	2,0	44,3	3,2
Helsettjern	1,23	8,00	1277	623	173	10,4	2,7	39,8	3,3
Holetjern	1,77	3,00	1403	1167	12	6,2	2,2	58,6	4,1
Kausrudtjern	1,31	15,00	943	400	39	21,3	4,9	40,9	2,8
Sillongen	1,20	19,67	2320	1787	32	15,3	4,4	54,9	3,3
Slomma	1,05	16,33	1320	943	30	16,3	4,1	55,5	3,1
Steffensrudtjern	1,50	9,00	1003	503	48	12,6	3,7	42,4	3,5
Spiketjern	0,8	14,8	548	261	36	5,5	1,6	68,5	-

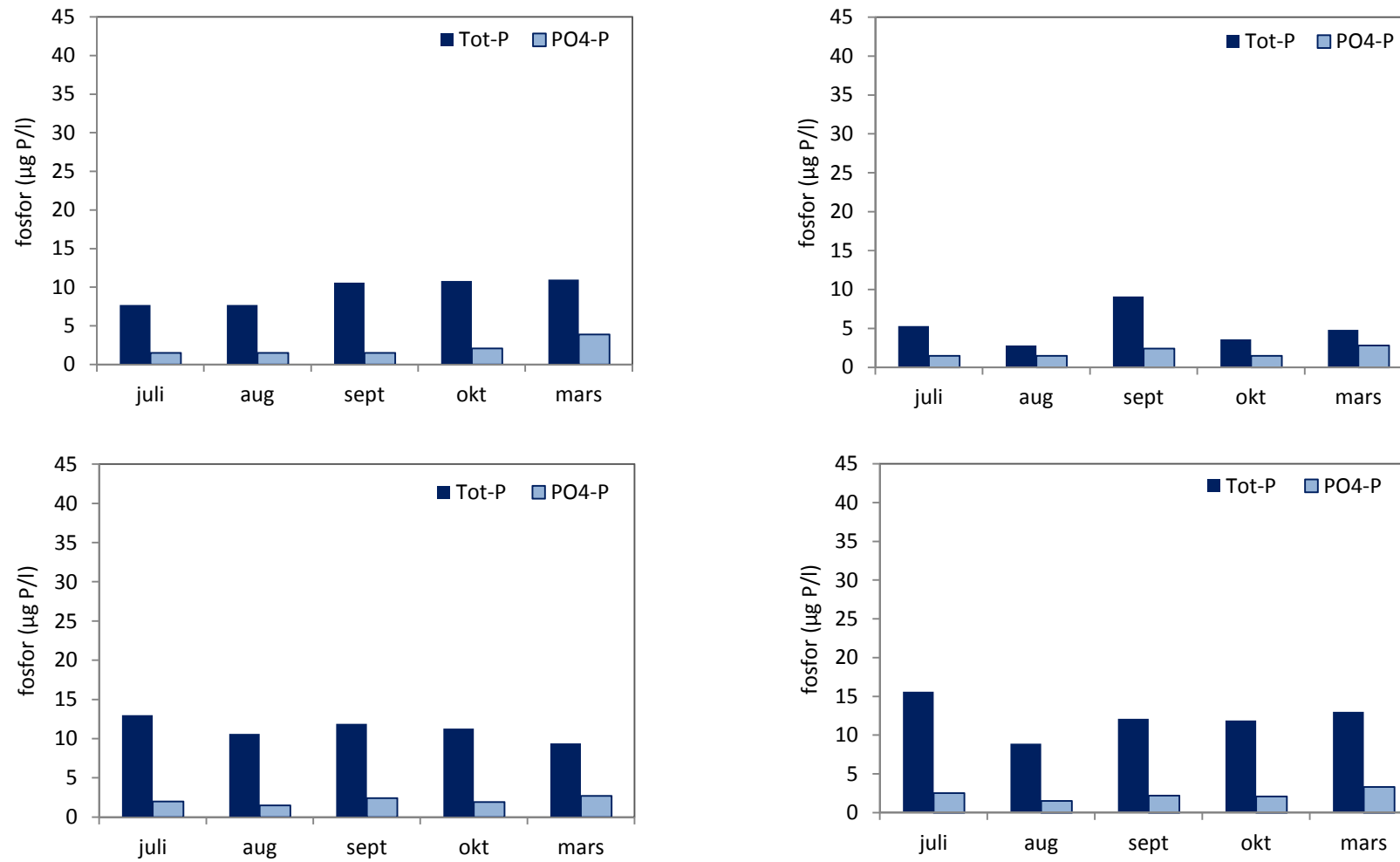
Det er ikke utarbeidet grenselinjer for vannkjemisk tilstand i svært kalkrike innsjøer. Her benyttes derfor grenselinjer for moderat kalkrike innsjøer (4-20 mg/l). Den vannkjemiske tilstanden i forhold til total fosfor er svært god eller god i innsjøene, unntatt Vientjern og Kausrudtjern som har moderat tilstand og Kjevlingen som har dårlig tilstand (Direktoratsgruppa 2013). Basert på total nitrogen er det bare Kalven og Spiketjern som har god vannkjemisk tilstand. Oksetjern, Rokotjern og Kausrudtjern har moderat tilstand, Glorudtjern, Kjevlingen, Eriksrudtjern, Helsettjern, Holetjern, Slomma og Steffensrudtjern har dårlig tilstand, mens Jarevatn, Nyborgtjern, Vientjern og Sillongen har svært dårlig vannkjemisk tilstand basert på nitrogen.

4.4.1 Tidsendringer

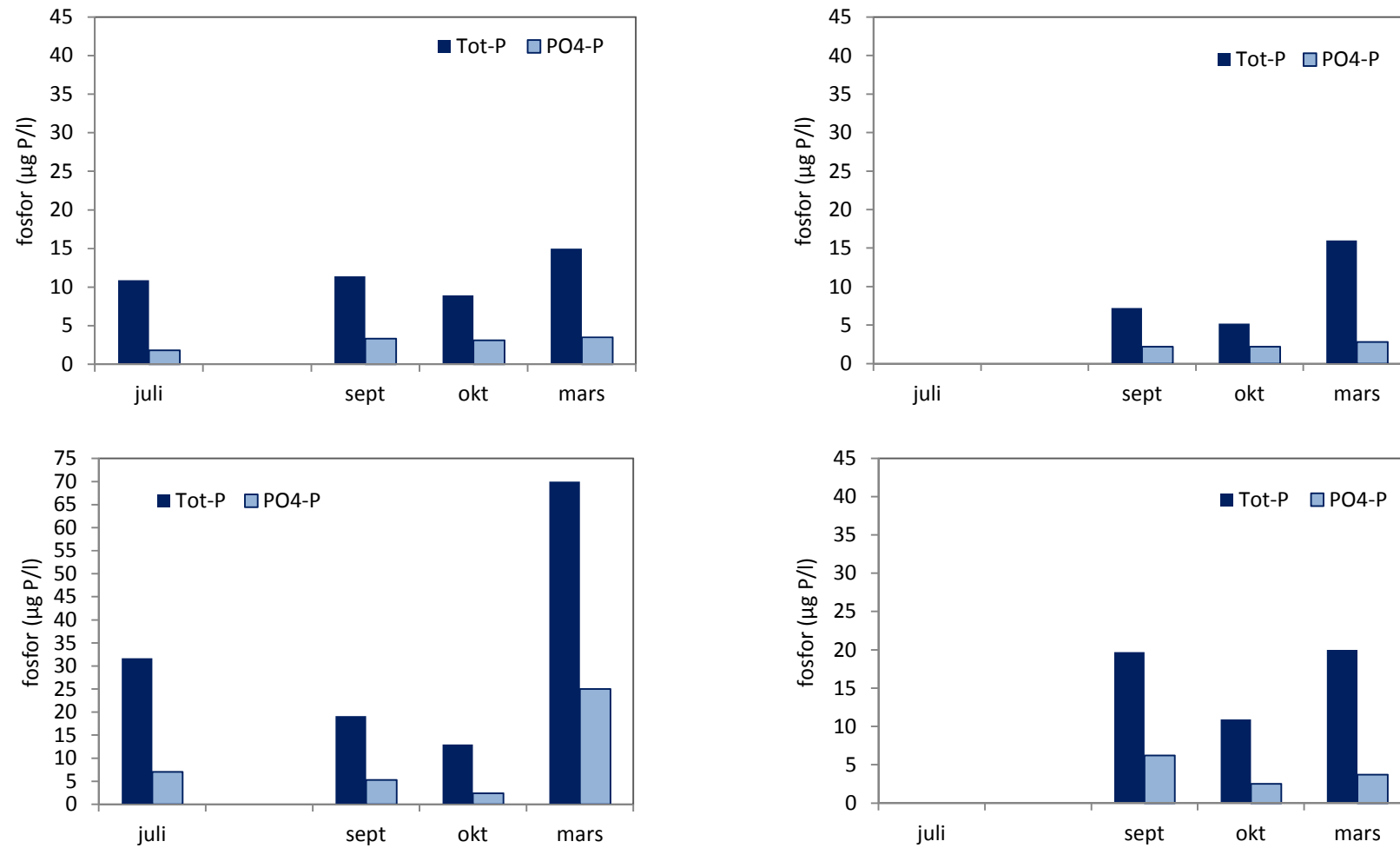
Det er svært variabelt med tidligere vannkjemiske data. Enkelte av innsjøene på Hadeland har noe vannkjemiske data fra de siste årene (se Mjelde 2008, Mjelde og Bækken 2009, Mjelde m.fl. 2012). For Jarevatn finnes det vannkjemiske data fra flere perioder (se Faafeng m.fl. 1982). For øvrig finnes det spredte målinger av kalsium, farge og siktedyp fra 1960-tallet (Langangen 1970), men lite data på næringsstoffer. Innsjøene på Vestre Toten er undersøkt mhp. total fosfor og algebiomasse i perioden 2009-2012 (f.eks. Stabell 2013), samt noen målinger i Holetjern, først og fremst de senere år. På grunn av de mangelfulle målinger fra tidligere er det for flere innsjøer vanskelig å vurdere den vannkjemiske utviklingen. Imidlertid viser data for Jarevatn en klar reduksjon i total fosfor siden 1970. Sammenliknet med data fra 1968-69 ser det ut til at humusinnholdet i innsjøene har vært stabil, ingen økning kan påvises.



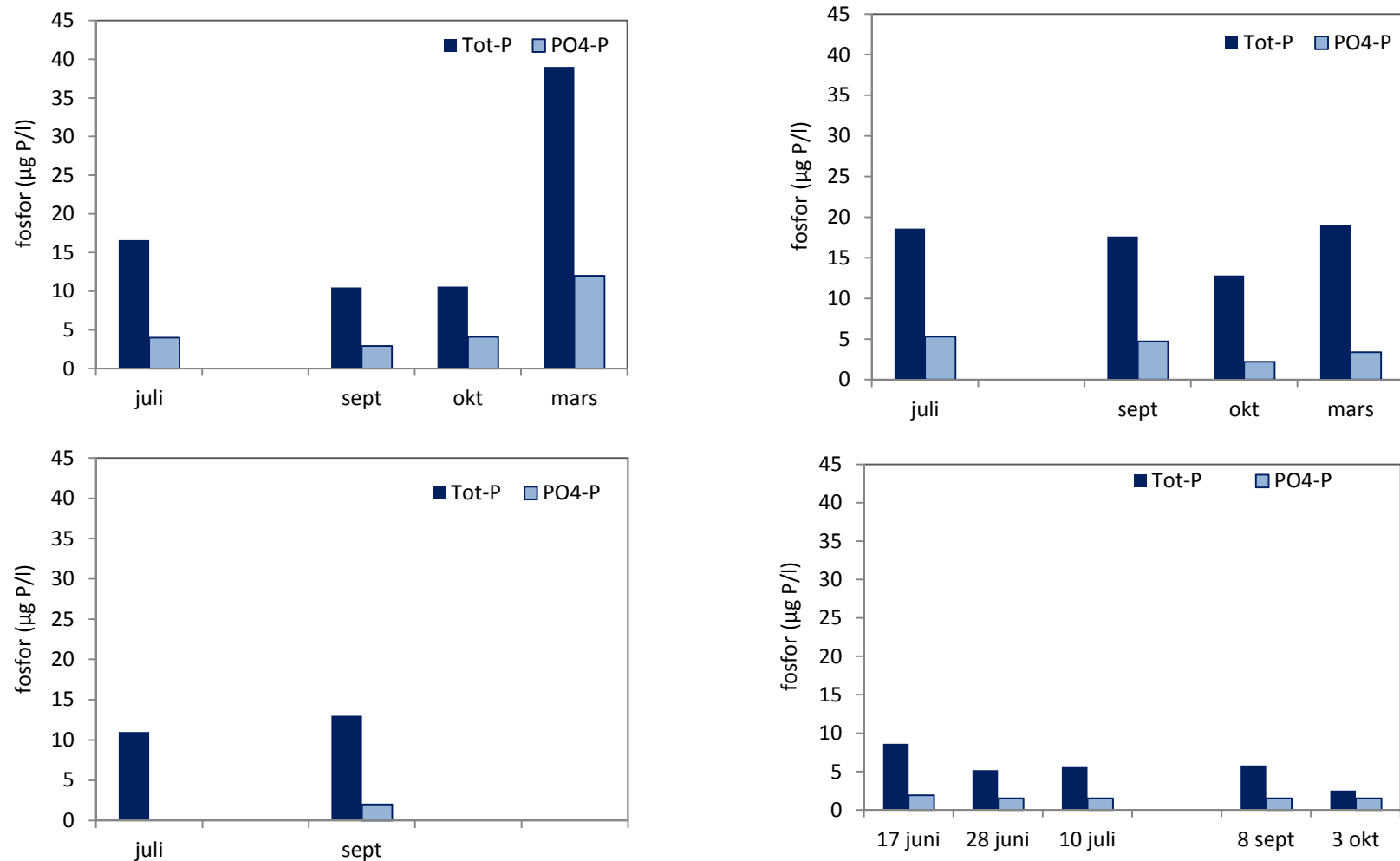
Figur 28. Fosfor i innsjøene på Hadeland 2013-2014. Øverst fra venstre: Jarevatn og Rokotjern. Nederst fra venstre: Vientjern (Østtjern) og Kjevlingen. Data for mai og juni mangler. Merk annen skala for Kjevlingen.



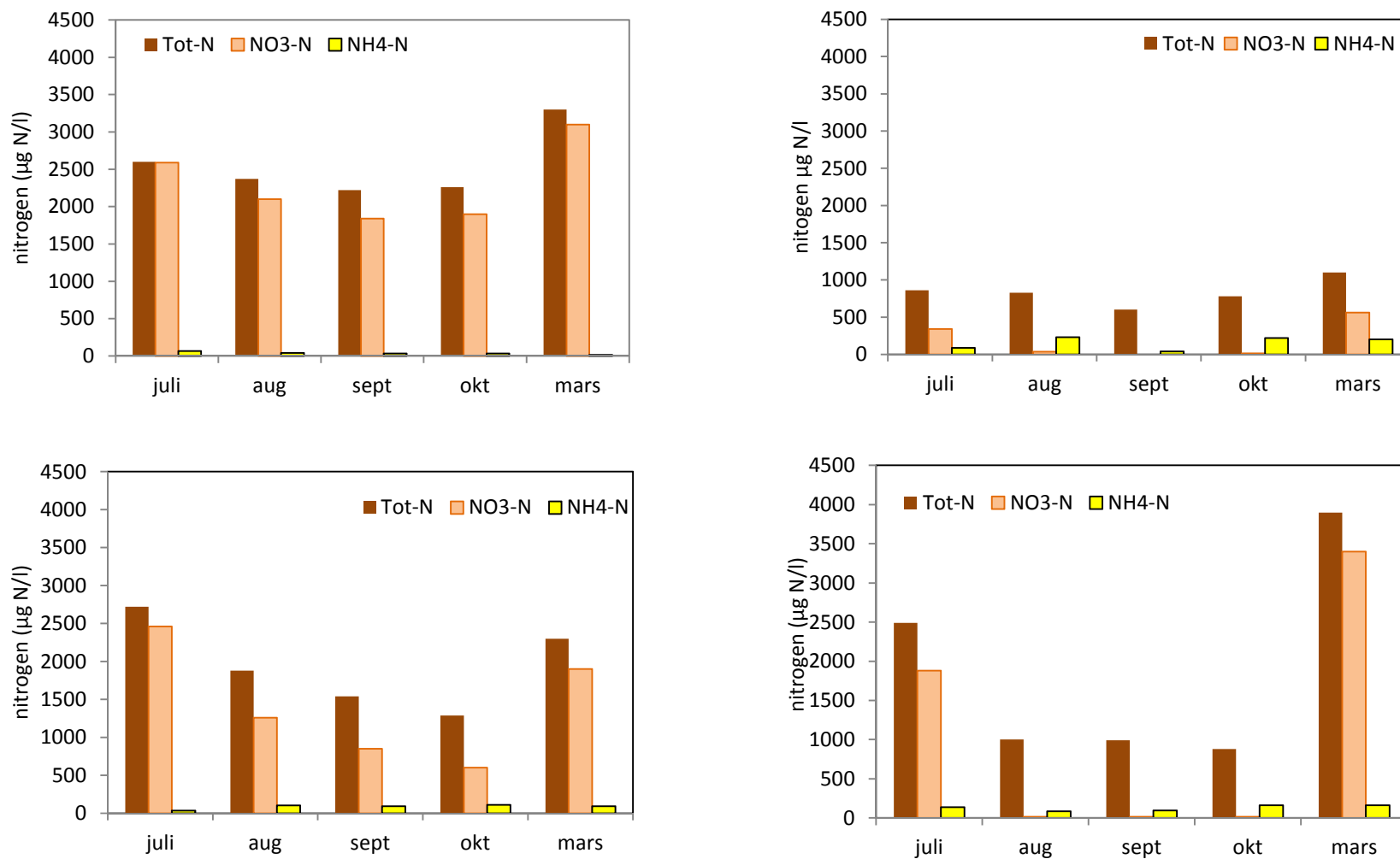
Figur 28 forts. Fosfor i innsjøene på Hadeland 2013-2014. Øverst fra venstre: Nyborgtjern og Kalven. Nederst fra venstre: Oksetjern og Glorudtjern. Data for mai og juni mangler.



