



Statens vegvesen

# Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer

Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH

RAPPORT

Utbyggingsavdelingen

nr: UTB 2006/06



Vegdirektoratet  
Utbyggingsavdelingen  
og Veg- og trafikkavdelingen



Statens vegvesen

## Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer.

Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH

|   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| <b>Oppdragsgiver</b>  | <b>Oppdragstaker</b>  | <b>ISSN-nummer</b>                |
| Statens vegvesen Vegdirektoratet<br>Utbyggingsavdelingen<br>Miljøseksjonen<br>Jørn Arntsen<br>22 07 34 64<br><a href="mailto:jorn.arntsen@vegvesen.no">jorn.arntsen@vegvesen.no</a> | NIVA<br>Postboks 173, Kjelsås<br>0411 Oslo<br>22 18 51 00<br>Torleif Bækken<br><a href="mailto:torleif.baekken@niva.no">torleif.baekken@niva.no</a> | 1890-2472                         |
|   |   | <b>Rapportnr</b><br>UTB 2006/06   |
|   |   | <b>Arkivnummer</b><br>2003-040870 |

### Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer. Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH

#### Sammendrag

Det er dokumentert at avrenning av salt fra veg kan medføre akkumulering av NaCl i innsjøvann over tid og dannelse av saltgradient mot bunnen av innsjøer.

Dannelse av saltgradient avhenger i hovedsak av tilført saltmengde og veglengde i nedbørfelt, innsjø morfologi og årsavrenning fra nedbørfelt og ÅDT (selv om ÅDT prinsipielt er uavhengig av saltmengde).

18 av 59 innsjøer hadde tydelig saltgradient (forskjell i klorkonsentrasjon mellom bunn – topp > 10 mg/l).

Saltgradienten kan hindre fullsirkulasjon og medføre O<sub>2</sub>-svinn i bunnvannet.

17 av de 18 innsjøene med saltgradient hadde også tydelig O<sub>2</sub>-gradient (forskjell topp – bunn > 6 mg/l).

Det er en tydelig sammenheng mellom kobber og nikkelkonsentrasjoner og ÅDT.

Kobbergradienten i sedimentet kan også i stor grad forklares med ÅDT.

Mange innsjøer hadde PAH-forurenset sediment. Variasjonen i PAH-konsentrasjoner i overflatesediment kunne ikke forklares med ÅDT.

Rapporten er i sin helhet skrevet av NIVA.

Emneord

Vann, Salt, Overvann, Miljøgifter, PAH, Innsjøer, Forurensning,



## Forord

Salt har vært i bruk i over 30 år for å bedre sikkerheten på norske veger. De senere årene har saltbruken økt vesentlig, og risikoen for miljøskader har dermed økt.

For å få en indikasjon på tilstanden i innsjøer nær saltede veger, har Statens vegvesen bedt Norsk institutt for vannforskning om å velge ut ca 60 av 1200 vegnære innsjøer og å vurdere saltpåvirkningen av disse.

Undersøkelsen er gjennomført på bakgrunn av Statens vegvesens selvstendige ansvar for å ha kunnskap om de miljøkonsekvenser vår virksomhet gir. Undersøkelsen er også et innspill til miljømyndighetene i forbindelse med kartleggingen av norske vannforekomster som er nødvendig for å følge opp "Forskrift om rammer for vannforvaltningen".

Undersøkelsen er bestilt og finansiert av Miljøseksjonen og Veg- og fergeforvaltningsseksjonen i Statens vegvesen Vegdirektoratet. Rapporten er i sin helhet skrevet av NIVA.

Oslo, desember 2006

Miljøseksjonen



Sidsel Kålås  
seksjonsleder

Veg- og fergeforvaltningsseksjonen



Tor-Sverre Thomassen  
seksjonsleder

# **Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer**

## **Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH**

Torleif Bækken og Thrond Haugen  
Norsk institutt for vannforskning, NIVA  
Oslo

# Innhold

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Sammendrag og konklusjoner</b>                              | <b>6</b>  |
| <b>1. Innledning</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2. Metoder og materiale</b>                                 | <b>10</b> |
| 2.1 Utvalg av vegnære innsjøer                                 | 10        |
| 2.1.1 Region Vest  | 11        |
| 2.1.2 Region Sør   | 15        |
| 2.1.3 Region Øst   | 18        |
| 2.1.4 Region Midt  | 21        |
| 2.2 Prøvetaking og kjemiske analyser                           | 22        |
| 2.3 Veg- og innsjødata   | 22        |
| 2.4 Utvalg av kontrollsjøer                                    | 23        |
| 2.5 Utvalg av innsjøer med tidsserier                          | 25        |
| 2.6 Numeriske analyser   | 26        |
| 2.6.1 Cl-Na-Konduktivitet                                      | 26        |
| 2.6.2 Statistiske metoder                                      | 27        |
| <b>3. Resultater og diskusjon</b>                              | <b>29</b> |
| 3.1 Vannkjemi  | 29        |
| 3.1.1 Natriumklorid, konduktivitet og oksygen                  | 29        |
| 3.1.2 Metaller   | 35        |
| 3.2 Årsaksmodeller vannkjemi                                   | 41        |
| 3.2.1 Overflatekonsentrasjonene i vannet                       | 41        |
| 3.2.2 Salt- og metallgradienter                                | 43        |
| 3.2.3 Årsaksfaktorer for kombinerte oksygen- og saltgradienter | 46        |
| 3.3 Tidsutvikling vannkjemi                                    | 49        |
| 3.4 Sedimentkjemi  | 53        |
| 3.4.1 Metallene  | 53        |
| 3.4.2 PAH  | 53        |
| 3.4.3 Multivariate analyser                                    | 54        |
| 3.5 Årsaksmodeller sedimentkjemi                               | 61        |
| 3.5.1 Metallgradienter   | 61        |
| 3.5.2 PAH i sedimentoverflate                                  | 61        |
| <b>4. Referanser</b>   | <b>63</b> |

# Sammendrag og konklusjoner

1. Statens vegvesen ved Vegdirektoratet har ønsket en undersøkelse for å belyse de vannkjemiske konsekvensene av avrenning fra veger til vegnære tjern og innsjøer, samt omfanget av påvirkede innsjøer i de mest trafikkerte/saltede vegene i Sør-Norge. Regionskontorene ved Statens vegvesen i Sør-Norge har registrert ca 1200 vannforekomster innenfor en sone på 200 m på hver side av hovedvegene. Den foreliggende undersøkelsen omhandler de kjemiske forholdene i vannfase og sediment i 59 innsjøer i Sør-Norge høsten 2005. Utvalget ble basert på 1) nærhet veg, 2) relativ høy ÅDT (årsdøgntrafikk) og 3) bruk av vegsalt (barvegsstrategi). Data på ÅDT og saltbruk er skaffet til veie av Statens vegvesen. Som kontroll (referanse) er det brukt data fra et tilsvarende utvalg innsjøer i NIVAs databaser. 23 innsjøer ble tatt ut som kontroll på tidstrender.

2. Hver innsjø ble prøvetatt én gang i løpet av høsten 2005. Vannprøver ble tatt over det dypeste området i innsjøen, henholdsvis fra 1m dyp og ved bunnen. Her ble det også tatt prøver fra overflatesedimentet (0 til 2 cm) og fra bunnen av sedimentkjernen (2 cm tykt lag). Et utvalg variabler ble målt kontinuerlig nedover i hele vannsøylen ved hjelp av en senkbar sonde. De viktigste variablene herfra var foruten dyp, konduktivitet, temperatur og oksygen.

3. Vannprøver fra 1m dyp og fra bunnområdet ble analysert på metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn) samt på kalsium (Ca). For å spore salt ble det målt på natrium (Na) og klorid (Cl). Sedimentet ble analysert på organisk innhold og de samme metallene som i vannet. I tillegg ble det analysert på katalysatormetallene platina (Pt) og rhodium (Rh), samt på PAH (polyaromatiske hydrokarboner).

#### 4. Vannfase.

De gjennomsnittlige konsentrasjonene av både klorid og natrium var betydelig høyere i overflatevannet til de vegpåvirkede innsjøene (effektsjøene) enn i kontrollsjøene. Forskjellene mellom effekt- og kontrollsjøene skyldes med stor sannsynlighet tilførsler av natriumklorid fra vegsalt.

5. I 18 av de 59 effektsjøene ble det registrert en tydelig gradient mellom topp og bunn for både natrium, klorid og konduktivitet (bunn – topp  $>10$  mg/l). Den største andelen innsjøer med gradienter ble observert i region sør, mens de største gradientene ble observert i region vest. 17 av de 18 sjøene med saltgradient hadde også en tydelig oksygengradient (topp – bunn  $O_2 >6$  mg/l).

Av andre typer potensielle påvirkninger som kan medføre oksygenreduksjon i disse innsjøene, viste det seg at for ikke saltpåvirkede innsjøer med oksygengradient var det stor sannsynlighet for at årsaken var jordbrukspåvirkninger (lå i områder med mye jordbruk).

6. For de fleste effektsjøene og metallene var forurensningsnivåene i vannfasen, i henhold til SFT klassifikasjonssystem, tilhørende klassene I og II, altså ubetydelig eller moderat forurenset. 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. Forurensningsnivåene i bunnvannet, sett fra SFTs system, var stort sett som i overflatevannet.

7. Metallkonsentrasjonene i overflatevannet i effektsjøene i forhold til kontrollsjøene varierte etter typen av metaller, men stort sett var konsentrasjonene høyere i effektsjøene enn i kontrollene. For kadmium (Cd) og bly (Pb) var imidlertid tendensen den motsatte, muligens forårsaket av gjennomgående surere vann i kontrollsjøene. I effektsjøene var det en tendens til høyere konsentrasjoner av metaller i bunnvannet. Stort sett var imidlertid forskjellene små.

8. En multivariat analyse på sammensetning og samvariasjon mellom salt- og metallnivåer i overflatevannet viste en sterkt signifikant forskjell mellom effektsjøene og kontrollsjøene innen samme region. Forskjellen ble

oppretholdt også etter at man har justert for viktige innsjø- og nedbørsfeltkarakteristika. I alt forklarte denne modellen i overkant av 57 % av variasjon-samvariasjons-strukturen mellom de inkluderte elementene.

For enkeltelementene var ikke alltid forskjellen mellom effektsjøene og kontrollsjøene signifikante. Den tilpassede modellen forklarte en signifikant del av variasjonen for alle komponentene, men den forklarte delen av variasjonen varierte fra 13 % (Ni) til 60 % (Na).

9. Årsdøgnetrafikken (ÅDT) hadde en tydelig, signifikant ( $p < 0.001$ ), effekt på konsentrasjonsnivåene av vegsaltvariablene Cl, Na og konduktivitet i effektsjøene. Selv om forbruket av vegsalt i prinsippet er uavhengig av trafikk tetthet, viste testen at det i praksis i stor grad fulgte trafikk tettheten.

Konsentrasjonene av kalsium, jern og mangan hadde en signifikant sammenheng med ÅDT, det samme var konsentrasjonene av kobber og nikkel ( $p < 0.001$ ). Krom og sink lå i en overgangssone der det synes å være en sammenheng mellom konsentrasjon i vann og ÅDT, men at sammenhengen ikke er veldig tydelig ( $p = 0.059$  og  $p = 0.052$ ). For metallene kadmium og bly kunne det ikke påvises noen sammenheng mellom konsentrasjoner i overflatevannet i effektsjøene og ÅDT.

10. Alle de vegsaltrelaterte variablene klorid, natrium og konduktivitet dannet gradienter mot bunnen. Beregninger med årsaksmodell viste, ikke overraskende, at kloridgradienten mot bunnen økte med økende relativ innsjødybde og avtok med økende årsavrenning. Årsdøgnetrafikken hadde også en sterk positiv effekt på dannelsen av gradienter. Saltforbruk på vegene hadde størst betydning for dannelse av gradienter ved forholdsvis høye saltingsmengder. Ut fra modellen kunne det konkluderes med at en kan få saltgradienter i innsjøene for enhver saltingsmengde, så lenge innsjøen har mer enn 1 km veg i nedbørsfeltet. Ved saltingsmengder over 25 tonn per km per år vil en kunne få kraftige kloridgradienter selv ved korte vegstrekninger i nedbørsfeltet.

For metallkonsentrasjonene i bunnvannet var det særlig kalsium, jern og mangan (men også til dels krom) som fulgte samme mønster som de saltingsrelaterte elementene. For alle metallene var konsentrasjonen i overflaten viktigste variabel for å forutsi konsentrasjonen i bunnvannet. Alle metallene, unntatt nikkel, hadde økende konsentrasjoner i bunnvannet med økende saltingsmengde.

#### 11. Tidsutvikling.

Gjersjøen har hatt nær en fordobling av konduktiviteten over de siste 50 åra. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha ført til oppkonsentrasjon av salter i bunnlaget. For de to andre vannene hvor tidsserier er tilgjengelige, var det mindre endringer i konduktivitet over tid, men Øvre Jerpevann har hatt en økende konsentrasjon siden år 2000. Tidstrenden for 23 kontrollsjøer viste at det har funnet sted en liten reduksjon i konduktivitet over de siste 20 åra. For 7 av de 9 innsjøene med data for tidsvariasjon for konduktivitetsprofiler har det vært en økning i dybde-spesifik konduktivitet over tid. Flere av vannene viste også at det er en økende tendens til oppkonsentrasjon av salter mot dypet over tid (Apeltunvannet, Haukelandsvatnet, Tveitevatnet og Steinstjernet).

#### 12. Sedimenter

I henhold til SFTs klassifikasjonssystem var forurensningsnivåene i sedimentet for de fleste innsjøer og metaller tilhørende klassene I og II, altså ubetydelig eller moderat forurenset. Det var først og fremst krom (Cr) (svenske kriterier), og til dels kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn) som ble funnet i forhøyede konsentrasjoner. For disse metallene var det ofte å finne innsjøer der overflatesedimentet var markert forurenset.

Det var generelt små forskjeller i metallkonsentrasjoner i overflatesediment mellom effektsjøene og kontrollsjøene innen samme region. For bly og mangan var konsentrasjonene alltid høyere i kontrollsjøene. Kadmium og jern hadde høyere konsentrasjoner i kontrollsjøene på Sør- og Vestlandet, mens de øvrige metallene hadde høyest konsentrasjoner i effektsjøene.



I effektsjøene var det en tendens til høyere metallkonsentrasjonene i overflatelaget enn i referanselaget fra bunnen av sedimentkjernen.

For Cu - gradienten i sedimentene så vi at effekten av ÅDT ble forsterket ved høye saltingsnivåer. Det var for øvrig vanskelig å dra generelle konklusjoner om effekt av biltrafikk og salting på metallgradienter i sedimentene.

13. Mange av innsjøsedimentene var forurenset av PAH. I henhold til SFT klassifikasjonssystem for marine sedimenter, hadde nesten 40 % av innsjøene markert eller sterkt forurenset overflatesediment, mens hele 56 % var markert, sterkt eller meget sterkt forurenset av PAH - forbindelsen benzo(a)pyren.

Fordelingen av PAH-konsentrasjoner i overflatelaget viste tydelige regionale forskjeller. Det ble bekreftet i univariate tester (region-effekten er signifikant for all PAH elementene,  $p < 0.0001$ ). Forskjellen besto i at region sør og til dels region vest hadde høyere konsentrasjoner av PAH enn de to andre regionene.

Vi fant ingen effekt av den potensielle tilførselsvariabelen ÅDT på fordelingen av PAH konsentrasjoner i effektsjøene. Vi fant heller ingen sammenheng mellom PAH og industrivirksomhet ved innsjøen. Derimot syntes det å være en viss sammenheng mellom PAH og bebyggelse.

#### 14. Konklusjoner

- Det er dokumentert at avrenning av salt fra veg kan medføre
  - 1) akkumulering av NaCl i innsjøvann over tid,
  - 2) dannelse av saltgradient mot bunnen av innsjøer.
- Dannelse av saltgradient avhenger i hovedsak av
  - 1) tilført saltmengde og veglengde i nedførfelt,
  - 2) innsjømorfologi og årsavrenning fra nedbørfelt,
  - 3) årskjønttrafikk (ÅDT) (selv om den prinsipielt er uavhengig).
- 18 av de 59 innsjøene hadde tydelig saltgradient (Cl – gradient, bunn- topp  $> 10$  mg/l).
- Saltgradienten kan hindre fullsirkulasjon av vannmassene i innsjøene og medføre O<sub>2</sub> - svinn i bunnvannet.
- 17 av de 18 innsjøene med saltgradient hadde også tydelig O<sub>2</sub>-gradient (topp- bunn  $> 6$  mg/l)
- O<sub>2</sub> gradient uten saltgradient hadde stor sannsynlighet for å forekomme i jordbruksområder
- Med unntak av Cu og Ni i vann og Cr i sediment, var metallkonsentrasjonene stort sett lave i effektsjøene
- Pb og Cd hadde høyere konsentrasjoner i kontrollsjøene enn i effektsjøene.
- Det var en tydelig sammenheng mellom Cu og Ni - konsentrasjoner og ÅDT. Cu - gradienten i sedimentet kunne også i stor grad forklares med ÅDT.
- Mange innsjøer hadde PAH forurenset sediment. Variasjonen i PAH konsentrasjoner i overflatesediment kunne ikke forklares med ÅDT.

# 1. Innledning

Statens vegvesen ved Vegdirektoratet har ønsket en undersøkelse for å belyse de vannkjemiske konsekvensene av avrenning fra veger til vegnære tjern og innsjøer, samt omfanget av påvirkede innsjøer i de mest trafikerte/saltede vegene i Sør-Norge.

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 & Roseth 2004), 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. 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 dypet 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 bunnen 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 skiktning og oksygenfritt bunnvann finnes også naturlig (meromiktiske innsjøer), men de er meget uvanlige i Norge.

Det er tidligere gjort undersøkelser av saltpåvirkninger i innsjøene Svinesjøen og Padderudvannet (Bækken og Jørgensen 1994, Kjennsmo 1997, Bækken og Færøvig 2004). Disse har vist at salttilførselen i stor grad kan påvirke stabiliteten til vannmassene. Det er også dokumentert at salt avrenningsvann kan legge seg langs bunnen i grunne fordrøyningsbasseng (1 m dype), særlig når isen beskytter mot vindgenerert sirkulasjon (Bækken et al. 2005).

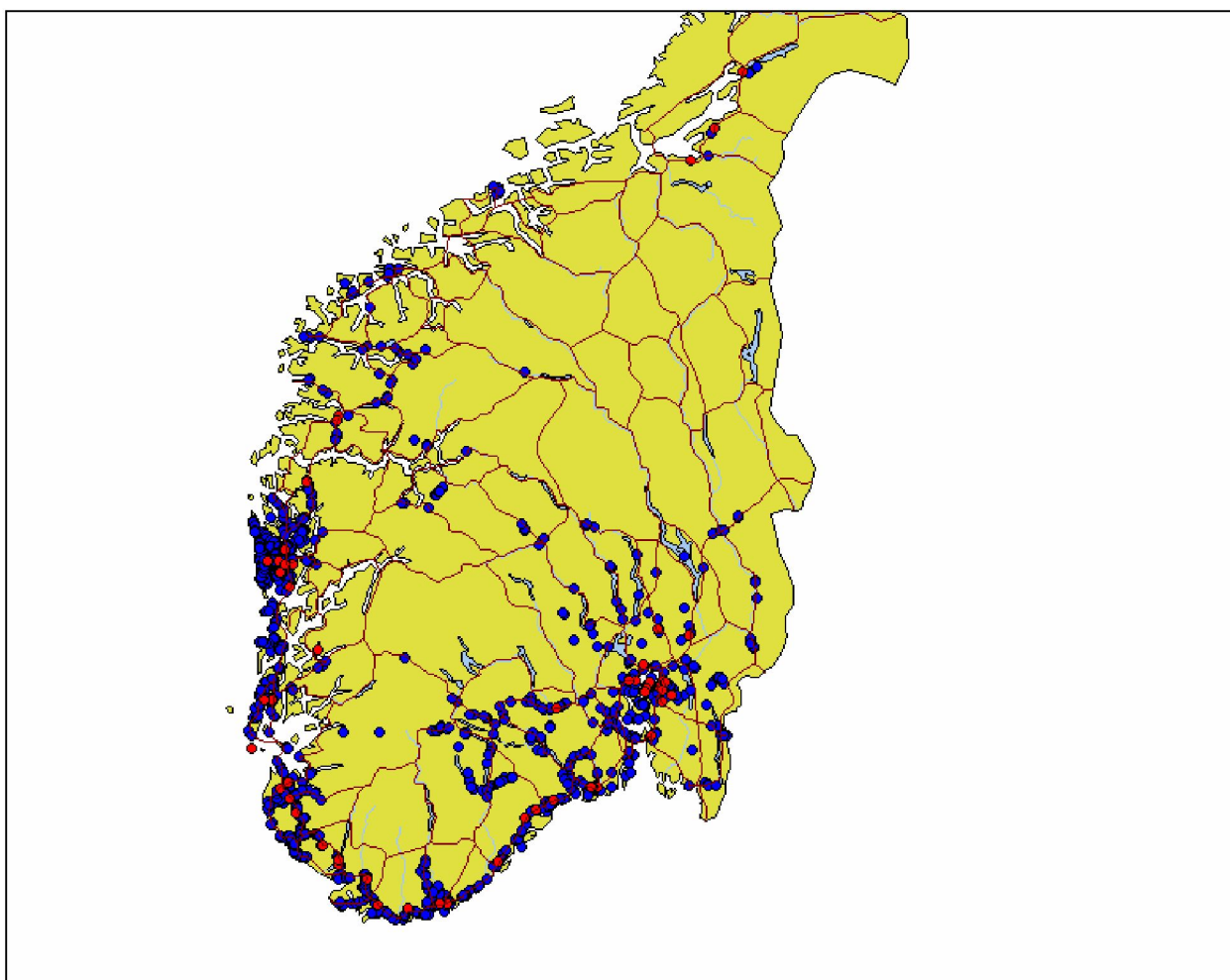
Tungmetaller og PAH i vegavrenningen er i stor grad knyttet til partikler. Disse forbindelsene vil derfor for en del holdes tilbake i grøfter og vegkanter. Etter at de kommer ut i tjern og innsjøer vil en betydelig andel sedimentere på bunnen (Bækken & Færøvig 2004). En mindre andel vil imidlertid kunne 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 her, og gjør at de lettere transporteres til resipientene.

Den foreliggende undersøkelsen omhandler de kjemiske forholdene i vannfase og sediment i 59 innsjøer i Sør-Norge høsten 2005. Som kontroll (referanse) er det brukt data fra et tilsvarende utvalg innsjøer i NIVAs databaser.

## 2. Metoder og materiale

### 2.1 Utvalg av vegnære innsjøer

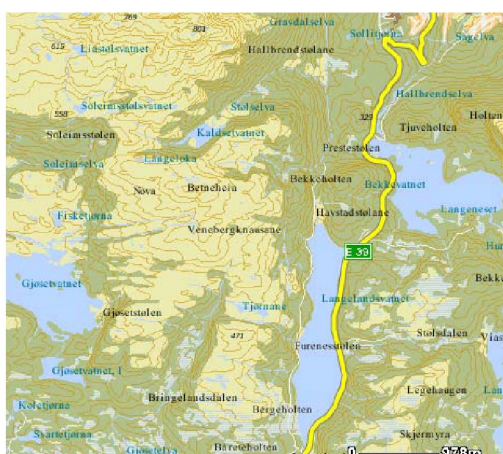
Regionskontorene ved Statens vegvesen i Sør Norge har registrert ca 1200 vannforekomster innenfor en sone på 200 m på hver side av hovedvegene. Ut fra disse valgte NIVA ut 59 tjern og innsjøer for denne underøkelsen (*Figur 1*). Innsjøer fra Nordland, Troms og Finnmark ble ikke tatt med da det ble vurdert 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 trafikktettheten er mye mindre. Innsjøene ble valg ut fra nærhet til veg, saltbruk og trafikktetthet.



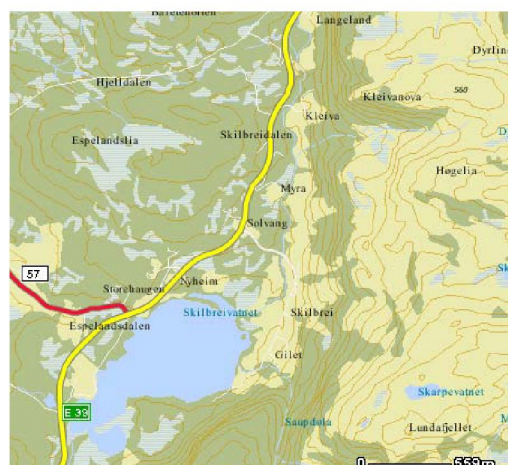
*Figur 1.* Kart over innsjøer/vannforekomster i Sør-Norge valgt ut av Statens vegvesen (blått) og utvalgte innsjøer for prøvetaking høsten 2005 (rødt).

### 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 er et område der det anvendes betydelig mengder vegsalt. Regionen har stedvis mye nedbør. Det ble valgt ut 23 innsjøer fra denne regionen. Fylkesfordelingen er vist i vedlegg 6.



Langelandsvatnet



Skilbreivatnet



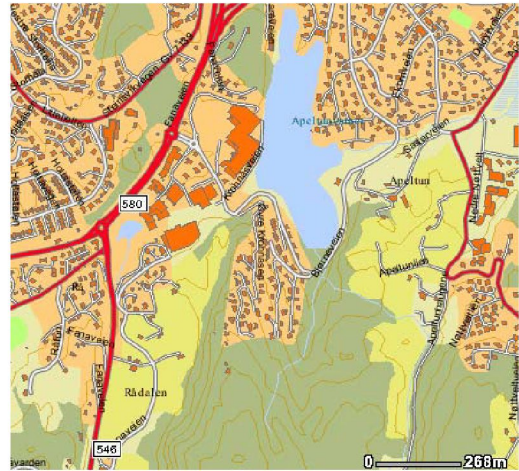
Husevatnet



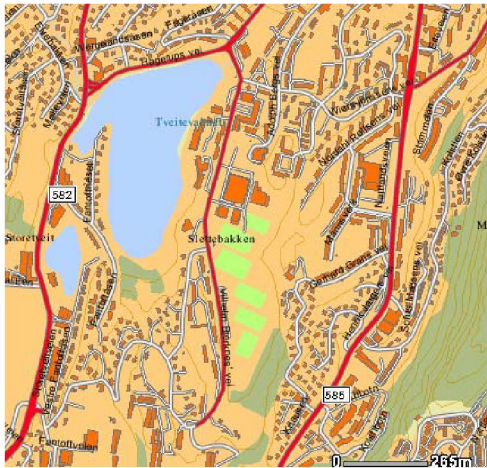
Griggastemma



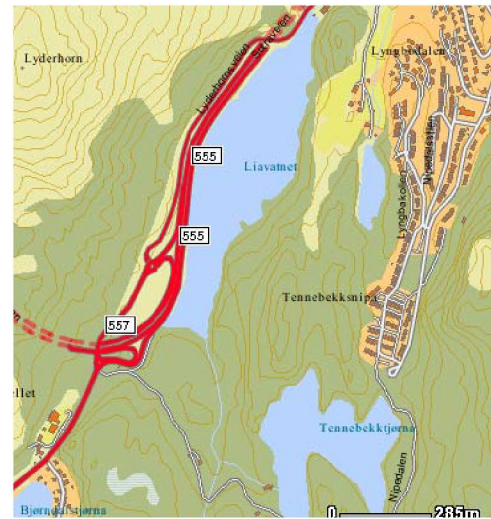
Haukelandsvatnet



Apeltunvatnet og Råtjern



Tveitevatnet



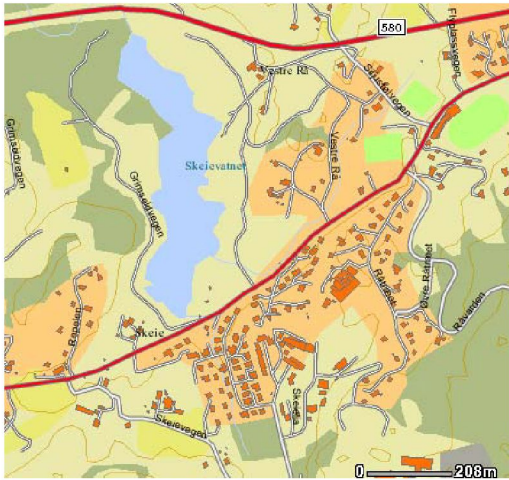
Liavatnet



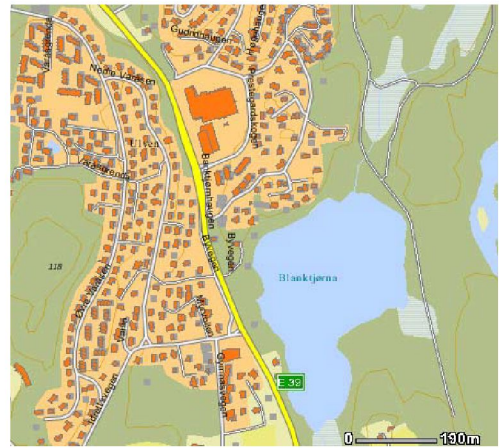
Stovevatnet



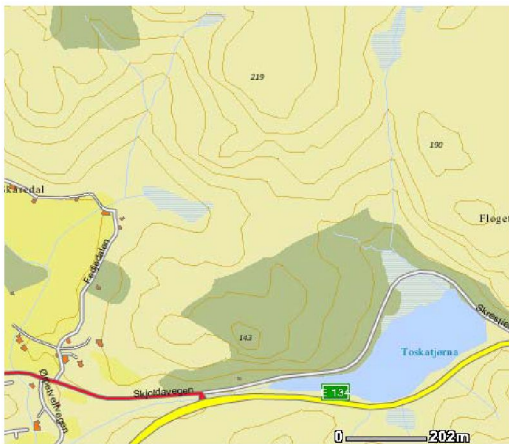
Kvernavatnet



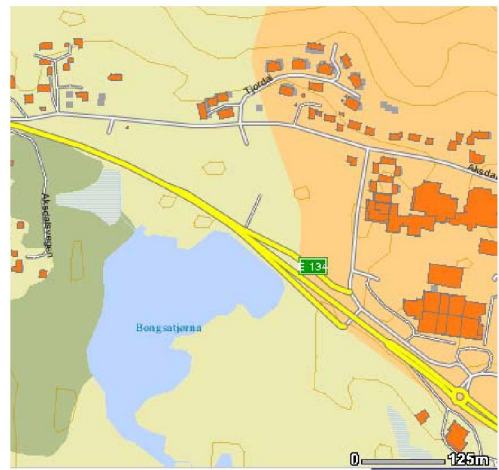
Skeievatnet



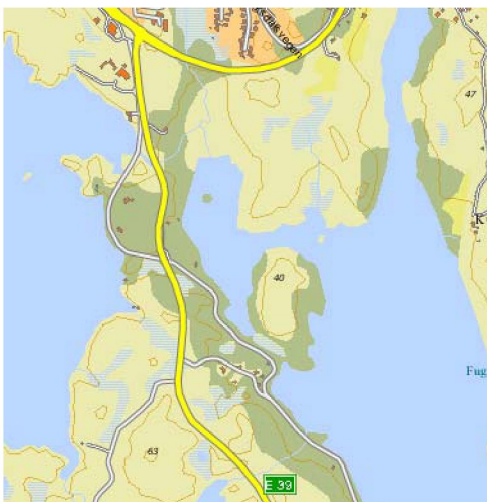
Blanktjørna



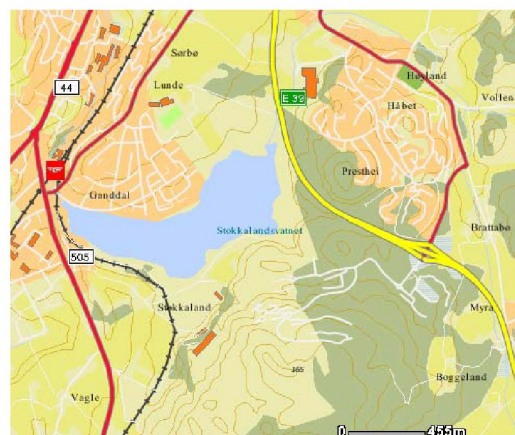
Toskatjørna



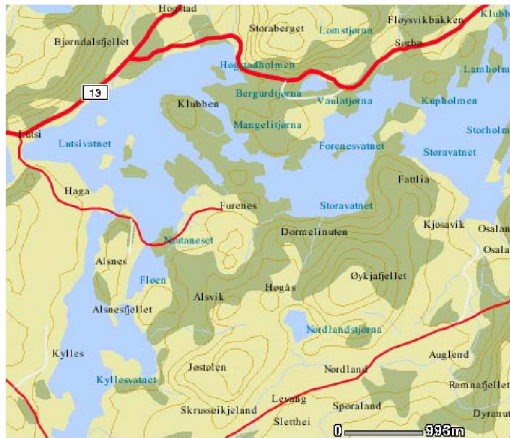
Bongsatjørna



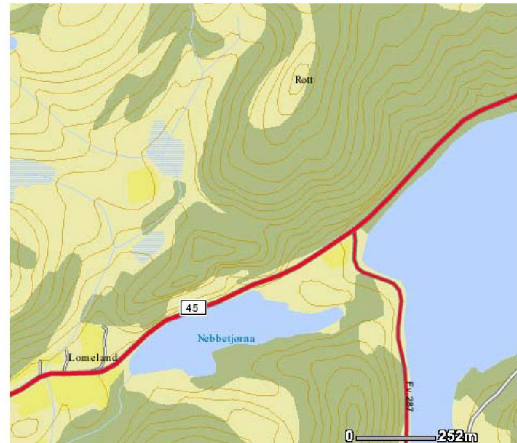
Fulgavatnet vest



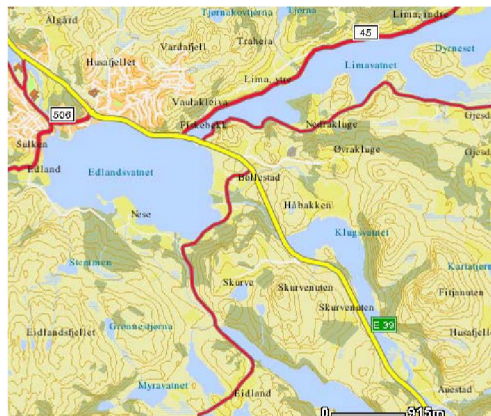
Stokkalandsavatnet



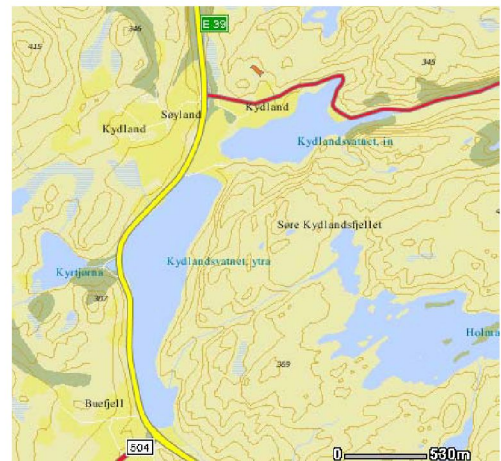
Lutsivatnet



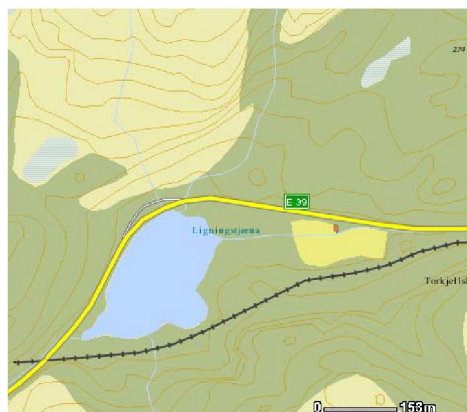
Nebbetjørna



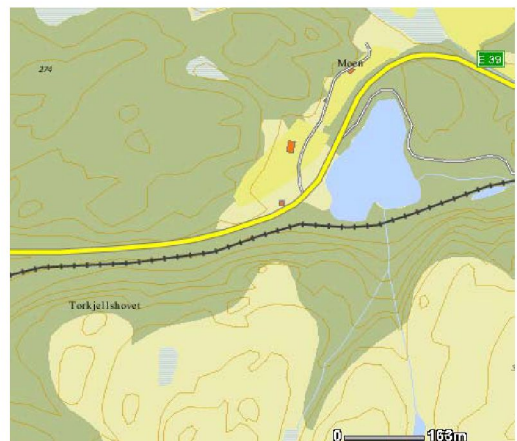
Edlandsvatnet



Ytre Kydlandsvatnet



Ligningstjørna

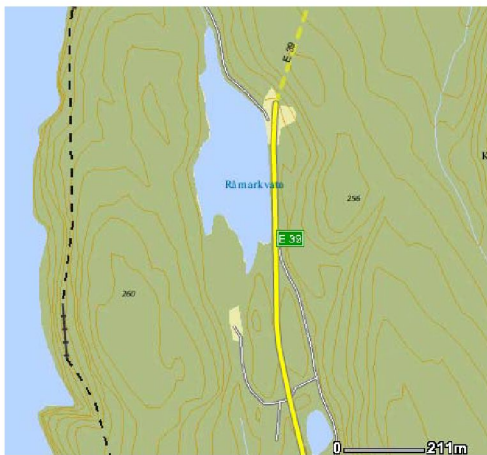


Monatjørna

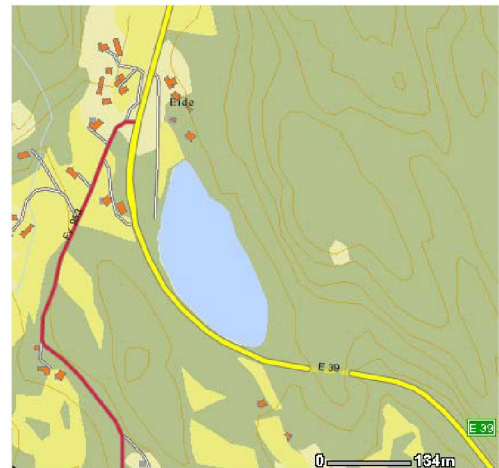
**Figur 2.** Lokalkart over hver innsjø i Region Vest med veg og omgivelser. Kartene er hentet fra VISVEG (<http://visveg.vegvesen.no/>).

### 2.1.2 Region Sør

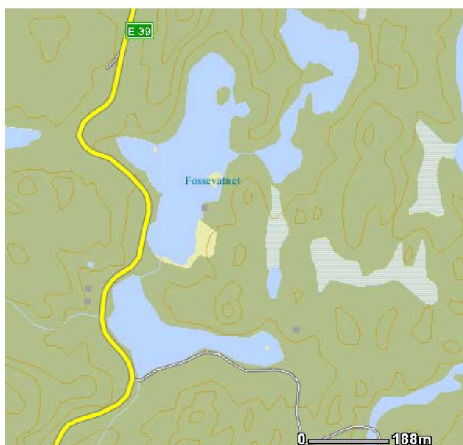
Region Sør består av fylkene Vest- og Aust-Agder, Telemark, Buskerud og Vestfold. Det er mange innsjøer i sør og vest, men færre lengre mot øst. Trafikktettheten er forholdsvis høy langs E18 og ved de største byene. Det er stedvis/årvis stort forbruk av salt. Det ble valgt 15 innsjøer fra denne regionen.



Råmarkvatn



Nedre Tjørna

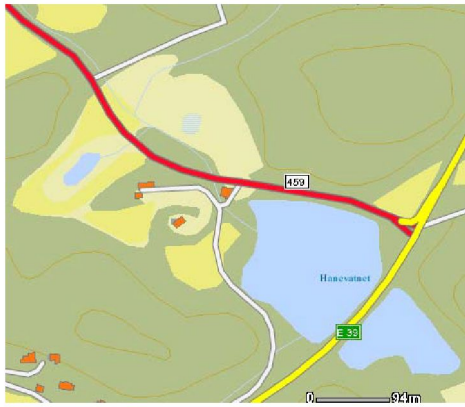


Lille Fossevatnet

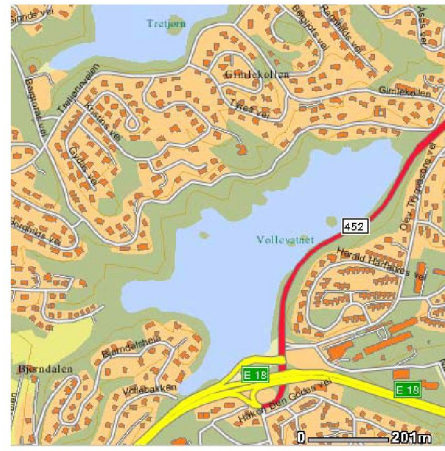


Udlandsvatnet

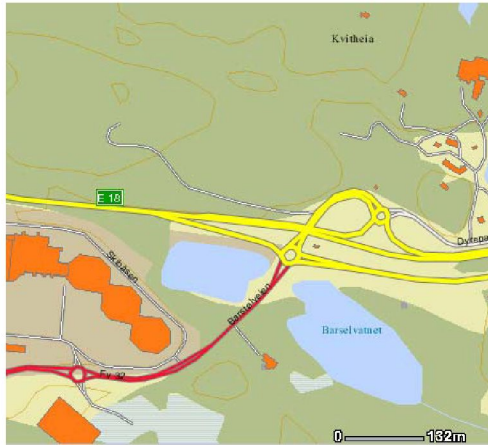




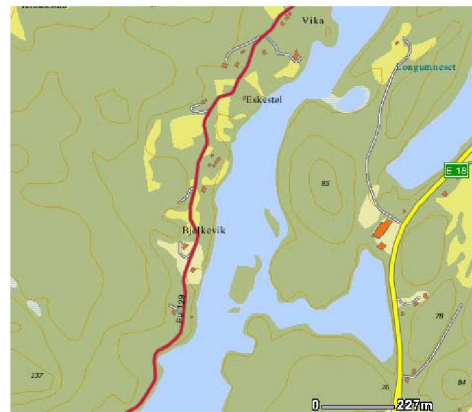
Hanevatnet



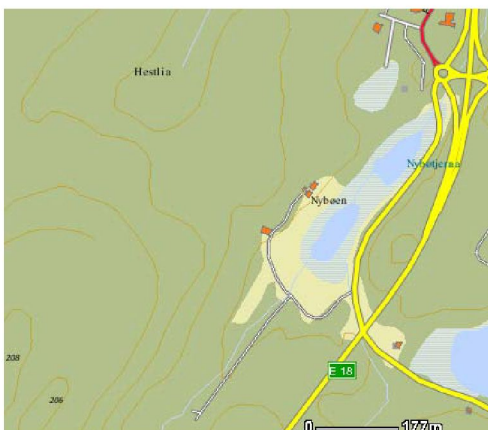
Vollevatnet



Barselvatnet nedre



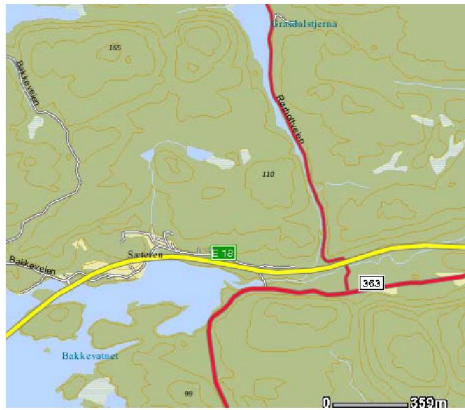
Longumvatnet øst



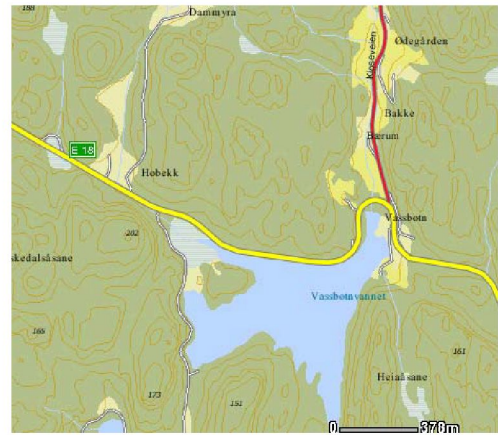
Nybøtjern



Sønnbøvatnet



Bakkevatnet øst



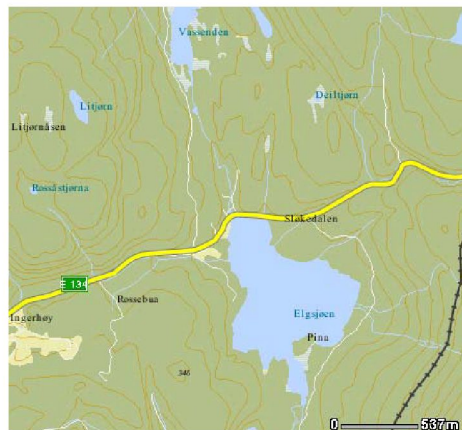
Vassbotnvannet



Paulertjerna øvre og nedre



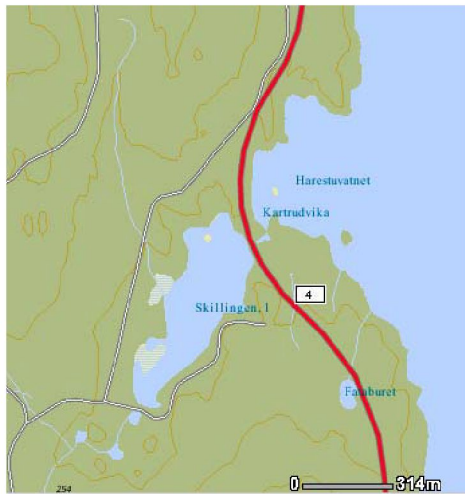
Farriskilen



Elgsjøen

**Figur 3.** Lokalkart over hver innsjø i Region Sør med veg og omgivelser. Kartene er hentet fra VISVEG (<http://visveg.vegvesen.no/>).





