

Vegsalt og tungmetaller i innsjøer langs veier i Sør-Norge 2010



Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

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

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Vegsalt og tungmetaller i innsjøer langs veier i Sør-Norge 2010	Løpenr. (for bestilling) 6220-2011	Dato 27.9.2011
	Prosjektnr. Udemr. 10262	Sider Pris 55
Forfatter(e) Torleif Bækken og Thrond Haugen	Fagområde Integrert vannforvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen, Vegdirektoratet	Oppdragsreferanse Jørn Ingar Arntsen
---	---

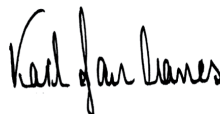
Sammendrag.

Statens vegvesen har ønsket å belyse de vannkjemiske konsekvensene av avrenning fra veiger til vegnære tjern og innsjøer, omfanget av påvirkede innsjøer, samt årsaksforholdene mellom salting, vegtrafikk og forurensningssituasjonen i innsjøer ved saltede veiger i Sør-Norge. Materialet består av 121 innsjøer der 26 er felles for undersøkelsene i 2005 og 2010. Kobber ble ofte funnet i forhøyede konsentrasjoner og ca. halvparten av innsjøene hadde dårligere tilstandsklasse i 2010 enn i 2005. Det antyder at problemet med forurensning av kobber fra vegtrafikk er økende. 41 av totalt 63 undersøkte innsjøer i 2010 hadde oksygenvinn, 28 av disse hadde saltindusert oksygenvinn. Av 17 innsjøer med saltinduserte oksygengradienter i 2005 hadde 14 fått en kraftigere gradient i perioden fram til 2010. Tre av 10 undersøkte vernede innsjøer i 2010 hadde saltindusert oksygenvinn. Sju av ni innsjøer med data over flere ti-år hadde fått økt saltkonsentrasjon fram til 2005. En videre økning av saltkonsentrasjonene ble observert i tre av disse fram til 2010. Problemene med innsjøer der stagnert bunnvann er indusert av vegsalt er svakt økende. Risiko for gradientdannelse avhenger av flere faktorer. Det oppfordres til estimering av denne risikoen innsjøvis eventuelt innsjøtypevis ved bruk av de utviklede modellene. En enkel Excel-applikasjon er utviklet til formålet.

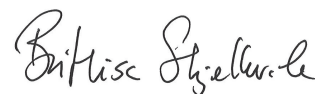
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vegsalt 2. Tungmetaller 3. Innsjøer 4. Vegforurensning 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Road salt 2. Heavy metals 3. Lakes 4. Pollution
---	--



Torleif Bækken
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

**Vegsalt og tungmetaller i innsjøer langs veier i
Sør-Norge 2010**

Forord

I 2005/2006 utførte NIVA etter oppdrag fra Statens vegvesen (SVV) ved Vegdirektoratet en undersøkelse av en lang rekke innsjøer i Sør-Norge med henblikk på forurensningsbelastning fra veg. I 2010 ble det gjort en tilsvarende undersøkelse med et utvidet antall innsjøer. Undersøkelsen i 2010 inkluderte bare vannprøver. Noen av innsjøene ble valgt ut av SVV andre av NIVA. Feltarbeidet foregikk vår og høst 2010.

Følgende personer fra NIVA har deltatt i feltarbeidene: Maia Kile Røst, Anders Hobæk, Karl Jan Aanes, Tor Erik Eriksen og Torleif Bækken. Høsten 2010 var spesiell værmessig med rekordtidig streng kulde, noe som medførte perioder med ekstra utfordringer. Alle takkes for innsatsen. Framsidebildet er tatt av Torleif Bækken.

Thrond Haugen har stått for modellutvikling og statistiske beregninger. Undertegnede har vært prosjektleder ved NIVA. Jørn Ingar Arntsen har vært prosjektleder ved Vegdirektoratet.

Oslo 27.9.2011

Torleif Bækken

Sammendrag og konklusjoner

Bakgrunn. Statens vegvesen ved Vegdirektoratet har ønsket å belyse de vannkjemiske konsekvensene av avrenning fra veger til vegnære tjern og innsjøer, omfanget av påvirkede innsjøer samt årsaksforholdene mellom salting, vegtrafikk og forurensningssituasjonen i innsjøer ved saltede veger i Sør-Norge. Undersøkelsen er en fortsettelse av tilsvarende undersøkelse i 2005/2006.

Metoder og materiale. Regionskontorene ved Statens vegvesen i Sør-Norge har registrert ca. 1200 vannforekomster innenfor en sone på 200 m på hver side av hovedvegene. For 2010 ble det gjort et utvalg fra innsjøene i dette materialet samt et utvalg av nye innsjøer utenfor sonen på 200 m. Samlet inneholder datamaterialet 97 innsjøer, og vi har data fra 26 av dem både fra 2005 og 2010. Innsjøene er stort sett valgt fra vegvesenets regioner i vest, sør og øst, og antallet var ganske likt fordelt mellom disse.

Vannprøver fra 1m dyp og fra bunnområdet i innsjøene ble analysert på relevante tungmetaller og vegsalt: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb), antimon (Sb), sink (Zn), kalsium (Ca), natrium (Na) og klorid (Cl). Et utvalg variable ble målt kontinuerlig nedover i hele vannsøylen ved hjelp av en senkbar sonde. De viktigste var dyp, konduktivitet, temperatur og oksygen.

Det ble gjort en skjønsmessig vurdering av størrelsen av andre mulige påvirkningskilder på innsjøen enn avrenning fra veg. Disse var bebyggelse, landbruk, industri, vannstandsregulering og annet.

Det ble tilpasset statistiske modeller til estimering av kloridkonsentrasjoner i overflatevann og bunnvann som funksjon av salttilførsel og modifierende faktorer i nedbørsfeltet til innsjøene. Det ble lagt vekt på å etablere så enkle modeller som mulig slik at de lett skal kunne anvendes av tredjepart.

Vannkjemi. I alle innsjøene ble det målt dybdeprofiler av konduktivitet (total mengde salter), oksygen og temperatur. I vegvesenets regioner vest, sør og øst er det innsjøer med økende konduktivitet mot bunnen og samtidig minkende oksygenkonsentrasjoner. Det var store forskjeller i kloridkonsentrasjoner mellom innsjøene. I overflatevannet varierte de fra ca. 2 mg/l til ca. 138 mg/l. I bunnvannet varierte konsentrasjonene mellom ca. 2 mg/l og 530 mg/l. Materialet var todelt; de innsjøene uten sjiktning og de med sjiktning. I nesten alle innsjøer var kloridkonsentrasjonen høyest i bunnvannet.

De fleste innsjøene var ”ubetydelig” eller ”moderat” forurenset av metaller vurdert i henhold til veilederen: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et.al 1997). Det var først og fremst kobber, og til dels nikkel som ble funnet i forhøyede konsentrasjoner. For disse metallene var det ofte å finne innsjøer som var ”markert”, ”sterkt” eller ”meget sterkt” forurenset. For de andre metallene var det sporadiske funn av forhøyede konsentrasjoner. Mange innsjøer skilte seg tydelig ut ved at de hadde fått dårligere tilstandsklasse mhp. kobber i 2010 enn i 2005. Dette antyder at problemet med forurensning av kobber fra vegtrafikk er økende.

Det var forskjeller i konsentrasjonen av flere av metallene i overflatevannet og i bunnvannet. Kobber hadde en tendens til høyere konsentrasjoner i overflatevannet, mens jern hadde som forventet klart høyest konsentrasjoner i bunnvannet.

Det ble beregnet teoretisk maksimumskonsentrasjon av klorid i innsjøene basert på: årsavrenning fra nedbørsfelt, innsjøvolum, teoretisk oppholdstid og tilført vegsalt. Den beregnede konsentrasjonen oppnås når alt vann i innsjøen er skiftet ut (teoretisk oppholdstid). De fleste innsjøene i denne undersøkelsen hadde kort oppholdstid på vannet. Det var en viss sammenheng mellom teoretisk

maksimum og målte kloridkonsentrasjoner i innsjøene, men korrelasjonen var svak. Det antyder at flere andre variable bestemmer hva konsentrasjonene i innsjøene blir enn det modellen tar hensyn til, men det er også mye usikkerhet i datagrunnlaget, bl.a. saltforbruket.

Det samlede materialet for innsjøer i 2005 og 2010 viste at en betydelig andel av innsjøene hadde en kraftig oksygengradient fra overflaten til bunnen (> 6 mg O/l), samtidig med at det var en kraftig kloridgradient (>10 mg/l). Dette er innsjøer som har et saltindusert oksygensvinn. For det totale materialet samlet inn i 2010 hadde 41 av 63 innsjøer oksygensvinn. I 28 av disse var det saltindusert oksygensvinn.

Vernede innsjøer. 10 av innsjøene er vernet fordi de er drikkevannskilde eller har en særegen naturverdi. 8 av innsjøene hadde tydelig oksygensvinn (>6 mg O/l). For 3 av disse syntes det å være en saltindusert oksygengradient (>10 mg/l).

Tidsutvikling. For 7 av de 9 innsjøene hvor det foreligger data over en lengre periode (flere år) var det en økning i dybdespesifikk konduktivitet fram til 2005. Fra 2005 til 2010 ble det registrert videre tydelig økning i 3 av disse innsjøene. I 3 innsjøer er det angitt utviklingen i overflatekonsentrasjoner. I Gjersjøen i Oppegård har det vært en klar økning i konduktivitet siden målingene startet på 1950-tallet. Den gang var konduktiviteten ca. 10 mS/m, mens den etter 2005 synes å ha stabilisert seg omkring 20-23 mS/m. I Edlandsvatnet på Jæren har det ikke vært vesentlige endringer i konduktiviteten siden 1970. I Øvre Jerpetjern ble det målt ca. 2,5 mg Cl/l i 1986 og fram til omkring år 2000 har det vært en gradvis økning til ca. 8-10 mg Cl/l. Deretter har konsentrasjonene stort sett ligget på samme nivå fram til 2010. Det var liten sesongvariasjon (vår og høst) i de 12 undersøkte innsjøene. I enkelte av innsjøene kunne det likevel sees en forsterket sjiktning av både konduktivitet og oksygen fra vår til høst. For flere av metallene (Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) var det en tendens til høyere konsentrasjoner i overflatevannet om høsten enn våren.

Kloridgradienter og modeller. Det ble tilpasset to enkle lineære modeller som predikerte kloridkonsentrasjon i overflatevann og bunnvann begge med en presisjon på 63 % for de 121 målingene fra både 2005 og 2010. Modellene besto av hhv. 6 og 7 parametere og viktige prediktorvariabler, utover salttilførsel i nedbørsfeltet, var ÅDT (årsdøgntrafikk) og innsjømorfologi. Modellene viste tydelig at ved siden av salttilførsel er ÅDT en viktig prediktor for kloridkonsentrasjoner i innsjøer. Det er uklart hvorfor ÅDT er viktig, men det pekes på at ÅDT kan være positivt korrelert med dreneringssystemene ved vegene og/eller tilførsel av sjøsalt ved at ÅDT kan være korrelert med nærhet til kyst. Modellene viser også at risiko for dannelse av kloridgradienter er betydelig større i innsjøer som er mindre enn 1 km² enn for større innsjøer. Det er svært lav risiko for dannelse av kloridgradienter for ÅDT <5000 , men betydelig risiko for gradienter når ÅDT >10000 . Det ble ikke funnet støtte for regionforskjeller i dose-responssammenhengen mellom salttilførsel og kloridkonsentrasjon i innsjøene. Det ble funnet at innsjøer som er lokalisert i jordbruksområder hadde betydelig høyere sannsynlighet for å utvikle oksygengradienter mellom overflatevann og bunnvann. Særlig gjaldt dette for oksygengradienter som ikke var induert av vegsalt. Fordi risiko for gradientdannelse avhenger av flere modifierende faktorer ble det ikke gjort noe forsøk på finne fram til en terskelverdi for salting. Det oppfordres snarere til estimering av denne risikoen for hver enkelt innsjø, eventuelt for hver innsjøtype, ved bruk av de utviklede modellene. En enkel EXCEL-applikasjon er utviklet til formålet.

Konklusjoner

- Materialet var todelt; innsjøer der det er dannet kjemisk sjiktning av vannmassene og innsjøer uten sjiktning. I nesten alle de undersøkte innsjøer var kloridkonsentrasjonen høyest i bunnvannet.
- Overflatevannet var sterkt eller meget sterkt forurensset av kobber i ca. 25 % av innsjøene fra 2010, og ca. halvparten av innsjøene hadde dårligere tilstandsklasse i 2010 enn i 2005. Dette antyder at problemet med forurensning av kobber fra vegtrafikk er økende.

- 41 av 63 undersøkte innsjøer i 2010 hadde oksygenvinn i bunnvannet. I 28 av disse var det saltindusert oksygenvinn.
- Tre av 10 undersøkte vernede innsjøer hadde saltindusert oksygenvinn.
- Tre av 9 innsjøer med data over flere 10 år hadde fått økt saltkonsentrasjon fra 2005 til 2010. Av de 17 innsjøer med saltinduserte oksygengradienter i 2005 har et flertall (14) fått en økende gradient i perioden fram til 2010. Undersøkelsen viser også at noen innsjøer som ikke var saltpåvirket i 2005, nå er tydelig saltpåvirket, mens andre innsjøer har blitt bedre, og i noen kan det ikke lenger spores en saltgradient lenger. Alt i alt synes problemene å være svakt økende i innsjøer der stagnert bunnvann er induert av vegsalt.
- Fordi risiko for gradientdannelse avhenger av flere modifierende faktorer ble det ikke gjort noe forsøk på å finne fram til en terskelverdi for salting. Det oppfordres snarere til estimering av denne risikoen innsjøvis, eventuelt innsjøtypevis ved bruk av en nyutviklet modell. En enkel Excel-applikasjon er utviklet til formålet.

Summary

Title: Road salt and heavy metals in lakes along roads in South of Norway 2010

Year: 2011

Author: Bækken, T. and Haugen, T.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5955-1

Abstract:

The Norwegian Road Authority has intended to study the water chemical consequences from road and highway runoff water to nearby lakes and tarns, the extent of affected lakes and the cause-effect relations between road salt, road traffic and lake pollution in South of Norway. 121 lakes were studied of which 26 were common in the study in 2005 and 2010. The results revealed two types of lakes: those lakes with chemo-cline and those without. Cu was often found in high concentrations compared to the classification system of the Climate and Pollution Agency (Klif). About half of the lakes observed in 2005 and 2010 had changed to a worse classification status for Cu in 2010, indicating an increasing problem with Cu pollution from road traffic. 41 out of 63 lakes investigated in 2010 had oxygen depletion, 28 of these had salt induced oxygen depletion. 3 of 10 observed protected lakes had salt induced oxygen depletion. Whereas 7 of 9 observed lakes with time series over decades had increased chloride concentrations up to 2005 further increase was observed in 3 of the lakes up to 2010. From the 17 lakes observed with salt induced oxygen depletion gradient in 2005 the gradient had increased in 14 of the lakes in 2011. The problem with road salt inducing stagnant oxygen free hypolimnion seems to be slightly increasing. The risk of making salt induced oxygen depletion gradients depends on several factors. The risk may be calculated lake by lake or for lakes grouped as types using the new model tool developed for the project.

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
Summary	8
1. Innledning	10
2. Metoder og materiale	11
2.1 Utvalg av innsjøer	11
2.1.1 Region Vest	11
2.1.2 Region Sør	12
2.1.3 Region Øst	12
2.1.4 Region Midt	12
2.2 Prøvetaking og kjemiske analyser	12
2.3 Veg- og innsjødata	12
2.4 Utvalg av innsjøer med tidsserier og sesongvariasjoner	13
2.5 Numeriske analyser	13
2.5.1 Statistiske metoder	13
3. Resultater og diskusjon	15
3.1 Vannkjemi	15
3.1.1 Dybdeprofiler av konduktivitet, oksygen og temperatur	15
3.1.2 Salt	15
3.1.3 Cl - konduktivitet	19
3.1.4 Teoretisk maksimum av saltkonsentrasjon	20
3.1.5 Metaller	21
3.1.6 Oksygen og saltgradienter	25
3.1.7 Vernede innsjøer	26
3.2 Tidsutvikling i vannkjemi	27
3.2.1 Langtidsutvikling	27
3.2.2 Sesongforskjeller	29
3.3 Test av trend i gradienter mellom 2005 og 2010	33
3.3.1 Effekt av nærhet til veg	33
3.3.2 Sannsynlighet for kloridgradienter	34
3.3.3 Årsaksfaktorer for kloridgradienter	36
3.3.4 Betydning av jordbruk og bebyggelse	43
3.3.5 Anvendelse av modellene	46
4. Referanser	47
Vedlegg A. Innsjødata	48
Vedlegg B. Klorid- og oksygengradienter	53
Vedlegg C. Innsjøer inkludert både i 2005 og 2010	55

1. Innledning

Statens vegvesen Vegdirektoratet (SVV) har ønsket en undersøkelse for å belyse de vannkjemiske konsekvensene av avrenning fra veger til vegnære tjern og innsjøer, samt omfanget av påvirkede innsjøer langs de mest trafikkerte/saltede vegene i Sør-Norge. Undersøkelsen er en fortsettelse av tilsvarende undersøkelse som NIVA hadde i 2005/2006 (Bækken og Haugen 2006). Undersøkelsen vår i 2010 har imidlertid ikke tatt for seg sedimenter i innsjøene, men er utvidet med flere innsjøer for vannprøvetaking.

Avrenningsvann fra vegoverflater, og fra de nærmeste områdene omkring vegene, inneholder forurensninger fra selve trafikken, fra vegbanen og fra drift og vedlikehold av vegene. Forurensningene består i første rekke av vegsalt (NaCl), en rekke tungmetaller og PAH (Polyaromatiske hydrokarboner). Mengdene og konsentrasjonene av forurensninger i avrenningsvannet varierer generelt sett med trafikk-tettheten, type vegdekke, og forbruket av vegsalt (Bækken 1993, Amundsen og Roseth 2005, Bækken og Haugen 2006), men påvirkes også av faktorer som for eksempel nedbør, kjøreadferd og hastighet.

Vegsalt inntar en spesiell stilling fordi det brukes i store mengder, det løses lett i vann, og følger derfor vannstrømmene. Konsentrasjonene av salt i resipientene kan derfor forventes å øke så lenge saltbruken øker. Vann med høy konsentrasjon av salt er tyngre enn vanlig ferskvann. Det kan medføre at slik avrenning ikke blandes inn i de øvrige vannmassene når det renner ut i tjern og innsjøer, men legger seg som et tyngre sjikt på bunnen. Normalsituasjonen for norske tjern og innsjøer er at vannet sirkulerer to ganger i året; vår og høst. Dette skjer fordi tetthetsforskjellene mellom vannet i dyper og i overflaten på disse tidspunktene er liten (pga liten temperaturforskjell), og at det vindbeskyttende islaget forsvinner om våren. Det skal derfor små krefter til for å sirkulere alt vannet i innsjøen. Det er vindkreftene som setter i gang sirkulasjonen. Når det så introduseres et tyngre vannlag på bunnen, kreves det større krefter for å fullsirkulere vannet i innsjøen. I noen tilfeller vil derfor innsjøen ikke sirkulere. Da oppstår det et vannlag på bunnen der oksygenet ganske snart brukes opp, og der det heller ikke fylles opp igjen fordi sirkulasjonen uteblir. Det medfører et nytt kjemisk regime, og det oksygenfrie området blir utilgjengelig for dyr og planter. I de tilfeller der bunnsedimentet av innsjøen inneholder mye fosfor vil dette løses ut, noe som videre kan medføre fosforlekkasje til overflatevannet, og medføre eutrofiering med økt algevekst. Innsjøer med permanent kjemisk sjiktning og oksygenfritt bunnvann finnes også naturlig (meromiktiske innsjøer), men de er meget uvanlige i Norge.

Salttilførsel vil også kunne øke konsentrasjonen i vannmassene uten at det blir en sjiktning. Dette var tydelig for Gjersjøen i undersøkelsen i 2005/2006 (Bækken og Haugen 2006).

I henhold til Vannforskriften er den biologiske effekten av salt og andre vegforurensninger i innsjøen en viktig og avgjørende faktor for å vurdere tiltak. Ved saltpåførte sjiktninger som blir permanente (meromiksis), endres de fysiske og kjemiske forholdene i innsjøene vesentlig med påfølgende biologiske endringer. Detaljene i dette er lite undersøkt i Norge. I tillegg kan forhøyede saltkonsentrasjoner i hele eller deler av vannmassene, medføre biologiske virkninger. Undersøkelser viser at det skjer endringer i planteplanktonsamfunnet ved omkring 20-25 mg salt pr. liter (Haugen et al. 2011). Dette er konsentrasjoner som er påvist i flere saltpåvirkede innsjøer.

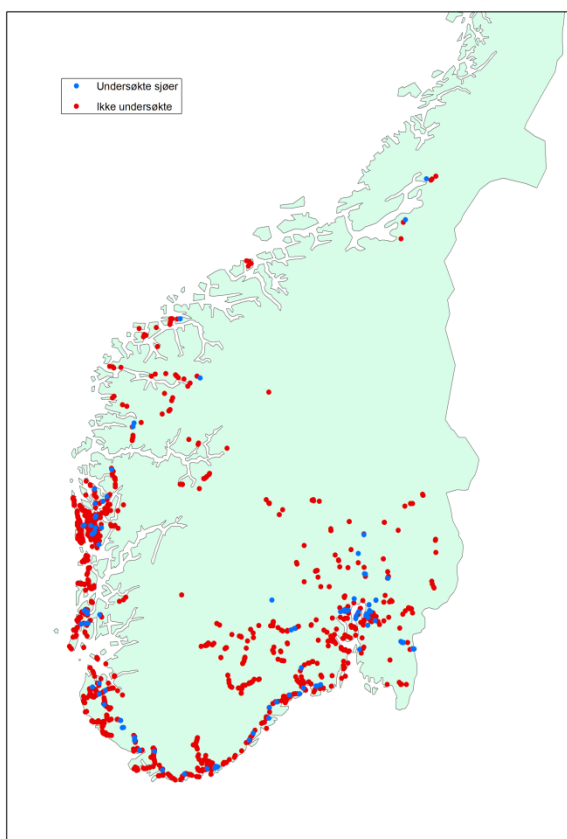
Tungmetaller og PAH i vegavrenningen er i stor grad knyttet til partikler. Disse forbindelsene vil derfor for en del holdes tilbake i grøfter og vegkanter. Etter at de kommer ut i tjern og innsjøer vil en betydelig andel sedimentere på bunnen (Bækken & Færøvig 2004). En mindre andel vil imidlertid kunne holde seg løst i selve vannfasen. Dette avhenger av typen metall og den øvrige vannkjemien. Høye konsentrasjoner av salt smeltevann i grøfter øker mobiliteten til tungmetallene og gjør at de lettere transporteres til resipientene.

Den foreliggende undersøkelsen omhandler de kjemiske forholdene i vannfase i utvalgte innsjøer i Sør-Norge høsten 2010 hvorav 12 innsjøer også ble undersøkt våren 2010. Analysene inkluderer også data fra undersøkelsen i 2005/2006.

2. Metoder og materiale

2.1 Utvalg av innsjøer

Statens vegvesen har registrert ca 1200 vannforekomster innenfor en sone på 200 m på hver side av hovedvegene i Sør Norge. I undersøkelsen i 2005 valgte NIVA ut 59 tjern og innsjøer. For 2010 ble det valgt ut 64 innsjøer delvis fra innsjøene fra 2005 og delvis nye innsjøer (**Figur 1**). Av disse var 34 gitt på forhånd som obligatoriske av SVV. Noen av disse viste seg imidlertid uegnede for undersøkelsen og ble tatt ut igjen. Ut over disse ble innsjøer valgt på grunn av vern som for eksempel drikkevann, og for å se på tidsutvikling. Et sett innsjøer ble valgt med kriterium at de skulle være >200 m fra veg. 4 innsjøer i hver av regionene vest, sør og øst ble prøve tatt både vår og høst. Innsjøer fra Nordland, Troms og Finnmark ble ikke tatt med da det ble vurdert at avrenning av salt og andre vegforurensninger ville være langt lavere i denne regionen enn i Sør-Norge, både fordi saltforbruket er mye lavere og trafikk tettheten er mye mindre.



Figur 1. Kart over innsjøer/vannforekomster i Sør-Norge valgt ut av Statens vegvesen (rødt) og utvalgte innsjøer for prøvetaking høsten 2005 og 2010 (blått).

2.1.1 Region Vest

Region Vest består av fylkene Sogn og Fjordane, Hordaland og Rogaland. Dette er et område med mange innsjøer. Det er høy trafikk tetthet i og omkring byene Bergen og Stavanger. Området har også høyt trafikkerte hovedveger. Det ble valgt ut 34 innsjøer fra denne regionen inkludert innsjøer undersøkt i 2005. Fylkesfordelingen er vist i vedlegg.

2.1.2 Region Sør

Region Sør består av fylkene Vest- og Aust-Agder, Telemark, Buskerud og Vestfold. Det er mange innsjøer i sør og vest, men færre lengre mot øst. Trafikktettheten er forholdsvis høy langs E18 og ved de største byene. Det ble valgt 30 innsjøer fra denne regionen inkludert innsjøer undersøkt i 2005. Fylkesfordelingen er vist i vedlegg.

2.1.3 Region Øst

Region Øst består av Oslo, Akershus, Østfold, Oppland og Hedmark. Området har en del innsjøer, flest i sør, men færre enn på Vest- og Sørlandet. Trafikktettheten er høy i Oslo og Akershus. Det er høy trafikk på hovedvegene. Det ble valgt 29 innsjøer fra denne regionen inkludert innsjøer undersøkt i 2005. Fylkesfordelingen er vist i vedlegg.

2.1.4 Region Midt

Region Midt består av fylkene Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag. Det er en del innsjøer i Møre og Romsdal, men relativt få i Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag. Trafikktettheten er stor omkring Trondheim og langs E6. Det ble valgt 4 innsjøer fra regionen. 3 er fra undersøkelsen i 2005 og ligger i Trøndelagsfylkene. Den nye innsjøen er Brusdalsvannet ved Ålesund som er drikkevannskilde. Fylkesfordelingen er vist i vedlegg.

2.2 Prøvetaking og kjemiske analyser

Alle innsjøene ble besøkt en gang i løpet av høsten 2010. Høsten 2010 var usedvanlig kald noe som medførte at for mange av innsjøene hadde isen lagt seg da prøvene ble tatt. 12 innsjøer fordelt med 4 i hver av 3 regioner ble prøvetatt både vår og høst. Dybdekart var sjelden tilgjengelig for de aktuelle innsjøene. Det største dypet ble derfor oftest bestemt etter en strategisk skanning over innsjøen med ekkolodd. Prøvestedets koordinater ble registrert ved GPS. På dette stedet ble det tatt vannprøver fra 1m dyp og ved bunnen fra det dypeste området. Et utvalg parametere ble målt kontinuerlig nedover i hele vannsøylen ved hjelp av en senkbar sonde. De viktigste parameterne herfra var foruten dyp, konduktivitet, temperatur og oksygen. Fra disse dataene ble det plottet dybdeprofiler.

Vannprøver fra 1m dyp og fra bunnområdet ble analysert på følgende parametere ved NIVAs kjemiske analyselaboratorium: kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb), antimon (Sb) og sink (Zn) samt kalsium (Ca), natrium (Na) og klorid (Cl).

2.3 Veg- og innsjødata

Innsjøene lå som regel nær veger (< 200 m), men enkelte av dem (11 stk) ble valgt ut for å ligge mer enn 200 m fra veg. Det har vært saltbruk på alle disse vegene. Alle vegene lå slik til at avrenningen fra dem gikk mot innsjøen. Saltforbruket på vegene er estimert av SVV. Bruken var stort sett beregnet fra forbruk over lengre strekninger, ofte da sjablongmessig satt, og derfor ikke nødvendigvis presise mål for det hver enkelt innsjø mottar av vegsalt fra nedbørfeltet.

Årsdøgnetrafikk (ÅDT) var angitt på alle de aktuelle vegstrekningene og er data hentet fra SVV. Nedbørfeltene til alle innsjøene ble avgrenset og arealene målt manuelt på 1:50000 kart samt fra digitale kart. Lengde av hovedveg i nedbørfeltet og veglengden inntil vannet (definert til lengde veg < 50 m fra vannkant) ble målt på samme kart. Fra innsjøareal og maksimalt dyp ble det foretatt beregninger av gjennomsnittsdyp og gjennomsnittsvolum av sjøene. Sammen med nedbørfeltareal og avrenning basert på Norges vassdrags og energidirektorats (NVE) avrenningskoeffisienter, ble dette anvendt til å beregne teoretisk oppholdstid av vannet i innsjøene.

Det ble gjort en skjønsmessig vurdering av størrelsen av andre mulige påvirkningskilder på innsjøen enn avrenning fra veg langs en skala fra 1 til 5. 1 angir ingen påvirkning. Påvirkningstypene var: Bebyggelse, landbruk, industri, regulering og annet.

Dataene er vist i vedlegg.

2.4 Utvalg av innsjøer med tidsserier og sesongvariasjoner

Det ble utført søk i litteraturdatabaser etter andre undersøkelser i de samme innsjøer som i foreliggende undersøkelse, for om mulig å anvende dataene herfra i en analyse av tidsutvikling av saltkonsentrasjoner. Flere av innsjøene hadde data fra tidligere år. Det var imidlertid oftest sporadiske undersøkelser med data fra en kort periode. Det ble også vurdert data fra innsjøer i NIVAs database.

For å undersøke mulige sesongvariasjoner ble 4 innsjøer i hver av regionene Øst, Sør og Vest prøvetatt vår/tidlig sommer og sent på høsten 2010.