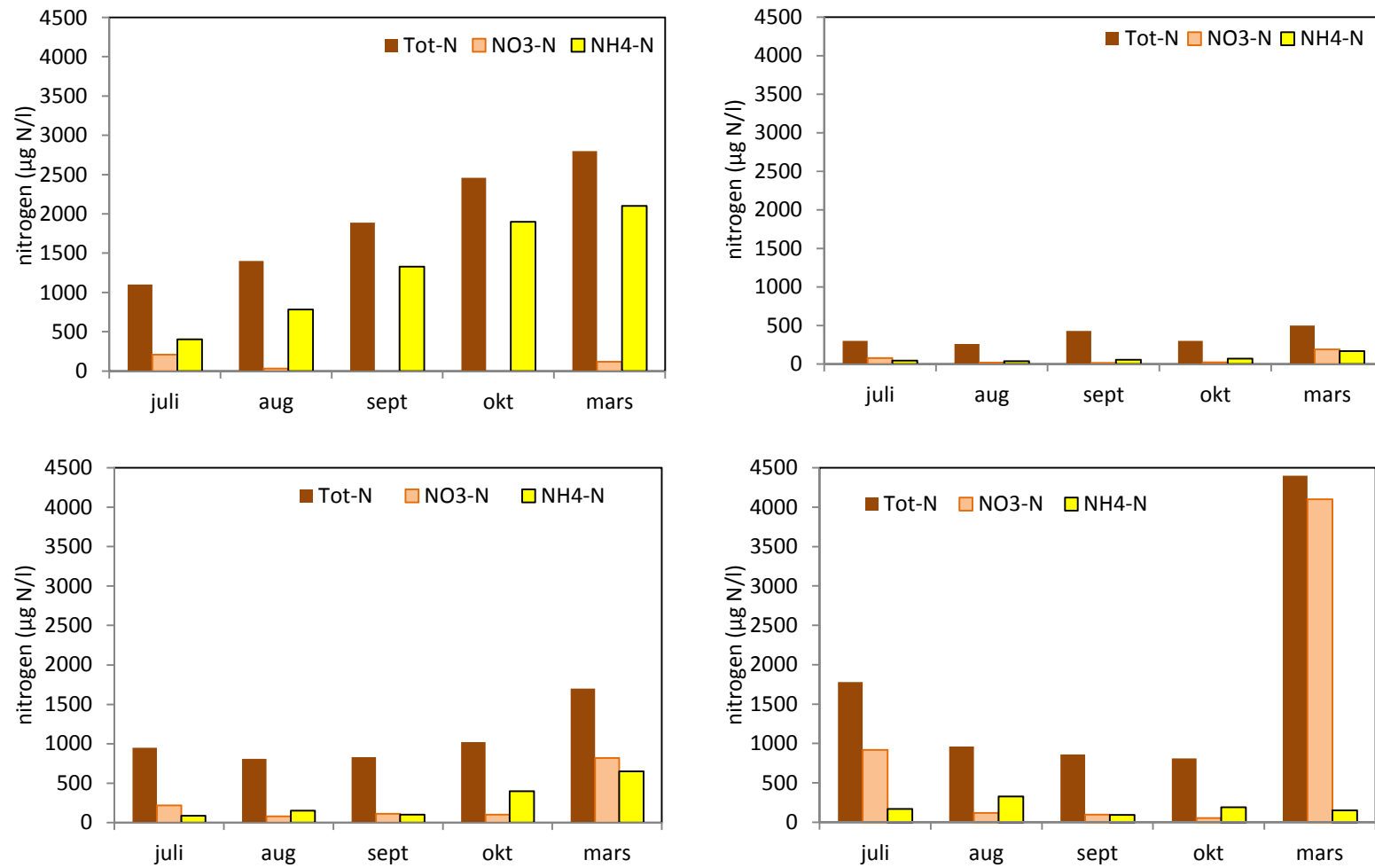
Figur 29. Fosfor i innsjøene på Vestre Toten 2013-2014. Øverst fra venstre: Helsettjern og Holetjern. Nederst fra venstre: Kauserdutjern og Sillongen. Data for mai, juni og august mangler, dessuten fosfor-data for juli i Holetjern og Sillongen.



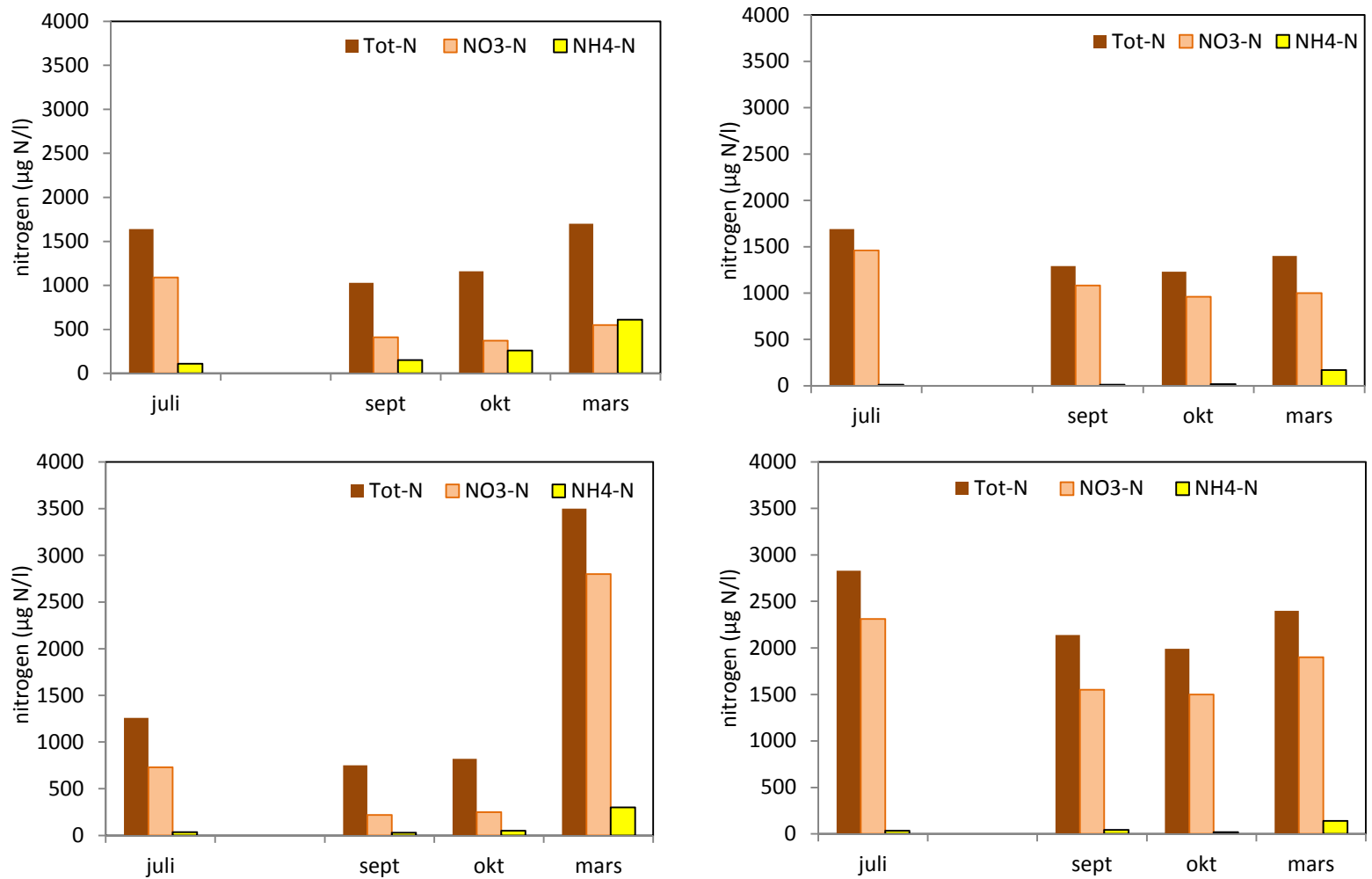
Figur 29 forts. Fosfor i innsjøene på Vestre Toten 2013-2014. Øverst fra venstre: Steffensrudtjern og Slomma. Nederst fra venstre: Eriksrudtjern og Spiketjern. Data for mai, juni og august mangler. For Eriksrudtjern mangler også august og mars, dessuten PO₄ i juli. Spiketjern er prøvetatt på andre tidspunkt.



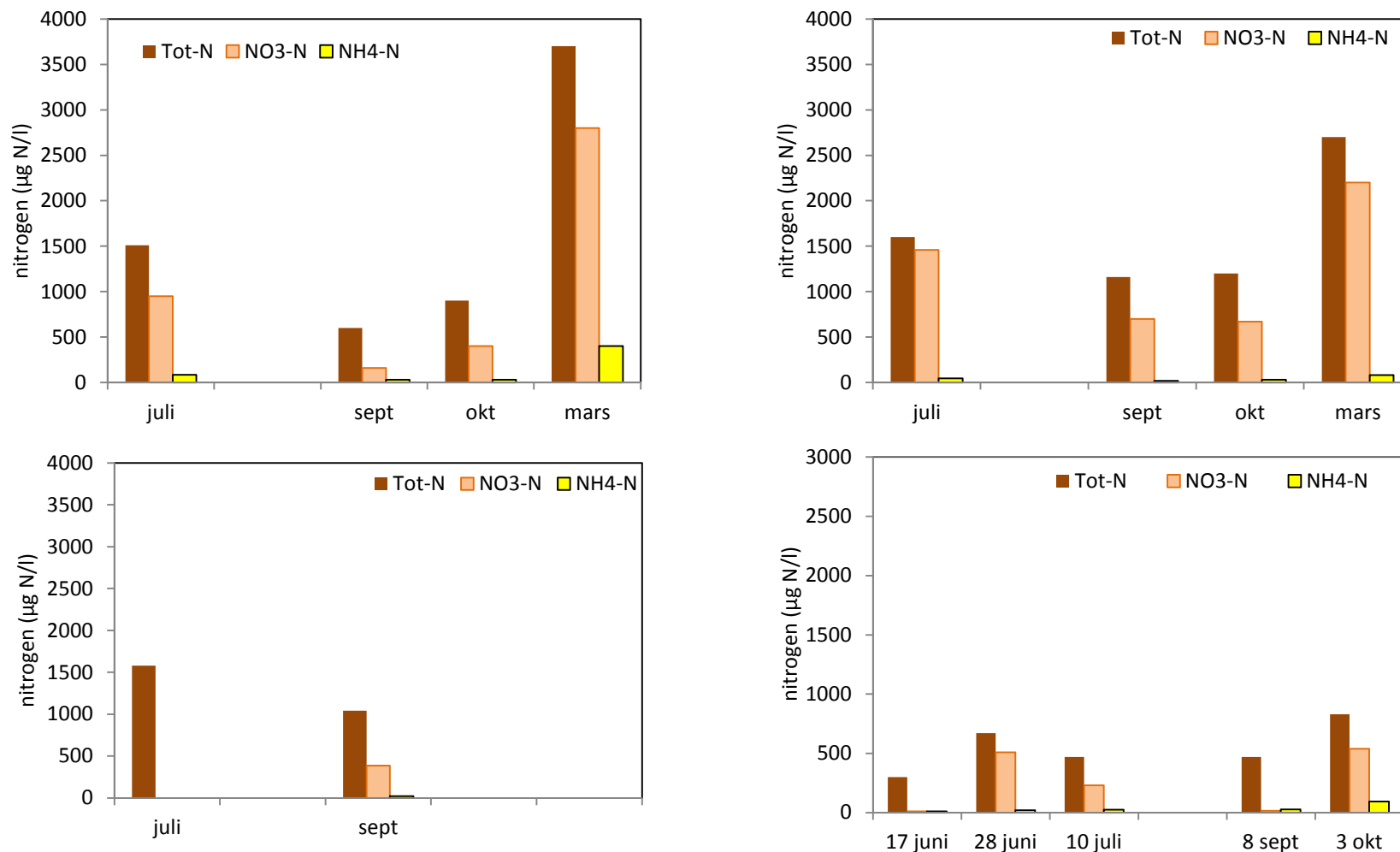
Figur 30. Nitrogen i innsjøene på Hadeland 2013-2014. Øverst fra venstre: Jarenvatn og Rokotjern. Nederst fra venstre: Vientjern (Østtjern) og Kjevlingen. Data for mai og juni mangler.



Figur 30 forts. Nitrogen i innsjøene på Hadeland 2013-2014. Øverst fra venstre: Nyborgtjern og Kalven. Nederst fra venstre: Oksetjern og Glorudtjern. Data for mai og juni mangler.



Figur 31. Nitrogen i innsjøene på Vestre Toten 2013-2014. Øverst fra venstre: Helsettjern og Holetjern. Nederst fra venstre: Kausrudtjern og Sillongen. Data for mai, juni og august mangler.



Figur 31 forts. Nitrogen i innsjøene på Vestre Toten 2013-2014. Øverst fra venstre: Steffensrudtjern og Slomma. Nederst fra venstre: Eriksrudtjern og Spiketjern. Data for mai, juni og august mangler. For Eriksrudtjern mangler også august, dessuten NO3 og NH4 i juli. Spiketjern er prøvetatt på andre tidspunkt.

4.5 Sedimentkjemi

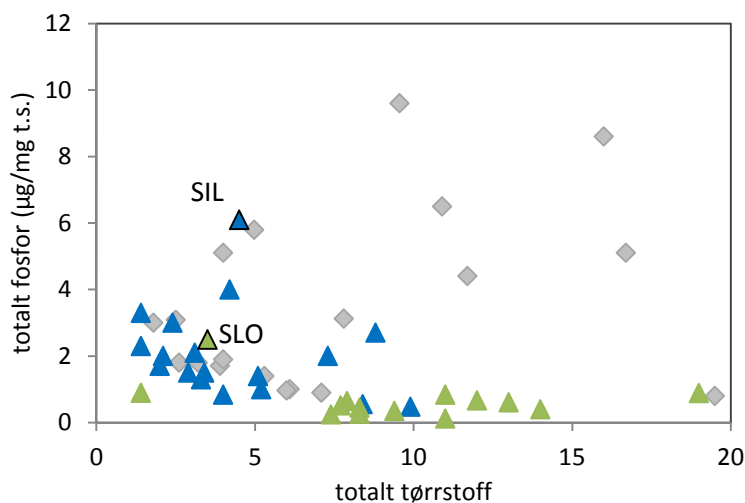
Næringsinnholdet i sedimentet kan variere mye gjennom året og fra sted til sted i innsjøen. Særlig stor vil variasjonen være i strandsedimentene, som stadig er i bevegelse på grunn av vind og bølgeaktivitet. Strand-sedimentene er representert med én blandprøve av 3 parallelle prøver fra en lokalitet i hver innsjø, mens det for bunnsedimentene bare er én prøve for hver innsjø. Resultatene vil derfor bare gi en indikasjon på næringsforholdene i sedimentet.

Alle innsjøene hadde et bunnsediment med løs konsistens, og vanninnholdet i prøvene var stort med tørrstoffmengde mellom 1,4 og 8,8 % (tabell 5). Organisk innhold i sedimentet varierte mellom 11 og 79 %, med laveste andeler i Holetjern og Nyborgtjern, mens organisk innhold var høyest i Glorudtjern.

Tabell 5. Innhold av totalt tørrstoff (TTS), gløderest (TGR), andelen organisk materiale, nitrogen og fosfor i **bunnsedimentet** september 2013.

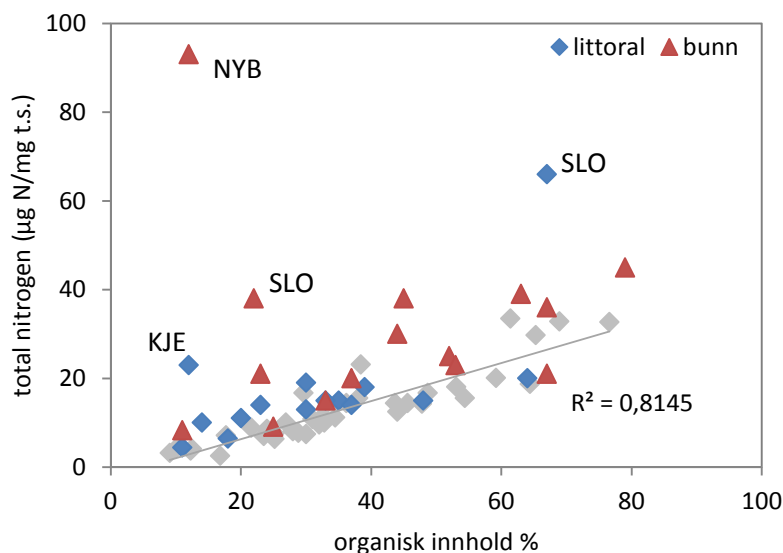
	Tørrstoff %	Gløderest % TS	Organisk % TS	Tot-N µg/mg t.v.	Tot-P µg/mg t.v.
Jarenvatn	8,8	75	25	9,1	2,7
Rokotjern	1,4	33	67	36	3,3
Vientjern	5,1	48	52	25	1,4
Kjevlingen	2,4	55	45	38	3,0
Nyborgtjern	1,4	88	12	93	2,3
Kalven	3,1	37	63	39	2,1
Oksetjern	4,0	47	53	23	0,8
Glorudtjern	4,2	21	79	45	4,0
Helsetjern	2,9	77	23	21	1,5
Holetjern	8,4	89	11	8,3	0,6
Kauserudtjern	7,3	67	33	15	2,0
Sillongen	4,5	63	37	20	6,1
Steffensrudtjern	2,0	56	44	30	1,7
Slomma	2,1	78	22	38	2,0
Eriksrudtjern	3,3	33	67	21	1,3

Innholdet av fosfor i sedimentet var varierte mellom 0,55 og 6,1 µg P/mg tørrstoff (tabell 5). Innholdet av fosfor i bunnsedimentet i Sillongen var høyt (figur 32), men også Glorudtjern hadde noe forhøyet fosforinnhold. Til sammenlikning var innholdet i eutrofierte kalksjøer ved Evenes 0,4-5,4 µg P/mg tørrstoff.



Figur 32. Forholdet mellom totalt tørrstoff og fosfor i bunnsediment (blått) og littoralsediment (grønt). SIL=Sillongen, SLO = Slomma. Grått: øvrige data fra NIVAs databaser (inkluderer både kalkrike og kalkfattige innsjøer).

Innholdet av nitrogen i bunnsedimentet varierte mellom 8,3 og 93 $\mu\text{g}/\text{mg}$ tørrvekt, og med lavest innhold i Holetjern. For de fleste innsjøene var nivået var omtrent tilsvarende det som er funnet i andre kalksjøer (jfr. Mjelde m.fl. 2013). Det var også en klar sammenheng mellom nitrogen og organisk innhold, dvs. innsjøer med høyt organisk innhold i sedimentet har også høyere nitrogeninnhold (figur 33). I Nyborgtjern ble det registrert unormalt høyt nitrogeninnhold i forhold til organisk innhold, mens Slomma hadde noe forhøyet i forhold til de øvrige (figur 33).



Figur 33. Forholdet mellom organisk innhold og nitrogen i bunnsediment (rødt) og littoralsediment (blått). NYB = Nyborgtjern, SLO = Slomma, KJE = Kjevlingen. Grått: øvrige data fra NIVAs databaser (inkluderer både kalkrike og kalkfattige innsjøer).