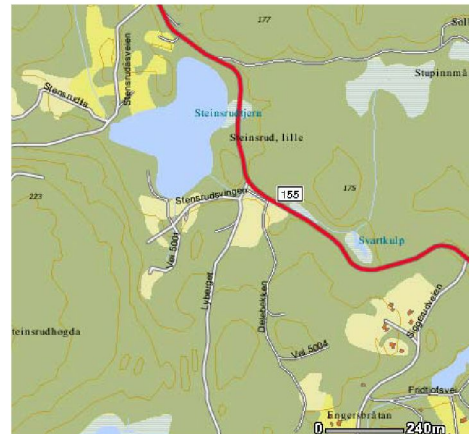
Lille Skillingen



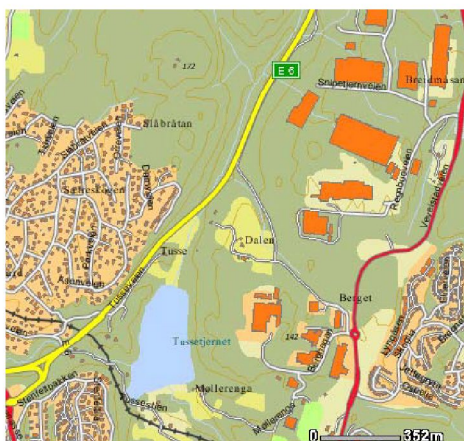
Nordbytjern



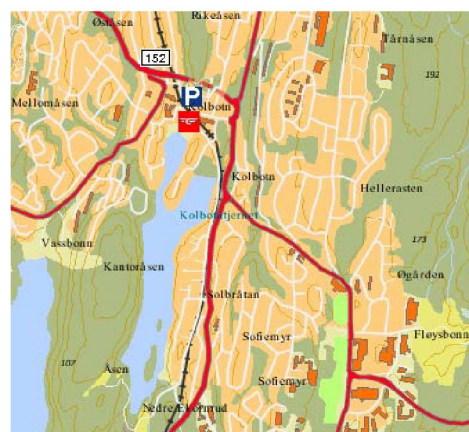
Gjerdsrudtjern



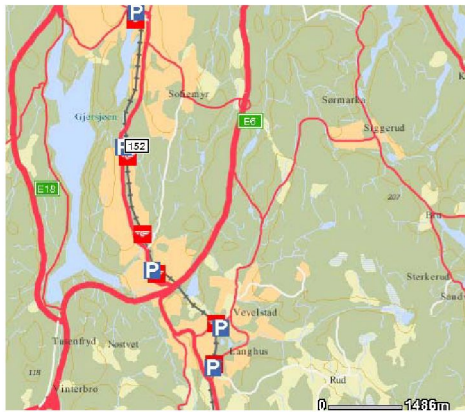
Steinsrudtjern



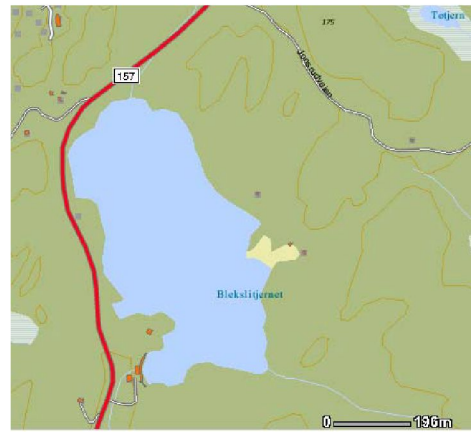
Tussetjern



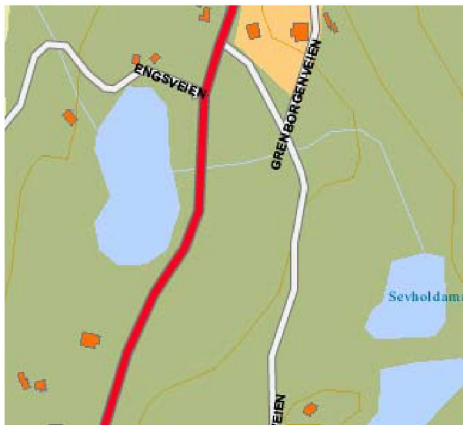
Kolbotntjern



Gjersjøen



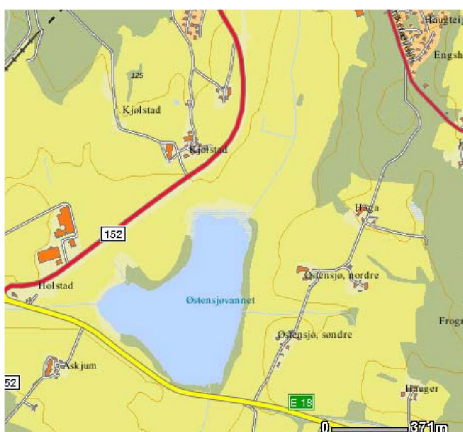
Blekslitjønet



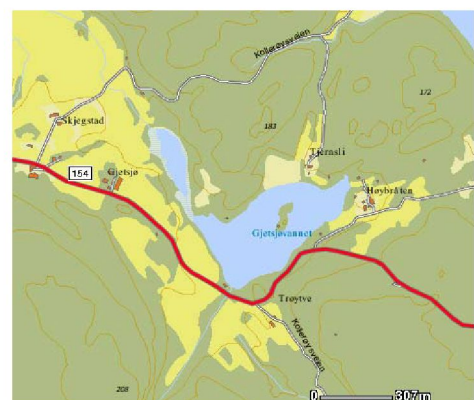
Engsdammen



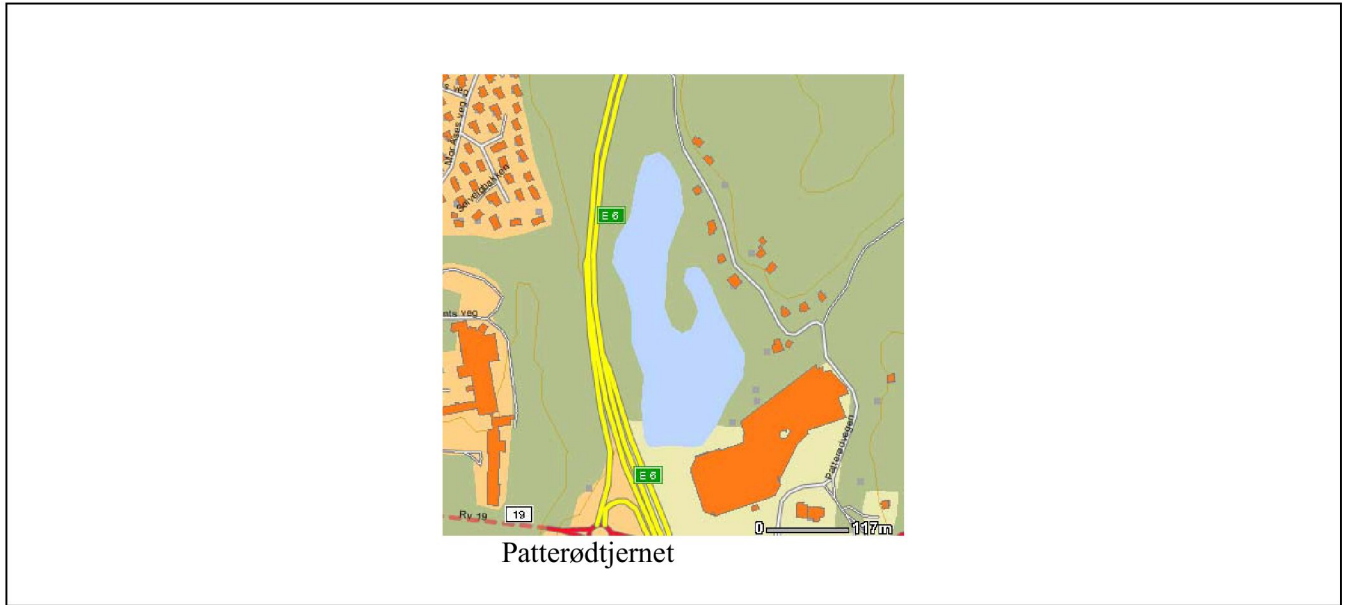
Gaupmyrdammen



Holstadvannet (Østensjøvannet)



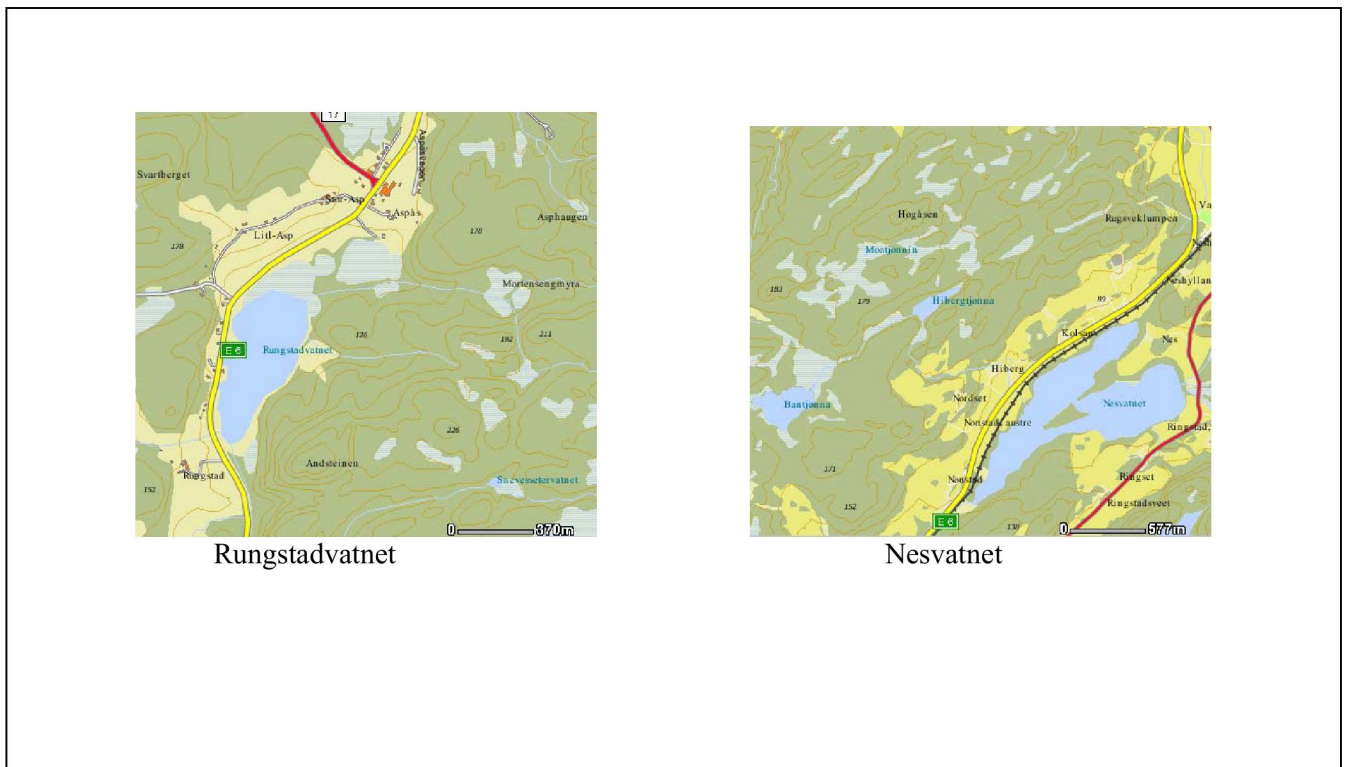
Gjetsjøvannet



**Figur 4.** Lokalkart over hver innsjø i Region Øst med veg og omgivelser. Kartene er hentet fra VISVEG (<http://visveg.vegvesen.no/>).

#### 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 er stedvis/årevis stort forbruk av salt. Det ble valgt 3 innsjøer fra regionen, alle fra Trøndelagsfylkene.





**Figur 5.** Lokalkart over hver innsjø i Region Midt med veg og omgivelser. Kartene er hentet fra VISVEG (<http://visveg.vegvesen.no/>)

## 2.2 Prøvetaking og kjemiske analyser

Alle innsjøene ble besøkt en gang i løpet av høsten 2005. 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. Her ble det også tatt sedimentprøver. Dette ble tatt med en sedimenthenter av corer type med mulighet for uttak av sedimentkiver. Fra sedimentkjernen ble det tatt ut en prøve fra overflaten (0 til 2 cm) og en fra bunnen (2 cm tykt lag). I enkelte innsjøer ble det tatt en vannprøve ca 5 cm over bunnen for å se om slike prøver hadde forskjellig vannkjemi fra de vanlige prøvene fra bunnområdet. Disse prøvene ble tatt fra vann over sedimentkjernen i prøvetakeren. Et utvalg parametere ble målt kontinuerlig nedover i hele vannsøylen ved hjelp av en senkbar sonde. De viktigste parametrene herfra var foruten dyp, konduktivitet, temperatur og oksygen. Sonden ble innstilt på en registrering av data hvert 2. sekund. Fra disse dataene ble det plottet dybdeprofiler.

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

I sedimentet ble det analysert følgende metaller både i overflaten og bunnen av sedimentkjernen: Kalsium (Ca), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), mangan (Mn), natrium (Na), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn) samt katalysatormetallene platina (Pt) og rhodium (Rh). PAH (polyaromatiske hydrokarboner) ble analysert bare i overflatesedimentet.

## 2.3 Veg- og innsjødata

Effektsjøene lå alltid nær veger. Det var/hadde vært saltbruk på alle disse vegene. Alle vegene lå slik til at avrenningen fra dem gikk mot innsjøen. Saltbruken ble estimert av regionskontorene i Statens vegvesen. 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 i nedbørfeltet.

Årsdøgntrafikk (ÅDT) var angitt på alle de aktuelle vegstrekningene.

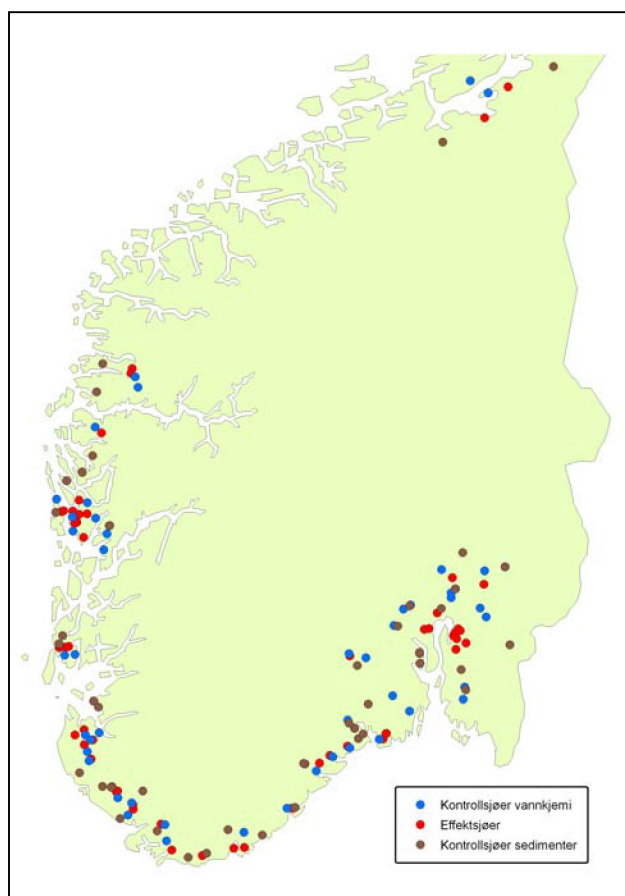
Nedbørfeltene til alle innsjøene ble avgrenset og arealene målt manuelt på 1:50000 kart. Lengde av hovedveg i nedbørfeltet og veglengden inntil vannet (< ca 50 m) ble målt på samme kart. Fra innsjøareal og maksimalt dyp ble det foretatt beregninger av gjennomsnittsdyp og gjennomsnittsvolum av sjøene. Sammen med nedbørfeltareal og nedbørdata ble dette anvendt til å beregne teoretisk oppholdstid av vannet i innsjøene.

Det ble gjort en skjønnsmessig vurdering av andre mulige påvirkningskilder på innsjøen enn avrenning fra veg.

Dataene er vist i vedlegg.

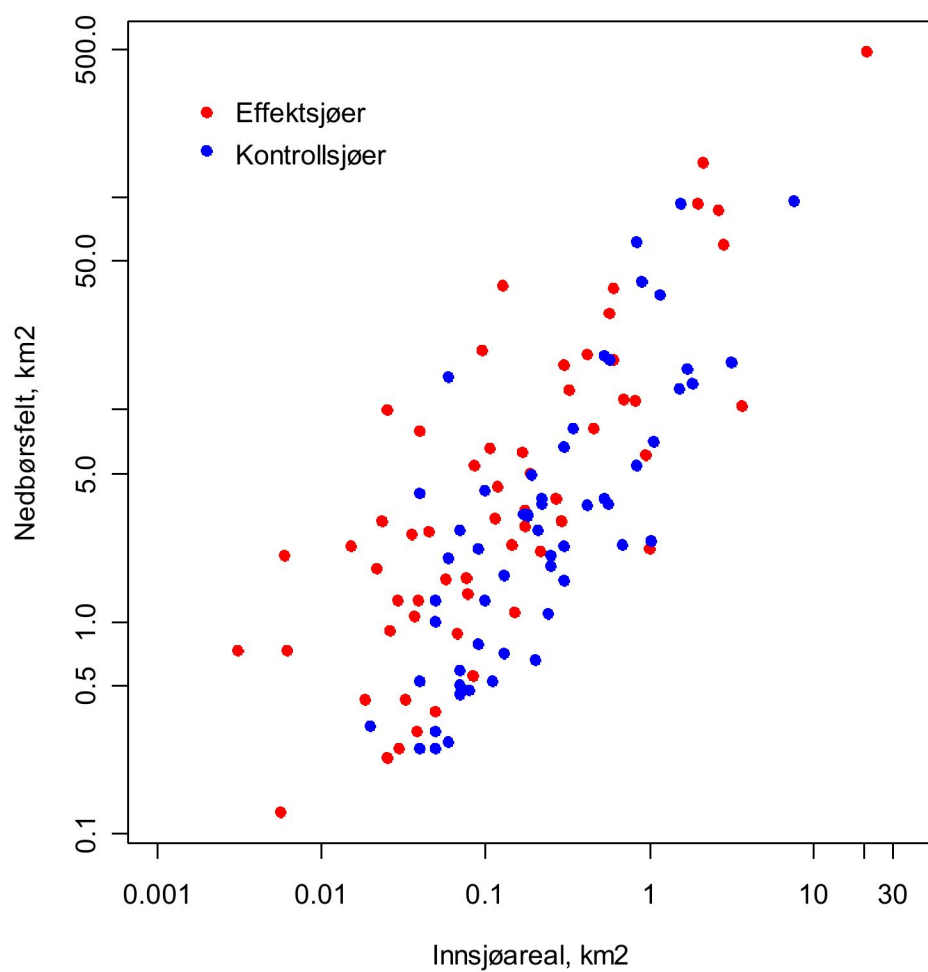
## 2.4 Utvalg av kontrollsjøer

For å kunne sammenligne de vegnære ”effektsjøene” med innsjøer som er forventet å være upåvirket av vegforurensninger ble det valgt ”kontrollsjøer” fra NIVAs database (*Figur 6*). For de vannkjemiske parametrene ble det valgt like mange kontrollsjøer som effektsjøer. Innsjøene som ble valgt var de som lå nærmest effektsjøene og som lignet mest i størrelse, nedbørsfelt og høyde over havet (*Figur 7* og *Figur 8*). Til tross for disse bestrebelsene viste det seg at kontrollsjøene tenderte til å ligge noe høyere over havet og være litt større enn effektsjøene, men at nedbørsfeltene ikke var signifikant forskjellige i størrelse. Det var imidlertid en tydelig tendens at effektsjøene hadde høyere pH enn kontrollsjøene (*Figur 8*). Det var færre tilgjengelige innsjøer som kontrollsjøer for sedimentene. Her ble det derfor et noe mindre utvalg og fra andre sjøer (*Figur 6*).

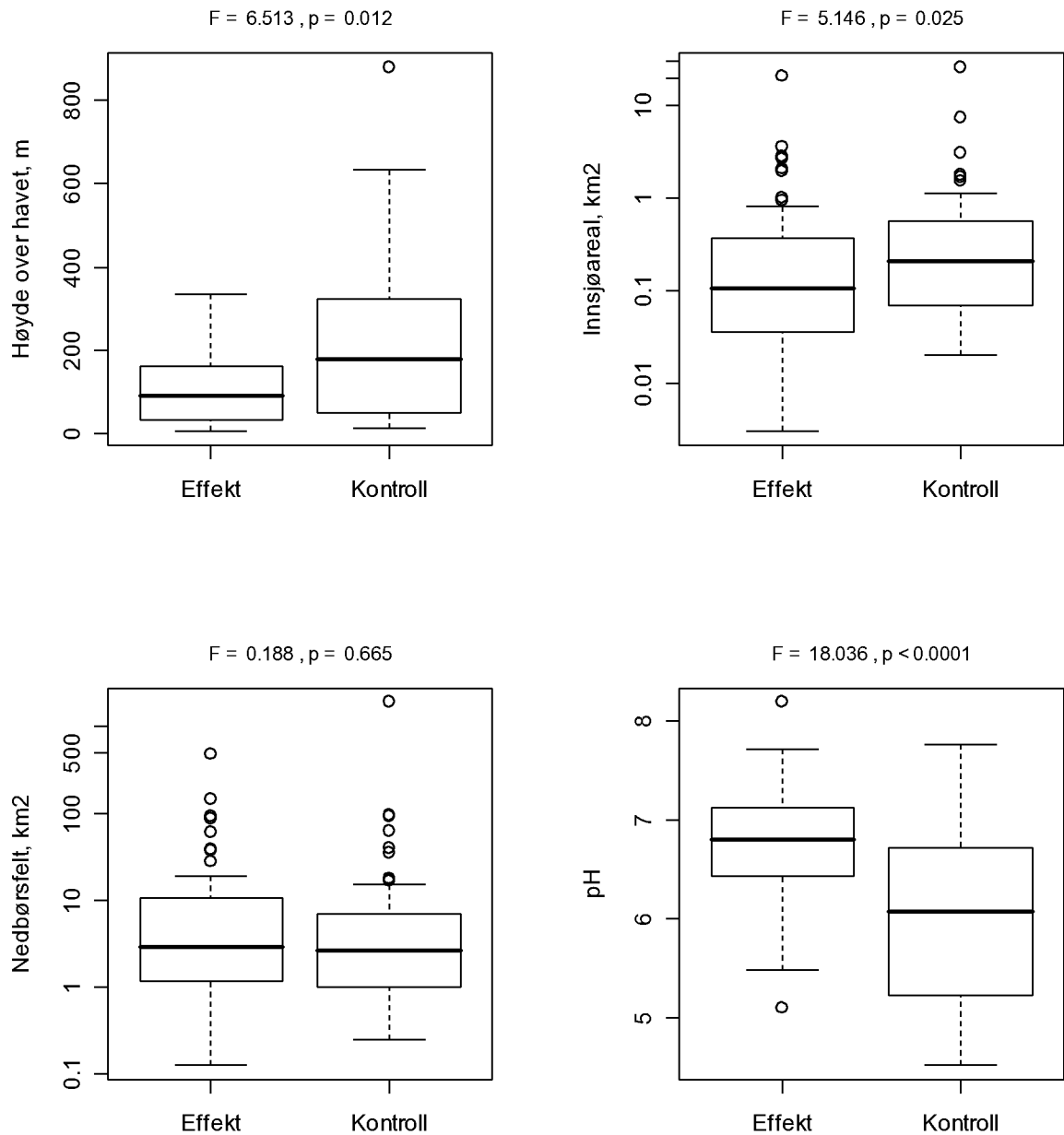


*Figur 6. Fordelingen av effektsjøer og kontrollsjøer i Sør Norge.*





**Figur 7.** Forholdet mellom areal på vann og tilhørende nedbørsfelt for effekt- og kontrollsjøer. Merk at begge akser er log-transformerte.



**Figur 8.** Høyde over havet, innsjøareal, nedbørfeltstørrelse og pH for kontrollsjøer til effektsjøene og kontrollsjøene for vannkjemi. Plottet viser median (tykk vannrett strek), 50 % av materialet (omfattet av boks) samt 10 og 90 prosentilene. Ekstremverdier (verdier som ligger utenfor det som forventes ut fra en normalfordeling) er indikert ved egne punkter. Over hver figur er testobservatorer for enveis ANOVA som tester hvorvidt verdiene i kontrollsjøene er forskjellige fra effektsjøene ( $F$  = Fishers testobservator,  $p$  = signifikansnivået).

## 2.5 Utvalg av innsjøer med tidsserier

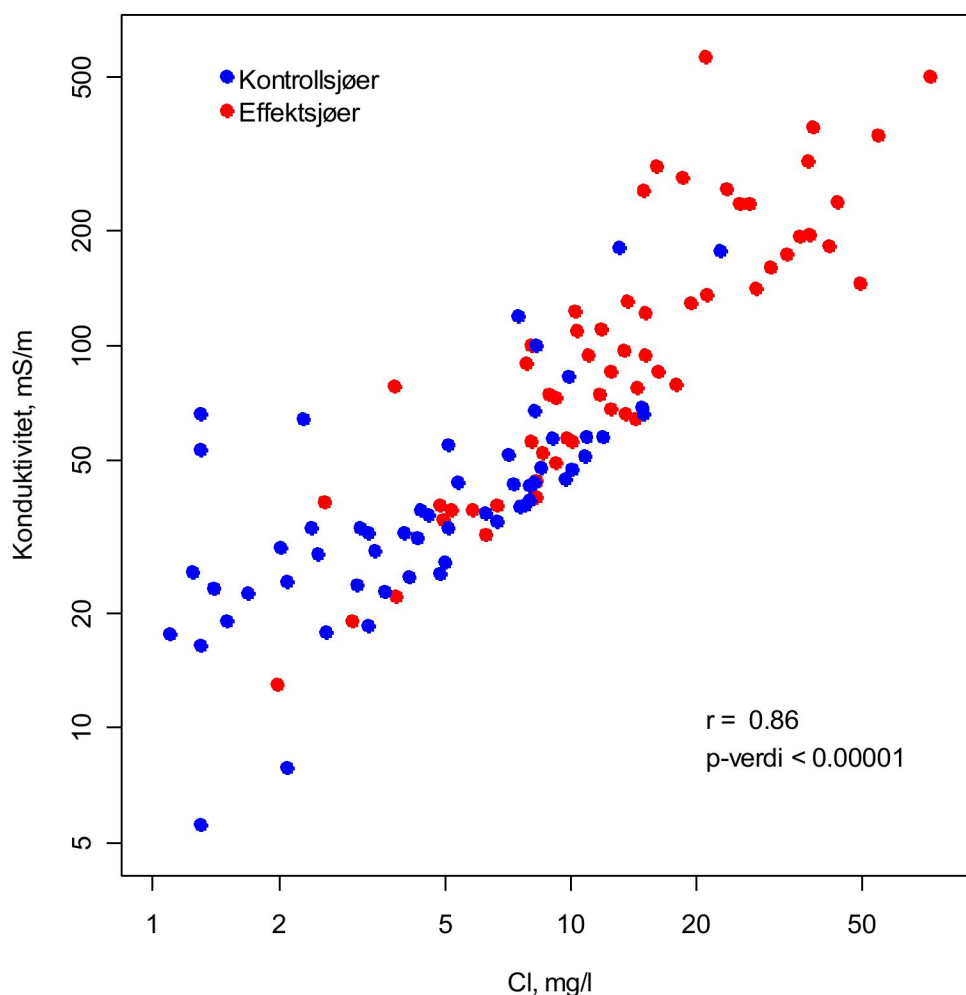
Det ble utført søk i litteraturlister etter andre undersøkelser i de samme innsjøer som i foreliggende undersøkelse, for om mulig å anvende dataene herfra i en analyse av tidsutvikling av saltkonsentrasjoner. Flere

av innsjøene hadde data fra tidligere år. Det var imidlertid oftest sporadiske undersøkelser med data fra en kort periode. Det ble også vurdert innsjøer i NIVAs database. I tillegg til effektsjøer langs veg, ble et utvalg på 23 innsjøer tatt ut som kontroll på tidstrender. Innsjøene var blant de samme som ble valgt ut som kontrollsjøer.

## 2.6 Numeriske analyser

### 2.6.1 Cl-Na-Konduktivitet

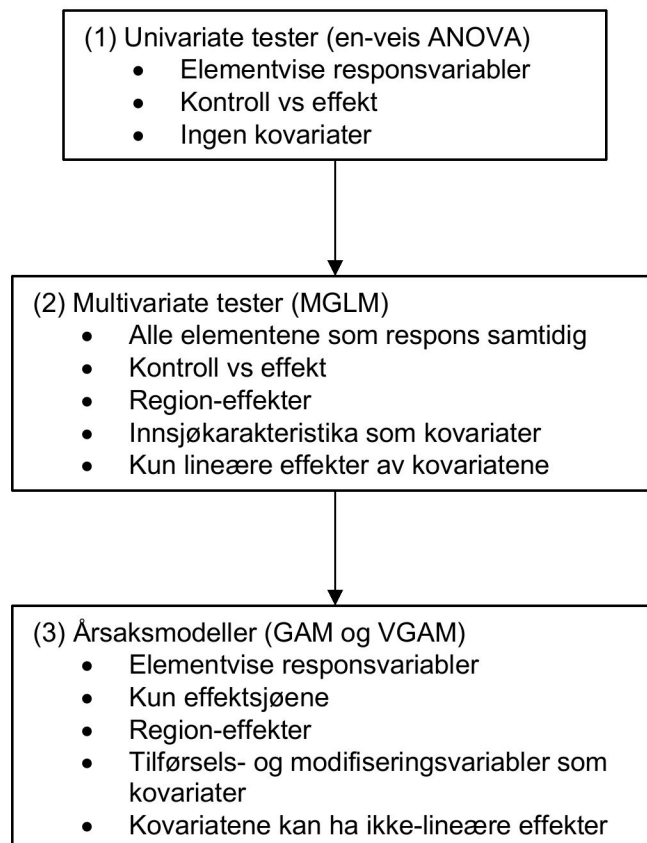
Både klorider og natrium samvarierer med konduktiviteten. **Figur 9** viser at det er en meget tydelig sammenheng mellom konsentrasjonene av klorid og konduktivitet. Variasjoner i konduktiviteten er derfor en god indikator på variasjoner i klorid- og natriumkonsentrasjonene (salt). Der klorider og/eller natrium mangler i datasettene, har vi derfor anvendt konduktivitet som en erstatning for disse.



**Figur 9.** Relasjonen mellom overflate Cl-konsentrasjon og overflatekonduktivitet. Merk at begge akser er log-skalerte.  $r$  angir korrelasjonskoeffisienten for hele materialet og  $p$ -verdien er signifikansnivået for korrelasjonen.

## 2.6.2 Statistiske metoder

Vi har gjennomført de statistiske testene på en slik måte at vi først tester hvorvidt effektsjøene har ulik vannkjemis i forhold til kontrollsjøene innen samme region. Dette har vi gjort ved elementvise univariate enveistester (ANOVA). Til tross for at innsjømessige forhold er forholdsvis like mellom effektsjøene og kontrollsjøene (se **Figur 7**) så er ikke nødvendigvis disse univariate testene helt valide da ikke-målte innsjøfaktorer kan ha innvirkning (og vi vet at de to innsjøgruppene har ulike plassering i forhold til høyde over havet (**Figur 8**)). Videre er ikke de ulike elementene uavhengige av hverandre – dvs. de samvarierer, og denne samvariasjonen kan være viktig å ta med i betraktning når en studerer forskjeller mellom de to innsjøkategoriene. Vi gjennomførte derfor en større multivariat modelltilpasning (multivariate generaliserte lineære modeller, MGLM, McCulagh and Nelder 1990) der de viktigste elementene inngår som responsvariabler (y-variabler) og viktig innsjø- og nedbørsfeltkarakteristika inkluderes som prediktorer (kovariater, x-variabler) slik at vi i større grad fikk fram den unike effekten innsjøkategori har på vannkjemisk sammensetning. Til sist går vi i dybden på hvilke faktorer som påvirker elementsammensetningen i effektsjøene samt hvordan disse former kjemiske gradienter i innsjøene. En skjematisk oversikt over analyseforløpet er framstilt i **Figur 10**.



**Figur 10.** Tre-steg-forløpet for de statistiske analysene som ble fulgt både for vannkjemis- og sedimentkjemianalysene.

For å forstå bedre mekanismene som ligger bak dannelsen av kjemiske gradienter i effektsjøenes vann- og sedimentkjemis gjennomførte vi en serie modelltilpasninger til dataene der vi i utgangspunktet ikke la noen føringer på hvorvidt forklaringsvariablene skulle ha lineære effekter på kjemigradientene eller ei. Dette gjorde vi ved å anvende det statistiske modelleringsverktøyet Generaliserte Additive Modeller (GAM, Hastie and Tibshirani (1990)). Denne metoden tillater at en tilpasser både lineære effekter (som i vanlig lineære

regresjonsanalyser) samt ikke-lineære effekter. Grad av ikke-lineæritet velges ut ved kryssvalidering slik at en sitter igjen med den modellen som ved bruk av færrest mulig parametere (frihetsgrader) forklarer mest av variasjonen i materialet som analyseres. En søker altså den mest parameterfattige modellen som forklarer mest av variasjonen. Ved å tilpasse flere modellalternativer som vi, ut fra rådende kunnskap på feltet, ser på som de mest relevante (*a priori* modeller), kan vi plukke ut den modellen som har enklest struktur og som forklarer en signifikant del av variasjonen i materialet. I og med at hovedfokus i dette prosjektet er på effekter av salting, tok vi (1) først utgangspunkt i de saltingsrelaterte variablene, Cl, Na og konduktivitet. (2) Vi tilpasset en rekke modellvarianter for disse (uavhengig av hverandre) og plukket ut den modellen som passet best for alle de tre variablene. (3) Deretter tilpasset vi samme modellstruktur til de enkelte metallkonsentrasjonene for å studere i hvilken grad disse viste samme respons som de saltings-relaterte variablene.

Generelt ble GAM-verktøyet brukt i disse testene, men i ett tilfelle ønsket vi å teste ut hvilke forhold som påvirker sannsynlighet for at innsjøene tilhører tre forskjellige salt- og O<sub>2</sub>-gradientkategorier. I dette tilfellet er responsen en gruppevariabel (dvs ikke kontinuerlig) og for å tilpasse en slik modell tok vi i bruk et verktøy som er beslektet med GAM, nemlig vektorisert GAM (Yee og Wild 1996) i form av multinominal modelltilpasning. Disse sannsynlighetene modelleres på tilsvarende måte som ved GAM-modellering – bare at responsen er kategorisk i stedet for kontinuerlig.

Grunnmodellen for (V)GAM-analysene tok utgangspunkt i konsentrasjonen av de ulike elementene er bestemt av tilførsel av disse elementene i nedbørsfeltet og at de tilførte elementene modifiseres av prosesser i innsjøen og i nedbørsfeltet. Vi opererer således med to typer prediktorvariabler (x-variabler) som kan grupperes slik:

1. tilførselsvariabler
  - a. saltingsmengde
  - b. veg i felt
  - c. veg langs vann
2. modifiserende variabler
  - a. størrelse på nedbørsfelt
  - b. innsjømorfologi (dybde/areal)
  - c. teoretisk oppholdstid
  - d. trafikkmengde (ÅDT)

I situasjoner hvor vi ønsket å tilpasse modeller som predikterer bunnkonsentrasjoner la vi inn overflatekonsentrasjon/verdier som prediktorvariabel. På denne måten korrigerer vi for generelle bakgrunnsverdier, slik at de resterende forklaringsvariablene i hovedsak forklarer prosesser som er relatert til *gradienten* mellom overflate og bunnverdiene. Grunnmodellen så da slik ut:

$$Y = s(X) + s(\text{tilførselsvariabler}) + s(\text{modifiseringsvariabler}) + \text{region} + \text{residualer} \quad (1)$$

Der Y er overflateverdier og X er bunnverdier. Notasjonen  $s(\dots)$  betyr at variablene som er inkludert i parenteser modelleres som ikke-lineære (dvs som polynomer), med mulighet for lineæritet som spesialtilfelle (dvs med én frihetsgrad).

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

*I denne delen av rapporten sammenligner vi kontrollsjøene med effektsjøene når det gjelder de ulike elementenes konsentrasjonsfordeling i overflate- og bunnvannet. For metallelementene går vi gjennom konsentrasjonsnivåene for de ulike elementene og relaterer disse til SFT sine klassifikasjonsgrenser for vannkvalitet. Vi gjennomfører enkle tester mellom effektsjøene og kontrollsjøene (innen hver region) der vi ser på forskjeller for hvert enkelt element. Vi sammenligner så sammensetningen av alle elementene mellom effektsjøene og kontrollsjøene etter å ha korrigert for innsjø- og nedbørsfeltforhold i multivariate analyser. Formålet med dette er å påvise hvorvidt vegnære sjøer har en annen kjemisk sammensetning enn den en skulle forvente dersom sjøene ikke hadde ligget nær en veg med salting.*

#### 3.1.1 Natriumklorid, konduktivitet og oksygen

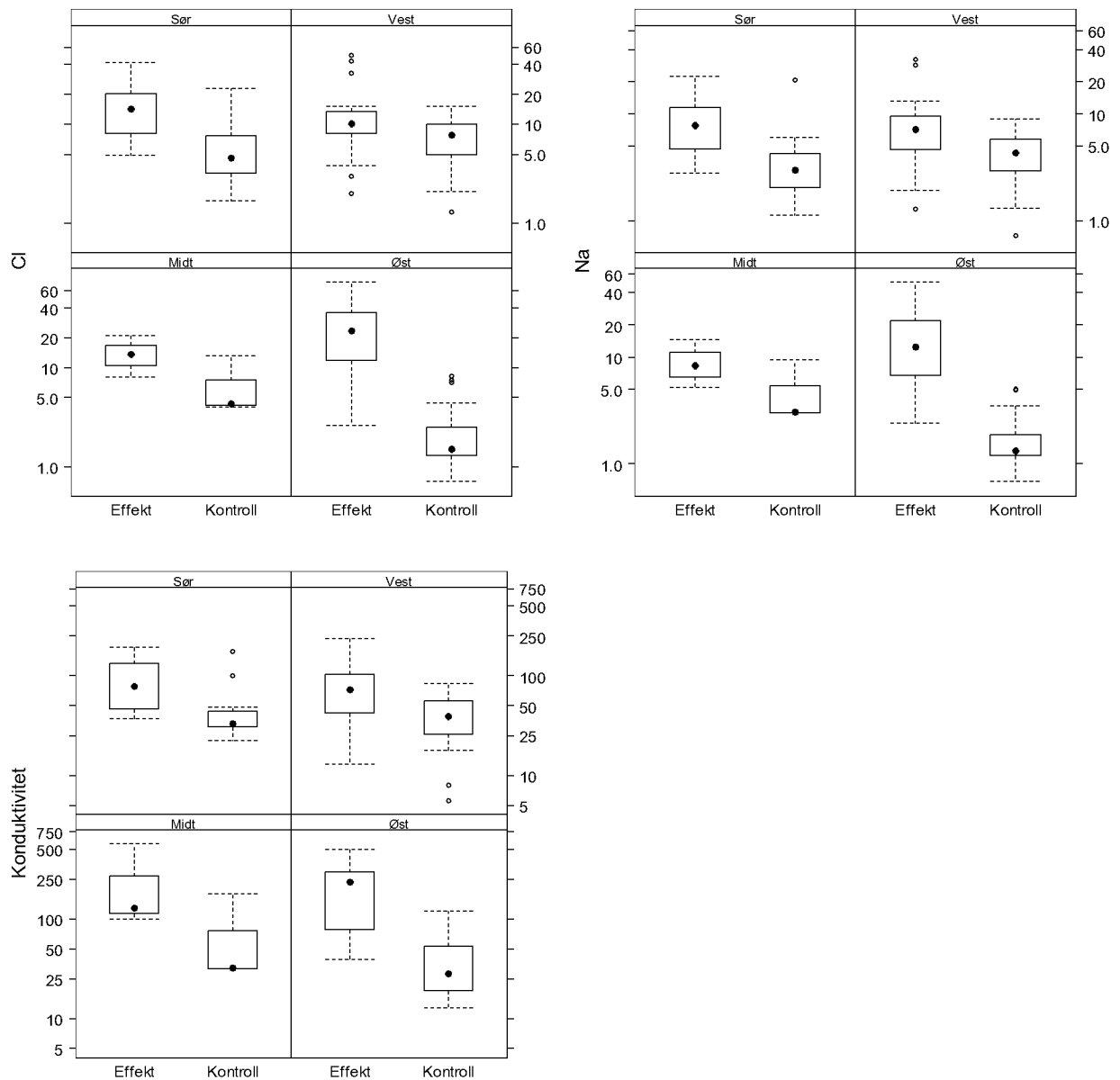
##### Effekt og kontrollsjøer

De gjennomsnittlige konsentrasjonene av både klorid og natrium var betydelig høyere i overflatevannet til de vegpåvirkede innsjøene (effektsjøene) enn i kontrollsjøene (**Figur 11**). Forskjellene i konduktivitet var tilsvarende høy. Det var små forskjeller mellom regionene for disse variablene, vestlandet hadde signifikant lavere konduktivitet enn de andre ( $p = 0.002$ , Vedlegg 1), men regionene hadde noe ulike forskjeller mellom effekt og kontrollsjøene med størst forskjeller i region øst ( $p < 0.0001$  for alle tre variablene) og minst forskjell i midt-Norge ( $p = 0.19, 0.23$ , og  $0.03$  for Cl, Na og konduktivitet, respektivt). Forskjellene mellom effekt og kontrollsjøene skyldes med stor sannsynlighet tilførsler av natriumklorid via vegsalt.