2.5 Numeriske analyser

2.5.1 Statistiske metoder

I rapporten fra 2006 (Bækken og Haugen 2006) ble det benyttet generalisert additiv modellering (GAM, Hastie and Tibshirani, 1990) for å belyse effekter av ulike årsaksfaktorer på saltingsrelaterte responsvariabler (klorid, natrium og konduktivitet). Denne tilnærmingen gir ofte modeller med god prediksjonsstyrke (for klorid var denne på 76 % i Bækken og Haugen 2006) samt belyser eventuelle ikke-lineære effekter av de ulike prediktorvariablene. Svakheten med metoden er at den er semi-parametrisk noe som gjør det vanskelig for andre å bruke modellene til å generere prediksjoner. I nåværende rapport har vi lagt vekt på å tilpasse enkle parametriske modeller der eventuelle ikke-lineæreiteter modelleres som polynomer. Disse modellene ble tilpasset ved bruk av generaliserte lineære modeller (GLM, McCullagh og Nelder 1989) eller lineære mixed-effekt modeller (LME, Zuur et al 2010). I motsetning til 2006-tilnærmingen, hvor bunnkonsentrasjonen av klorid ble predikert fra overflatekonsentrasjonen, ble det funnet at prediksjoner av kloridgradienter ga mest fornuftige resultater dersom overflatekonsentrasjon og bunnvannkonsentrasjon ble modellert i separate modeller. De enkleste modellene ble plukket ut ved å følge rutinene som framkommer i Zuur et al (2010), dvs en kombinasjon av bruk av Akaikes Informasjonskriterium (AIC) og back-wards seleksjon av modellstrukturer.

Grunnmodellen for kloridanalysene tok utgangspunkt i at konsentrasjonen av de ulike elementene er bestemt av tilførsel av salt i nedbørsfeltet og at det tilførte saltet modifieres av prosesser i innsjøen og i nedbørsfeltet. Vi opererer således med to typer prediktorvariabler (x-variabler) som kan grupperes slik:

1. tilførselsrelaterte variabler
 - a. saltingsmengde
 - b. veg i nedbørsfelt
 - c. veg langs vann
2. modifierende variabler
 - a. størrelse på nedbørsfelt
 - b. innsjømorfologi (dybde/areal)
 - c. teoretisk oppholdstid
 - d. avrenningsmengde (m³/år)
 - e. trafikkmengde (ÅDT)

Grunnmodellen for kloridanalysene så slik ut:

$$Y_{ijk} = \beta_{i,1}x_1 + \dots + \beta_{i,n}x_n + \beta_{j,1}z_1 + \dots + \beta_{j,n}z_n + \alpha_k + e_{ijk} \quad (1)$$

Der Y er overflate- eller bunnkonsentrasjon av klorid, x er tilførselsvariabler og z er modifierende variabler der β_1 og β_2 utgjør deres respektive effektkoeffisienter. α_k er en effektkoeffisient for regioneffekt og e er residualvariasjonen. Dette er en ren additiv modellstruktur. Vi tilpasset også interaksjonsmodeller med både interaksjoner innen og mellom x - og z -variabler. Fordi enkelte innsjøer ble målt i både 2005 og 2010 vil en *a priori* anta at observasjonene fra disse årene ikke er uavhengige observasjoner. Innsjø ble derfor lagt inn som random effekt for å eksplisitt modellere denne avhengigheten i dataene og dermed sitte igjen med mer uavhengige residualer. Vi rapporterer bidraget fra innen-innsjøvariasjonen som %-vis del av den forklarte variansen. Modellene ble tilpasset ved bruk av lmer-prosedyren i R (versjon 2.12.0, LME4 library).

Som i 2006, ønsket vi å teste ut hvilke forhold som påvirker sannsynlighet for at innsjøene tilhører tre forskjellige salt- og oksygengradientkategorier: ikke-saltindusert O_2 -gradient (ISOG), saltindusert O_2 -gradient (SIOG) og ikke O_2 -gradient (IOG). I dette tilfellet er responsen en gruppevariabel (dvs ikke kontinuerlig) og for å tilpasse en slik modell brukte vi vektorisert GAM (Yee og Wild 1996) i form av multinominal modelltilpasning (se Bækken og Haugen 2006 for tilsvarende modelltilpasning). Prediksjonene fra denne type modell framkommer som sannsynligheter for at et sett av prediktorvariabelkombinasjoner skal tilhøre hver av de tre utfallskategoriene ISOG, SIOG eller NOG, der summen av disse sannsynlighetene beskranks til 1. Disse modellene ble tilpasset i VGAM-prosedyren i R (versjon 2.12.0, VGAM library).

For å teste forskjeller mellom verdier målt mellom perioder eller typer av innsjøer ble som regel Welch ANOVA brukt da denne metoden tillater forskjellig variasjon innen gruppene som sammenlignes. Dersom variasjonen var lik for gruppene som sammenlignes ble vanlig ANOVA brukt.

I tilfeller hvor vi modellerte verdier av ulike metaller som man kan mistenke har tilførsler fra biler vil trafikkmengde (ÅDT) fungere som en tilførselsvariabel.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Vannkjemi

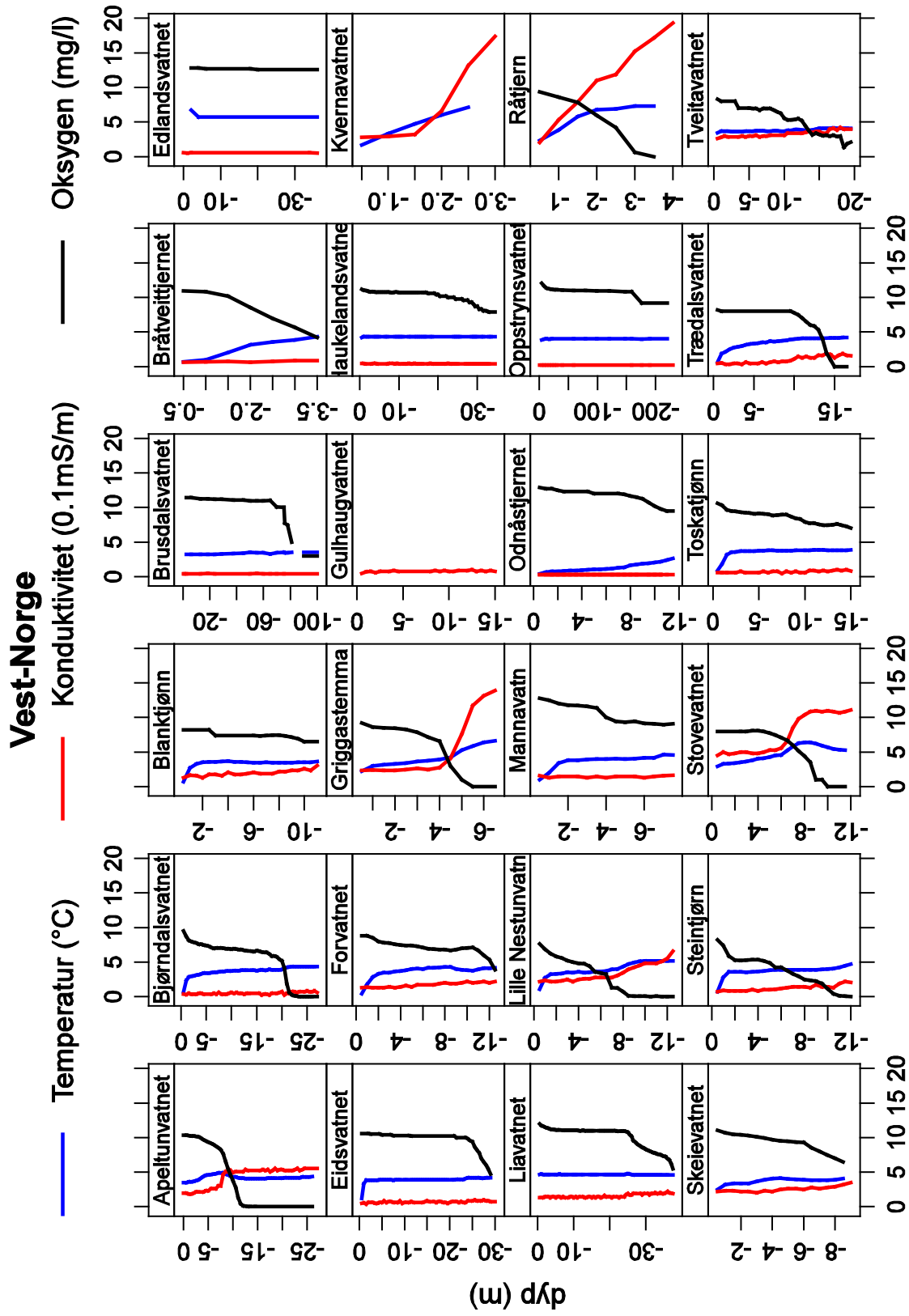
3.1.1 Dybdeprofiler av konduktivitet, oksygen og temperatur

I alle innsjøene ble det målt dybdeprofiler av konduktivitet (salter), oksygen og temperatur. I alle regioner er det innsjøer med økende konduktivitet mot bunnen og samtidig minkende oksygenkonsentrasjoner (**Figur 2 A-C**). Disse innsjøene har ofte en tydelig kjemisk sjiktning (konduktivitet, oksygen), se for eksempel Apeltunvatn, Griggastemma og Stovevatnet fra Vestlandet (**Figur 3A**); Barselsvann, Gravtjern og Hanevatn på Sørlandet (**Figur 3B**); og Damtjern, Langtjern og Steinsrudtjernet på Østlandet (**Figur 3C**). Innsjøene ble prøvetatt sent på høsten for å ta målingene etter tidspunktet for en naturlig høstsirkulasjon. Prøvetakingstidspunktet ble lagt til noe senere på høsten i 2010 enn for undersøkelsen i 2005 (Bækken og Haugen 2006). Dette ble gjort for om mulig å få et enda sikrere datagrunnlag for analysene og vurderingen av saltpåvirkningen av innsjøene. Fordi høsten 2010 ble uvanlig kald medførte dette også at flertallet av innsjøene var islagt under prøvetakingen. Temperaturen for de fleste innsjøene prøvetatt i 2010 viste liten eller ingen gradient mot bunnen, og viser at alle innsjøene har hatt mulighet for normal sirkulasjon. Etter islegging er det imidlertid ikke noen videre mulighet for sirkulasjon før til våren.

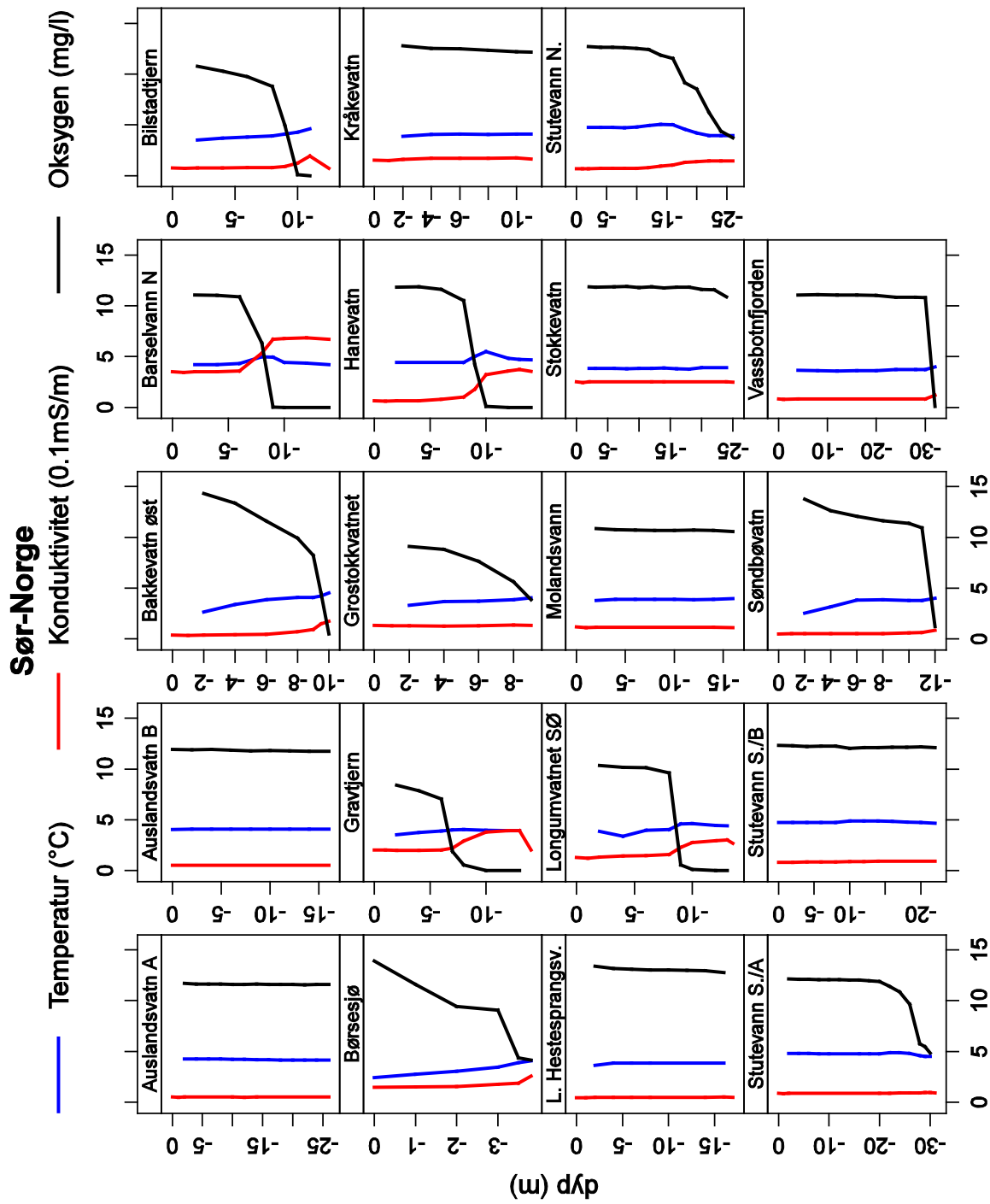
3.1.2 Salt

Det var store forskjeller i kloridkonsentrasjoner mellom innsjøene. I overflatevannet varierte de fra ca. 2 mg/l til ca 138 mg/l. I bunnvannet varierte konsentrasjonene mellom ca. 2 mg/l og 530 mg/l. For det totale datamaterialet var det som forventet liten korrelasjon mellom konsentrasjonene i overflatevannet og bunnvannet. Dette skyldes at materialet er todelt; de innsjøene som er uten sjiktning og de med sjiktning. I nesten alle innsjøer var kloridkonsentrasjonen høyest i bunnvannet (**Figur 3**).

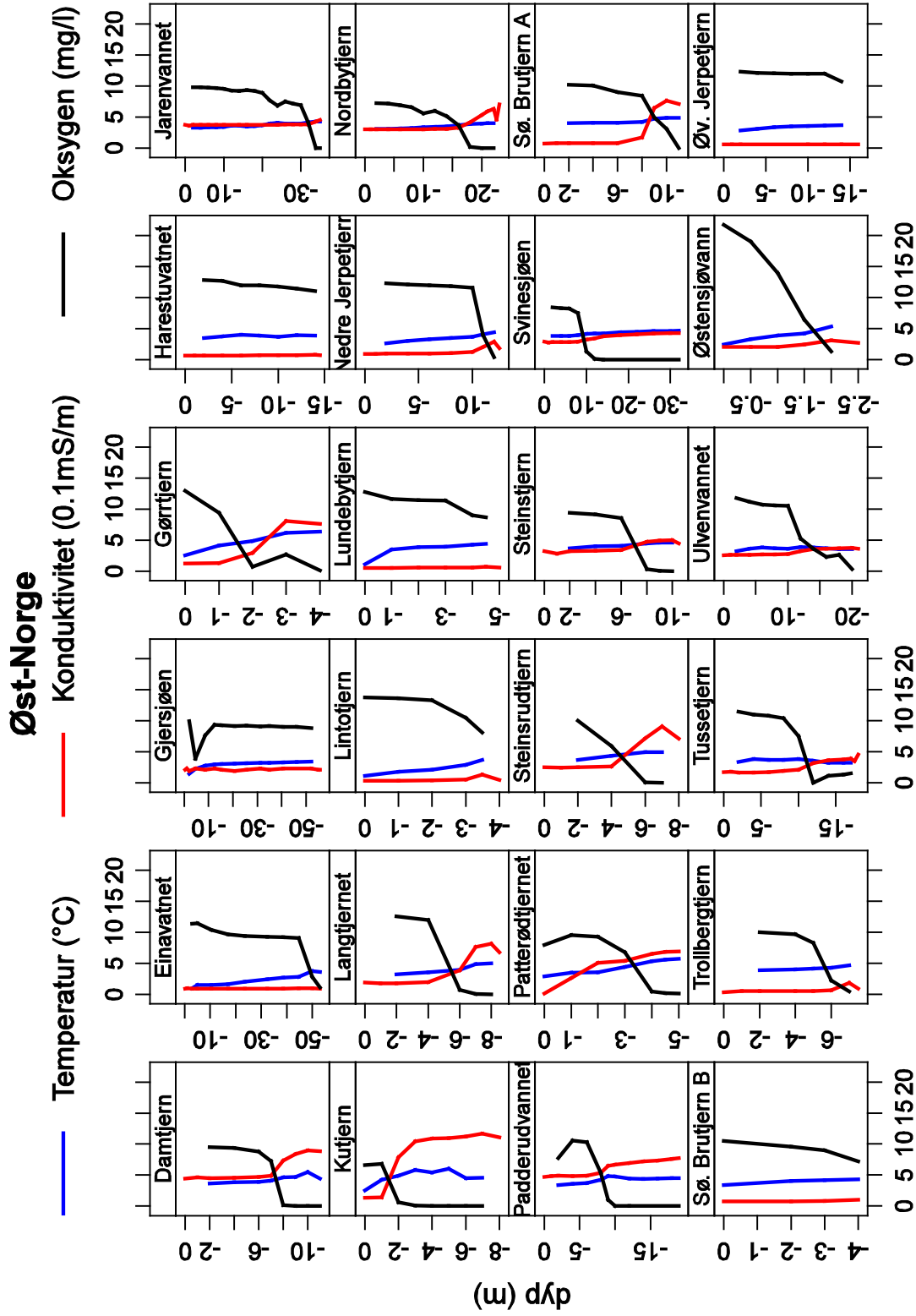
A



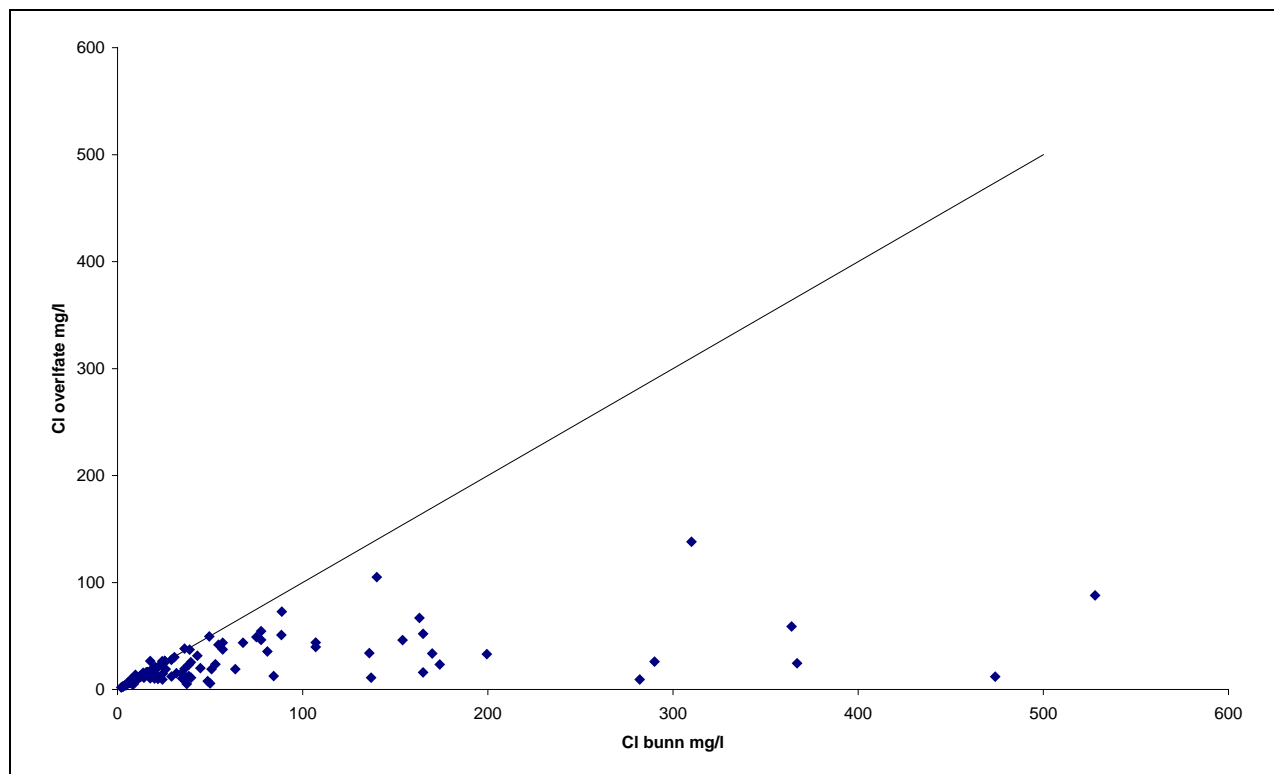
B



C



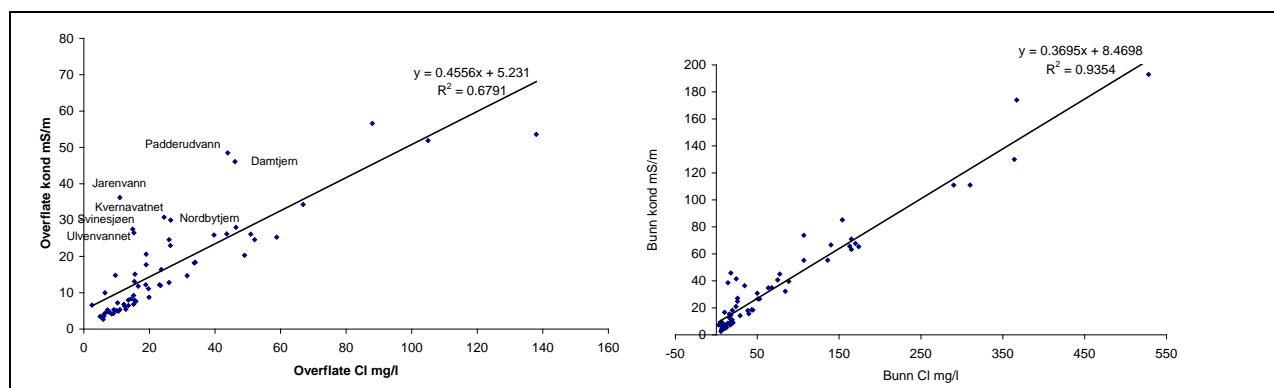
Figur 2 A-C. Regionvis profilplott av konduktivitet, temperatur og oksygen for alle innsjøer som ble målt i 2010.



Figur 3. Fordelingen av klorid i overflatevannet og bunnvannet i 121 innsjøer. 26 av disse er prøvetatt både i 2005 og 2010. Linje angir forholdet 1:1.

3.1.3 Cl - konduktivitet

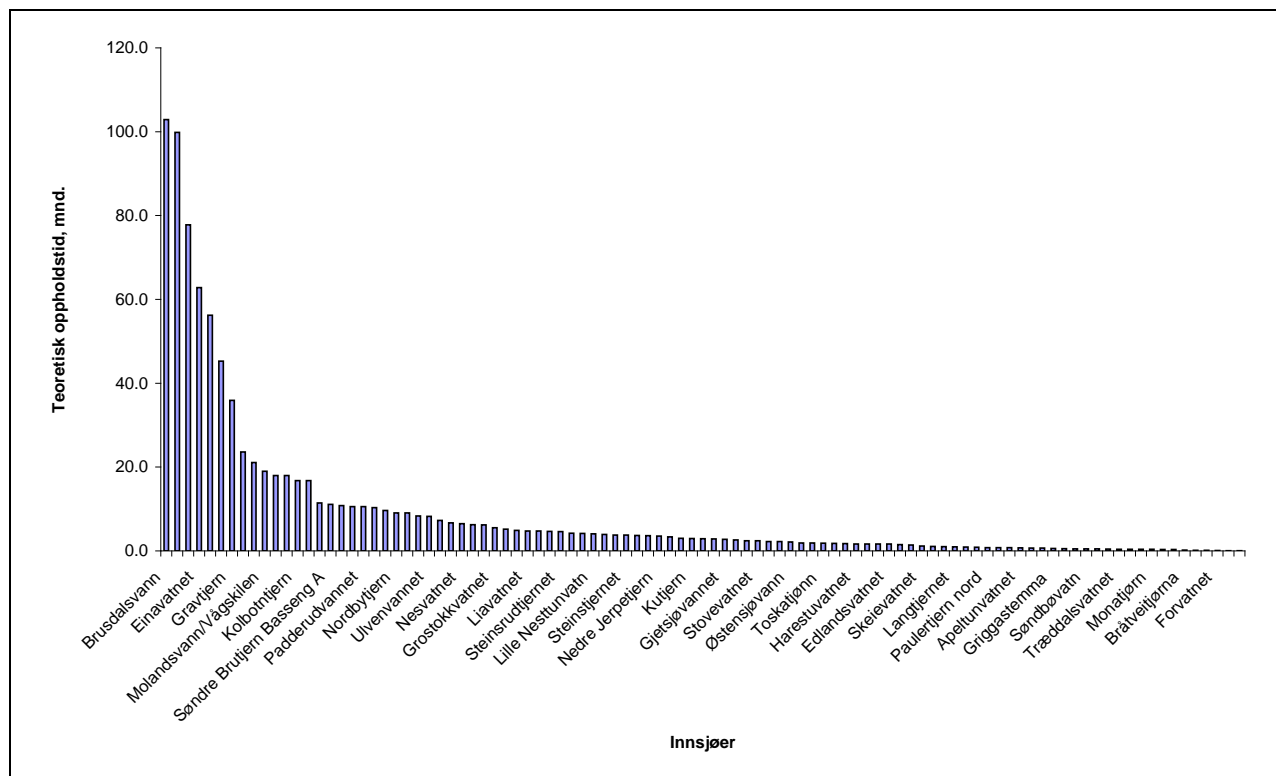
Konsentrasjonen av klorid samvarierte i stor grad med konduktiviteten i innsjøene. Variasjoner i konduktiviteten er derfor oftest en god indikator på variasjoner i klorid- og natriumkonsentrasjonene (salt) (**Figur 4**). Det er imidlertid også tydelig at i de innsjøene der kalsiumkonsentrasjonene er høye (Ca) gir dette utslag på konduktiviteten. Dette synes tydelig i overflatevannet i de kalsiumrike innsjøene. I bunnvannet slår det ikke like tydelig ut fordi kloridkonsentrasjonene her er høyere, mens kalsium i stor grad har de samme konsentrasjonene som i overflatevannet. Betydningen av kalsium for konduktiviteten i bunnvannet blir derfor relativt mindre. Andre ioner, bl.a. jern (Fe) og mangan (Mn), kan ha høye konsentrasjoner i bunnvann med oksygenvinn. Det gir økt konduktivitet mot bunnen også når det er lave kloridkonsentrasjoner. Konduktivitet er derfor ikke alltid et tilstrekkelig mål på påvirkning av vegsalt. Det er viktig å være klar over dette når en vurderer konduktivitet som uttrykk for konsentrasjonen av vegsalt.



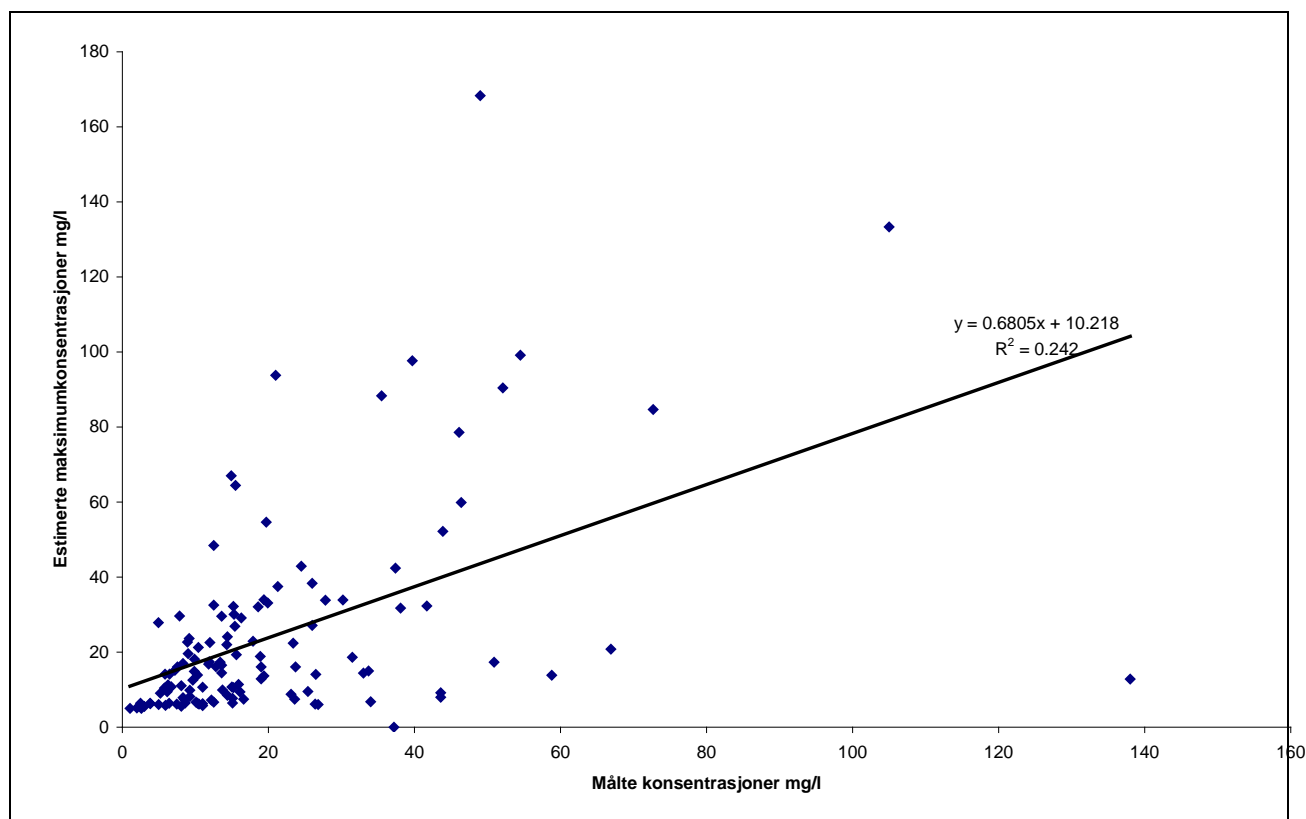
Figur 4. Relasjonen mellom Cl-konsentrasjon og konduktivitet i overflatevann og bunnvann for innsjøer undersøkt i 2010. Et sett innsjøer, med høye Ca konsentrasjoner, som bidrar betydelig til konduktiviteten, er anmerket i figur for overflatekonsentrasjoner.