Strandsedimenter er mer variable enn dypereliggende sedimenter. Lokale tilførsler blir større på grunt vann, og forskjellig eksponering for vind og bølger gir forskjeller i kornstørrelsesfordeling og andre sedimentkvaliteter som bidrar til variabiliteten (Andersen og Færøvik 2007). Beskrivelse av strandsedimentenes konsistens er gitt i vedlegg.

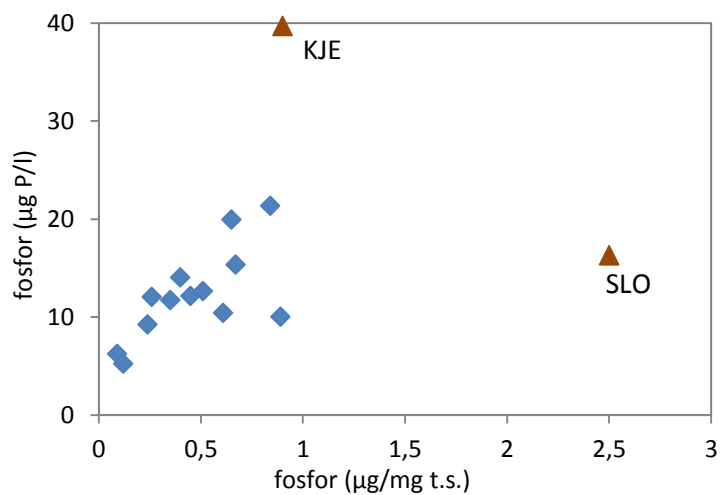
I den foreliggende undersøkelsen var næringsinnholdet i strandsedimentene generelt lavere enn i bunnsedimentene, bortsett fra i Slomma, hvor nitrogen var klart høyest i strandsedimentet (tabell 6, figur 33). Også fosfor var noe høyere i strandsedimentet (figur 32). Dette kan tyde på en lokal påvirkning.

Både nitrogen og fosfor-innholdet i strandsedimentene er lavest i Holetjern og Kalven. Næringsnivået i sedimentene i Kalven gjenspeiler de næringsfattige vannmassene. Det lave innholdet av nitrogen i sedimentene i Holetjern står i kontrast til nitrogenkonsentrasjonen i vannmassene og er vanskelig å forklare.

Det er en viss sammenheng mellom fosfornivået i vannmassene og i strandsedimentene, unntatt i Kjevlingen og Slomma (figur 34). Strandsedimentet i Slomma er mye mer næringsrikt enn vannmassene. Det omvendte er tilfelle i Kjevlingen. Slomma har muligens hatt en større belastning tidligere, mens det kan se ut til av belastningen i Kjevlingen er av nyere dato.

Tabell 6. Innhold av totalt tørrstoff (TTS), gløderest (TGR), andelen organisk materiale, nitrogen og fosfor i **strandsediment** september 2013.

	Tørrstoff %	Gløderest % TS	Organisk % TS	Tot-N µg/mg t.v.	Tot-P µg/mg t.v.
Jarevatn	19	77	23	14	0,89
Rokotjern	14	86	14	10	0,4
Vientjern	7,9	52	48	15	0,65
Kjevlingen	1,4	88	12	23	0,9
Nyborgtjern	7,4	65	35	15	0,24
Kalven	11	82	18	6,4	0,12
Oksetjern	9,4	36	64	20	0,35
Glorudtjern	8,3	70	30	19	0,45
Helsettjern	13	80	20	11	0,61
Holetjern	25	89	11	4,4	0,09
Kauserudtjern	11	67	33	15	0,84
Sillongen	12	70	30	13	0,67
Steffensrudtjern	7,7	61	39	18	0,51
Slomma	3,5	33	67	66	2,5
Eriksrudtjern	8,3	63	37	14	0,26



Figur 34. Forholdet mellom fosfor i bunnsedimentet og fosfor i vannmassene. KJE=Kjevlingen, SLO=Slomma.

4.6 Vannvegetasjon

4.6.1 Generell beskrivelse Hadeland

Rokotjern

Helofyttvegetasjon, dominert av takrør (*Phragmites australis*), dannet belter langs store deler av nordsida, med jordbruksområder innenfor. I vest dannet elvesnelle (*Equisetum fluviatile*) en bestand mens sjøsvaks (*Schoenoplectus lacustris*) fantes spredt i ytterkant av takrør. Helofyttbeltene gikk vanligvis ut til 0,5 m dyp, men i enkelte områder i øst og vest gikk de ut til ca. 2 m dyp. Nordre strand var forholdsvis langgrunn med substrat av løs kalkmergel og dy, mens sørsida var mer brådypt og omkranset av sumpskog, unntatt et par steder med bestander av takrør og starr (*Carex* spp.). Substratet i sør var dominert av stein og sand.

Flytebladsvegetasjon av gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) dannet et belte utenfor helofyttvegetasjonen rundt hele innsjøen, ut til ca. 2,6 m dyp. Den største bestanden av hvit nøkkerose (*Nymphaea alba*) fantes i vest. Bestander av vanlig tjønnaks (*Potamogeton natans*) ble registrert i bukt i sør, samt i nordvest.

Undervannsvegetasjonen var dominert av kransalger. Like utenfor og delvis inni glisne takrør-belter dannet smal taggkrans (*Chara rudis*) tette bestander, vanligvis ut til 0,6 - 0,8 m dyp, men i nordøst og vest gikk bestandene dypere, ut til hhv. 1,4 m og 1,7 m dyp. Omtrent midt på nordsida hadde rødkrans (*Chara tomentosa*) en liten forekomst på grunt vann, mens gråkrans (*Chara contraria*) fantes i nordvest, ut til 0,2 m dyp. Bustkrans (*Chara aspera*) forekom spredt på grunt vann i øst og vest. I den største bukta på sørsida fantes en bestand med rusttjønnaks (*Potamogeton alpinus*) på ca. 0,6-0,8 m dyp, mens hesterumpe (*Hippuris vulgaris*) dannet både over- og undervannsbestander flere steder i sør.

Glorudtjern

Innsjøen er delt i to bassenger, som er helt avsnørt fra hverandre ved tette bestander av takrør. Hele det tørrelagte partiet mellom bassengene ser ut til å ha vært innsjøbunn en gang i tiden. Undersøkelsene ble bare foretatt i det vestre og største bassenget. Søndre strand var langgrunn med en forholdsvis smal helofyttsone dominert av flaskestarr (*Carex rostrata*), mens mindre bestander av brei dunkjevle (*Typha latifolia*) fantes i sørøst og i øst. Takrør dannet bestander rundt resten av innsjøen, ut til 0,5 m dyp. Det vestre bassenget var omkranset av skogsområder.

I søndre og nordre områder fantes glisne bestander av piggkrans (*Chara aculeolata*), ofte bare ut til 70-80 cm dyp, men på grunna midt i innsjøen dannet arten massebestand i dybdeområdet 0,2-1,8 m dyp. I midtre deler av grunna (0,2 m dyp) sto en forholdsvis stor bestand av trådtjønnaks (*Stuckenia filiformis*). For øvrig fantes arten svært spredt langs land. Noen gamle tre-rester kan tyde på at grunna har vært tørrelagt en gang. Storblærerot (*Utricularia vulgaris*) var forholdsvis vanlig i kanten av takrør-beltet.

Øksetjern

Innsjøen er omkranset av sumpskog (oreskog). Helofyttvegetasjon av takrør fantes først og fremst på nordsida mens de største bestandene med smal dunkjevle fantes i øst og vest. Substrat: besto av løst kalkmergel, og mye kvist og kvast.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av hvit nøkkerose, som dannet forholdsvis små bestander rundt innsjøen, mens noen få eksemplarer av andemat (*Lemna minor*) ble observert i vest.

Storvokst piggkrans dannet massebestand fra strandkanten og ut til 3,5 m dyp, mens storvokste planter av storblærerot (*Utricularia vulgaris*) var vanlig i kransalgebstandene.

Jarenvatn

Nordre basseng og nordre del av søndre basseng ble undersøkt i 2011, mens sørenden ble undersøkt i 2013. Innsjøen er omkranset av jordbruksområder, men med et smalt skogsbelte langs vestre og nordvestre strand. Her er innsjøen forholdsvis brådypt. Området er mer åpent i nordøst, øst og sør. Ved Nordtangen finnes de største myrområdene i nærområdet. Største innløpselv er Vigga, som kommer inn i

sør og renner ut i nord. Helofyttvegetasjonen var dominert av takrør, og mindre bestander med smal dunkjevle og sjøsvaks. Av andre helofytter kan nevnes elvesnelle, sverdlilje (*Iris pseudacorus*), flaskestarr, brei dunkjevle og selsnepe (*Cicuta virosa*). Ytre dybdegrensning for takrør var ca. 2 m, mens brei dunkjevle gikk ut til 1 m dyp. Nordligste bukta i nordre basseng var vindutsatt, og her ble det bare registrert bestander med takrør og flytebladsvegetasjon ut til 2 m, uten undervannsvegetasjon utenfor. Vestre strand av søndre basseng var forholdsvis brådyp. Her gikk sumpvegetasjon og sumpskog ofte helt ned i strandkanten og helofyttvegetasjon var sparsom. Helofyttbeltet, dominert av takrør, var derimot frodig ved søndre strand, i Vassenden, og i øst. En forholdsvis stor bestand av kjempepiggeknepp (*Sparganium erectum*) ble registrert i bukta nordvest for utløpet av Vigga. I bukta midt på østsida dannet sjøsvaks store bestander, i tillegg til takrør.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av gul nøkkerose, som dannet mindre bestander og smale belter utenfor helofyttbeltene, ut til 2-2,3 m dyp. Vasslirekne (*Persicaria amphibia*) fantes mer spredt rundt hele innsjøen, og dannet små bestander ut til ca. 1 m.

Undervannsvegetasjonen var dominert av vasspest (*Elodea canadensis*), som dannet massebestander i hele innsjøen, først og fremst i dybdeområdet 1,2-3 m. Massebestandene i sørenden fantes i dybdeområdet 0,3-2 m. I gruntområder uten helofyttvegetasjon i nordre basseng dannet kransalger bestander fra 0,5 m og ut til 1,2 m dyp, der bestandene av vasspest startet. Midt på østsida i nord fantes et par områder med store forekomster av smal taggkrans fra ca. 1 m og ut til 1,8-2 m dyp. Gråkrans var vanlig med små bestander på grunt vann ved østre strand i søndre basseng. Noen få eksemplarer av trådtjønnaks ble registrert på grunt vann (<0,5 m dyp) øst for badeplass, nord for Haug. I østre del av Vassendbukta (sørenden) og langs østre strand forbi gården og nesten opp til hyttene dannet blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) store bestander. Bestandene startet fra ytterkanten av vasspest-beltene på 2,2 m og gikk ut til 3,4-3,6 m dyp. Ved østre strand fantes også en bestand med hjertetjønnaks (*Potamogeton perfoliatus*), både helt inne på land og ut til 1 m dyp. På grunna utenfor utløpet av Vigga i sør ble klovasshår (*Callitriche hamulata*), storrassoleie (*Batrachium floribundum*) og flotgras (*Sparganium angustifolium*) registrert.

Kalven

Kalven ble undersøkt i 2011. Innsjøen ligger i et skogsområde like nord for Svea, og har ingen synlige innløp, men utløp mot Svea i sør. Største registrerte dyp var 12 m, men innsjøen har forholdsvis store gruntområder med kalkmergelbunn. Helofyttvegetasjonen var glissen og besto i hovedsak av flaskestarr.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av spredte forekomster av gul nøkkerose, mens vanlig tjønnaks først og fremst fantes i nord.

Kransalgene dominerte vannvegetasjonen fullstendig, med massebestander av smal taggkrans fra 1 til 4 m dyp. De mindre kransalgene, bustkrans, gråkrans og stivkrans (*C. strigosa*), dannet små bestander på grunt vann, ut til 1,2 m dyp. Trådtjønnaks ble registrert på 0,1-0,2 m dyp i vestre bukt.

Kjevlingen

Kjevlingen er omkranset av skogsområder i sør og øst. I nord og vest er det store områder med dyrka mark, bare skilt fra innsjøen med ei smal skogsstripe. I nordvest er det et lite boligfelt. Sørsida er dominert av veifyllinger og steinsubstrat, øvrige områder har naturlig strand med sand, stein og noe berg. På undersøkelsetidspunktet var vannet tydelig brunfarget og sikten nokså dårlig. Ifølge lokalbefolkningen er vannet blitt tydelig mer brunt de siste par årene, og både ørret og karuss er borte. Brunfargen ble sett i samband med tørrlegging av ei myr på nordsiden av innsjøen. Helofyttvegetasjonen var dominert av takrør og sjøsvaks, ut til 1,8 m, samt flaskestarr og elvesnelle. Av andre helofytt- og kantarter kan nevnes myrhatt (*Comarum palustre*), bukkeblad (*Menyanthes trifoliata*), selsnepe og kjempepiggeknepp.

Vannvegetasjonen bestod bare av flytebladsvegetasjon, dominert av gul nøkkerose, som gikk ut til ca. 3,1 m dyp.

Nyborgtjern

Nyborgtjern er en liten og klar kalksjø, med største dyp på 5,6 m. Substratet besto av kalkmergel i østre bukt og rundt tangen, men med tiltagende mengde organisk materiale over kalken mot vest. Her kommer det ut en liten bekk som drenerer jordbruksmarka innenfor. Tjernet var omkranset av skog eller kratt, men med dyrkamark like innenfor i nord og vest. Helofyttvegetasjonen var dominert av vanlige arter som flaskestarr, takrør, samt bukkeblad og myrhatt.

Vannvegetasjonen var sparsom, og besto av trådtjønnaks og noen få eksemplarer av gråkrans på grunt vann innenfor tangen i vest. Ett eksemplar av korsandemat (*Lemna trisulca*) ble observert.

Vientjern (Østtjern)

Vientjern ligger i en forsenking i terrenget med dyrkamark på nord- og østsida. Tjernet henger sammen med andre kalksjøer, men utskiftingen av vann kan ha blitt dårligere på grunn av gjengrodde grøfter. I de bratte skråningene på nordsiden er det kornproduksjon og grasproduksjon, men med en brems av vier, or og hegg mot vannet. I sør var det skog. Ifølge lokalbefolkning ble tjernet brukt som badevann for 10-20 år siden og da var leirebunnen og kalkmergelen synlig især på sørsida av tjernet, hvor takrør nå dannet bestander. Helofyttvegetasjonen var dominert av tette bestander med takrør rundt hele tjernet, ut til 1,8 m dyp. Andre arter var elvesnelle og bukkeblad.

Vannvegetasjon bestod av flytebladsvegetasjon. Vanlig tjønnaks gikk ut til 3,9 m dyp, mens gul nøkkerose ble registrert ut til 2,7 m. Hvit nøkkerose gikk ikke så langt ut og fantes stort sett bare i åpninger i takrør-beltet.

4.6.2 Generell beskrivelse Vestre TotenHoletjern

Holetjern er omkranset med skog, med jordbruksområder like innenfor. I øst ligger Hole kalkbrudd og et lite boligfelt. Det er et par små myrområder i øst og vest og en badeplass ved sørøstre strand. Her kommer også et par mindre bekker inn. Innsjøen har ikke noe markert utløp. Helofyttvegetasjon av takrør dannet spredte bestander i nord og vest. Søndre strand var brådyb og dominert av stein, mens substratet i nord, vest og øst besto av finmateriale, kalkmergel.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av små bestander med gul nøkkerose. Den største bestanden fantes i vest og nordvest hvor den gikk ut til 3,5 m dyp. Eneste forekomst av vanlig tjønnaks var i vest, ut til 2,6 m, mens en liten bestand av hvit nøkkerose ble registrert i nordvest, ut til ca. 0,5 m dyp. Det ble ikke observert flytebladsvegetasjon i øst eller langs søndre eller nordøstre strand.

Undervannsvegetasjonen besto av kransalger, men fantes ikke i østre halvdel av innsjøen. Gråkrans dannet et 1,5 x 1,5 m stort areal på nordsida rett øst for fjøset (midt på nordsida), på ca. 0,3-0,5 m dyp. Forholdsvis frodige tuer/belter med vanlig kransalge (*Chara globularis*), iblandet gårkrans, ble registrert på grunt vann, 0-0,2 m dyp, fra fjøset og rundt brygga i nordvest., samt noen få tuer i sørvest. En frodig bestand av stivkrans ble registrert på grunt vann, 0,2-0,5 m dyp, i sørvest. Gruntområdet i øst var helt uten vannvegetasjon.

Steffensrudtjern

Innsjøen er omkranset av skog, men med jorder like innenfor både i sør og nord. I vest er det et stort myrområde. Innsjøen har ingen markerte tilløp, men utløp gjennom myrområdet i vest. Substratet besto av mudder/kalkmergel i øst, nord og vest og halve sørsida inkludert bukt, mens stranda i sørøst var brådyb med substrat dominert av stein.

Flytebladsvegetasjonen besto av mindre bestander av gul nøkkerose og vanlig tjønnaks flere steder i innsjøen. De tetteste bestandene av vanlig tjønnaks fantes i nordvest og sørøst. Gul nøkkerose og vanlig tjønnaks gikk ut til hhv. 1,2 og 3,7 m dyp, mens spredte forekomster av hvit nøkkerose fantes på grunnere vann, ut til ca. 1,0 m dyp.

Undervannsvegetasjonen var dominert av kransalger, og smal taggkrans dannet store bestander i dybdeområdet 0,2-2,5 m dyp flere steder i innsjøen, med særlig frodige bestander i øst. Stivkrans var vanlig både innenfor og utenfor bestandene av smal taggkrans, ned til 2,9 m dyp, mens gråkrans fantes inni og mellom disse bestandene på grunnere vann, med nedre grense på 2 m. På gruntområdene i vest og i søndre bukt var kransalgeb Bestandene mer spredt, men her dannet rusttjønnaks en fin bestand. Arten hadde også en forholdsvis stor bestand ved båthuset i øst, ut til ca. 1,5 m dyp.

Kauserudtjern

Innsjøen er for det meste omkranset av skog, men med et beiteområde helt ned til innsjøen i nordøst. For øvrig var det jorder like innenfor skogsområdene. Innsjøen har innløp fra Hørsrudputten i vest og utløp mot Slomma i øst. De største bestandene med helofytter fantes i vest og var dominert av starr og elvesnelle. Substrat i strandkanten var dominert av stein, særlig i nord, men med mudderbunn utenfor.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av vanlig tjønnaks, som dannet de største bestandene utenfor helofyttbeltet i vest, men var ellers vanlig i nord og øst. Et smalt belte med gul nøkkerose ble registrert innenfor vanlig tjønnaks i nordvestre bukt. Dette var eneste forekomst av arten i Kauserudtjern.