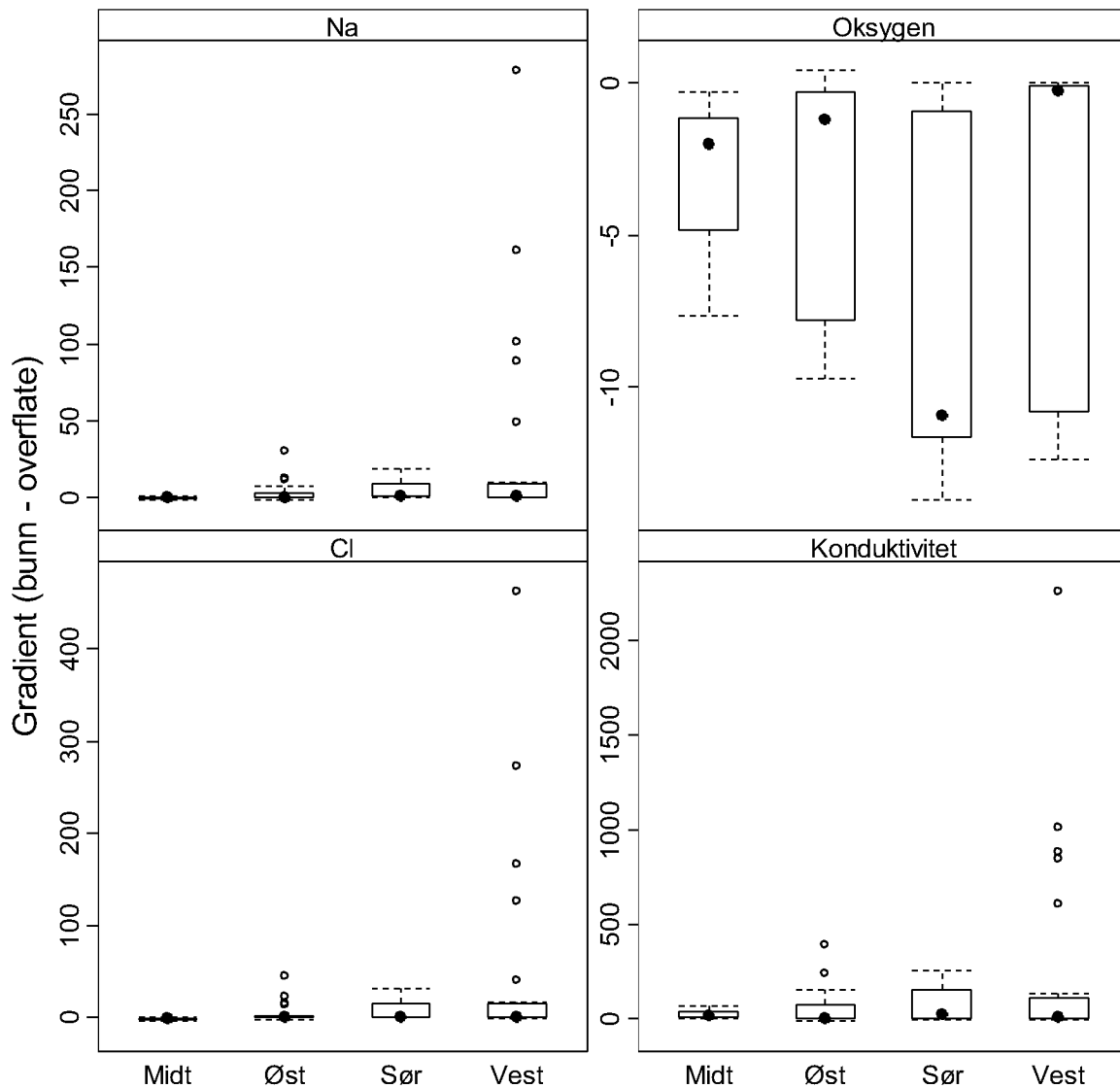
##### Gradienter mellom topp og bunn

Innenfor hver effektsjø ble det registrert betydelige gradienter mellom topp og bunn for både natrium, klorid og konduktivitet. Den største andelen innsjøer med gradienter ble observert i region sør, mens de største gradientene ble observert i region vest (**Figur 12**). For konduktiviteten ble det også målt dybdeprofiler i alle effektsjøene (**Figur 13–Figur 15**). Gradientene varierte fra ingen gradient til markerte gradienter. Omkring  $\frac{1}{4}$  av alle innsjøene hadde en tydelig sjiktning i konduktiviteten nedover i dypet. Den samme andelen av sjøene hadde også en temperatursjiktning, dvs lavere temperatur mot bunnen med tydelig sprangsjikt (**Figur 13–Figur 15**). Selv om vi finner at de aller fleste av de saltsjiktete sjøene også har en temperaturgradient, så finner vi også en del eksempler på sjøer der det er saltsjiktning uten temperatursjiktning (f eks Steinsrudtjern, Råttjern og Griggastemma) og vice versa.

Det var ikke målt oksygenkonsentrasjoner i kontrollsjøene. Oksygenkonsentrasjonene viste, som normalt er, høye verdier i overflatevannet i alle sjøene. Noen innsjøer hadde imidlertid noe reduserte konsentrasjoner i det øverste vannlaget. Det indikerer at vannmassene nylig har sirkulert, helt eller delvis, og at vann som har hatt oksygenvinn er blandet inn. En del innsjøer hadde tydelig sjiktning. Andelen innsjøer med tydelig oksygenjiktning var omkring halvparten for hele materialet (**Figur 13–Figur 15**). Gradienten fra topp til bunn var størst i innsjøer fra region sør, med medianverdi på omkring  $-10$  mg/l (**Figur 12**). Vi vet ikke sikkert om de sjiktete sjøene fremdeles kunne ha sirkulert utøver høsten. For de fleste syntes det lite sannsynlig, fordi prøvetakingen ble tatt seint på høsten, noe som tilsier at de allerede burde ha sirkulert dersom de hadde hatt mulighet. Snart ville også isen ha lagt seg på mange av sjøene og effektivt hindre ytterligere sirkulasjon.

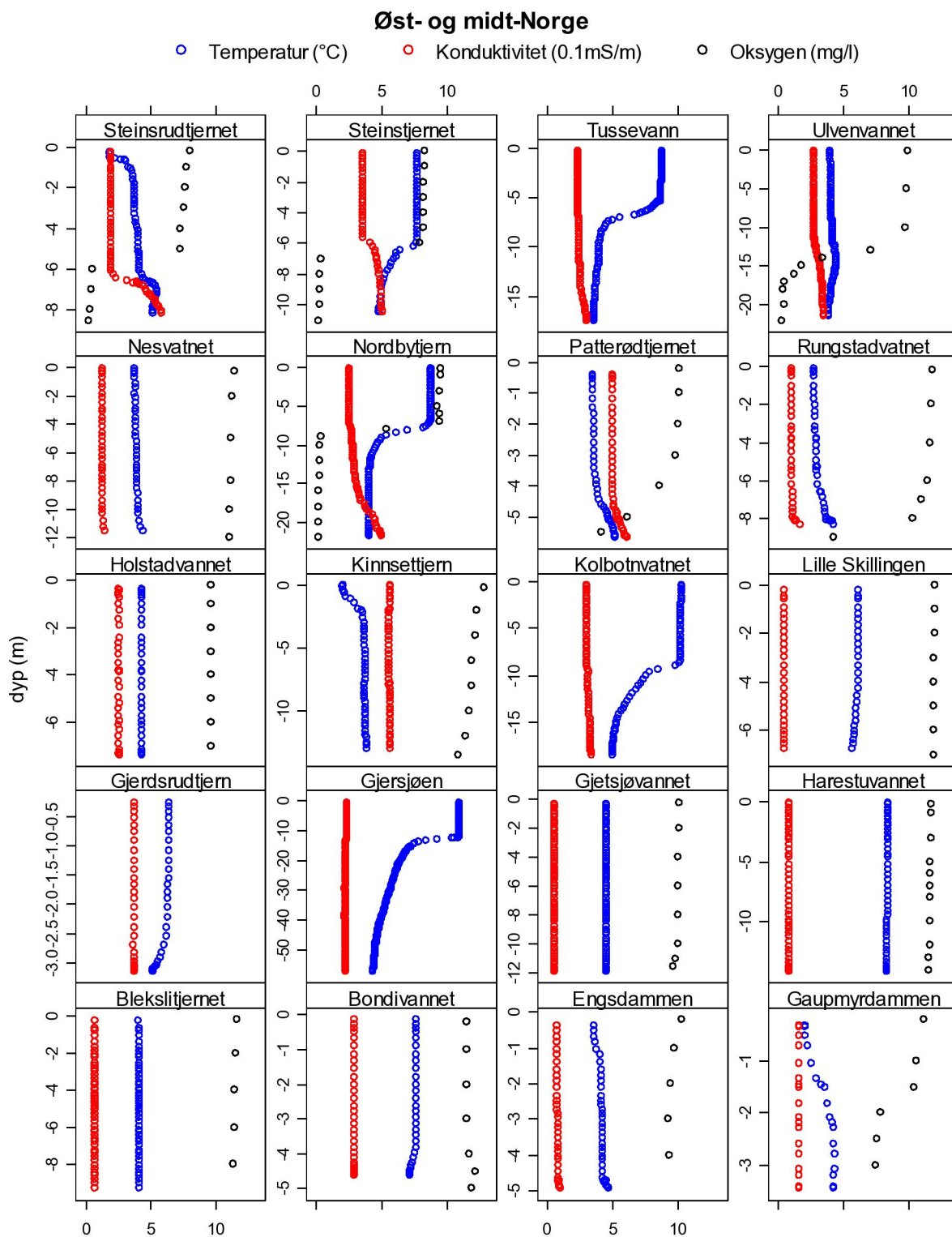


**Figur 11.** Regionvise konsentrasjonsfordelinger av klorid (Cl<sup>-</sup>), natrium (Na<sup>+</sup>) og samt konduktivitetsfordelinger i overflatevann i effektsjøene og kontrollsjøene. Verdiene er angitt på logaritmisk skala. Den svarte prikken indikerer medianverdien, mens 50 % av observasjonene befinner seg innenfor rektangelet. Stiplede horisontale linjer angir 10 og 90 prosentilen og enkeltpunkter angir uteliggere (dvs verdier som ligger utenfor normalfordelingsforventningen). Merk at fordelingene for midt-Norge er basert på kun 3 verdier.

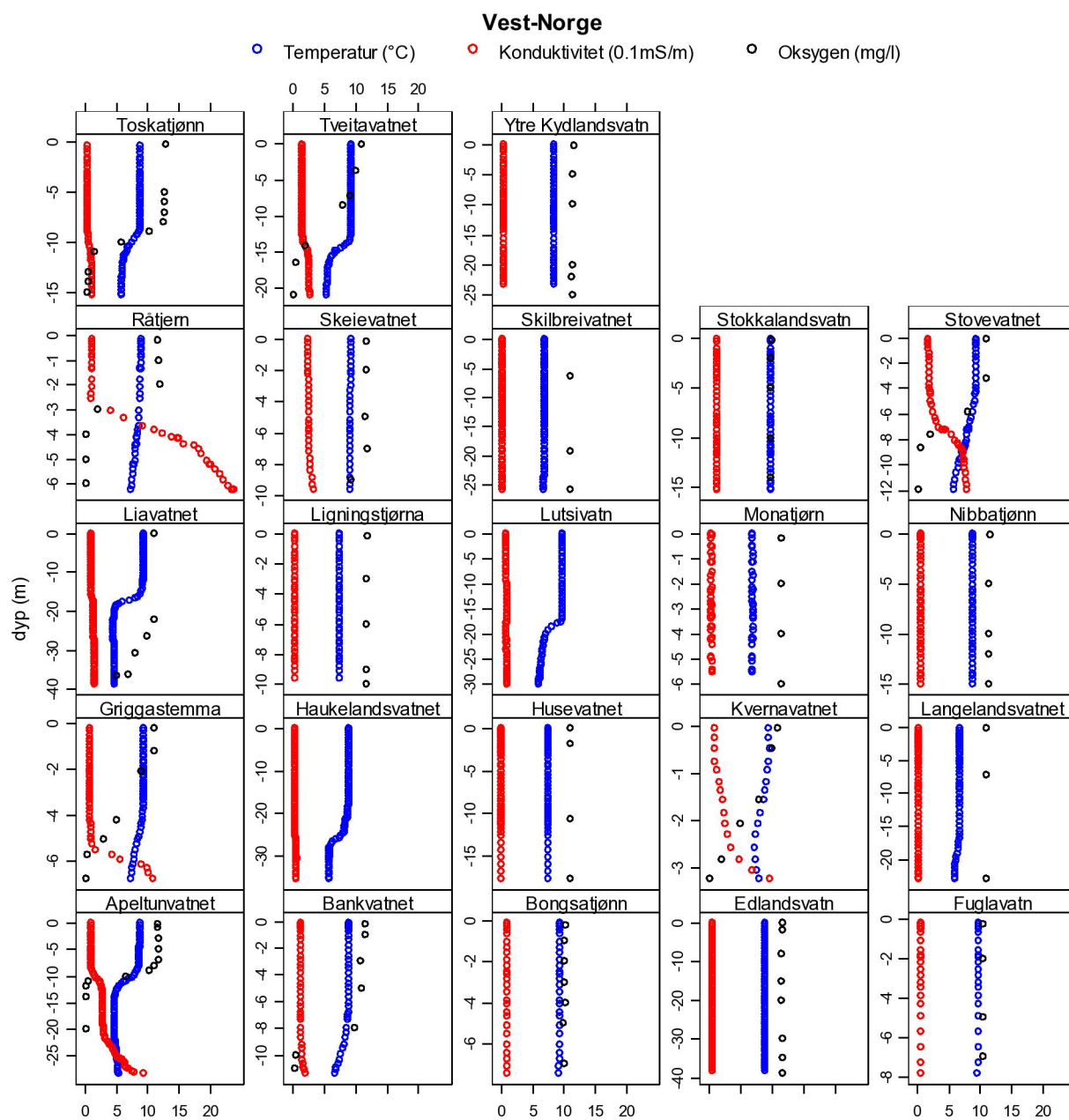


**Figur 12.** Na- og Cl-gradienter, samt oksygen og konduktivitetsgradienter fordelt på de ulike regionene. Gradientene er beregnet fra differansen mellom bunnverdiene og overflateverdiene, slik at negative tall innebærer at det er høyere konsentrasjoner ved overflaten enn ved bunn. For forklaring av boksene se Figur 11.

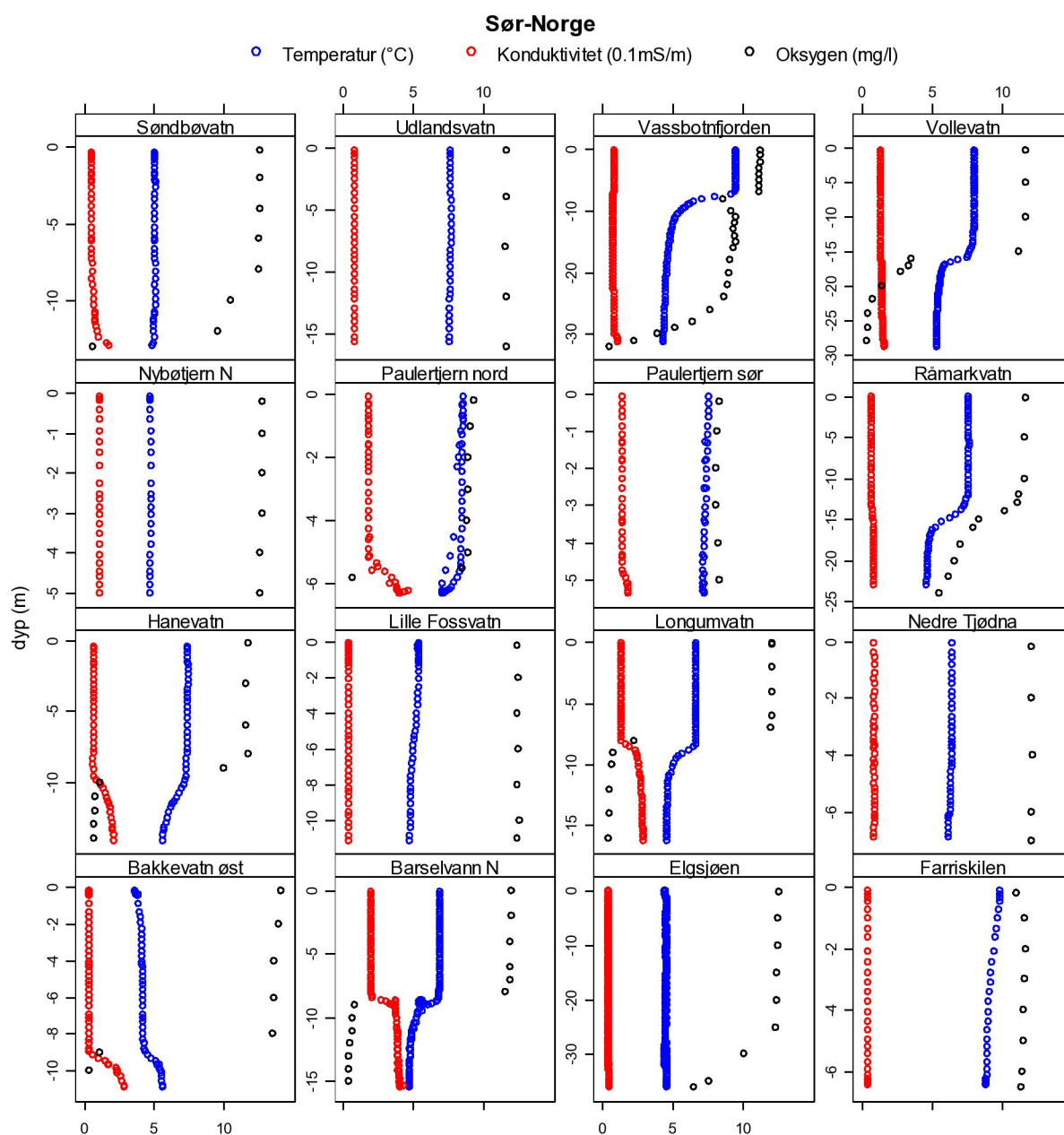




**Figur 13.** Innsjøvise konduktivitets-, temperatur- og oksygenprofiler med separate paneler for regionene øst- og midt-Norge. Merk at konduktivitetsverdiene skal multipliseres med 10 for å få de reelle verdiene. Jo kraftigere knekk på kurven, jo tydeligere er sjiktningen. For noen sjøer mangler oksygenmåleren.



**Figur 14.** Innsjøvise konduktivitets-, temperatur- og oksygenprofiler med separate paneler for regionene vest-Norge. Merk at konduktivitetsverdiene skal multipliseres med 10 for å få de reelle verdiene. Jo kraftigere knekk på kurven, jo tydeligere er sjiktningen. For noen sjøer mangler oksygenmåleren.



**Figur 15.** Innsjøvise konduktivitets-, temperatur- og oksygenprofiler med separate paneler for regionene Sør-Norge. Merk at konduktivitetsverdiene skal multipliseres med 10 for å få de reelle verdiene. Jo kraftigere knekk på kurven, jo tydeligere er sjikningen. For noen sjøer mangler oksygendata pga svikt i oksygenmåleren.

### **3.1.2 Metaller**

For de fleste innsjøene og metallene var forurensningsnivåene tilhørende klassene I og II, altså ubetydelig eller moderat forurenset

**Tabell 1).** 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. Konsentrasjonsnivået i bunnvannet var stort sett i overensstemmelse med konsentrasjonene i overflatevannet. I noen innsjøer ble det tatt vannprøver 5-10 cm over sedimentoverflaten. Det var gjennomgående noe høyere konsentrasjoner her. Særlig syntes konsentrasjonen av kadmium å øke nær sedimentoverflaten. I enkelte innsjøer var det en betydelig forskjell i konsentrasjonsnivåer for de fleste metaller i vannet nær sedimentet og det vannet som ble tatt 0.5 - 1 m over sedimentet. Noe av denne generelle økningen kan skyldes at det har kommet med partikler fra bunnsstratet selv om det under prøvetakingen ble prøvd å unngå synlige partikler.

Metallkonsentrasjonene i overflatevannet i effektsjøene i forhold til kontrollsjøene varierte etter typen av metaller, men stort sett var konsentrasjonene høyere i effektsjøene enn i kontrollene (**Figur 16, Figur 17**). For kadmium (Cd) og bly (Pb) var imidlertid tendensen den motsatte, med jevnt over høyere konsentrasjoner i kontrollsjøene. Vi har ikke en fullstendig forklaring på dette, men noe av forklaringen kan ligge i det faktum at kontrollsjøene stort sett har lavere pH (surere vann) (**Figur 8**), og derved lettere holder metallene løst i vannet. pH forskjellene kan være naturlige grunnet geologi eller påvirkninger fra jordbruk. Kalsium fra veien vil også bidra til at vegnære innsjøer får høyere pH (økt bufferkapasitet i forhold til surt vann). Kalsium vil da komme delvis fra vegsalt (ca 1000 ppm i tørt vegsalt) og delvis fra vegslitasje (Bækken 1993).

Forskjellene mellom konsentrasjoner i overflaten og i bunnvannet i effektsjøene viste en gjennomgående tendens til høyere konsentrasjoner i bunnvannet (**Figur 18**). Stort sett var imidlertid forskjellene små. Særlig for jern og mangan kan man forvente en slik forskjell på grunn av kjemiske prosesser (redoks forhold) i sjøer med oksygenvinn i bunnvannet. I noen få innsjøer, først og fremst i region vest, ble registrert med høyest konsentrasjoner av enkelte metaller i overflaten.

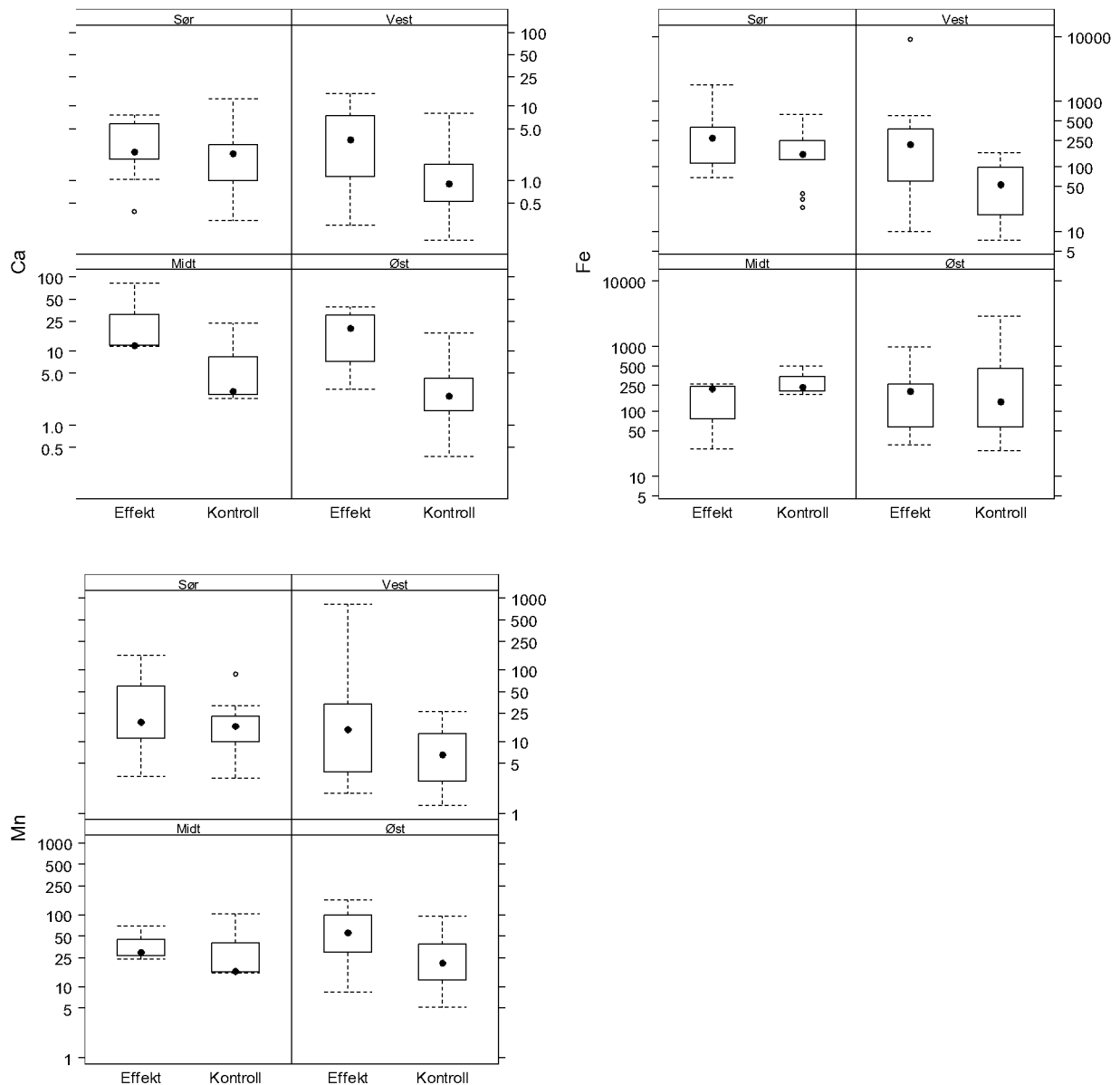
De multivariate analysene som analyserer på sammensetning og samvariasjon mellom salt- og metallnivåer i overflatevannet viser at det er en sterkt signifikant forskjell mellom effektsjøene og kontrollsjøene innen samme region (merk at regionene har blitt slått sammen i øst-midt og sør-vest i denne analysen). Analysene viser også at det er betydelige forskjeller også mellom regionene. Alle disse testene opprettholdes også etter at man har justert for viktige innsjø- og nedbørsfeltkarakteristika (Tabell 2, *Responsmatrisetest*). I alt forklarer denne modellen i overkant av 57 % av variasjon-samvariasjonsstrukturen mellom de inkluderte elementene.

Analysere man på enkeltkomponentene ser en at bildet blir noe annerledes (Tabell 2 øvre del). Den tilpassede modellstrukturen forklarer en signifikant del av variasjonen for alle komponentene, men den forklarte delen av variasjonen varierer fra 13 % (Ni) til 60 % (Na). En ser at saltingsrelaterte elementer som Cl, Na og konduktivitet gir nøyaktig det samme bildet: effektsjøene har signifikant høyere overflateverdier og nivået er høyere på Østlandet enn på Vestlandet. Dette er også tilfelle for metallene Ca, Cr, Cu og Mn, men ikke for Fe, Pb og Zn. For Fe og Zn er det forskjell mellom regionene som avgjør hvorvidt effektsjøene har høyere konsentrasjoner enn kontrollsjøene, mens for Pb er konsentrasjonene høyere i kontrollsjøene enn i effektsjøene i begge regionene. Pb skiller seg også ut i forhold til effekten av høyde over havet der alle elementer, bortsett fra Pb, har avtagende konsentrasjoner i overflatevann med økende høyde over havet.

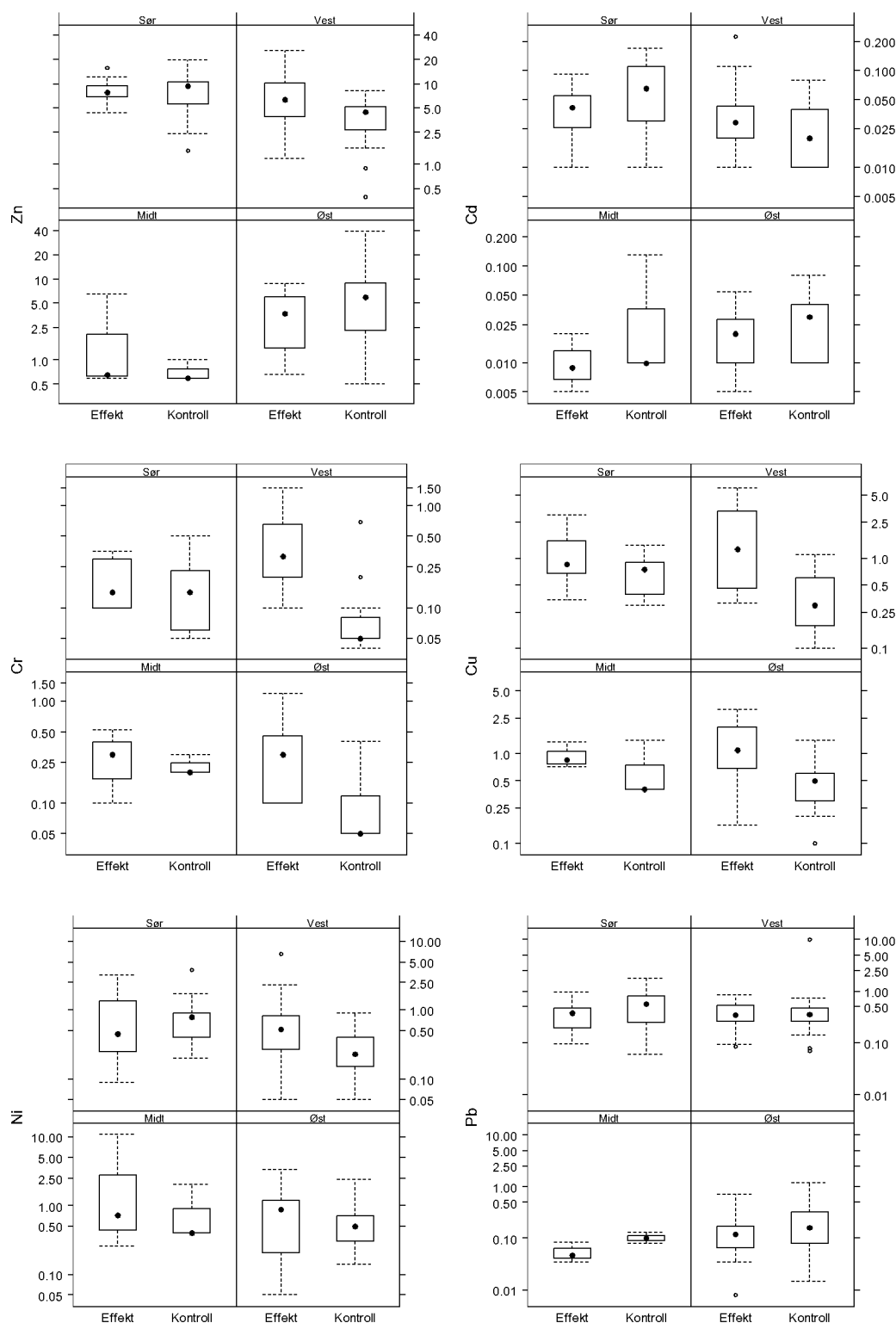
**Tabell 1.** Konsentrasjonsnivåer av metaller i effektsjøene i henhold til SFT, henholdsvis i overflatevannet (1m) og ved bunnen. Noen innsjøer er prøvetatt 5-10 cm over sedimentet (lengst til høyre i tabellen). Fargene angir forurensningsgrad i henhold til SFTs klassegrenser for konsentrasjoner i ferskvann.

I – ubetydelig    II – moderat    III – markert    IV – sterkt    V – meget sterkt

|                   | dyp | Cd  | Cr | Cu  | Ni  | Pb | Zn  | dyp  | Cd  | Cr  | Cu  | Ni  | Pb  | Zn  | dyp | Cd  | Cr  | Cu  | Ni  | Pb  | Zn  |
|-------------------|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Apeltunvatnet     | 1   | I   | II | IV  | II  | II | II  | 20   | I   | I   | III | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Bakkevatn øst     | 1   | II  | I  | II  | II  | I  | II  | 10.5 | II  | I   | II  | II  | III | I   | 11  | III | I   | II  | II  | III | II  |
| Bankvatnet        | 1   | I   | II | IV  | II  | I  | II  | 10.5 | I   | II  | III | II  | I   | II  | 11  | I   | II  | III | II  | I   | II  |
| Barselvann N      | 1   | II  | II | III | III | I  | II  | 14.5 | I   | I   | II  | III | I   | II  | 15  | III | I   | IV  | III | III | III |
| Bleikslitjernet   | 1   | I   | II | I   | II  | I  | I   | 10   | I   | I   | I   | II  | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Bondivannet       | 1   | I   | I  | II  | I   | I  | I   | 5    | I   | I   | II  | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Bongsatjønn       | 1   | II  | II | IV  | IV  | II | II  | 7    | I   | II  | IV  | IV  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Edlandsvatn       | 1   | I   | II | I   | I   | I  | I   | 37   | I   | I   | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Elgsjøen          | 1   | I   | II | II  | I   | II | II  | 36   | I   | I   | I   | I   | II  | II  | 38  | I   | II  | II  | I   | III | II  |
| Engsdammen        | 1   | I   | II | II  | II  | I  | II  | 4.5  | I   | II  | II  | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Farriskilen       | 1   | I   | I  | II  | I   | I  | II  | 6.5  | I   | II  | II  | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Fuglavatn         | 1   | I   | II | II  | I   | I  | II  | 7    | I   | II  | II  | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Gaupmyrdammen     | 1   | I   | I  | II  | I   | I  | II  | 3.5  | I   | I   | II  | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Gjersrudtjern     | 1   | I   | II | III | III | I  | I   | 3    | II  | II  | III | III | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Gjersjøen         | 1   | I   | I  | III | II  | I  | I   | 52   | I   | II  | III | II  | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Gjetsjøvannet     | 1   | II  | II | II  | II  | I  | II  | 12   | II  | II  | II  | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Griggastemma      | 1   | I   | II | IV  | II  | I  | II  | 7    | I   | III | IV  | II  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Hanevatn          | 1   | II  | II | II  | II  | I  | II  | 13.5 | III | I   | II  | II  | III | II  | 14  | IV  | I   | II  | II  | III | II  |
| Harestuvannet     | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | II  | 14   | I   | I   | I   | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Haukelandsvatn    | 1   | III | II | I   | I   | I  | II  | 35   | II  | II  | II  | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Holstadvannet     | 1   | I   | II | IV  | III | II | II  | 7    | I   | II  | IV  | III | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Husavatn          | 1   | II  | II | I   | I   | I  | II  | 18   | II  | II  | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Kinnsettjern      | 1   | I   | I  | II  | V   | I  | II  | 13.5 | I   | II  | II  | V   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Kolbotnvann       | 1   | I   | I  | II  | I   | I  | I   | 17   | I   | I   | II  | II  | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Kvernavatnet      | 1   | II  | II | III | II  | I  | III | 3.5  | I   | II  | I   | II  | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Langelandsvatn    | 1   | I   | II | I   | I   | I  | I   | 24   | I   | II  | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Liavatnet         | 1   | I   | II | III | II  | I  | II  | 40   | I   | II  | III | II  | I   | III |     |     |     |     |     |     |     |
| Likningstjønn     | 1   | II  | I  | I   | I   | II | II  | 10.5 | II  | I   | I   | I   | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Lille Fossvatn    | 1   | II  | I  | I   | I   | I  | II  | 11.5 | II  | I   | I   | I   | I   | II  | 12  | III | II  | I   | I   | III | II  |
| Lille Skillingen  | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | II  | 7.5  | I   | I   | I   | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Longumvatn        | 1   | I   | II | II  | II  | I  | II  | 16.5 | I   | I   | I   | II  | I   | I   | 17  | III | I   | III | II  | II  | II  |
| Lutsivatn         | 1   | I   | II | II  | I   | I  | I   | 30   | I   | II  | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Moentjern         | 1   | I   | II | I   | II  | I  | II  | 6    | I   | II  | II  | II  | I   | II  | 6.5 | IV  | II  | III | II  | IV  | II  |
| Nedre Tjødna      | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | II  | 7    | I   | II  | II  | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Nesvatnet         | 1   | I   | II | II  | II  | I  | II  | 11.5 | I   | II  | II  | II  | I   | I   | 12  | III | II  | III | II  | II  | II  |
| Nibbatjønn        | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | I   | 15   | I   | I   | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Nordbytjern       | 1   | I   | II | I   | II  | I  | II  | 20   | I   | II  | I   | II  | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Nybøtjern N       | 1   | II  | II | III | III | II | II  | 5    | II  | II  | III | III | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Patterødtjernet   | 1   | I   | II | III | II  | I  | II  | 5.5  | I   | II  | III | II  | I   | I   | 6   | III | II  | IV  | II  | IV  | II  |
| Pauler tjern N    | 1   | II  | I  | I   | I   | I  | II  | 6.5  | II  | I   | II  | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Pauler tjern S    | 1   | I   | I  | III | I   | I  | II  | 5.5  | II  | II  | IV  | II  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Rungstadvatnet    | 1   | I   | II | II  | I   | I  | I   | 10   | I   | II  | II  | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Råmarkvatn        | 1   | II  | II | II  | II  | I  | II  | 24.5 | II  | II  | II  | II  | II  | II  | 25  | IV  | II  | II  | II  | I   | II  |
| Råtjern           | 1   | I   | II | V   | II  | II | II  | 6.5  | II  | I   | IV  | II  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Skeisvatn         | 1   | I   | II | IV  | II  | II | II  | 9    | I   | II  | IV  | II  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Skilbreivatn      | 1   | I   | II | I   | I   | I  | I   | 26.5 | I   | I   | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Steinsrudtjernet  | 1   | I   | II | II  | II  | I  | II  | 7.5  | I   | II  | II  | II  | II  | II  | 8   | III | II  | II  | II  | II  | II  |
| Steinstjernet     | 1   | I   | II | II  | I   | I  | I   | 10.5 | I   | I   | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Stokkalandsvatn   | 1   | IV  | II | II  | II  | II | II  | 14   | I   | II  | II  | I   | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Stovevatn         | 1   | I   | II | IV  | II  | I  | II  | 13   | I   | III | III | II  | I   | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Søndbøvatn        | 1   | II  | II | II  | II  | I  | II  | 13.5 | II  | I   | III | II  | II  | II  | 14  | IV  | II  | III | II  | II  | II  |
| Toskatjønn        | 1   | I   | II | II  | II  | II | II  | 15   | II  | II  | II  | II  | III | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Tussevann         | 1   | I   | I  | III | II  | I  | I   | 17   | I   | I   | II  | II  | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Tveitavatnet      | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | I   | 22   | I   | I   | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |
| Udlandsvatn       | 1   | II  | II | I   | I   | II | II  | 16.5 | II  | II  | I   | I   | I   | II  | 17  | IV  | II  | II  | I   | III | II  |
| Ulvenvannet       | 1   | I   | II | III | II  | I  | I   | 22   | I   | II  | II  | II  | I   | I   | 23  | V   | III | V   | III | V   | IV  |
| Vassbotnfjorden   | 1   | I   | I  | I   | I   | I  | II  | 31   | II  | I   | II  | I   | II  | II  |     |     |     |     |     |     |     |
| Vollevatn         | 1   | I   | II | III | II  | I  | I   | 28.5 | I   | I   | III | II  | I   | I   | 29  | III | I   | III | III | II  | II  |
| Ytre Kydlandsvatn | 1   | I   | II | I   | I   | I  | II  | 25   | I   | II  | I   | I   | I   | I   |     |     |     |     |     |     |     |

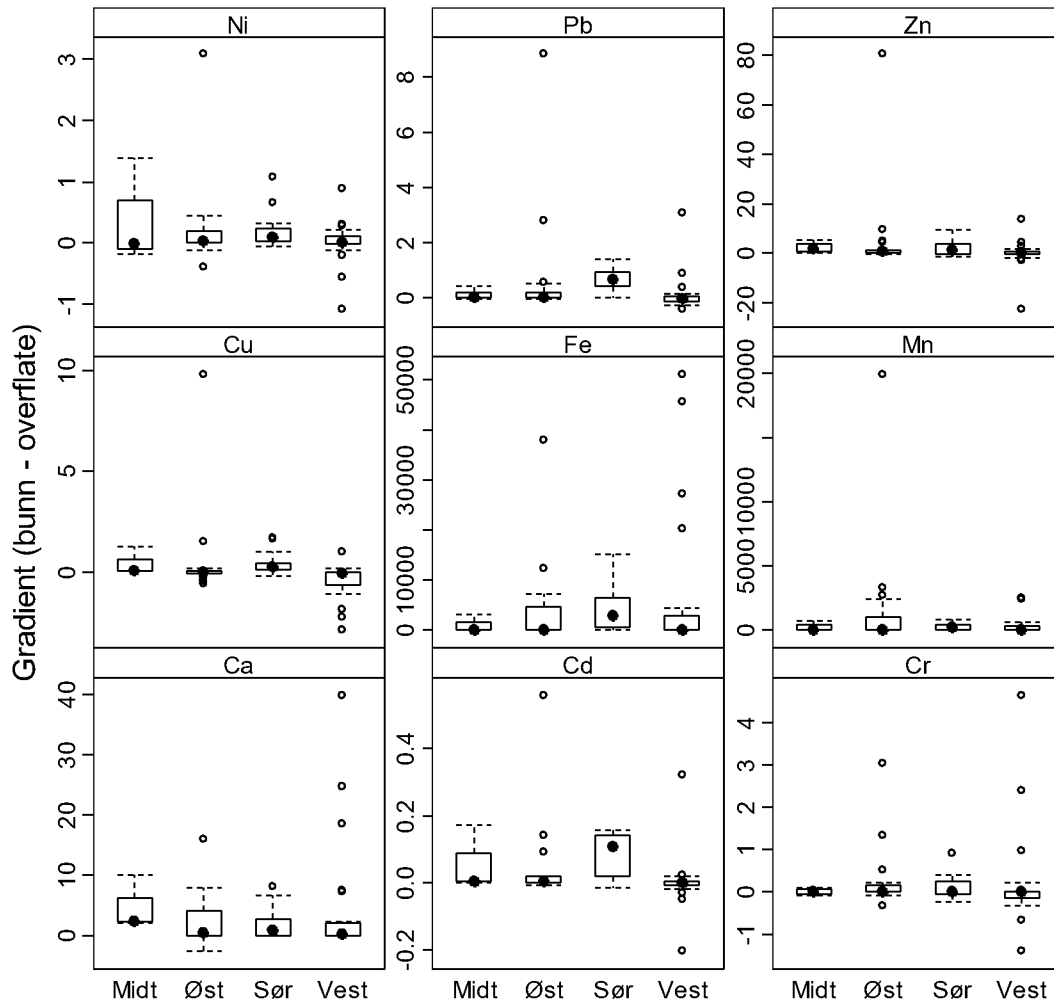


**Figur 16.** Box-plot av kalsium, jern og mangan sine overflatekonsentrasjoner ( $\mu\text{g/l}$ ) i effektsjøene og kontrollsjøene, fordelt på de fire regionene. Merk at y-aksen er på  $\log_{10}$ -skala. Den svarte prikken indikerer medianen, mens 50 % av observasjonene befinner seg innenfor rektangelet. Stiplede horisontale linjer angir 10 og 90 prosentilen og enkeltpunkter viser uteliggere. Test-statistikk som tester på forskjell mellom effektsjøene og kontrollsjøene (innen region) er oppgitt i Vedlegg 1.