3.1.4 Teoretisk maksimum av saltkonsentrasjon

Det ble beregnet en teoretisk maksimum tilførselskonsentrasjon utfra tilførte saltmengder og tilført overflateavrenning fra nedbørfeltet. Maksimumkonsentrasjonen i innsjøen vil være bakgrunns-konsentrasjonen for innsjøen pluss konsentrasjonen grunnet tilførselen av vegsalt. I beregningene er det forutsatt at salttilførselen og avrenning fra nedbørfeltet er konstant. Denne konsentrasjonen vil oppnås i løpet av den tiden det tar å skifte ut alt vannet i innsjøen, den teoretiske oppholdstiden for vannet. De fleste innsjøene i denne undersøkelsen er små med kort oppholdstid og vil derfor, i teorien, oppnå en slik konsentrasjon ganske raskt. Den gjennomsnittlige oppholdstiden i disse innsjøene er 9 mnd. med en variasjon fra 0,1 mnd. til 103 mnd. (**Figur 5**). Bakgrunnskonsentrasjonene vil variere med bl.a. avstand fra havet, nedbørmengde og lokale forhold. Stort sett vil imidlertid bakgrunnskonsentrasjonene for klorid ligge mellom ca 2 og ca 10 mg/l. Det var en viss sammenheng mellom teoretisk maksimum og målte kloridkonsentrasjoner i innsjøene. Korrelasjonen var svak, men stigningen på kurven var signifikant forskjellig fra 0 ($p < 0.0001$) (**Figur 6**). Det antyder at det er flere andre variable enn salttilførsel og avrenning fra nedbørfelt som bestemmer hva konsentrasjonen i innsjøene blir. I angitte figur er bakgrunnskonsentrasjonen av klorid satt til 5 mg/l. Det ligger imidlertid også mye usikkerhet i bakgrunnstallene for beregningene, for eksempel på salttilførsler. Det er også forutsatt her at overflate-konsentrasjonen representerer hele innsjøen, hvilket jo ikke er tilfelle med de saltsjiktete sjøene.



Figur 5. Teoretisk oppholdstid for 100 innsjøer.



Figur 6. Korrelasjon mellom målte konsentrasjoner av klorid i overflatevannet og beregnede maksimumkonsentrasjoner. Basert på lik saltfordeling i hele innsjøen.

3.1.5 Metaller

For de fleste innsjøene og metallene var forurensningsnivåene tilhørende tilstandsklassene I og II, altså var innsjøene ubetydelig eller moderat forurenset vurdert i henhold til veilederen, Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et al 1997). Det var først og fremst kobber (Cu), og til dels nikkel (Ni) som ble funnet i forhøyede konsentrasjoner. For disse metallene var det ofte å finne innsjøer som var markert, sterkt eller også meget sterkt forurenset. For de andre metallene var det sporadiske funn av forhøyede konsentrasjoner (**Tabell 1**).

For nikkel, bly og sink hadde de aller fleste innsjøene samme tilstandsklasse i 2010 som i 2005. For bly i overflatevannet var det imidlertid mange innsjøer som hadde bedre tilstand i 2010. Også for kadmium og krom var det flest innsjøer som ikke hadde skiftet tilstandsklasse, men her var det større variasjon med flere innsjøer som enten var blitt dårligere eller hadde blitt bedre. Kobber skilte seg tydelig ut ved at mange innsjøer hadde fått dårligere tilstandsklasse i 2010 enn i 2005 (**Tabell 2**). Disse resultatene indikerer at for de fleste metallene er forurensningstilførslene som tidligere, mens problemet rundt forurensning av kobber fra vegtrafikk er økende.

Det var forskjeller i konsentrasjon mellom overflatevannet og bunnvannet for flere av metallene (**Figur 7**), Kobber hadde en tendens til høyere konsentrasjoner i overflatevannet, mens jern hadde klart høyest konsentrasjoner i bunnvannet. For jern kan man forvente en slik forskjell på grunn av kjemiske prosesser (redoks forhold) i sjøer med oksygensvinn i bunnvannet. Nikkel hadde en tendens til like konsentrasjoner i overflatevannet og bunnvannet. I noen få innsjøer, først og fremst i region vest, ble registrert med høyest konsentrasjoner av enkelte metaller i overflatevannet. De kjemiske prosessene som er involvert og bestemmende for både konsentrasjoner og fordeling av metaller i innsjøene er komplekse og en ytterligere vurdering av dette ligger utenfor rammen av prosjektet.

Tabell 1. Konsentrasjonsnivåer av utvalgte metaller i innsjøene i henhold til veilederen, Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et.al 1997), henholdsvis i overflatevannet (1m) og ved bunnen i henholdsvis 2005 og 2010. Vernede innsjøer er markert med linjer. * angir innsjø med påvist spesiell naturverdi men som ikke er vernet. Fargene angir forurensningsgrad i henhold til KLIFs klassegrenser for konsentrasjoner i ferskvann (Andersen et al. 1997).

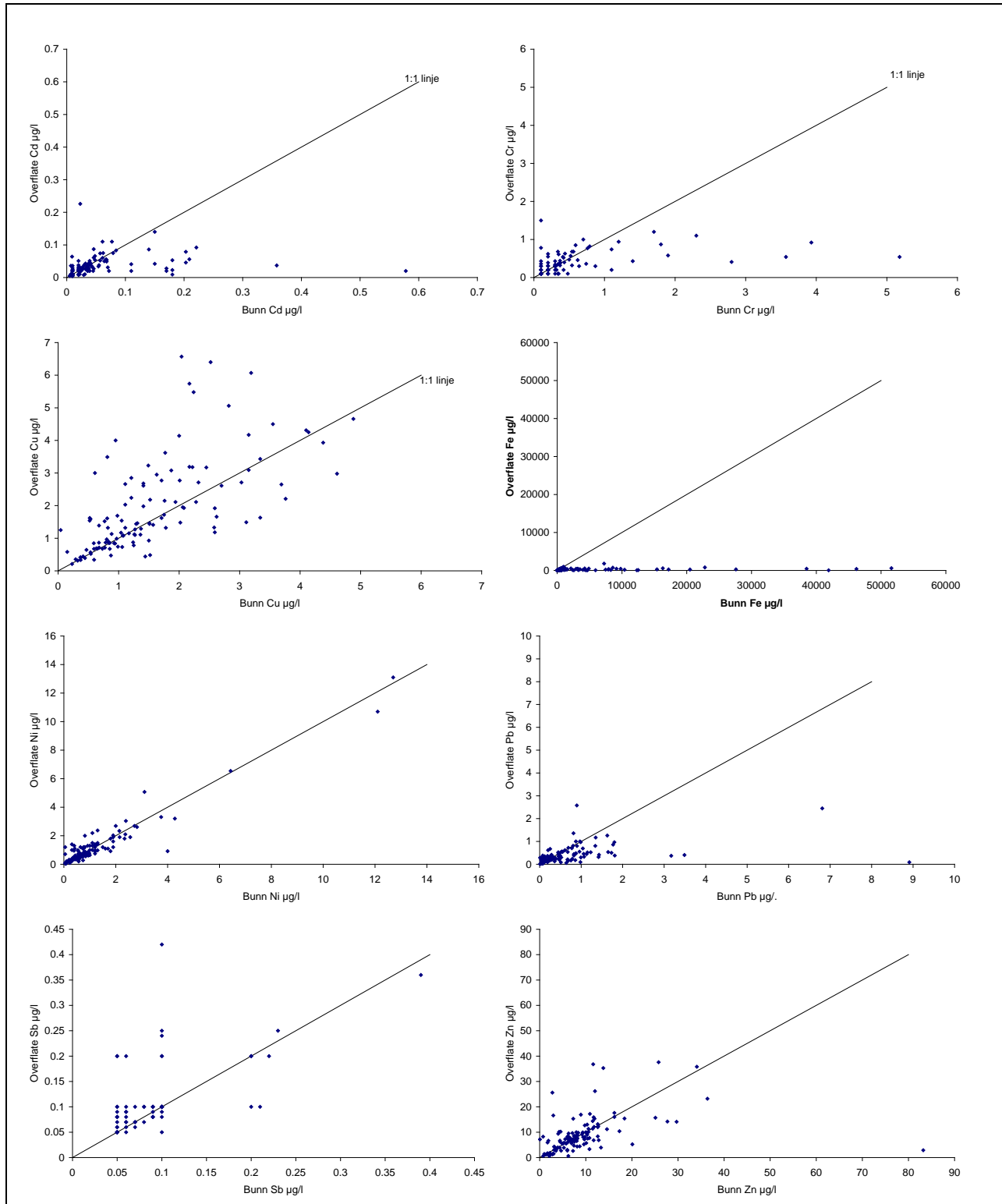
			I – ubetydelig	II – moderat	III – markert	IV – sterkt	V - meget sterkt										
St kode	Navn	År	Region	Cd Bunn	Cd Overfl	Cr Bunn	Cr Overfl	Cu Bunn	Cu Overfl	Ni Bunn	Ni Overfl	Pb Bunn	Pb Overfl	Zn Bunn	Zn Overfl	Ca Bunn	Ca Overfl
AAGIAU1A	Auslandsvatn Basseng A	2010	Sør	<0.005	0.032	<0.1	0.3	0.043	1.25	<0.05	0.71	0.01	0.286	<0.05	7.16	<5	1.97
TELIBA01	Bakkevatn øst	2005	Sør	0.18	0.053	0.1	0.1	1.06	0.731	0.94	0.61	1.81	0.383	7.45	8.55	8.44	1.92
TELIBA01	Bakkevatn øst	2010	Sør	0.077	0.11	0.3	0.34	4.14	4.25	1.8	1.8	1.34	0.807	16.2	17.6	2.37	1.86
VAGIBA01	Barselvann N	2005	Sør	0.11	0.041	0.1	0.2	4.61	2.98	4.28	3.2	1.42	0.319	25.1	15.7	7.86	6.3
VAGIBA01	Barselvann N	2010	Sør	0.046	0.087	<0.1	0.2	2.04	6.57	3.11	5.07	0.281	0.403	12	26.2	23.2	15.3
VAGIBI01	Bilstadtjern	2010	Sør	0.062	0.075	0.1	<0.1	1.87	3.08	0.73	1.1	0.51	0.531	11.7	15.9	3.36	3.28
TELIB001	Bårsejø	2010	Sør	0.02	0.038	0.7	1	2.52	6.4	0.76	1.2	0.449	0.505	4.02	9.38	19.2	16.6
TELIE01	Elgsjøen	2005	Sør	0.036	0.022	1.1	0.2	0.988	0.74	0.21	0.27	1.23	0.527	6.41	8.01	1.9	1.99
TELIGR01	Gravtjern	2010	Sør	0.01	0.024	<0.1	0.2	2.24	5.48	1.3	2.37	0.202	0.619	4.54	10.2	5.44	5.5
TELIGA01	Grostokkvatnet	2010	Sør	0.028	0.027	0.34	0.35	1.75	1.72	1.3	1.4	0.217	0.19	6.06	5.96	10.4	10.8
VAGIHA01	Hanevatn	2005	Sør	0.221	0.092	0.1	0.36	0.853	0.674	0.84	0.73	1.43	0.416	8.36	9.77	6.05	2.45
VAGIHA01	Hanevatn	2010	Sør	0.14	0.086	<0.1	0.3	1.11	2.03	1.2	0.9	1.06	0.459	10.3	13	8.67	2.02
AAGIKR01	Kråkevatt	2010	Sør	0.15	0.14	0.3	0.2	1.63	2.95	12.7	13.1	0.272	0.377	34.1	35.8	10.6	10.3
VAGIFO01	Lille Fossvatn	2005	Sør	0.15	0.042	0.48	0.1	0.595	0.34	0.23	0.2	1.8	0.966	7.74	6.69	0.441	0.387
VAGILH01	Lille Hestevann	2010	Sør	0.048	0.066	0.2	0.2	0.979	1.69	0.34	0.44	0.971	1	7.53	8.41	0.824	0.726
AAGIL0N1	Lomungvatn	2005	Sør	0.18	0.023	0.1	0.3	1.51	1.44	1.1	1	0.677	0.208	11.7	6.83	9.05	6.8
AAGIL0N1	Lomungvatn SØ	2010	Sør	0.02	0.023	0.2	0.3	0.768	1.52	1.2	0.94	0.295	0.207	4.39	6.67	12.6	7.23
AAGIMO01	Molandsvann/Vågsdalen	2010	Sør	0.046	0.027	0.2	0.1	2.59	1.92	0.86	0.75	0.456	0.448	9.7	7.16	5.37	5.48
VAGIEI01	Nedre Tjødna	2005	Sør	0.008	0.01	0.2	0.1	0.941	0.839	0.22	0.25	0.196	0.17	7.01	7.08	2.46	2.44
AAGINYB1	Nybøtjern N	2005	Sør	0.057	0.074	0.2	0.2	1.94	2.11	2.72	2.69	0.99	0.969	11.8	12.1	7.79	7.73
VESIPAN1	Paulertjern nord	2005	Sør	0.068	0.054	0.1	0.1	0.733	0.677	0.26	0.3	0.67	0.207	9.18	9.16	8.56	5.24
VESIPAS1	Paulertjern sør	2005	Sør	0.054	0.034	0.35	0.1	3.34	1.63	0.59	0.36	0.824	0.443	12.8	6.85	5.93	4.67
VAGIRA01	Råmarkvatn	2005	Sør	0.203	0.046	0.31	0.3	1.24	0.874	0.65	0.56	0.496	0.375	10.4	7.49	1.19	1.05
TELIST01	Stokevannet	2010	Sør	0.009	0.064	<0.1	<0.1	0.95	4	0.76	1.1	0.073	0.384	0.74	8.24	26.8	25.4
AAGISTN1	Stutevann Nord	2010	Sør	0.079	0.075	<0.1	<0.1	0.836	0.856	1.3	0.98	0.261	0.232	10.3	9.89	6.84	3.01
AAGIST1A	Stutevann Sør	2010	Sør	0.084	0.083	<0.1	0.1	1.57	1.41	2.34	1.8	0.254	0.318	12.6	13.2	3.66	3.96
TELI0N01	Søndbøvatn	2005	Sør	0.209	0.056	0.64	0.3	2.02	1.48	2.15	1.9	1.13	0.448	10.3	9.02	10.2	2.2
TELI0N01	Søndbøvatn	2010	Sør	0.064	0.05	<0.1	0.2	2.32	2.71	1.9	2.03	0.805	0.81	11.5	14.4	2.38	2.21
VAGIUD01	Udlandsvatn	2005	Sør	0.203	0.079	0.34	0.1	1.44	0.439	0.32	0.25	1.73	0.502	14.6	11.2	1.52	1.5
VESIIHA01	Vassbotnfjorden	2005	Sør	0.07	0.031	0.1	0.1	0.873	0.471	0.29	0.2	0.982	0.097	10.1	5.71	2.48	2.6
VESIIHA01	Vassbotnfjorden	2010	Sør	0.057	0.052	0.32	0.2	1.5	0.927	0.43	0.35	0.52	0.3	9.81	8.14	3.26	3.23
VAGIWO01	Vollvatn	2005	Sør	0.17	0.02	0.1	0.3	2.7	2.61	2.56	1.9	0.858	0.18	8.13	4.38	7.92	7.15
BUSIØJ01	Øvre Jerpetjern	2010	Sør	0.061	0.06	0.2	0.62	1.71	2.77	0.42	1.1	1.63	1.26	11.9	15.3	0.891	0.854
AKEIBL01	Bleksiltjern	2005	Øst	0.02	0.022	0.1	0.2	0.535	0.566	0.69	0.71	0.11	0.12	3.5	3.72	4.26	4.32
AKEIBO01	Bondivannet	2005	Øst	0.009	0.007	0.1	0.1	0.678	0.709	0.23	0.1	0.068	0.035	1	1.4	39.2	38.9
BUSIDA01	Damtjern	2010	Øst	0.039	0.051	1.1	0.74	1.05	1.54	0.2	0.32	0.642	0.06	10.8	3.31	79.7	58.2
OPPIE01	Einavatnet	2010	Øst	<0.005	0.005	0.3	0.43	1.41	2.61	0.81	1.2	0.96	0.553	1.7	5.92	11.5	12.6
AKEIEN01	Engsdammen	2005	Øst	0.03	0.039	0.37	0.38	1.37	1.29	1.2	1.3	0.16	0.15	8.07	7.91	5.03	4.72
AKEIGA01	Gaupmyrdammen	2005	Øst	0.01	0.01	0.1	0.1	0.654	0.685	0.52	0.48	0.453	0.234	6.92	5.59	7.21	7.17
OSLIGJ01	Gjersrudtjern	2005	Øst	0.055	0.038	0.5	0.47	2.28	2.11	3.75	3.31	0.13	0.13	3.54	3.18	32.9	31
AKEIGJ01	Gjersjøen	2005	Øst	0.007	0.009	0.3	0.1	1.76	2.15	1.2	1	0.03	0.036	1.1	1.1	17.7	19.1
AKEIGJ01	Gjersjøen	2010	Øst	<0.005	0.005	0.79	0.82	3.69	2.65	1.9	1.9	0.264	0.228	3.53	2.68	18.9	20.6
AKEIGS01	Gjertsjøvannet	2005	Øst	0.048	0.054	0.43	0.4	0.854	0.855	1.2	1.2	0.452	0.444	6.3	6.53	3.27	3.24
ØSTIGO01	Gørrtjern	2010	Øst	0.034	0.033	<0.1	0.39	1.49	3.23	1.9	1.2	6.81	2.45	11.6	36.8	16.5	5.41
OPPIHA01	Harestuvannet	2005	Øst	0.022	0.024	0.1	0.1	0.369	0.405	0.1	0.21	0.065	0.068	8.23	8.74	8.44	8.94
OPPIHA01	Harestuvatnet	2010	Øst	0.046	0.061	0.2	0.2	0.803	0.966	0.52	0.51	0.14	0.246	25.8	37.6	8.75	9.94
AKEIHO01	Holstadtvatnet	2005	Øst	0.036	0.034	1.7	1.2	3.15	3.09	2.82	2.61	0.776	0.704	7.91	7.2	23.3	23.3
OPPIHA01	Jarevannet	2010	Øst	0.072	0.02	0.37	0.38	0.968	0.987	1.9	1.6	0.047	0.039	3.03	1.5	63.1	60.5
AKEIKO01	Kolbotvatnet	2005	Øst	0.009	0.005	0.1	0.1	1.17	1.15	0.57	0.2	0.086	0.038	2.77	1.3	24.9	24.3
ØSTIKU01	Kuttjern	2010	Øst	0.036	0.037	<0.1	0.4	2.59	1.18	1	0.64	1.04	0.695	7.94	9.99	20.1	5.33
OSLILA01	Langtjern	2010	Øst	0.02	0.008	<0.1	0.1	1.07	1.08	0.74	0.28	0.368	0.19	6	2.75	26.3	2.9
ØSTILU01	Lintotjern	2010	Øst	0.035	0.031	0.2	0.39	0.811	1.61	1	1.3	0.69	0.721	7.93	8.77	2.2	1.95
ØSTILU01	Lundebytjern	2010	Øst	0.02	0.032	0.37	0.44	1.21	2.24	2	2.69	0.554	0.547	6.27	9.5	3.55	3.28
BUSINJ01	Nedre Jerpetjern	2010	Øst	0.067	0.056	<0.1	0.9	2.17	3.19	0.55	0.94	0.873	1	29.7	14.1	5.27	2.67
AKEINO01	Nordbytjern	2005	Øst	0.022	0.01	0.3	0.3	0.15	0.582	0.92	1.3	0.009	0.008	2.06	0.66	34.5	30.3
AKEINO01	Nordbytjern	2010	Øst	0.045	0.02	0.87	0.3	0.675	0.862	2.39	3.04	0.11	0.12	5.25	3.88	46.4	38.9
AKEIPA01	Padderudvannet	2010	Øst	0.009	0.02	2.3	1.1	0.521	1.54	1.1	2.19	0.2	0.18	3.13	4.3	83.1	67.7
ØSTIPA01	Patterdtjernet	2005	Øst	0.11	0.02	1.9	0.58	3.76	2.21	1	1	3.17	0.373	13.3	3.92	37.7	33.6
ØSTIPA01	Patterdtjernet	2010	Øst	0.009	0.008	0.2	0.55	4.1	4.31	1.1	1.3	0.875	0.474	3.25	4.11	30.6	27.8
OSLIST01	Steinsrudtjernet	2005	Øst	0.17	0.028	0.62	0.46	1.27	1.1	0.82	0.7	0.753	0.17	9.6	5.23	26	9.95
OSLIST01	Steinsrudtjernet	2010	Øst	0.01	0.01	<0.1	0.1	0.676	1.39	0.54	0.99	0.36	0.13	5.69	5.61	14	11
AKEIST01	Steinstjernet	2005	Øst	0.009	0.01	0.1	0.43	0.589	0.846	0.05	0.05	0.19	0.091	2.16	0.75	38.7	30.9
AKEIST01	Steinstjernet	2010	Øst	0.01	0.005	0.1	0.1	0.884	1.13	<0.05	0.1	0.209	0.14	2.82	1.4	39.2	29.1
AKEISV01	Svinesjøen	2010	Øst	0.007	0.036	0.74	0.36	0.523	1.62	0.39	0.95</						

Tabell 1 fortsetter.

St kode	Navn	År	Region	Cd Bunn	Cd Overfl	Cr Bunn	Cr Overfl	Cu Bunn	Cu Overfl	Ni Bunn	Ni Overfl	Pb Bunn	Pb Overfl	Zn Bunn	Zn Overfl	Ca Bunn	Ca Overfl
MORIBR01	Brusdalsvann	2010	Midt	0.01	0.036	0.52	0.57	2.17	5.74	0.81	2	0.895	2.58	13.8	35.3	1.32	1.39
STRIK11	Kinnset tjern	2005	Midt	0.024	0.02	0.2	0.1	0.774	0.71	12.1	10.7	0.02	0.035	8.04	6.53	83.2	81.1
NTRINE01	Nesvatnet	2005	Midt	0.18	0.009	0.42	0.52	2.58	1.33	0.56	0.73	0.51	0.084	6.21	0.6	22	12
NTRIFU01	Rungstadvatnet	2005	Midt	0.005	0.005	0.3	0.3	0.924	0.848	0.25	0.26	0.068	0.048	0.77	0.65	14	11.7
HORIAPO1	Apeltunvatnet	2010	Vest	0.01	0.007	<0.1	<0.1	2	4.14	0.86	0.71	0.093	0.338	17.3	10.4	21.5	10.6
HORIAPO1	Apeltunvatnet	2005	Vest	0.028	0.034	0.1	1.5	1.77	3.62	0.76	0.61	0.252	0.672	9.35	9.93	13.6	6.2
HORIBJ01	Bjørndalsvatnet	2010	Vest	0.01	0.01	<0.1	<0.1	1.36	1.11	0.98	0.78	0.824	0.381	4.43	6.25	2.05	1.08
HORIBA01	Blanktjønn	2005	Vest	0.01	0.029	0.34	0.68	2.82	5.06	2.14	2.34	0.121	0.347	6.03	8.3	11.6	10.9
HORIBA01	Blanktjønn	2010	Vest	<0.005	0.008	1.2	0.94	4.38	3.93	2.37	2.1	0.14	0.13	8.17	7.5	13.2	12.6
ROGIBO01	Bongsatjønn	2005	Vest	0.032	0.043	0.76	0.77	3.34	3.43	6.43	6.54	0.608	0.617	16.2	16	4.24	4.24
HORIBR01	Bråtveitjønn	2010	Vest	0.024	0.02	<0.1	<0.1	0.785	0.868	0.49	0.34	0.246	0.17	10.8	7.71	4.4	3.08
ROGIED01	Edlandsvatnet	2005	Vest	0.025	0.022	0.1	0.2	0.444	0.391	0.1	0.09	0.381	0.268	4.33	3.87	1.95	2.01
ROGIED01	Edlandsvatnet	2010	Vest	0.032	0.026	<0.1	0.1	1.71	1.62	0.45	0.5	0.217	0.298	6.63	7.69	2.43	2.49
HORIEI01	Eidsvatnet	2010	Vest	0.02	0.01	<0.1	<0.1	1.51	1.46	0.59	0.46	1.15	0.518	5.76	5.57	1.33	0.907
HORIFO01	Forvatnet	2010	Vest	0.008	0.01	<0.1	<0.1	3.03	2.71	1.3	1.5	0.28	0.2	11.5	11.4	5.85	6.24
ROGIFU01	Fuglavatn	2005	Vest	0.024	0.027	0.54	0.68	0.631	0.688	0.3	0.33	0.284	0.31	5.3	5.84	1.79	1.79
HORIGR01	Griggastemma	2005	Vest	0.02	0.028	5.18	0.54	3.15	4.17	0.64	1.2	0.859	0.479	5.54	7.26	22.1	3.59
HORIGR01	Griggastemma	2010	Vest	0.007	0.009	<0.1	<0.1	0.813	3.49	0.4	1.3	0.06	0.311	4.2	10.1	28.8	8.07
HORIGU01	Gulhaugvatnet	2010	Vest	0.01	0.01	0.3	0.3	0.594	0.675	0.2	0.2	0.232	0.256	6.02	7.74	2.47	2.09
HORIIHA01	Haukelandsvatnet	2005	Vest	0.061	0.11	0.44	0.63	0.823	1.32	0.53	0.49	0.13	0.294	6.99	6.36	1.83	1.7
HORIIHA01	Haukelandsvatnet	2010	Vest	0.01	0.005	<0.1	0.9	1.21	2.85	0.61	0.79	0.15	0.15	6.77	6.22	2.12	2.1
SOFIHU01	Husevatnet	2005	Vest	0.068	0.049	0.2	0.2	0.372	0.333	0.07	0.05	0.334	0.306	1.6	1.5	0.252	0.253
HORIKV01	Kvernavatnet	2005	Vest	0.02	0.051	1.4	0.43	0.535	1.59	0.69	0.53	0.075	0.336	2.75	25.6	39.4	14.8
HORIKV01	Kvernavatnet	2010	Vest	<0.005	0.005	1.8	0.87	1.25	0.781	<0.05	1.2	0.01	<0.005	2.96	16.6	58.9	30.7
SOFILA01	Langelandsvatnet	2005	Vest	0.031	0.01	0.2	0.31	0.413	0.443	0.27	0.27	0.072	0.087	1.4	1.2	0.771	0.704
HORILU01	Liavatnet	2005	Vest	0.038	0.029	0.3	0.3	2.08	1.93	1.2	0.91	0.19	0.367	27.7	14.2	7.7	5.31
HORILU01	Liavatnet	2010	Vest	0.044	0.032	0.1	<0.1	2.22	3.18	1.5	1.2	0.13	0.19	36.4	23.2	8.86	6.41
ROGILU01	Ligningstjønn	2005	Vest	0.037	0.043	0.1	0.1	0.369	0.417	0.42	0.36	0.533	0.561	3.93	4	0.486	0.472
HORILN01	Lille Nesttunvatn	2010	Vest	<0.005	0.01	<0.1	<0.1	0.609	3	0.31	1	0.052	0.11	7.29	15.3	35.5	19.4
ROGILU01	Lutsvatn	2005	Vest	0.02	0.02	0.2	0.2	0.468	0.644	0.06	0.06	0.046	0.117	4.64	2.7	4.65	4.2
HORIMAD1	Mannvatnet	2010	Vest	0.029	0.008	<0.1	<0.1	2.62	1.66	1.6	1.1	1.07	0.332	20.1	5.23	12.1	8.92
ROGIMOE1	Monatjønn	2005	Vest	0.358	0.037	0.42	0.2	1.52	0.483	0.95	0.65	3.49	0.407	8.68	4.42	0.81	0.684
ROGINI01	Nibbatjønn	2005	Vest	0.01	0.02	0.1	0.1	0.323	0.314	0.06	0.05	0.183	0.173	3.62	3.44	1.64	1.64
HORIODD1	Odnåstjønn	2010	Vest	0.01	0.01	<0.1	<0.1	0.23	0.21	0.1	0.1	0.296	0.229	3.14	3.01	0.406	0.399
HORIRA01	Råtjern	2005	Vest	0.041	0.043	0.1	0.78	3.19	6.07	1.8	0.92	0.899	0.829	18.4	15.4	47.3	7.49
HORIRA01	Råtjern	2010	Vest	0.007	0.01	3.93	0.92	1.41	2.68	0.57	0.69	0.039	0.15	12.6	12	52.6	27.9
HORISK01	Skeievatnet	2005	Vest	0.022	0.02	0.59	0.85	4.88	4.66	0.75	0.7	0.675	0.54	10.6	10.1	11.6	10.9
HORISK01	Skeievatnet	2010	Vest	0.01	0.01	<0.1	0.2	3.55	4.5	0.83	0.87	0.24	0.21	10.6	11.3	19.1	16.5
SOFISK01	Skilbrevvatnet	2005	Vest	0.021	0.02	0.3	0.3	0.54	0.52	0.28	0.26	0.221	0.16	1.7	1.7	0.715	0.741
ROGISJ01	Steintjønn	2010	Vest	0.02	0.024	<0.1	<0.1	1.08	1.08	0.52	0.43	0.038	0.203	12.6	8.36	6.81	3.82
ROGIST01	Stokkalandsvatn	2005	Vest	0.023	0.226	0.37	0.32	1.29	1.44	0.31	1.4	0.448	0.526	5.1	5.61	7.32	7.4
HORIST01	Stovevatnet	2005	Vest	0.02	0.02	2.8	0.41	2.45	3.17	0.62	0.73	0.287	0.413	9.78	12.7	17.6	10.3
HORIST01	Stovevatnet	2010	Vest	0.01	0.02	<0.1	0.2	1.11	2.66	0.37	0.48	0.066	0.12	8.94	16.9	28.2	14.1
ROGITO01	Toskatjønn	2005	Vest	0.042	0.036	0.35	0.61	1.26	1.12	0.74	0.53	1.77	0.862	9.45	8.06	2.9	1.08
ROGITO01	Toskatjønn	2010	Vest	0.01	0.024	<0.1	0.2	1.78	1.32	0.64	0.55	0.815	1.36	12.7	12.4	2.29	1.6
HORITR01	Træddalsvatnet	2010	Vest	0.02	0.009	<0.1	<0.1	3.11	1.49	1.2	0.75	0.787	0.235	7.44	4.69	4.13	1.27
HORITV01	Tveitvatnet	2005	Vest	0.02	0.02	0.1	0.1	1.27	1.27	0.76	0.76	0.094	0.094	9.96	9.96	14.3	14.3
HORITV01	Tveitvatnet	2010	Vest	0.008	0.009	<0.1	<0.1	2.01	2.77	0.78	0.87	0.072	0.229	10.9	17.2	16.7	15.2
ROGIKY01	Ytre Kydlandsvatn	2005	Vest	0.023	0.03	0.2	0.2	0.29	0.353	0.09	0.08	0.222	0.25	4.89	5.47	1.2	1.2

Tabell 2. Antall innsjøer som har skiftet tilstandsklasse for tungmetaller fra 2005 til 2010, angitt som bedre, samme eller dårligere tilstand i 2010 enn i 2005. Totalt 26 innsjøer.