Både kransalger og karplanter var vanlige i undervannsvegetasjonen. Gråkrans dominerte og dannet massive matter fra strandkanten og ut til ca. 1,5 m dyp, først og fremst på sørsida, men også enkelte steder i nordvest og vest. Rusttjønnaks sto enten i ytterkant av disse bestandene, ut til ca. 2 m, eller innenfor. Stivkrans ble registrert på grunt vann i sørøst og nordvest, mens vanlig kransalge hadde en liten forekomst i sør. Tusenblad (*Myriophyllum alterniflorum*) dannet mindre bestander i sørøst og nord, og en noe større bestand i vest, mens grastjønnaks (*Potamogeton gramineus*) hadde størst forekomst på grunt vann ved nordre strand, men også sammen med rusttjønnaks på litt dypere vann. En bestand av dvergvasseleie (*Batrachium eradicatum*) ble registrert på grunt vann nedenfor beitet i nordøst.

Slomma

Slomma er omkranset av en smal skogsparti med jorder innenfor. I øst ligger Toten golfbane, med noe drenering til innsjøen. Innsjøen er noe oppdemt gjennom en dam i utløpet i øst. Bukta i østre del var nesten avsnørt fra innsjøen pga. store helofyttbelter med elvesnelle og flytebladsvegetasjon. Helofyttvegetasjonen ellers i innsjøen besto av takrør og starr, i tillegg til elvesnelle, mens kjempepigknopp først og fremst fantes i sørvest. Substratet besto av mørk mudderbunn.

Flytebladsvegetasjonen var dominert av gul nøkkerose, iblandet hvit nøkkerose, og vanlig tjønnaks, som dannet store bestander utenfor helofyttene rundt det meste av innsjøen, ut til 2,7 m dyp.

Undervannsvegetasjonen var dominert av store eksemplarer av storblærerot, som dannet massebestander fra vannkanten og ut til ca. 2 m dyp, men enkelte steder i sørvest gikk den ut til 3 m. Plantene så ut til å være rotfaste i ytre deler og enkelte steder lenger inn, men dannet også store flytende matter (ikke overflatematter). Storblærerot dannet også undervegetasjon i indre del av flytebladsvegetasjonen. Utenfor blærerot-bestandene og i enkelte grunnere områder, dannet vannmosen kjølellemose (*Fontinalis antipyretica*) massebestander. Hesterumpe dannet flere store bestander, særlig i vest og nordvest, mens en bestand av rusttjønnaks ble registrert på 1-1,5 m dyp i sørvest.

Sillongen

Sillongen er omkranset av jordbruksområder, avgrenset bare med et svært smalt skogsbelte mot innsjøen. Toten hotell ligger ved østre bredd, hvor det også er et lite parkområde. Innsjøen har et par tilløpsbekker i vest og nord, og utløp i sørøst. Utløpet mot Slomma er gjengrodd med helofyttvegetasjon, av elvesnelle, og av flytebladsvegetasjon. For øvrig var starr vanligste helofytt, mens takrør dannet bestander på nord-sida. Elvesnelle fantes i vest, i tillegg til ved utløpet. Strandområdene var forholdsvis brådype, utenom noe langgrunne bukter i sørøst og nordøst. Store stein, til dels berg, var vanlig i strandkanten særlig i nord. Her fantes flere store steinhauger fra jordene ovenfor. Substratet var finkornet i øst og vest, samt utenfor steinområdene.

Vannvegetasjonen var dominert av flytebladsvegetasjon. Gul nøkkerose var vanligst og dannet bestander rundt det meste av innsjøen, ut til 2,8 m dyp. Også vanlig tjønnaks dannet store bestander i samme dybdeområde.

Undervannsvegetasjonen var dominert av rusttjønnaks, som dannet flere bestander, særlig i øst og i vest, ut til 2,3 m dyp. Tusenblad fantes utenfor, sannsynligvis ut til 2,5 m dyp. Småplanter av tusenblad fantes også på grunt vann, særlig i øst. Også dvergvassoleie hadde størst forekomst i øst, mens en bestand med gråkrans ble registrert på grunt vann (0,2-0,3 m dyp) i sørvest, innenfor starr-beltet.

Helsettjern

Helsettjern er omkranset av dyrka mark med en smal skogsstripe mot innsjøen. Ved søndre bukt er det et beiteområde, og i sørvest et skogsparti. Innsjøen har ingen markerte tilløp, men utløp mot Eriksrudtjern i øst. Østre del av innsjøen er svært grunn og var gjengrodd med takrør, samt kant- og myrvegetasjon. Substratet her besto av svært løs kalkmergelbunn. Store bestander med takrør fantes også i nord og vest, også her var substratet dominert av svært løs kalkmergelbunn. I søndre del av innsjøen var sedimentet fastere.

Flytebladsvegetasjon av vanlig tjønnaks dannet spredte bestander i vest og nord, og forholdsvis store bestander i søndre bukt i sør, samt noe i gjengroingsområdet i øst. En liten bestand med gul nøkkerose ble registrert i vestre del av søndre bukt. Maksimal dybdeutbredelse for vanlig tjønnaks var 2,7 m (i vest).

En liten, men frodig bestand av stivkrans ble registrert på 0,2-1,3 m dyp ved østre strand i søndre bukt. For øvrig var det meste av gruntområdene utenfor helofyttvegetasjonen i vest, nord og øst vegetasjonsløse.

Eriksrudtjern

Eriksrudtjern er omkranset av skog i sør og øst og dyrka mark i nord, avgrenset mot innsjøen av en smal strip skog. Ved søndre bredd ligger to inaktive kalkbrudd. Innsjøen er delt i to bassenger, hovedbassenget i vest og et mindre og grunt basseng i øst. Vestre basseng er hovedbassenget og forholdsvis dypt (målt 24 m), med de største gruntområdene i vest og nordøst.

Sundet mellom de to bassengene var tilgrodd med takrør og flytebladsvegetasjon av vanlig tjønnaks og hvit nøkkerose. For øvrig dannet takrør glisne belter langs land i bassenget, vanlig tjønnaks var vanlig i midtre deler av bassenget, mens hvit nøkkerose stor sett fantes langs land. Det var store områder med kalkmergelbunn i østre basseng som var helt uten kransalger.

Helofyttvegetasjonen i det vestre bassenget var dominert av takrør, som dannet smale og forholdsvis glisne bestander langs nord- og vestsida. Sørsida var brådyp, og her fantes bare spredte helofyttbelter. Spredte bestander av elvesnelle ble registrert i nordøst og nordvest.

Flytebladsvegetasjonen, dominert av vanlig tjønnaks, hvit nøkkerose og gul nøkkerose, var frodigst i vest. Vanlig tjønnaks hadde en ytre grense på 3,8 m, mens hvit nøkkerose gikk ut til 1,6 m dyp. Gul nøkkerose fantes innenfor bestandene av hvit nøkkerose. Noen få planter av andemat ble registrert i helofyttbeltet i nordøst.

Undervegetasjonen var sparsom, dominert av kransalger. Den største forekomsten ble registrert nedenfor vestre gård på nordsida. Her dannet gråkrans og stivkrans matter ut til ca. 1,4 m dyp. I et langgrunt område i øst og nedenfor fyllingen ved kalkbruddet på sørsida fantes også noen tuer med gråkrans.

4.6.3 Spiketjern

Forholdene i Spiketjern i 2011 er beskrevet av Langangen (2012): Spiketjern ligger delvis på fossilrik kalkstein (marmor) og leirskifer/leirstein. Innsjøen renner ut i Skumtjern og har selv et lite nedslagsfelt som ligger på kalk. Rundt tjernet er det kalkfuruskog. Spiketjern er en meget godt utviklet *Chara*-sjø.

Vannmassene er meget klare, blågrønne og tjernet er ikke mer enn 1-1,5 m dypt. Bunnen består av gulgrå kalkgrytje. Langs det meste av vannet er det en relativ fast kant med lyngplanter og småtrær, furu og trollhegg. På bunnen ligger det en god del tømmerstokker. Det er lite vegetasjon av høyere planter i Spiketjern, for det meste starr og takrør. Det er spredte eksemplarer at takrør rundt mye av vannet og i sørenden, som er relativt smal danner denne arten en ganske stor, spredt bestand. Det er kransalgene som dominerer bunnen i Spiketjern. I nordenden er det ganske tett med kransalger, et område med røde planter peker seg ut og viser seg å være rødkrans, som er en ny art for dette området. Den ble ikke observert i 1968/69. Innerst ved land vokser det også andre store arter som er piggkrans og smal taggkrans. Her er det også tuer med gråkrans. Lenger ute i vannet er det tett med en liten art, bustkrans. I sørenden av tjernet er det et lite myrområde. I takrørskogen her er det ganske tett med piggkrans/smal taggkrans på bunnen. Bunnen er her løs til halvhard gulgrå kalkgrytje. Grønnalgen *Spirogyra* og stormakkmose (*Scorpidium scorpioides*) ble også funnet.

I 2012 fantes det matter med trådformede alger over kransalgene i Spiketjern (Langangen, pers.medd.). Man antok at det kunne ha sammenheng med et stort flatehugstområde som ble ryddet for fire år siden.

Tabell 7. Vannvegetasjon i innsjøene på Hadeland 2013. Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerer lokaliteten, x=forekommer. Innsjøer: ROK=Rokotjern, GLO=Glorudtjern, OKS=Oksentjen, NYB=Nyborgtjern, JAR=Jarenvatn, KAL=Kalven, VIE=Vientjern (Østtjern), KJE=Kjevlingen. Arter i utvalgt naturtype er understreket. *: rødlistede arter.

Arter		innsjøer							
grupper og latinske navn	norske navn	ROK	GLO	OKS	NYB	JAR	KAL	VIE	KJE
KRANSALGER									
<i>Chara aculeolata</i> *	piggkrans		4	5					
<i>Chara aspera</i> *	bustkrans	2				2	3		
<u><i>Chara contraria</i></u> *	gråkrans	2			1	3	2		
<i>Chara globularis</i>	vanlig kransalge					3			
<u><i>Chara rudis</i></u> *	smal taggkrans	4,5				2,5	5		
<i>Chara strigosa</i> *	stivkrans						2		
<u><i>Chara tomentosa</i></u> *	rødkrans	2							
ELODEIDER									
<i>Batrachium floribundum</i>	stovassoleie					2			
<i>Callitriche hamulata</i>	klovasshår					1			
<i>Elodea canadensis</i>	vasspest					5			
<i>Hippuris vulgaris</i>	hesterumpe	2,5							
<i>Potamogeton alpinus</i>	rusttjønnaks	2							
<u><i>Potamogeton lucens</i></u> *	blankrjønnaks					3,5			
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	hjetetjønnaks					2			
<i>Stuckenia filiformis</i>	trådtjønnaks	1	3		3	2	2		
<i>Utricularia intermedia</i>	gytjeblårerot				1				
<i>Utricularia vulgaris</i>	storblærerot		2,5	3		+			
NYMPHAEIDER									
<i>Nuphar lutea</i>	gul nøkkerose	4				3,5	2	3	4
<i>Nymphaea alba</i>	hvit nøkkerose	3		3,5	2	2		3	3
<i>Persicaria amphibia</i>	vasslirekne					3			2
<i>Potamogeton natans</i>	vanlig tjønnaks	2					2	3	3
<i>Sparganium angustifolium</i>	flotgras					1,5			
LEMNIDER									
<i>Lemna minor</i>	andemat			1	2				
<i>Lemns trisulca</i> *	korsandemat				1				
Totalt antall arter		10	3	4	6	15	7	3	4

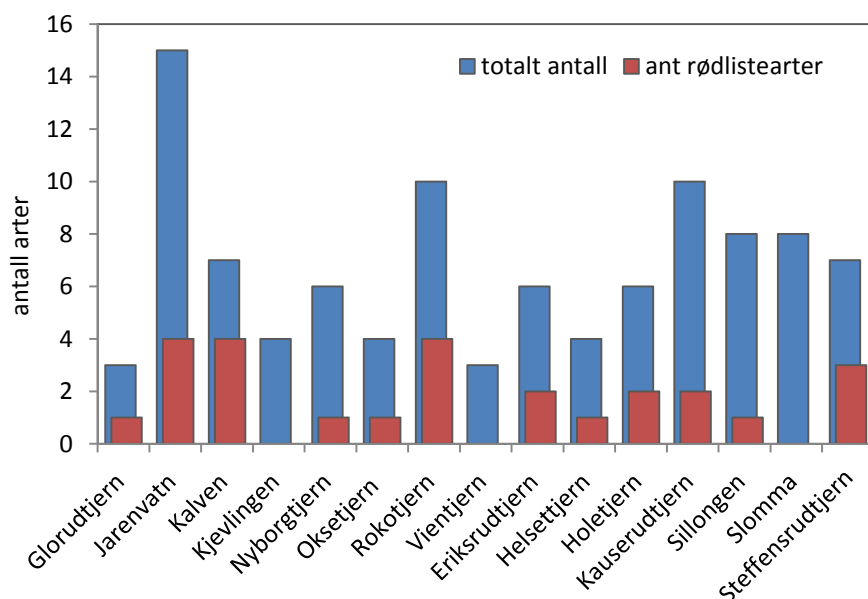
Tabell 8. Vannvegetasjon i innsjøene på Vestre Toten 2013. Forekomst: 1=sjelden, 2=spredt, 3=vanlig, 4=lokalt dominerende og 5=dominerer lokaliteten, x=forekommer. Innsjøer: HOL = Holetjern, STE=Steffensrudtjern, KAU=Kauserudtjern, SLO=Slomma, SIL=Sillongen, HEL=Helsettjern, ERI=Erikstadtjern. SPI=Spiketjern data fra 2012, Langangen 2011). Arter i utvalgt naturtype er understreket. *: rødlistede arter.

Arter grupper og latinske navn	norske navn	innsjøer								
		HOL	STE	KAU	SLO	SIL	HEL	ERI	SPI	
KRANSALGER										
<i>Chara aculeolata*</i>	piggkrans									x
<i>Chara aspera*</i>	bustkrans									x
<u><i>Chara contraria*</i></u>	gråkrans	2	3	4		2		3		x
<i>Chara globularis</i>	vanlig kransalge	3		1,5						
<u><i>Chara rudis*</i></u>	smal taggkrans		4							x
<i>Chara strigosa*</i>	stivkrans	2	3,5	2			2	2,5		
<u><i>Chara tomentosa*</i></u>	rødkrans									x
ISOETIDER										
<i>Ranunculus reptans</i>	evjesoleie			2		2				
ELODEIDER										
<i>Batrachium eradicatum</i>	dvergvassoleie			2		2				
<i>Hippuris vulgaris</i>	hesterumpe				2,5		3			
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	tusenblad			2,5		3				
<i>Potamogeton alpinus</i>	rusttjønnaks		2,5	3	2	2,5				
<i>Potamogeton gramineus</i>	grastjønnaks			2,5						
<i>Utricularia vulgaris</i>	storblærerot				5					
NYMPHAEIDER										
<i>Nuphar lutea</i>	gul nøkkerose	2	3	2	4	4	2	2		
<i>Nymphaea alba</i>	hvit nøkkerose	2	2,5		3	2,5		4		
<i>Potamogeton natans</i>	vanlig tjønnaks	2	3,5	4	4	3,5	3	3,5		
<i>Sparganium angustifolium</i>	flotgras									
LEMNIDER										
<i>Lemna minor</i>	andemat				1			1		
VANNMOSER										
<i>Fontinalis antipyretica</i>	kjølelvemose				4					
Totalt antall arter		6	7	10	8	8	4	6	5	

4.6.4 Antall arter og rødlistearter

Totalt artsantall varierte mellom 3 og 15 arter (tabell 7-8 og figur 35). Glorudtjern og Vientjern hadde færrest arter mens flest arter ble registrert i Jarenavatn.

Det ble registrert totalt 8 rødlistearter i de undersøkte innsjøene; bustkrans (*Chara aspera*), gråkrans (*C. contraria*), smal taggkrans (*C. rudis*), piggkrans (*C. aculeolata*), stivkrans (*C. strigosa*), rødkrans (*C. tomentosa*), blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*) og korsandemat (*Lemna trisulca*). Høyest antall rødlistearter ble registrert i Rokotjern, Jarenavatn og Kalven (figur 35).



Figur 35. Totalt antall arter og antall rødlistede arter i vannvegetasjonen 2013.

4.6.5 Store og små kransalger - antall og mengde

De store kransalgene, smal taggkrans og piggkrans, vokser først og fremst på dypere vann og er sannsynligvis mer sensitive overfor dårlige lysforhold (jfr. Mjelde m.fl. 2012). De små kransalgene kan vokse i strandsona og er derfor mindre avhengig av gode lysforhold. De finnes derfor også i eutrofe innsjøer.

På Hadeland ble bestander av de store kransalgene bare registrert i referansesjøene, samt i Rokotjern (tabell 9). I tillegg er det registrert noe mindre forekomster i Jarenavatn. På Vestre Toten er store kransalger bare registrert i Steffensrudtjern. Små kransalger ble ikke registrert i de eutrofe innsjøene Kjevlingen, Vientjern og Slomma, og heller ikke i de antatte referansesjøene Glorudtjern og Oksetjern.

Tabell 9. Antall arter og mengde av store og små kransalge-artene. Mengde: 3=bestander (semi-kvantitativ skala 4 og 5), 2=vanlig (skalaverdi 3) og 1=spredd-sjelden (skalaverdi 1 og 2).

innsjø	år	Små Chara-arter		Store Chara-arter	
		antall arter	mengde	antall arter	mengde
Glorudtjern	2013	0	-	1	3
Kalven	2011	3	2	1	3
Oksetjern	2013	0	-	1	3
Rokotjern	2013	2	1	2	3
Jarenavatn	2011+2013	3	2	1	1,5
Kjevlingen	2013	0	-	0	-
Nyborgtjern	2013	1	1	0	-
Vientjern	2013	0	-	0	-
Eriksrudtjern	2013	2	2	0	-
Helsettjern	2013	1	1	0	-
Kauserudtjern	2013	3	3	0	-
Holetjern	2013	3	2	0	-
Steffensrudtjern	2013	3	2	1	3
Sillongen	2013	1	1	0	-
Slomma	2013	0	-	0	-
Spiketjern	2011	2	2	3	3

4.6.6 Økologisk tilstand

Generelt

Indeksen er basert på forholdet mellom antall sensitive og tolerante arter for hver innsjø (jfr Direktorsgruppa 2013).