**Figur 17.** Box-plot av kadmium, krom, kobber, nikkel, bly og sink sine overflatekonsentrasjoner ( $\mu\text{g/l}$ ) i effektsjøene og kontrollsjøene, fordelt på de fire regionene. Merk at y-aksen er på  $\log_{10}$ -skala. Den svarte prikken indikerer medianen, mens 50 % av observasjonene befinner seg innenfor rektangelet. Stiplede horisontale linjer angir 10 og 90 prosentilen og enkeltpunkter viser uteliggere. Test-statistikk som tester på forskjell mellom effektsjøene og kontrollsjøene (innen region) er oppgitt i Vedlegg 1.





**Figur 18.** Box-plot av elementgradienter fordelt på de ulike regionene. Gradientene er beregnet fra differansen mellom bunnverdiene og overflateverdiene, slik at negative tall innebærer at det er høyere konsentrasjoner ved overflaten enn ved bunn.

**Tabell 2.** Parameterestimater (Est.) med tilhørende standardfeil (s.e.) fra multivariat GLM-analyse samt Wilks-lambda effekt-test for variasjon-kovariansjonsforskjeller i hele responsmatrisen. Responsmatrisetesten testes således på forskjeller i den totale sammensetningen (multivariat) av de kjemiske komponentene, mens øvre del av tabellen tar for seg forskjeller for de respektive enkeltkomponentene (univariat). Testobservatorer for univariate tester tilpasset responsmatrisens enkelttelementer er også oppgitt. Justert  $R^2$  angir forklaringsgraden til de respektive univariate modellene.

| Region                | Behandling | Responsvariabel |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |      |          | konduktivitet |        |      |          |      |        |      |          |      |
|-----------------------|------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|----------|---------------|--------|------|----------|------|--------|------|----------|------|
|                       |            | Ca              | Cd        | Cl        | Cr        | Cu        | Fe        | Mn        | Na        | Ni        | Pb        | Zn        |           |      |          |               |        |      |          |      |        |      |          |      |
|                       |            | Est. s.e.       | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. | Est. s.e. |      |          |               |        |      |          |      |        |      |          |      |
| Intercept             | 5.07       | 0.51            | -4.82     | 0.46      | 4.62      | 0.40      | -1.07     | 0.47      | 1.10      | 0.42      | 5.27      | 0.64      | 4.94      | 0.61 | 4.28     | 0.36          | 0.72   | 0.63 | -3.53    | 0.49 | 1.25   | 0.51 | 6.84     | 0.35 |
| region                | -1.93      | 0.24            | 0.86      | 0.22      | -0.58     | 0.19      | -0.02     | 0.22      | -0.04     | 0.20      | 0.23      | 0.30      | -1.16     | 0.29 | -0.60    | 0.17          | -0.44  | 0.30 | 1.27     | 0.23 | 0.86   | 0.24 | -1.09    | 0.17 |
| log(høyde over havet) | -0.57      | 0.08            | -0.01     | 0.08      | -0.38     | 0.07      | -0.22     | 0.08      | -0.38     | 0.07      | -0.35     | 0.11      | -0.34     | 0.10 | -0.42    | 0.06          | -0.39  | 0.10 | 0.07     | 0.08 | -0.14  | 0.09 | -0.40    | 0.06 |
| log(nedbørsfelt)      | 0.02       | 0.08            | 0.23      | 0.07      | -0.08     | 0.06      | 0.17      | 0.07      | 0.15      | 0.07      | 0.29      | 0.10      | 0.10      | 0.09 | -0.08    | 0.06          | 0.12   | 0.10 | 0.18     | 0.08 | 0.10   | 0.08 | -0.01    | 0.06 |
| log(innsjøareal)      | -0.10      | 0.09            | -0.17     | 0.08      | -0.05     | 0.07      | -0.21     | 0.08      | -0.21     | 0.07      | -0.42     | 0.11      | -0.17     | 0.10 | -0.06    | 0.06          | -0.21  | 0.11 | -0.30    | 0.08 | -0.14  | 0.09 | -0.09    | 0.06 |
| Behandling(Region)    | -0.84      | 0.31            | 0.49      | 0.26      | -1.27     | 0.23      | -0.64     | 0.27      | -0.35     | 0.24      | 0.81      | 0.37      | -0.32     | 0.35 | -1.08    | 0.21          | 0.40   | 0.36 | 0.60     | 0.28 | 0.24   | 0.29 | -3.18    | 0.20 |
| Behandling(Region)    | -0.54      | 0.22            | 0.10      | 0.19      | -0.49     | 0.17      | -0.72     | 0.20      | -0.63     | 0.18      | -0.59     | 0.27      | -0.35     | 0.25 | -0.49    | 0.15          | 0.07   | 0.26 | 0.43     | 0.21 | -0.20  | 0.21 | -2.73    | 0.15 |
| $R^2$ adj.            | 0.58       |                 | 0.17      |           | 0.55      |           | 0.34      |           | 0.43      |           | 0.27      |           | 0.28      |      | 0.60     |               | 0.13   |      | 0.35     |      | 0.14   |      | 0.59     |      |
| F-verdi (Df = 6,104)  | 25.88      |                 | 4.53      |           | 22.46     |           | 10.02     |           | 14.22     |           | 7.75      |           | 8.01      |      | 27.31    |               | 3.61   |      | 10.42    |      | 3.93   |      | 26.34    |      |
| p-verdi               | <0.00001   |                 | 0.0004    |           | <0.00001  |           | <0.00001  |           | <0.00001  |           | <0.00001  |           | <0.00001  |      | <0.00001 |               | 0.0028 |      | <0.00001 |      | 0.0014 |      | <0.00001 |      |

**Responsmatrisetest**

| Prediktorvariabel     | Df | Wilks $\lambda$ | F      | DF     | p-verdi  |
|-----------------------|----|-----------------|--------|--------|----------|
| region                | 1  | 0.369           | 12.814 | 12,93  | <0.00001 |
| log(høyde over havet) | 1  | 0.394           | 11.56  | 12,94  | <0.00001 |
| log(nedbørsfelt)      | 1  | 0.674           | 3.624  | 12,95  | 0.00020  |
| log(innsjøareal)      | 1  | 0.650           | 4.039  | 12,96  | <0.00001 |
| Behandling(Region)    | 2  | 0.304           | 6.1142 | 24,186 | <0.00001 |

## 3.2 Årsaksmodeller vannkjemi

*I denne delen av resultatene fokuserer vi på hvilke faktorer som påvirker konsentrasjonene av de ulike elementene i overflatevannet og bunnvannet samt gradienten mellom overflate og bunn i effektsjøene. Vi kvantifiserer også på hvilken måte disse faktorene påvirker elementkonsentrasjonene. Dette gjør vi ved å anvende moderne statistiske verktøy som, ved objektive kriterier, finner fram til de mest parameterfattige modellene. Vi søker med andre ord her etter den enkleste modellen som forklarer mest mulig av variasjonen hos de ulike elementenes konsentrasjoner. Formålet med å gjennomføre disse modelltilpasningene er å generere et modellverktøy til estimering av hvilke tilførsels- og modifiseringsforhold som medfører økte salt- og metallkonsentrasjoner i en innsjø og også hvilke forhold som medfører salt-induserte oksygenvinn i bunnvannet.*

*Det må her presiseres at dataene for saltbruk på vegene stort sett er beregnet fra bruk over lengre strekninger, ofte også sjablongmessig satt, og derfor ikke nødvendigvis presise for hver enkelt innsjø. Dette introduserer en usikkerhet i materialet som ikke kommer frem ved analysene.*

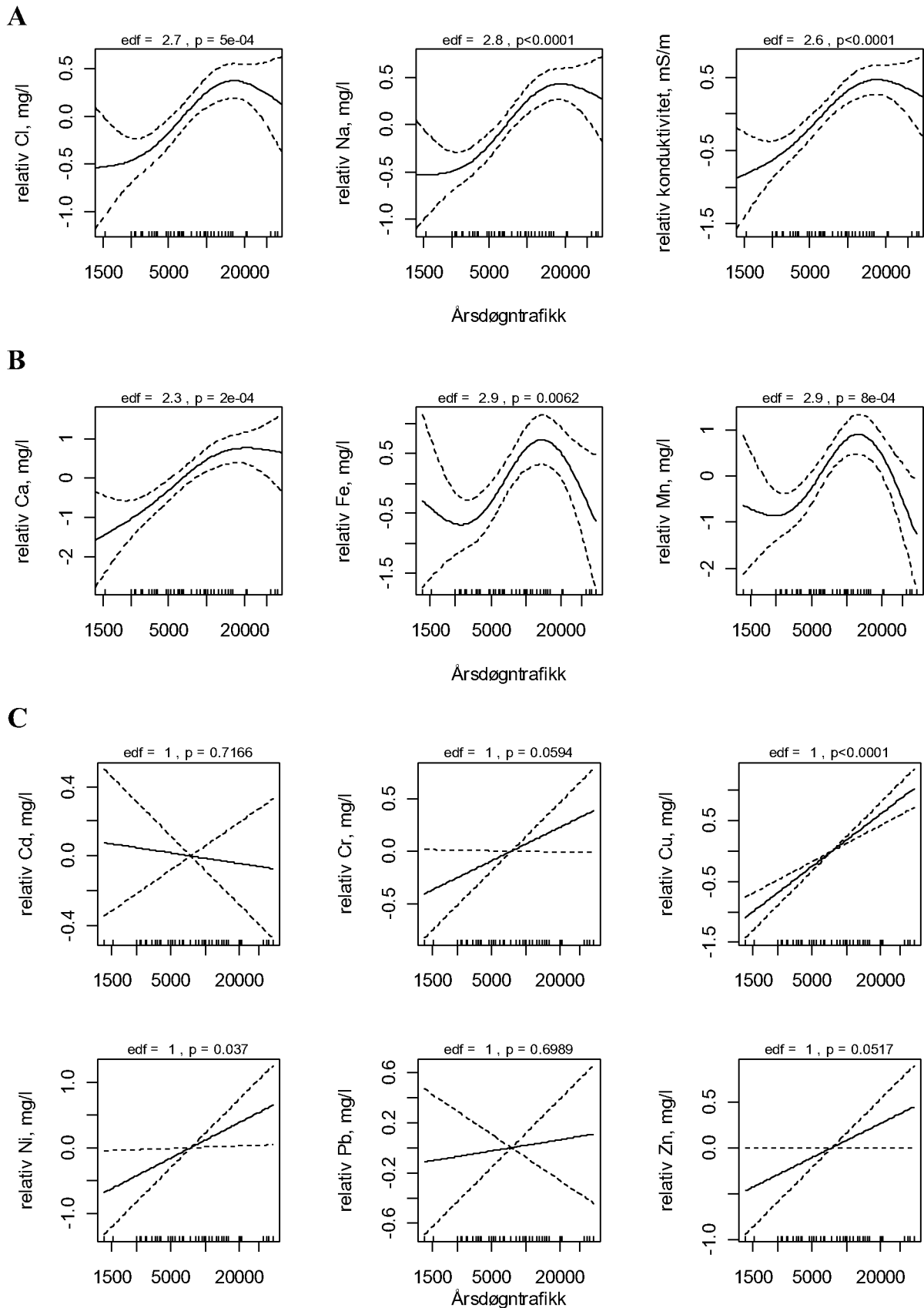
### 3.2.1 Overflatekonsentrasjonene i vannet

I alt ble 18 varianter av formel 1 (se statistiske metoder) tilpasset de saltingsrelaterte variablene (natrium, klor og konduktivitet). Av disse 18 ble den samme modellstruktur valgt ut (ved generalisert kryssvalidering – dvs ved objektivt kriterium) – noe som må sies å være en svært overbevisende indikasjon på at disse tre variablene er påvirket gjennom de samme mekanismene. Vi fant ingen støtte i dataene for regioneffekter, dvs at forklaringsvariablene synes å ha samme effekt i alle de fire regionene.

Årsdøgnetrafikken (ÅDT) hadde en tydelig, signifikant ( $p < 0.001$ ), effekt på konsentrasjonsnivåene av vegsaltvariablene Cl, Na og konduktivitet i effektsjøene (**Figur 19**). Selv om forbruket av vegsalt i prinsippet er uavhengig av trafikk tettheten, viste testen at det i praksis i stor grad følger trafikk tettheten.

Konsentrasjonene av kalsium, jern og mangan hadde en signifikant sammenheng med ÅDT, det samme var konsentrasjonene av kobber og nikkel ( $p < 0.001$ ). Krom og sink lå i en overgangssone der det synes å være en sammenheng mellom konsentrasjon i vann og ÅDT, men at sammenhengen ikke er veldig tydelig ( $p = 0.059$  og  $p = 0.052$ ). For metallene kadmium og bly kunne det ikke påvises noen sammenheng mellom konsentrasjoner i overflatevannet i effektsjøene og ÅDT.

Kalsium er del av vegsaltet (ca 1000 ppm/kg tørt salt), og samtidig en vesentlig andel i vegdekket i mange veger. Det virker derfor naturlig at konsentrasjonen kan følge ÅDT (særlig når vegsaltet synes å gjøre det). Med mulig unntak av kadmium, anses de fleste andre metallene å være trafikkgenererte. De kan imidlertid finnes i ulike kjemiske tilstander med ulik grad av løselighet og tilgjengelighet for transport. Det vil påvirke hvor lett de transporteres ut i innsjøene. Tidligere var bly det mest forurensende tungmetallet fra biltrafikk grunnet blytilsetning i bensinen. Denne kilden har stort sett vært fraværende i det siste 10-året. Det finnes likevel bly i vegforurensninger (Bækken 2000). Dette er i stor grad knyttet til partikler, og synes altså i liten grad å bidra til forhøyede blykonsentrasjoner i overflaten i de vegnære innsjøene. Høye konsentrasjoner av salt i smeltevann og annet avrenningsvann øker mobiliteten av tungmetaller, og kan være noe av forklaringen til at metallkonsentrasjoner øker både med saltkonsentrasjonene og ÅDT.



**Figur 19.** Unik effekt av ÅDT på overflateverdiene av de ulike elementene gruppert etter (A) saltingsrelaterte elementer (B) Ca, Fe, Mn og (C) øvrige metaller. Den estimerte effekten av ÅDT kommer fra GAM-modellene i Vedlegg. Verdiene er på relativ skala slik at effekten skal kunne sammenlignes på tvers av elementene. p-verdien (basert på F-statistikk) for den totale effekten av ÅDT er oppgitt over hver figur sammen med tilhørende estimert antall frihetsgrader (edf). Stiplede linjer angir 95 % konfidensintervall.

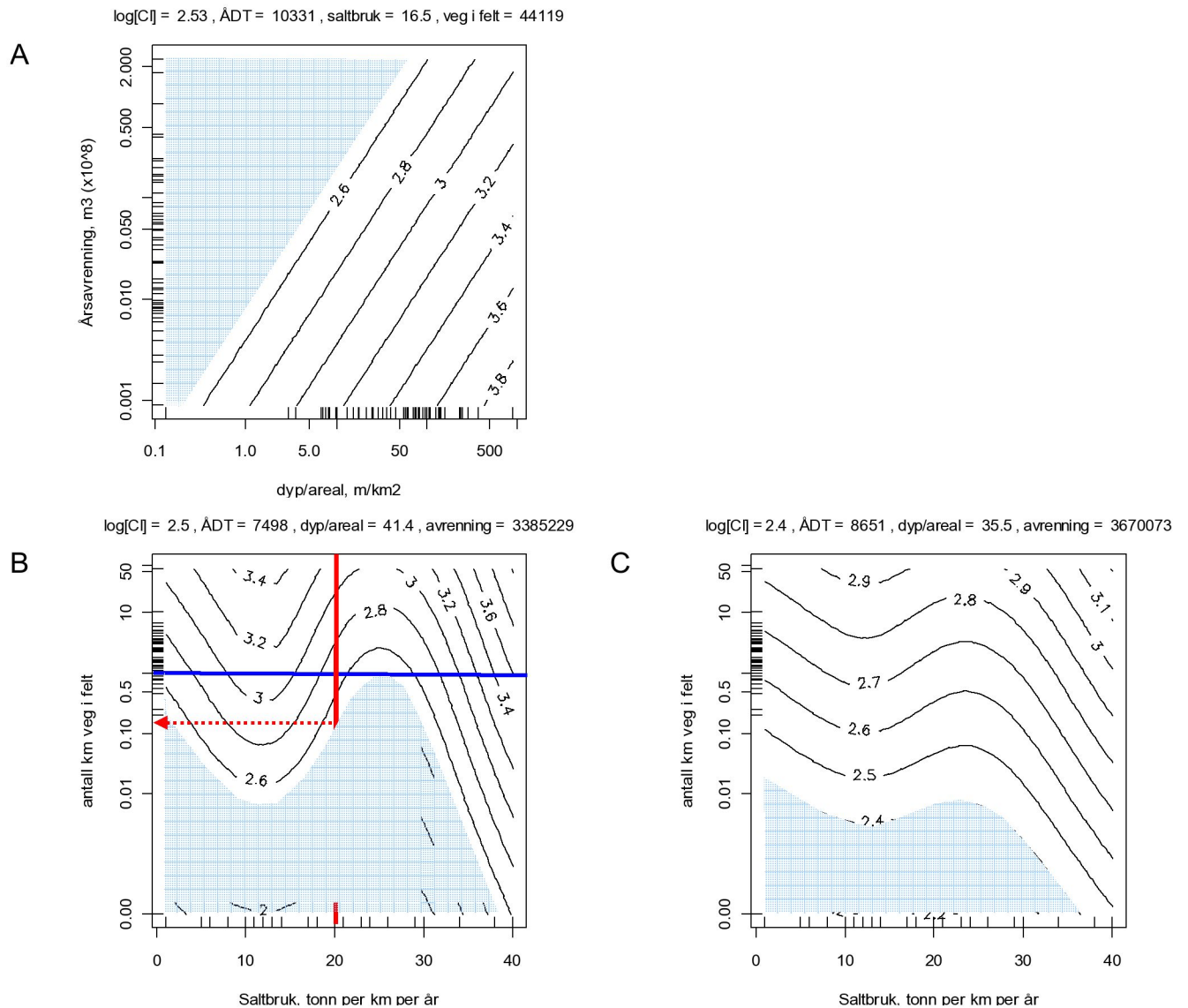
### 3.2.2 Salt- og metallgradienter

I alt ble 18 varianter av formel 1 (se statistiske metoder) tilpasset de saltingsrelaterte variablene. Av disse 18 ble den samme modellstruktur valgt ut (ved generalisert kryssvalidering – dvs ved objektivt kriterium) som den beste for både natrium, klorid og konduktivitet – noe som må sies å være en svært overbevisende indikasjon på at disse tre variablene er påvirket gjennom de samme mekanismene. Vi fant ingen støtte i dataene for regioneffekter, dvs at forklaringsvariablene synes å ha samme effekt i alle de fire regionene. Parameterestimaterne er presentert i Tabell 7, og den kombinerte effekten av tilførsels- og modifieringsvariablene for klorid er vist i **Figur 20**. Vi ser av tabellen at de tre saltingsrelaterte elementene har svært like parameterestimer og at overflatekonsentrasjonene har en lineær og positiv effekt på bunnkonsentrasjonene (på ln-skala). Videre ser vi at årssdøgntrafikken har en sterk positiv effekt på dannelsen av gradienter. Ikke overraskende ser vi av **Figur 20A** at kloridgradienten mot bunn (men dette gjelder også for natrium og konduktivitet) øker med økende relativ innsjødybde og avtar med økende årsavrenning. Salttilførsel hadde størst betydning for dannelse av gradienter ved forholdsvis høye saltingsmengder (**Figur 20B**). Gradienten alltid øke med økende strekning av vei i nedbørsfeltet.

Det mest overraskende ved GAM-modellen for kloridkonsentrasjoner i bunnvannet (**Figur 20**) er det uventede fallet i kloridkonsentrasjon over saltingsintervallet fra 12 til ca 25 tonn per km per år (**Figur 20B**). Det er ulogisk at kloridgradientene skal avta over dette intervallet, særlig når modellen predikerer at kloridgradienten skal øke noe når man øker saltmengden fra 0 til 12 tonn per år og øke betydelig når det saltes med mer enn 25 tonn per km per år. Det kan være flere grunner til dette uventede resultatet. En mulig årsak kan være at modellen mangler én eller flere variabler som ville korrigere vekk dette resultatet dersom de(n) var inkludert. En annen mulig forklaring kan være at saltingsdataene ikke er korrekt oppgitt for enkelte av innsjøene. Som nevnt tidligere bruker modellen gjennomsnittstall for saltingsmengden i perioden 2003 til 2005 når effekten av salting skal beregnes. Vi er gjort kjent med at presisjonen i disse tallene kan variere noe fra vann til vann. For å sjekke nærmere, på en objektiv måte, om noen av sjøene bidro uforholdsmessig til de estimerte parameterverdiene i modellen beregnet vi Cook's distance – et mål på relativt bidrag til en observasjon for det totale modellutfallet. Her skilte fire sjøer seg tydelig ut med store verdier: Apeltunvannet, Griggastemma, Råtjern og Stovevatnet. Alle disse sjøene ligger i Hordaland. Disse sjøene har alle svært store kloridgradienter i vannet sett i forhold til saltingsmengden. For alle fire innsjøene var nærliggende veger oppgitt å ha et gjennomsnittlig saltingsforbruk på 11–12 tonn per km per år. Vi testet hvordan utfallet av modellen ville vært dersom disse fire innsjøene ikke var med i datagrunnlaget (**Figur 20C**). Denne øvelsen viste at den uventede reduksjonen i kloridgradienten over saltingsintervallet 12 til 22 tonn per km per år fortsatt er til stede, men at den nå er betydelig mindre markert.

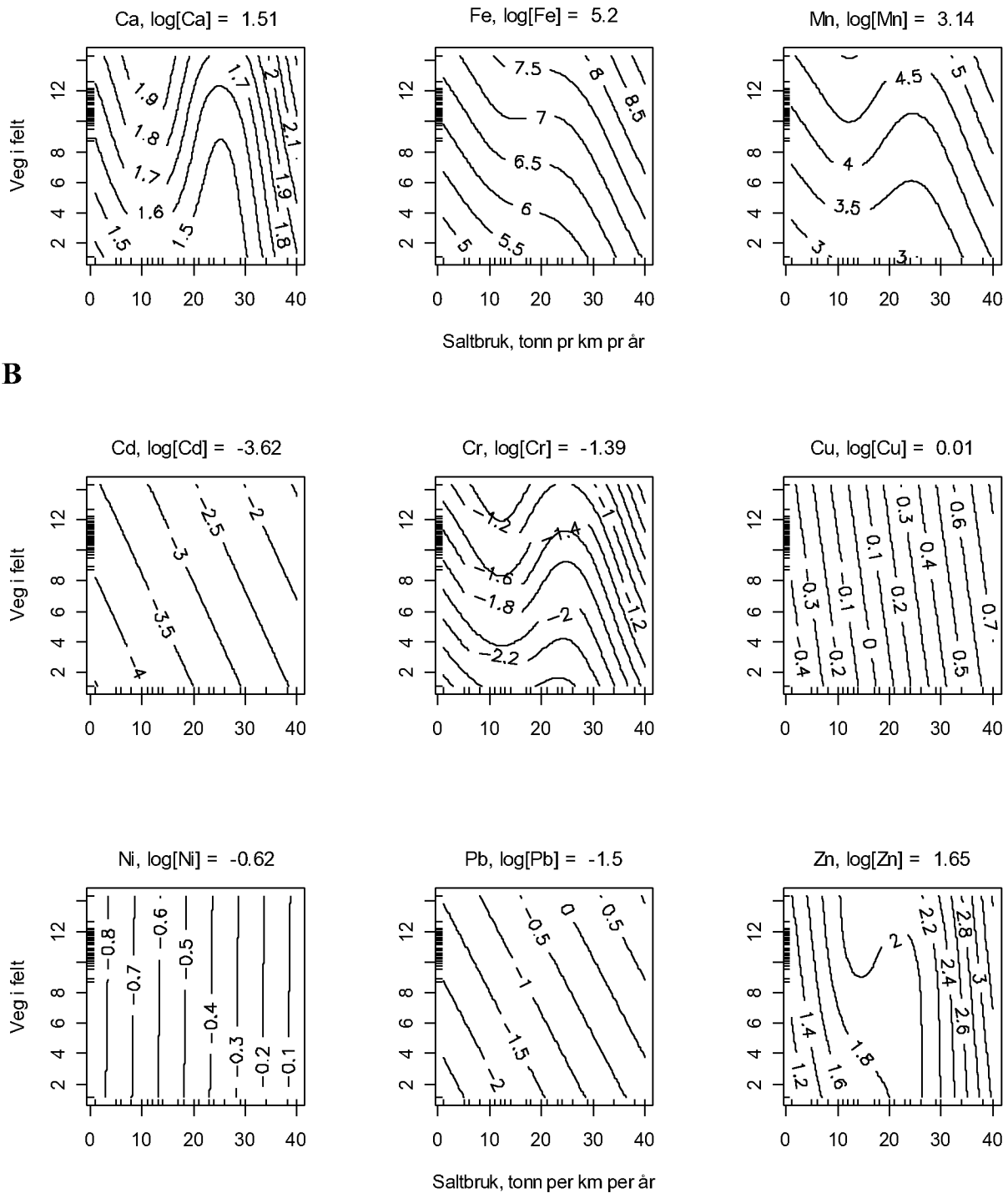
Til tross for det uventede resultatet i **Figur 20B** kan man ut fra modellestimatene konkludere med at en kan få saltgradienter for enhver saltingsmengde (de ikke-skraverte områdene av **Figur 20B** spenner over alle saltingsnivåene), så lenge innsjøen har mer enn 1 km veg i nedbørsfeltet. Ved økning i saltingsmengder over 25 tonn per km per år vil en kunne få kraftige kloridgradienter selv ved korte vegstrekninger i nedbørsfeltet.

For metallkonsentrasjonene i bunnvannet er det særlig kalsium, jern og mangan (men også krom) som følger samme parametermønster som de saltingsrelaterte elementene (**Figur 21A** og **B**). For alle metallene er overflateverdien den viktigste prediktoren for bunnkonsentrasjonen, men kanskje noe overraskende ser en av **Figur 21A** og **B** at alle metallene, unntatt nikkel, har økende konsentrasjoner i bunnvannet med økende saltingsmengde.



**Figur 20.** Isoplot av estimerte kloridkonsentrasjoner (ln-skala) i bunnvannet etter GAM-modellen som er beskrevet i

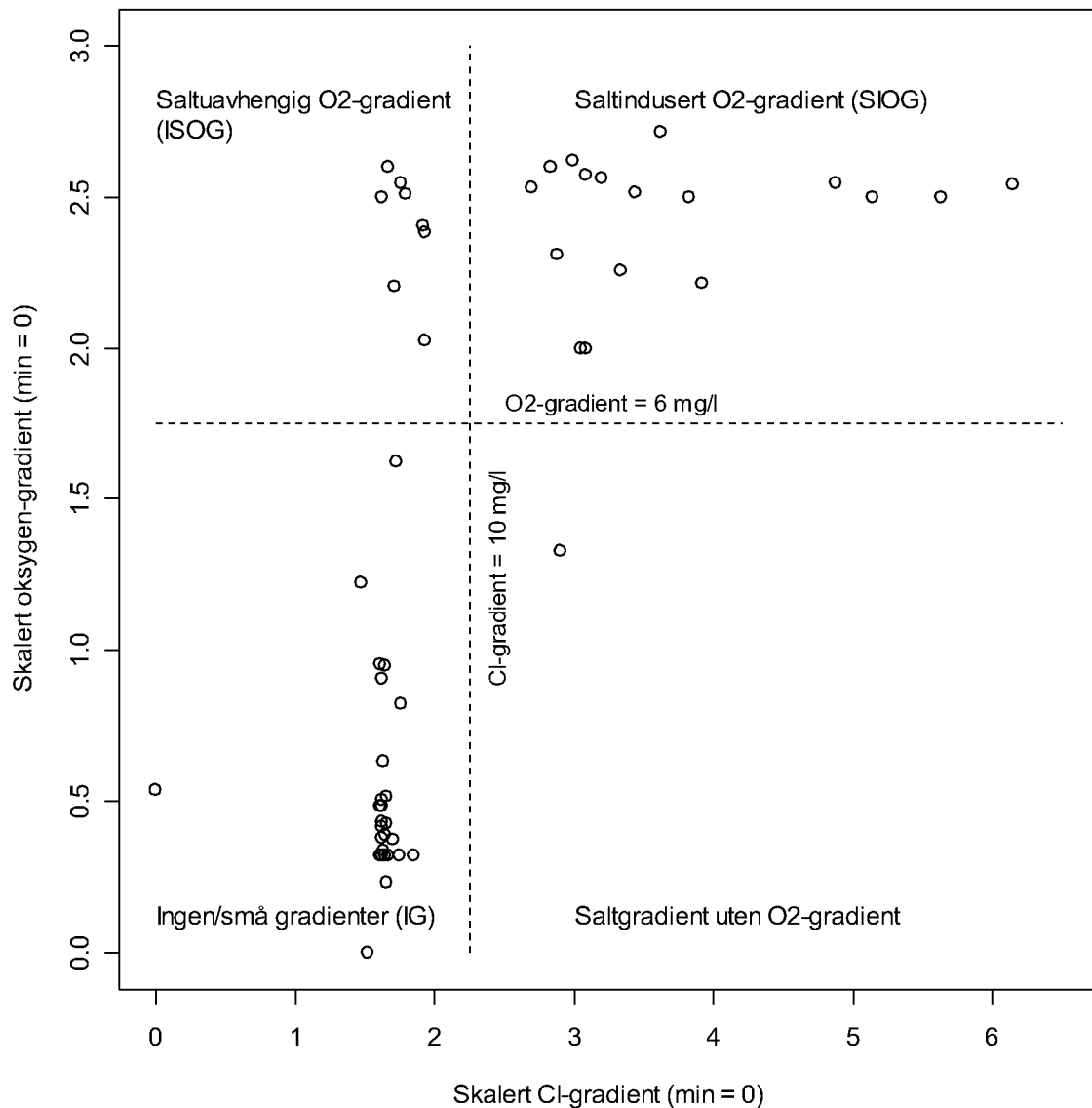
**Tabell 7.** Isolinjene angir de estimerte kloridkonsentrasjonene (mg/l) i bunnvannet som funksjon av både middeldyp/overflateareal og årsavrenning (A) og saltmengde og veglengde i nedbørfeltet (B og C). Figur C viser hvordan de estimerte verdiene vil se ut dersom man tilpasser samme modellen som er beskrevet i Tabell 7 til et datasett der de fire Hordalandsjøene Apeltunvatnet, Griggastemma, Råtjern og Stovevatnet tas ut. Disse innsjøene skiller seg ut med å ha svært store kloridgradienter sett i forhold til angitt saltmengde som tilføres vegene i nedbørfeltet. På toppen av figurene oppgis verdiene av andre variabler i modellen (gjennomsnittsverdier) som estimatene er basert på. Områder som ikke er skravert med lyseblått angir kloridkonsentrasjoner som medfører gradient i forhold til overflaten. De indre aksetickene angir nivåer for målte observasjoner. Figurene kan leses på følgende måte (B som eksempel): dersom du følger den blå horisontale linja vil du kunne lese av de estimerte bunnvannskonsentrasjonene for Cl for en situasjon hvor antall km i nedbørfeltet er 1 km. En ser da at ved lavt-moderat saltforbruk (<12 tonn/km) vil man forvente at kloridkonsentrasjonen vil øke fra ca 13.5 mg/l (fordi verdiene er på ln-skala må den reelle verdien regnes ut som  $e^{2.6}$ ) til 22.2 mg/l ( $= e^{3.1}$ ), men at for saltbruk mellom 12 og 25 tonn vil bunnkonsentrasjonen avta igjen slik at man ved 25 tonns saltbruk forventer ca 13 mg/l av klorid i bunnvannet. For saltbruk over 25 tonn per km per år ser vi at modellen estimerer en kraftig økning i forventet bunnkonsentrasjon av klorid. Ved en saltbruk så høy som 40 tonn per km per år forventes en bunnkonsentrasjon av klorid i vannet på hele 40.5 mg/l. Disse verdiene er justert til en overflatekonsentrasjon av klorid på 12.2 mg/l ( $e^{2.5}$ ). Følger man den røde vertikale linja vil man se at dersom man legger seg på en saltingsstrategi der en salter med 20 tonn per km per år så vil sjøer med mer enn 150 meter veg (stiplet rød linje) i nedbørfeltet få kloridgradient da disse har forventede bunnkonsentrasjoner som ligger over 12.2 mg/l ( $e^{2.5}$ ).



**Figur 21.** Isolinjeplot av estimerte konsentrasjoner av (A) kalsium, jern og mangan og (B) andre metaller i bunnvannet etter GAM-modellen som er beskrevet i **Tabell 7**. Isolinjene angir de forventede metallkonsentrasjonene (mg/l, log transformert) i bunnvannet som funksjon av saltmengde og veglengde i nedbørfelt. På toppen av figurene oppgis den overflateverdiene for de respektive metallers konsentrasjoner som modellen er justert etter (dvs der hvor isolinjene har høyere verdier enn overflateverdien vil det forventes en gradient mot bunnen). Figuren er forøvrig basert på gjennomsnittsverdier for de andre variablene i modellen (se **Figur 20B** for verdiene). De indre akse-tickene angir nivåer for målte observasjoner.

### 3.2.3 Årsaksfaktorer for kombinerte oksygen- og saltgradienter

For å estimere bidraget fra ulike faktorer som potensielt kan påvirke sannsynligheten for at innsjøene skal ha oksygensvinn/gradient forårsaket av vegsalthing foretok vi først en gruppering av innsjøene. Ved å definere en oksygengradient som større enn 6 mg/l og kloridgradient som større enn 10 mg/l falt nesten alle effektsjøene inn i tre av fire mulige kategorier. Av Figur 22 ser en at kun én innsjø med Cl-gradient ikke har tilsvarende oksygengradient, mens 18 (31 % av alle effektsjøene) med Cl-gradient har betydelig oksygensvinn i bunnvannet. Videre har 8 (14 %) innsjøer oksygengradienter som ikke ser ut til å være forårsaket av salttilførsel.



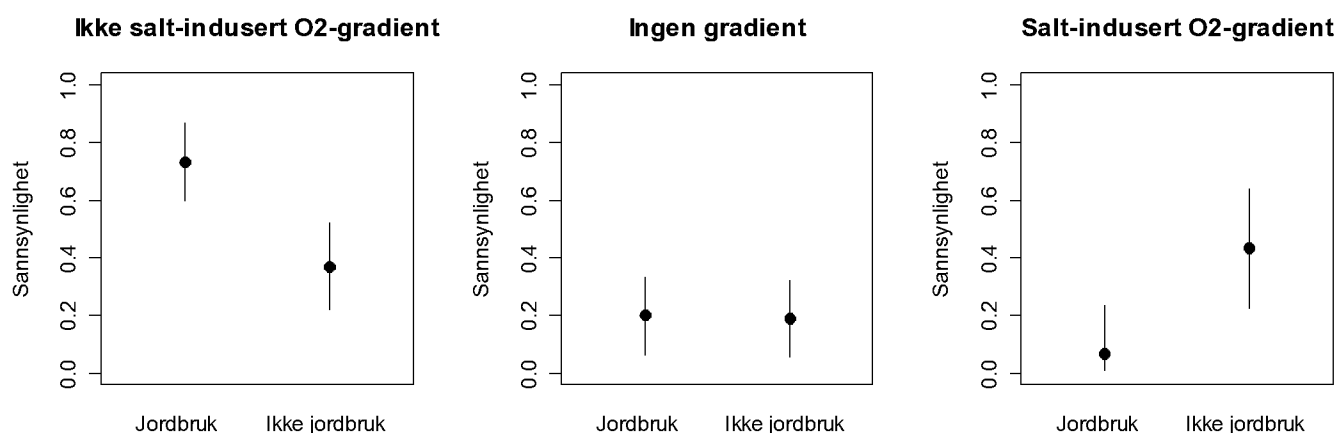
**Figur 22.** Forholdet mellom Cl-gradient og oksygengradient i effektsjøene. Verdiene er på ln-skala, og de er justert slik at minimum = 0. Det er stiplede linjer som angir foreslåtte grenseverdier for ulike årsakskategorier til de observerte oksygengradientene.



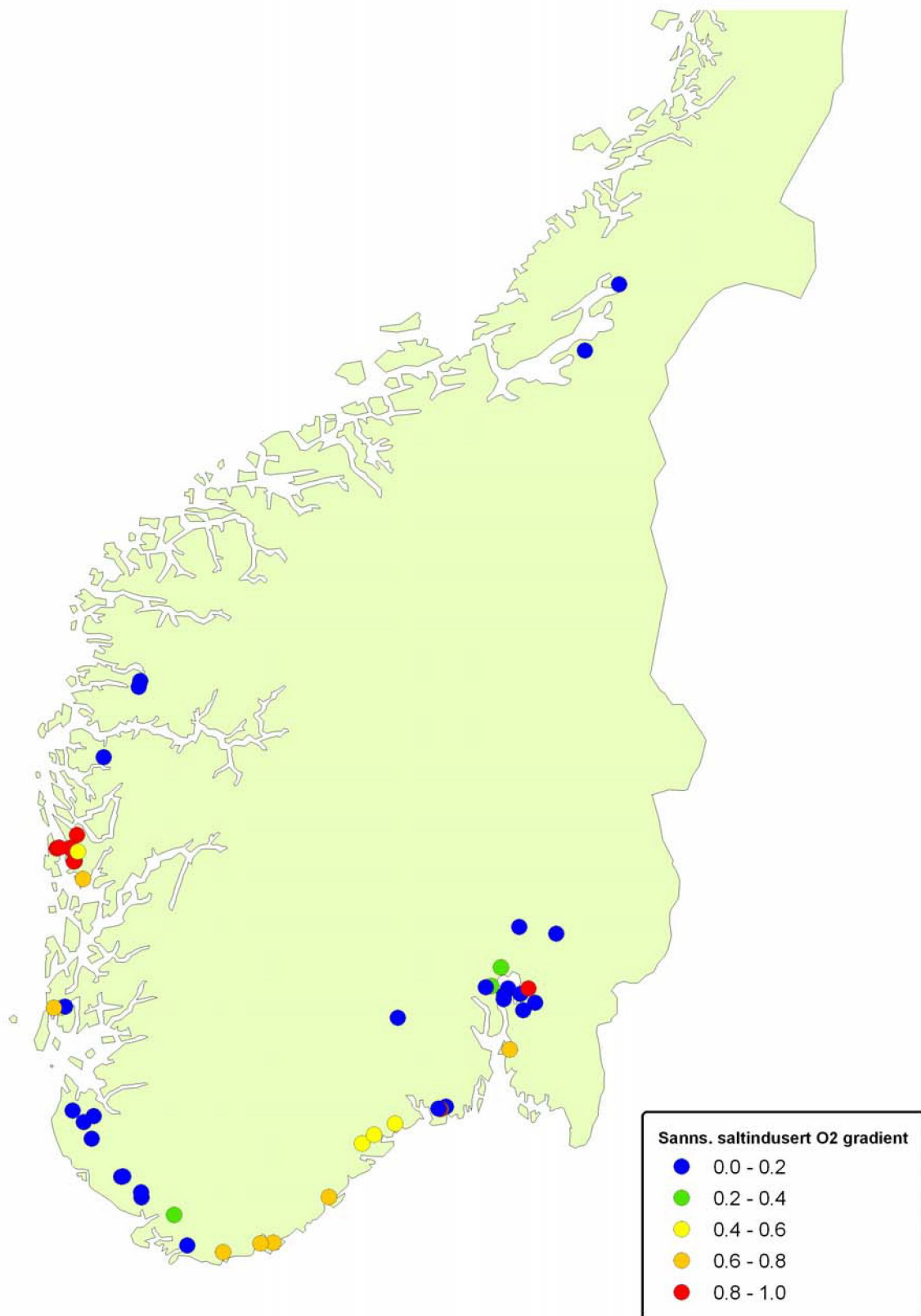
Den beste VGAM-modellen (multinomiel GAM) ble plukket ut ved AIC-kriterier. Dette er en metode som ligner generalisert kryssvalidering ved at man sikres en objektiv utvelgelse der den mest parameterfattige modellen som forklarer mest av variasjonen velges ut. Den beste modellen (**Tabell 8**) forklarte 66 % av variasjonen og de estimerte koeffisientene indikerer at med økende ÅDT vil sannsynligheten for å tilhøre kategorien SIOG (saltindusert oksygengradient) være størst og IG (ingen gradient) minst. Ved økende avrenning vil sannsynligheten for å tilhøre kategorien IG øke mens den vil avta for SIOG og ISOG (ikke saltindusert oksygengradient). Økende relativt dyp og økende veg i felt vil begge medføre økende sannsynlighet for at innsjøene skal få SIOG (særlig denne) og ISOG (ikke signifikant), mens den vil avta for IG.

I denne VGAM-analysen så vi også nærmere på andre typer potensielle påvirkninger som kan medføre oksygenvinn i effektinnsjøene. Særlig viser det seg at for ikke-saltpåvirkede innsjøer med oksygengradient er det stor sannsynlighet for at årsaken er jordbrukspåvirkninger (ligger i områder med mye jordbruk, **Figur 23**). Tilsvarende er det liten sannsynlighet for at jordbrukspåvirkning (ligger i liten grad i jordbruksområder) er årsaken til oksygenvinn der det er saltgradient. Vi fant ingen støtte for at bebyggelse hadde noen innvirkning på sannsynligheten for oksygenvinn i dataene.

Forholdene som påvirker den kombinerte sannsynligheten for å ha både salt- og oksygengradient i en vegnær innsjø ser ut til å være vesentlig de samme som de som påvirker bunnkonsentrasjonene av natriumklorid, mens oksygengradienter uten saltgradient ser ut til å i større grad være relatert til jordbruk.



**Figur 23.** Effektplott av den forventede effekten som innslag av jordbruk i innsjøenes nærrområder har på sannsynligheten for å være i de ulike O<sub>2</sub>-salt-gradientkategoriene som er indikert i Figur 22. De forventede verdiene og deres presisjon (95 % konfidensintervall) er regnet ut fra VGAM modellen i Tabell 8 og er justert for alle andre variabler i modellen der disse er satt til gjennomsnittsverdi (se Figur 20A og B for verdiene).



**Figur 24.** Sannsynligheten for at de enkelte innsjøene har en saltindusert  $O_2$ -gradient som estimert fra modellen i **Tabell 8** (Vedlegg 4).