	Cd Bunn	Cd Overfl	Cr Bunn	Cr Overfl	Cu Bunn	Cu Overfl	Ni Bunn	Ni Overfl	Pb Bunn	Pb Overfl	Zn Bunn	Zn Overfl
Bedre	10	4	9	6	6	6	2	1	10	3	5	1
Samme	12	19	11	15	8	8	23	21	16	20	18	20
Dårligere	4	3	6	5	12	12	1	4	0	3	3	5

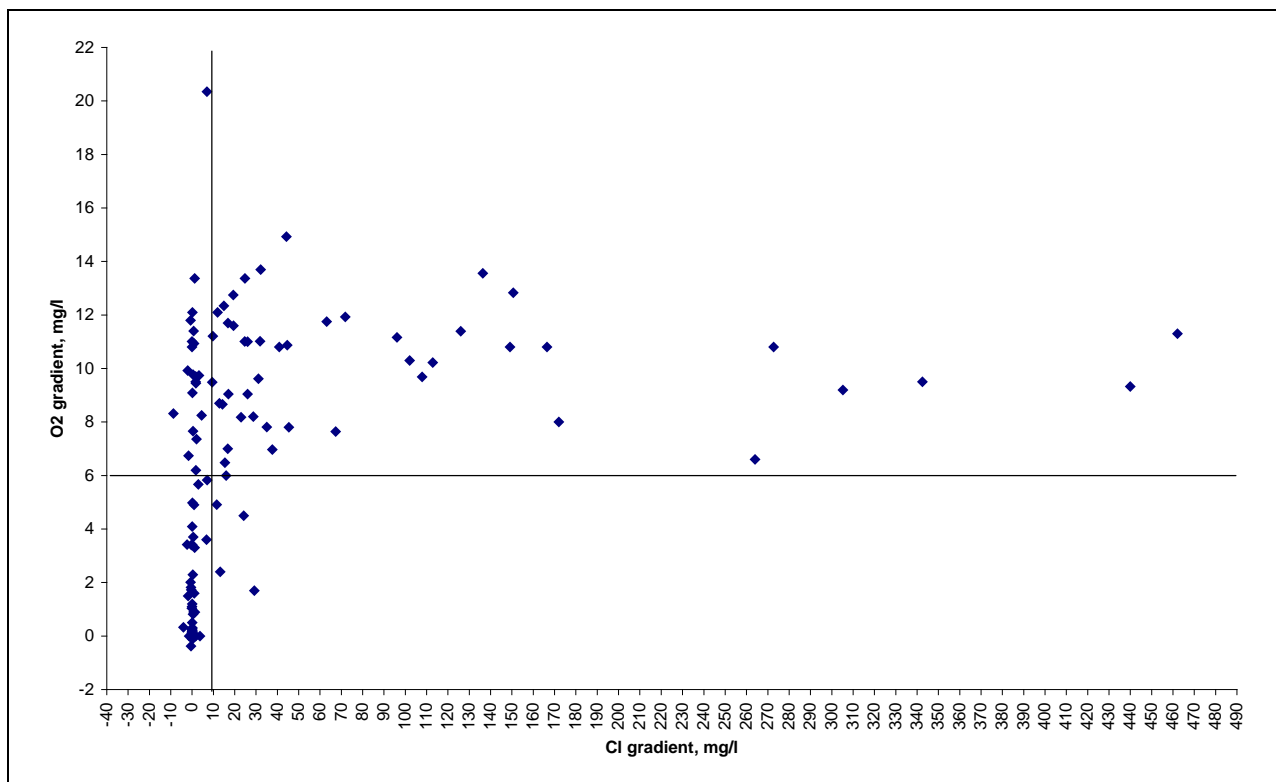


Figur 7. Fordeling av metallkonsentrasjoner i overflatevann og bunnvann for 121 målinger. 26 av disse forekommer både i 2005 og 2010. Sb verdier ofte angitt som grenseverdi for analyse.

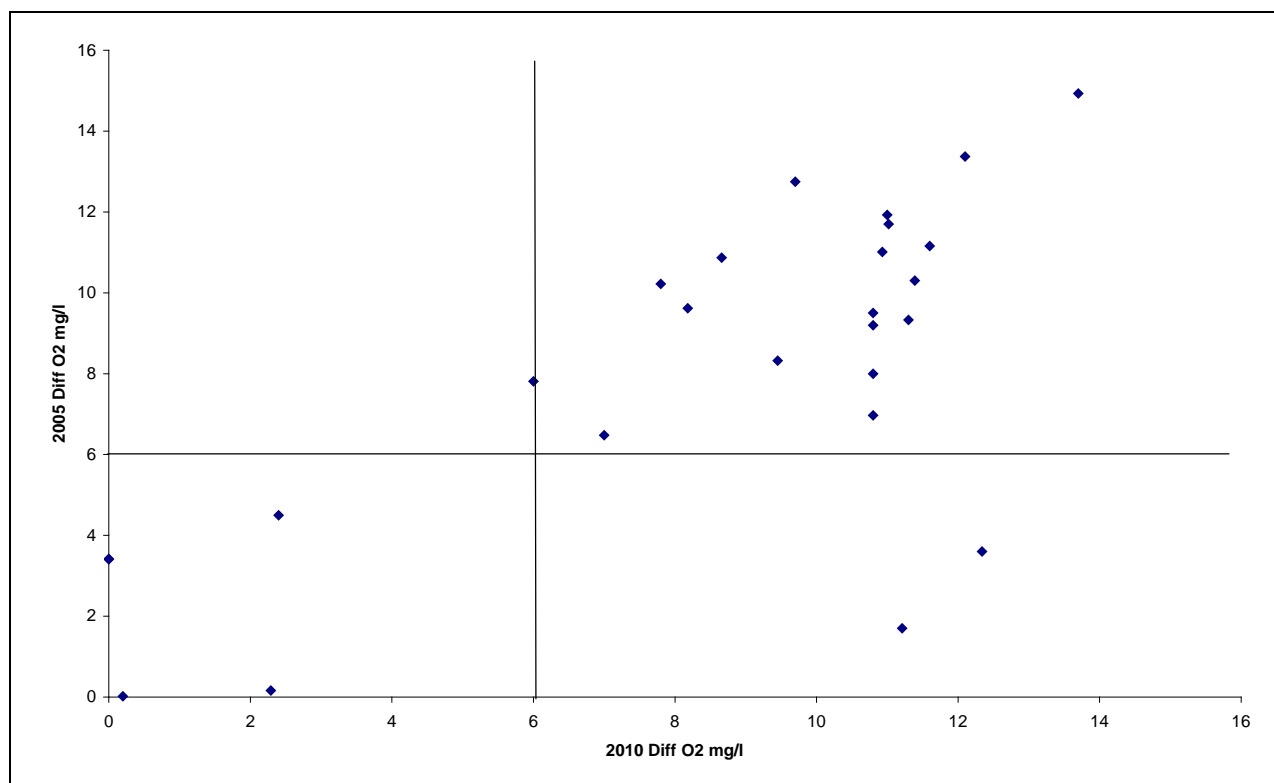
3.1.6 Oksygen og saltgradienter

En differanse i konsentrasjon mellom overflatevann og bunnvann på 6 mg/l oksygen og 10 mg/l klorid ble definert som grenseverdier for gradienter i undersøkelsen i 2005 (Bækken og Haugen 2006). For oksygen er dette en verdi som angir betydelig oksygensvinn mot bunnen og for klorid er dette en tydelig konsentrasjonsøkning for et ellers konservativt, lite reaktivt ion, som normalt fordeler seg jevnt i hele innsjøen. Samtidig viste undersøkelsen i 2005 at disse grenseverdiene grupperte innsjøene tydelig. I materialet for 2010 er det anvendt samme grenseverdier for å definere oksygensvinn og sjiktning.

Det samlede materialet av data for innsjøer i 2005 og 2010 viser at en betydelig andel av innsjøene har en kraftig oksygengradient fra overflaten til bunnen (> 6 mg O/l) samtidig med at det er en kraftig kloridgradient (> 10 mg/l) (**Figur 8**). 26 av innsjøene forekommer med data både i 2005 og 2010. De fleste av disse innsjøene hadde tilsvarende klorid og oksygengradient i 2010 som i 2005. 2 av innsjøene hadde gått fra ingen oksygengradient til kraftig gradient fra 2005 til 2010. 5 av innsjøene hadde ingen gradient verken i 2005 eller 2010, mens de øvrige 19 innsjøene hadde kraftig oksygengradient både i 2005 og 2010 (**Figur 9**). 16 av disse innsjøene hadde saltindusert oksygensvinn i 2005, mens 17 hadde det samme i 2010. For det totale materialet samlet inn i 2010 hadde 41 av 63 innsjøer oksygensvinn. I 28 av disse var det saltindusert oksygensvinn.



Figur 8. Forholdet mellom Cl-gradient og oksygengradient i innsjøene. Inkluderer alle innsjøer fra 2005 og 2010 (121 målinger). 26 innsjøer forekommer både i 2005 og 2010. Linjer angir konsentrasjonsgradienter mellom overflate og bunn på henholdsvis 6 mg O/l og 10 mg/l for oksygen og klorid.



Figur 9. Oksygengradient (overflatevann – bunnvann) i 26 innsjøer undersøkt både i 2005 og 2010. Linjer viser oksygengradient på 6 mg O/l.

3.1.7 Vernede innsjøer

En del av innsjøene har et vern fordi et det er drikkevannskilde eller at det har en særegen naturverdi. Det er derfor av spesiell interesse å overvåke forurensningssituasjonen i disse. Disse innsjøene var oftest å finne blant de store innsjøene. For 7 av de 10 innsjøene var det liten forskjell i kloridkonsentrasjoner (gradienten mot bunnen mindre enn 10 mg/l) (**Tabell 3**). 8 av innsjøene hadde imidlertid tydelig oksygenvinn (>6 mg O/l). Bare for 3 av disse var det en sammenheng mellom kloridgradient og oksygengradient. Disse var Råtjern og Liavannet i Bergen samt Søndre Brutjern i Marker kommune i Østfold. Sistnevnte har ikke et offisielt vern pr. d.d., men den har en spesiell naturverdi bemerket av kommunen (meget stort antall arter av øyenstikkere).

Som for de andre innsjøene hadde mange av de vernede innsjøene forhøyede konsentrasjoner av kobber. Særlig var dette tilfelle for Råtjern i Bergen i og Børsesjø i Telemark. Råtjern ligger ved en sterkt trafikkert veg og kan forventes å være påvirket av vegavrenning. Dette gjelder i mindre grad for Børsesjø og årsaken til de høye konsentrasjonene er trolig ikke (bare) vegforurensning. For de andre tungmetallene var det bare sporadiske tilfeller av konsentrasjoner høyere enn det som tilsvarte klasse moderat (grønt) (**Tabell 1**).

Tabell 3. Vernede innsjøer i datamaterialet. Sortert etter differansen mellom kloridkonsentrasjoner i overflatevann og bunnvann (Cl diff). O2 diff angir differansen for oksygenkonsentrasjoner. Kobberkonsentrasjoner i overflatevann og bunnvann angitt med tilstandsklasser etter veilederen, Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Andersen et.al 1997) (se **Tabell 1**).

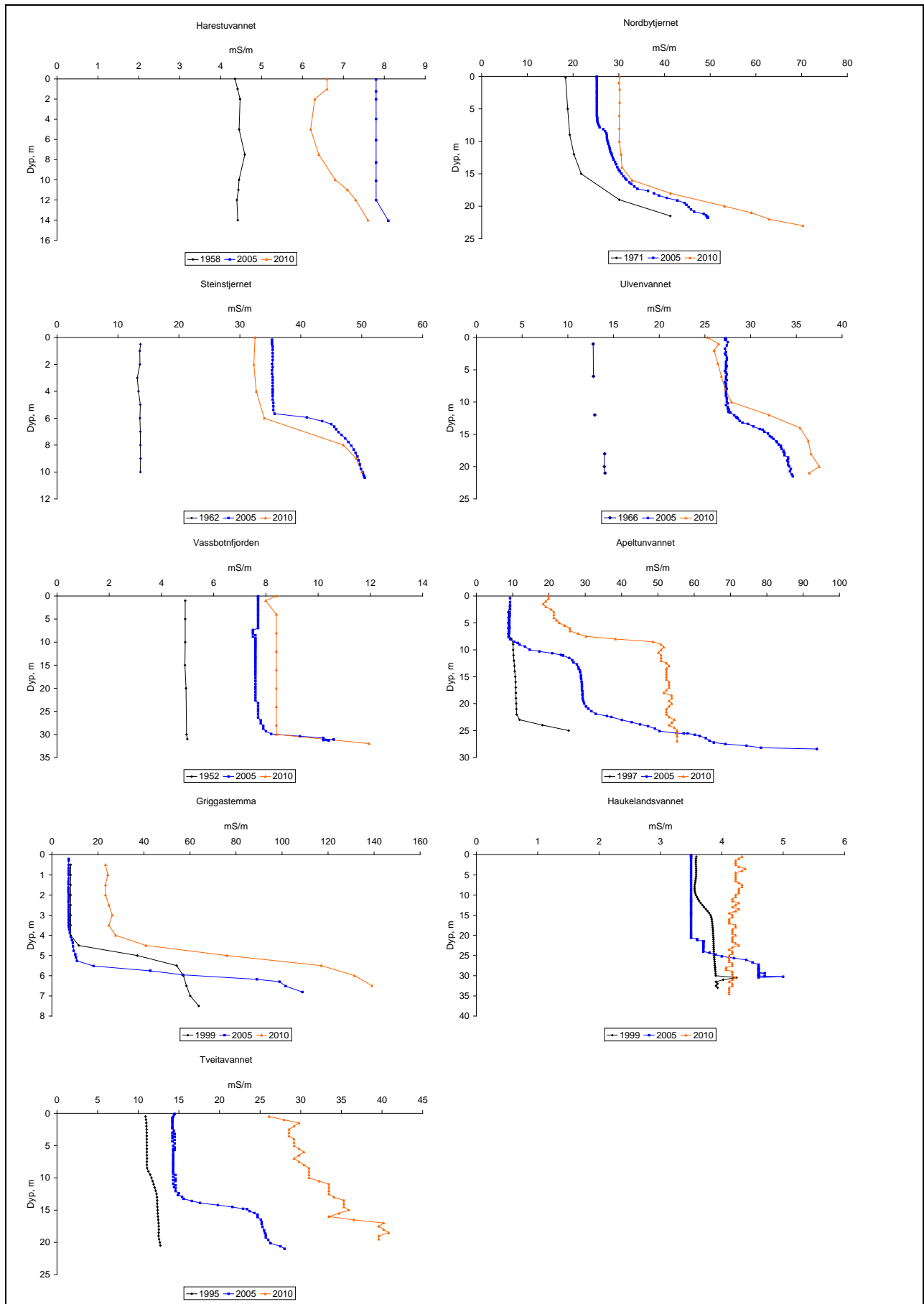
			Cl diff	O2 diff	Cu Bunn	Cu Overfl
Naturverdi	Råtjern	2005	462.1	11.3	3.19	6.07
Naturverdi	Råtjern	2010	440	9.33	1.41	2.68
Naturverdi *	Søndre Brutjern Basseng A	2010	149.1	10.8	1.11	1.32
Drikkevann	Liavatnet	2005	16.7	7	2.08	1.93
Drikkevann	Liavatnet	2010	15.4	6.48	2.22	3.18
Naturverdi	Østensjøvann	2010	7	20.35	2.06	1.95
Naturverdi	Jarenvannet	2010	3.2	9.74	0.968	0.987
Drikkevann	Vassbotnfjorden	2005	0.9	10.93	0.873	0.471
Naturverdi	Børsesjø	2010	0.46	9.77	2.52	6.4
Drikkevann	Brusdalsvann	2010	0.11	9.09	2.17	5.74
Drikkevann	Auslandsvatn Basseng A	2010	0.02	0.13	0.043	1.25
Drikkevann	Vassbotnfjorden	2010	0	11.01	1.5	0.927
Drikkevann	Gjersjøen	2005	-1.4	0	1.76	2.15
Drikkevann	Gjersjøen	2010	-2.3	3.42	3.69	2.65

3.2 Tidsutvikling i vannkjemi

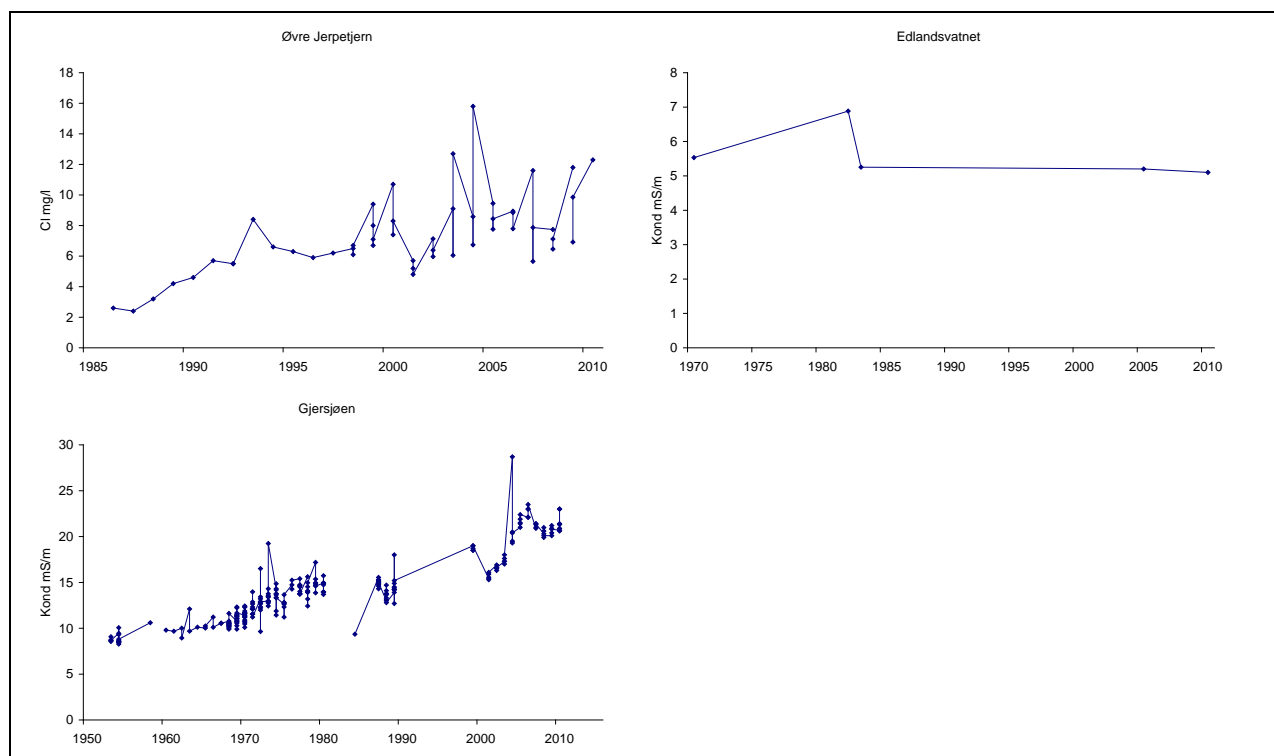
3.2.1 Langtidsutvikling

For 7 av de 9 innsjøene hvor det foreligger data for langtidsvariasjon (flere år) av konduktivitetsprofiler hadde det vært en økning i dybdespesifikk konduktivitet over tid fram til 2005 (**Figur 10**). Fra 2005 til 2010 ble det registrert tydelig økning i konduktivitet i 3 av disse vannene, mens det for de resterende 6 vannene var små økninger eller små reduksjoner. For ett av vannene (Haukelandvannet) hadde det foregått en høstsirkulasjon i 2010 som ikke ble registrert i 2005. I Griggastemma var konduktiviteten meget høy i bunnvannet og med tilsvarende høy kloridkonsentrasjon.

I 3 innsjøer er det angitt utvikling over tid i overflatekonsentrasjoner (**Figur 11**). I Gjersjøen ved Oslo har det vært en klar økning siden målingene startet på 1950 tallet. Fra en konduktivitet på ca. 10 mS/m skjedde en økning til ca. 15 mS/m på 1970 tallet etterfulgt av en ganske stabil periode på 1980 og 90-tallet, for så å øke igjen fra ca 2000 til 2005. Deretter synes konsentrasjonene å ha stabilisert seg omkring 20-23 m/Sm. I Edlandsvatnet på Jæren er det få målinger, men det ble ikke påvist vesentlige endringer i konduktiviteten siden 1970. I Øvre Jerpetjern er det målt klorid (ikke konduktivitet). Det ble påvist en klar økning i kloridkonsentrasjoner de første årene etter at målingene startet. Fra ca. 2.5 mg/l i 1986 har det vært en gradvis økning til ca. 8-10 mg/l omkring 2000. Deretter har konsentrasjonene stort sett ligget på samme nivå fram til 2010.



Figur 10. Tidsutvikling av konduktivitetsprofiler for 9 innsjøer. Merk at tidsforskjellen mellom profilene varierer svært mye fra innsjø til innsjø og at skalaene er forskjellige



Figur 11. Tidsutviklingen i saltholdigheten i overflatevannet i tre innsjøer. Merk at i Øvre Jerpetjern er det konsentrasjonen angitt som klorider, mens for de to andre er det angitt som konduktivitet.

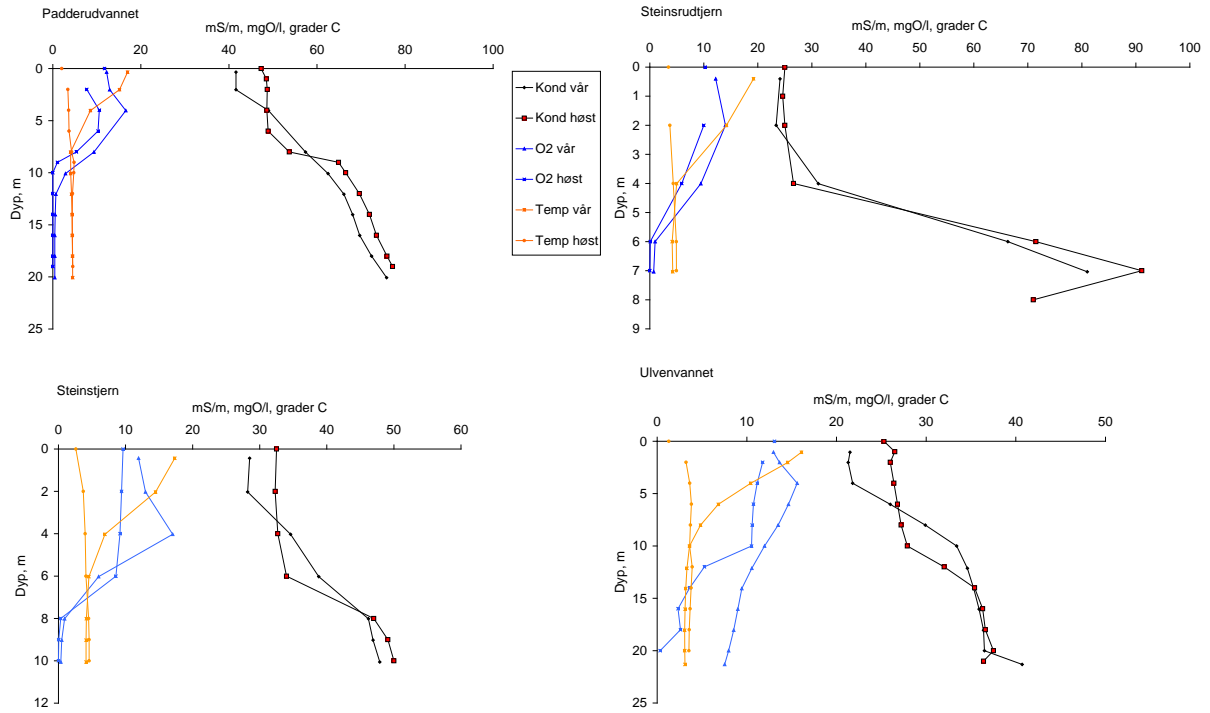
3.2.2 Sesongforskjeller

Det var i stor grad samsvar mellom dybdeprofilene for konduktivitet og oksygen vår og høst i de 12 undersøkte innsjøene (**Figur 12**). I enkelte av innsjøene kunne det likevel sees en forsterket sjiktning av både konduktivitet og oksygen fra situasjonen om våren til høsten. I region øst syntes Ulvenvannet å ha hatt en vårsirkulasjon, men den fikk ikke en høstsirkulasjon i 2010 da isen hadde lagt seg ved måletidspunktet, og derved hindret vinden i å bidra til vannsirkulasjon. I region vest hadde Liavannet hatt vårsirkulasjon. Det ble dannet en svak kjemisk sjiktning med reduserte oksygenkonsentrasjoner i dypvannet i løpet av sommeren. Dersom det ikke legger seg is kan denne sjiktningen trolig brytes i løpet av høsten. I region sør hadde også ett av vannene (Søndbøvannet) sannsynligvis hatt en vårsirkulasjon. Saltholdigheten var redusert i løpet av sommeren. En sjiktning er i ferd med å dannes helt mot bunnen senhøstes. Fordi isen hadde lagt seg ved høstprøvetakingen, er det sannsynlig at sjiktningen blir forsterket gjennom vinteren.

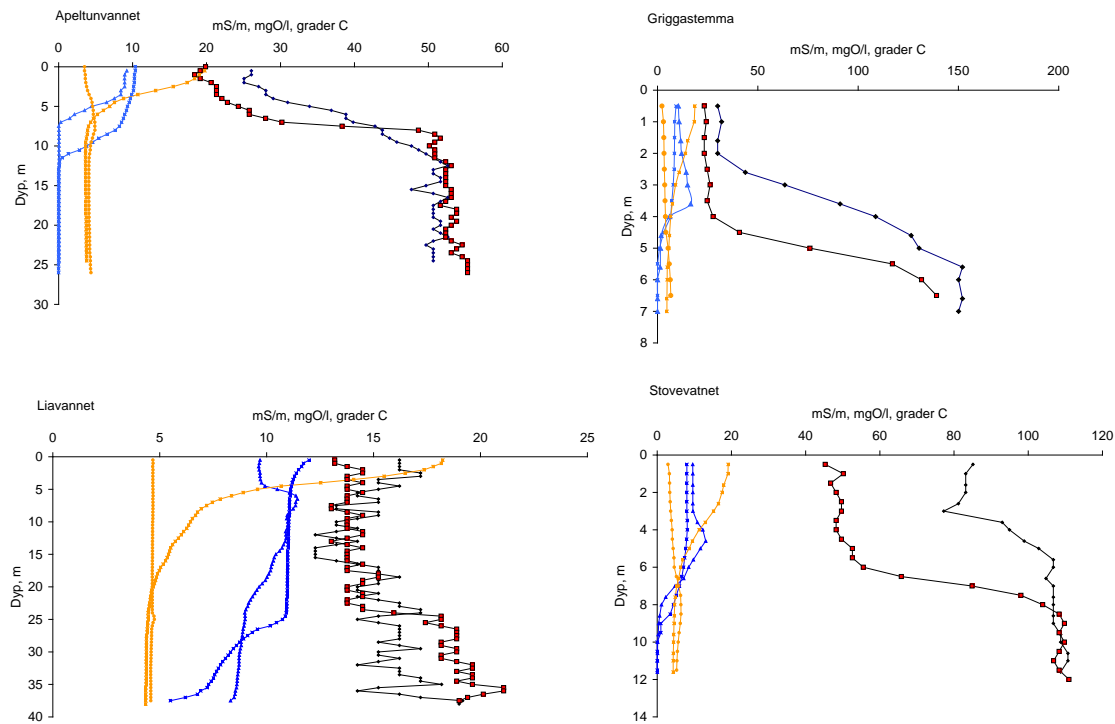
Temperaturene var rimelig nok høyere i overflatevannet i alle vannene på senvåren enn på senhøsten.