Sensitive arter er arter som foretrekker, og har størst dekning, i mer eller mindre upåvirkede innsjøer (referanseinnsjøer), mens de får redusert forekomst og dekning (etterhvert bortfall) ved eutrofiering. *Tolerante arter* er arter med økt forekomst og dekning ved økende næringsinnhold, og ofte sjeldne eller med lav dekning i upåvirkede innsjøer. Trofiindeksen beregner én verdi for hver innsjø. Verdien kan variere mellom +100, dersom alle tilstedeværende arter er sensitive, og -100, hvor alle er tolerante. I TIc (trofiindeks basert på forekomst-fravær-data) teller alle artene likt uansett hvilken dekning de har. I TIa (trofiindeks basert på semi-kvantitative data) tas det hensyn til den kvantitative forekomsten av hver art. Grenselinjer for økologisk tilstand er bare utarbeidet for TIc; hvor følgende grenser gjelder: svært god/god=63, god/moderat=30, moderat/dårlig=5 og dårlig/svært dårlig=-35.

Ved vurdering av økologisk tilstand i forhold til eutrofiering bør man i tillegg til indeksene vurdere forekomsten av fremmede arter, for eksempel vasspest (*Elodea canadensis*). Dersom slike arter danner massebestander, bør ikke tilstanden for vannvegetasjon vurderes som god. Det er også viktig å være klar over at vannvegetasjonen gjenspeiler forholdene i strandnære områder. Status for vegetasjonen vil derfor kunne, særlig i store innsjøer, avvike fra forholdene i sentrale vannmasser.

Det er ikke utviklet noen egen indeks for økologisk tilstand for kransalgevegetasjon, de inkluderes i indeksen for vannvegetasjon. Alle *Chara*-artene regnes blant artene som er sensitive i forhold til eutrofiering. Få *Chara*-arter betyr ikke nødvendigvis dårlig tilstand, imidlertid vil bortfall av *Chara*-arter som tidligere er registrert i en innsjø kunne indikere dårligere forhold.

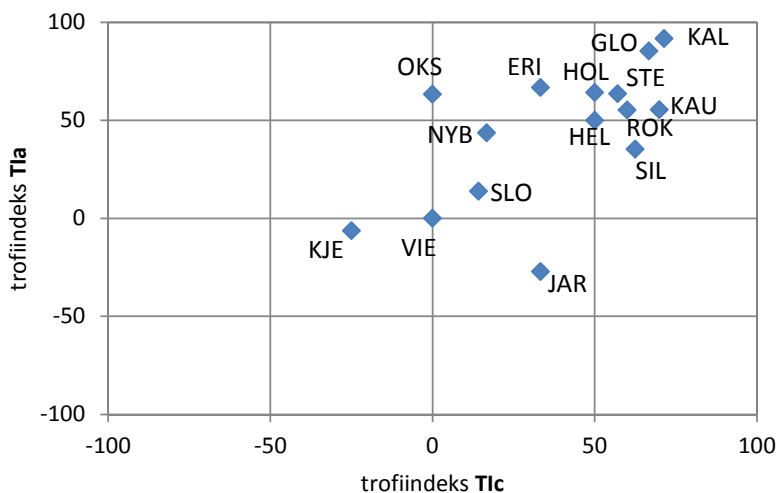
Innsjøene på Hadeland og Vestre Toten 2013

Økologisk tilstand for de undersøkte innsjøene er vist i tabell 10. Basert på trofiindeksen TIc kan tilstand for vannvegetasjonen karakteriseres som svært god eller god i Glorudtjern, Kalven, Kauserdutjern, Rokotjern, Eriksrudtjern, Helsettjern, Holetjern, Sillongen og Steffensrudtjern, moderat i Jarenavatn, Nyborgtjern og Slomma, mens vegetasjonen er i dårlig tilstand i Kjevlingen, og Vientjern, og i Oksetjern, som vi har antatt er en referansesjø.

Tabell 10. Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i innsjøene 2013. Økologisk tilstand: SG = meget god, G = god, M = moderat, D = dårlig, SD=meget dårlig. *Korrigeret tilstand i forhold til masseforekomst av fremmed art. For de innsjøene med lavere artsantall enn 4 er økologisk tilstand bare veiledende (vist med parentes).

innsjø	år	TIc	økologisk tilstand	TIa	
Glorudtjern	2013	(66,7)	SG	85,4	SG
Jarenavatn	2013	33,3	M*	-27,3	D
Kalven	2011	71,4	SG	91,7	SG
Kjevlingen	2013	-25	D	-6,4	D
Nyborgtjern	2013	16,7	M	43,5	G
Oksetjern	2013	0	D	63,3	SG
Rokotjern	2013	60	G	55,2	G
Vientjern	2013	(0)	D	0	D
Eriksrudtjern	2013	33,3	G	66,7	SG
Helsettjern	2013	50	G	50	G
Holetjern	2013	50	G	64,18	SG
Kauserdutjern	2013	70	SG	55,3	G
Sillongen	2013	62,5	G	35,2	G
Slomma	2013	14,2	M	13,7	M
Steffensrudtjern	2013	57,1	G	63,6	SG

Hvis man inkluderer artenes mengdemessige forhold (TIIa) reduseres tilstandsklassen for Jarenvatn (D) og Kauserudtjern (G), mens den blir bedre i Nyborgtjern (G), Oksetjern (SG), Eriksrudtjern (SG), Holetjern og Steffensrudtjern (figur 36). Øvrige innsjøer får uendret tilstand. I innsjøene som får redusert tilstand etter TIIa har de tolerante artene en større dekning enn de sensitive, mens dekingen til de sensitive artene er størst i de innsjøene som får forbedret tilstand.



Figur 36. Økologisk tilstand for vannvegetasjonen i innsjøene på Hadeland og Vestre Toten 2013.

4.6.7 Vegetasjonens nedre grense

Nedre dybdegrensene for vegetasjonen i innsjøene på Hadeland og Vestre Toten er vist i tabell 11. Nedre grense varierer mellom 0,2 og 4,0 m dyp. I de fleste innsjøene er det flytebladsvegetasjonen som går dypest, men i Nyborgtjern, Kalven, Glorudtjern og Oksetjern går kransalgene dypest, mens langskuddsplanter går dypest i Jarenvatn og Slomma.

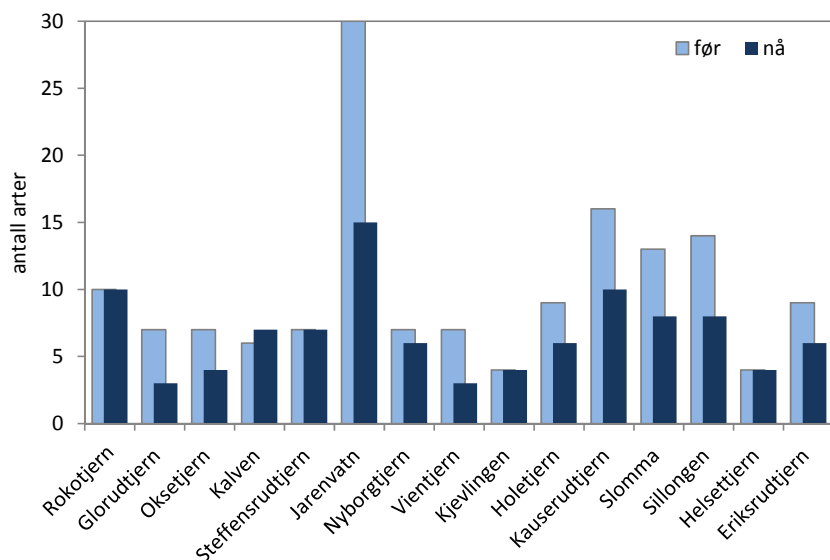
Tabell 11. Nedre dybdegrensene (m) for kransalger, langskuddsplanter og flytebladsplanter 2013. Art som danner nedre dybdegrense er vist. Siktedyp: midlere verdier for 2013. Store *Chara*-arter: *C. rudis*, *C. aculeolata*, *C. tomentosa*, små *Chara*-arter: *C. aspera*, *C. contraria*, *C. globularis*, *C. strigosa*. De artene som går dypest i hver innsjø er uthevet. Navneforkortelsene er basert på de latinske navnene, se tabell 7-8.

Innsjø	Store <i>Chara</i> -arter	Små <i>Chara</i> -arter	langskudds- planter	flyteblads- planter
Kjevlingen	-	-	-	3,1 <i>Nuph lut</i>
Vientjern	-	-	-	3,9 <i>Pota nat</i>
Nyborgtjern	-	0,2 <i>Char con</i>	0,2 <i>Stuc fil</i>	-
Kalven	4,0 <i>Char rud</i>	1,2 <i>Char con/str</i>	0,2 <i>Stuc fil</i>	? <i>Pota nat</i>
Jarenvatn	2,0 <i>Char rud</i>	0,5 <i>Char con</i>	3,6 <i>Pota luc</i>	2,3 <i>Nuph lut</i>
Rokotjern	1,7 <i>Char rud</i>	0,2 <i>Char con</i>	0,8 <i>Pota alp</i>	2,6 <i>Nuph lut</i>
Glorudtjern	1,8 <i>Char rud</i>	-	0,2 <i>Stuc fil</i>	-
Oksetjern	3,5 <i>Char rud</i>	-	? <i>Utri vul</i>	? <i>Nymp alb</i>
Holetjern	-	0,5 <i>Char con/str</i>	-	3,5 <i>Nuph lut</i>
Eriksrudtjern	-	1,4 <i>Char con/str</i>	-	3,8 <i>Pota nat</i>
Steffensrudtjern	2,5 <i>Char rud</i>	2,9 <i>Char str</i>	1,5 <i>Pota alp</i>	3,7 <i>Pota nat</i>
Kauserudtjern	-	1,5 <i>Char con</i>	1,9 <i>Pota alp</i>	3,2 <i>Pota nat</i>
Slomma	-	-	3,0 <i>Utri vul</i>	2,7 <i>Nuph lut</i>
Sillongen	-	0,3 <i>Char con</i>	2,3 <i>Pota alp</i>	2,8 <i>Nuph lut</i>
Helsettjern	-	1,3 <i>Char str</i>	? <i>Hipp vul</i>	2,7 <i>Pota nat</i>

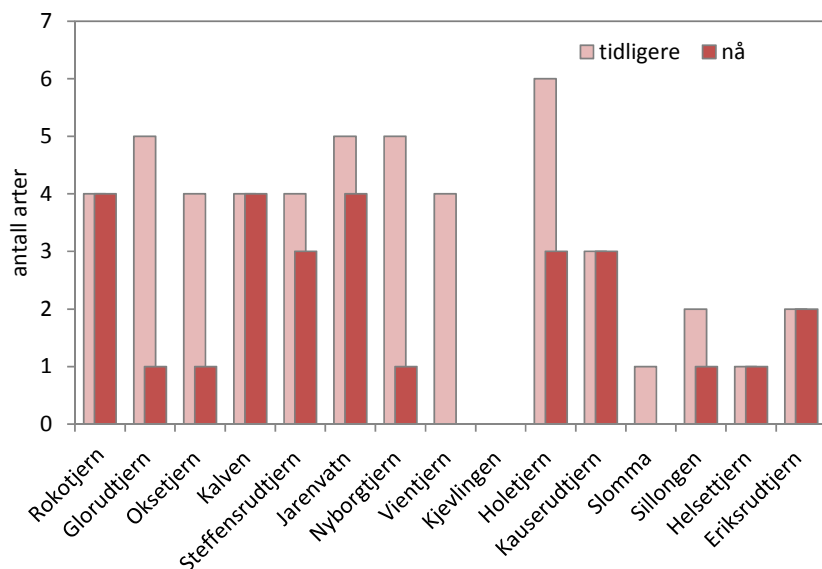
4.6.8 Tidsendringer

Det er litt variabelt hva som finnes av tidligere undersøkelser i de aktuelle lokalitetene. For noen lokaliteter har vi data fra flere år tidligere, både artsantall og mengde, mens for andre lokaliteter er tidligere data svært sparsomme.

Vi har sammenliknet registreringene i 2013 med tidligere artsregistreringer. Tidligere artsregistreringer representerer et samlet artsantall for alle år før 2013, samlet artsantall for karplanter og kransalger (figur 37) og separat for kransalgevegetasjonen (figur 38). Sammenstillingen av tidligere data kan ikke direkte sammenliknes med årets undersøkelse, men kan antyde innsjøens potensiale for forekomst av arter.



Figur 37. Totalt antall arter i vannvegetasjonen (kransalger + karplanter). Våre registreringer i 2013 (mørke blåe søyler) er sammenliknet med samlet artsantall fra alle tidligere registreringer (for perioden 1941-2012).



Figur 38. Totalt antall arter i kransalgevegetasjonen. Våre registreringer i 2013 (mørke røde søyler) er sammenliknet med samlet artsantall fra alle tidligere registreringer.

Jarenvatn har hatt den største nedgangen i totalt antall arter, noe som vi antar delvis skyldes utbredelsen av vasspest i innsjøen og delvis eutrofieringen. Imidlertid ser artsantallet nå ut til å være på vei opp, parallellt

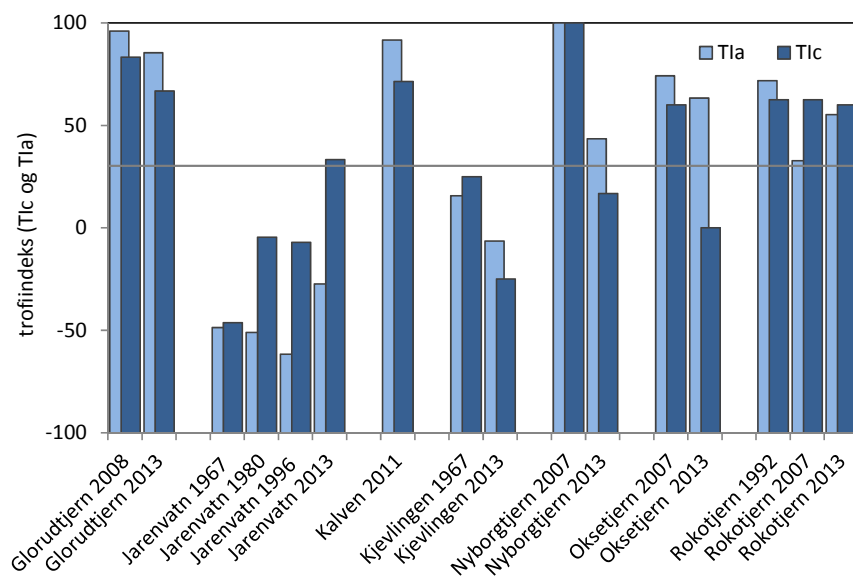
med redusert eutrofiering. Endringene i artssammensetningen i innsjøen er diskutert mer inngående i Mjelde m.fl. (2012). I Sillongen, Kauserdutjern og Slomma er det mer enn 5 tidligere registrerte arter som ikke ble gjenfunnet i 2013. For de øvrige lokalitetene er det mindre endringer.

Glorudtjern, Oksetjern, Nyborgtjern, Vientjern og Holetjern viser klar nedgang i antall kransalger i forhold til tidligere registreringer (figur 39). De fleste av innsjøene på Hadeland har beholdt sine store bestander av store *Chara*-arter. Unntakene er Vientjern, som i 1968 hadde bestander av både smal taggkrans og rødkrans (Langangen 1970), og Nyborgtjern, hvor det helt fram til 2007-2008 fantes bestander av store *Chara*-arter (Mjelde m.fl. 2008). I innsjøene på Vestre Toten er det tidligere bare registrert store *Chara*-arter i Holetjern, mens de andre innsjøene i området allerede i 1968-69 ble karakterisert som eutrofe kalksjøer av Langangen (1970). Hauge (1941) rapporterte om noen få eksemplarer av *Chara* sp. på 1,6 m dyp i Slomma. Disse er ikke funnet senere. De store kransalgene i Holetjern forsvant allerede i 1990-92 (Langangen 1992) og er ikke registrert senere, bortsett fra noen eksemplarer av *Chara rudis* funnet i 2012 etter innplantningsforsøk i 2011 (Langangen 2012). I 2010 (Langangen 2011) og 2013 ble det imidlertid funnet store bestander av smal taggkrans i Steffensrudtjern.

Det kan tenkes at noen av artene registrert tidligere i Glorudtjern og Oksetjern har hatt svært sparsom forekomst og derfor er oversett i 2013. Vi har imidlertid lite kvantitative data fra disse innsjøene fra tidligere. Dersom nedgangen er reell er det bekymringsverdig. Nyborgtjern og Holetjern er spesielt etterfulgt og her er det klare reduksjoner både i antall arter og i mengde. Også nedgangen i Vientjern er klar. For øvrige lokaliteter er det små eller ingen endringer.

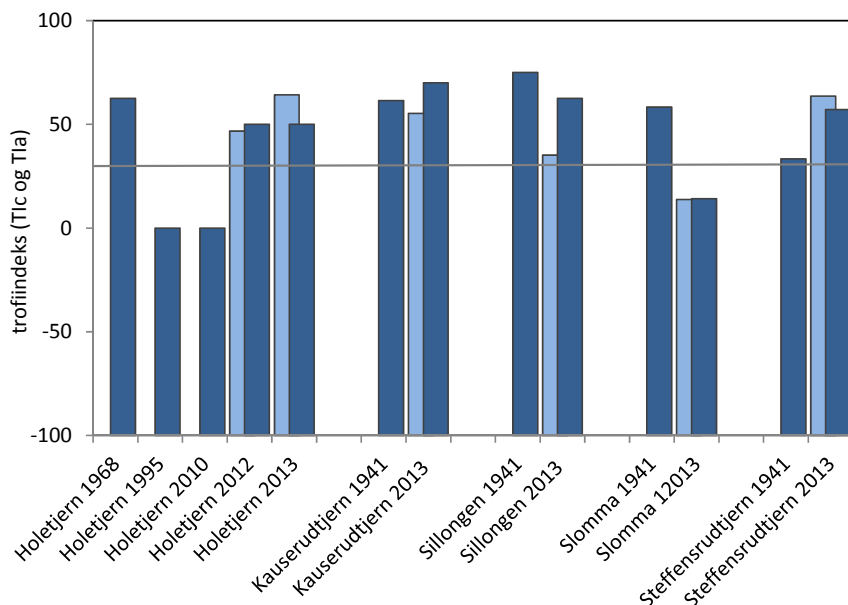
Økologisk tilstand

For å kunne beregne økologisk tilstand (T1c eller T1a) må det foreligge «fullstendige» artslister for både kransalger og karplanter (se metodekapitlet). I tillegg krever beregning av T1a at det foreligger semi-kvantitative data. Figur 39 og 40 nedenfor representerer derfor bare de lokalitetene og årene der artslistene foreligger. I tillegg har vi inkludert data fra Jarenvatn 1967 og 1980 selv om man bare da noterte forekomst av *Chara* spp. I Holetjern ble det ikke registrert karplanter i 1968, men vi antar at de samme artene som ble registrert senere også var til stede da.