### 3.3 Tidsutvikling vannkjemi

*I denne delen av rapporten ser vi nærmere på tidsutviklingen i saltrelaterte variabler i både kontroll- og effektsjøer. For mange referansesjøer foreligger tidsseriedata og disse analyseres for felles tidstrend(er) som så sammenlignes med trendene vi ser i vegnære innsjøer. Dersom effektsjøene har en større økning i konsentrasjon av natriumklorid og/eller konduktivitet enn kontrollsjøene over tid vil dette tolkes som en sterk indikasjon på at vevsalting har forårsaket denne forskjellen.*

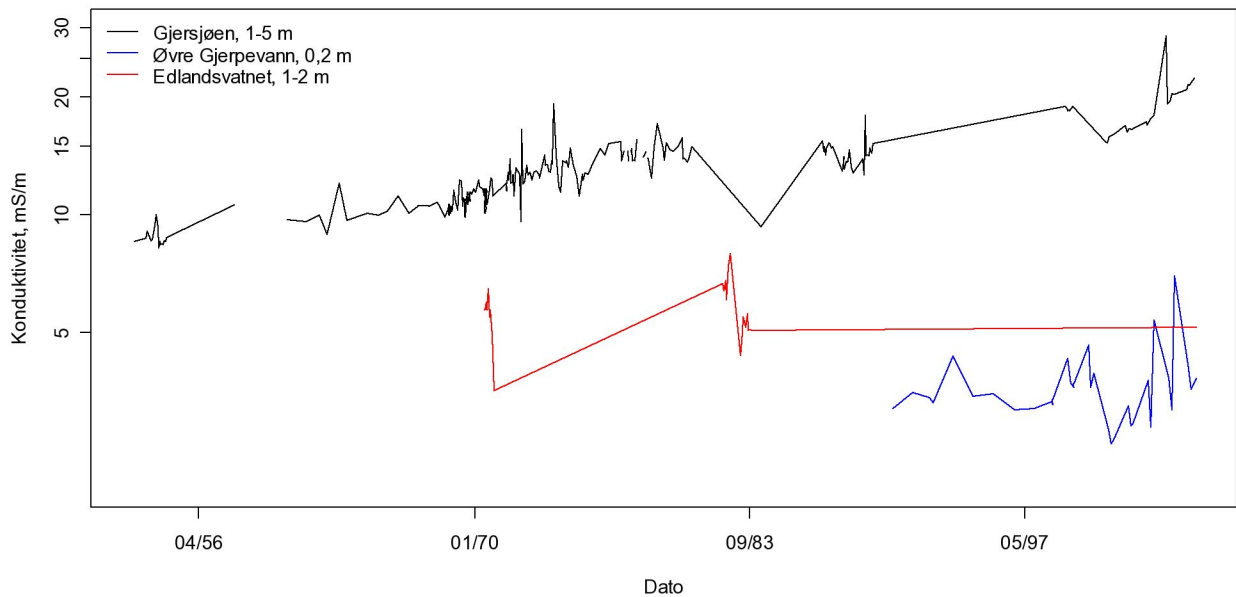
Det er registrert tidligere undersøkelser med relevant vannkjemiske målinger av "saltparametere" som enten Cl, Na eller konduktivitet i få av effektsjøene. Vannkjemien i Gjersjøen overvåkes av NIVA (Faafeng Bjørn 1991, Haande et al 2005). Overvåkingen har imidlertid bakgrunn i eutrofiering og klorider er ikke målt. Konduktivitet er målt i de fleste år, men det mangler noen perioder. Øvre Jerpsjøen er også tatt med. Innsjøen er ikke prøvetatt i dette prosjektet, men en observert salttrend de siste årene gjør at vi har tatt den med her. I de øvrige innsjøene er det få målinger registrert for lenge siden. Disse er imidlertid presentert her for å antyde en utvikling (Aanes 1982, Grande 1970, Faafeng 1984). Inkludert er data fra hovedfagsoppgaver: Fevang 1953 (Vassbotnfjorden), Haldorsen 1963 (Steinstjernet), Christensen 1964 (Harestuvannet), Hongve 1972 (Nordbytjernet), Pedersen 1968 og Sleire 1982 (Ulvenvannet).

Figur 25 viser at det i Gjersjøen har blitt en nær fordobling av konduktiviteten i dette vannet over de siste 50 åra. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha ført til oppkonsentrasjon av salter i bunnlaget. For de to andre vannene er det mindre endringer i konduktivitet over tid, men Øvre Jerpevann har hatt en økende konsentrasjon siden etter år 2000.

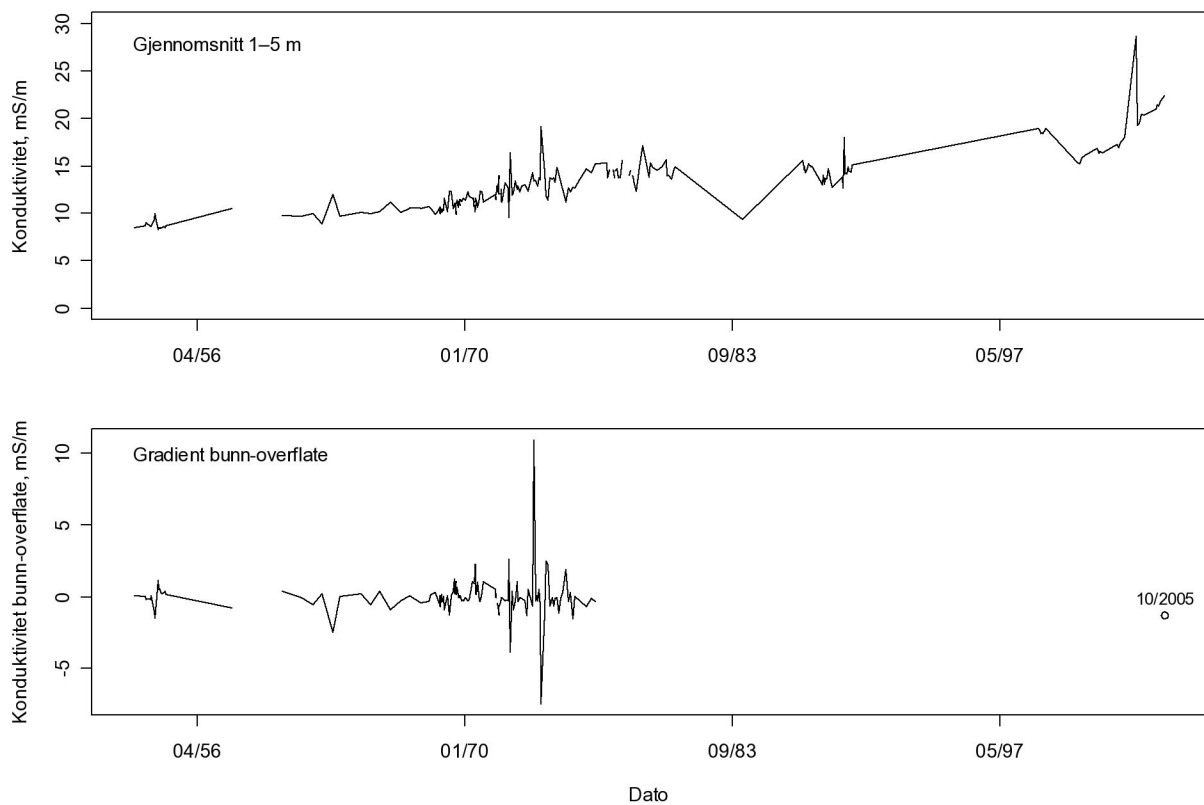
Tidstrenden for de 23 kontrollsjøene som det foreligger konduktivitetsdata fra viser at det har funnet sted en liten forandring over de siste 20 åra Figur 27A. Trenden har snarere vært at konduktiviteten har gått noe ned for disse sjøene. Denne negative trenden støttes også fra resultater fra dynamisk faktoranalyse Figur 27B. Denne analysen viser at alle de 23 tidsseriene kan, i hht til objektive utvalgsriterier (CAIC, Zuur et al. 2003) mest optimalt beskrives vha av en felles trend. En modell der man tilpasser to felles trender er nesten like god (CAIC er 1.8 enheter høyere enn i én-trend modellen), men også i dette tilfellet viser begge de to fellestrendene en negativ utvikling over tid i konduktivitet. Det var så godt som ingen støtte i dataene for modeller med flere enn to fellestrender.

For 7 av de 9 innsjøene hvor det foreligger data for tidsvariasjon for konduktivitetsprofiler har det vært en økning i dybdespesifikk konduktivitet over tid. Flere av vannene viser også at det er en økende tendens til oppkonsentrasjon av salter mot dypet over tid (Apeltunvannet, Haukelandsvatnet, Tveitevatnet og Steinstjernet).

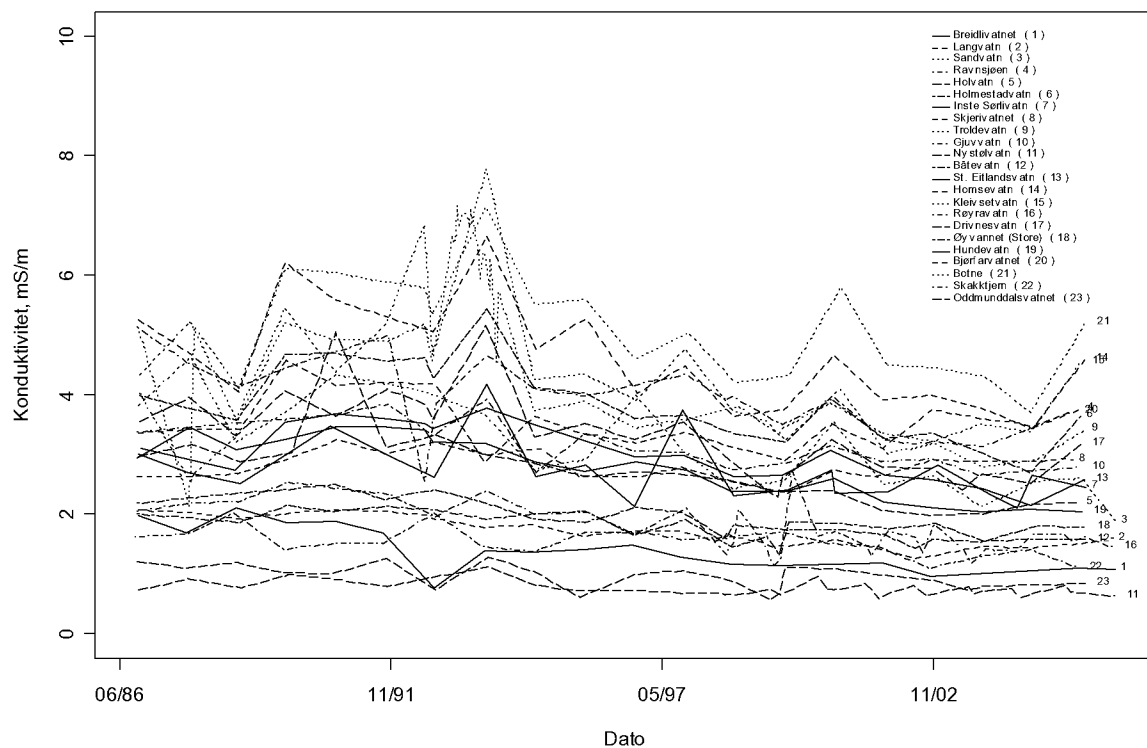
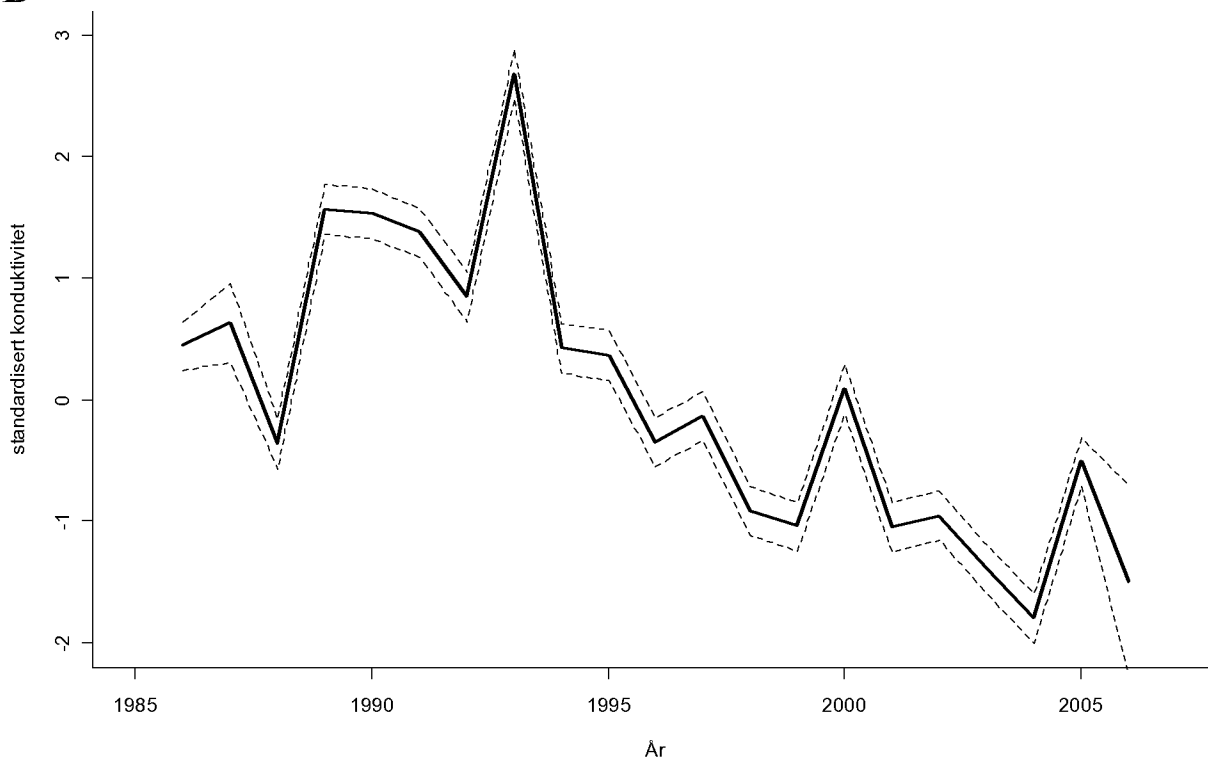
Disse tidsutviklingsresultatene viser at utviklingen i vannkjemi har vært svært forskjellig mellom referansesjøer og effektsjøer og at utviklingen internt i de to gruppene er svært konsistente (økende natriumklorid i effektsjøene og avtagende i referansesjøene over tid). Disse resultatene indikerer svært sterkt at økningen som har funnet sted i effektsjøene kan relateres til deres vegnære beliggenhet.



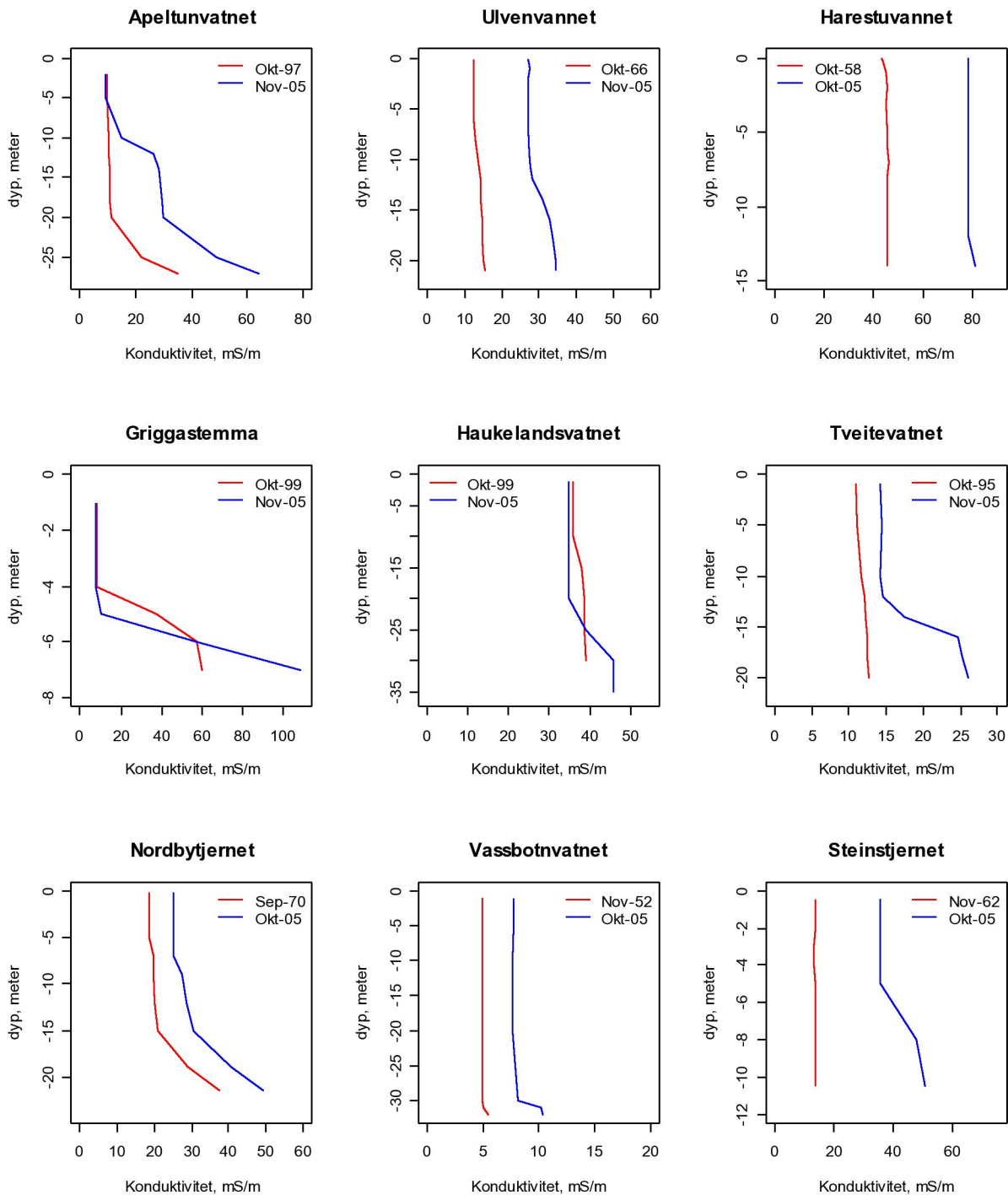
**Figur 25.** Plott av målte konduktivitetsverdier over tid for tre innsjøer. Merk at y-aksen er  $\log_{10}$ -skalert.



**Figur 26.** Økningen i konduktiviteten i overflatevannet på 70-tallet medførte ikke en tilsvarende økning i konduktivitetsgradienten mot bunnen i Gjersjøen. Målingene i 2005 viste heller ikke tegn til konduktivitetsgradient (se punkt ytterst til høyre).

**A****B**

**Figur 27.** Tidsutvikling på konduktivitet i overflatevann for 23 kontrollsjøer over 20 år. Nederst: fellestrend for alle de 23 tidsseriene, beregnet fra dynamisk faktoranalyse, der alle de 23 tidsseriene laster positivt til denne fellestrenden (dvs viser samme forløp, men med ulik styrke). Stiplede linjer angir fellestrendens konfidensintervall (95 %).



**Figur 28.** Tidsutvikling av konduktivitetsprofiler for 9 effektsjøer. Merk at tidsforskjellen mellom de to profilene innen innsjø varierer svært mye fra innsjø til innsjø.

## 3.4 Sedimentkjemi

*I denne delen av rapporten sammenligner vi kontrollsjøene med effektsjøene når det gjelder de ulike elementenes konsentrasjonsfordeling i sedimentene. For både metallene og PAH går vi gjennom konsentrasjonsnivåene og relaterer disse til SFT sine klassifikasjonsgrenser for vannkvalitet. Vi gjennomfører enkle tester mellom effektsjøene og kontrollsjøene (innen region) der vi ser på forskjeller for hvert enkelt element. Videre sammenligner vi metallkonsentrasjoner på sedimentoverflaten med konsentrasjoner i et referanselag nede i sedimentene. Dette for å kvantifisere eventuelle konsentrasjonsøkninger over tid som kanskje kan tilskrives vegaktiviteter. Vi sammenligner så sammensetningen av alle metallene mellom effektsjøene og kontrollsjøene etter å ha korrigert for innsjø- og nedbørsfeltforhold i multivariate analyser. Formålet med dette er å påvise hvorvidt vegnære sjøer har en annen kjemisk sammensetning i sedimentene enn det en skulle forvente dersom sjøene ikke hadde ligget nær en veg.*

### 3.4.1 Metallene

For de fleste innsjøene og metallene var forurensningsnivåene tilhørende klassene I og II, altså ubetydelig eller moderat forurenset

**Tabell 3).** Det var først og fremst krom (Cr), og til dels kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn) som ble funnet i forhøyede konsentrasjoner. For disse metallene var det ofte å finne innsjøer som var markert forurenset. For nikkel (Ni) og bly (Pb) ble det bare registrert ubetydelig eller moderat forurenset sediment. Konsentrasjonsnivået i bunnvannet var stort sett i overensstemmelse med konsentrasjonene i overflatevannet. Det var imidlertid en tendens til høyere konsentrasjonsnivåer i overflatesedimentet.

Fordeling av metallkonsentrasjoner i *substratoverflaten* viser at det generelt er små forskjeller mellom effektsjøene og kontrollsjøene innen samme region (Figur 29). Dette viser også de univariate effekttestene ved at det bare er for bly og til dels nikkel, jern og mangan hvor man finner signifikante forskjeller mellom (noen av) effektsjøene og kontrollsjøene (Vedlegg 2). Det er imidlertid ikke noe system i forhold til hvilken av de to gruppene som har høyest verdi. For eksempel har Pb høyere verdier i kontrollsjøene enn i effektsjøene, mens dette forholdet er motsatt for Ni.

Fordelingen av metallgradientene i substratet (overflatelag – referanselag) viser at for alle elementene er det en overvekt av positive gradienter, dvs at metallkonsentrasjonene er høyere i overflatelaget enn i referanselaget (Figur 30). Det er imidlertid ingen signifikant effekt mellom regionene i noen av disse metallgradientene (Vedlegg 3).

Avrenningsvann fra veg inneholder tungmetaller som i stor grad forventes å sedimentere på bunnen av innsjøene. Grunnen til at dette i liten grad eller ikke fremkommer som økte konsentrasjoner i er sannsynligvis at det samtidig sedimenterer mye annet materiale som ikke er forurenset og som derved ”tynner ut” tilførselene. Denne effekten ble påvist for Padderudvannet, der konsentrasjonsnivåene var redusert de siste årene. Den totale mengden som ble tilført sedimentet hvert år hadde imidlertid økt (Bækken og Færøvig 2004).

### **3.4.2 PAH**

Mange innsjøsedimenter var forurenset av PAH. I henhold til SFT klassifikasjonssystem for marine sedimenter hadde neste 40 % av innsjøene markert eller sterkt forurenset overflatesediment.

Benzo(a)pyren er mye brukt indikatorforbindelse for PAH som det er laget egne kriterier for. I følge SFT kriterier var 56 % markert, sterkt eller meget sterkt forurenset av denne forbindelsen



**Tabell 4).**

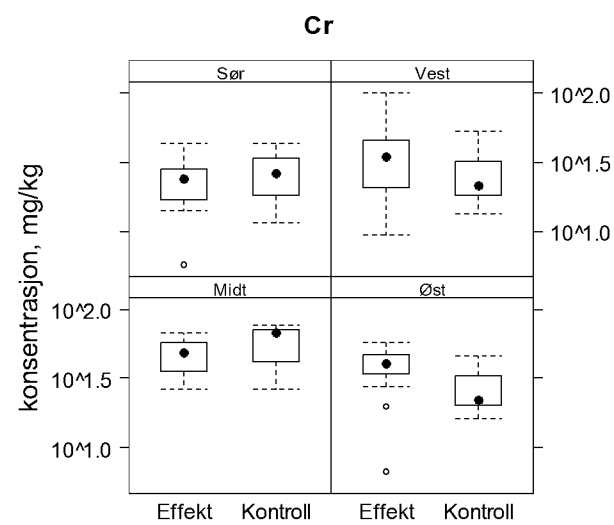
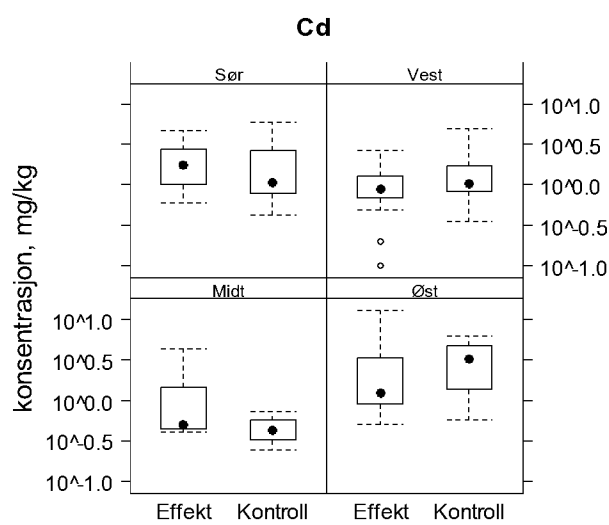
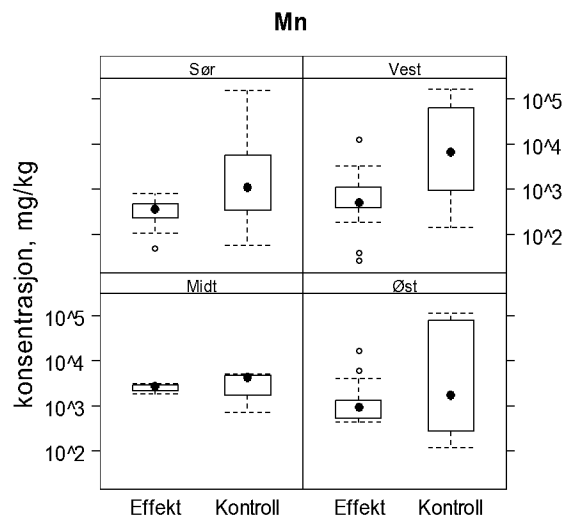
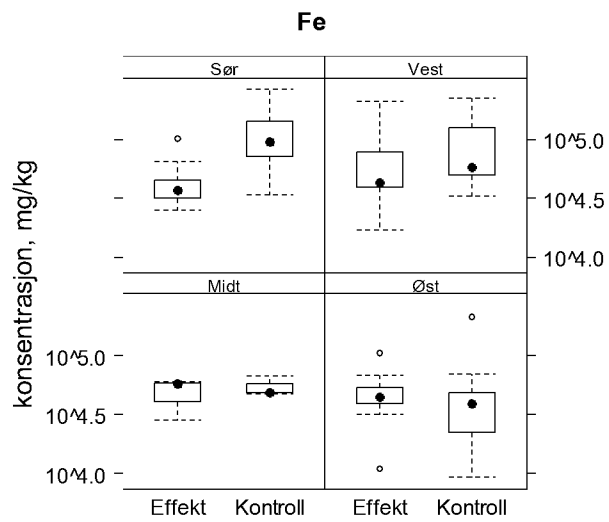
Fordelingen av PAH-konsentrasjoner i overflatelaget i sedimentene er vist i Figur 31. Det framkommer tydelig fra figuren at det er regionale forskjeller i disse konsentrasjonene, noe som også bekreftes i univariate tester (region-effekten er signifikant for all PAH elementene,  $p < 0.0001$ ). Forskjellen består i at regionene i sør (særlig) og vest har høyere nivåer av PAH enn de to andre regionene. Dette mønsteret er stort sett det samme for alle grupperinger av typer av PAH forbindelser som de karsinogene (KPAH), benzo(a)pyren, lette, ofte petroleumsrelaterte NPD, samt PAH unntatt den naturlig produserte PAH forbindelsen perylen (PAH-perylen).

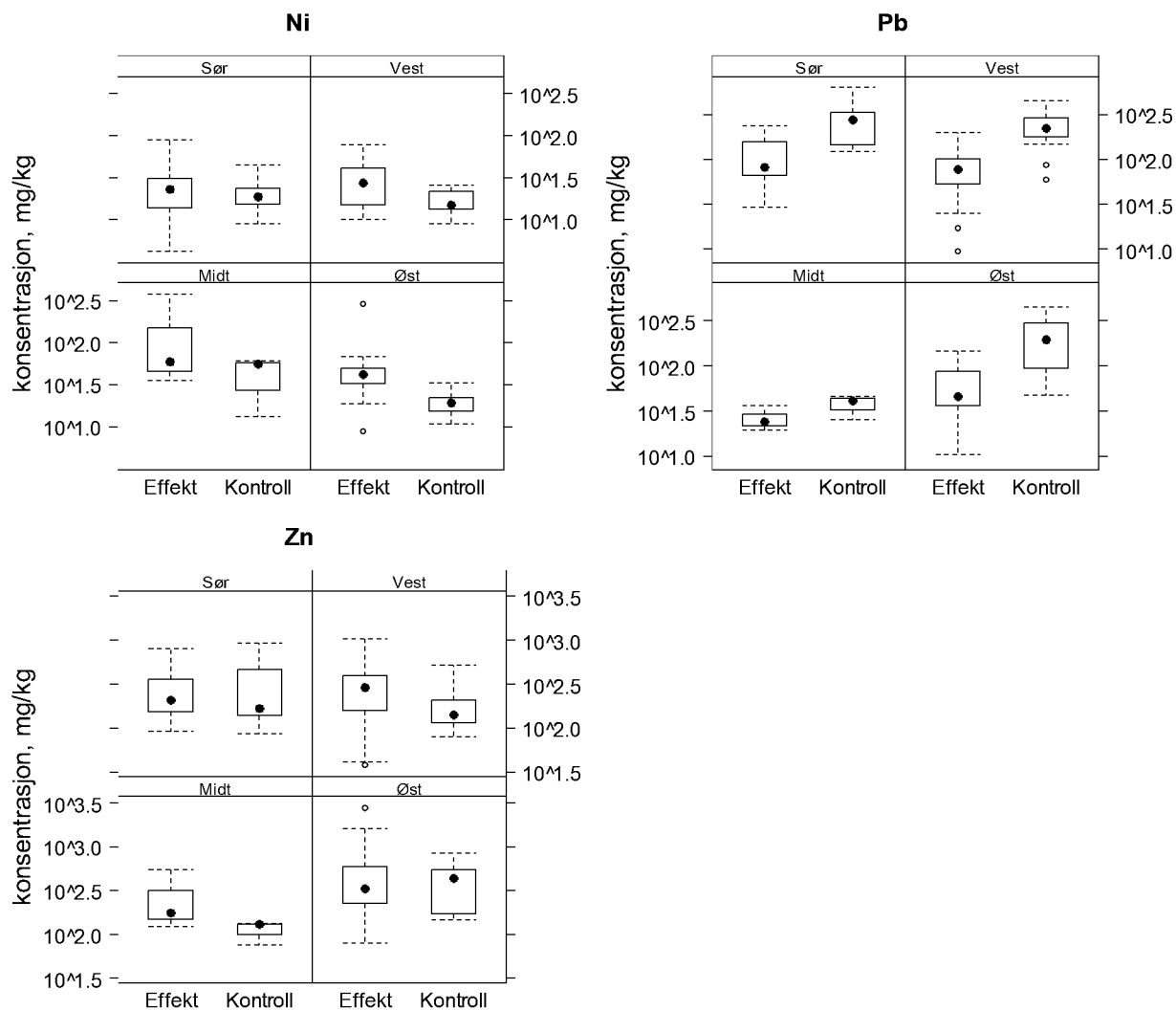
### **3.4.3 Multivariate analyser**

Det var klare forskjeller i metallsammensetning mellom effekt og kontrollsjøene både mellom regionene og innen regionene (**Tabell 5**). Konsentrasjonene av alle metallene økte med høyden over havet. For bly og mangan var konsentrasjonene alltid høyere i kontrollsjøene. Kadmium og jern hadde høyere konsentrasjoner i kontrollsjøene på Sør- og Vestlandet, mens de øvrige metallene hadde høyest konsentrasjoner i effektsjøene.

**Tabell 3.** Konsentrasjonsnivåer av metaller i sediment i effektsjøene i henhold til SFT. O og R angir henholdsvis overflate- og referansesediment i samme kjerne. Fargene angir forurensningsgrad i henhold til SFTs klassegrenser for konsentrasjoner i ferskvannssedimenter. For Cr er anvendt svenske kriterier (norske finnes ikke).

|                   | I - ubetydelig | II - moderat | III - markert | IV - sterkt | V - meget sterkt |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|----------------|--------------|---------------|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Navn              | Cd-O           | Cr-O         | Cu-O          | Ni-O        | Pb-O             | Zn-O | Cd-R | Cr-R | Cu-R | Ni-R | Pb-R | Zn-R |
| Apeltunvatnet     | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Bakkevatn øst     | II             | III          | II            | I           | II               | II   | III  | III  | I    | I    | II   | II   |
| Bankvatnet        | II             | III          | II            | II          | I                | II   | II   | IV   | II   | II   | II   | II   |
| Barselvann N      | III            | III          | III           | II          | II               | III  | III  | III  | II   | I    | II   | II   |
| Blekslitjernet    | II             | I            | I             | I           | I                | I    | II   | III  | I    | I    | II   | II   |
| Bondivannet       | II             | III          | II            | I           | I                | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Bongsatjønn       | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Edlandsvatn       | III            | III          | I             | I           | II               | II   | II   | II   | I    | I    | II   | I    |
| Elgsjøen          | II             | II           | II            | I           | II               | II   | II   | II   | I    | I    | I    | I    |
| Engsdammen        | III            | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | I    | I    |
| Farriskilen       | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | II   | I    | I    | II   | II   |
| Fuglavatn         | II             | III          | I             | I           | II               | II   | I    | III  | I    | I    | II   | I    |
| Gaupmyrdammen     | III            | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | I    | I    |
| Gjerdsrudtjern    | III            | III          | II            | II          | I                | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Gjersjøen         | II             | III          | II            | II          | I                | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Gjetsjøvannet     | II             | III          | I             | I           | I                | II   | II   | III  | I    | I    | I    | II   |
| Griggastemma      | II             | III          | III           | I           | II               | II   | III  | III  | II   | I    | III  | II   |
| Hanevatn          | III            | III          | II            | I           | II               | III  | II   | III  | II   | I    | I    | II   |
| Harestuvannet     | IV             | III          | II            | I           | II               | III  | III  | III  | I    | I    | II   | II   |
| Haukelandsvatnet  | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Holstadvannet     | II             | III          | II            | I           | I                | II   | II   | III  | II   | I    | I    | II   |
| Husevatnet        | I              | II           | I             | I           | I                | I    | I    | III  | I    | I    | I    | I    |
| Kinnsetjern       | III            | III          | II            | III         | I                | II   | I    | II   | I    | I    | I    | I    |
| Kvernavatnet      | II             | II           | II            | I           | I                | II   | II   | I    | I    | I    | II   | I    |
| Langelandsvatnet  | I              | III          | I             | I           | I                | I    | I    | III  | I    | I    | I    | I    |
| Liavatnet         | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | II   | II   |
| Ligningstjørna    | II             | I            | I             | I           | II               | I    | II   | II   | I    | I    | II   | I    |
| Lille Fossvatn    | II             | II           | II            | I           | II               | I    | II   | II   | I    | I    | II   | I    |
| Lille Skillingen  | III            | II           | I             | I           | II               | III  | III  | III  | I    | I    | II   | III  |
| Longumvatn        | II             | III          | II            | I           | II               | II   | III  | III  | II   | I    | II   | II   |
| Lutsivatn         | II             | II           | I             | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | I    | II   |
| Monatjønn         | II             | II           | II            | I           | II               | I    | II   | II   | I    | I    | I    | I    |
| Nedre Tjødna      | III            | II           | II            | I           | II               | II   | II   | II   | I    | I    | II   | II   |
| Nesvatnet         | I              | III          | II            | II          | I                | I    | I    | III  | II   | II   | I    | I    |
| Nibbatjønn        | II             | II           | II            | I           | II               | II   | II   | II   | I    | I    | I    | I    |
| Nordbytjern       | IV             | III          | II            | III         | I                | III  | III  | III  | I    | II   | II   | II   |
| Nybøtjern N       | II             | III          | II            | II          | II               | II   | II   | II   | I    | I    | II   | I    |
| Patterødtjernet   | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | I    | I    |
| Paulertjern nord  | II             | III          | I             | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | II   | II   |
| Paulertjern sør   | II             | III          | I             | I           | I                | II   | II   | III  | I    | I    | II   | II   |
| Rungstadvatnet    | II             | III          | II            | I           | I                | II   | I    | III  | II   | I    | I    | I    |
| Råmarkvatn        | II             | III          | II            | I           | II               | I    | I    | II   | I    | I    | I    | I    |
| Råtjern           | II             | III          | III           | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Skeivatnet        | II             | III          | II            | I           | I                | II   | II   | II   | II   | I    | I    | I    |
| Skilbreivatnet    | II             | III          | II            | I           | II               | II   | I    | III  | I    | I    | I    | I    |
| Steinsrudtjernet  | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | I    | II   |
| Steinstjernet     | II             | III          | II            | I           | I                | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Stokkalandsvatn   | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Stovevatnet       | III            | III          | III           | I           | II               | III  | II   | I    | I    | I    | II   | I    |
| Søndbøvatn        | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Toskatjønn        | II             | III          | II            | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | II   | I    |
| Tussevann         | II             | III          | II            | I           | I                | II   | I    | III  | I    | I    | I    | II   |
| Tveitavatnet      | II             | III          | III           | I           | II               | III  | II   | III  | II   | I    | II   | II   |
| Udlandsvatn       | II             | I            | I             | I           | II               | I    | II   | I    | I    | I    | II   | I    |
| Ulvenvannet       | III            | III          | II            | II          | II               | III  | II   | III  | I    | I    | II   | II   |
| Vassbotnfjorden   | II             | III          | I             | I           | II               | II   | I    | II   | I    | I    | I    | I    |
| Vollevatn         | III            | III          | III           | II          | II               | II   | II   | III  | I    | I    | II   | I    |
| Ytre Kydlandsvatn | II             | III          | I             | I           | II               | II   | II   | III  | I    | I    | III  | I    |



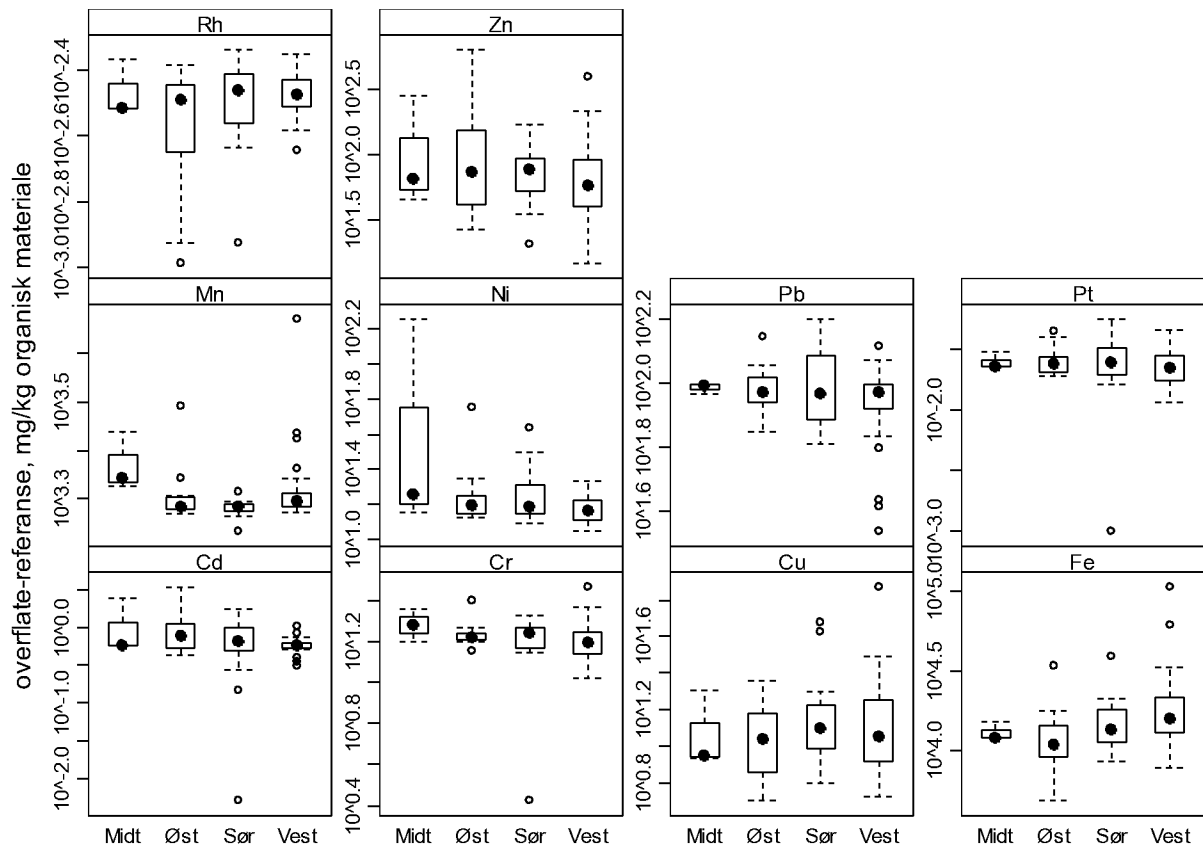


**Figur 29.** Boxplott av konsentrasjoner i sedimentoverflata (mg/kg tørrvekt) for de ulike metallelementene gruppert etter effekt og kontrollsjøer innen region. Legg merke til at y-aksen er log<sub>10</sub>-skalert der 10<sup>x</sup> er det samme som 10<sup>x</sup>.