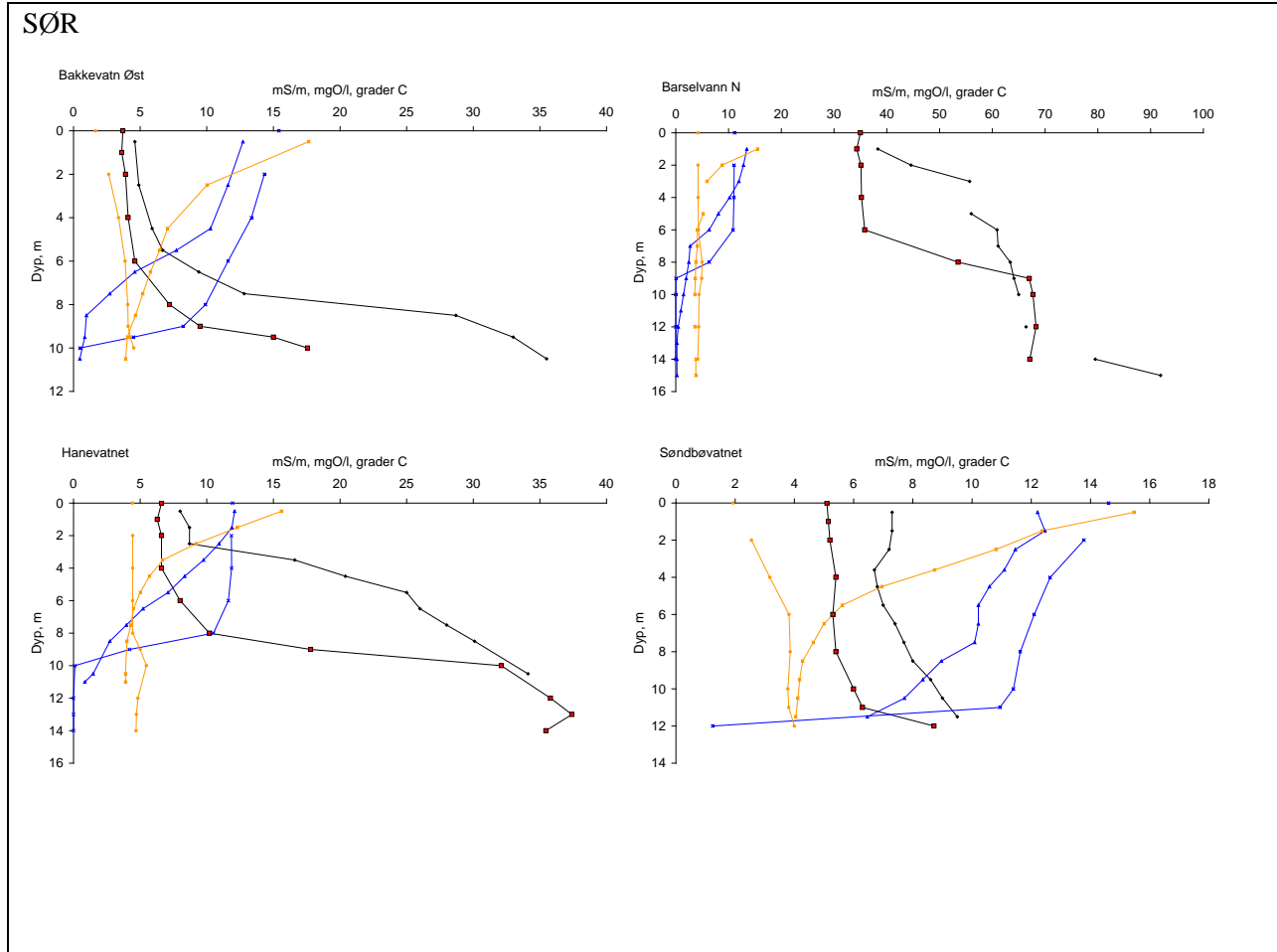
For flere av metallene var det en tendens til høyere konsentrasjoner i overflatevannet om høsten enn om våren (Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) (**Figur 13**). De økte konsentrasjonene i overflatevannet kan samsvare med at trafikken er større i sommerhalvåret og at vegavrenningen da går til overflatevannet (høy temperatur og mindre salt). Materialet er imidlertid lite (12 innsjøer) og komplekse kjemiske forhold i avrenning og innsjøer tilsier at det ikke kan gjøres bastante konklusjoner angående årsaksforholdene for endret fordeling av metaller mellom vår og høst.

ØST

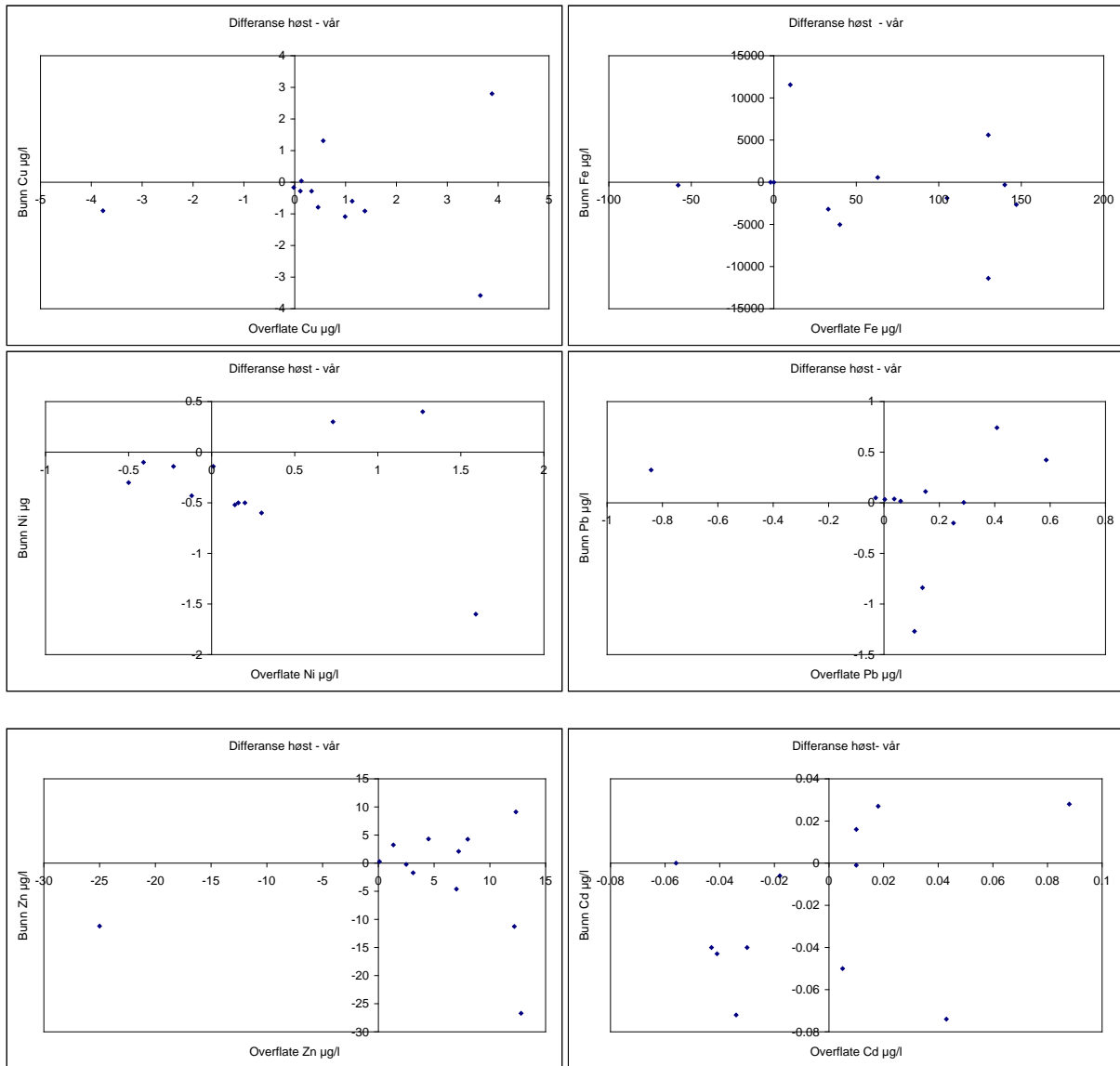


VEST





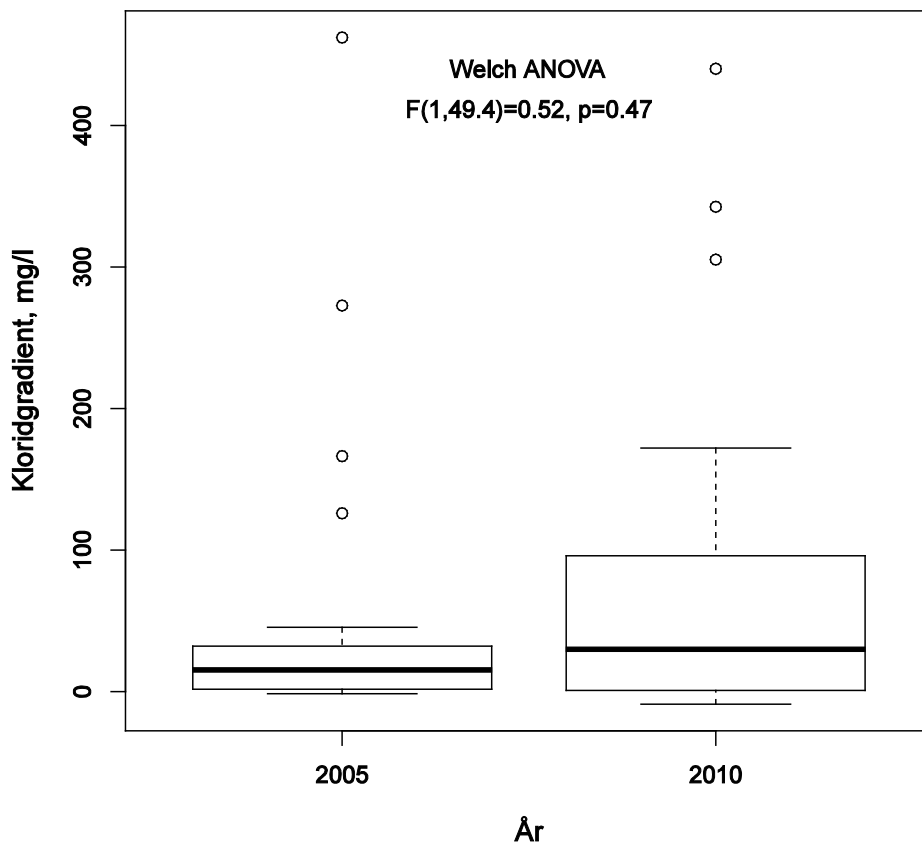
Figur 12. Dybdeprofiler av konduktivitets, oksygen og temperatur for vår/tidlig sommer og sen høst for 4 Innsjøer fra hver region. Merk at skalaene er forskjellige.



Figur 13. Differansen i metallkonsentrasjoner fra vår til høst. Tallene angir høstkonsentrasjon – vårkonsentrasjon for overflatevann og bunnvann.

3.3 Test av trend i gradienter mellom 2005 og 2010

Kloridgradientene tenderte til å være større i 2010 (73.4 ± 22.9 mg Cl/l, gjennomsnitt \pm s.e.) enn i 2005 (51.3 ± 20.4) for sjøene som ble målt begge ganger, men økningen var ikke statistisk signifikant (Welch Anova $p > 0.05$, **Figur 14**).

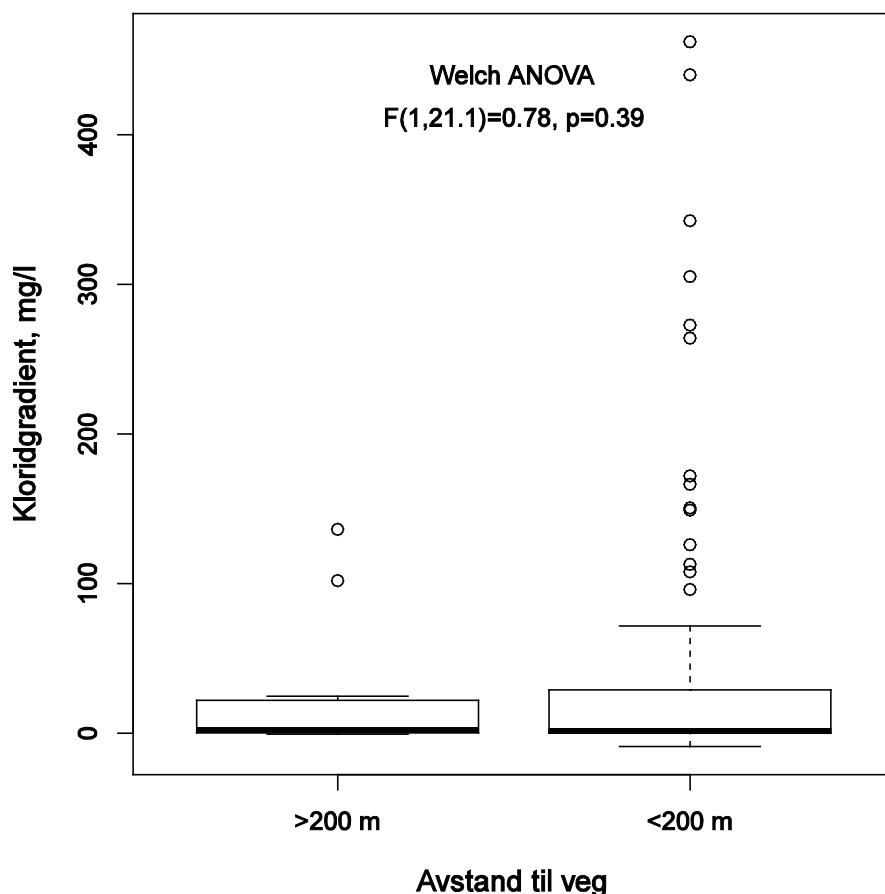


Figur 14. Box plott av kloridgradienter ($[Cl]_{\text{bunn}} - [Cl]_{\text{overflate}}$) for innsjøer ($n=26$) som ble målt i både 2005 og 2010 samt teststatistikk for Welch ANOVA som tester forskjell mellom de to åra. Welch ANOVA tillater ulik innen-gruppe varians for de to gruppene.

Av de 26 sjøene som ble målt både i 2005 og 2010 var det 17 som hadde kloridgradient i 2005. I 2010 var det fortsatt 17 innsjøer med kloridgradient, men tre av innsjøene som hadde gradient i 2005 hadde ikke lenger gradient, mens det var tre andre innsjøer som hadde utviklet kloridgradient mellom 2005 og 2010. De resterende seks sjøene hadde ikke gradient verken i 2005 eller i 2010. Av alle de 26 innsjøene hadde 16 fått økt gradient mellom 2005 og 2010, noe som ikke er signifikant forskjellig fra en tilfeldig forventning ($\chi^2=1.40$, $df=1$, $p=0.24$). Blant de 17 innsjøene som hadde kloridgradient både i 2005 og 2010 hadde 14 fått økt gradient i løpet av denne perioden, noe som er signifikant flere enn en tilfeldig forventning ($\chi^2=4.86$, $df=1$, $p=0.028$).

3.3.1 Effekt av nærhet til veg

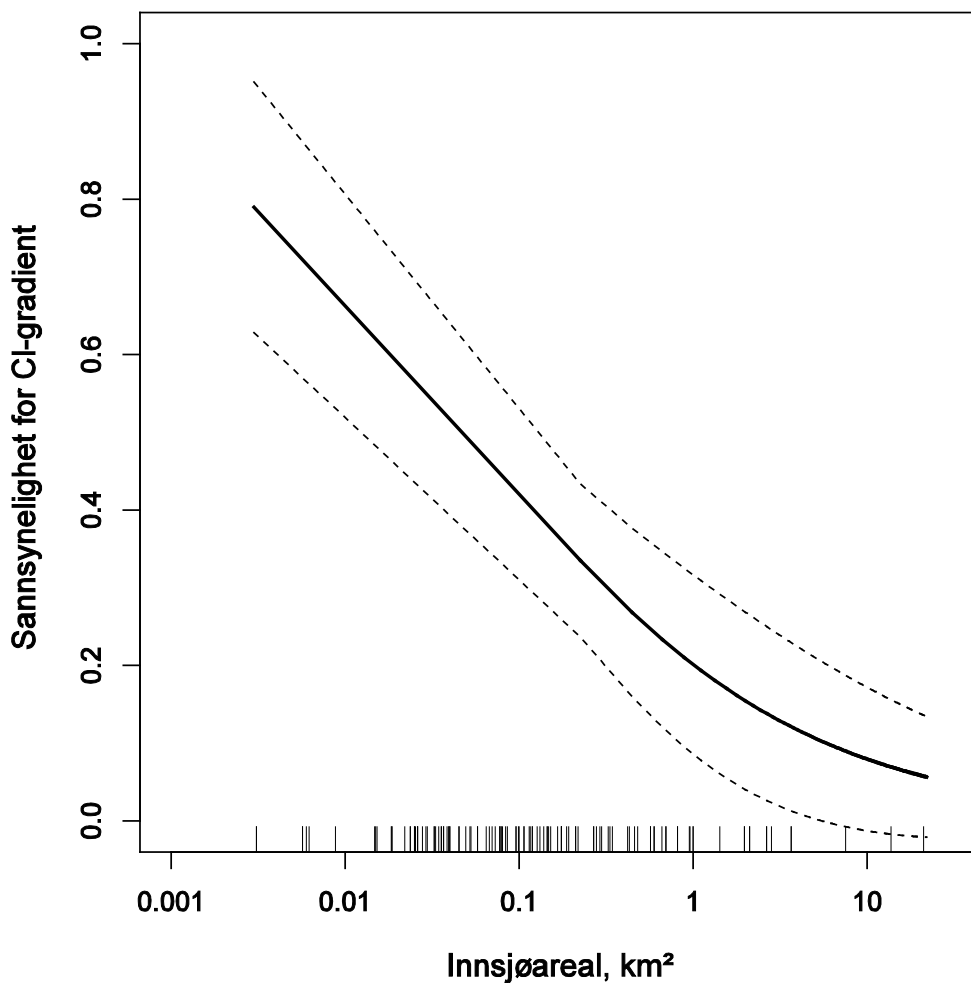
Det var en tendens til at innsjøer som var lokalisert lenger unna nærmeste veg enn 200 meter hadde mindre kloridgradienter enn innsjøer som lå nærmere veger (gjennomsnitt \pm s.e.: 24.4 ± 13.1 vs 38.1 ± 8.3 mg klorid/l), men denne tendensen var ikke signifikant forskjellig fra 0 (Welch ANOVA, $p > 0.05$, **Figur 15**). Av de 29 nye innsjøene som ble undersøkt i 2010 som lå nærmere enn 200 meter fra veg hadde 11 (38 %) utviklet kloridgradienter. Av de nye innsjøene som lå mer enn 200 meter fra veg hadde én (12,5 %) utviklet kloridgradient. En kan med andre ord ikke uten videre friskmelde innsjøer som ligger mer enn 200 meter fra veg i forhold til risiko for utvikling av saltgradient.



Figur 15. Box plott av kloridgradienter ($[Cl]_{\text{bunn}} - [Cl]_{\text{overflate}}$) for innsjøer som ligger mer enn 200 meter unna veg ($n=12$) og innsjøer som ligger mindre enn 200 meter unna veg ($n=82$). Tilhørende teststatistikk for Welch ANOVA som tester forskjell mellom de to innsjøkategoriene er oppgitt. Welch ANOVA tillater ulik innen-gruppe varians for de to gruppene.

3.3.2 Sannsynlighet for kloridgradienter

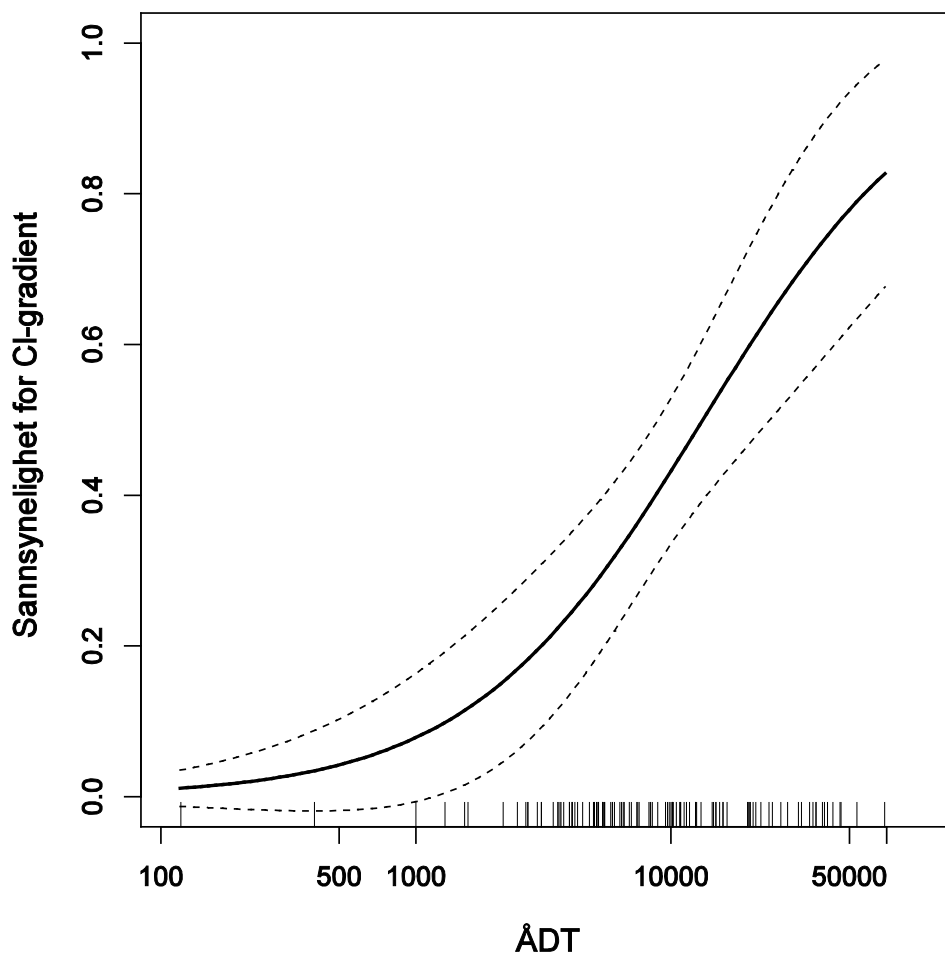
Før vi gjennomførte årsaksanalyser for dannelse av kloridgradienter undersøkte vi nærmere enkeltbidrag fra noen av kandidatvariablene som skulle inngå i årsaksanalysene. Dette ble gjort ved å tilpasse logit-modeller (GLM med binomisk respons, her er responsen "ikke kloridgradient" vs "kloridgradient"). Analysene viser at jo større innsjøene er i overflateareal, jo mindre sannsynlighet er det for dannelse av kloridgradient. Innsjøer som er større enn ca. 1 km^2 har lav sannsynlighet (< 20 %) for å utvikle kloridgradienter.



Figur 16. Estimert sannsynlighet for at en innsjø skal ha kloridgradient som funksjon av innsjøens areal. Estimaten er avledet ved logistisk regresjon (GLM, logit) der en innsjø sies å ha kloridgradient dersom $[Cl]_{\text{bunn}} - [Cl]_{\text{overflate}} > 10$ mg/l (Bækken og Haugen 2006). Stiplede linjer angir 95 % - konfidensintervall. Modellen forklarer 9 % av variasjonen.

Av **Figur 17** ser vi at sannsynligheten for dannelse av kloridgradient øker med økende trafikkmengde (ÅDT), men at så lenge ÅDT er mindre enn 2000 biler er sannsynligheten for kloridgradientdannelse mindre enn 20 %.

De to enkeltfaktorene innsjøareal og ÅDT har begge tydelige effekter på sannsynlighet for dannelse av kloridgradient, men hver for seg forklarer de kun 9 og 12 % av variasjonen. For å kunne forklare mer av variasjonen må en kombinere disse variablene med flere påvirkningsfaktorer.



Figur 17. Estimert sannsynlighet for at en innsjø skal ha kloridgradient som funksjon av trafikkmengde (ÅDT) på innsjøens nærmeste veg. Estimateret er avledet ved logistisk regresjon der en innsjø sies å ha kloridgradient dersom $[Cl]_{\text{bunn}} - [Cl]_{\text{overflate}} > 10 \text{ mg/l}$ (Bækken og Haugen 2006). ÅDT forklarer 12 % av variasjonen.

3.3.3 Årsaksfaktorer for kloridgradienter

Kloridgradientene ble estimert ved å tilpasse to kloridmodeller: én for estimering av overflatekonsentrasjonen av klorid og en annen for estimering av bunnkonsentrasjonen. Ut fra disse to modellene kan en så estimere forventet kloridgradient ved ganske enkelt å ta differensen mellom de to.

Overflate kloridkonsentrasjon lot seg prediktere med 63 % presisjon ved hjelp av prediktorvariablene salt tilført i felt per overflateareal for innsjøen, ÅDT og årsavrenning, samt i tillegg en effekt av innsjøstørrelse (kategorisk variabel: stor: $> 1 \text{ km}^2$; liten: $< 1 \text{ km}^2$) (**Tabell 4**). I alt gir dette en svært enkelt modell som inneholder kun 6 parametere. Som forventet øker kloridkonsentrasjonen for en gitt mengde tilført salt i nedbørsfeltet og for gitt ÅDT i sjøer med liten årlig avrenning (**Tabell 4**).

Overflatekonsentrasjonen synes å være mest følsom for økning i tilført salt for intervallet opp til ca. 500 tonn per km^2 innsjøoverflate. Utover dette synes kloridkonsentrasjonen å flate ut (**Figurene 18 A-D**).

Kloridkonsentrasjon i bunnvann lot seg prediktere med 63 % presisjon ved hjelp av prediktorvariablene salt tilført i felt per overflateareal for innsjøen, ÅDT, innsjømorfologi (dvs. gjennomsnittsdyp/innsjøareal) og teoretisk oppholdstid, samt i tillegg en effekt av innsjøstørrelse (**Tabell 4**). I alt gir dette en svært enkelt modell som inneholder kun 7 parametere. Som forventet øker kloridkonsentrasjonen for en gitt mengde tilført salt i nedbørsfeltet og for gitt ÅDT innen innsjømorfologi og teoretisk oppholdstid (**Tabell 4**). Bunnvannskonsentrasjonen av klorid synes, som for overflatevannet, å være mest følsom for økning i

tilført salt for intervallet opp til ca. 500 tonn tilført nedbørsfeltet per km² innsjøoverflate. Utover dette synes kloridkonsentrasjonen å flate ut (**Figurene 18 A-D**). Som forventet øker kloridkonsentrasjonen i bunnvannet når morfologibrøken øker (dvs. innsjøen blir relativt dypere for et gitt overflateareal, koeffisient (ln-skala): 0.299 ± 0.082 , **Tabell 4**) og med økende teoretisk oppholdstid (koeffisient (ln-skala): 0.108 ± 0.039).

Som i 2006 ble det funnet at ÅDT er en viktig og sterk prediktor for kloridkonsentrasjon både i overflatevann og bunnvann (**Tabell 4**). Vi tror ikke det er noen årsaksmessig kobling mellom ÅDT og kloridkonsentrasjonene som sådan, men tror heller at ÅDT må være korrelert med en eller flere andre faktorer som ikke er inkludert i modellene våre fra før av. Effekten er sterk positiv for begge konsentrasjonene, så faktorene vi ser etter må være forsterkende. Et forslag er å undersøke i hvilken grad ÅDT kan være positivt korrelert med dreneringsforholdene på vegene, eller om ÅDT er positivt korrelert med andre kloridkilder ved f eks at ÅDT tenderer til å være større for kystnære veier og/eller lavlandsveier, og dermed ha større tilførsel av havsalt. Dette er forhold som må undersøkes nærmere.

Det ble ikke funnet støtte i dataene for regioneffekter på kloridkonsentrasjoner for verken bunnvann eller overflatevann (fjerning av denne forklaringsvariabelen ga aldri signifikant fall i forklart variasjon sammenlignet med enklere modeller, Likelihood-ratio tester, $p > 0.05$).

Store innsjøer hadde jevnt over høyere kloridkonsentrasjoner enn små sjøer for overflatevannet (koeffisient for store sjøer: 0.174 ± 0.064 , **Tabell 4**), men lavere kloridkonsentrasjoner for bunnvannet (-0.504 ± 0.193).