Figur 39. Økologisk tilstand i forhold til eutrofiering for Hadelands-sjøene. T1c-indeksen vist ved mørk blå søyler og T1a vist med lys blå søyler. God/moderat-grensa = 30 er markert. Inkluderer bare de innsjøer og år der både kransalger og karplanter er undersøkt. Unntak Jarenvatn 1967 og 1980 (se tekst).

Jarenavatn viser en jevn og klar forbedring i økologisk tilstand siden 1967. Også i Steffensrudtjern er tilstanden forbedret siden 1941. Økologisk tilstand i Nyborgtjern er klart forverret i de siste 6 årene, mens tilstanden er noe forverret i Kjevlingen, Oksetjern og Slomma. For Oksetjern er det først og fremst TIC-indeksen som er redusert, først og fremst på grunn av forekomst av flere tolerante arter. Disse hadde imidlertid så liten forekomst at TIA-indeksen forble høy. Den markerte økningen i både TIC og TIA i Holetjern i 2012 og 2013 skyldes forsøk med innplantning av kransalger i 2010 (Langangen 2011, 2012).



Figur 40. Økologisk tilstand i forhold til eutrofiering for innsjøene på Vestre Toten. TIC-indeksen vist ved mørk blå søyler og TIA vist med lys blå søyler. God/moderat-grensa = 30 er markert. Inkluderer bare de innsjøer og år der både kransalger og karplanter er undersøkt. Unntak Holetjern 1968 (se tekst).

Selv om økologisk tilstand for Rokotjern viser en svak forbedring siden 2007, ligger nedre grense for kransalgene fortsatt på samme nivå som i 2007, dvs. 1,5-1,7 m, mot 2-3 m i 1992 (se Mjelde m.fl. 2008). Nedre grense i 2013 korrelerer med det forholdsvis lave siktedypet.

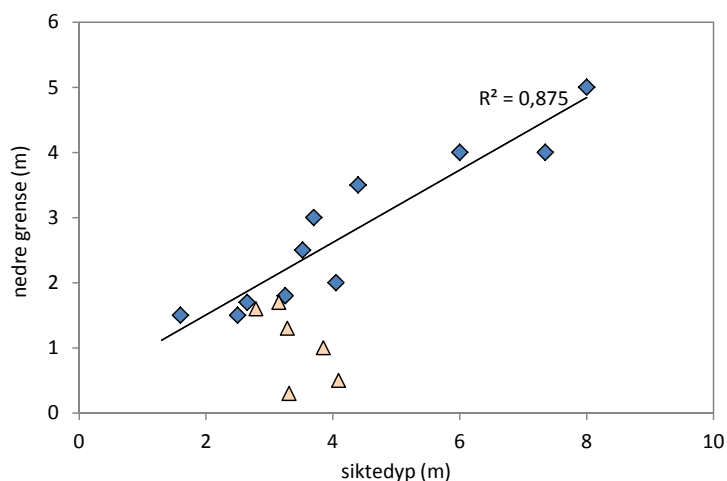
4.7 Viktige faktorer for forekomst av kransalger - årsaker til endringer

Eutrofiering med økt planteplanktonbiomasse og dårligere lysforhold er antatt å være en av de viktigste årsakene til reduserte forekomster av vannplanter, inkludert kransalger (se bl.a. Blindow 1992, Mjelde 1997, Direktoratgruppen 2013, Mjelde m.fl. 2012). Nedre grense for de store *Chara*-artene i undersøkelsen i 2013 viser en klar sammenheng med siktedyp (figur 41). Der vegetasjonens nedre grense utgjøres av små *Chara*-arter finnes det ingen slik sammenheng.

De små *Chara*-artene kan forekomme på grunt vann også i svært eutrofe innsjøer (f.eks. Blindow 1992, Mjelde 1997) og er derfor mer uavhengig av lysforholdene i vannet. Imidlertid vil tette helofyttbelter være begrensende også for disse. I innsjøer med både reduserte lysforhold og tette helofyttbelter, f.eks. Vientjern, vil derfor også de små kransalgene ha problemer.

Variasjoner i lysforholdene i vannet kan imidlertid ikke alene forklare fravær/bortfall av kransalger. Store *Chara*-arter har forsvunnet fra innsjøer med klart vann og godt siktedyp, f.eks. Holetjern og Nyborgtjern. For disse innsjøene ser det ut til at konsentrasjon av løst nitrogen (NH_4 og NO_3) i vannet har betydning. Tidligere forsøk (Lambert & Davy 2010) har vist en reduksjon i vekst av vanlig kransalge (*Chara globularis*) ved 0,5 mg NO_3/l og bortfall av kransalgene ved konsentrasjoner over ca. 1-2 mg NO_3/l (Lambert & Davy 2010, Barker et al. 2008). Lambert & Davy (2010) mente at årsaken til vekstnedgangen kunne være

at akkumulering av nitrat i cellene fører til forbruk av energi. Det er også vist at høye nitrogentilførsler i klare innsjøer der det er tilstrekkelig lys på sedimentoverflaten kan føre til en oppblomstring av nitrofile begroingsalger som kan hindre utvikling av vannplanter gjennom begrensning av plass, lys og karbon (James et al 2005). Basert på disse undersøkelsene antok Mjelde m.fl. (2012) at nitrogeninnholdet (i form av nitrat) er en viktig faktor for forekomst og mengde av kransalger, i hvert fall i enkelte innsjøtyper. Man antok også at de store kransalgene, f.eks. smal taggkrans, kan være mer sensitive enn vanlig kransalge, som er den vanligste *Chara*-arten i Norge og som finnes i ulike innsjøtyper. Andre undersøkelser har vist at ammoniumkonsentrasjoner på mer enn 500 $\mu\text{g NH}_4/\text{l}$ er toksisk for vannplanter (van Katwijk et al. 1997, Cao et al. 2007).



Figur 41. Sammenheng mellom nedre grense for bestander av store *Chara*-arter (*Chara rudis*, *C. aculeolata*, *C. tomentosa*) og siktedyp (middelverdi for sesongen 2013) (blå firkanter). Der nedre grense utgjøres av små *Chara*-arter er vist med rosa trekkanter.

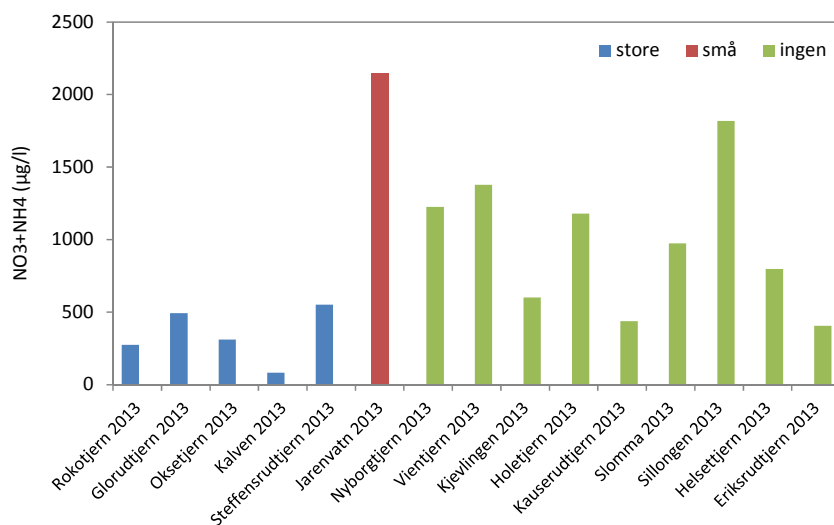
Overtrekk av trådformete grønnalger (bl.a. *Spirogyra*) på bunnen i Høletjern ble registrert både i 1991 og 2011 (Langangen 2011) og i 2012 hadde bunnsedimentet et geleaktig belegg på toppen. Mjelde m.fl. (2012) mente derfor at kraftig utvikling av trådformete grønnalger som følge av høye nitratkonsentrasjoner kunne være en årsak til manglende kransalger i Høletjern. Data fra foreliggende undersøkelse støtter dette. Jarevatn hadde også i 2013 høye nitratkonsentrasjoner, over 2 mg NO_3/l i sommersesongen og >3 mg NO_3/l i mars 2014. I 2012 antok man at årsaken til at de store kransalgene forekommer i Jarevatn og ikke i Høletjern, kan være at Jarevatn er såpass eutroft at lysforholdene for nitrofile grønnalger på sedimentet er for dårlig. Data fra 2013 viser imidlertid lavere fosforkonsentrasjoner og godt siktedyp.

I undersøkelsen fra 2013 er bestander av de store *Chara*-artene bare registrert i innsjøer hvor samlet konsentrasjon av ammonium og nitrat var lavere enn 600 $\mu\text{g N/l}$ (figur 42). De fleste innsjøer uten store *Chara*-arter hadde klart høyere konsentrasjoner. De svært høye konsentrasjonene av ammonium i Nyborgtjern er sannsynligvis direkte giftig for kransalgene og antas å være årsaken til at store kransalgene ikke er registrert etter 2008. Konsentrasjonen av ammonium i Oksetjern i mars 2014 er bekymringsfull.

De svært høye nitratverdiene fra mars 2014 for flere av innsjøene viser at belastningene er svært store, 2-3 mg N/l i Kausrudtjern, Steffensrudtjern, Slomma, Vientjern og Nyborgtjern, 3-4 mg N/l i Jarevatn og Kjevlingen, mens Glorudtjern hadde nitratverdier i mars på 4,4 mg N/l! De fleste av disse innsjøene hadde ingen store kransalger, bortsett fra Glorudtjern og Steffensrudtjern. Dersom den høye nitratbelastningen fortsetter for disse to innsjøene er det sannsynlig at kransalgebestandene her også er i fare. Glorudtjern viser også en nedgang i antall kransalger og i økologisk tilstand.

De fleste kalksjøene ligger i jordbruksområder, hvor nitrogenbelastningen generelt er høy, men også innsjøer som ligger i områder uten eller med liten påvirkning fra jordbruk og bebyggelse kan få økt tilførsel av nitrogen. Grøfting av myrer gir økt avrenning av nitrat (og noe organisk nitrogen) og dermed økt nitrat i vannmassene. Steinbrudd/kalkbrudd, hvor man bruker sprengstoff (f.eks. nitroglyserin) for å løsrive og knuse stein, vil kunne gi økt innhold av nitrat i vannmassene i nærliggende innsjøer. Andre sprengningsaktiviteter i nedbørfeltet (f.eks. veiutbygging) kan også medføre økt nitrat i innsjøen. I tillegg vil deponisjon av langtransportert nitrogen, samt økende avrenning fra nedbørfeltene, på grunn av endret klima, føre til økt nitratkonsentrasjon i vannmassene.

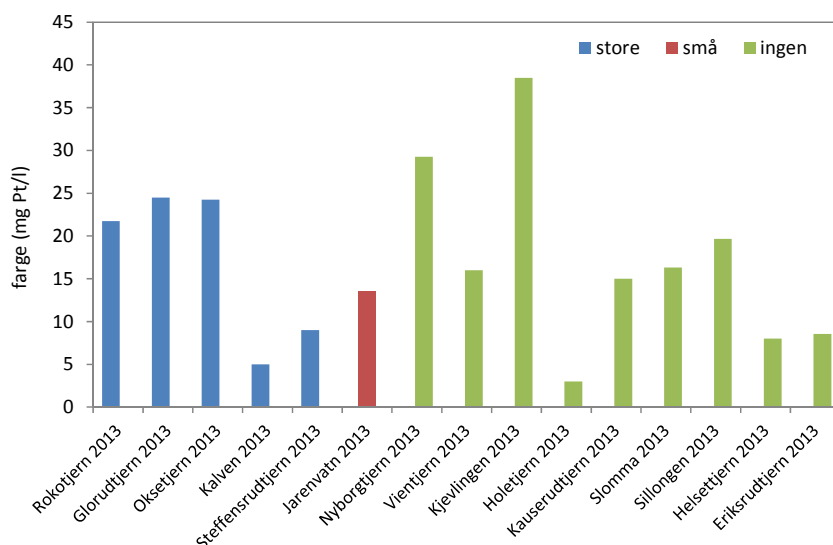
Høy nitratkonsentrasjon vil kanskje skape størst problemer for kransalgene i innsjøer med lavt fosforinnhold. Lavt fosfor vil begrense planteplanktonbiomassen og dermed blir forbruket av nitrat lite. Dessuten vil de nitrofile begroingsalgene få større betydning her.



Figur 42. Sammenheng mellom bestander av store *Chara*-arter (*Chara rudis*, *C. aculeolata*, *C. tomentosa*) og konsentrasjon av løste nitrogenforbindelser (NO₃ og NH₄), middelerdi for sesongen 2013.

Store bestander av kransalger kan fungere som næringsfeller (Kufel & Kufel 2002). I svært grunne innsjøer hvor store deler av bunnen er dekket med kransalger, f.eks. Glorudtjern og Oksetjern, kan de lave nitrogen-konsentrasjonene delvis skyldes felling i bestandene. De øvrige innsjøene med store kransalgebekstander er såpass store og dype at dette antas å ha mindre betydning.

Ulike arter ser ut til å ha ulike preferanser til organisk innhold, og de fleste store *Chara*-artene ser ut til å foretrekke klare innsjøer (farge <30 mg Pt/l). Mjelde m.fl. (2012) antydnet at økt farge muligens kunne være en årsak til at kransalgebekstandene var i dårlig forfatning. Økt humusavrenning fra nedbørfeltet f.eks. på grunn av grøfting av myrer eller skogsdrift, eller på grunn av klimaendringer, fører til økt organisk innhold i vannmassene og i sedimentet. Ingen av de undersøkte lokalitetene 2013 hadde høye fargeverdier (figur 43). Hvorvidt også humus er en viktig faktor har vi derfor ikke fått noe mer klarhet i her.



Figur 43. Sammenheng mellom bestander av store *Chara*-arter (*Chara rudis*, *C. aculeolata*, *C. tomentosa*) og farge, middelerdi for sesongen 2013.

Imidlertid er det ikke registrert store kransalger i Kjevlingen og Nyborgtjern, hvor fargen var hhv. 38,5 og 29, 25 mg Pt/l Tidligere observasjoner (Langangen 2010) nevnte økt humusinnhold i Nyborgtjern samtidig med bortfall av kransalgebestandene.

4.8 Oppsummering, forslag til grenseverdier og videre undersøkelser

De fleste innsjøene som ble foreslått undersøkt i 2013 hadde vist en negativ utvikling i tilstand og/eller kransalgevegetasjon (Mjelde m.fl. 2012), se tabell 12. I tillegg ble 3 antatt referansesjøer inkludert.

Tabell 12. Lokalteter som er undersøkt i 2013, med begrunnelse (se Mjelde m.fl. 2012).

Lokalitet	undersøkt år	endring i tilstand for vannvegetasjon
Jarevatn	1967, 1980, 1996, 2009, 2011	1967: Tlc=-46 (svært dårlig), 2011:Tlc=30 (moderat), vasspest siden 1956. Kransalgebestanden ser ut til å ha tatt seg opp til tross for høyt nitrogen og store vasspestbestander (se Mjelde 2012).
Rokotjern	1992, 2007	Mye kransalger i 1992 og 2007 (Tlc=62,5), men i 2007 redusert antall <i>Chara</i> -arter, og Tla negativ utvikling (dvs. flere av de tolerante artene har fått større dekning). Nedre grense for kransalgene redusert fra 1992 til 2007 (Mjelde 2008). Mulig algeoppblomstring i 2007 (Langangen 2008).
Vientjern	1969, 2007, 2008	Frodig og artsrik kransalgevegetasjon i 1969, men ingen kransalger i 2007 Langangen 2008). I 2008: Tlc=0 (dårlig) (Mjelde & Bækken 2009).
Kjevlingen	1967, 2008	1967: Tlc=25 (moderat), ingen kransalger (Rørslett & Skulberg 1968). 2008: eutrof innsjø, ingen kransalger er registrert (Langangen 2010).
Nyborgtjern	1990, 2007, 2008	I 1990 var det store kransalgebestander av bl.a. <i>C. tomentosa</i> her. Langangen (1991) omtalte den som en «svært vakker og godt bevart kransalgesjø» og mente at den burde vernes. I 2007 dannet flere store <i>Chara</i> -arter bestander og Tlc=100 (svært god). I 2008 var vannmassene brunfarget og mye påvekst på kransalgene (Langangen 2010).
Helsettjern	1941, 2010	1941: Tlc=33,3 (god) (Hauge 1943). 2010: eutroft, en liten forekomst av <i>C. strigosa</i> , mye trådalger, medium tilstand (Langangen 2011)
Holetjern	1968, 1995, 2010, 2012	Frodig og artsrik kransalgevegetasjon i 1968-69, og foreslått vernet (Langangen 1971). I 1991 var kransalgene forsvunnet, vannmassene uklare og bunnen overtrukket med grønnalger (Langangen 1992). Forsøk med innplantning i 2010 (Langangen 2011, 2012).
Kauserudtjern	1941, 1969, 1999, 2010	1941: Tlc=61,5 (god) (Hauge 1943). I 1969: dårlig (AL), 1999: <i>C. strigosa</i> og <i>C. contraria</i> , 2010: bare <i>C. contraria</i> , men store bestander, grønnalger bunnen (Langangen 2011).
Sillongen	1941, 1968, 1999, 2010	1941: Tlc=75 (Hauge 1943), 1999: liten bestand av <i>C. strigosa</i> , 2010: overtrekk av grønnalger på bunnen (Langangen 2011).
Slomma	1941, 1999, 2010	1941: Tlc=58,3 (god), 1999: liten bestand av <i>C. strigosa</i> , 2010: ingen kransalger (Langangen 2011)
Steffensrudtjern	1941, 1999, 2010	1941: Tlc=33,3 (god) (Hauge 1943), 1999: ingen kransalger registrert, dårlig tilstand (?), 2010: frodig bestand av <i>C. rudis</i> , men generelt lite kransalger (Langangen 2011).
Eriksrudtjern	1969, 1999, 2010	Inkludert pga. gammelt kalkbrudd langs søndre strand. I 2010: tette bestander med <i>C. contraria</i> , noe <i>C. strigosa</i> . Store kransalger ikke registrert.
Kalven	1969, 2008, 2011, 2012	Flott kalksjø med frodig og artsrik kransalgevegetasjon. Ingen endring mellom 1969-2012 (Langangen 2010, Mjelde & Bækken 2009)- Referansesjø
Oksetjern	1969, 1976, 2007	Store kransalgebestander, ingen endring i bestanden i perioden 1969-2007 (Langangen 2008). Antatt referansesjø
Glorudtjern	1969, 2007	I 2007 fantes store områder med mergelbunn og rikelig med flere <i>Chara</i> -arter (Langangen 2008). Selv om den virket noe eutrof og påvirket av husdyrhold ble den vurdert som mulig referansesjø.
Spiketjern	1968, 2011, 2012	Mange arter og store bestander av kransalger tom. 2011 (Langangen 2012). Overgrodd med trådformete alger i 2012 (Langangen, pers.medd.).