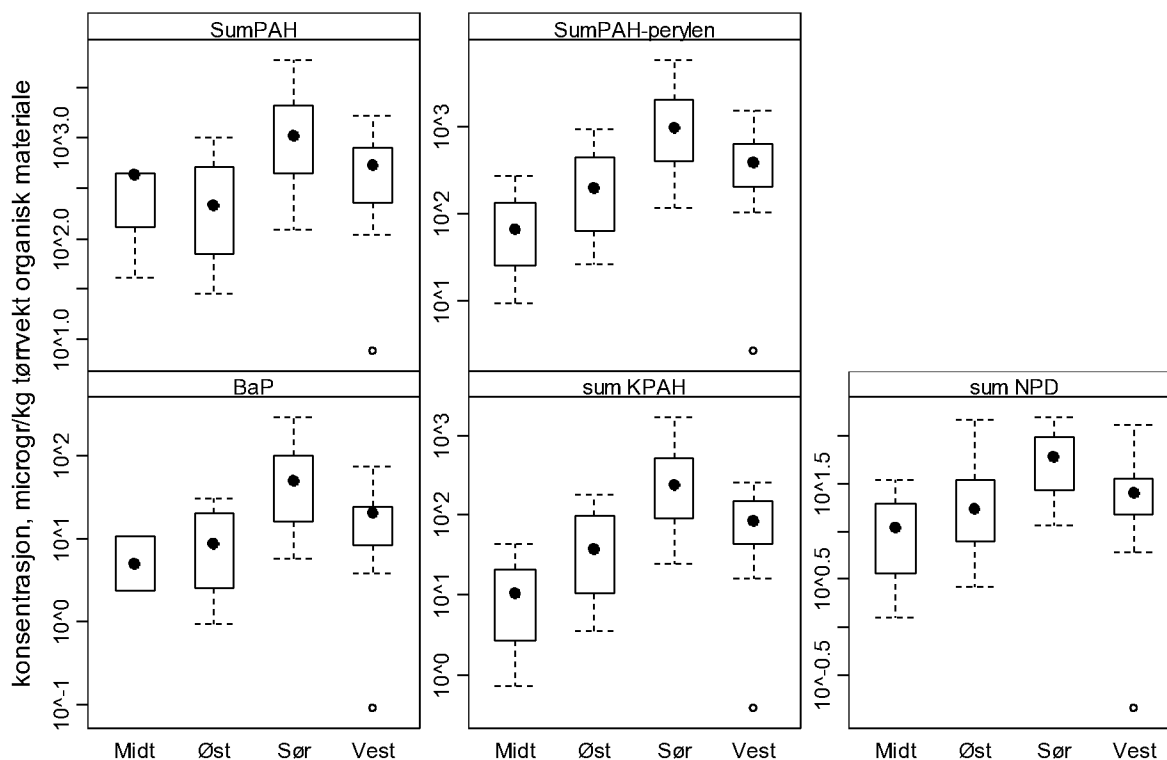
**Tabell 4.** Konsentrasjonsnivåer av sum PAH og PAH-forbindelsen benzo(a)pyren i overflatesedimentet i effektsjøene i henhold til SFT. Fargene angir forurensningsgrad i henhold til SFTs klassegrenser for konsentrasjoner i marine sedimenter (ikke gitt for ferskvann).

|                |              |               |             |                  |
|----------------|--------------|---------------|-------------|------------------|
| I - ubetydelig | II - moderat | III - markert | IV - sterkt | V - meget sterkt |
|----------------|--------------|---------------|-------------|------------------|

|                             | Benzo(a)pyren | sum PAH |
|-----------------------------|---------------|---------|
| Apeltunvatnet               | III           | II      |
| Bakkevatn øst               | II            | II      |
| Bankvatnet                  | II            | II      |
| Barselvann N                | III           | II      |
| Blekslitjernet              | II            | II      |
| Bondivannet                 | II            | II      |
| Bongsatjønn                 | III           | II      |
| Edlandsvatn                 | II            | II      |
| Elgsjøen                    | III           | III     |
| Engsdammen                  | III           | III     |
| Farriskilen                 | V             | IV      |
| Fuglavatn                   | II            | II      |
| Gaupmyrdammen               | III           | III     |
| Gjerdsrudtjern              | II            | II      |
| Gjersjøen                   | I             | I       |
| Gjetsjøvannet               | I             | II      |
| Griggastemma                | III           | III     |
| Hanevatn                    | III           | III     |
| Harestuvannet               | III           | III     |
| Haukelandsvatnet            | III           | II      |
| Holstadvannet               | I             | I       |
| Husevatnet                  | III           | III     |
| Kinnsettjern                | II            | II      |
| Kolbotnvatnet               | III           | II      |
| Kvernavatnet                | I             | I       |
| Langelandsvatnet            | I             | I       |
| Liavatnet                   | III           | III     |
| Ligningstjørna              | II            | II      |
| Lille Fossvatn              | IV            | IV      |
| Lille Skillingen            | III           | III     |
| Longumvatn                  | III           | III     |
| Lutsivatn                   | II            | II      |
| Monatjørn                   | II            | II      |
| Nedre Tjødna                | IV            | IV      |
| Nesvatnet                   | I             | I       |
| Nibbatjønn                  | III           | III     |
| Nordbytjern                 | II            | II      |
| Nybøtjern N                 | III           | II      |
| Patterødtjernet             | III           | II      |
| Paulertjern nord            | II            | II      |
| Paulertjern sør             | III           | II      |
| Rungstadvatnet              | I             | II      |
| Råmarkvatn                  | II            | II      |
| Råtjern                     | IV            | III     |
| Skeievatnet                 | III           | III     |
| Skilbreivatnet              | II            | II      |
| Steinsrudtjernet            | II            | II      |
| Steinstjernet               | II            | II      |
| Stokkalandsvatn             | II            | II      |
| Stovevatnet                 | III           | III     |
| Søndbøvatn                  | III           | III     |
| Toskatjønn                  | III           | III     |
| Tussevann                   | II            | I       |
| Tveitvatnet                 | III           | II      |
| Udlandsvatn                 | V             | IV      |
| Ulvenvannet                 | III           | II      |
| Vassbotnfjorden/Hallevatnet | III           | III     |
| Vollevatn                   | III           | III     |
| Ytre Kydlandsvatn           | III           | III     |



**Figur 30.** Boxplott av elementgradienter i sedimentet (overflate-referanselag) plottet etter region for hvert element. Verdiene er justert etter organisk materiale. Legg merke til at y-aksen er  $\log_{10}$ -skalert der  $10^x$  er det samme som  $10^x$ .



**Figur 31.** Boxplott av PAH-konsentrasjoner i sedimentet plottet etter region for hvert element. Verdiene er justert etter tørrvekt av organisk materiale. Legg merke til at y-aksen er  $\log_{10}$ -skalert. Sum KPAH angir potensielt karsinogene PAH forbindelser, BaP (benzo(a)pyren) er en indikator PAH forbindelse. NPD er lette petroleumrelaterte PAH forbindelser. Legg merke til at y-aksen er  $\log_{10}$ -skalert der  $10^x$  er det samme som  $10^x$ .

**Tabell 5.** Multivariat GLM-analyse som tester om vegnære sjøer og kontrollsjøene innen regionene har ulik sammensetning av metallkonsentrasjoner i sedimentoverflaten etter at man justerer for innsjøenes høyde over havet. Tabellen viser parameterestimater (Est.) med tilhørende standardfeil (s.e.) for univariate modeller, samt Wilks-lambda effekt-test for variasjon-samvariasjonsforskjeller i hele responsmatrisen. Responsmatrisetesten tester således på forskjeller i den totale sammensetningen (multivariat) av de kjemiske komponentene i sedimentoverflaten, mens øvre del av tabellen tar for seg forskjeller for de respektive enkeltkomponentene (univariat). Testobservatorer for univariate tester tilpasset responsmatrisens enkeltelementer er også oppgitt sammen med forklaringsgraden ( $R^2_{adj}$ )

|                         | Region   | Behandling | Cd     |       | Cr     |       | Cu     |       | Fe     |       | Mn     |       | Ni     |       | Pb     |       | Zn     |       |
|-------------------------|----------|------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                         |          |            | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  | Est.   | s.e.  |
| Intercept               |          |            | -0.061 | 0.255 | 3.760  | 0.173 | 3.724  | 0.230 | 10.488 | 0.180 | 6.884  | 0.532 | 3.738  | 0.224 | 3.708  | 0.222 | 5.394  | 0.225 |
| region                  | Sør-Vest |            | 0.449  | 0.297 | -0.420 | 0.202 | 0.333  | 0.267 | 0.432  | 0.210 | -0.299 | 0.619 | -0.394 | 0.261 | 0.560  | 0.258 | 0.341  | 0.262 |
| høyde over havet,hoh    |          |            | 0.005  | 0.002 | -0.001 | 0.001 | 0.000  | 0.001 | 0.002  | 0.001 | 0.003  | 0.003 | 0.001  | 0.001 | 0.001  | 0.001 | 0.004  | 0.001 |
| Behandling(Region)      | Øst-Midt | Kontroll   | -0.315 | 0.454 | -0.149 | 0.308 | -0.456 | 0.408 | -0.206 | 0.320 | 0.513  | 0.945 | -0.903 | 0.398 | 0.811  | 0.394 | -0.802 | 0.399 |
| Behandling(Region)      | Sør-Vest | Kontroll   | 0.189  | 0.248 | -0.080 | 0.168 | -0.102 | 0.223 | 0.719  | 0.175 | 2.479  | 0.516 | -0.200 | 0.217 | 1.083  | 0.215 | -0.267 | 0.218 |
| region*høyde over havet | Sør-Vest |            | -0.007 | 0.002 | 0.001  | 0.001 | -0.001 | 0.002 | -0.003 | 0.001 | -0.007 | 0.004 | -0.002 | 0.002 | -0.001 | 0.002 | -0.007 | 0.002 |
| $R^2_{adj}$             |          |            | 0.17   |       | 0.05   |       | 0.05   |       | 0.20   |       | 0.25   |       | 0.20   |       | 0.38   |       | 0.28   |       |
| F-verdi (Df = 5,69)     |          |            | 4.48   |       | 1.79   |       | 1.72   |       | 4.81   |       | 6.02   |       | 4.74   |       | 9.99   |       | 6.65   |       |
| p-verdi                 |          |            | 0.0014 |       | 0.1260 |       | 0.1409 |       | 0.0008 |       | 0.0001 |       | 0.0009 |       | 0.0000 |       | 0.0000 |       |

**Responsmatrisetest**

| Prediktorvariabel       | Df | Wilks $\lambda$ | F    | DF     | p-verdi  |
|-------------------------|----|-----------------|------|--------|----------|
| region                  | 1  | 0.439           | 9.91 | 8,62   | <0.00001 |
| høyde over havet        | 1  | 0.682           | 3.62 | 8,62   | 0.0016   |
| Behandling(Region)      | 2  | 0.377           | 4.87 | 16 124 | <0.00001 |
| region*høyde over havet | 1  | 0.658           | 4.04 | 8,62   | 0.0006   |

### 3.5 Årsaksmodeller sedimentkjemi

*I denne delen av resultatene fokuserer vi på hvilke faktorer som påvirker konsentrasjonene av metaller og PAH i sedimentoverflaten samt metallgradienten mellom overflate og referanselaget i sedimentene. Vi kvantifiserer også på hvilken måte disse faktorene påvirker disse forholdene. Dette gjør vi ved å anvende moderne statistiske verktøy på samme måte som anvendt under årsaksmodeller for vannkjemien. Formålet med å gjennomføre disse modelltilpasningene er å generere et modellverktøy til estimering av hvilke tilførsels- og modifiseringsforhold som medfører økte metall- og PAH-konsentrasjoner i innsjøsedimentene.*

#### 3.5.1 Metallgradienter

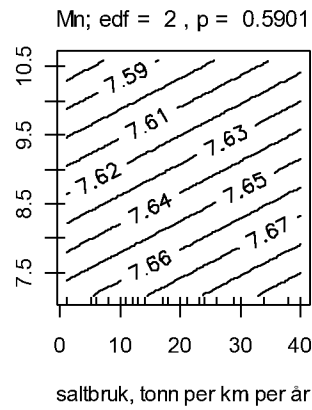
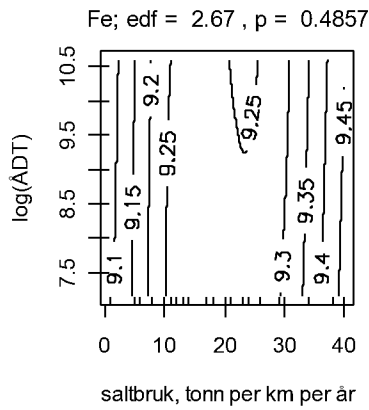
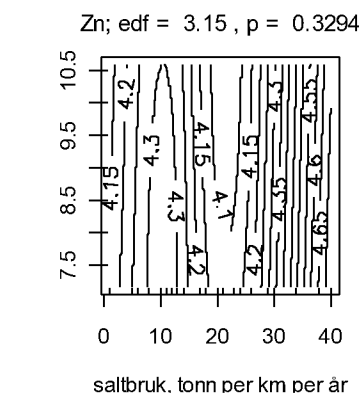
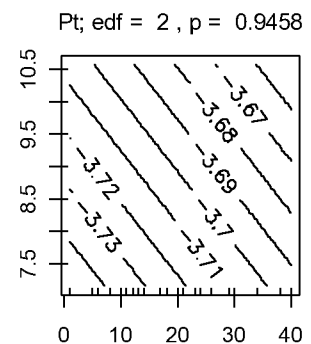
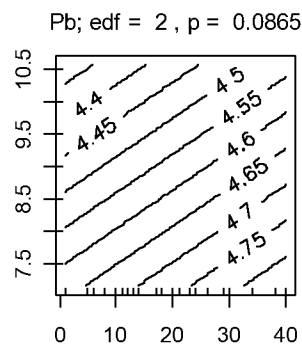
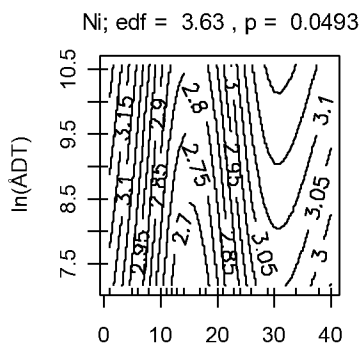
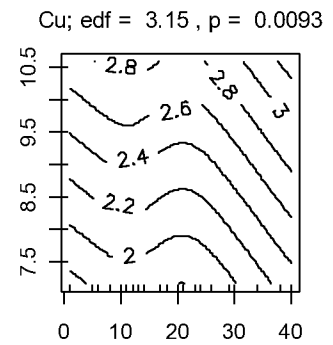
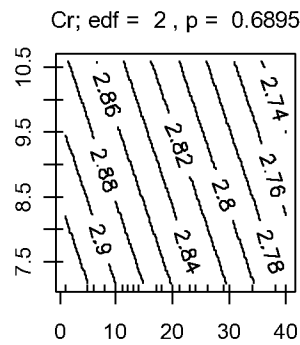
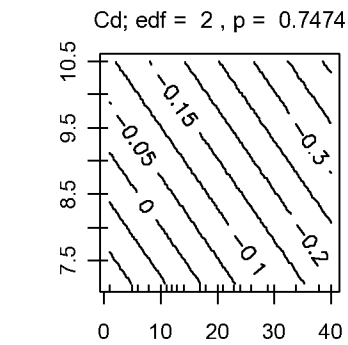
Ved å tilpasse tilførsels- og modifiseringsvariabler som prediktorer til metallgradientene i sedimentene finner vi svært få relasjoner som er signifikante (Tabell 9). Spesielt ønsket vi å modellere eventuelle kombinerte effekter av salttilførsel og trafikkmengde (ÅDT) ut fra ideen om at metaller som frigis fra trafikken kan ytterligere mobiliseres ved salting. Det er i grunnen bare Cu-gradienten som støtter en slik hypotese (se **Figur 30B**). For Cu-gradienten ser vi at effekten av ÅDT forsterkes ved høye saltingsnivåer. For svært mange av de andre metallgradientene har ÅDT og salting den motsatte effekten (dvs negativ) av det en skulle forvente. Det er derfor vanskelig å kunne dra noen generelle konklusjoner om effekt av biltrafikk og salting på metallgradienter i sedimentene.

#### 3.5.2 PAH i sedimentoverflate

Ved å tilpasse tilførsels- og modifiseringsvariabler som prediktorer til PAH-konsentrasjonene i sedimentoverflata finner vi at modifiseringsvariablene avrenning og innsjømorfologi justerer nivået av PAH slik vi skal forvente, men vi finner ingen effekt av den potensielle tilførselsvariabelen ÅDT (Tabell 10). Vi finner heller ingen signaler om at industriaktivitet nær innsjøene har noen effekt på PAH-nivåene. Snarere er koeffisientene negative (men ikke signifikante) for effekten av industri. Derimot har vi klare signaler fra bebyggelse. Innsjøer som har liten bebyggelse har også lavere PAH-nivåer i sedimentene enn de med betydelig bebyggelse. Som nevnt tidligere estimerer GAM-modellen klare regioneffekter, som er slik at sør-vest-Norge har høyere nivåer av PAH enn øst- og midt Norge.

Vi finner med andre ord liten støtte i dataene for at veg-relaterte aktiviteter er drivere for PAH-konsentrasjonene i sedimentene i effektsjøene som har vært involvert i denne studien.



**A****B**

**Figur 32.** Effekt av ÅDT og saltbruk på konsentrasjonsgradientene (dvs overflate-referanselag – justert for organisk materiale) i sedimentene for (A) jern og mangan og (B) for andre metaller slik de predikteres fra modellen beskrevet i Tabell 9. Et eksempel på forsterkende effekt av salting på bidraget fra ÅDT sees for Cu. Ellers synes ikke disse variablene å kunne prediktere metallgradientene i særlig stor grad.

## 4. Referanser

- Amundsen og Roseth, R. 2004. Utslippsfaktorer for forurensninger fra veg til vann og jord i Norge. – UTB 2004/08, Utbyggingsavdelingen, Vegdirektoratet.
- 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, Avolio, C.M, Veidel, A. og Willberg, M. 2005. PORECA - Forurensningsreducerende effekt av Nygård rense- og fordrøyningsbasseng for vegavrenning, samt vegavrenning til Kjeksrudbekkene og Brekkebekken - NIVA Rapport 4935-2005
- Bækken, T og Færøvig, P.J. (Red.) 2004. Effekter av vegforurensninger på vannkvalitet og biologi i Padderudvann-Publikasjon 106
- 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.
- Christensen, Finn K. 1964. Harestuvannet. En limnologisk undersøkelse av en sjø i Oslofeltets permiske dyperuptiver.
- Faafeng Bjørn 1991. Datarapport Gjersjøen 1953-1978, vannkjemi, bakteriologi og vannstand.-NIVA Rapport F.405
- Faafeng, B. 1984. Forundersøkelse av Figgjovassdraget 1983 – NIVA Rapport
- Fevang, Helge 1953. Hallevann ved Larvik; en limnologisk undersøkelse Bind II: Tabeller og illustrasjoner Hovedoppgave i geografi - Universitetet i Oslo, 1953. 77s.
- Grand, M. 1970 En undersøkelse av Figgjovassdraget – NIVA Rapport O - 78/70
- Haldorsen Martha Utne 1963. En limnologisk undersøkelse av Steinstjern. - Hovedoppgave i geografi - Universitetet i Oslo, 1963.
- Haande, S., Oredalen, T.J., Brettum, P., Løvik, J., Mortensen, T. 2005. Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet m/tilløpsbekker 1972-2004 med hovedvekt på resultater fra sesongen 2004 – NIVA Rapport 5010.
- Hongve, Dag 1972. Nordbytjernet : en limnologisk undersøkelse med hovedvekt på makrovegetasjon og avhengighetsforholdet mellom hydrografi og primærproduksjon. -Hovedoppgave i biologi - Universitetet i Oslo, 1972.
- Kjensmo, J. 1997. The influence of road salts on the salinity and the meromictic stability of Lake Svinsjøen, southeastern Norway. *Hydrobiologia* 347: 151-158.

Pedersen, Per Kristian 1968. Ulvenvann og Padderudvann : en undersøkelse av en del limnologiske forhold i to kalkrike sjøer. - Hovedoppgave i biologi - Universitetet i Oslo, 1968

Sleire, Bente 1982. Hydrografi, primærproduksjon, biomasse og suksesjon av planteplankton i Ulvenvann BIND 2.- Hovedoppgave i biologi i Oslo 1982.

Walker, K. F. 1974. The stability of meromictic lakes in central Washington. *Limnol. Oceanogr.* 19: 209-222.

Zuur, A. F., R. J. Fryer, I. T. Jolliffe, R. Dekker, and J. J. Beukema. 2003. Estimating common trends in multivariate time series using dynamic factor analysis. *Environmetrics* 14:665-685.

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.

Aanes, K.J. 1982 Kalandsvatn og Haukelandsvatn i Bergen kommune. En orienterende undersøkelse av forurensningssituasjonen i 1981. – NIVA Rapport 1383.

# Vedlegg 1

Test statistikk for univariate tester av effekteforskjeller mellom kontroller og effektsjører innen region (nøsta modeller)

Modell:  $\log(\text{elementkonsentrasjon, overflate}) = \text{region} + \text{effektgruppe}(\text{region})$

Respons: Ca

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 3.1134   | 0.5821     | 5.349   | 4.93e-07 | *** |
| regionØst                          | -0.4584  | 0.6313     | -0.726  | 0.469359 |     |
| regionSør                          | -2.1051  | 0.6343     | -3.319  | 0.001230 | **  |
| regionVest                         | -2.0899  | 0.6189     | -3.377  | 0.001017 | **  |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -1.4189  | 0.8232     | -1.724  | 0.087604 | .   |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -1.6404  | 0.3458     | -4.744  | 6.39e-06 | *** |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.3899  | 0.3623     | -1.076  | 0.284229 |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -1.1285  | 0.2973     | -3.796  | 0.000242 | *** |

---

Residual standard error: 1.008 on 109 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.4519, Adjusted R-squared: 0.4167  
F-statistic: 12.84 on 7 and 109 DF, p-value: 6.054e-12

Respons: Cd

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | -4.6403  | 0.4289     | -10.820 | < 2e-16  | *** |
| regionØst                          | 0.5477   | 0.4652     | 1.177   | 0.24176  |     |
| regionSør                          | 1.3771   | 0.4673     | 2.947   | 0.00397  | **  |
| regionVest                         | 1.2143   | 0.4560     | 2.663   | 0.00898  | **  |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | 0.8901   | 0.6065     | 1.468   | 0.14525  |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | 0.2913   | 0.2737     | 1.065   | 0.28956  |     |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | 0.3912   | 0.2718     | 1.439   | 0.15316  |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.4136  | 0.2215     | -1.867  | 0.06472  | .   |

---

Residual standard error: 0.7428 on 103 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2521, Adjusted R-squared: 0.2013  
F-statistic: 4.961 on 7 and 103 DF, p-value: 7.281e-05

Respons: Cl

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 2.58336  | 0.41824    | 6.177   | 1.15e-08 | *** |
| regionØst                          | 0.33736  | 0.45365    | 0.744   | 0.458685 |     |
| regionSør                          | 0.02657  | 0.45577    | 0.058   | 0.953611 |     |
| regionVest                         | -0.26503 | 0.44469    | -0.596  | 0.552415 |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.77752 | 0.59149    | -1.315  | 0.191433 |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -2.21350 | 0.24847    | -8.908  | 1.31e-14 | *** |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -1.03099 | 0.26035    | -3.960  | 0.000134 | *** |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.44337 | 0.21362    | -2.076  | 0.040292 | *   |

---

Residual standard error: 0.7244 on 109 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.4911, Adjusted R-squared: 0.4584  
F-statistic: 15.03 on 7 and 109 DF, p-value: 1.302e-13

Respons: Cr

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | -1.38683 | 0.41608    | -3.333  | 0.001198 | **  |
| regionØst                          | -0.03491 | 0.45131    | -0.077  | 0.938500 |     |
| regionSør                          | -0.43108 | 0.45342    | -0.951  | 0.343985 |     |
| regionVest                         | 0.34249  | 0.44239    | 0.774   | 0.440614 |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.08745 | 0.58843    | -0.149  | 0.882144 |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -1.08386 | 0.27172    | -3.989  | 0.000125 | *** |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.20279 | 0.26374    | -0.769  | 0.443733 |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -1.64739 | 0.21492    | -7.665  | 1.08e-11 | *** |

---

Residual standard error: 0.7207 on 102 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.4319, Adjusted R-squared: 0.393  
F-statistic: 11.08 on 7 and 102 DF, p-value: 2.366e-10

Respons: Cu

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | -0.07406 | 0.43829    | -0.169  | 0.86614  |     |
| regionØst                          | 0.08143  | 0.47539    | 0.171   | 0.86434  |     |
| regionSør                          | 0.04693  | 0.47762    | 0.098   | 0.92193  |     |
| regionVest                         | 0.25047  | 0.46600    | 0.537   | 0.59209  |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.42464 | 0.61984    | -0.685  | 0.49483  |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -0.87658 | 0.27970    | -3.134  | 0.00225  | **  |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.39737 | 0.27782    | -1.430  | 0.15565  |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -1.38727 | 0.22639    | -6.128  | 1.65e-08 | *** |

---

Residual standard error: 0.7591 on 103 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.338, Adjusted R-squared: 0.293  
F-statistic: 7.514 on 7 and 103 DF, p-value: 2.693e-07

Respons: Fe

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 4.7415   | 0.6651     | 7.129   | 1.44e-10 | *** |
| regionØst                          | 0.2396   | 0.7214     | 0.332   | 0.740    |     |
| regionSør                          | 0.7571   | 0.7248     | 1.045   | 0.299    |     |
| regionVest                         | 0.4188   | 0.7072     | 0.592   | 0.555    |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | 0.8809   | 0.9407     | 0.937   | 0.351    |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | 0.1395   | 0.4245     | 0.329   | 0.743    |     |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.5631  | 0.4216     | -1.336  | 0.185    |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -1.4882  | 0.3436     | -4.332  | 3.44e-05 | *** |

---

Residual standard error: 1.152 on 103 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2377, Adjusted R-squared: 0.1859  
F-statistic: 4.589 on 7 and 103 DF, p-value: 0.0001697

Respons: Mn

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 3.6121   | 0.6060     | 5.961   | 3.55e-08 | *** |
| regionØst                          | 0.3078   | 0.6573     | 0.468   | 0.6406   |     |
| regionSør                          | -0.4824  | 0.6603     | -0.731  | 0.4667   |     |
| regionVest                         | -0.9817  | 0.6443     | -1.524  | 0.1306   |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.2328  | 0.8570     | -0.272  | 0.7864   |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -0.7696  | 0.3867     | -1.990  | 0.0492   | *   |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.4078  | 0.3841     | -1.062  | 0.2909   |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.8057  | 0.3130     | -2.574  | 0.0115   | *   |

---

Residual standard error: 1.05 on 103 degrees of freedom

Multiple R-Squared: 0.3013, Adjusted R-squared: 0.2538  
 F-statistic: 6.345 on 7 and 103 DF, p-value: 3.324e-06

Respons: Na

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 2.1535   | 0.3975     | 5.417   | 3.65e-07 | *** |
| regionØst                          | 0.2856   | 0.4312     | 0.662   | 0.509191 |     |
| regionSør                          | -0.1005  | 0.4332     | -0.232  | 0.816964 |     |
| regionVest                         | -0.2609  | 0.4227     | -0.617  | 0.538265 |     |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.6646  | 0.5622     | -1.182  | 0.239687 |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -1.9858  | 0.2362     | -8.409  | 1.76e-13 | *** |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.8976  | 0.2475     | -3.627  | 0.000437 | *** |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.5708  | 0.2030     | -2.811  | 0.005855 | **  |

---

Residual standard error: 0.6885 on 109 degrees of freedom  
 Multiple R-Squared: 0.4666, Adjusted R-squared: 0.4323  
 F-statistic: 13.62 on 7 and 109 DF, p-value: 1.490e-12

Respons: Ni

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |   |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|---|
| (Intercept)                        | 0.2362   | 0.6044     | 0.391   | 0.6968   |   |
| regionØst                          | -0.7579  | 0.6556     | -1.156  | 0.2503   |   |
| regionSør                          | -0.8541  | 0.6587     | -1.297  | 0.1976   |   |
| regionVest                         | -1.0757  | 0.6426     | -1.674  | 0.0972   | . |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -0.6160  | 0.8548     | -0.721  | 0.4728   |   |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -0.2564  | 0.3857     | -0.665  | 0.5077   |   |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | 0.2439   | 0.3831     | 0.637   | 0.5257   |   |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.6844  | 0.3122     | -2.192  | 0.0306   | * |

---

Residual standard error: 1.047 on 103 degrees of freedom  
 Multiple R-Squared: 0.1485, Adjusted R-squared: 0.09066  
 F-statistic: 2.567 on 7 and 103 DF, p-value: 0.01769

Respons: Pb

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | -2.95530 | 0.52284    | -5.652  | 1.42e-07 | *** |
| regionØst                          | 0.70061  | 0.56710    | 1.235   | 0.21948  |     |
| regionSør                          | 1.82665  | 0.56975    | 3.206   | 0.00179  | **  |
| regionVest                         | 1.84319  | 0.55589    | 3.316   | 0.00126  | **  |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | 0.66579  | 0.73941    | 0.900   | 0.36999  |     |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | 0.45979  | 0.33365    | 1.378   | 0.17118  |     |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | 0.34602  | 0.33141    | 1.044   | 0.29889  |     |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | 0.08491  | 0.27006    | 0.314   | 0.75383  |     |

---

Residual standard error: 0.9056 on 103 degrees of freedom  
 Multiple R-Squared: 0.2962, Adjusted R-squared: 0.2484  
 F-statistic: 6.192 on 7 and 103 DF, p-value: 4.639e-06

Respons: Zn

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 0.31160  | 0.45662    | 0.682   | 0.496513 |     |
| regionØst   | 0.81260  | 0.49527    | 1.641   | 0.103908 |     |
| regionSør   | 1.78217  | 0.49759    | 3.582   | 0.000523 | *** |
| regionVest  | 1.49918  | 0.48548    | 3.088   | 0.002590 | **  |

```

regionMidt:effekt.kontrollKontroll -0.65215    0.64576  -1.010  0.314909
regionØst:effekt.kontrollKontroll  0.34034    0.29139   1.168  0.245508
regionSør:effekt.kontrollKontroll -0.09677    0.28943  -0.334  0.738793
regionVest:effekt.kontrollKontroll -0.59501    0.23585  -2.523  0.013172 *
---
```

Residual standard error: 0.7909 on 103 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.317, Adjusted R-squared: 0.2705  
F-statistic: 6.828 on 7 and 103 DF, p-value: 1.163e-06

Respons: kond

Coefficients:

|                                    | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|------------------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)                        | 5.26866  | 0.39043    | 13.494  | < 2e-16  | *** |
| regionØst                          | -0.09425 | 0.42348    | -0.223  | 0.82430  |     |
| regionSør                          | -0.89670 | 0.42546    | -2.108  | 0.03736  | *   |
| regionVest                         | -1.09761 | 0.41511    | -2.644  | 0.00940  | **  |
| regionMidt:effekt.kontrollKontroll | -1.23121 | 0.55215    | -2.230  | 0.02781  | *   |
| regionØst:effekt.kontrollKontroll  | -1.70511 | 0.23195    | -7.351  | 3.84e-11 | *** |
| regionSør:effekt.kontrollKontroll  | -0.68496 | 0.24304    | -2.818  | 0.00573  | **  |
| regionVest:effekt.kontrollKontroll | -0.61786 | 0.19941    | -3.098  | 0.00248  | **  |

---

Residual standard error: 0.6762 on 109 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.4525, Adjusted R-squared: 0.4173  
F-statistic: 12.87 on 7 and 109 DF, p-value: 5.729e-12

## Vedlegg 2

Test statistikk for univariate tester av effektforskjeller mellom kontroller og effektsjøer innen region (nøsta modeller) i overflatekonsentrasjoner i sedimentet

Modell:  $\log(\text{elementkonsentrasjon, overflate sediment}) = \text{region} + \text{effektgruppe}(\text{region})$

Respons: Cd

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|---------------------------|----------|------------|---------|----------|
| (Intercept)               | -0.05027 | 0.46442    | -0.108  | 0.914    |
| RegionØst                 | 0.65182  | 0.50609    | 1.288   | 0.201    |
| RegionSør                 | 0.56027  | 0.50609    | 1.107   | 0.271    |
| RegionVest                | -0.08712 | 0.49378    | -0.176  | 0.860    |
| RegionMidt:GruppeKontroll | -0.79682 | 0.65679    | -1.213  | 0.228    |
| RegionØst:GruppeKontroll  | 0.34456  | 0.31506    | 1.094   | 0.277    |
| RegionSør:GruppeKontroll  | -0.10452 | 0.28910    | -0.362  | 0.719    |
| RegionVest:GruppeKontroll | 0.32468  | 0.26696    | 1.216   | 0.227    |

Residual standard error: 0.8044 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2064, Adjusted R-squared: 0.1473  
F-statistic: 3.493 on 7 and 94 DF, p-value: 0.002258

Respons: Cr

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|---------------------------|----------|------------|---------|------------|
| (Intercept)               | 3.7904   | 0.2777     | 13.652  | <2e-16 *** |
| RegionØst                 | -0.2180  | 0.3026     | -0.720  | 0.4731     |
| RegionSør                 | -0.6961  | 0.3026     | -2.301  | 0.0237 *   |
| RegionVest                | -0.3692  | 0.2952     | -1.251  | 0.2143     |
| RegionMidt:GruppeKontroll | 0.1546   | 0.3927     | 0.394   | 0.6947     |
| RegionØst:GruppeKontroll  | -0.3387  | 0.1939     | -1.747  | 0.0840 .   |
| RegionSør:GruppeKontroll  | 0.1094   | 0.1760     | 0.622   | 0.5356     |
| RegionVest:GruppeKontroll | -0.2482  | 0.1630     | -1.523  | 0.1313     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4809 on 91 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.1745, Adjusted R-squared: 0.111  
F-statistic: 2.748 on 7 and 91 DF, p-value: 0.01234

Respons: Cu

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|---------------------------|----------|------------|---------|------------|
| (Intercept)               | 3.87530  | 0.36740    | 10.548  | <2e-16 *** |
| RegionØst                 | -0.16719 | 0.40037    | -0.418  | 0.6772     |
| RegionSør                 | -0.08231 | 0.40037    | -0.206  | 0.8376     |
| RegionVest                | 0.09287  | 0.39063    | 0.238   | 0.8126     |
| RegionMidt:GruppeKontroll | -0.05530 | 0.51958    | -0.106  | 0.9155     |
| RegionØst:GruppeKontroll  | -0.36884 | 0.24925    | -1.480  | 0.1423     |
| RegionSør:GruppeKontroll  | 0.17057  | 0.22871    | 0.746   | 0.4576     |
| RegionVest:GruppeKontroll | -0.51485 | 0.21119    | -2.438  | 0.0167 *   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6364 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.1176, Adjusted R-squared: 0.05191  
F-statistic: 1.79 on 7 and 94 DF, p-value: 0.0983



Respons: Fe

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|---------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)               | 10.73782 | 0.32742    | 32.795  | < 2e-16  | *** |
| RegionØst                 | -0.04601 | 0.35680    | -0.129  | 0.898    |     |
| RegionSør                 | -0.15739 | 0.35680    | -0.441  | 0.660    |     |
| RegionVest                | 0.19085  | 0.34812    | 0.548   | 0.585    |     |
| RegionMidt:GruppeKontroll | 0.15037  | 0.46304    | 0.325   | 0.746    |     |
| RegionØst:GruppeKontroll  | -0.19617 | 0.22212    | -0.883  | 0.379    |     |
| RegionSør:GruppeKontroll  | 0.92099  | 0.20382    | 4.519   | 1.81e-05 | *** |
| RegionVest:GruppeKontroll | 0.32349  | 0.18821    | 1.719   | 0.089    | .   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5671 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2753, Adjusted R-squared: 0.2214  
F-statistic: 5.102 on 7 and 94 DF, p-value: 6.085e-05

Respons: Mn

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|---------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)               | 7.82333  | 1.06559    | 7.342   | 7.48e-11 | *** |
| RegionØst                 | -0.77015 | 1.16120    | -0.663  | 0.508803 |     |
| RegionSør                 | -2.07050 | 1.16120    | -1.783  | 0.077801 | .   |
| RegionVest                | -1.39902 | 1.13295    | -1.235  | 0.219965 |     |
| RegionMidt:GruppeKontroll | 0.01265  | 1.50697    | 0.008   | 0.993318 |     |
| RegionØst:GruppeKontroll  | 1.27829  | 0.72289    | 1.768   | 0.080255 | .   |
| RegionSør:GruppeKontroll  | 1.69709  | 0.66332    | 2.558   | 0.012111 | *   |
| RegionVest:GruppeKontroll | 2.36067  | 0.61254    | 3.854   | 0.000212 | *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.846 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.243, Adjusted R-squared: 0.1866  
F-statistic: 4.31 on 7 and 94 DF, p-value: 0.0003561

Respons: Ni

Coefficients:

|                           | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|---------------------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept)               | 4.5144   | 0.3528     | 12.797  | < 2e-16  | *** |
| RegionØst                 | -0.7860  | 0.3844     | -2.045  | 0.043688 | *   |
| RegionSør                 | -1.4069  | 0.3844     | -3.660  | 0.000417 | *** |
| RegionVest                | -1.2918  | 0.3751     | -3.444  | 0.000857 | *** |
| RegionMidt:GruppeKontroll | -0.9424  | 0.4989     | -1.889  | 0.061975 | .   |
| RegionØst:GruppeKontroll  | -0.7945  | 0.2393     | -3.320  | 0.001283 | **  |
| RegionSør:GruppeKontroll  | -0.1326  | 0.2196     | -0.604  | 0.547408 |     |
| RegionVest:GruppeKontroll | -0.4381  | 0.2028     | -2.160  | 0.033288 | *   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.611 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2901, Adjusted R-squared: 0.2373  
F-statistic: 5.488 on 7 and 94 DF, p-value: 2.608e-05

Respons: Pb

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 3.2468   | 0.3612     | 8.988   | 2.60e-14 | *** |
| RegionØst   | 0.7027   | 0.3936     | 1.785   | 0.07746  | .   |
| RegionSør   | 1.2826   | 0.3936     | 3.258   | 0.00156  | **  |
| RegionVest  | 0.9424   | 0.3841     | 2.454   | 0.01598  | *   |

|                           |        |        |       |              |
|---------------------------|--------|--------|-------|--------------|
| RegionMidt:GruppeKontroll | 0.3544 | 0.5108 | 0.694 | 0.48959      |
| RegionØst:GruppeKontroll  | 1.1952 | 0.2451 | 4.877 | 4.37e-06 *** |
| RegionSør:GruppeKontroll  | 0.9575 | 0.2249 | 4.258 | 4.88e-05 *** |
| RegionVest:GruppeKontroll | 1.1464 | 0.2076 | 5.521 | 2.98e-07 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6257 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.5351, Adjusted R-squared: 0.5004  
F-statistic: 15.45 on 7 and 94 DF, p-value: 2.55e-13

Respons: Zn

Coefficients:

|                           | Estimate  | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|---------------------------|-----------|------------|---------|------------|
| (Intercept)               | 5.434083  | 0.428022   | 12.696  | <2e-16 *** |
| RegionØst                 | 0.516234  | 0.466426   | 1.107   | 0.271      |
| RegionSør                 | 0.050596  | 0.466426   | 0.108   | 0.914      |
| RegionVest                | 0.003965  | 0.455081   | 0.009   | 0.993      |
| RegionMidt:GruppeKontroll | -0.739598 | 0.605315   | -1.222  | 0.225      |
| RegionØst:GruppeKontroll  | -0.085646 | 0.290370   | -0.295  | 0.769      |
| RegionSør:GruppeKontroll  | -0.056298 | 0.266442   | -0.211  | 0.833      |
| RegionVest:GruppeKontroll | -0.338367 | 0.246042   | -1.375  | 0.172      |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7414 on 94 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.1517, Adjusted R-squared: 0.08854  
F-statistic: 2.402 on 7 and 94 DF, p-value: 0.02634

## Vedlegg 3

Test statistikk for univariate tester av effektforskjeller mellom regioner i metallgradienter i substratet

Modell:  $\log(\text{elementgradient, substrat}) = \text{region}$

Respons: Cd-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 1.1816   | 0.3029     | 3.901   | 0.000267 | *** |
| regionØst   | -0.1776  | 0.3301     | -0.538  | 0.592724 |     |
| regionSør   | -0.4744  | 0.3301     | -1.437  | 0.156394 |     |
| regionVest  | -0.6208  | 0.3220     | -1.928  | 0.059163 | .   |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5246 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.1411, Adjusted R-squared: 0.09339  
F-statistic: 2.957 on 3 and 54 DF, p-value: 0.04041

Respons: Cr-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |     |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | 19.253   | 2.531      | 7.606   | 4.27e-10 | *** |
| regionØst   | -3.149   | 2.758      | -1.141  | 0.259    |     |
| regionSør   | -3.104   | 2.758      | -1.125  | 0.265    |     |
| regionVest  | -2.850   | 2.691      | -1.059  | 0.294    |     |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.384 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.02519, Adjusted R-squared: -0.02897  
F-statistic: 0.4652 on 3 and 54 DF, p-value: 0.7078

Respons: Cu-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |   |
|-------------|----------|------------|---------|----------|---|
| (Intercept) | 12.598   | 6.771      | 1.860   | 0.0683   | . |
| regionØst   | -1.227   | 7.379      | -0.166  | 0.8686   |   |
| regionSør   | 3.715    | 7.379      | 0.503   | 0.6167   |   |
| regionVest  | 3.610    | 7.200      | 0.501   | 0.6181   |   |

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.73 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.03688, Adjusted R-squared: -0.01662  
F-statistic: 0.6893 on 3 and 54 DF, p-value: 0.5625

Respons: Fe-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |  |
|-------------|----------|------------|---------|----------|--|
| (Intercept) | 13021    | 8455       | 1.540   | 0.129    |  |
| regionØst   | -1236    | 9213       | -0.134  | 0.894    |  |
| regionSør   | 2508     | 9213       | 0.272   | 0.786    |  |
| regionVest  | 10178    | 8989       | 1.132   | 0.263    |  |

Residual standard error: 14640 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.1073, Adjusted R-squared: 0.05767  
F-statistic: 2.163 on 3 and 54 DF, p-value: 0.1030

Respons: Mn-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 2357.0   | 301.3      | 7.823   | 1.91e-10 *** |
| regionØst   | -383.5   | 328.3      | -1.168  | 0.248        |
| regionSør   | -444.6   | 328.3      | -1.354  | 0.181        |
| regionVest  | -193.9   | 320.4      | -0.605  | 0.547        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 521.9 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.06206, Adjusted R-squared: 0.009951  
F-statistic: 1.191 on 3 and 54 DF, p-value: 0.3219

Respons: Ni-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 71.00    | 11.45      | 6.199   | 8.16e-08 *** |
| regionØst   | -53.18   | 12.48      | -4.261  | 8.21e-05 *** |
| regionSør   | -52.29   | 12.48      | -4.190  | 0.000104 *** |
| regionVest  | -55.88   | 12.18      | -4.589  | 2.69e-05 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 19.84 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.2845, Adjusted R-squared: 0.2448  
F-statistic: 7.158 on 3 and 54 DF, p-value: 0.0003924

Respons: Pb-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 96.2739  | 14.9469    | 6.441   | 3.32e-08 *** |
| regionØst   | 0.7040   | 16.2880    | 0.043   | 0.966        |
| regionSør   | -0.2498  | 16.2880    | -0.015  | 0.988        |
| regionVest  | -9.3621  | 15.8919    | -0.589  | 0.558        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 25.89 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.03412, Adjusted R-squared: -0.01954  
F-statistic: 0.6358 on 3 and 54 DF, p-value: 0.5952

Respons: Pt-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate   | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|------------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 0.0240907  | 0.0053896  | 4.470   | 4.05e-05 *** |
| regionØst   | 0.0009645  | 0.0058732  | 0.164   | 0.870        |
| regionSør   | 0.0013297  | 0.0058732  | 0.226   | 0.822        |
| regionVest  | -0.0014468 | 0.0057303  | -0.252  | 0.802        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.009335 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.019, Adjusted R-squared: -0.0355  
F-statistic: 0.3485 on 3 and 54 DF, p-value: 0.7903

Respons: Rh-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate   | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|-------------|------------|------------|---------|--------------|
| (Intercept) | 0.0024653  | 0.0004977  | 4.954   | 7.55e-06 *** |
| regionØst   | -0.0006090 | 0.0005423  | -1.123  | 0.266        |
| regionSør   | -0.0002336 | 0.0005423  | -0.431  | 0.668        |
| regionVest  | -0.0000619 | 0.0005292  | -0.117  | 0.907        |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.000862 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.07095, Adjusted R-squared: 0.01934  
F-statistic: 1.375 on 3 and 54 DF, p-value: 0.2603

Respons: Zn-gradient, substrat

Coefficients:

|             | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|-------------|----------|------------|---------|----------|
| (Intercept) | 131.09   | 58.60      | 2.237   | 0.0294 * |
| regionØst   | -4.59    | 63.85      | -0.072  | 0.9430   |
| regionSør   | -50.42   | 63.85      | -0.790  | 0.4332   |
| regionVest  | -45.70   | 62.30      | -0.734  | 0.4664   |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 101.5 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-Squared: 0.04258, Adjusted R-squared: -0.0106  
F-statistic: 0.8006 on 3 and 54 DF, p-value: 0.499