De to modellsettene ble brukt til nærmere å undersøke under hvilke forhold en skal forvente at gradienter oppstår og spesielt for å finne kritiske salttilførselsdoser (dvs laveste saltførselsmengde i nedbørsfeltet, justert for innsjøareal, som gir forventet gradient på > 10 mg Cl/l mellom overflatevann og bunnvann). Eksempler for slike estimeringer er gitt for små innsjøer (< 1 km²) i **Figur 16 A-D**. Fra disse ser vi tydelig at ÅDT er en svært viktig driver av gradientene. For ÅDT-verdier på under 5000 biler pr døgn må en ha veldig store innsjømorfologibrøker (typisk 100 m/km²)¹ for at saltet skal akkumuleres i bunnvannet. For lavere ÅDT enn dette er det lite sannsynlig at kloridgradienter skal oppstå. For ÅDT større enn 10 000 biler i døgnet vil det imidlertid knytte seg betydelig risiko for at kloridgradienter skal oppstå, særlig da for de litt dypere innsjøene. Eksempelvis vil kritisk tilførselsmengde være på beskjedne 36 tonn/km²/år for innsjøer med gjennomsnittsdypde 50 m/km² for ÅDT på 10 000 biler i døgnet (**Figur 16 C**). For tungt trafikkerte veier med ÅDT på 25 000 biler og høyere i døgnet er risikoen for dannelse av kloridgradienter betydelig uansett innsjømorfologi. Kritiske tilførselsdose vil for slike vegsystemer være svært lave selv i grunne innsjøer (**Figur 16 D**), eksempelvis 7,7 tonn pr km² for innsjømorfologibrøker på 25 m/km².

Som vi ser fra **Figurene 16 A-D** eksisterer det ingen enkel terskelverdi for salt tilført på veg, slik 2006-studien antydte. Dette betyr at en ikke lenger kan operere med tommelfingerregler som at over 25 tonn salt per km veg i felt vil gi saltgradient slik det ble framstilt i 2006-rapporten. Forhold som innsjømorfologi og ÅDT må tas med i betraktningen. Imidlertid er de forelagte modellene for estimering av kloridkonsentrasjoner i overflate- og bunnvann såpass enkle at det vil være forholdsvis enkelt å estimere risiko for dannelse av kloridgradienter for enkelttilfeller av vegnære innsjøer. En slik anvendelse er presentert i en EXCEL-applikasjon i kapittel 3.3.5.

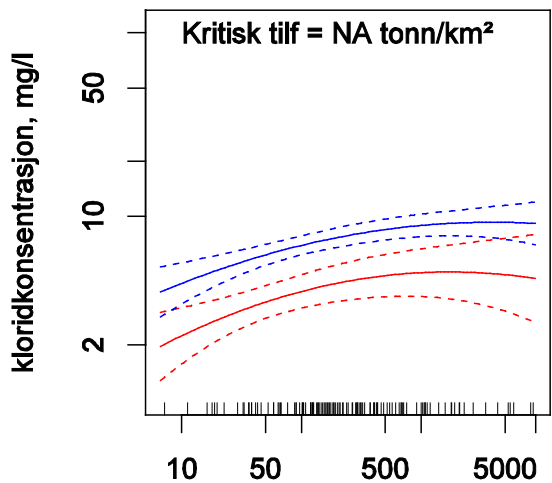
¹ I innsjømaterialet er 25 %, 50 % og 75 % prosentilene henholdsvis 17,4, 56,0 og 115,4 m/km²

Tabell 4. Parameterestimater for fikserte variabler og tilhørende effekttester for LME-modeller tilpasset for å estimere kloridkonsentrasjon i overflatevann og bunnvann i norske vegnære innsjøer. Begge modellene forklarer 63 % av variasjonen hver seg og innen-vann variasjonen utgjorde respektivt 0,4 og 0,6 % av den forklarte variasjonen for overflatevannmodellen og bunnvannmodellen.

Respons	Parameterestimater (fixed effects)				Effekttest			
	Variabel	Estimat	SE	Term	Df	SS	F	p
ln(Cl)overflate	Intercept	1.679	0.487	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)	1	12.4	42	<0.0001
	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)	0.301	0.118	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)^2	1	1.75	5.86	0.018
	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)^2	-0.017	0.008	ln(ÅDT)	1	11.8	39.9	<0.0001
	ln(ÅDT)	0.357	0.053	Innsjøgruppe	1	1.41	4.79	0.031
	Innsjøgruppe [Store sjøer]	0.174	0.064	ln(Årsavrenning)	1	9.92	33.7	<0.0001
	ln(Årsavrenning)	-0.218	0.038					
ln(Cl)bunn	Intercept	-5.008	1.073	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)	1	33.8	56.3	<0.0001
	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)	0.268	0.131	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)^2	1	1.65	2.75	0.090
	ln(saltilførsel felt pr innsjøareal)^2	-0.013	0.006	Innsjøgruppe	1	4.96	8.59	0.003
	Innsjøgruppe [Store sjøer]	-0.504	0.193	ln(ÅDT)	1	44.1	73.4	<0.0001
	ln(ÅDT)	0.666	0.077	ln(innsjømorfologi)	1	7.85	13.1	0.001
	ln(innsjømorfologi)	0.299	0.082	ln(teoretisk oppholdstid)	1	1.99	3.32	0.071
	ln(teoretisk oppholdstid)	0.108	0.039					

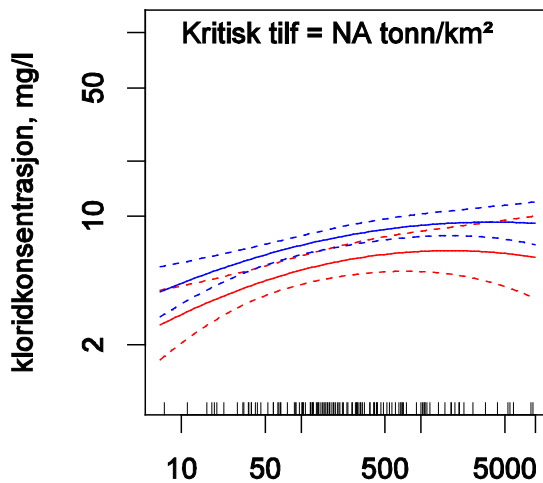
A

dyp/areal= 10 m/km²; ÅDT= 1000



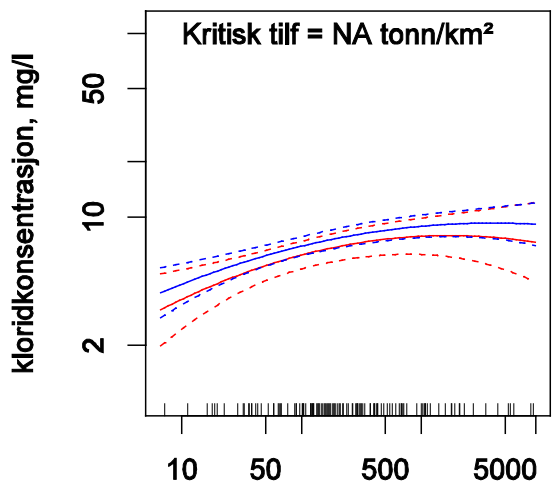
Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 25 m/km²; ÅDT= 1000



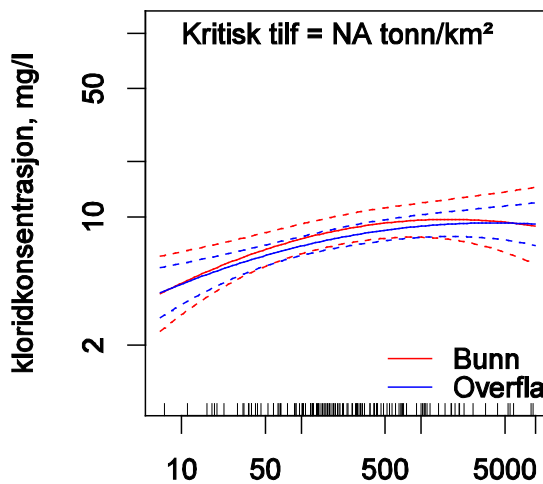
Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 50 m/km²; ÅDT= 1000



Tonn salt tilført felt per km² innsjø

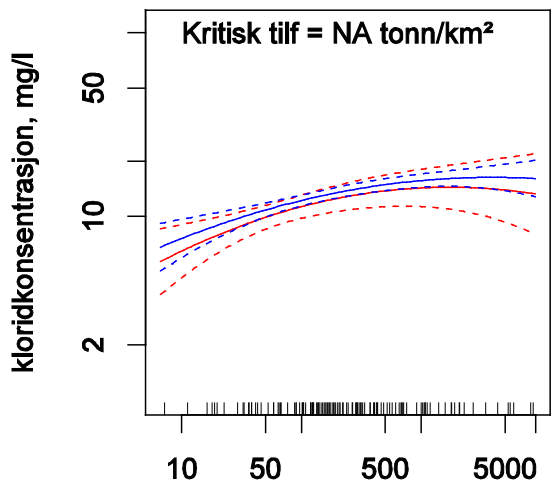
dyp/areal= 100 m/km²; ÅDT= 1000



Tonn salt tilført felt per km² innsjø

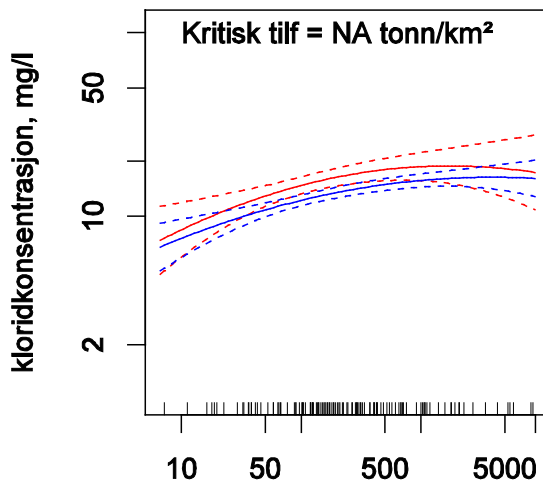
B

dyp/areal= 10 m/km²; ÅDT= 5001



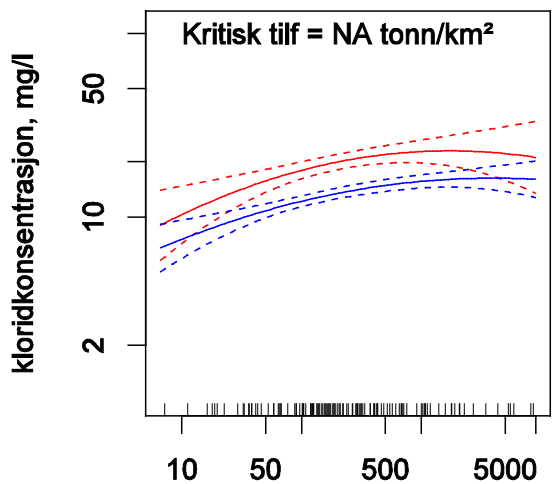
Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 25 m/km²; ÅDT= 5001



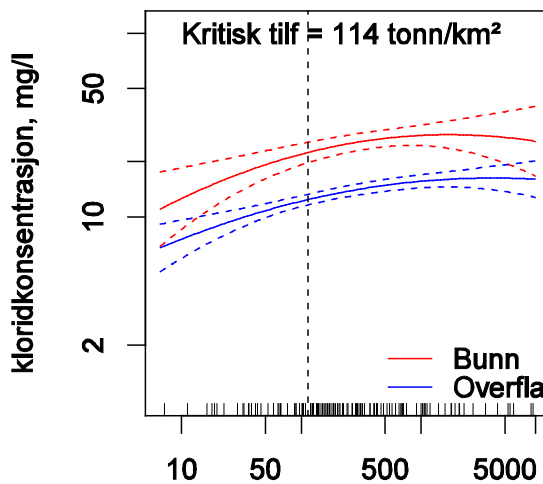
Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 50 m/km²; ÅDT= 5001



Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 100 m/km²; ÅDT= 5001

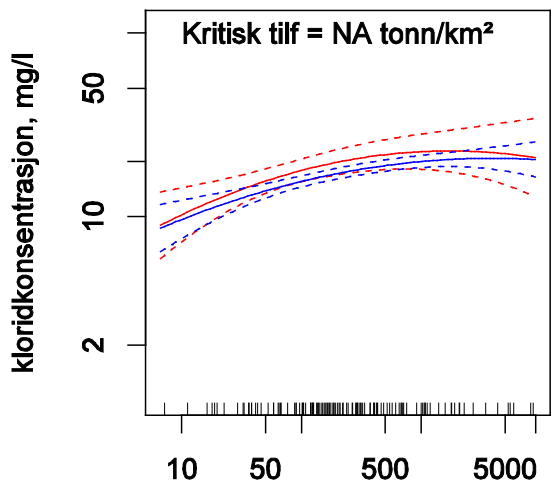


Tonn salt tilført felt per km² innsjø

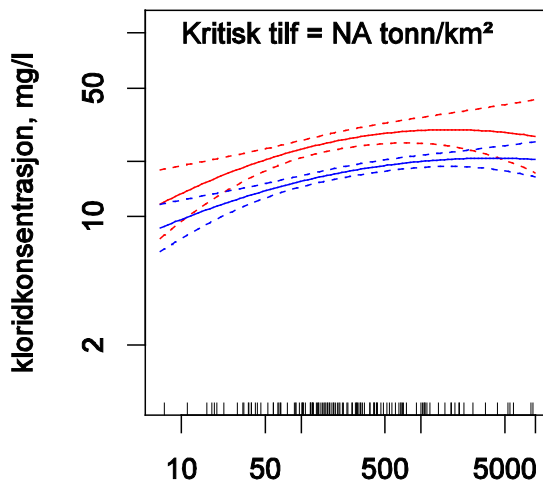
C

dyp/areal= 10 m/km²; ÅDT= 10000

dyp/areal= 25 m/km²; ÅDT= 10000



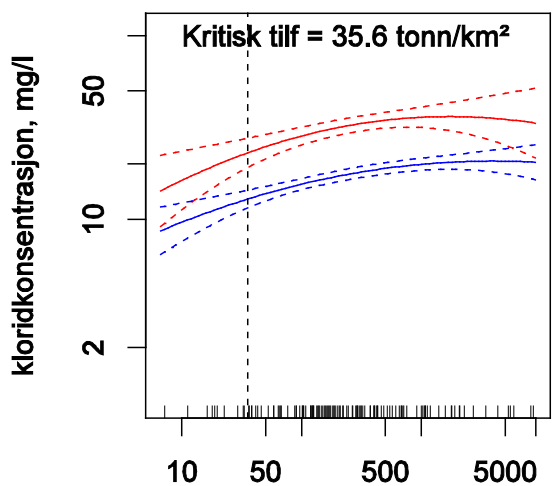
Tonn salt tilført felt per km² innsjø



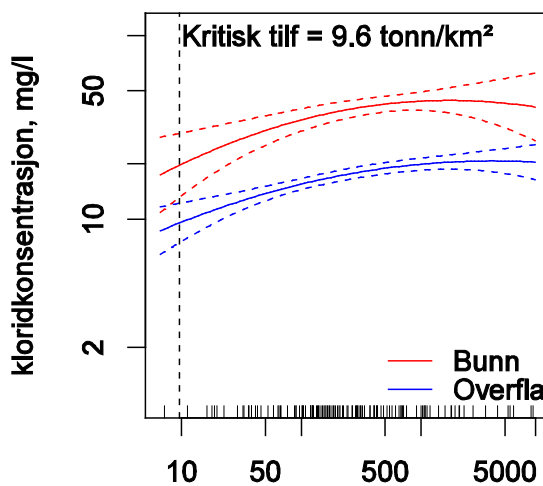
Tonn salt tilført felt per km² innsjø

dyp/areal= 50 m/km²; ÅDT= 10000

dyp/areal= 100 m/km²; ÅDT= 10000

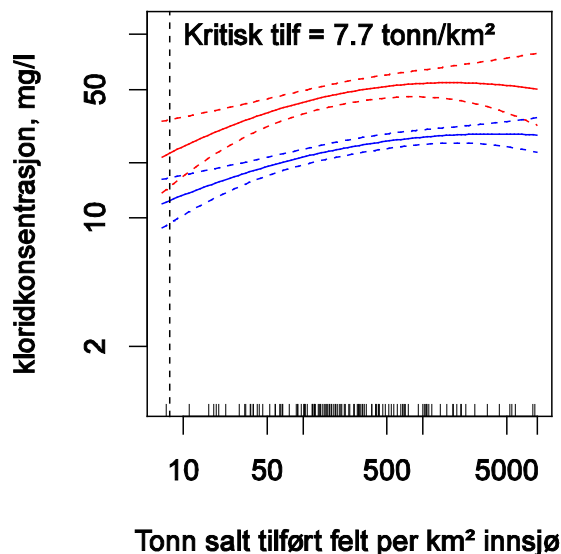
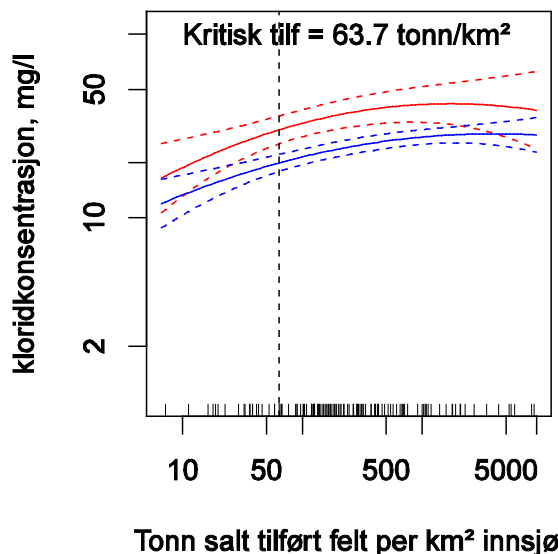
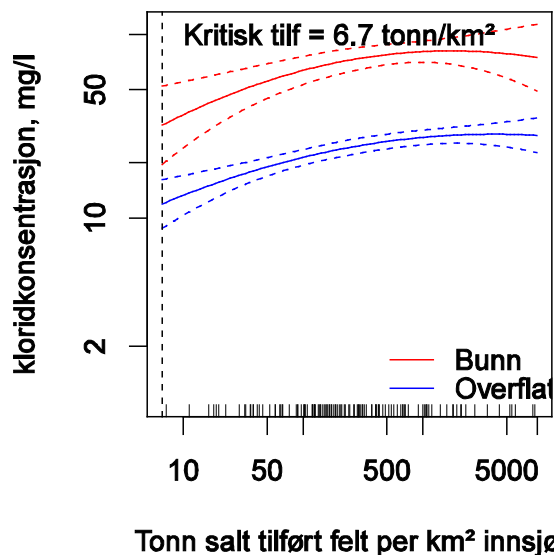
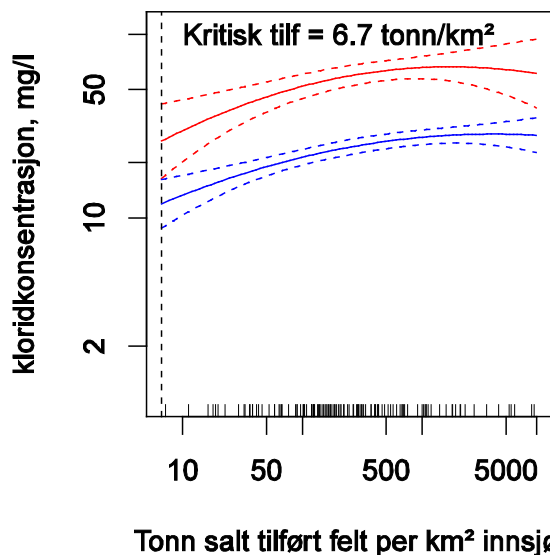


Tonn salt tilført felt per km² innsjø



Tonn salt tilført felt per km² innsjø

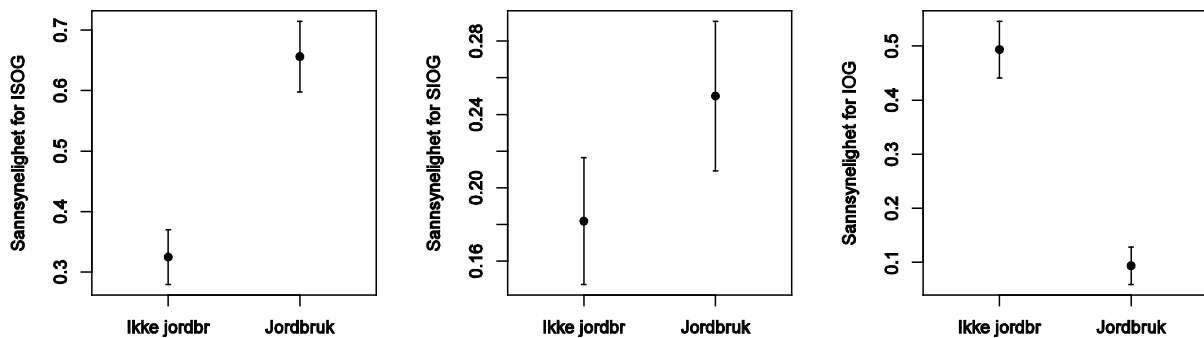
D

dyp/areal= 10 m/km²; ÅDT= 25000dyp/areal= 25 m/km²; ÅDT= 25000dyp/areal= 50 m/km²; ÅDT= 25000dyp/areal= 100 m/km²; ÅDT= 25000

Figur 18. A-D. Estimert kloridkonsentrasjon for bunnvann (røde linjer) og overflatevann (blå linjer) som funksjon av salt tilført i nedbørsfeltet per areal innsjø. A-D utgjør stigende ÅDT-situasjoner der de ulike panelene representerer fire ulike innsjømorfologier. Begge modellene forklarer 63 % av variasjonen. Figurene gjelder for innsjøer under 1 km² overflate. Stiplet vertikal linje angir kritisk saltmengde (Kritisk tilf) under den rådende innsjøtypen, dvs. den laveste tilførte saltmengde som skal forventes å medføre saltgradient. Estimatenes er avledet fra modellene som er oppgitt i **Tabell 4**, og alle ikke-oppgitte variabler som inngår i modellene er satt til gjennomsnitt for datasettet. Merk at både x og y-aksen er på log-skala.

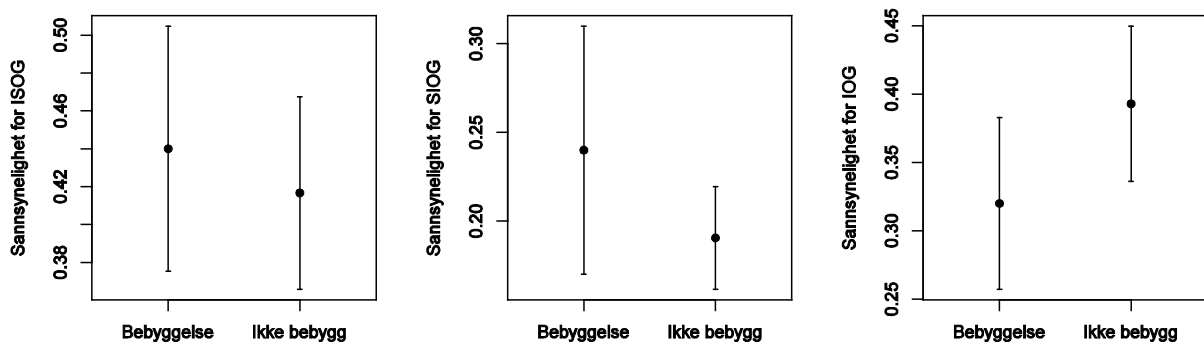
3.3.4 Betydning av jordbruk og bebyggelse

Når en estimerer, ved bruk av vektoriserte generaliserte additive modeller (VGAM), den simultane sannsynligheten for at en innsjø tilhører en av tilstandskategoriene ”ikke saltindusert oksygen gradient (ISOG)”, ”salt-indusert oksygengradient (SIOG)” eller ”Ingen oksygengradient (IOG)” finner en at innsjøer som ligger i jordbrukslandskap har høyere sannsynlighet for å tilhøre både kategoriene ISOG og SIOG (ikke signifikant) enn innsjøer som ikke ligger i jordbrukslandskap (**Figur 19** og **Tabell 5**). Sannsynligheten for at en innsjø i jordbrukslandskap ikke skal ha oksygengradient (IOG) er i gjennomsnitt nesten fem ganger lavere enn for innsjøer som ikke ligger i jordbrukslandskap (0.10 vs 0.48).



Figur 19. Estimert simultan sannsynlighet for dannelse av ikke salt-indusert oksygengradient (ISOG), salt-indusert oksygengradient (SIOG), og ingen oksygengradient (IOG) som funksjon av hvorvidt innsjøen ligger i jordbrukslandskap eller ei. Esimatene er avledet fra VGAM-modellen som er oppgitt i **Tabell 5** og utgjør gjennomsnittlig sannsynlighet ($\pm 95\%$ CI) for 109 observasjoner som var inkludert i analysene.

Effekten av bebyggelse på innsjøers oksygengradienter er langt mindre utpreget enn effekten av jordbruk. I gjennomsnitt har innsjøer som ligger i området uten bebyggelse litt høyere sannsynlighet for ikke å ha oksygengradient og litt lavere sannsynlighet for både å ha ISOG og SIOG enn innsjøer som ligger i bebyggelsesområder, men ingen av disse tendensene er signifikante (**Figur 20** og **Tabell 6**).



Figur 20. Estimert simultan sannsynlighet for dannelse av ikke salt-indusert oksygengradient (ISOG), salt-indusert oksygengradient (SIOG), og ingen oksygengradient (IOG) som funksjon av hvorvidt innsjøen ligger i bebygget område eller ei. Esimatene er avledet fra VGAM-modellen som er oppgitt i **Tabell 6** og utgjør gjennomsnittlig sannsynlighet ($\pm 95\%$ CI) for 109 observasjoner som var inkludert i analysene.

Tabell 5. Parameterestimerer for VGAM-modellen (multinomial) som estimerer simultan sannsynlighet for dannelse av ikke salt-indusert oksygengradient (ISOG), salt-indusert oksygengradient (SIOG), og ingen oksygengradient (IOG) som funksjon av hvorvidt innsjøen ligger i jordbrukslandskap eller ei, samt en rekke andre prediktorvariable. De lineære prediktorene er: [1]= $\ln(\mu[\text{ISOG}]/\mu[\text{IOG}])$ og [2]= $\ln(\mu[\text{SIOG}]/\mu[\text{IOG}])$.

Parameter	Estimat	S.E.
Intercept[1]	15.109	5.194
Intercept[2]	11.276	5.526
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})[1]$	-0.641	1.369
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})[2]$	-1.262	1.520
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})^2[1]$	0.043	0.110
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})^2[2]$	0.091	0.130
$\ln(\text{ÅDT})[1]$	-0.860	0.324
$\ln(\text{ÅDT})[2]$	-0.468	0.373
$\ln(\text{innsjømorf})[1]$	-0.727	0.314
$\ln(\text{innsjømorf})[2]$	-0.575	0.345
$\ln(\text{oppholdstid})[1]$	-0.576	0.240
$\ln(\text{oppholdstid})[2]$	0.008	0.252
Jordbruk[Ikke][1]	-1.994	0.740
Jordbruk[Ikke][2]	-1.637	0.800

Tabell 6. Parameterestimerer for VGAM-modellen (multinomial) som estimerer simultan sannsynlighet for dannelse av ikke salt-indusert oksygengradient (ISOG), salt-indusert oksygengradient (SIOG), og ingen oksygengradient (IOG) som funksjon av hvorvidt innsjøen ligger i område med bebyggelse eller ei, samt en rekke andre prediktorvariable. De lineære prediktorene er: [1]= $\ln(\mu[\text{ISOG}]/\mu[\text{IOG}])$ og [2]= $\ln(\mu[\text{SIOG}]/\mu[\text{IOG}])$.

Parameter	Estimat	S.E.
Intercept[1]	13.148	4.757
Intercept[2]	8.953	5.279
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})[1]$	-0.224	1.269
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})[2]$	-0.795	1.458
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})^2[1]$	0.006	0.104
$\ln(\text{salt tilført pr innsjøareal})^2[2]$	0.051	0.128
$\ln(\text{ÅDT})[1]$	-0.880	0.320
$\ln(\text{ÅDT})[2]$	-0.452	0.378
$\ln(\text{innsjømorf})[1]$	-0.880	0.303
$\ln(\text{innsjømorf})[2]$	-0.711	0.339
$\ln(\text{oppholdstid})[1]$	-0.571	0.234
$\ln(\text{oppholdstid})[2]$	0.002	0.249
Bebyggelse[Ikke][1]	0.296	0.606
Bebyggelse[Ikke][2]	0.443	0.726

3.3.5 Anvendelse av modellene

En førsteversjon av applikasjon til estimering av kloridkonsentrasjoner og gradienter, samt sannsynlighet for dannelse av gradienter er laget. Applikasjonen kjøres i EXCEL og krever ingen tilleggsinstalleringer enn basis EXCEL. Applikasjonen kan estimere innsjøkonsentrasjoner enkeltvis (se **Figur 21**) eller mange innsjøer om gangen i tabellform.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Saltsjømodellen.applikasjon.test.xlsx [Compatibility Mode]". The spreadsheet is organized into several tables:

Innsjøattributter		Nedbørsfelt		Vegattributter		Saltmengde	
Areal (km ²):	0.6	Avrenningsfelt (km ²):	4	ÅDT:	20000	tonn/km/år:	10
Middeldyp (m):	30	Årsavrenning (m ³):	300000	Veg i felt (km):	5		
Teoretisk oppholdstid (mnd):	15						

Avledede variabler	
Salttilførsel felt per innsjøareal:	83.33
Innsjømorfologi:	50.00

Estimat	LCL	UCL
Cl ved overflate (mg/l):	32.10	35.22
Cl ved bunn (mg/l):	53.61	56.43
Cl-gradient:	21.51	24.35
Sannsynlighet Cl-grad:	0.96	0.99

Figur 21. Screen-dump av Excel-fila som estimerer kloridkonsentrasjoner og gradienter (samt konfidensintervall) ved innsjøspesifikke input. Estimatenes framkommer fra modellene i **Tabell 4**.