Vi har fortsatt for lite data til med sikkerhet si hva som er årsaken til reduserte eller bortfall av kransalgebestandene i den enkelte innsjø, men det er klare indikasjoner på at nitrogen er en viktig faktor, i tillegg til dårlige lysforhold som følge av høy fosforbelastning. Hvorvidt humus også er en viktig faktor må undersøkes nærmere. Som antatt kan dataene våre tyde på at de store kransalgene er mer sensitive enn f.eks. *Chara globularis*.

Tabell 13 viser en skjematisk oppsummering av tilstanden for de enkelte innsjøene, sannsynlige årsaker til dårlig tilstand og mulige tiltaksbehov.

Tabell 13. Oppsummering av tilstanden for den enkelte kalksjø, mulige årsaker og tiltaksbehov.

Lokalitet	Tilstand, årsaker og tiltaksbehov
Jarenvatn	Bedre vannkjemiske forhold men stabilt høye nitratverdier, forbedret økologisk tilstand, ser ut til å være i god utvikling til tross for noen manglende gjenfunn. Nitrogen bør reduseres.
Rokotjern	Økologisk tilstand viser en svak forbedring siden 2007, men nedre grense fortsatt på samme nivå som i 2007, pga. dårlige lysforhold. Eutrofiering bør reduseres. Ved overvåking av endringer i nedre grense er det en fordel med jevnlig vannstandsmålinger.
Vientjern	Dårlige forhold med eutrofiering og dårlige lysforhold, tidligere kransalger forvunnet for flere år siden, klart behov for tiltak.
Kjevlingen	Kjevlingen har ikke kransalger, heller ikke registrert tidligere. Innsjøen er klart eutrofiert og har dårlige lysforhold. Eutrofieringen, særlig fosfor, bør reduseres.
Nyborgtjern	Klar forverring siden 2008, svært høy ammoniumkonsentrasjon gjennom hele sommersesongen, sannsynligvis giftvirkning på kransalgene. Også svært høyt nitrogeninnhold i sedimentet. Årsakene til ammonium-tilførsler bør identifiseres (kloakk, møkkakjeller, sprengstein?). Nitrogenbelastningen bør reduseres snarest.
Helsettjern	Helsettjern har små forekomster av små <i>Chara</i> -arter. Ingen store arter, heller ikke registrert tidligere. Både økologisk tilstand og vannkjemisk tilstand er god.
Holetjern	Manglende kransalger, bare små ser ut til å overleve etter innplantning. Årsaken til dårlige forhold er sannsynligvis en kombinasjon av høye nitrogenkonsentrasjon og godt lys, dvs. konkurranse med nitrofile alger.
Kauserudtjern	Kauserudtjern har store bestander med små <i>Chara</i> -arter. Ingen store arter, heller ikke registrert tidligere. Økologisk tilstand er god, mens vannkjemisk tilstand er moderat. Noe eutrofiert.
Sillongen	Sillongen har små forekomster av små <i>Chara</i> -arter. Ingen store arter. Fosforinnholdet i sedimentet er høyt. Har kanskje hatt noe dårlig vannkjemisk tilstand lenge, økologisk tilstand har imidlertid holdt seg jevnt høyt over lang tid. Årsaken til manglende kransalger kan være nitrogeninnholdet. Dette bør reduseres.
Slomma	Slomma har ikke kransalger, bare noen få eksemplarer registrert i 1940. Innholdet av både nitrogen og fosfor i sedimentet er svært høyt. Eutrofieringen, særlig nitrogenbelastningen, er stor og bør reduseres.
Steffensrudtjern	Ser ut til å være forbedrede forhold siden 1968, bestander av <i>Chara rudis</i> i 2013, men svært høy nitrogenbelastning (vårprøven) er bekymringsverdig og må reduseres.
Kalven	Fortsatt referansesjø
Oksetjern	Økologisk tilstand dårlig? Færre kransalger registrert. Utlekking av fosfor fra sedimentet og høy turbiditet (sannsynligvis bakterier eller alger) i termoklinen. Bør følges opp.
Glorudtjern	Dårlig utvikling. Nitrogenbelastningen må reduseres.
Spiketjern	Oligotrofe vannmasser, lave fosfor- og nitrogenverdier. Stor vekst av trådformete kan skyldes spesielt gunstige klimaforhold? Må følges opp.

I tabell 14 har vi antydnet grenseverdier for fosfor og nitrogen i kransalgesjøer. Det finnes svært få studier av kransalgernes tålegrenser i forhold til ulike parametre, og det er viktig å være oppmerksom på at de forelåtte grenseverdiene er svært foreløpige. Forslaget er basert på indikasjonene framkommet i den foreliggende undersøkelsen, vurderinger foretatt i forbindelse med utarbeidelse av trofi-indeksene T1c og T1a (Mjelde, upubl., Penning et al. 2008), samt resultater fra tidligere studier, først og fremst Cao et al. (2007), Barker et al. 2008, Lambert & Davy (2010) og van Katwijk et al. (1997).

Vi vet ikke hvor lenge kransalgene må være eksponert for høye verdier av f.eks. ammonium før de får nedsatt vekst eller forsvinner. Men foreløpig foreslår vi at man baserer grenseverdiene på midlere verdier for sommersesongen.

Vi må også ta forbehold om at det kan være andre parametre, evt. samvariasjoner av ulike parametre, som har betydning for vekst av ulike arter av kransalger, slik at tålegrensene vil kunne varieres fra innsjø til innsjø.

Tabell. 14. Forslag til grenseverdier for fosfor og nitrogen i kalksjøer.

Parameter	Forslag til grenseverdi	Begrunnelse
Total fosfor	20 µg P/l	I forbindelse med utarbeidelse av TIC-indeksen ble ulike arters sensitivitet i forhold til fosfor vurdert. Analysene viste at <u>bestander</u> av <i>isoetider</i> (kortsukksplanter) i kalkfattige innsjøer og <i>Chara</i> -arter i kalkrike innsjøer ikke ble registrert ved fosfor høyere enn 20 µg P/l.
Nitrat	500 µg NO ₃ /l	Lambert & Davy (2010) fant en reduksjon i vekst av vanlig kransalge (<i>Chara globularis</i>) ved 0,5 mg NO ₃ /l. Bortfall av kransalgene ble registrert ved konsentrasjoner over ca. 1-2 mg NO ₃ /l (Lambert & Davy 2010, Barker et al. 2008).
Ammonium	300 µg NH ₄ /l	Tidligere undersøkelser har vist at ammoniumkonsentrasjoner på mer enn 450-500 µg NH ₄ /l er toksisk for vannplanter (van Katwijk et al. 1997, Cao et al. 2007). Innsjøer i vår undersøkelse med midlere konsentrasjon >500 µg NH ₄ /l har ikke kransalger. Iflg. Cao et al. (2007) er konsentrasjoner <300 µg NH ₄ /l gunstige for planter, og innsjøer i vår undersøkelse med midlere konsentrasjon i underkant av 200 µg NH ₄ /l har livskraftige kransalgebestander. Vi antar at veksten hos kransalgene kan være negativt påvirket ved lavere konsentrasjoner enn 500 µg NH ₄ /l, og foreslår derfor en tålegrense på 300 µg NH ₄ /l.

Andre viktig faktorer:

Humus	En økning av humusinnholdet utover 30-40 mg Pt/l pga. menneskelig aktivitet er sannsynligvis også negativt for de fleste kransalgene.
Helofyttzone	Helofyttene takrør (<i>Phragmites australis</i>) og sjøsvaks (<i>Schoenoplectus lacustris</i>) kan under gunstige forhold danne tette bestander ut til 2-2,5 m dyp. Kombinasjon av helofyttzone rundt hele innsjøen kombinert med siktedyp <2 m hindrer utvikling av bestander av de store kransalgene.

Det er behov for utvidete undersøkelser for å finne klarere tålegrenser for enkeltarter, særlig i forhold til nitrogen. Her kan man tenke seg forsøk med tilsetning av ulike former og mengder av nitrogen, enten i laboratoriet eller som mesocosmos-forsøk.

Overvåking av kalksjøene er viktig. Særlig for de lokalitetene hvor man tenker å gjennomføre tiltak med tanke på å oppnå de foreslåtte grenseverdiene er det viktig med grundige undersøkelser, under og etter gjennomførte tiltak. Dette bl.a. for å kunne sjekke, eventuelt korrigere, grenseverdiene.

Det er også viktig å være oppmerksom på at kransalgene nødvendigvis ikke kommer tilbake selv om de vannkjemiske forholdene blir bedre. Forekomst av kransalger er avhengig av at spredningsenheter er til stede, eventuelt har overlevd en dårlig periode. Dessuten vil reduksjon av næringsinnholdet i sedimentet ta noe lenger tid enn i vannmassene.

Videre undersøkelser av kalksjøer i forbindelse med problemkartlegging og tiltaksvurdering bør, i tillegg til de botaniske undersøkelsene, inkludere tilsvarende vannkjemiske prøver som i den foreliggende undersøkelsen. Sedimentprøver er også nyttige.

5. Litteratur

- Barker, T., Hatton, K., O'Connor, M., Connor, L., Moss, B. 2008. Effects of nitrate load on submerged plant biomass and species richness: results of a mesocosm experiment. *Fundamental and Applied Limnology – Archiv für Hydrobiologie* 173 (2): 89-100.
- Blindow, I. 1992. Decline of charophytes during eutrophication: comparison with angiosperms. *Freshwater Biology* 28: 9-14.
- Cao, T., Ping, X., Ni, L., Wu, A., Zhang, M., Wu, S., Smolders, A.J.P. 2007. The role of NH₄ toxicity in the decline of submerged macrophyte *Vallisneria spiralis* in lakes of the Yangtze River basin, China. *Marine and Freshwater Research* 58 (6): 581-587.
- Direktoratsgruppa 2013. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- DN 2011. Handlingsplan for kalksjøer. Direktoratet for naturforvaltning, rapport 6-2011.
- Faafeng, B., Brabrand, Å., Gulbrandsen, T., Lind, O., Løvik, J.E., Løvstad, Ø., Rørslett, B. 1982. Jarevatnet. NIVA-rapport Inr. 1411.
- Hauge, K.B. 1943. Makrovegetasjonen i en del vann på vestsiden av Mjøsa. Hovedoppgave i botanikk. Universitetet i Oslo.
- James, C., Fisher, J., Russel, V., Collings, S., Moss, B. 2005. Nitrate availability and hydrophyte species richness in shallow lakes. *Freshwater Biology* 50: 1049-1063.
- Lambert, S.J. & Davy, A.J. 2010. Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes. *New Phytologist* 189: 1051-1059.
- Langangen, A. 1970. Characeer i Sør-Norge. Hovedfagsoppgave i botanikk. Universitetet i Oslo.
- Langangen, A. 1974. Ecology and distribution of Norwegian chaophytes. *Norw. J. Bot.* 21: 31-52.
- Langangen, A. 1991, Nyborgtjern på Hadeland, en kransalgesejø som bør vernes. *Blyttia* 49:11-15.
- Langangen, A. 1992. Holetjern i Vestre Toten, kransalgene som ble borte. *Blyttia* 50: 53-57.
- Langangen, A. 2007. Kransalger og deres forekomst i Norge. Saeculum Forlag, Oslo.
- Langangen, A. 2008. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 1. Innledning og innsjøene i Gran kommune. *Blyttia* 66: 104-120.
- Langangen, A. 2010. Innsjøene på Hadeland. En vurdering av deres nåværende tilstand med spesiell vekt på forekomsten av kransalger. Del 2. Innsjøene i Lunner og Jevnaker kommuner. *Blyttia* 68(1): 17-46.
- Langangen, A. 2011. Handlingsplan for kalksjøer - Invertering av kalksjøer i Gjøvik, Nordre Land, og Vestre Toten, Oppland fylke. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapp. Nr. 03/11.
- Langangen, A. 2011. Tilbakeføring av kransalger til Holetjern i Vestre Toten. Notat 29.9.2011
- Langangen, A. 2012. Handlingsplan for kalksjøer - Invertering av kalksjøer i Ringerike og Kongsberg kommuner, Buskerud fylke. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapp. Nr. 03/12.

- Langangen, A. 2012. Reetablering av kransalger i Holetjern, Vestre Toten, Oppland fylke. Sluttrapport. Notat høst 2012.
- Langangen, A. & Breivik, Å.B. 2010. Kalksjøene på Sundsfjordfjellet i Gildeskål kommune (Nordland) og vegetasjonen i dem, en undersøkelse gjort i tiden 2007-2009. *Blyttia* 68(3): 201-217
- Lid, J. & Lid, D.T. 2005. Norsk flora. Det Norske Samlaget. 6. utg. ved Reidar Elven.
- MD 2009. Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven). LOV 2009-06-19 nr 100.
- Mjelde, M. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Vannvegetasjon i innsjøer – effekter av eutrofiering. En kunnskapsstatus. Norsk institutt for vannforskning. NIVA-rapport 3755-97.
- Mjelde, M. 2008. Kransalgessjøer på Hadeland 2007. Vurdering av økologisk status for 11 innsjøer og tjern. NIVA Rapport 5603-2008.
- Mjelde, M., Bækken, T. 2009. Problemkartlegging og overvåking av kransalgessjøer i vannområde Hadeland. NIVA-rapport lnr. OR-5727.
- Mjelde, M., Bækken, T., Edvardsen, H. 2012. Undersøkelse av 10 kalksjøer i Vannområde Hadeland. NIVA-rapport lnr. 6290-2012.
- Mjelde, M. Langangen, A., Edvardsen H. 2012. Handlingsplan for kalksjøer. Utredning av miljøkrav for kransalger og tjønnaks i kalksjøer. NIVA-rapport lnr 6450-2012.
- Mjelde, M., Langangen, A. Bækken, T., Pedersen, T. Gausemel, S. 2010. Handlingsplan for kalksjøer – Veileder for inventering i kalksjøer. Fylkesmannen i Oppland, miljøvernavdelingen, Rapp. nr. 4/10, 19 s.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J. 2008 Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes. *Aquatic Ecology*, vol. 42, no 2: 237-251.
- Skulberg, O., Rørslett, B. 1968. Vern av naturlig næringsrike innsjøer i Norge. En foreløpig oversikt over noen eutrofe innsjøer i Sør-Norge, og deres botaniske forhold. NIVA-rapport OR-0218.
- Stabell, T. 2013. Innsjøer i Ihle/Bøverbru-området. Overvåking 2012.
- Urbaniak, J. 2010. Analysis of morphological characters of *Chara baltica*, *C. hispida*, *C. horrida*, and *C. rudis* from Europe. *Plant Systematics and Evolution* 286 (3-4): 209-221.
- Van Katwijk, M.M., Vergeer, L.H.T., Schmitz, G.H.W., Roelofs, J.G.M. 1997. Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Marine Ecology Progress Series* 157: 159-173.

Vedlegg A. Rådata

Vedleggstabell 1. Vannkjemiske data for innsjøene på Hadeland 2013

		TURB NTU	Farge ?	Tot-N µg N/l	NO3-N µg N/l	NH4-N µg N/l	Tot-P µg P/l	PO4-P µg P/l	Ca mg/l	ALK mmol/l	Siktedyp m
Jarenvatn	juli	2,4	19,0	2600	2590	64	10,9	2,3	52,8		3,2
Jarenvatn	aug	1,5	13,0	2370	2100	40	9,1	1,5	53,6	2,3	4,9
Jarenvatn	sept	0,73	11,0	2220	1840	33	12,6	3,0	52,5	2,2	
Jarenvatn	okt	0,43	11,0	2260	1900	32	7,3	2,3	55,0		
Jarenvatn	mars	2,4	16,0	3300	3100	16	11,0	4,0	53,0		
Rokotjern	juli	0,92	26,0	860	340	88	10,6	2,0	62,7		1,9
Rokotjern	aug	1,9	22,0	830	38	231	15,5	7,2	65,4	3,2	3,4
Rokotjern	sept	1	19,0	600	<15	39	12,5	1,5	60,7	3,1	
Rokotjern	okt	1,5	20,0	780	15	220	17,5	3,3	65,2		
Rokotjern	mars	0,31	27,0	1100	560	200	11,0	4,9	68,0		
Vientjern	juli	2	20,0	2720	2460	36	13,9	2,4	77,4		1,9
Vientjern	aug	2,7	15,0	1880	1260	103	16,3	2,3	71,6	3,3	2,5
Vientjern	sept	1,7	14,0	1540	850	95	26,1	3,6	69,4	3,4	
Vientjern	okt	1,3	15,0	1290	600	110	23,2	4,1	74,7		
Vientjern	mars	0,89	16,0	2300	1900	93	7,9	3,1	77,0		
Kjevlingen	juli	2,4	50	2490	1880	137	42,9	5,7	65,7		1,1
Kjevlingen	aug	3,2	36	1000	15	86	43,2	5,1	45,6	2,1	1,5
Kjevlingen	sept	4	32	990	15	95	40	3	49,6	2,4	
Kjevlingen	okt	1,8	36	880	15	160	32,7	5,8	61,3		
Kjevlingen	mars	0,74	51	3900	3400	160	54	35			
Nyborgtjern	juli	0,86	36	1100	210	402	7,7	1,5	63,9		4,3
Nyborgtjern	aug	0,81	29	1400	33	784	7,7	1,5	69	3,4	3,4
Nyborgtjern	sept	1,1	26	1890	<15	1330	10,6	1,5	67,8	3,6	
Nyborgtjern	okt	0,91	26	2460	<15	1900	10,8	2,1	68,7		
Nyborgtjern	mars	0,3	40	2800	120	2100	11	3,9	77		
Kalven	juli	0,63	7	300	75	43	5,3	1,5	38,7		6,8
Kalven	aug	0,52	5	260	16	37	2,8	1,5	40,6	1,9	7,9
Kalven	sept	0,77	3	430	15	54	9,1	2,4	39	1,9	
Kalven	okt	0,5	5	300	20	69	3,6	1,5	43,6		
Kalven	mars	0,22	7	500	190	170	4,8	2,8	46		
Oksetjern	juli	1,1	28	950	220	86	13	2	72,7		4
Oksetjern	aug	0,78	24	810	78	150	10,6	1,5	70,8	3,2	4,8
Oksetjern	sept	1,4	21	830	110	100	11,9	2,4	68,3	3,3	
Oksetjern	okt	1,5	24	1020	99	400	11,3	1,9	76,7		
Oksetjern	mars	0,64	27	1700	820	650	9,4	2,7	80		
Glorudtjern	juli	1,4	31	1780	920	168	15,6	2,5	63,7		3
Glorudtjern	aug	2	26	960	120	326	8,9	1,5	66,3	3,4	3,5
Glorudtjern	sept	1,5	21	860	97	94	12,1	2,2	61,1	3,2	
Glorudtjern	okt	0,68	20	810	54	190	11,9	2,1	62,3		
Glorudtjern	mars	1,2	35	4400	4100	150	13	3,3	63		