## Vedlegg 4. GAM-tabeller

**Tabell 6.** Parameterestimer (est. og est.d.f.) med tilhørende standardfeil (s.e.) og signifikansnivå ( $p$ - verdi) fra generalisert additiv modell (GAM) tilpasset de ulike vannkjemiske elementene sin bunnavverdi. Saltsrelaterte elementer (Cl, Na og konduktivitet) er oppført øverst for de ulike metallene. Alle metallene har blitt tilpasset samme modellstruktur som de tre salt-relaterte elementene for å tolke eventuelle samsvar og avvik mellom disse gruppene. Denne modellstrukturen ble valgt ut som den beste ut fra generalisert kryssvalidering for alle de tre saltelementene. Modellstrukturen gjenspeiles av ”Parameterestimat”-headingen i tabellen der variabler som ikke omslutes av parentes med ”s” foran utgjør vanlig lineære effekter (est = lineær koeffisient), mens variabler som har s foran er ”smoothing”-variabler der estimerte antall frihetsgrader (est.d.f) er oppgitt, med tilhørende  $p$ -verdi. For modellen som er tilpasset er det to smoothingeffekter inkludert der begge utgjør en interaksjonseffekt mellom to variabler (separert med komma i parentes). Dersom est.d.f. er 2 vil denne interaksjonseffekten være lineær (dvs som en glatt overflate), men ved økende est.d.f. vil interaksjon være ikke-lineær (dvs bølgete overflate).

| Responsvariabel | Parameterestimer |       |       |         |       |                                 |       |                           |       |         |                    |       |
|-----------------|------------------|-------|-------|---------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------|-------|---------|--------------------|-------|
|                 | Skjæringspunkt   |       |       | s(ÅDT)  |       | s(middeldyp/areal,årsavrenning) |       | s(saltmengde, veg i felt) |       |         | $R^2_{\text{adj}}$ |       |
|                 | est.             | s.e.  | $p$   | est.d.f | $p$   | est.d.f                         | $p$   | est.d.f                   | $p$   | est.d.f |                    | $p$   |
| Cl              | 2.530            | 0.067 | ***   | 2.686   | ***   | 2.575                           | ***   | 2.506                     | ***   | 2.506   | ***                | 0.604 |
| Na              | 2.052            | 0.059 | ***   | 2.756   | ***   | 2.488                           | ***   | 2.805                     | ***   | 2.805   | ***                | 0.645 |
| Konduktivitet   | 4.512            | 0.073 | ***   | 2.620   | ***   | 3.238                           | ***   | 2.606                     | **    | 2.606   | **                 | 0.557 |
| Ca              | 1.512            | 0.137 | ***   | 2.338   | ***   | 3.476                           | **    | 2.713                     | 0.077 | 2.713   | 0.077              | 0.395 |
| Cd              | -3.623           | 0.094 | ***   | 1.000   | 0.717 | 2.898                           | *     | 2.000                     | 0.237 | 2.000   | 0.237              | 0.125 |
| Cr              | -1.393           | 0.094 | ***   | 1.000   | *     | 2.601                           | 0.261 | 2.878                     | **    | 2.878   | **                 | 0.202 |
| Cu              | 0.011            | 0.075 | 0.885 | 1.000   | ***   | 2.000                           | **    | 2.820                     | **    | 2.820   | **                 | 0.550 |
| Fe              | 5.197            | 0.144 | ***   | 2.855   | **    | 2.615                           | *     | 2.708                     | 0.119 | 2.708   | 0.119              | 0.209 |
| Mn              | 3.145            | 0.148 | ***   | 2.895   | ***   | 2.844                           | *     | 2.802                     | 0.105 | 2.802   | 0.105              | 0.322 |
| Ni              | -0.621           | 0.143 | ***   | 1.000   | *     | 2.000                           | **    | 2.265                     | 0.226 | 2.265   | 0.226              | 0.222 |
| Pb              | -1.503           | 0.130 | ***   | 1.000   | 0.699 | 2.000                           | **    | 2.000                     | 0.886 | 2.000   | 0.886              | 0.108 |
| Zn              | 1.654            | 0.105 | ***   | 1.000   | *     | 3.300                           | *     | 2.734                     | 0.285 | 2.734   | 0.285              | 0.253 |

**Tabell 7.** Parameterestimater (est. og est.d.f.) med tilhørende standardfeil (s.e.) og signifikansnivå (*p*-verdi) fra generalisert additiv modell (GAM) tilpasset de ulike vannkjemiske elementene sin bunnavverdi. Saltningsrelaterte elementer (Cl, Na og konduktivitet) er oppført øverst for de ulike metallene. Alle metallene har blitt tilpasset samme modellstruktur som de tre salt-relaterte elementene for å tolke eventuelle samsvar og avvik mellom disse gruppene. Denne modellstrukturen ble valgt ut som den beste ut fra generalisert kryssvalidering for alle de tre saltelementene. Modellstrukturen gjenspeiles av "Parameterestimater"-headingen i tabellen der variabler som ikke omsluttet av parentes med "s" foran utgjør vanlig lineære effekter (est = lineær koeffisient), mens variabler som har s foran er "smoothing"-variabler der estimerte antall frihetsgrader (est.d.f) er oppgitt, med tilhørende *p*-verdi. For modellen som er tilpasset er det to smoothingeffekter inkludert der begge utgjør en interaksjonseffekt mellom to variabler (separert med komma i parentes). Dersom est.d.f. er 2 vil denne interaksjonseffekten være lineær (dvs som en glatt overflate), men ved økende est.d.f. vil interaksjon være ikke-lineær (dvs bølgete overflate).

| Parameterestimater |           |       |          |                |       |          |                |       |          |                                  |          |         |                           |       |             |
|--------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------|----------------|-------|----------|----------------------------------|----------|---------|---------------------------|-------|-------------|
| Responsvariabel    | Intercept |       |          | Årsdøgntrafikk |       |          | Overflateverdi |       |          | s(middeldyp/areal, årsavrenning) |          |         | s(saltmengde, veg i felt) |       | $R^2_{adj}$ |
|                    | est.      | s.e.  | <i>p</i> | est.           | s.e.  | <i>p</i> | est.           | s.e.  | <i>p</i> | est.d.f                          | <i>p</i> | est.d.f | <i>p</i>                  |       |             |
| Cl                 | -4.334    | 0.900 | ***      | 0.690          | 0.115 | ***      | 0.433          | 0.160 | 0.0086   | 2.000                            | 0.0011   | 2.903   | 0.0130                    | 0.713 |             |
| Na                 | -4.638    | 0.929 | ***      | 0.698          | 0.122 | ***      | 0.402          | 0.174 | 0.0247   | 2.000                            | 0.0010   | 2.913   | 0.0109                    | 0.716 |             |
| Konduktivitet      | -2.917    | 0.878 | 0.0017   | 0.567          | 0.118 | ***      | 0.623          | 0.143 | ***      | 2.000                            | 0.0097   | 2.840   | 0.0469                    | 0.722 |             |
| Ca                 | -2.055    | 0.686 | 0.0042   | 0.278          | 0.081 | 0.0012   | 0.887          | 0.056 | ***      | 2.000                            | 0.0920   | 2.865   | 0.0690                    | 0.906 |             |
| Cd                 | 1.017     | 1.358 | 0.4575   | -0.208         | 0.140 | 0.1431   | 0.655          | 0.163 | 0.0002   | 3.017                            | 0.3373   | 2.000   | 0.0011                    | 0.409 |             |
| Cr                 | -0.102    | 1.412 | 0.9428   | -0.038         | 0.149 | 0.8020   | 0.627          | 0.163 | 0.0003   | 2.000                            | 0.5350   | 2.733   | 0.1840                    | 0.261 |             |
| Cu                 | 1.523     | 0.860 | 0.0825   | -0.163         | 0.096 | 0.0948   | 0.974          | 0.106 | ***      | 2.444                            | 0.5966   | 2.000   | 0.0008                    | 0.741 |             |
| Fe                 | -2.867    | 2.499 | 0.2570   | 0.485          | 0.280 | 0.0890   | 0.996          | 0.199 | ***      | 2.373                            | 0.1270   | 2.606   | 0.1210                    | 0.465 |             |
| Mn                 | -4.827    | 2.260 | 0.0375   | 0.683          | 0.258 | 0.0107   | 1.008          | 0.174 | ***      | 2.000                            | 0.2791   | 2.828   | 0.0608                    | 0.537 |             |
| Ni                 | -0.127    | 0.578 | 0.8270   | 0.019          | 0.063 | 0.7680   | 0.909          | 0.048 | ***      | 2.000                            | 0.1788   | 2.269   | 0.0189                    | 0.908 |             |
| Pb                 | 1.860     | 1.295 | 0.1570   | -0.158         | 0.141 | 0.2690   | 0.987          | 0.127 | ***      | 2.848                            | 0.2597   | 2.000   | 0.0002                    | 0.604 |             |
| Zn                 | 0.524     | 0.838 | 0.5350   | 0.048          | 0.095 | 0.6150   | 0.556          | 0.097 | ***      | 3.200                            | 0.3269   | 2.904   | 0.0016                    | 0.557 |             |

\*\*\*  $p < 0.00001$

**Tabell 8.** Parameterestimater med tilhørende standardfeil (s.e.) for VGAM-modellen som predikterer sannsynlighet for at en innsjø tilhører kategoriene: salt-indusert  $O_2$ -gradient (SIOG), ikke salt-indusert  $O_2$ -gradient (ISOG) eller ingen/liten gradient (IG). Modellen har blitt tilpasset som en multinomial logit-modell under antagelse om normalitet på logit-skala. Parametrene som estimeres predikterer de to relasjonene 1:  $\log(\text{Pr}(\text{ISOG})/\text{Pr}(\text{SIOG}))$  og 2:  $\log(\text{Pr}(\text{IG})/\text{Pr}(\text{SIOG}))$  og ut fra forutsetning om at  $\Sigma \text{Pr}(Y)_i = 1$ , der  $Y \in \{\text{ISOG}, \text{SIOG}, \text{IG}\}$ , kan man regne ut den unike sannsynligheten for alle nivåer av  $Y$ . Under termene framkommer det hvilke variabler som har vært brukt som prediktorer. Termer som innehar "s()" er tilpasset som smooth-termer, dvs optimalt antall frihetsgrader (edf) har blitt valgt ut ved generalisert kryssvalidering der  $\text{edf} > 1$  innebærer ikke-lineæritet. Testobservatorene  $t$  og  $\chi^2$  referer til hhv de lineære prediktorerne (over horisontale linje) og smoothing-prediktorerne. Modellen forklarer 66% av variasjonen.

| Term                 | estimat | s.e.  | df/edf | $t/\chi^2$ | $p$ -verdi |
|----------------------|---------|-------|--------|------------|------------|
| Skjæringspunkt:1     | 25.11   | 13.51 | 1      | 1.86       | 0.11       |
| Skjæringspunkt:2     | -17.38  | 19.50 | 1      | -0.89      | 0.42       |
| Jordbruk:1           | -2.32   | 0.64  | 1      | -4.13      | 0.02       |
| Jordbruk:2           | 0.73    | 1.95  | 1      | 0.37       | 0.68       |
| log(ÅDT):1           | -2.58   | 0.85  | 1      | -3.04      | 0.06       |
| log(ÅDT):2           | -0.68   | 1.08  | 1      | -0.63      | 0.53       |
| s(log(avrenning)):1  | 0.52    | 0.61  | 1.7    | 1.74       | 0.35       |
| s(log(avrenning)):2  | -0.43   | 0.99  | 1.9    | 2.06       | 0.33       |
| s(log(dyp/areal)):1  | -0.07   | 0.47  | 1.8    | 0.46       | 0.76       |
| s(log(dyp/areal)):2  | 0.38    | 0.77  | 1.9    | 3.76       | 0.14       |
| s(log(veg i felt)):1 | -0.78   | 1.21  | 3.5    | 2.99       | 0.48       |
| s(log(veg i felt)):2 | 2.47    | 1.39  | 3.6    | 8.96       | 0.05       |
| s(saltbruk):1        | 0.06    | 0.07  | 3.7    | 5.58       | 0.20       |
| s(saltbruk):2        | 0.03    | 0.08  | 3.6    | 11.14      | 0.02       |



**Tabell 9.** Parameterestimater (est. og est.d.f.) med tilhørende standardfeil (s.e.) og signifikansnivå ( $p$ - verdi) fra generalisert additiv modell (GAM) tilpasset de ulike metallgradientene i sedimentene (justert for organisk nivå). Alle metallgradientene har blitt tilpasset samme modellstruktur der vi er spesielt ute etter å modellere eventuelle kombinerte effekter av saltnivå og trafikkmengde (ÅDT) ut fra ideen om at metaller som frigis fra trafikken kan ytterligere mobiliseres ved økt salting. Modelstrukturen gjenspeiles av "Parameterestimat"-headingen i tabellen der variabler som ikke omslutes av parentes med "s" foran utgjør vanlig lineære effekter (est = lineær koeffisient), mens variabler som har s foran er "smoothing"-variabler der estimerte antall frihetsgrader (est.d.f) er oppgitt, med tilhørende  $p$ -verdi. For modellen som er tilpasset er det to smoothingeffekter inkludert der begge utgjør en interaksjonseffekt mellom to variabler (separert med komma i parentes). Dersom est.d.f. er 2 vil denne interaksjonseffekten være lineær (dvs som en glatt overflate), men ved økende est.d.f. vil interaksjon være ikke-lineær (dvs bølgete overflate).

| Responsvariabel | Parameterestimater |       |       |                                  |       |       |                 |       |         |                        |         |       | $R^2_{adj}$ |                                  |       |  |
|-----------------|--------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|---------|------------------------|---------|-------|-------------|----------------------------------|-------|--|
|                 | Intercept          |       |       | Sammenslåtte regioner (Sør-Vest) |       |       | s(veg ved vann) |       |         | s(saltmengde, ln(ÅDT)) |         |       |             | s(middeldyp/areal, årsavrenning) |       |  |
|                 | est.               | s.e.  | $p$   | est.                             | s.e.  | $p$   | est.d.f         | $p$   | est.d.f | $p$                    | est.d.f | $p$   |             | est.d.f                          | $p$   |  |
| ln(Cd-gradient) | -0.115             | 0.214 | 0.593 | -0.557                           | 0.272 | *     | 1.000           | 0.940 | 2.000   | 0.747                  | 2.000   | 0.669 | 2.000       | 0.669                            | 0.010 |  |
| ln(Cr-gradient) | 2.844              | 0.079 | ***   | -0.094                           | 0.099 | 0.349 | 1.000           | 0.487 | 2.000   | 0.690                  | 2.000   | 0.442 | 2.000       | 0.442                            | 0.081 |  |
| ln(Cu-gradient) | 2.386              | 0.124 | ***   | 0.206                            | 0.157 | 0.195 | 2.603           | 0.187 | 3.146   | **                     | 2.000   | 0.160 | 2.000       | 0.160                            | 0.391 |  |
| ln(Fe-gradient) | 9.322              | 0.127 | ***   | 0.420                            | 0.160 | *     | 1.000           | 0.510 | 2.671   | 0.486                  | 2.735   | 0.173 | 2.735       | 0.173                            | 0.234 |  |
| ln(Mn-gradient) | 7.679              | 0.038 | ***   | -0.074                           | 0.048 | 0.129 | 2.870           | ***   | 2.000   | 0.590                  | 2.000   | 0.739 | 2.000       | 0.739                            | 0.277 |  |
| ln(Ni-gradient) | 2.917              | 0.101 | ***   | -0.119                           | 0.127 | 0.351 | 1.000           | 0.904 | 3.628   | *                      | 2.622   | 0.080 | 2.622       | 0.080                            | 0.318 |  |
| ln(Pb-gradient) | 4.553              | 0.068 | ***   | -0.059                           | 0.086 | 0.494 | 1.000           | 0.463 | 2.000   | 0.087                  | 2.217   | 0.666 | 2.217       | 0.666                            | 0.140 |  |
| ln(Pt-gradient) | -3.729             | 0.086 | ***   | -0.048                           | 0.109 | 0.660 | 1.416           | 0.501 | 2.000   | 0.946                  | 2.000   | 0.638 | 2.000       | 0.638                            | 0.041 |  |
| ln(Rh-gradient) | -6.573             | 0.216 | ***   | 0.423                            | 0.272 | 0.127 | 2.535           | *     | 3.101   | 0.286                  | 2.000   | 0.460 | 2.000       | 0.460                            | 0.098 |  |
| ln(Zn-gradient) | 4.430              | 0.178 | ***   | -0.183                           | 0.225 | 0.419 | 1.000           | 0.452 | 3.148   | 0.329                  | 3.137   | *     | 3.137       | *                                | 0.239 |  |

\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.001$ , \*\*\*  $p < 0.0001$

**Tabell 10.** Parameterestimater (est. og est.d.f.) med tilhørende standardfeil (s.e.) og signifikansnivå ( $p$ - verdi) fra generalisert additiv modell (GAM) tilpasset de ulike PAH elementene sin substratverdi (justert etter organisk tørrvekt). Alle elementene har blitt tilpasset samme modellstruktur. Denne modellstrukturen ble valgt ut som den beste ut fra generalisert kryssvalidering for alle de fem elementene, men der ÅDT (som tilførselskilde) og dyp/areal sammen med årsavrenning (som modifierende faktorer) hele tida ble tvunget med. Modelstrukturen gjenspeiles av "Parameterestimater"-headingen i tabellen der variabler som ikke omslutes av parentes med "s" foran utgjør vanlig lineære effekter (est = lineær koeffisient), mens variabler som har s foran er "smoothing"-variabler der estimerte antall frihetsgrader (est.d.f) er oppgitt, med tilhørende  $p$ -verdi. For modellen som er tilpasset er det to smoothingeffekter inkludert der den ene utgjør en interaksjonseffekt mellom to variabler (separert med komma i parentes). Dersom est.d.f. er 2 vil denne interaksjonseffekten være lineær (dvs som en glatt overflate), men ved økende est.d.f. vil interaksjon være ikke-lineær (dvs bølgete overflate). Faktorvariablene Industri og Bebyggelse er estimert for nivåene T (dvs industri tilstede) og N (ingen/ubetydelig bebyggelse), respektivt.

| Parameterestimater      |           |       |     |              |       |       |               |       |       |                                  |       |       |                                  |     |         |            |             |
|-------------------------|-----------|-------|-----|--------------|-------|-------|---------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-----|---------|------------|-------------|
| Responsvariabel         | Intercept |       |     | Industri (T) |       |       | Bebyggelse(N) |       |       | Sammenslåtte regioner (Sør-Vest) |       |       | s(middeldyp/areal, årsavrenning) |     |         | s(ln(ÅDT)) |             |
|                         | est.      | s.e.  | $p$ | est.         | s.e.  | $p$   | est.          | s.e.  | $p$   | est.                             | s.e.  | $p$   | est.d.f                          | $p$ | est.d.f | $p$        | $R^2_{adj}$ |
| ln(sum.NPD.org)         | 2.935     | 0.277 | *** | -0.198       | 0.470 | 0.675 | -0.770        | 0.370 | *     | 0.653                            | 0.340 | 0.061 | 3.777                            | **  | 3.158   | 0.400      | 0.267       |
| ln(sum.KPAH.org)        | 3.436     | 0.328 | *** | -0.456       | 0.557 | 0.417 | -0.829        | 0.437 | 0.064 | 1.446                            | 0.405 | ***   | 3.825                            | **  | 1.000   | 0.343      | 0.344       |
| ln(SumPAH.pertylen.org) | 5.163     | 0.293 | *** | -0.414       | 0.497 | 0.410 | -0.901        | 0.392 | *     | 1.298                            | 0.360 | ***   | 3.811                            | **  | 2.683   | 0.580      | 0.359       |
| ln(SumPAH.org)          | 5.442     | 0.261 | *** | -0.504       | 0.443 | 0.262 | -0.849        | 0.350 | *     | 1.184                            | 0.321 | ***   | 3.815                            | **  | 3.335   | 0.389      | 0.388       |
| ln(sum.NPD.org)         | 2.935     | 0.277 | *** | -0.198       | 0.470 | 0.675 | -0.770        | 0.370 | *     | 0.653                            | 0.340 | 0.061 | 3.777                            | **  | 3.158   | 0.400      | 0.267       |

## Vedlegg 5.

Innsjøvise prediksjoner fra VGAM-modellen som estimerer sannsynligheten for at en innsjø skal ha 1) ingen/liten salt- og oksygengradient (IG), 2) ikke saltindusert oksygengradient og 3) salt-indusert oksygengradient. Modellen står beskrevet i **Tabell 8**.

| Innsjønavn        | Pr(IG) | Pr(ISOG) | Pr(SIOG) |
|-------------------|--------|----------|----------|
| Longumvatn        | 0.33   | 0.01     | 0.66     |
| Nybøtjern N       | 0.54   | 0.03     | 0.43     |
| Blekslitjernet    | 0.82   | 0.00     | 0.17     |
| Bondivannet       | 0.62   | 0.01     | 0.37     |
| Engsdammen        | 0.98   | 0.00     | 0.02     |
| Gaupmyrdammen     | 0.99   | 0.00     | 0.01     |
| Gjersjøen         | 0.00   | 1.00     | 0.00     |
| Gjetsjøvannet     | 0.97   | 0.00     | 0.03     |
| Holstadvatnet     | 0.72   | 0.17     | 0.11     |
| Nordbytjern       | 0.13   | 0.85     | 0.02     |
| Steinstjernet     | 0.19   | 0.44     | 0.37     |
| Ulvenvannet       | 0.04   | 0.92     | 0.03     |
| Apeltunvatnet     | 0.11   | 0.00     | 0.89     |
| Bankvatnet        | 0.33   | 0.01     | 0.66     |
| Griggastemma      | 0.01   | 0.02     | 0.97     |
| Kvernavatnet      | 0.18   | 0.01     | 0.82     |
| Liavatnet         | 0.01   | 0.00     | 0.98     |
| Råtjern           | 0.01   | 0.00     | 0.99     |
| Stovevatnet       | 0.05   | 0.08     | 0.87     |
| Tveitavatnet      | 0.02   | 0.49     | 0.49     |
| Nesvatnet         | 0.89   | 0.00     | 0.11     |
| Rungstadvatnet    | 0.08   | 0.91     | 0.01     |
| Harestuvannet     | 1.00   | 0.00     | 0.00     |
| Steinsrudtjernet  | 0.05   | 0.07     | 0.87     |
| Patterødtjernet   | 0.01   | 0.31     | 0.67     |
| Bongsatjønn       | 0.28   | 0.19     | 0.53     |
| Edlandsvatn       | 1.00   | 0.00     | 0.00     |
| Fuglavatn         | 0.97   | 0.00     | 0.03     |
| Ytre Kydlandsvatn | 0.95   | 0.00     | 0.05     |
| Ligningstjørna    | 0.93   | 0.03     | 0.04     |
| Monatjønn         | 0.86   | 0.10     | 0.04     |
| Nibbatjønn        | 0.99   | 0.00     | 0.01     |
| Stokkalandsvatn   | 0.80   | 0.06     | 0.14     |
| Toskatjønn        | 0.12   | 0.11     | 0.77     |
| Husevatnet        | 1.00   | 0.00     | 0.00     |
| Langelandsvatnet  | 0.94   | 0.01     | 0.05     |
| Skilbreivatnet    | 1.00   | 0.00     | 0.00     |
| Kinnsettjern      | 0.98   | 0.00     | 0.01     |
| Bakkevåtn øst     | 0.51   | 0.04     | 0.45     |
| Elgsjøen          | 0.08   | 0.91     | 0.01     |
| Søndbøvatn        | 0.13   | 0.36     | 0.51     |
| Barselvann N      | 0.29   | 0.07     | 0.64     |
| Nedre Tjødna      | 0.97   | 0.02     | 0.02     |
| Lille Fossvatn    | 0.69   | 0.03     | 0.27     |
| Hanevatn          | 0.31   | 0.08     | 0.62     |
| Råmarkvatn        | 0.53   | 0.28     | 0.19     |
| Udlandsvatn       | 0.89   | 0.02     | 0.09     |
| Vollevatn         | 0.01   | 0.36     | 0.62     |
| Farriskilen       | 0.97   | 0.00     | 0.03     |
| Vassbotnfjorden   | 0.02   | 0.90     | 0.09     |
| Paulertjern nord  | 0.56   | 0.05     | 0.39     |
| Paulertjern sør   | 0.13   | 0.05     | 0.82     |

## Appendiks 6. Rådata

Vegegenskaper. For veg lang vann er avstanden mellom veg og vann satt <50 m målt på 1:50000 kart. Tre første tegn i ST KODE angir fylke. Veglengder angitt i km, saltbruk i tonn/km.

| ST_KODE  | NAVN                        | Veg i felt | Veg langs vann | Saltbruk 03-05 | ADT_middel | Tillegg fra andre veger  |
|----------|-----------------------------|------------|----------------|----------------|------------|--|
| AKEIBL01 | Bleikslitjernet             | 1.3        | 0.5            | 13             | 2995       | Nei  |
| AKEIBO01 | Bondivannet                 | 3          | 0              | 29             | 14694      | Ja, kan få fra EV18.   |
| AKEIEN01 | Engsdammen                  | 0.25       | 0.2            | 13             | 2747       | Vet ikke, har ikke denne med på listen min. Finner ikke på kart. |
| AKEIGA01 | Gaupmyrdammen               | 0.2        | 0.2            | 13             | 2747       | Nei  |
| AKEIGJ01 | Gjersjøen                   | 55         | 4.5            | 20             | 20226      | Fra FV130  |
| AKEIGS01 | Gjetsjøvannet               | 1.6        | 0.25           | 13             | 1552       | Nei  |
| AKEIHO01 | Holstadvannet               | 6          | 0.2            | 12             | 8320       | Kan få fra RV 152  |
| AKEIKO01 | Kolbotnvatnet               | 6          | 0.05           | 13             | 14500      | Kanskje fra FV127  |
| AKEINO01 | Nordbytjern                 | 3.5        | 0              | 5              | 6000       | Kan få fra E6  |
| AKEIST01 | Steinstjernet               | 1          | 0.25           | 24             | 8878       | Nei  |
| AKEITU01 | Tussevann                   | 4.5        | 0              | 9              | 21506      | Ja, kan kanskje få fra FV32                                      |
| AKEIUL01 | Ulvenvannet                 | 5          | 0              | 40             | 3455       | Nei  |
| HORIAP01 | Apeltunvann                 | 1.5        | 0              | 12             | 21000      |  |
| HORIBA01 | Banktjern                   | 1          | 0.1            | 11             | 10100      |  |
| HORIGR01 | Griggastemma                | 1          | 0              | 11             | 39270      |  |
| HORIIA01 | Haukelandsvatnet            | 2.2        | 0.75           | 12             | 7400       |  |
| HORIKV01 | Kvernavatnet                | 0.45       | 0.05           | 13             | 15500      |  |
| HORILU01 | Liavatnet                   | 1.55       | 1.25           | 12             | 34900      |  |
| HORIRA01 | Råtjern                     | 1.5        | 0.15           | 12             | 36000      |  |
| HORISK01 | Skeivatnet                  | 0.75       | 0              | 12             | 24200      |  |
| HORIST01 | Stovevatnet                 | 0.65       | 0.5            | 12             | 20500      |  |
| HORITV01 | Tveitavatnet                | 3.5        | 0.5            | 12             | 11500      |  |
| NTRINE01 | Nesvatnet                   | 2.3        | 0              | 13             | 5500       |  |
| NTRIRU01 | Rungstadvatnet              | 2.25       | 0.25           | 1              | 5900       |  |
| OPPIHA01 | Harestuvatnet               | 10.5       | 0.2            | 11             | 6300       | Nei (Ligger mellom RV4 og FV16, men FV16 saltes ikke)            |
| OPPISK01 | Lille Skillingen            | 0          | 0              | 11             | 6300       | Nei  |
| OSLIGJ01 | Gjersrudtjern               | 5.5        | 0.1            | 24             | 28600      | Fra RV155  |
| OSLIST01 | Steinsrudtjernet            | 1.35       | 0.3            | 40             | 4788       | Nei  |
| ROGIBO01 | Bongsatjønn                 | 0.75       | 0.15           | 8              | 13100      |  |
| ROGIED01 | Edlandsvatnet               | 2.4        | 1.9            | 14             | 9500       |  |
| ROGIFUG1 | Fuglavatnet                 | 4.1        | 0              | 10             | 2500       |  |
| ROGIKY01 | Ytre Kydlandsvatn           | 3.3        | 1.9            | 14             | 4970       |  |
| ROGILI01 | Likningstjønn               | 1          | 0.4            | 30             | 4000       |  |
| ROGILU01 | Lutsivatn                   | 9          | 3.4            | 11             | 9700       |  |
| ROGIMOE1 | Monatjønn                   | 0.9        | 0.35           | 30             | 4000       |  |
| ROGINI01 | Nibbatjønn                  | 0.75       | 0.5            | 11             | 2700       |  |
| ROGIST01 | Stokkalandsvatn             | 6          | 0.03           | 14             | 16000      |  |
| ROGITO01 | Toskatjønn                  | 0.9        | 0.7            | 8              | 16000      |  |
| SOFIHU01 | Husevatnet                  | 0.55       | 0.35           | 6              | 1300       |  |
| SOFILA01 | Langelandsvatnet            | 3.15       | 2.5            | 6              | 3100       |  |
| SOFISK01 | Skilbreivatnet              | 6.65       | 0.3            | 6              | 3100       |  |
| STRIKIN1 | Kinnsettjernet              | 0.45       | 0.15           | 29             | 9840       |  |
| TELIBA01 | Bakkevatn øst               | 4.6        | 0.8            | 15             | 6500       |  |
| TELIEL01 | Elgsjøen                    | 5.1        | 0.25           | 20             | 3700       |  |
| TELISON1 | Søndbøvatn                  | 3.6        | 0.4            | 15             | 5900       |  |
| VAGIBA01 | Barselvann N                | 1.1        | 0.2            | 26             | 10200      |  |
| VAGIEI01 | Nedre Tjødna                | 0.55       | 0.4            | 17             | 4100       |  |
| VAGIFO01 | Lille Fossvatn              | 1.3        | 0.7            | 17             | 3800       |  |
| VAGIHA01 | Hanevatn                    | 2.5        | 0.5            | 26             | 7500       |  |
| VAGIRA01 | Råmarkvatn                  | 0.8        | 0.35           | 17             | 4100       |  |
| VAGIUD01 | Udlandsvatn                 | 1.2        | 0.6            | 17             | 5200       |  |
| VAGIVO01 | Vollevatn                   | 1.1        | 0.9            | 26             | 32500      |  |
| VESIFA01 | Farriskilen                 | 4.1        | 0              | 21             | 14000      |  |
| VESIHA01 | Vassbotnfjorden/Hallevatnet | 5.2        | 1              | 21             | 10800      |  |
| VESIPAN1 | Paulertjern nord            | 1.2        | 0.2            | 21             | 12500      |  |
| VESIPAS1 | Paulertjern sør             | 1.7        | 0.14           | 21             | 12500      |  |
| ØSTIPA01 | Patterødtjernet             | 2.6        | 0.25           | 18             | 20250      | Nei  |
| AAGILON1 | Longumvatnet SØ             | 1.8        | 0.3            | 23             | 8300       |  |
| AAGINYB1 | Nybøtjern N                 | 0.9        | 0.35           | 23             | 6400       |  |

## Appendiks Innsjøegenskaper.

| ST_KODE   | NAVN                        | X-koordinat 33 | Y-koordinat 33 | Vassdragsnr (NVE) | Vann-/elv løpenummer | HOH m | Dyp maks | Areal vann | Nedbørsfelt km2 | Årsavrenning m3 |
|-----------|-----------------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|-------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| AKELB01   | Bleikslitjernet             | 255109         | 6638618        | 5.21              | 5529                 | 98    | 10       | 0.2183     | 2.125           | 956250          |
| AKEIB001  | Bondivannet                 | 244060         | 6640364        | 009.1Z            | 5509                 | 99    | 5        | 0.1272     | 38.25           | 19890000        |
| AKEIEN01  | Engsdammen                  | 252617         | 6634234        | 5.21              | 80671                | 31    | 4.5      | 0.0062     | 0.725           | 275500          |
| AKEIGA01  | Gaupmyrdammen               | 252149         | 6631460        | 5.21              | 5639                 | 61    | 3.5      | 0.0254     | 0.225           | 90000           |
| AKEIGJ01  | Gjersjøen                   | 263318         | 6634975        | 005.4B            | 297                  | 40    | 55       | 2.6437     | 87.2            | 41856000        |
| AKEIGS01  | Gjetsjøvannet               | 273181         | 6629132        | 003.G             | 5914                 | 131   | 12       | 0.1667     | 6.25            | 3437500         |
| AKEIHO01  | Holstadvannet               | 265289         | 6624095        | 005.3B            | 5681                 | 102   | 7        | 0.325      | 12.25           | 6492500         |
| AKEIKO01  | Kolbotnvatnet               | 264416         | 6636779        | 005.4B            | 5537                 | 95    | 18       | 0.2918     | 2.96            | 1480000         |
| AKEINO01  | Nordbytjern                 | 287195         | 6675060        | 002.CAB1          | 4228                 | 185   | 22       | 0.268      | 3.8             | 3078000         |
| AKEIPA01  | Padderudvannet              | 239888         | 6640764        | 009.C             | 5521                 | 188   | 20       | 0.1752     | 2.8             | 1568000         |
| AKEIST01  | Steinstjernet               | 250463         | 6652767        | 008.A12           | 5320                 | 201   | 11       | 0.0186     | 0.425           | 255000          |
| AKEITU01  | Tussevann                   | 265758         | 6632397        | 005.4C            | 5611                 | 91    | 17       | 0.0961     | 19              | 8930000         |
| AKEIUL01  | Ulvenvannet                 | 240239         | 6639339        | 009.C             | 2478                 | 181   | 22       | 0.9596     | 22              | 12100000        |
| HORIAP01  | Apeltunvann                 | -33003         | 6723684        | 56.32             | 26851                | 32    | 20       | 0.1065     | 6.55            | 14279000        |
| HORIBA01  | Banktjern                   | -27520         | 6711761        | 055.7A            | 26960                | 21    | 11       | 0.1193     | 4.3             | 8084000         |
| HORIRG01  | Griggastemma                | -31237         | 6740976        | 56.6              | 26605                | 61    | 7.5      | 0.3668     | 1.05            | 2257500         |
| HORIIA01  | Haukelandsvatnet            | -24643         | 6729993        | 061.2C            | 2075                 | 73    | 35       | 0.8125     | 11              | 27500000        |
| HORIKV01  | Kvernvatnet                 | -44815         | 6732014        | 57.1              | 66178                | 5.5   | 3.5      | 0.0057     | 0.125           | 237500          |
| HORIL01   | Liavatnet                   | -36117         | 6732417        | 56.5              | 26706                | 89    | 40       | 0.1748     | 3.3             | 6930000         |
| HORIRA01  | Råtjern                     | -33526         | 6723420        | 56.32             | 144423               | 32    | 6.9      | 0.0031     | 0.725           | 1450000         |
| HORISK01  | Skeivvatnet                 | -34662         | 6722836        | 56.32             | 26868                | 22    | 9.5      | 0.0773     | 1.6             | 3040000         |
| HORIST01  | Stovevatnet                 | -43305         | 6732591        | 57.1              | 26726                | 24.5  | 13       | 0.0325     | 0.425           | 828750          |
| HORITV01  | Tveitvatnet                 | -30965         | 6729858        | 56.4              | 26747                | 50    | 21       | 0.1453     | 2.3             | 4830000         |
| NTRINE01  | Nesvatnet                   | 306190         | 7063869        | 125.4B            | 37138                | 67    | 12       | 0.6957     | 11.075          | 6091250         |
| NTRIRU01  | Rungstadvatnet              | 328997         | 7108135        | 128.4Z            | 41745                | 89    | 10       | 0.1874     | 5               | 4000000         |
| OPPIHA01  | Harestuvatnet               | 262578         | 6679639        | 002.CFO           | 116                  | 234   | 15       | 1.9765     | 93.9            | 84510000        |
| OPPIIS01  | Lille Skillingen            | 261589         | 6679832        | 002.CFO           | 4995                 | 235   | 7.5      | 0.1153     | 3.05            | 2287500         |
| OSLIGJ01  | Gjerdsludtjern              | 267069         | 6640139        | 006.1A            | 5478                 |       | 3        | 0.0251     | 9.875           | 4937500         |
| OSLIST01  | Steinsrudtjern              | 268596         | 6638750        | 006.1A            | 5505                 | 135   | 8        | 0.0788     | 1.35            | 648000          |
| ROGIBO01  | Bongsatjønn                 | -41382         | 6625954        | 039.3B            | 22704                | 25    | 7.7      | 0.0493     | 0.375           | 487500          |
| ROGIED01  | Edlandsvatnet               | -26983         | 6549547        | 028.C1            | 1546                 | 104   | 38       | 2.1103     | 145.5           | 232800000       |
| ROGIFUG1  | Fuglavatnet                 | -39177         | 6626411        | 039.3A            | 22698                | 24    | 7.5      | 0.2983     | 16.125          | 24187500        |
| ROGIKY01  | Ytre Kydlandsvatn           | -21689         | 6538260        | 027.BZ            | 20435                | 230   | 25       | 0.4615     | 8.125           | 16250000        |
| ROGILU01  | Likningstjønnna             | -2057          | 6513059        | 026.4E            | 21279                | 172   | 11       | 0.0453     | 2.65            | 4770000         |
| ROGILU01  | Lutsvatn                    | -27115         | 6561387        | 029.2B            | 65803                | 27    | 30       | 2.825      | 60              | 60000000        |
| ROGIMOE1  | Monatjønn                   | -776           | 6513330        | 026.BB            | 21266                | 182   | 6        | 0.0291     | 1.25            | 2250000         |
| ROGINO01  | Nibbatjønn                  | -20151         | 6553482        | 028.CB            | 19886                | 131   | 15       | 0.0838     | 0.55            | 715000          |
| ROGIST01  | Stokkalandsvatn             | -34295         | 6557119        | 029.1Z            | 19777                | 22    | 14       | 0.4198     | 18              | 19800000        |
| ROGITO01  | Toskatjønn                  | -46623         | 6625619        | 39.7Z             | 22711                | 63    | 15.5     | 0.0577     | 1.575           | 2283750         |
| SOFIHU01  | Husevatnet                  | -13558         | 6793035        | 069.3Z            | 25908                | 232   | 18       | 0.0858     | 5.43            | 23077500        |
| SOFILA01  | Langelandsvatnet            | 10720          | 6843452        | 083.AZ            | 28422                | 333   | 24       | 0.9504     | 6.05            | 14822500        |
| SOFISK01  | Skilbreivatnet              | 9623           | 6839580        | 083.AZ            | 28486                | 253   | 26.5     | 0.9555     | 17              | 39440000        |
| STRIKIN1  | Kinnsettjern                | 603981         | 1532           | 123.41            | 37326                | 164   | 13.5     | 0.0386     | 0.3             | 147000          |
| TELIBA01  | Bakkevatt øst               | 180044         | 6548431        | 017.2Z            | 7904                 | 26    | 11       | 0.57       | 28.3            | 16980000        |
| TELIEL01  | Elgsjøen                    | 181838         | 6619013        | 016.E1AZ          | 6264                 | 264   | 38       | 0.6        | 37.25           | 11175000        |
| TELISON1  | Søndbøvatn                  | 166125         | 6541100        | 017.AZ            | 8425                 | 108   | 14       | 0.04       | 7.825           | 5477500         |
| VAGIBA01  | Barselvatn N                | 98991          | 6469184        | 020.42Z           | 132123               | 62    | 15       | 0.0261     | 0.9             | 765000          |
| VAGIEI01  | Nedre Tjødna                | 11415          | 6499111        | 025.52A           | 21637                | 161   | 8        | 0.0297     | 0.25            | 387500          |
| VAGIFOG1  | Lille Fossvatn              | 33184          | 6487472        | 024.AFO           | 157522               | 295   | 12       | 0.0356     | 2.55            | 3825000         |
| VAGIHA01  | Hanevatn                    | 65839          | 6462775        | 022.3D            | 158598               | 58    | 14       | 0.0237     | 2.95            | 2360000         |
| VAGIRA01  | Råmarkvatn                  | 11267          | 6502539        | 026.B1            | 21544                | 143   | 25       | 0.07       | 0.5             | 800000          |
| VAGIUD01  | Udlandsvatn                 | 41871          | 6467171        | 24.13             | 11617                | 148   | 17       | 0.0674     | 0.875           | 1137500         |
| VAGIVOC01 | Vollevatn                   | 90499          | 6468629        | 021.124Z          | 11492                | 28    | 29       | 0.1516     | 1.1             | 880000          |
| VESFA01   | Farriskilen                 | 213873         | 6559819        | 015.4B1           | 429                  | 22    | 7        | 21.1       | 484             | 169400000       |
| VESHA01   | Vassbotnfjorden/Hallevatnet | 208752         | 6558375        | 015.5B            | 433                  | 48.6  | 33       | 3.66       | 10.4            | 5720000         |
| VESIPAN1  | Paulertjern nord            | 210408         | 6558291        | 015.5B            | 129397               | 60    | 7        | 0.022      | 1.775           | 923000          |
| VESIPAS1  | Paulertjern sør             | 210001         | 6558121        | 015.5B            | 129403               | 59    | 6        | 0.0153     | 2.25            | 1237500         |
| ØSTIPA01  | Patterødtjernet             | 256350         | 6597858        | 003.A4            | 5821                 | 27    | 6        | 0.0395     | 1.25            | 587500          |
| AAGILON1  | Longumvatnet SØ             | 136066         | 6499599        | 019.12Z           | 10538                | 36    | 17       | 1          | 2.2             | 1430000         |
| AAGINYB1  | Nybotjern N                 | 158004         | 6535082        | 018.3C            | 128403               | 90    | 5.5      | 0.006      | 2.025           | 1275750         |

Appendiks: Omkringingenskaper. Skjønnsmessig anslag på egenskaper i nærområdet for innsjøene angitt i klasser fra 1 til 5, der 1 er ingen og 5 er mye.