4. Referanser

- Andersen, J.R., Bratteli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L. Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B., og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann - SFT Veiledning 97:04/SFT-rapport TA nr 1468/1997.
- Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje (Environmental Effects of Traffic Pollution Caused by Wear and Tear of Road Surfaces and Tyres). NIVA Rapport 2874 og Nordiske Seminar og Arbeidsrapporter 1993: 628 fra Nordisk Ministerråd
- Bækken, T og Færøvig, P.J (Red.) 2004: Effekter av vegforurensninger på vannkvalitet og biologi i Padderudvann-Publikasjon 106 Statens vegvesen
- Bækken, T & Jørgensen, T. 1994. Vannforurensning fra veg – langtidseffekter. Statens vegvesen. Vegdirektoratet. Veglaboratoriet. Publikasjon nr. 73.
- Bækken, T. 1994. Trafikkforurenset snø i Oslo. - NIVA Rapport 3131
- Bækken, T. Tjomsland, T. 2001. Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum. Konsekvenser av snødumping for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva. – NIVA Rapport 4460.
- Bækken, T., og T. O. Haugen. 2006. Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer: Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH. Oslo, Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen. 91 sider
- Færøvig, P. J., Kjensmo, J. og Kaasa, B. 2001. Svinesjøen. En undersøkelse av hvordan stans i vegsalting vinteren 2001 virker inn på sirkulasjonsforholdene i vannmassene. Rapport. Univ. i Oslo. 22 s.
- Færøvig, P. J., Kjensmo, J. og Kaasa, B. 2002. Svinesjøen 2001. Virkningen på innsjøens vannmasser av 1 års stans i vegsalting. Rapport. Univ. i Oslo. 21 s.
- Færøvig, P. J., Kjensmo, J. Og Kaasa, B. 2003. Innvirkningen på Svinesjøens vannmasser og sirkulasjonforhold etter 3 års stans av vegsalting i innsjøens nedslagsfelt. Rapport. Univ. i Oslo. 22 s.
- Gjessing, E., Lygren, E., Berglind, L., Gulbrandsen, T. & Skaane, R. 1984b. Effect of highway runoff on lake water quality. - Science of the Total Environ. 33: 245-257
- Haugen, T., Bækken, T., Hasle Heiaas, H. og Skjelbred, B. 2010. Tålegrenser for planktonalger i innsjøer. Statistiske analyser og laboratorietester av planktonalger og salt. – NIVA Rapport 6014-2010
- Kjensmo, J. 1997. The influence of road salts on the salinity and the meromictic stability of Lake Svinsjøen, southeastern Norway. Hydrobiologia 347: 151-158.
- Lygren, E. & Gjessing, E. 1984. Highway pollution in a Nordic climate. - NIVA Rapport 1603
- Walker, K. F. 1974. The stability of meromictic lakes in central Washington. Limnol. Oceanogr. 19: 209-222.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, og G. M. Smith. 2009, Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R. New York, Springer.
- Yee, T. W. and Wild, C. J. (1996) Vector generalized additive models. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, Methodological, 58, 481–493.
- Hastie and Tibshirani (1990) Generalized Additive Models. Chapman and Hall. McCullagh P. and Nelder, J. A. (1989). Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall.

Vedlegg A. Innsjødata

ST_KODE	NAVN	X-koordinat 33	Y-koordinat 33	Vassdragsnr (NVE)	Vann-/elv løpenummer	H.O.H
AKEIBL01	Bleikslitjernet	255109.00	6638618.00	005.21	5529	98
AKEIBO01	Bondivannet	244060.00	6640364.00	009.1Z	5509	99
AKEIEN01	Engsdammen	252617.00	6634234.00	005.21	80671	31
AKEIGA01	Gaupmyrdammen	252149.00	6631460.00	005.21	5639	61
AKEIGJ01	Gjersjøen	263318.00	6634975.00	005.4B	297	40
AKEIGS01	Gjetsjøvannet	273181.00	6629132.00	003.G	5914	131
AKEIHQ01	Holstadvannet	265289.00	6624095.00	005.3B	5681	102
AKEIKO01	Kolbotntjern	264416.00	6636779.00	005.4B	5537	95
AKEINO01	Nordbytjern	287195.00	6675060.00	002.CAB1	4228	185
AKEIOS01	Østensjøvannet	266566.15	6646396.28	006.2AB	2513	107
AKEIPA01	Padderudvannet	239888.00	6640764.00	009.C	5521	188
AKEIST01	Steinstjernet	250463.00	6652767.00	008.A12	5320	201
AKEISV01	Svinesjøen	240612.21	6640389.52	009.C	2478	183
AKEITU01	Tussevann	265758.00	6632397.00	005.4C	5611	91
AKEIUL01	Ulvenvannet	240239.00	6639339.00	009.C	2478	181
BUSIDA01	Damtjern	235554.96	6638841.07	011.A0	5559	194
BUSINJ01	Nedre Jerpetjern	186061.19	6620801.85	015.CB	6246	408
BUSIØJ01	Øvre Jerpetjern	185310.15	6620854.75	015.CB	6247	455
HOREEI01	Eidsvatnet	-32182.29	6772135.54	065.3	26257	13
HORIAD01	Ådlandsvatnet	-32752.00	6666954.93	044.3B	1491	6
HORIAP01	Apeltunvatnet	-33003.11	6723684.04	056.32	26851	32
HORIBA01	Blanktjern	-27520.30	6711761.40	055.7A	26960	21
HORIBJ01	Bjørndalsvatnet	-22853.08	6758540.85	065.5	26374	17
HORIBR01	Bråtveitjørna	-40855.00	6639417.11	041.1B	22523	12
HORIFO01	Forvatnet	-30369.00	6742825.24	056.6	26584	86.7
HORIGR01	Griggastemma	-31236.58	6740975.87	056.6	26605	61
HORIGU01	Gulhaugvatnet	-40100.95	6636779.46	041.11	23131	42
HORIIHA01	Haukelandsvatnet	-24643.03	6729992.74	061.2C	2075	73
HORIHU01	Hundvensvatnet	-31972.55	6765467.12	065.2B	26327	21
HORIHV01	Husdalsvatnet	-18145.81	6761441.90	064.6	26346	51
HORIKV01	Kvernavatnet	-44815.07	6732013.77	057.1	66178	5.5
HORILIO1	Liavatnet	-36117.48	6732416.86	056.5	26706	89
HORILN01	Lille Nesttunvatn	-31809.17	6726029.97	056.3A	26803	14
HORIMA01	Mannavatnet	-43170.78	6640153.82	041.1B	22511	30
HORIOD01	Odnåstjørna	-18875.70	6763525.79	065.6	26340	27
HORIRA01	Råtjern	-33526.38	6723419.63	056.32	144423	32
HORISK01	Skeievatnet	-34662.15	6722836.48	056.32	26868	22
HORIST01	Stovevatnet	-43305.48	6732591.37	057.1	26726	24.5
HORITR01	Træddalsvatnet	-31725.27	6756108.72	065.21Z	26420	94
HORITV01	Tveitvatnet	-30964.80	6729858.25	056.4	26747	50
MORIBR01	Brusdalsvann	60992.08	6956292.25	101.5B	1982	26
NTRINE01	Nesvatnet	306190.32	7063868.92	125.4B	37138	67
NTRIRU01	Rungstadvatnet	328997.01	7108134.75	128.4Z	41745	89
OPPIEI01	Einavatnet	260959.56	6722239.33	002.DCD11	143	398
OPPIHA01	Harestuvatnet	262578.00	6679639.00	002.CFO	116	234
OPPIJA01	Jarenvannet	255032.76	6702016.86	012.EBB	557	201
OSLIGJ01	Gjersrudtjern	267069.00	6640139.00	006.1A	5478	
OSLILA01	Langtjernet	274171.36	6651370.92	002.CBB1	5311	154
OSLIST01	Steinsrudtjernet	268596.00	6638750.00	006.1A	5505	135
ROGIBO01	Bongsatjønn	-41381.55	6625954.37	039.3B	22704	25
ROGIED01	Edlandsvatnet	-26983.38	6549547.29	028.C1	1546	104
ROGIFUG1	Fuglavatnet	-39177.16	6626411.24	039.3A	22698	24
ROGIKY01	Ytre Kydlandsvatn	-21688.70	6538260.49	027.BZ	20435	230
ROGILIO1	Likningstjønn	-2057.00	6513059.00	026.4E	21279	172
ROGILU01	Lutsivatn	-27115.22	6561387.06	029.2B	65803	27
ROGIMOE1	Monatjønn	-776.00	6513330.00	026.BB	21266	182
ROGINI01	Nibbatjønn	-20151.30	6553481.62	028.CB	19886	131
ROGISJ01	Steintjønn	-26696.13	6635442.19	039.2	22578	40
ROGIST01	Stokkalandsvatn	-34294.56	6557119.00	029.1Z	19777	22
ROGITO01	Toskatjønn	-46622.76	6625619.43	039.72	22711	63
SOFIHU01	Husevatnet	-13558.17	6793035.02	069.3Z	25908	232
SOFILA01	Langelandsvatnet	10720.30	6843452.07	083.AZ	28422	333
SOFIOP01	Oppstrynsvatnet	82672.52	6892128.56	088.B11	1802	29
SOFISK01	Skilbreivatnet	9623.29	6839579.76	083.AZ	28486	253
STRIKIN1	Kinnsettjern	287883.58	7039569.54	123.41	37326	164
TELIBA01	Bakkevattn øst	180044.00	6548431.00	017.2Z	7904	26
TELIBO01	Børsesjø	192973.06	6577880.61	016.A1Z	6573	21
TELIEL01	Elgsjøen	181838.00	6619013.00	016.E1AZ	6264	264
TELIGR01	Gravtjern	160812.53	6651373.96	016.G41	203093	203
TELIGR01	Grostokkvatnet	190967.58	6550064.18	017.1Z	7785	36
TELISON1	Søndbøvatn	166125.00	6541100.00	017.AZ	8425	108
TELIST01	Stokkevannet	195119.70	6558026.38	017.11B	1256	21
VAGIBA01	Barselvann N	98991.00	6469184.00	020.42Z	132123	62
VAGIBIO1	Bilstadtjern	-3826.89	6520875.42	027.3CC0	21010	184.7

NIVA 6220-2011

St_kode	Navn	År	Region	Innsjøareal,km2	Nedbørfelt, km2	Arsavrenning	Oppholdstid	Veglengde <50m	Veglengde >200m	Veglengde i nedbørfelt	ADT	Saltbruk
AKEIGJ01	Gjersjøen	2010	Øst	2.6437	85	450	17.978	2		45	53500	22
AKEIN001	Nordbytjern	2010	Øst	0.268	3.8	810	9.059	0		3.5	20000	8
AKEIOS01	Østensjøvann	2010	Øst	0.333	4	560	2.111	0		0.8	68700	22
AKEIPA01	Padderudvannet	2010	Øst	0.175	2.8	560	10.568	0.5		2	43100	37
AKEIST01	Steinsjtjernet	2010	Øst	0.019	0.425	600	3.794	0.25		1	8200	14
AKEISV01	Svinesjøen	2010	Øst	0.116	0.43	540	77.763	0.52		1.8	7000	8
AKEITU01	Tussevann	2010	Øst	0.096	19	470	0.865	0		4.5	31600	22
AKEIUL01	Ullevannet	2010	Øst	0.960	22	550	8.251	0	4.5	4.5	5420	37
BUSIDA01	Damtjern	2010	Øst	0.132	3.5	510	4.193	0.6		5.05	46425	26
BUSINJ01	Nedre Jerpeltjern	2010	Øst	0.081	1.86	750	3.548	0.27		1.4	5100	28
BUSIØJ01	Øvre Jerpeltjern	2010	Øst	0.115	1.85	750	6.244	0	0.55	0.55	5100	28
HORIAPO1	Apeltunvatnet	2010	Vest	0.107	6.55	2180	0.705	0	1.5	1.5	41000	17
HORIBA01	Blanktjern	2010	Vest	0.119	4.3	1880	0.768	0.1		1	12600	20
HORIBJ01	Bjornaldsvatnet	2010	Vest	0.073	1.6	2300	1.499	0	0.68	0.68	120	24
HORIBR01	Bråttveitjørna	2010	Vest	0.052	2.9	1670	0.204	0.2		12	3600	24
HORIEI01	Eidsvatnet	2010	Vest	0.345	3.3	2020	3.910	0.9		2.6	4200	3
HORIF001	Forvatnet	2010	Vest	0.028	8	2200	0.097	0.35		10	40000	24
HORIGR01	Griggastemma	2010	Vest	0.037	1.05	2150	0.578	0		1	46000	20
HORIGU01	Gulhaugvatnet	2010	Vest	0.100	0.4008	1650	11.442	0.22		0.75	3600	24
HORIIHA01	Haukelandsvatnet	2010	Vest	0.813	11	2500	4.890	0.75		2.2	9500	17
HORIKV01	Kvernvatnet	2010	Vest	0.006	0.125	1900	0.397	0.05		0.45	20000	20
HORILJ01	Ljåvatnet	2010	Vest	0.175	3.3	2100	4.772	1.25		1.55	4000	17
HORILN01	Lille Nestunvatn	2010	Vest	0.036	0.284	1900	4.090	0.6		10	15000	5
HORIMA01	Mannvatnet	2010	Vest	0.193	0.82	1720	5.164	0.2		0.69	4100	5
HORIOD01	Odnåstjørna	2010	Vest	0.053	3.3	2350	0.387	0	0.26	0.26	400	24
HORIRA01	Råtjern	2010	Vest	0.003	0.725	2000	0.070	0.15		1.5	37000	17
HORISK01	Skeivatnet	2010	Vest	0.077	1.6	1900	1.142	0		0.75	26900	17
HORIST01	Stovevatnet	2010	Vest	0.033	0.425	1950	2.411	0.5		0.65	22500	10
HORITR01	Træddalsvatnet	2010	Vest	0.033	2.5	2450	0.409	0.52		1.5	4500	3
HORITV01	Tveitvatnet	2010	Vest	0.145	2.3	2100	2.988	0.5		3.5	10500	17
MORIBR01	Brusdalsvann	2010	Midt	7.524	29.4	1200	102.876	0.2		12	8450	7
OPPIE01	Einavatnet	2010	Øst	13.741	128.8	450	62.788	0.15		23	5018	23
OPPIHA01	Harestuvatnet	2010	Øst	1.977	93.9	900	1.659	0.2		10.5	6868	11
OPPIJA01	Jarenavannet	2010	Øst	1.423	100	390	6.212	0	20	20	10886	11
OSLILA01	Langtjernet	2010	Øst	0.148	10	640	0.983	0	4	4	2200	16
OSLIST01	Steinsrudtjernet	2010	Øst	0.079	1.35	480	4.601	0.3		1.35	37000	41
ROGIED01	Edlandsvatnet	2010	Vest	2.110	145.5	1600	1.629	1.9		24	10100	11
ROGISJ01	Steintjørna	2010	Vest	0.045	0.72	1350	2.853	0	0.6	0.6	5500	9
ROGITO01	Toskatjønn	2010	Vest	0.058	1.575	1450	1.852	0.7		0.9	16600	24
TELIBA01	Bakkevatn øst	2010	Sør	0.570	28.3	600	1.746	0.8		4.6	11500	20
TELIBO01	Børsejø	2010	Sør	0.699	20.81	390	1.630	0	6.5	6.8	5000	9
TELIGA01	Grostokkvatnet	2010	Sør	0.139	2.2	540	5.521	0		1.3	10000	20
TELIGR01	Gravtjern	2010	Sør	0.015	0.0988	300	35.900	0.24		0.44	1000	11
TELISON1	Søndbøvatn	2010	Sør	0.040	7.825	700	0.483	0.4		3.6	6550	20
TELIST01	Stokkevannet	2010	Sør	0.663	3.6	500	45.256	0		3	11800	20
VAGIBA01	Barselvann N	2010	Sør	0.026	0.9	850	2.420	0.2		1.1	12500	11
VAGIBI01	Bilstadtjern	2010	Sør	0.018	0.8635	1700	0.771	0	0.57	0.57	4300	23
VAGIHA01	Hanevatn	2010	Sør	0.024	2.95	800	0.665	0.5		2.5	7350	41
VAGILH01	Lille Hestesprangvann	2010	Sør	0.025	1.9	1600	0.700	0.33		1.2	5800	37
VESIIHA01	Vassbotnfjorden	2010	Sør	3.660	10.4	550	99.859	1		5.2	15000	27
ØSTIG001	Gørtjern	2010	Øst	0.009	0.4528	450	1.021	0.13		0.59	5391	6
ØSTIKU01	Kutjern	2010	Øst	0.015	0.5	380	2.947	0.15		0.7	5391	6
ØSTILJ01	Lintjøtn	2010	Øst	0.035	1.2	510	1.066	0.19		1	5175	14
ØSTILU01	Lundbytjern	2010	Øst	0.430	9.3	490	2.233	0	3.3	3.3	5175	14
ØSTIPA01	Patterdjtjernet	2010	Øst	0.040	1.25	470	1.908	0.25		2.6	24967	18
ØSTISB1A	Søndre Brutjern Basseng A	2010	Øst	0.099	1.3	390	11.081	0.38		0.54	5391	6
ØSTITR01	Trollbergtjern	2010	Øst	0.026	0.75	500	2.633	0		0.5	5175	14
AAGIAU1A	Auslandsvatn Basseng A	2010	Sør	0.482	6.2	470	21.099	0.82		1.8	3675	17.9
AAGIKR01	Kråkevatn	2010	Sør	0.065	5.5	800	0.903	0.19		3.7	1600	17
AAGILON1	Longumvatnet SØ	2010	Sør	1.000	2.2	650	56.221	0.3		1.8	11250	11
AAGIMO01	Molandsvann/Vågsåsen	2010	Sør	0.278	1.78	660	19.011	0.52		2.43	10910	24
AAGIST1A	Stutevann Sør	2010	Sør	0.212	10.6	830	3.641	0.3		2.8	10155	11
AAGISTN1	Stutevann Nord	2010	Sør	0.212	7.8	830	4.175	0.32		1.3	10155	11

NIVA 6220-2011

innsjønavn	dato	dyp	Ca	Cd	Cl	Cr	Cu	Fe	Kond	Na	Ni	Pb	pH	Sb	Zn
Apeltunvatnet	10.06.2010	1	13.3	-0.05	39	5.2	3.01	100	26.0549	21.7	0.7	-0.05	7.17	-0.5	5.9
Apeltunvatnet	02.12.2010	1	10.6	0.007	34	-0.1	4.14	247	18.4	21.7	0.71	0.338	6.97	0.2	10.4
Auslandsvatn Basseng A	18.11.2010	1	1.97	0.032	7.53	0.3	1.25	81	4.7	4.58	0.71	0.286		0.08	7.16
Bakkevatn øst	27.05.2010	1	2.15	0.022	6.38	0.43	0.37	170	4.26	4.56	0.53	0.399		0.09	5.26
Bakkevatn øst	18.11.2010	1	1.86	0.11	5.77	0.34	4.25	210	3.62	3.27	1.8	0.807		0.09	17.6
Barselvann N	27.05.2010	1	16.6	0.044	83.3	1.3	2.92	75	38.67	44.7	3.48	0.264		0.3	13.4
Barselvann N	16.11.2010	1	15.3	0.087	66.9	0.2	6.57	180	34.3	38.3	5.07	0.403		0.24	26.2
Bilstadjern	15.11.2010	1	3.28	0.075	10.3	-0.1	3.08	302	7.22	6.32	1.1	0.531		0.07	15.9
Bjørndalsvatnet	08.12.2010	1	1.08	0.01	6.13	-0.1	1.11	428	2.9295	4.16	0.78	0.381	5.85	0.06	6.25
Blankjonn	16.12.2010	1	12.6	0.008	23.6	0.94	3.93	260	16.1793	15.8	2.1	0.13	7.03	0.2	7.5
Brusdalsvatnet	14.12.2010	1	1.39	0.036	8.47	0.57	5.74	10	4.2	4.95	2	2.58	6.7	0.08	35.3
Bråtevitjern	13.12.2010	1	3.08	0.02	15.5	-0.1	0.868	180	7.0035	8.9	0.34	0.17	6.34	0.05	7.71
Børsesjø	19.11.2010	1	16.6	0.038	9.64	1	6.4	280	15	6.44	1.2	0.505	7.41	0.1	9.38
Damtjern	23.11.2010	1	58.2	0.051	46.1	0.74	1.54	-10	46.1	28.9	0.32	0.06		0.36	3.31
Edlandsvatnet	15.11.2010	1	2.49	0.026	7.46	0.1	1.62	65	5.1	4.61	0.5	0.298		0.06	7.69
Eidsvatnet	06.12.2010	1	0.907	0.01	10.5	-0.1	1.46	260	5.4935	7	0.46	0.518	5.6	0.05	5.57
Einavatnet	15.12.2010	1	12.6	-0.005	6.45	0.43	2.61	33	9.99	3.2	1.2	0.553	7.66	0.05	5.92
Forvatnet	08.12.2010	1	6.24	0.01	31.5	-0.1	2.71	232	13.8635	18.3	1.5	0.2	6.67	0.1	11.4
Gjersjøen	16.12.2010	1	20.6	-0.005	26.4	0.82	2.65	110	23	15.5	1.9	0.228	7.61	0.2	2.68
Gravtjern	19.11.2010	1	5.5	0.024	49	0.2	5.48	777	20.1	29.3	2.37	0.619		0.06	10.2
Griggastemma	10.06.2010	1	11.4	-0.05	59.6	5	2.5	-100	31.9604	33.8	1	0.06	7.18	-0.5	3.1
Griggastemma	06.12.2010	1	8.07	0.009	58.8	-0.1	3.49	230	24.2938	37.7	1.3	0.311	6.88	0.1	10.1
Grostokvatnet	23.11.2010	1	10.8	0.027	15.4	0.35	1.72	250	13.1	9.71	1.4	0.19		0.1	5.96
Gulhaugvatnet	14.12.2010	1	2.09	0.01	15.2	0.3	0.675	27	7.0815	9.27	0.2	0.256	6.48	0.07	7.74
Gørrtjern	24.11.2010	1	5.41	0.033	23.4	0.39	3.23	430	13.05	17	1.2	2.45	6.84	0.25	36.8
Hanevatn	27.05.2010	1	2.57	0.12	15.6	0.65	5.8	86	7.92	9.72	1.4	1.3		0.1	38
Hanevatn	15.11.2010	1	2.02	0.086	12.5	0.3	2.03	96	6.28	7.14	0.9	0.459		0.09	13
Harestuvatnet	01.12.2010	1	9.94	0.061	2.49	0.2	0.966	143	6.6	2.38	0.51	0.246		-0.05	37.6
Haukelandsvatnet	23.11.2010	1	2.1	0.005	6.4	0.9	2.85	250	4.33	4.31	0.79	0.15	6.52	0.06	6.22
Isvatn	18.11.2010	1	2.43	0.06	6.02	0.47	10.8	280	4.35	3.46	2.83	1.08		0.1	18.6
Jarenavannet	01.12.2010	1	60.5	0.02	11	0.38	0.987	20	36.2	5.62	1.6	0.039		0.07	1.5
Kråkevatn	16.11.2010	1	10.3	0.14	15.6	0.2	2.95	120	15.1	9.11	13.1	0.377		0.07	35.8
Kuttjern	25.11.2010	1	5.33	0.037	26	0.4	1.18	533	14.3	19.2	0.64	0.695	6.58	0.1	9.99
Kvernavatnet	03.12.2010	1	30.7	-0.005	24.5	0.87	0.781	42.3	29.2425	17.8	1.2	-0.005	6.9	0.09	16.6
Langtjern	26.11.2010	1	2.9	0.008	33.7	0.1	1.08	180	18.2	3.9	0.28	0.19		-0.05	2.75
Liavatnet	10.06.2010	1	6.09	-0.05	29	4	1.8	-100	16.2124	13.5	1	0.08	7.28	-0.5	16
Liavatnet	23.11.2010	1	6.41	0.032	23.1	-0.1	3.18	42	13.3464	14.8	1.2	0.19	7.09	0.1	23.2
Lille Hestesprangvatn	15.11.2010	1	0.726	0.066	9.02	0.2	1.69	110	4.3	5.54	0.44	1		0.08	8.41
Lille Nestunvatn	16.12.2010	1	19.4	0.01	39.7	-0.1	3	227	23.8609	26	1	0.11	7.23	0.2	15.3
Lintotjern	24.11.2010	1	1.95	0.031	4.95	0.39	1.61	487	3.48	3.48	1.3	0.721	7	0.08	8.77
Longumvatnet SØ	17.11.2010	1	7.23	0.023	18.9	0.3	1.52	260	12.2	12	0.94	0.207		0.09	6.67
Lundebytjern	24.11.2010	1	3.28	0.032	7.2	0.44	2.24	566	5.44	4.69	2.69	0.547	7.7	0.1	9.5
Mannavatn	13.12.2010	1	8.92	0.008	16.6	-0.1	1.66	79.1	13.1464	10.2	1.1	0.332	7.09	0.09	5.23
Molandsvann	17.11.2010	1	5.48	0.027	19.7	0.1	1.92	619	11.1	11.9	0.75	0.348		0.1	7.16
Nedre Jerpetjern	22.11.2010	1	2.67	0.056	19.9	0.9	3.19	454	8.77	12.4	0.94	1		0.1	14.1
Nordbytjern	30.11.2010	1	38.9	0.02	26.5	0.3	0.862	39.8	30	13.2	3.04	0.12		0.07	3.88
Odnåstjern	08.12.2010	1	0.399	0.01	5.9	-0.1	0.21	28	2.69	3.14	0.1	0.229	5.66	-0.05	3.01
Oppstrynsvatnet	14.12.2010	1	2.18	-0.005	1.06	0.2	0.757	10	2.09	0.83	0.2	0.391	6.69	-0.05	5.76
Padderudvatnet	02.06.2010	1	62	0.01	34.4	1.7	1.21	10	42.87	19.4	2.03	0.03		0.1	1.8
Padderudvatnet	23.11.2010	1	67.7	0.02	43.9	1.1	1.54	-10	48.5	24.3	2.19	0.18		0.2	4.3
Patterødtjern	25.11.2010	1	27.8	0.008	105	0.55	4.31	335	26.65	64.9	1.3	0.474	7.54	0.25	4.11
Råtjern	02.12.2010	1	27.9	0.01	88	0.92	2.68	302	53.136	54.8	0.69	0.15	6.91	0.1	12
Skeievatnet	02.12.2010	1	16.5	0.01	43.6	0.2	4.5	652	23.278	28.5	0.87	0.21	7.25	0.2	11.3
Steinsrudtjern	02.06.2010	1	9.55	-0.005	57.3	1.01	1.28	140	24.79	35.1	0.85	0.093		0.1	2.49
Steinsrudtjern	26.11.2010	1	11	0.01	52.1	0.1	1.39	270	24.6	33.5	0.99	0.13		0.1	5.61
Steinstjern	02.06.2010	1	24.7	0.061	48.2	1.2	1.15	47	29.49	24.8	0.51	0.17		0.1	1.3
Steinstjern	26.11.2010	1	29.1	-0.005	46.4	0.1	1.13	110	28	26.9	0.1	0.14		0.1	1.4
Steintjern	14.12.2010	1	3.82	0.024	15.2	-0.1	1.08	540	8.9295	9.27	0.43	0.203	6.58	-0.05	8.36
Stokkevatn	22.11.2010	1	25.4	0.064	26	-0.1	4	10	24.6	16.5	1.1	0.384		0.2	8.24
Stovevatnet	10.06.2010	1	20.3	-0.05	199	5.8	2.2	-100	83.1414	111	0.6	0.06	7.24	-0.5	4.7
Stovevatnet	01.12.2010	1	14.1	0.02	138	0.2	2.66	133	50.1702	85.8	0.48	0.12	6.98	0.42	16.9
Stutevann Nord	16.11.2010	1	3.01	0.075	12.2	-0.1	0.856	35	6.82	6.74	0.98	0.232		0.07	9.89
Stutevann Sør Basseng A	16.11.2010	1	3.96	0.083	14.4	0.1	1.41	69	8.32	8.12	1.8	0.318		0.08	13.2
Svinesjøen	26.11.2010	1	43	0.036	14.9	0.36	1.62	-10	27.5	8.37	0.95	0.12		0.1	6.65
Søndbøvatn	27.05.2010	1	2.3	0.032	14.5	0.36	2.15	110	7.16	9.16	1.3	0.224		0.07	6.38
Søndbøvatn	18.11.2010	1	2.21	0.05	9.88	0.2	2.71	250	5.15	5.83	2.03	0.81		0.08	14.4
Søndre Brutjern Basseng A	24.11.2010	1	2.31	0.023	15.9	0.71	1.32	794	7.63	10.5	1.1	0.537		0.08	7.01
Toskatjønn	14.12.2010	1	1.6	0.024	13.6	0.2	1.32	486	5.6455	8.76	0.55	1.36	5.9	0.08	12.4
Trollbergtjern	24.11.2010	1	2.9	0.038	9.14	0.54	1.17	681	5.31	6.02	1.5	1.17		0.1	9.64
Trødsalsvatnet	06.12.2010	1	1.27	0.009	11	-0.1	1.49	313	5.0805	7.13	0.75	0.235	6.12	-0.05	4.69
Tussetjern	30.11.2010	1	18.5	0.021	19	0.2	2.18	578	17.7	11.3	1.4	0.302		0.1	6.24
Tveitvatnet	16.12.2010	1	15.2	0.009	50.9	-0.1	2.77	390	27.941	32.3	0.87	0.229	7.22	0.1	17.2
Ulvenvannet	02.06.2010	1	28.2	0.01	15	1.6	1.33	48	22.45	8.88	0.79	0.092		0.1	1.7
Ulvenvannet	23.11.2010	1	37.9	0.02	15.3	0.68	1.46	46	26.5	9.71	0.56	0.095		0.1	3.05
Vassbotnfjorden	19.11.2010	1	3.23	0.052	13.6	0.2	0.927	398	7.99	9.3	0.35	0.3		0.1	8.14
Østensjøvannet	25.11.2010	1	22.3	0.005	19	0.32	1.95	210	20.5	12.8	0.62	0.202	8.98	0.2	1.8
Øvre Jerpetjern	22.11.2010	1	0.854	0.06	12.8	0.62	2.77	435	5.44	7.78	1.1	1.26		0.1	15.3