Vedleggstabell 2. Vannkjemiske data for innsjøene på Vestre Toten 2013

		TURB	Farge	Tot-N	NO3-N	NH4-N	Tot-P	PO4-P	Ca	ALK	Siktedyp
		NTU	?	µg N/l	µg N/l	µg N/l	µg P/l	µg P/l	mg/l	mmol/l	m
Helsettjern	juli	1,1	9,0	1640	1090	110	10,9	1,8	40,2		2,82
Helsettjern	sept	1,5	8,0	1030	410	150	11,4	3,3	38,4	2,2	3,75
Helsettjern	okt	1,1	7,0	1160	370	260	8,9	3,1	40,9		3,28
Helsettjern	mars	1,4	10	1700	550	610	15	3,5	43		
Holetjern	juli	0,91	3	1690	1460	10			60,9		5,6
Holetjern	sept	2,8	3	1290	1080	10	7,2	2,2	57	3,2	3,25
Holetjern	okt	1,6	3	1230	960	17	5,2	2,2	58		3,42
Holetjern	mars	0,96	4	1400	1000	170	16	2,8	54		
Kauserudtjern	juli	0,84	17	1260	730	36	31,7	7	41,9		2,28
Kauserudtjern	sept	1,7	14	750	220	30	19,1	5,3	38,3	2,3	3,1
Kauserudtjern	okt	1,4	14	820	250	50	13	2,4	42,4		2,98
Kauserudtjern	mars	2	37	3500	2800	300	70	25	43		
Sillongen	juli	1,1	22	2830	2310	35			56		2,3
Sillongen	sept	1,1	19	2140	1550	43	19,7	6,2	54	2,8	3,6
Sillongen	okt	1,4	18	1990	1500	19	10,9	2,5	54,8		4,03
Sillongen	mars	1,6	17	2400	1900	140	20	3,7	46		
Steffensrudtjern	juli	1,4	10	1510	950	83	16,6	4	44,7		2,15
Steffensrudtjern	sept	1,4	8	600	160	31	10,5	2,9	36,9	2,2	5,6
Steffensrudtjern	okt	1,7	9	900	400	31	10,6	4,1	45,6		2,82
Steffensrudtjern	mars	2,1	20	3700	2800	400	39	12	46		
Slomma	juli	0,64	17	1600	1460	45	18,6	5,3	54,3		3,2
Slomma	sept	1,5	15	1160	700	17	17,6	4,7	55,4	3	2,2
Slomma	okt	1	17	1200	670	29	12,8	2,2	56,8		3,79
Slomma	mars	1,4	18	2700	2200	81	19	3,4	52		
Eriksrudtjern	juli	3,15	9,7	1580			11		45	2,3	2,3
Eriksrudtjern	sept	1,44	7,4	1040	385	20	13	2	43,6	2,4	4

Vedleggstabell 3. Vannkjemiske data for Spiketjern 2013

		TURB	Farge	Tot-N	NO3-N	NH4-N	Tot-P	PO4-P	Ca
		NTU	?	µg N/l	µg N/l	µg N/l	µg P/l	µg P/l	mg/l
Spiketjern	17 juni	1	13,0	300	10	12	8,6	1,9	50,3
Spiketjern	28 juni	0,33	25,0	670	510	21	5,2	1,5	69,4
Spiketjern	10 juli		13,0	470	230	25	5,6	1,5	66,5
Spiketjern	8 sept	1,3	12,0	470	15	28	5,8	1,5	58,8
Spiketjern	3 okt	0,66	11	830	540	94	2,5	1,5	97,4

Vedleggstabell 4. Data fra CTD-målinger september 2013

Jarenavatn 4.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	17,8	29,4	8,67	0,8	129	12,26
2	17,2	29,3	8,67	0,9	127,8	12,29
4	16,9	29,5	8,6	0,9	121,8	11,79
6	10,9	33,0	8,2	1,0	71,8	7,83
8	7	34,1	7,8	1,1	45	5,4
10	5,2	35,1	7,6	1,1	35,4	4,5
15	4,3	35,6	7,55	0,9	32,4	4,2
20	4,1	35,7	7,45	1,2	30,4	3,96
25	4,1	35,8	7,34	1,3	28,5	3,72
30	4	36,0	7,32	1,2	24	3,14

Ingen H2S-lukt i bunnvann (sedimentprøve 35 m dyp)

Max dyp: 37 m

Kalven 11.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	15	200	7,99	0,4	96,6	9,74
2	15	200	8,01	0,4	96,6	9,72
4	14,9	201	8	0,4	95,4	9,63
6	13,3	243	7,82	0,4	95,5	9,98
8	9,3	266	7,71	0,5	73,2	7,27
10	7,6	287	7,5	0,7	10,2	1,22
12	7	289	7,23	0,8	4,4	0,52
13	6,9	290	7,21	0,9	2,9	0,35
14					2,4	

Ingen H2S-lukt i bunnvann (sedimentprøve 14,8 m dyp)

Max dyp: 15,1 m

Kjevlingen 11.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	15,8	28,7	8,57	2,9	90,7	8,99
2	15,4	29,0	8,49	3,5	76,5	7,63
4	7,7	49,0	7,3	6,0	2,7	0,32
6	5,4	50,3	7,23	3,0	1,5	0,19
8	4,8	56,4	7,07	3,8	0,8	0,1
10	4,7	58,0	6,96	4,2	0,8	0,1
11	4,7	58,8	6,93	4,5	0,1	0,02
12	4,7	59,0	6,9	4,8	0	-0,1

H2S-lukt på 6 m og 11,5 m (sedimentprøve på ca 13m dyp)

Max dyp: 13,2 m

Nyborgtjern 11.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	15,7	36,1	7,78	1,2	57,2	5,61
1	15,3	36,1	7,72	1,2	54,5	5,46
2	15,1	36,1	7,7	1,4	52,5	5,26
3	15	36,2	7,66	1,2	44,5	4,48
4	13,1	48,5	7,37	0,8	5,8	0,6
4,8	11,4	50,9	7,2	-	3,6	0,38

Ingen H2S-lukt i bunnvann (sedimentprøve 5,7 m dyp)

Max dyp: 6,1 m

Rokotjern 11.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	16,1	31,8	8,47	0,8	105,6	10,39
2	15,8	31,8	8,48	0,9	104,9	10,39
4	13,9	36,4	8,04	1,4	11,2	1,15
6	6,8	41,4	7,53	2,9	3,2	0,38
8	4,8	42,2	7,32	3,3	1,6	0,2
10	4,5	42,4	7,13	2,5	0,9	0,11
12	4,4	42,6	7,1	2,5	0,5	0,06
13	4,4	42,7	7,17	2,4	0	0

H2S-lukt på 8 og 14 m (sedimentprøve ca 14 m dyp)

Max dyp: 15,1 m

Vientjern 12.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	15,4	36,5	8,41	1,6	117,4	11,72
2	15,4	36,5	8,41	1,6	117,1	11,68
4	12,1	46,8	7,89	2,1	17	1,83
6	6	50,3	7,29	6,8	6,1	0,76
8	5,2	51,5	7,16	3,8	2,2	0,28
10	5	52,6	7,1	4,7	1,4	0,19
12	5	53,2	7,05	5,0	0,9	0,12
13	5,02	53,4	7,03	5,4	0,7	0,09

H2S-lukt på 13,5 m (sedimentprøve 14,8 m dyp)

Max dyp: 14,8 m (lite omr m 16m)

Glorudtjern 12.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	16,2	35,2	8,08	1,2	108,7	10,67
1	16,1	35,2	8,08	1,1	108,6	10,68
2	16,1	35,2	8,08	1,2	109,4	10,75
2,5	16	35,3	8,05	1,1	105,8	10,43
3	16	35,5	8,03	-	-	-

ikke H2S-lukt (sedimentprøve 3,7 m dyp)

Max dyp: 3,8 m

Oksetjern 12.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	15,8	39,3	7,91	0,8	79,7	7,88
2	15,5	39,2	9,9	0,7	79,4	7,92
4	12,9	48,7	7,6	1,4	15,3	1,61
6	7	53,4	7,16	33,6	1,6	0,19
8	5,3	62,7	6,88	14,9	0,3	0,04
9	5,3	63,5	6,78	18,9	0	0
10						

H2S-lukt på 6 m og 9,5 m (sedimentprøve 10,5 m dyp)

Max dyp:

Sillongen 17.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	13,8	31,3	8,16	1,0	92,5	9,57
2	13,8	31,3	8,19	1,0	92,3	9,55
4	13,9	31,7	8,12	1,0	84,5	8,76
6	8,3	33,8	7,81	1,0	18,7	2,22
8	5	34,5	7,32	0,9	16,3	2,08
10	3,9	35,0	7,19	1,0	12,9	1,68
12	3,9	35,2	7,12	1,2	3,9	0,5
14	3,9	35,5	7,08	1,8	1,8	0,23
16	3,9	35,8	7,06	3,3	1,2	0,16
18	3,9	37,7	7,19		0,4	0,05

Ingen H2S-lukt (sedimentprøve på 19,6 m dyp)

Max dyp: 19,6 m

Kauserudtjern 17.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	14,1	25,5	8,52	1,3	103,8	10,67
2	14	25,5	8,58	1,2	103,6	10,66
4	12,9	27,6	8,3	1,6	96,3	10,09
6	6,2	30,6	7,59	2,1	6,3	0,77
8	4,7	31,2	7,36	1,2	1,3	0,16
10	4,2	31,8	7,31	1,1	0,9	0,12
12	4	32,3	7,28	1,0	0,5	0,07
14	4	32,6	7,19	0,9	0,3	0,03
16	3,9	32,8	7,11	1,5	0	0
18	3,9	33,0	7,09	1,1	0,2	0,02
19	3,9	33,1	7,05		0	0

Svak H2S-lukt på 19 m (sedimentprøve på 21 m dyp)

Max dyp: 21 m

Slomma 17.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	13,7	31,9	7,7	0,8	77,2	8
2	13,7	31,9	7,68	0,9	75,2	7,8
4	13	37,0	7,43	1,3	34,5	3,65
6	6,3	42,3	7,12	2,4	1,7	0,21
8	4,9	45,3	6,67	1,1	0,4	0,05
10	4,6	47,1	6,92	1,1	0,2	0,02
12	4,6	47,4	6,9	1,4	0	0
13	4,6	47,5	6,9	1,4	0,1	0,01

Svak H2S-lukt på 8 og 14 m (sedimentprøve på ca 15 m dyp)

Max dyp: 15,8 m

Holetjern 18.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	14,3	34,1	8,17	1,7	105,2	10,76
2	14,3	34,1	8,16	1,6	105,1	10,75
4	14,3	34,1	8,16	1,6	105,4	10,78
6	13,6	35,7	8,11	2,2	144,4	15,03
8	8,3	37,2	7,89	2,7	111	13,08
10	6,2	38,1	7,64	2,3	59,2	7,32
12	5,4	38,9	7,55	1,8	10,6	1,34
14	4,9	39,2	7,39	3,6	3,7	0,47
16	4,8	39,3	7,22	3,4	2,1	0,27
18	4,8	39,4	7,19	2,8	1,5	0,19
19	4,8	39,4	7,18		1,2	0,16

Ingen H2S-lukt (sedimentprøve på 19,6 m dyp)

Max dyp: 21,9 m

Eriksrudtjern 18.9.2013

	temp	kond	pH	turb	O2	O2
dyp	gr C	mS/m	*	FNU	%	mg/l
0,2	13,5	26,6	8,26	1,1	96,7	10,06
2	13,5	26,6	8,26	1,0	96,7	10,07
4	13,5	26,7	8,26	1,0	96,3	10,06
6	8,2	32,4	8,02	2,6	46,3	5,49
8	4,6	32,7	7,47	2,1	3,8	0,49
10	4,1	33,2	7,4	1,0	2,1	0,28
12	4	33,3	7,31	1,0	1	0,13
14	4	33,4	7,28	0,9	0,9	0,12
16	3,9	33,5	7,26	1,0	0,7	0,09
18	3,9	33,6	7,21	1,1	0,4	0,06
20	3,9	33,7	7,16	1,2	0,3	0,04

Ingen H2S-lukt (sedimentprøve på 21,5 m dyp)

Max dyp: 24 m

Helsettjern 18.9.2013

dyp	temp gr C	kond mS/m	pH *	turb FNU	O2 %	O2 mg/l
0,2	13,3	24,9	8,23	1,0	95,6	10
2	13,2	24,9	8,23	1,0	95,5	10,1
4	13,1	25,3	8,2	1,0	93,5	9,81
6	8,6	35,1	7,83	1,2	26,1	3,02
8	5,6	35,4	7,38	2,5	2	0,25
10	4,9	36,2	7,28	2,4	1,3	0,16
12	4,7	36,7	7,21	3,7	0,9	0,11
13	4,7	37,0	7,16	3,4	0,6	0,08

H2S-lukt på 14 m (sedimentprøve på 15 m dyp)

Max dyp: 15,3 m

Steffensrudtjern 18.9.2013

dyp	temp gr C	kond mS/m	pH *	turb FNU	O2 %	O2 mg/l
0,2	14	22,7	8,05	0,9	93,1	9,59
2	13,9	22,7	8,06	0,8	92,6	9,57
4	13,8	22,7	8,06	0,9	92,8	9,6
6	11,3	28,4	7,84	0,8	58	6,37
8	6,8	30,3	7,35	1,1	6,1	0,74
10	5,3	31,5	7,29	10,5	2,2	0,28
12	5	31,9	7,22	2,0	1	0,13
14	4,9	32,2	7,18	2,0	0,8	0,11
16	4,8	33,1	7,14	2,9	0,7	0,08
17						

Svak H2S-lukt på 17 m (sedimentprøve på 17,5 m dyp)

Max dyp: 18,3 m

Vedleggstabell 5. Beskrivelse av littoralsedimenter

Innsjø	vanndyp (m)	Beskrivelse av lokalitet	Beskrivelse av sedimentet
Rokotjern	0,9+1,2+1,5	sørsida	Kalkmergel, forholdsvis fast
Vientjern	2,5	Utafor Phra, Nuph&Nymp, mye røtter av disse	Lysebrunt, noe kalkutfelling, sneglskall, svartere sediment nedenfor 4-5 cm
Oksetjern		Nordsida, ved åpning i oreskog og Phra-bestand. Like ved Chara-bestand	Brunt, med sneglskall
Glorudtjern	1,3+1,3+1,4		Grønnaktig kalkutfelling øvre 7-8 cm, deretter mer grått. Fnokkete, bæsj fra bunndyr.
Jarenvatn	1,2	Sørøstre bukt i nordre basseng	organisk
Kjevlingen	1,5-2	Noe øst for huset i spredt Nuphar	Mørkebrunt, bløtt, røtter av Nuphar, noe kalkutfelling, mye pinner/trær, snegleskall
Nyborgtjern	1,5-1,8	Midt på nordsida, mergelbunn	Kalkutfelling, øvre 15 cm virker løse og gråere, siste propp: nederste 12 cm lysebrunt, så middels-brunt 10-12cm, deretter grått (øvre del)
Kalven	1,5	i NØ, S for hytta	Bløtt, grått, kalkutfelling, forholdsvis fast under 5 cm. Chara rundt
Eriksrudtjern	1,1+1,0+1,4	NØ bukt mellom odde og båtutsetting.	Grå kalkmergel
Helsettjern	1,6+1,7+1,7	Innerst i bukta i sør. Utafor Equi og Pota nat, ved Chara. Beiteomr innafor.	Bløtt, mørkebrunt & grønnaktig kalkmergel
Holetjern	1,9+1,8+1,9	Rett Ø for hytta på N-sida.	Grå kalkmergel.
Kauserudtjern	1,1+2,5+1,8	Bukt i øst. Vanskelig å få opp sediment pga Anodonta, pinner + mye stein på grunt vann.	Mørk grågrønn farge
Sillongen	1,1-1,2	I SØ bukt rett ved siden av Nuph lut, sørsida av bukta	Mørkebrunt. Mye detritus, kvist og kvast. (ikke tatt bilde!)
Slomma	4+3,6+3,8	Massebest av mose ut til 4m, Utri innenfor. Litt.sone < 4 m nesten umulig for sed.prøve.	Mørkt grått
Steffensrudtjern	1,8+1,9+1,7	Østre bukt, sør for båt plass, utafør Nuph (spredt) & Chara (massebest), delvis i Chara	Grågrønn kalkmergel/gytje

Vedleggstabell 6. Beskrivelse av bunnsedimenter

Innsjø	vanndyp (m)	Beskrivelse av lokalitet	Beskrivelse av sedimentet
Rokotjern	Ca 14		Øverst: brunt fluffy 1cm, deretter grått, markert lag 1 cm tykt, så 7-8 cm m mye kalkutfelling, gråbrunt under. Prøve 0-2 cm geleaktig grønnaktig
Vientjern	14,7-14,8	Midt i tjernet, litt øst for der vi gikk ut	Mørkebrunt, noe kalkutfelling øvre 10-15 cm. Bløtt, geleaktig (bare øvre 2cm?)
Oksetjern	10,5	Midt i tjernet	Mørkebrunt, geleaktig, bløtt, mer lysebrunt etter 22 cm fra topp
Glorudtjern	3,7	Ved dypeste pkt, i SØ del av vestre & største basseng.	mørkebrunt
Jarenvatn	35	Ved ca største dyp i innsjøen	Mørkt, svart organisk m brunt på toppen. Ingen H ₂ S-lukt
Kjevlingen	Ca 13	I vestre område	Svart sediment, grønt lag på toppen (alger?). Gråe flak – mergel?/kalkutfelling.
Nyborgtjern	5,7		Bløtt, fyller hele røret. Mørkebrunt, brune fnokker.
Kalven	14,8		Bløtt, svart, noe geleaktig sediment
Eriksrudtjern	Ca 21,5		Svart, løst. H ₂ S lukt like over sed.
Helsettjern	15		Mørkebrunt, bløtt. 14-15 cm fra topp: grått, tynt lag. 8 cm fra topp: et mindre tydelig grått lag.
Holetjern	Ca 20		Øvre 10-11 cm mørkebrun (svart). Neste 15 cm gråaktig. Bølgeslagsmerker (!) på toppen av sed. Gråere tynt lag på toppen av det svarte.
Kauserudtjern	21		Svart, bløtt
Sillongen	19,6		Svart, bløtt. Øvre 9 cm med kalkutfellinger. Grønnaktig.
Slomma	15	Nesten i borteste (vestre) ende	
Steffensrudtjern	17,5		Mørkebrunt, bløtt

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no