NIVA 6220-2011

Innsjønavn	dato	dyp	Ca	Cd	Cl	Cr	Cu	Fe	Kond	Na	Ni	Pb	pH	Sb	Zn
Apeltunvatnet	02.12.2010	27	21.5	0.01	136	-0.1	2	1180	55.3	79.7	0.86	0.093	6.77	-0.05	17.3
Apeltunvatnet	10.06.2010	26	20.4	-0.05	124	3.9	2.6	3830	55.9	70.2	1	0.09	6.72	-0.5	13
Auslandsvatn Basseng A	18.11.2010	12	-5	-0.005	7.55	-0.1	0.043	-10	4.86	-0.05	-0.05	0.01	6.8	-0.05	-0.05
Bakkevatn øst	27.05.2010	10	12.3	0.049	70.7	0.96	1.34	5290	30.7	38.4	1.4	0.598		0.08	7.09
Bakkevatn øst	18.11.2010	10			50										
Barselvann N	27.05.2010	14	23.8	0.12	160	1.5	5.62	6150	69.32		4.71	1.12		0.22	38.7
Barselvann N	16.11.2010	14	23.2	0.046	163	-0.1	2.04	4270	67.1	83	3.11	0.281	8.98	0.1	12
Bilstøtjern	15.11.2010	12.5	3.36	0.062	10.4	0.1	1.87	326	7.33	6.18	0.73	0.51		0.06	11.7
Bjømdalsvatnet	08.12.2010	27	2.05	0.01	7.84	-0.1	1.36	2910	6.2215	5.2	0.98	0.824	6.02	-0.05	4.43
Blanktjønn	16.12.2010	10	13.2	-0.005	52.8	1.2	4.38	585	25.6767	34.6	2.37	0.14	6.96	0.2	8.17
Brusdalsvatnet	14.12.2010	82	1.32	0.01	8.58	0.52	2.17	-10	4.31	4.95	0.81	0.895	6.78	-0.05	13.8
Bråtveittjernet	13.12.2010	3.5	4.4	0.024	13.8	-0.1	0.785	522	8.5295	8.76	0.49	0.246	6.23	0.06	10.8
Børsesjø	19.11.2010	3.5	19.2	0.02	10.1	0.7	2.52	347	18.8	6.58	0.76	0.449	7.28	0.1	4.02
Damtjern	23.11.2010	11	79.7	0.039	154	1.1	1.05	290	88.5	78.9	0.2	0.642	7.86	0.39	10.8
Edlandsvatnet	15.11.2010	36	2.43	0.032	7.6	-0.1	1.71	57	5.245	4.68	0.45	0.217	7.2	0.06	6.63
Eidsvatnet	06.12.2010	30	1.33	0.02	17.6	-0.1	1.51	990	7.54	10.7	0.59	1.15	5.37	-0.05	5.76
Einavatnet	15.12.2010	53	11.5	-0.005	5.7	0.3	1.41	20	9.565	2.89	0.81	0.96	7.71	-0.05	1.7
Forvatnet	08.12.2010	11	5.85	0.008	43.1	-0.1	3.03	251	20.9438	24.4	1.3	0.28	6.64	0.1	11.5
Gjersjøen	16.12.2010	55	18.9	-0.005	24.1	0.79	3.69	300	21	14	1.9	0.264	7.49	0.2	3.53
Grajern	19.11.2010	14			75										
Griggastemma	06.12.2010	6	28.8	0.007	364	-0.1	0.813	705	131.6113	211	0.4	0.06	6.69	-0.05	4.2
Griggastemma	10.06.2010	6	23.7	-0.05	457	6.1	1.9	12100	150.0704	230	1	0.26	6.44	-0.5	8.8
Grostokkvatnet	23.11.2010	9	10.4	0.028	15.6	0.34	1.75	360	13.55	9.59	1.3	0.217	7.26	0.1	6.06
Gulhaugvatnet	14.12.2010	15	2.47	0.01	16.2	0.3	0.594	29	7.4215	10.2	0.2	0.232	6.23	0.07	6.02
Gørrtjern	24.11.2010	4	16.5	0.034	174	-0.1	1.49	9800	76.05	107	1.9	6.81	6.77	0.1	11.6
Hanevatn	15.11.2010	14	8.67	0.14	84.3	-0.1	1.11	12500	35.45	45.2	1.2	1.06	6.73	0.06	10.3
Hanevatn	27.05.2010	14	7.56	0.212	84.9	1.3	2.01	943	33.13	49.6	1.5	0.736		0.07	21.5
Harestvatnet	01.12.2010	14.5	8.75	0.046	2.87	0.2	0.803	106	7.32	2.02	0.52	0.14		-0.05	25.8
Haukelandsvatnet	23.11.2010	33	2.12	0.01	6.44	-0.1	1.21	275	4.12	4.32	0.61	0.15	6.51	0.07	6.77
Isvatn	18.11.2010	7	2.16	0.15	6.35	3.36	4.81	455	4.39	3.89	1.8	1.1		0.1	23.9
Jarenvannet	01.12.2010	35	63.1	0.072	14.2	0.37	0.968	24	45.25	6.69	1.9	0.047	7.3	0.06	3.03
Kråkevatn	16.11.2010	11	10.6	0.15	16	0.3	1.63	120	16.4	9.14	12.7	0.272	7.33	0.07	34.1
Kutjern	25.11.2010	8	20.1	0.036	290	-0.1	2.59	4250	111	175	1	1.04		0.2	7.94
Kvernavatnet	03.12.2010	3	58.9	-0.005	367	1.8	1.25	4460	174	214	-0.05	0.01	6.62	-0.05	2.96
Langtjernet	26.11.2010	8.5	26.3	0.02	170	-0.1	1.07	10400	67.7	92.4	0.74	0.368		0.1	6
Liatvatnet	10.06.2010	39	8.5	-0.05	44.2	4.4	3.13	360	18.9	20.2	2	1.4	6.91	-0.5	34.3
Liatvatnet	23.11.2010	37	8.86	0.044	38.5	0.1	2.22	15	19.9109	22.7	1.5	0.13	6.83	0.1	36.4
Lille Hestesprangvatn	15.11.2010	17	0.824	0.048	10.3	0.2	0.979	150	4.71	6.27	0.34	0.971		0.1	7.53
Lille Nestunvatn	16.12.2010	12	35.5	-0.005	107	-0.1	0.609	1320	55.3676	57.9	0.31	0.052	6.92	-0.05	7.29
Lintotjern	24.11.2010	4	2.2	0.035	7.91	0.2	0.811	523	4.5	5.71	1	0.69		0.09	7.93
Longumvatnet SØ	17.11.2010	13.5	12.6	0.02	50.8	0.2	0.769	7880	26.7	30.6	1.2	0.295		0.06	4.39
Lundebytjern	24.11.2010	5	3.55	0.02	7.23	0.37	1.21	664	5.9	4.87	2	0.554		0.09	6.27
Mannavatn	13.12.2010	7.5	12.1	0.029	17.8	-0.1	2.62	438	16.7451	11.5	1.6	1.07	6.91	0.09	20.1
Molandsvann	17.11.2010	16	5.37	0.046	19.3	0.2	2.59	629	11.35	11.9	0.86	0.456	7.14	0.1	9.7
Nedre Jerpetjern	22.11.2010	12.5	5.27	0.067	44.7	-0.1	2.17	1150	18.4	27.5	0.55	0.873		0.08	29.7
Nordbytjern	30.11.2010	22.5	46.4	0.045	17.7	0.87	0.675	41900	45.8	9.7	2.39	0.11		0.08	5.25
Odnastjernet	08.12.2010	10.5	0.406	0.01	5.62	-0.1	0.23	31	2.69	3.01	0.1	0.296	5.48	-0.05	3.14
Oppstrynsvatnet	14.12.2010	230	2.3	0.045	1.1	1.6	5.54	591	2.15	0.935	4.39	2.13	6.67	-0.05	33.5
Padderudvannet	02.06.2010	19	86.1	0.01	106	3.01	0.802	140	77.32	58	1.6	0.088		0.07	3.35
Padderudvannet	23.11.2010	19	83.1	0.009	107	2.3	0.521	130	77.15	51.6	1.1	0.2	7.79	0.06	3.13
Patterødtjernet	25.11.2010	5	30.6	0.009	140	0.2	4.1	1540	69.3	87.8	1.1	0.875	7.64	0.23	3.25
Råtjern	02.12.2010	4	52.6	0.007	528	3.93	1.41	547	193	303	0.57	0.039	6.46	0.21	12.6
Skeivatnet	02.12.2010	9	19.1	0.01	67.8	-0.1	3.55	898	34.9	41.7	0.83	0.24	7.08	0.1	10.6
Steinsrudtjern	02.06.2010	8	18.7	0.06	138	1.3	0.954	11600	63.62	84	1.06	0.322		0.09	7.4
Steinsrudtjern	26.11.2010	8	14	0.01	165	-0.1	0.676	17200	71	50.5	0.54	0.36		0.06	5.69
Steinstjern	26.11.2010	10.5	39.2	0.01	77.5	0.1	0.884	3290	45	40.7	-0.05	0.209		0.09	2.82
Steinstjern	02.06.2010	10.5	36.3	0.01	78.7	1.3	1.05	2720	48.24	44.4	0.15	0.16		0.09	2.54
Steintjern	14.12.2010	12	6.81	0.02	19.7	-0.1	1.08	2120	20.7438	11.5	0.52	0.038	6.64	-0.05	12.6
Stokkevatn	22.11.2010	25	26.8	0.009	25.9	-0.1	0.95	20	24.8	16.5	0.76	0.073		0.1	0.74
Stovevatnet	01.12.2010	12	28.2	0.01	310	-0.1	1.11	1060	111	175	0.37	0.066	6.61	0.1	8.94
Stovevatnet	10.06.2010	12	26.8	-0.05	341	6.2	1.9	4250	112	156	0.8	-0.05	6.52	-0.5	20.2
Stutevann Nord	16.11.2010	26	6.84	0.079	29.2	-0.1	0.836	324	14.45	14.4	1.3	0.261	6.59	0.05	10.3
Stutevann Sør Basseng A	16.11.2010	31	3.66	0.084	16.5	-0.1	1.57	576	9.15	9.02	2.34	0.254		-0.05	12.6
Svinesjøen	26.11.2010	32	22.1	0.007	24.4	0.74	0.523	678	42.45	3.75	0.39	0.11	7.28	-0.05	1.9
Søndbøvatn	27.05.2010	12	2.74	0.037	18.4	0.93	1.01	702	7.16	11.5	1.6	0.382		0.06	7.24
Søndbøvatn	18.11.2010	12	2.38	0.064	11.1	-0.1	2.32	401	8.715	6.85	1.9	0.805	6.3	0.09	11.5
Søndre Brutjern Basseng A	24.11.2010	11	12.5	0.038	165	-0.1	1.11	22800	70.75	89.5	1.7	1.65	6.99	0.06	6.36
Toskatjønn	14.12.2010	15	2.29	0.01	20.4	-0.1	1.78	697	8.1865	13.2	0.64	0.815	6.02	0.09	12.7
Trollbergtjern	24.11.2010	7.5	10.4	0.037	7.06	0.41	1.04	991	9.15	4.66	1.1	1.35		0.1	7.1
Trædalsvatnet	06.12.2010	17	4.13	0.02	39.7	-0.1	3.11	3190	15.6	22.7	1.2	0.787	5.96	-0.05	7.44
Tussetjern	30.11.2010	17.5	24.8	0.035	63.6	0.2	1.52	16300	34.8	32.7	1.2	0.993		0.1	7.53
Tveitvatnet	16.12.2010	19	16.7	0.008	88.5	-0.1	2.01	1050	39.6002	56	0.78	0.072	6.99	0.07	10.9
Ulvenvannet	23.11.2010	21	46.8	0.036	34.6	0.56	1.31	-10	36.4	17.9	0.84	0.064		0.09	6
Ulvenvannet	02.06.2010	21	42.8	0.02	38.6	1.8	1.27	10		19.9	0.98	0.031		0.1	2.76
Vassbotnfjorden	19.11.2010	32	3.26	0.057	13.6	0.32	1.5	418	11.95	9.39	0.43	0.52	7	0.1	9.81
Østensjøvannet	25.11.2010	2.5	27.3	0.01	26	0.54	2.06	380	27.1	16.7	0.44	0.473	7.59	0.22	2.21
Øvre Jerpetjern	22.11.2010	16	0.891	0.061	12.3	0.2	1.71	473	5.31	7.76	0.42	1.63		0.08	11.9

ST_KODE	NAVN	bebyggelse	landbruk	industri	regulering	annet	Kommentar
AKEIBL01	Bleikslitjernet	1	1	1	3	4	drikkevann/regulering
AKEIBO01	Bondivannet	3	1	1	1	1	bebyggelse
AKEIEN01	Engsdammen	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
AKEIGA01	Gaupmyrdammen	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
AKEIGJ01	Gjersjøen	2	1	1	1	4	noe bebyggelse drikkevann
AKEIGS01	Gjetsjøvannet	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
AKEIHO01	Østensjøvannet(Holsvannet)	2	5	1	1	1	mye landbruk
AKEIKO01	Kolbottenvann	5	1	1	1	1	bebyggelse/kloakk
AKEINO01	Nordbytn	3	2	1	1	1	jordbruk bebyggelse
AKEIOS01	Østensjøvann	3	1	1	1	1	Bebyggelse
AKEIPA01	Padderudvannet	2	3	1	1	1	jordbruk
AKEIST01	Steinstjernet	2	1	3	1	1	industri?
AKEISV01	Svinesjøen	4	1	1	1	1	Bebyggelse
AKEITU01	Tussevann	2	1	1	1	1	noe bebyggelse
AKEIUL01	Ulvenvannet	3	2	1	1	1	bebyggelse, avrenning fra E18 via Padderudvannet
BUSIDA01	Damtjern	2	1	1	1	3	kjøpesenter
BUSINJ01	Nedre Jerpetjern	1	1	1	1	1	ingen
BUSIØJ01	Øvre Jerpetjern	1	1	1	1	1	ingen
HOREEI01	Eidsvatnet	2	1	1	1	1	Bebyggelse
HORIA01	Apeltunvann	3	1	3	1	2	bebyggelse, parkeringsplass for kjøpesenter, noe gml verksted/ind.,bilhuggeri
HORIBA01	Blanktjern	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
HORIBJ01	Bjørndalsvatnet	3	1	1	1	1	Bebyggelse
HORIBR01	Bråteitjerna	2	2	1	1	1	Bebyggelse jordbruk
HORIFO01	Forvatnet i Åsane	4	1	2	1	2	tettsted
HORIGR01	Griggastemma	3	1	1	1	1	noe bebyggelse
HORIGU01	Gulhaugvatnet	1	1	1	1	1	ingen
HORIIA01	Haukelandsvatnet	3	2	1	1	1	bebyggelse og noe landbruk
HORIKV01	Kvernvatnet	2	1	1	1	1	ingen
HORIL01	Liavatnet	2	1	1	1	3	ingen drikkevann
HORILN01	Lille Nesttunvatn	4	1	1	1	1	Bebyggelse
HORIMA01	Mannvatnet	2	2	1	1	1	Bebyggelse jordbruk
HORIOD01	Odnåstjerna	1	1	1	1	1	ingen
HORIRA01	Råtjern	3	1	2	1	2	bebyggelse, gml. industri, jordbruk
HORISK01	Skeievatnet	2	2	1	1	4	litt bebyggelse, golfbane, tidligere jordbruk
HORIST01	Stovevatnet	2	1	1	1	1	noe bebyggelse
HORITR01	Træddalsvatnet	1	1	1	1	1	ingen
HORITV01	Tveitvatnet	4	1	4	1	2	bebyggelse,kloakk, bensinstasjon,gml deponi,sporveisverksted
MORIBR01	Brusdalsvann	4	1	2	1	2	Drikkevann
NTRINE01	Nesvatnet	2	4	1	1	2	jernbane mellom vann og E6
NTRIRU01	Rungstadvatnet	2	3	1	1	1	litt bebyggelse og landbruk
OPPIE01	Einavatn	2	4	1	1	1	Jordbruk
OPPIHA01	Harestuvatnet	2	1	1	1	1	bebyggelse
OPPIJA01	Jarenvannet	2	3	1	1	1	noe jordbruk
OSLIGJ01	Gjerdsludtjern	4	1	2	1	1	bebyggelse
OSLILA01	Langtjernet	4	1	1	1	1	Bebyggelse
OSLIST01	Steinsrudtjernet	2	1	1	1	1	bebyggelse
ROGIBO01	Bongsatjønn	2	1	1	1	2	noe bebyggelse, graving
ROGIED01	Edlandsvatnet	3	2	1	1	1	bebyggelse, Algård, litt landbruk, Figgjelva gjennom
ROGIFUG1	Fuglavatnet	2	1	1	1	3	litt bebyggelse, Fulgavatn hoveddel
ROGIKY01	Ytre Kydlandsvatn	2	3	1	1	1	noe landbruk
ROGILJ01	Likningstjønn	1	1	1	1	1	jernbane langs vannet
ROGILU01	Lutsivatn	2	2	1	1	1	noe bebyggelse, litt landbruk
ROGIMOE1	Monatjønn	1	1	1	1	1	jernbane langs vannet
ROGINI01	Nibbatjønn	2	2	1	1	1	litt landbruk, bebyggelse
ROGIST01	Steintjønn	2	2	1	1	1	Bebyggelse jordbruk
ROGIST01	Stokklandsvatn	3	3	1	1	1	bebyggelse og landbruk
ROGITO01	Toskatjønn	1	1	1	1	1	ingen
SOFIHU01	Husevatnet	2	3	1	1	1	noe jordbruk
SOFILA01	Langelandsvatnet	1	1	1	1	1	ingen
SOFIOP01	Oppstrynsvatnet	2	2	1	1	1	jordbruk
SOFISK01	Skilbreivatnet	2	2	1	1	1	noe jordbruk
STRIKIN1	Kinnsetjernet	3	2	1	1	1	bebyggelse, gårdsbruk
TELIBA01	Bakkevatn øst	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
TELIBO01	Børsesjø	3	4	1	1	1	jordbruk bebyggelse
TELIEL01	Elgsjøen	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
TELIGR01	Grostokkvatnet	1	2	1	1	1	jordbruk
TELIGR01	Gravtjern	1	1	1	1	1	ingen
TELISON1	Søndbøvatn	1	1	1	1	1	ingen
TELIST01	Stokkevannet	3	1	1	1	1	bebyggelse
VAGIBA01	Barselvann N	2	1	1	1	4	kjøpesenter, dyreparken
VAGIBI01	Bilstadjern	2	3	1	1	1	jordbruk bebyggelse
VAGIEI01	Nedre Tjødna	2	2	1	1	1	bebyggelse og landbruk
VAGIFO01	Lille Fossvatn	2	1	1	1	1	ingen, en hytte
VAGIIA01	Hanevatn	2	1	1	1	1	litt bebyggelse
VAGILH01	Lille Hestesprangvann	1	1	1	1	1	ingen
VAGIRA01	Råmarkvatn	1	1	1	1	1	ingen
VAGIUD01	Udlandsvatn	2	2	1	1	1	litt bebyggelse og landbruk
VAGIVO01	Vollevatn	3	1	1	1	1	Bebyggelse
VESIHA01	Vassbotnfjorden	1	1	1	1	3	ingen drikkevann
VESIPAN1	Paulertjern nord	1	2	1	1	1	ett småbuk
VESIPAS1	Paulertjern sør	1	1	4	1	1	steinbrudd
ØSTIGO01	Gørrtjern	1	1	1	1	1	ingen
ØSTIKU01	Kuttjern	2	1	1	1	3	Skianlegg?
ØSTILI01	Lintotjern	2	2	1	1	1	jordbruk
ØSTILU01	Lundebytn	2	3	1	1	1	jordbruk
ØSTIPA01	Patterødtjernet	2	1	1	1	3	kjøpesenter P-plass
ØSTISB1A	Søndre Brøtjern Basseng A	1	1	1	1	1	ingen
ØSTISB1B	Søndre Brøtjern Basseng B	1	1	1	1	1	ingen
ØSTITR01	Trollbergtjern	1	1	1	1	1	ingen
AAGIAU1A	Auslandsvatn Basseng A	2	1	1	1	4	Drikkevann
AAGIAU1B	Auslandsvatn Basseng B	2	1	1	1	4	Drikkevann
AAGIKR01	Kråkevatn	1	2	1	1	1	litt jordbruk
AAGILON1	Longumvatnet SØ	2	1	2	1	3	bebyggelse, listefabrikk, Longumvatnet hoved, kloakkoverløp?
AAGIMO01	Molandsvann	2	4	1	1	1	Jordbruk
AAGINYB1	Nybøtjern N	1	1	1	1	2	Litt parkering v kafe
AAGIST1A	Stutevann Sør Basseng A	1	1	1	1	1	ingen
AAGIST1B	Stutevann Sør Basseng B	1	1	1	1	1	ingen
AAGISTN1	Stutevann Nord	1	1	1	1	1	ingen

Vedlegg B. Klorid- og oksygengradienter

Innsjø	År	Cl Differanse	O2 Differanse	Cl>10 mg/L	O2>6 mg/L	Begge
Apeltunvatnet	2005	126	11.39	1	1	1
Bakkevåtn øst	2005	32.2	13.7	1	1	1
Barselvann N	2005	19.4	11.6	1	1	1
Blanktjønn/Bankvatnet	2005	9.7	11.21		1	
Edlandsvatn	2005	0.02	0.02			
Gjersjøen	2005	-1.4	0			
Griggastemma	2005	272.75	10.8	1	1	1
Hanevatn	2005	26	11	1	1	1
Harestuvannet	2005	-0.01	0.16			
Haukelandsvatnet	2005	3.66	0			
Kvernavatnet	2005	40.86	10.8	1	1	1
Liavatnet	2005	16.7	7	1	1	1
Longumvatn	2005	16.8	11.7	1	1	1
Nordbytjern	2005	1.8	9.45		1	
Patterødtjernet	2005	16	6	1	1	1
Råtjern	2005	462.1	11.3	1	1	1
Skeievatnet	2005	13.2	2.4	1		
Steinsrudtjernet	2005	45.4	7.8	1	1	1
Steinstjernet	2005	23	8.18	1	1	1
Stovevatnet	2005	166.4	10.8	1	1	1
Søndbøvatn	2005	11.94	12.1	1	1	1
Toskatjønn	2005	14.96	12.34	1	1	1
Tussevann	2005	14.2	8.66	1	1	1
Tveitavatnet	2005	30.8	10.8	1	1	1
Ulvenvannet	2005	1.7	9.7		1	
Vassbotnfjorden	2005	0.9	10.93		1	
Bleikslitjernet	2005	0.18	0.3			
Bondivannet	2005	-0.5	-0.38			
Bongsatjønn	2005	0	0.24			
Elgsjøen	2005	0.2	12.1		1	
Engsdammen	2005	0.7	0.9			
Farriskilen	2005	0.13	-0.12			
Fuglavatn	2005	0	0.08			
Gaupmyrdammen	2005	0.5	3.7			
Gjerdsrudtjern	2005	-1.9	1.5			
Gjetsjøvannet	2005	0.04	0.5			
Holstadvatnet	2005	0.2	0			
Husevatnet	2005	0	0			
Kinnsettjern	2005	-0.7	2.01			
Kolbotnvatnet	2005	1.7	0			
Langelandsvatnet	2005	0.67	0			
Ligningstjørna	2005	0.15	0.15			
Lille Fossvatn	2005	0.11	0			
Lille Skillingen	2005	0.05				
Lutsivatn	2005	0.9	4.9			
Monatjønn	2005	0.43	0.07			
Nedre Tjødna	2005	0	1.1			
Nesvatnet	2005	-4.08	0.33			
Nibbatjønn	2005	-0.1	0.24			
Nybøtjern N	2005	0.1	0.1			
Paulertjern nord	2005	12.8	8.7	1	1	1
Paulertjern sør	2005	1.3	0			
Rungstadvatnet	2005	0.48	7.66		1	
Råmarkvatn	2005	1.8	6.2		1	
Skilbreivatnet	2005	-0.05	0			
Stokkalandsvatn	2005	0	0.14			
Udlandsvatn	2005	0.1	1.2			
Vollevatn	2005	0.7	11.4		1	
Ytre Kydlandsvatn	2005	-0.04	0.28			
59		Totalt		19	26	18

Innsjø	År	Cl Differanse	O2 Differanse	Cl>10 mg/L	O2>6 mg/L	Begge
Auslandsvatn Basseng A	2010	0.02	0.13			
Bilstadtjern	2010	24.7	11.01	1	1	1
Børsesjø	2010	0.46	9.77			
Gravtjern	2010	26	9.04	1	1	1
Grostokkvatnet	2010	0.2	4.98			
Kråkevatn	2010	0.4	0.82			
Lille Hestesprangvann	2010	1.28	0.89			
Molandsvann/Vågskilen	2010	-0.4	1.73			
Stokkevannet	2010	-0.1	1.04			
Stutevann Nord	2010	17	9.04	1	1	1
Stutevann Sør	2010	2.1	7.36		1	
Bjørndalsvatnet	2010	1.71	9.5		1	
Brusdalsvann	2010	0.11	9.09		1	
Bråtveitjørna	2010	-1.7	6.74		1	
Eidsvatnet	2010	7.1	5.83			
Forvatnet	2010	11.6	4.91	1		
Gulhaugvatnet	2010	1	1.6			
Lille Nesttunvatn	2010	67.3	7.64	1	1	1
Mannavatnet	2010	1.2	3.3			
Odnåstjørna	2010	-0.28	3.4			
Steintjørna	2010	4.5	8.25		1	
Træddalsvatnet	2010	28.7	8.2	1	1	1
Damtjern	2010	107.9	9.69	1	1	1
Einavatnet	2010	-0.75	11.8		1	
Gørrtjern	2010	150.6	12.83	1	1	1
Jarenvannet	2010	3.2	9.74		1	
Kuttjern	2010	264	6.6	1	1	1
Langtjernet	2010	136.3	13.56	1	1	1
Lintotjern	2010	2.96	5.67			
Lundebytjern	2010	0.03	4.09			
Nedre Jerpetjern	2010	24.8	13.37	1	1	1
Svinesjøen	2010	9.5	9.49		1	
Søndre Brutjern Basseng A	2010	149.1	10.8	1	1	1
Trollbergjern	2010	-2.08	9.92		1	
Østensjøvann	2010	7	20.35		1	
Øvre Jerpetjern	2010	-0.5	1.82			
Bakkevatn øst	2010	44.23	14.93	1	1	1
Barselvann N	2010	96.1	11.16	1	1	1
Hanevatn	2010	71.8	11.93	1	1	1
Longumvatnet SØ	2010	31.9	11.02	1	1	1
Søndbøvatn	2010	1.22	13.37		1	
Vassbotnfjorden	2010	0	11.01		1	
Apeltunvatnet	2010	102	10.3	1	1	1
Blanktjørn	2010	29.2	1.7	1		
Edlandsvatnet	2010	0.14	0.2			
Griggastemma	2010	305.2	9.2	1	1	1
Haukelandsvatnet	2010	0.04	3.41			
Kvernavatnet	2010	342.5	9.5	1	1	1
Liavatnet	2010	15.4	6.48	1	1	1
Råttjern	2010	440	9.33	1	1	1
Skeievatnet	2010	24.2	4.5	1		
Stovevatnet	2010	172	8	1	1	1
Toskatjønn	2010	6.8	3.6			
Tveitavatnet	2010	37.6	6.97	1	1	1
Gjersjøen	2010	-2.3	3.42			
Harestuvatnet	2010	0.38	2.29			
Nordbytjern	2010	-8.8	8.32		1	
Padderudvannet	2010	63.1	11.75	1	1	1
Patterødtjernet	2010	35	7.81	1	1	1
Steinsrudtjernet	2010	112.9	10.22	1	1	1
Steinstjernet	2010	31.1	9.62	1	1	1
Tussevann	2010	44.6	10.87	1	1	1
Ulvenvannet	2010	19.3	12.75	1	1	1
63		Totalt		31	41	28

Vedlegg C. Innsjøer inkludert både i 2005 og 2010

Innsjøer undersøkt i 2005 og 2010	
1	Edlandsvatn
2	Harestuvannet
3	Blanktjørn
4	Haukelandsvatnet
5	Gjersjøen
6	Toskatjønn
7	Skeievatnet
8	Apeltunvatnet
9	Bakkevatn øst
10	Barselvann N
11	Griggastemma
12	Hanevatn
13	Kvernavatnet
14	Liavatnet
15	Longumvatn
16	Nordbytjern
17	Patterødtjernet
18	Råtjern
19	Steinsrudtjernet
20	Steinstjernet
21	Stovevatnet
22	Søndbøvatn
23	Tussevann
24	Tveitavatnet
25	Ulvenvannet
26	Vassbotnfjorden
Innsjøer med saltindusert oksygenvinn i år 2005 og 2010:	
1	Apeltunvatnet
2	Bakkevatn øst
3	Barselvann N
4	Griggastemma
5	Hanevatn
6	Kvernavatnet
7	Liavatnet
8	Longumvatn
9	Patterødtjernet
10	Råtjern
11	Steinsrudtjernet
12	Steinstjernet
13	Stovevatnet
14	Tussevann
15	Tveitavatnet

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