| Dato       | ST_KODE  | NAVN                        | bebyggelse | landbruk | industri | regulering | annet | Kommentar  |
|------------|----------|-----------------------------|------------|----------|----------|------------|-------|--|
| 23.11.2005 | AKEIBL01 | Bleikslitjernet             | 1          | 1        | 1        | 3          |       | 4 drikkevann/regulering  |
| 20.10.2005 | AKEIBO01 | Bondivannet                 | 3          | 1        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse   |
| 23.11.2005 | AKEIEN01 | Engsdammen                  | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 23.11.2005 | AKEIGA01 | Gaupmyrdammen               | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 18.10.2005 | AKEIGJ01 | Gjersjøen                   | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 noe bebyggelse   |
| 22.11.2005 | AKEIGS01 | Gjetsjøvannet               | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 22.11.2005 | AKEIHO01 | Holstadvannet               | 2          | 5        | 1        | 1          |       | 1 mye landbruk   |
| 18.10.2005 | AKEIKO01 | Kolbotnvatnet               | 5          | 1        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse/kloakk  |
| 19.10.2005 | AKEINO01 | Nordbytjernet               | 3          | 2        | 1        | 1          |       | 1 jordbruk bebyggelse  |
| 20.10.2005 | AKEIST01 | Steinstjernet               | 2          | 1        | 3        | 1          |       | 1 industri?  |
| 18.10.2005 | AKEITU01 | Tussevann                   | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 noe bebyggelse   |
| 23.11.2005 | AKEIUL01 | Ulvenvannet                 | 3          | 2        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse, avrenning fra E18 via Padderudvannet                               |
| 10.11.2005 | HORIPA01 | Apeltunvann                 | 3          | 1        | 3        | 1          |       | 2 bebyggelse, parkeringsplass for kjøpesenter, noe gml verksted/ind., bilhuggeri |
| 10.11.2005 | HORIBA01 | Banktjern                   | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 07.11.2005 | HORIGR01 | Griggastemma                | 3          | 1        | 1        | 1          |       | 1 noe bebyggelse   |
| 08.11.2005 | HORHA01  | Haukelandsvatnet            | 3          | 2        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse og noe landbruk   |
| 09.11.2005 | HORIKV01 | Kvernvatnet                 | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 09.11.2005 | HORILI01 | Liavatnet                   | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 10.11.2005 | HORIRA01 | Råtjern                     | 3          | 1        | 2        | 1          |       | 2 bebyggelse, gml. industri, jordbruk  |
| 10.11.2005 | HORISK01 | Skeievatnet                 | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 4 litt bebyggelse, golfbane, tidligere jordbruk                                  |
| 09.11.2005 | HORIST01 | Stovevatnet                 | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 noe bebyggelse   |
| 09.11.2005 | HORITV01 | Tveitvatnet                 | 4          | 1        | 4        | 1          |       | 2 bebyggelse, kloakk, bensinstasjon, gml deponi, sporveisverksted                |
| 28.11.2005 | NTRINE01 | Nesvatnet                   | 2          | 4        | 1        | 1          |       | 2 jembane mellom vann og E6  |
| 28.11.2005 | NTRIRU01 | Rungstadvatnet              | 2          | 3        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse og landbruk  |
| 20.10.2005 | OPPIHA01 | Harestuvvatnet              | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse   |
| 20.10.2005 | OPPIK01  | Lille Skillingen            | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 18.10.2005 | OSLIGJ01 | Gjersrudtjern               | 4          | 1        | 2        | 1          |       | 1 bebyggelse   |
| 22.11.2005 | OSLIST01 | Steinsrudtjernet            | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse   |
| 11.11.2005 | ROGIBO01 | Bongsatjønn                 | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 2 noe bebyggelse, graving  |
| 15.11.2005 | ROGIED01 | Edlandsvatnet               | 3          | 2        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse, Ålgård, litt landbruk, Figgjoelva gjennom                          |
| 11.11.2005 | ROGIFUG1 | Fuglavatnet                 | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 3 litt bebyggelse, Fulgavatn hoveddel  |
| 15.11.2005 | ROGIKY01 | Ytre Kydlandsvatn           | 2          | 3        | 1        | 1          |       | 1 noe landbruk   |
| 15.11.2005 | ROGILI01 | Likningstjønnen             | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 jembane langs vannet   |
| 11.11.2005 | ROGILU01 | Lutsivatn                   | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 1 noe bebyggelse, litt landbruk  |
| 15.11.2005 | ROGIMOE1 | Monatjønn                   | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 jembane langs vannet   |
| 15.11.2005 | ROGINI01 | Nibbatjønn                  | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 1 litt landbruk, bebyggelse  |
| 11.11.2005 | ROGIST01 | Stokkalsandsvatn            | 3          | 3        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse og landbruk   |
| 11.11.2005 | ROGITO01 | Toskatjønn                  | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 08.11.2005 | SOFIHU01 | Husevatnet                  | 2          | 3        | 1        | 1          |       | 1 noe jordbruk   |
| 08.11.2005 | SOFILA01 | Langelandsvatnet            | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 08.11.2005 | SOFISK01 | Skilbreivatnet              | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 1 noe jordbruk   |
| 28.11.2005 | STRIKIN1 | Kinnsettjern                | 3          | 2        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse, gårdsbruk  |
| 18.11.2005 | TELIBA01 | Bakkevatt øst               | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 18.11.2005 | TELIEL01 | Elgsjøen                    | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 18.11.2005 | TELISON1 | Søndbovatn                  | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 17.11.2005 | VAGIBA01 | Barselvann N                | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 4 kjøpesenter, dyreparken  |
| 16.11.2005 | VAGIEI01 | Nedre Tjødna                | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 1 bebyggelse og landbruk   |
| 16.11.2005 | VAGIFO01 | Lille Fossvatn              | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen, en hytte  |
| 16.11.2005 | VAGIHA01 | Hanevatn                    | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse  |
| 16.11.2005 | VAGIRA01 | Råmarkvatn                  | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 16.11.2005 | VAGIUD01 | Udlandsvatn                 | 2          | 2        | 1        | 1          |       | 1 litt bebyggelse og landbruk  |
| 17.11.2005 | VAGIVO01 | Vollevatn                   | 3          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 21.10.2005 | VESFAK1  | Farrisjøen                  | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 3 småbåthavn, Farrisvatnet hoved   |
| 21.10.2005 | VESIH01  | Vassbotn/Jorden/Hallevatnet | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 1 ingen  |
| 21.10.2005 | VESIPAN1 | Paulertjern nord            | 1          | 2        | 1        | 1          |       | 1 ett småbuk   |
| 21.10.2005 | VESIPAS1 | Paulertjern sør             | 1          | 1        | 4        | 1          |       | 1 steinbrudd   |
| 22.11.2005 | ØSTIPA01 | Patteradtjernet             | 2          | 1        | 1        | 1          |       | 3 kjøpesenter P-plass  |
| 17.11.2005 | AAGILON1 | Longumvatnet SØ             | 2          | 1        | 2        | 1          |       | 2 bebyggelse, listefabrikk, Longumvatnet hoved                                   |
| 17.11.2005 | AAGINYB1 | Nybotjern N                 | 1          | 1        | 1        | 1          |       | 2 Litt parkering v kafe  |

## Appendiks: Prøvepunkter

| Dato       | ST_KODE  | NAVN                        | N grader | N minutter | N decimalgrader | E grader | E minutter | E decimalgrader |
|------------|----------|-----------------------------|----------|------------|-----------------|----------|------------|-----------------|
| 23.11.2005 | AKEIBL01 | Bleikslitjernet             | 59       | 48.609     | 59.81015        | 10       | 37.986     | 10.6331         |
| 20.10.2005 | AKEIBO01 | Bondivannet                 | 59       | 49.088     | 59.81813333     | 10       | 26.122     | 10.43536667     |
| 23.11.2005 | AKEIEN01 | Engsdammen                  | 59       | 46.324     | 59.77206667     | 10       | 35.575     | 10.59291667     |
| 23.11.2005 | AKEIGA01 | Gaupmyrdammen               | 59       | 44.839     | 59.74731667     | 10       | 35.282     | 10.58803333     |
| 18.10.2005 | AKEIGJ01 | Gjersjøen                   | 59       | 47.165     | 59.78608333     | 10       | 46.737     | 10.77895        |
| 22.11.2005 | AKEIGS01 | Gjetsjøvannet               | 59       | 44.31      | 59.7385         | 10       | 57.898     | 10.96496667     |
| 22.11.2005 | AKEIHO01 | Holstadvannet               | 59       | 41.287     | 59.68811667     | 10       | 49.77      | 10.8295         |
| 18.10.2005 | AKEIKO01 | Kolbotnvatnet               | 59       | 48.202     | 59.80336667     | 10       | 47.9       | 10.79833333     |
| 19.10.2005 | AKEINO01 | Nordbyjern                  | 60       | 9.386      | 60.15643333     | 11       | 9.821      | 11.16368333     |
| 28.08.2002 | AKEIPA01 | Padderudvannet              | 59       | 49.3531    | 59.8225517      | 10       | 21.536     | 10.3589349      |
| 20.10.2005 | AKEIST01 | Steinstjernet               | 59       | 56.184     | 59.9364         | 10       | 31.943     | 10.53238333     |
| 18.10.2005 | AKEITU01 | Tussevann                   | 59       | 45.837     | 59.76395        | 10       | 49.69      | 10.82816667     |
| 23.11.2005 | AKEIUL01 | Ulvenvannet                 | 59       | 48.84      | 59.814          | 10       | 21.25      | 10.35416667     |
| 10.11.2005 | HORIAP01 | Apeltunvann                 | 60       | 17.791     | 60.29651667     | 5        | 19.994     | 5.333233333     |
| 10.11.2005 | HORIBA01 | Banktjern                   | 60       | 11.932     | 60.19886667     | 5        | 27.701     | 5.461683333     |
| 07.11.2005 | HORIGR01 | Griggastemma                | 60       | 27.136     | 60.45226667     | 5        | 19.241     | 5.320683333     |
| 08.11.2005 | HORIHA01 | Haukelandsvatnet            | 60       | 21.82      | 60.36366667     | 5        | 27.663     | 5.46105         |
| 09.11.2005 | HORIKV01 | Kvernavatnet                | 60       | 21.298     | 60.35496667     | 5        | 6.071      | 5.101183333     |
| 09.11.2005 | HORILIO1 | Liavatnet                   | 60       | 22.271     | 60.37118333     | 5        | 15.329     | 5.255483333     |
| 10.11.2005 | HORIRA01 | Råtjern                     | 60       | 17.643     | 60.29405        | 5        | 19.532     | 5.325533333     |
| 10.11.2005 | HORISK01 | Skeivatnet                  | 60       | 17.25      | 60.2875         | 5        | 18.464     | 5.307733333     |
| 09.11.2005 | HORIST01 | Stovevatnet                 | 60       | 21.708     | 60.3618         | 5        | 7.51       | 5.125166667     |
| 09.11.2005 | HORITV01 | Tveitvatnet                 | 60       | 21.303     | 60.35505        | 5        | 21.248     | 5.354133333     |
| 28.11.2005 | NTRINE01 | Nesvatnet                   | 63       | 38.977     | 63.64961667     | 11       | 5.123      | 11.08538333     |
| 28.11.2005 | NTRIRU01 | Rungstadvatnet              | 64       | 3.454      | 64.05756667     | 11       | 29.722     | 11.49536667     |
| 20.10.2005 | OPPIHA01 | Harestuvatnet               | 60       | 11.195     | 60.18658333     | 10       | 42.896     | 10.71493333     |
| 20.10.2005 | OPPISK01 | Lille Skillingen            | 60       | 11.192     | 60.18653333     | 10       | 42.023     | 10.70038333     |
| 18.10.2005 | OSLIGJ01 | Gjersrudtjern               | 59       | 49.984     | 59.83306667     | 10       | 50.595     | 10.84325        |
| 22.11.2005 | OSLIST01 | Steinsrudtjernet            | 59       | 49.3       | 59.82166667     | 10       | 52.306     | 10.87176667     |
| 11.11.2005 | ROGIBO01 | Bongsatjønn                 | 59       | 25.335     | 59.42225        | 5        | 26.329     | 5.438816667     |
| 15.11.2005 | ROGIED01 | Edlandsvatnet               | 58       | 45.725     | 58.76208333     | 5        | 51.73      | 5.862166667     |
| 11.11.2005 | ROGIFUG1 | Fuglavatnet                 | 59       | 24.881     | 59.41468333     | 5        | 27.3       | 5.455           |
| 15.11.2005 | ROGIKY01 | Ytre Kydlandsvatn           | 58       | 40.461     | 58.67435        | 5        | 59.196     | 5.9866          |
| 15.11.2005 | ROGILI01 | Likningstjønn               | 58       | 28.064     | 58.46773333     | 6        | 22.682     | 6.378033333     |
| 11.11.2005 | ROGILU01 | Lutsivatn                   | 58       | 52.269     | 58.87115        | 5        | 49.182     | 5.8197          |
| 15.11.2005 | ROGIMO01 | Monatjønn                   | 58       | 28.326     | 58.4721         | 6        | 24.05      | 6.400833333     |
| 15.11.2005 | ROGINO1  | Nibbatjønn                  | 59       | 48.247     | 59.80411667     | 5        | 58.719     | 5.97865         |
| 11.11.2005 | ROGIST01 | Stokkalandsvatn             | 58       | 49.223     | 58.82038333     | 5        | 43.614     | 5.7269          |
| 11.11.2005 | ROGITO01 | Toskatjønn                  | 59       | 24.657     | 59.41095        | 5        | 20.923     | 5.348716667     |
| 08.11.2005 | SOFIHU01 | Husevatnet                  | 60       | 56.148     | 60.9358         | 5        | 30.01      | 5.500166667     |
| 08.11.2005 | SOFILA01 | Langelandsvatnet            | 61       | 25.135     | 61.41891667     | 5        | 48.811     | 5.813516667     |
| 08.11.2005 | SOFISK01 | Skilbreivatnet              | 61       | 22.702     | 61.37836667     | 5        | 48.146     | 5.802433333     |
| 28.11.2005 | STRIKIN1 | Kinnsettjern                | 63       | 25.291     | 63.42151667     | 10       | 44.847     | 10.74745        |
| 18.11.2005 | TELIBA01 | Bakkevåtøst                 | 58       | 57.509     | 58.95848333     | 9        | 26.442     | 9.4407          |
| 18.11.2005 | TELIEL01 | Elgsjøen                    | 59       | 35.197     | 59.58661667     | 9        | 21.718     | 9.361966667     |
| 18.11.2005 | TELISON1 | Søndbøvatn                  | 58       | 52.802     | 58.88003333     | 9        | 12.175     | 9.202916667     |
| 17.11.2005 | VAGIBA01 | Barselvann N                | 58       | 10.747     | 58.17911667     | 8        | 8.442      | 8.1407          |
| 16.11.2005 | VAGIEI01 | Nedre Tjødna                | 58       | 21.495     | 58.35825        | 6        | 38.369     | 6.639483333     |
| 16.11.2005 | VAGIFO01 | Lille Fossvatn              | 58       | 16.745     | 58.27908333     | 7        | 1.704      | 7.0284          |
| 16.11.2005 | VAGIHA01 | Hanevatn                    | 58       | 6.543      | 58.10905        | 7        | 37.634     | 7.627233333     |
| 16.11.2005 | VAGIRA01 | Råmarkvatn                  | 58       | 23.385     | 58.38975        | 6        | 37.627     | 6.627116667     |
| 16.11.2005 | VAGIUD01 | Udlandsvatn                 | 58       | 6.452      | 58.10753333     | 7        | 12.903     | 7.21505         |
| 17.11.2005 | VAGIVO01 | Vollevatn                   | 58       | 10.083     | 58.16805        | 8        | 1.864      | 8.031066667     |
| 21.10.2005 | VESFAK1  | Farriskilen                 | 59       | 3.965      | 59.06608333     | 10       | 1.05       | 10.0175         |
| 21.10.2005 | VESIHA01 | Vassbotnfjorden/Hallevatnet | 59       | 3.917      | 59.06528333     | 9        | 15.192     | 9.2532          |
| 21.10.2005 | VESIPAN1 | Paulertjern nord            | 59       | 3.891      | 59.06485        | 9        | 56.733     | 9.94555         |
| 21.10.2005 | VESIPAS1 | Paulertjern sør             | 59       | 3.815      | 59.06358333     | 9        | 56.342     | 9.939033333     |
| 22.11.2005 | ØSTIPA01 | Patterødtjernet             | 59       | 26.822     | 59.44703333     | 10       | 42.066     | 10.7011         |
| 17.11.2005 | AAGILON1 | Longumvatnet SØ             | 58       | 29.664     | 58.4944         | 8        | 45.897     | 8.76495         |
| 17.11.2005 | AAGINYB1 | Nybøtjern N                 | 58       | 49.143     | 58.81905        | 9        | 4.49       | 9.074833333     |

Appendiks: Vannkjemi overflate, Cl, Na og Ca er angitt som mg/l, alle andre µg/l.

|           | dyp        | Cl                    | Ca | Cd   | Cr    | Cu    | Fe   | Mn    | Na   | Ni   | Pb   | Zn   |       |      |
|-----------|------------|-----------------------|----|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| HORIAP01  | 10.11.2005 | Apeltunvatnet         | 1  | 11   | 6.2   | 0.034 | 1.5  | 3.62  | 290  | 14.3 | 9.58 | 0.61 | 0.672 | 9.93 |
| HORIAP01  | 18.11.2005 | Bakkevatt øst         | 1  | 5.2  | 1.92  | 0.053 | 0.1  | 0.731 | 280  | 23.7 | 2.78 | 0.61 | 0.383 | 8.55 |
| TELIBA01  | 10.11.2005 | Bankvatnet            | 1  | 10.3 | 10.9  | 0.029 | 0.68 | 5.06  | 329  | 44.3 | 7.25 | 2.34 | 0.347 | 8.3  |
| TELIBA01  | 17.11.2005 | Barselvann N          | 1  | 37.4 | 6.3   | 0.041 | 0.2  | 2.98  | 420  | 80.5 | 20.3 | 3.2  | 0.319 | 15.7 |
| TELIBA01  | 23.11.2005 | Bleikslitjernet       | 1  | 8.92 | 4.32  | 0.022 | 0.2  | 0.566 | 132  | 110  | 6.74 | 0.71 | 0.12  | 3.72 |
| HORIBA01  | 20.10.2005 | Bondivannet           | 1  | 16.1 | 38.9  | 0.007 | 0.1  | 0.709 | 250  | 87.5 | 10.6 | 0.1  | 0.035 | 1.4  |
| HORIBA01  | 11.11.2005 | Bongsatjønn           | 1  | 13.4 | 4.24  | 0.043 | 0.77 | 3.43  | 338  | 14.7 | 9.5  | 6.54 | 0.617 | 16   |
| HORIBA01  | 15.11.2005 | Ellandsvatn           | 1  | 8.6  | 2.01  | 0.022 | 0.2  | 0.391 | 120  | 25.6 | 5    | 0.09 | 0.268 | 3.87 |
| VAGIBA01  | 18.11.2005 | Elgsjøen              | 1  | 5.85 | 1.99  | 0.022 | 0.2  | 0.74  | 446  | 44.2 | 3.57 | 0.27 | 0.527 | 8.01 |
| VAGIBA01  | 23.11.2005 | Engsdammen            | 1  | 11.8 | 4.72  | 0.039 | 0.38 | 1.29  | 204  | 21.8 | 7.46 | 1.3  | 0.15  | 7.91 |
| VAGIBA01  | 21.10.2005 | Farrisken             | 1  | 4.86 | 2.2   | 0.029 | 0.1  | 0.893 | 68   | 4.19 | 3.09 | 0.09 | 0.12  | 7.25 |
| AKEIBL01  | 11.11.2005 | Fuglsvatn             | 1  | 10.1 | 1.79  | 0.027 | 0.68 | 0.688 | 56   | 3.54 | 6.29 | 0.33 | 0.31  | 5.84 |
| AKEIBL01  | 23.11.2005 | Gaupmyrdammen         | 1  | 30.2 | 7.17  | 0.01  | 0.1  | 0.685 | 211  | 99.3 | 18.8 | 0.48 | 0.234 | 5.59 |
| AKEIBO01  | 18.10.2005 | Gjerdsrudtjern        | 1  | 38.1 | 31    | 0.038 | 0.47 | 2.11  | 341  | 111  | 21.8 | 3.31 | 0.13  | 3.18 |
| AKEIBO01  | 18.10.2005 | Gjersjøen             | 1  | 26.8 | 19.1  | 0.009 | 0.1  | 2.15  | 30   | 8.17 | 15   | 1    | 0.036 | 1.1  |
| ROGIBO01  | 22.11.2005 | Gjetsjøvannet         | 1  | 8.08 | 3.24  | 0.054 | 0.4  | 0.855 | 975  | 81.1 | 5.07 | 1.2  | 0.444 | 6.53 |
| ROGIBO01  | 07.11.2005 | Griggastemma          | 1  | 9.25 | 3.59  | 0.028 | 0.54 | 4.17  | 247  | 10.1 | 8.2  | 1.2  | 0.479 | 7.26 |
| ROGIED01  | 16.11.2005 | Hanevatn              | 1  | 12.5 | 2.45  | 0.092 | 0.36 | 0.674 | 150  | 25.1 | 6.38 | 0.73 | 0.416 | 9.77 |
| ROGIED01  | 20.10.2005 | Hærestuvannet         | 1  | 3.81 | 8.94  | 0.024 | 0.1  | 0.405 | 52   | 29.1 | 3.08 | 0.21 | 0.068 | 8.74 |
| TELIEL01  | 08.11.2005 | Haukelandsvatn        | 1  | 4.97 | 1.7   | 0.11  | 0.63 | 1.32  | 218  | 16.1 | 3.37 | 0.49 | 0.294 | 6.36 |
| TELIEL01  | 22.11.2005 | Holstanvannet         | 1  | 23.7 | 23.3  | 0.034 | 1.2  | 3.09  | 800  | 37.5 | 12.5 | 2.61 | 0.704 | 7.2  |
| TELIEL01  | 08.11.2005 | Husavatn              | 1  | 1.99 | 0.253 | 0.049 | 0.2  | 0.333 | 62.1 | 1.9  | 1.3  | 0.05 | 0.306 | 1.5  |
| AKEIEN01  | 28.11.2005 | Kinnsetjern           | 1  | 21   | 81.1  | 0.02  | 0.1  | 0.71  | 26   | 30.1 | 14.7 | 10.7 | 0.035 | 6.53 |
| AKEIEN01  | 18.10.2005 | Kolbotnvann           | 1  | 37.2 | 24.3  | 0.005 | 0.1  | 1.15  | 30   | 29.8 | 23.3 | 0.2  | 0.038 | 1.3  |
| VESIFA01  | 09.11.2005 | Kvernavatnet          | 1  | 7.84 | 14.8  | 0.051 | 0.43 | 1.59  | 598  | 51.1 | 6.6  | 0.53 | 0.336 | 25.6 |
| VESIFA01  | 08.11.2005 | Langelandsvatn        | 1  | 3.84 | 0.704 | 0.01  | 0.31 | 0.443 | 45.9 | 2.6  | 2.48 | 0.27 | 0.087 | 1.2  |
| ROGIFU01  | 09.11.2005 | Liavatnet             | 1  | 15.1 | 5.31  | 0.029 | 0.3  | 1.93  | 83.5 | 4.1  | 10.1 | 0.91 | 0.367 | 14.2 |
| ROGIFU01  | 15.11.2005 | Likningstjønn         | 1  | 6.27 | 0.472 | 0.043 | 0.1  | 0.417 | 43   | 2.65 | 3.58 | 0.36 | 0.561 | 4    |
| AKEIGA01  | 16.11.2005 | Lille Fossvatn        | 1  | 6.7  | 0.387 | 0.042 | 0.1  | 0.34  | 98   | 8.3  | 3.69 | 0.2  | 0.966 | 6.69 |
| AKEIGA01  | 20.10.2005 | Lille Skillingen      | 1  | 2.59 | 3.04  | 0.006 | 0.1  | 0.16  | 58   | 20.2 | 2.42 | 0.2  | 0.065 | 6.08 |
| OSLIGJ01  | 17.11.2005 | Longumvatn            | 1  | 19.4 | 6.8   | 0.023 | 0.3  | 1.44  | 280  | 110  | 11.1 | 1    | 0.208 | 6.83 |
| OSLIGJ01  | 11.11.2005 | Lutsivatn             | 1  | 12.5 | 4.2   | 0.02  | 0.2  | 0.644 | 46   | 17.5 | 7.21 | 0.06 | 0.117 | 2.7  |
| AKEIGJ01  | 15.11.2005 | Moentjern             | 1  | 8.29 | 0.684 | 0.037 | 0.2  | 0.483 | 65   | 3.22 | 4.88 | 0.65 | 0.407 | 4.42 |
| AKEIGJ01  | 16.11.2005 | Nedre Tjødna          | 1  | 16.3 | 2.44  | 0.01  | 0.1  | 0.839 | 76   | 3.21 | 9.41 | 0.25 | 0.17  | 7.08 |
| AKEIGJJ01 | 28.11.2005 | Nesvatnet             | 1  | 13.7 | 12    | 0.009 | 0.52 | 1.33  | 262  | 24.3 | 8.38 | 0.73 | 0.084 | 0.6  |
| AKEIGJJ01 | 15.11.2005 | Nibbatjønn            | 1  | 13.6 | 1.64  | 0.02  | 0.1  | 0.314 | 10   | 2.88 | 8.25 | 0.05 | 0.173 | 3.44 |
| HORIGR01  | 19.10.2005 | Nordbytjern           | 1  | 15   | 30.3  | 0.01  | 0.3  | 0.582 | 53   | 35.1 | 6.33 | 1.3  | 0.008 | 0.66 |
| HORIGR01  | 17.11.2005 | Nybotjern N           | 1  | 10.4 | 7.73  | 0.074 | 0.2  | 2.11  | 395  | 17.3 | 7.21 | 2.69 | 0.969 | 12.1 |
| VAGIHA01  | 22.11.2005 | Patterødtjernet       | 1  | 72.7 | 33.6  | 0.02  | 0.58 | 2.21  | 269  | 55.7 | 50.2 | 1    | 0.373 | 3.92 |
| VAGIHA01  | 21.10.2005 | Pauler tjern N        | 1  | 41.7 | 5.24  | 0.054 | 0.1  | 0.677 | 730  | 121  | 22.4 | 0.3  | 0.207 | 9.16 |
| VAGIHA01  | 21.10.2005 | Pauler tjern S        | 1  | 27.8 | 4.67  | 0.034 | 0.1  | 1.63  | 1800 | 161  | 16.6 | 0.36 | 0.443 | 6.85 |
| OPPIHA01  | 28.11.2005 | Rungstadvatnet        | 1  | 8.07 | 11.7  | 0.005 | 0.3  | 0.848 | 221  | 69.5 | 5.19 | 0.26 | 0.048 | 0.65 |
| OPPIHA01  | 16.11.2005 | Råmarkvatn            | 1  | 14.3 | 1.05  | 0.046 | 0.3  | 0.874 | 100  | 7.06 | 7.65 | 0.56 | 0.375 | 7.49 |
| HORIHA01  | 10.11.2005 | Råtjern               | 1  | 11.9 | 7.49  | 0.043 | 0.78 | 6.07  | 385  | 21   | 9.44 | 0.92 | 0.802 | 15.4 |
| HORIHA01  | 10.11.2005 | Skeisvatn             | 1  | 43.6 | 10.9  | 0.02  | 0.85 | 4.66  | 537  | 44.9 | 32.5 | 0.7  | 0.54  | 10.1 |
| AKEIHO01  | 08.11.2005 | Skilbreivatn          | 1  | 3.01 | 0.741 | 0.02  | 0.3  | 0.52  | 212  | 9.9  | 1.93 | 0.26 | 0.16  | 1.7  |
| AKEIHO01  | 22.11.2005 | Steinsrudtjernet      | 1  | 35.5 | 9.95  | 0.028 | 0.46 | 1.1   | 449  | 160  | 22.9 | 0.7  | 0.17  | 5.23 |
| SOFIHU01  | 20.10.2005 | Steinstjernet         | 1  | 54.5 | 30.9  | 0.01  | 0.43 | 0.846 | 66   | 106  | 25.4 | 0.05 | 0.091 | 0.75 |
| SOFIHU01  | 11.11.2005 | Stokkalandsvatn       | 1  | 15.1 | 7.4   | 0.226 | 0.32 | 1.44  | 374  | 59.2 | 9.59 | 1.4  | 0.526 | 5.61 |
| STRIKIN1  | 09.11.2005 | Stovevatn             | 1  | 33   | 10.3  | 0.02  | 0.41 | 3.17  | 426  | 55.3 | 13.3 | 0.73 | 0.413 | 12.7 |
| STRIKIN1  | 18.11.2005 | Søndbøvatn            | 1  | 9.86 | 2.2   | 0.056 | 0.3  | 1.48  | 352  | 17.1 | 6.06 | 1.9  | 0.448 | 9.02 |
| AKEIKO01  | 11.11.2005 | Toskatjønn            | 1  | 9.24 | 1.08  | 0.036 | 0.61 | 1.12  | 486  | 23.7 | 6.44 | 0.53 | 0.862 | 8.06 |
| AKEIKO01  | 18.10.2005 | Tussevatn             | 1  | 25.4 | 20.4  | 0.02  | 0.1  | 1.98  | 220  | 45.6 | 14   | 0.87 | 0.15  | 2.6  |
| HORITJB1  | 09.11.2005 | Tveitvatnet           | 1  | 19.4 | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    |
| HORITJB1  | 16.11.2005 | Udlandsvatn           | 1  | 17.9 | 1.5   | 0.079 | 0.1  | 0.439 | 381  | 20.7 | 9.99 | 0.25 | 0.502 | 11.2 |
| SOFILA01  | 23.11.2005 | Ulvenvannet           | 1  | 18.6 | 37.3  | 0.02  | 0.54 | 1.51  | 62.6 | 57.3 | 10.9 | 0.92 | 0.09  | 2.89 |
| SOFILA01  | 21.10.2005 | Vassbotnfjorden/Halle | 1  | 14.4 | 2.6   | 0.031 | 0.1  | 0.471 | 130  | 16.8 | 8.08 | 0.2  | 0.097 | 5.71 |
| HORILI01  | 17.11.2005 | Vollvatn              | 1  | 21.3 | 7.15  | 0.02  | 0.3  | 2.61  | 160  | 15.2 | 12   | 1.9  | 0.18  | 4.38 |
| HORILI01  | 15.11.2005 | Ytre Kydlandsvatn     | 1  | 8.31 | 1.2   | 0.03  | 0.2  | 0.353 | 53   | 5.19 | 4.47 | 0.08 | 0.25  | 5.47 |



Appendiks: Vannkjemi dyp, Cl, Na og Ca er angitt som mg/l, alle andre µg/l.

|          | dyp        | Cl                   | Ca   | Cd    | Cr    | Cu    | Fe   | Mn    | Na    | Ni    | Pb   | Zn   |       |      |
|----------|------------|----------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|
| TELISON1 | 10.11.2005 | Apeltunvatnet        | 20   | 137   | 13.6  | 0.028 | 0.1  | 1.77  | 27600 | 639   | 98.5 | 0.76 | 0.252 | 9.35 |
| AAGINYB1 | 18.11.2005 | Bakkevatn øst        | 10.5 | 43.6  | 10.1  | 0.042 | 0.1  | 1.04  | 18600 | 957   | 23.7 | 0.89 | 1.43  | 4.92 |
| VESIPAN1 | 18.11.2005 | Bakkevatn øst        | 11   | 37.4  | 8.44  | 0.18  | 0.1  | 1.06  | 15400 | 845   | 20.9 | 0.94 | 1.81  | 7.45 |
| ØSTIPA01 | 10.11.2005 | Bankvatnet           | 10.5 | 20.7  | 11.8  | 0.01  | 0.41 | 2.92  | 3780  | 400   | 12.8 | 2.21 | 0.126 | 6.37 |
| VESIPAN1 | 10.11.2005 | Bankvatnet           | 11   | 20    | 11.6  | 0.01  | 0.34 | 2.82  | 3520  | 394   | 13   | 2.14 | 0.121 | 6.03 |
| OSLIST01 | 17.11.2005 | Børselvann N         | 14.5 | 84.5  | 9.77  | 0.021 | 0.1  | 1.22  | 6230  | 283   | 46.4 | 2.64 | 0.264 | 6.64 |
| OSLIST01 | 17.11.2005 | Børselvann N         | 15   | 56.8  | 7.86  | 0.11  | 0.1  | 4.61  | 3200  | 173   | 31.2 | 4.28 | 1.42  | 25.1 |
| AKEINO01 | 23.11.2005 | Bleiksliljærnet      | 10   | 9.1   | 4.26  | 0.02  | 0.1  | 0.535 | 130   | 110   | 6.7  | 0.69 | 0.11  | 3.5  |
| VAGIFO01 | 20.10.2005 | Bondivannet          | 5    | 15.6  | 39.2  | 0.009 | 0.1  | 0.678 | 210   | 82.7  | 10.4 | 0.23 | 0.068 | 1    |
| ROGIMOE1 | 11.11.2005 | Bongsatjønn          | 7    | 13.4  | 4.24  | 0.032 | 0.76 | 3.34  | 325   | 14.2  | 9.25 | 6.43 | 0.608 | 16.2 |
| VAGIVO01 | 15.11.2005 | Edlandsvatn          | 37   | 8.62  | 1.95  | 0.025 | 0.1  | 0.444 | 130   | 28.7  | 4.69 | 0.1  | 0.381 | 4.33 |
| VAGIVO01 | 18.11.2005 | Elgsjøen             | 36   | 7.72  | 2.05  | 0.024 | 0.1  | 0.593 | 940   | 138   | 4.49 | 0.2  | 0.791 | 5.12 |
| VAGIVO01 | 18.11.2005 | Elgsjøen             | 38   | 6.05  | 1.9   | 0.036 | 1.1  | 0.988 | 1310  | 94.1  | 3.56 | 0.21 | 1.23  | 6.41 |
| VAGIFO01 | 23.11.2005 | Engsdammen           | 4.5  | 12.5  | 5.03  | 0.03  | 0.37 | 1.37  | 237   | 42.8  | 8.06 | 1.2  | 0.16  | 8.07 |
| ROGILU01 | 21.10.2005 | Farrisikilen         | 6.5  | 4.99  | 2.22  | 0.027 | 0.1  | 0.834 | 63    | 4.01  | 3.06 | 0.1  | 0.12  | 7.25 |
| VAGIEI01 | 11.11.2005 | Fuglavatn            | 7    | 10.1  | 1.79  | 0.024 | 0.54 | 0.631 | 56    | 3.67  | 6.16 | 0.3  | 0.284 | 5.3  |
| ROGILI01 | 23.11.2005 | Gaupmyrdammen        | 3.5  | 30.7  | 7.21  | 0.01  | 0.1  | 0.654 | 302   | 142   | 18.7 | 0.52 | 0.453 | 6.92 |
| ROGILI01 | 18.10.2005 | Gjerdsrudtjern       | 3    | 36.2  | 32.9  | 0.055 | 0.5  | 2.28  | 457   | 101   | 20.5 | 3.75 | 0.13  | 3.54 |
| ROGIKY01 | 18.10.2005 | Gjersjøen            | 52   | 25.4  | 17.7  | 0.007 | 0.3  | 1.76  | 44    | 12.2  | 12.8 | 1.2  | 0.03  | 1.1  |
| NTRIRU01 | 22.11.2005 | Gjetsjøvannet        | 12   | 8.12  | 3.27  | 0.048 | 0.43 | 0.854 | 993   | 82.3  | 5.02 | 1.2  | 0.452 | 6.3  |
| VAGIEI01 | 07.11.2005 | Griggastermma        | 7    | 282   | 22.1  | 0.02  | 5.18 | 3.15  | 20500 | 232   | 169  | 0.64 | 0.869 | 5.54 |
| VAGIRA01 | 16.11.2005 | Hanevatn             | 13.5 | 40.2  | 6.19  | 0.14  | 0.1  | 0.893 | 9940  | 527   | 19.8 | 0.88 | 1.22  | 8.23 |
| HORISK01 | 16.11.2005 | Hanevatn             | 14   | 38.5  | 6.05  | 0.221 | 0.1  | 0.853 | 8270  | 514   | 19.7 | 0.84 | 1.43  | 8.36 |
| HORISK01 | 20.10.2005 | Harestuvannet        | 14   | 3.8   | 8.44  | 0.022 | 0.1  | 0.369 | 46    | 25    | 2.8  | 0.1  | 0.065 | 8.23 |
| VESIIA01 | 08.11.2005 | Haukelandsvatn       | 35   | 8.63  | 1.83  | 0.061 | 0.44 | 0.823 | 279   | 98.5  | 4.58 | 0.53 | 0.13  | 6.99 |
| NTRINE01 | 22.11.2005 | Holstanvannet        | 7    | 23.9  | 23.3  | 0.036 | 1.7  | 3.15  | 855   | 37.8  | 12.5 | 2.82 | 0.776 | 7.91 |
| TELISON1 | 08.11.2005 | Husavatn             | 18   | 1.99  | 0.252 | 0.068 | 0.2  | 0.372 | 62.2  | 1.9   | 1.3  | 0.07 | 0.334 | 1.6  |
| HORIRA01 | 28.11.2005 | Kinnsetjern          | 13.5 | 20.3  | 83.2  | 0.024 | 0.2  | 0.774 | 17    | 40.2  | 14.5 | 12.1 | 0.02  | 8.04 |
| ROGIST01 | 18.10.2005 | Kolbotnvann          | 17   | 38.9  | 24.9  | 0.009 | 0.1  | 1.17  | 190   | 1070  | 24   | 0.57 | 0.086 | 2.77 |
| VAGIFO01 | 09.11.2005 | Kvernavatnet         | 3.5  | 48.7  | 39.4  | 0.02  | 1.4  | 0.535 | 51600 | 2430  | 55.4 | 0.69 | 0.075 | 2.75 |
| HORITV01 | 08.11.2005 | Langelandsvatn       | 24   | 4.51  | 0.771 | 0.031 | 0.2  | 0.413 | 39.5  | 2.6   | 2.69 | 0.27 | 0.072 | 1.4  |
| ROGIKY01 | 09.11.2005 | Liavatnet            | 40   | 31.8  | 7.7   | 0.038 | 0.3  | 2.08  | 33    | 7     | 16.5 | 1.2  | 0.19  | 27.7 |
| ØSTIPA01 | 15.11.2005 | Likningstjønn        | 10.5 | 6.42  | 0.486 | 0.037 | 0.1  | 0.369 | 42    | 2.5   | 3.56 | 0.42 | 0.533 | 3.93 |
| VESIPAS1 | 16.11.2005 | Lille Fossvatn       | 11.5 | 6.67  | 0.385 | 0.051 | 0.1  | 0.36  | 88    | 7.87  | 3.76 | 0.2  | 1.02  | 6.24 |
| NTRIRU01 | 16.11.2005 | Lille Fossvatn       | 12   | 6.81  | 0.441 | 0.15  | 0.48 | 0.595 | 550   | 9     | 4.3  | 0.23 | 1.8   | 7.74 |
| NTRINE01 | 20.10.2005 | Lille Skillingen     | 7.5  | 2.54  | 3.15  | 0.009 | 0.1  | 0.17  | 55    | 19.5  | 2.38 | 0.2  | 0.059 | 6.43 |
| AKEIST01 | 17.11.2005 | Longumvatn           | 16.5 | 51    | 11.1  | 0.02  | 0.1  | 0.544 | 6350  | 702   | 28.4 | 0.79 | 0.332 | 4.37 |
| HORIST01 | 17.11.2005 | Longumvatn           | 17   | 36.2  | 9.05  | 0.18  | 0.1  | 1.51  | 3210  | 419   | 20.2 | 1.1  | 0.677 | 11.7 |
| AKEIUL01 | 11.11.2005 | Lutsivatn            | 30   | 13.4  | 4.65  | 0.02  | 0.2  | 0.468 | 43    | 578   | 7.69 | 0.06 | 0.046 | 4.64 |
| AAGILON1 | 15.11.2005 | Moentjern            | 6    | 8.31  | 0.682 | 0.03  | 0.2  | 0.462 | 65    | 3.13  | 4.74 | 0.6  | 0.404 | 4.17 |
| ROGILU01 | 15.11.2005 | Moentjern            | 6.5  | 8.72  | 0.81  | 0.358 | 0.42 | 1.52  | 2570  | 4.8   | 5.05 | 0.95 | 3.49  | 8.68 |
| NTRINE01 | 16.11.2005 | Nedre Tjødna         | 7    | 16.3  | 2.46  | 0.008 | 0.2  | 0.941 | 79    | 3.2   | 9.08 | 0.22 | 0.196 | 7.01 |
| VESIPAS1 | 28.11.2005 | Nesvatnet            | 11.5 | 13.7  | 11.9  | 0.005 | 0.45 | 1.29  | 255   | 26.9  | 8.35 | 0.73 | 0.058 | 0.4  |
| VAGIRA01 | 28.11.2005 | Nesvatnet            | 12   | 9.62  | 22    | 0.18  | 0.42 | 2.58  | 3310  | 745   | 6.23 | 0.56 | 0.51  | 6.21 |
| OSLIST01 | 15.11.2005 | Nibbatjønn           | 15   | 13.5  | 1.64  | 0.01  | 0.1  | 0.323 | 10    | 2.93  | 8.09 | 0.06 | 0.183 | 3.62 |
| ROGIT001 | 19.10.2005 | Nordbytjern          | 20   | 16.8  | 34.5  | 0.022 | 0.3  | 0.15  | 12300 | 19900 | 9.07 | 0.92 | 0.009 | 2.06 |
| OPPISK01 | 17.11.2005 | Nybetjern N          | 5    | 10.5  | 7.79  | 0.057 | 0.2  | 1.94  | 389   | 17.2  | 6.75 | 2.72 | 0.99  | 11.8 |
| OPPISK01 | 22.11.2005 | Patterødtjernet      | 5.5  | 90.1  | 38    | 0.01  | 2.2  | 2.36  | 296   | 143   | 62.3 | 0.96 | 0.322 | 2.59 |
| AAGILON1 | 22.11.2005 | Patterødtjernet      | 6    | 88.7  | 37.7  | 0.11  | 1.9  | 3.76  | 1500  | 150   | 61.7 | 1    | 3.17  | 13.3 |
| ROGIMOE1 | 21.10.2005 | Pauler tjern N       | 6.5  | 54.5  | 8.56  | 0.068 | 0.1  | 0.733 | 8590  | 495   | 29.8 | 0.26 | 0.67  | 9.18 |
| AAGILON1 | 21.10.2005 | Pauler tjern S       | 5.5  | 29.1  | 5.93  | 0.054 | 0.35 | 3.34  | 7240  | 328   | 18   | 0.59 | 0.824 | 12.8 |
| AAGINYB1 | 28.11.2005 | Rungstadvatnet       | 10   | 8.55  | 14    | 0.005 | 0.3  | 0.924 | 264   | 99.3  | 5.51 | 0.25 | 0.068 | 0.77 |
| HORITV01 | 16.11.2005 | Råmarkvatn           | 24.5 | 18.2  | 1.32  | 0.08  | 0.34 | 1.01  | 514   | 22.8  | 9.17 | 0.78 | 0.537 | 8.64 |
| VAGIUD01 | 16.11.2005 | Råmarkvatn           | 25   | 16.1  | 1.19  | 0.203 | 0.31 | 1.24  | 323   | 12.8  | 8.46 | 0.65 | 0.496 | 10.4 |
| ROGIMOE1 | 10.11.2005 | Råtjern              | 6.5  | 474   | 47.3  | 0.041 | 0.1  | 3.19  | 46200 | 2540  | 288  | 1.8  | 0.899 | 18.4 |
| AKEINO01 | 10.11.2005 | Skeisvatn            | 9    | 56.8  | 11.6  | 0.022 | 0.59 | 4.88  | 708   | 66.4  | 41.7 | 0.75 | 0.675 | 10.6 |
| VAGIUD01 | 08.11.2005 | Skilbreivatn         | 26.5 | 2.96  | 0.715 | 0.021 | 0.3  | 0.54  | 206   | 9.2   | 1.91 | 0.28 | 0.221 | 1.7  |
| ROGINI01 | 22.11.2005 | Steinsrudtjernet     | 7.5  | 74.6  | 27.1  | 0.03  | 0.85 | 0.814 | 19600 | 2020  | 49.2 | 0.69 | 0.588 | 5.07 |
| ROGINI01 | 22.11.2005 | Steinsrudtjernet     | 8    | 80.9  | 26    | 0.17  | 0.62 | 1.27  | 38500 | 2550  | 52.8 | 0.82 | 0.753 | 9.6  |
| ØSTIPA01 | 20.10.2005 | Steinstjernet        | 10.5 | 77.5  | 38.7  | 0.009 | 0.1  | 0.589 | 4680  | 718   | 37.5 | 0.05 | 0.19  | 2.16 |
| SOFISK01 | 11.11.2005 | Stokkalandsvatn      | 14   | 15.1  | 7.32  | 0.023 | 0.37 | 1.29  | 371   | 59.2  | 9.29 | 0.31 | 0.448 | 5.1  |
| VAGIRA01 | 09.11.2005 | Stovevatn            | 13   | 199.4 | 17.6  | 0.02  | 2.8  | 2.45  | 3110  | 623   | 115  | 0.62 | 0.287 | 9.78 |
| HORIRA01 | 18.11.2005 | Søndbøvatn           | 13.5 | 23.6  | 4.79  | 0.057 | 0.1  | 1.6   | 3940  | 156   | 12.5 | 2.4  | 0.891 | 7.38 |
| SOFISK01 | 18.11.2005 | Søndbøvatn           | 14   | 21.8  | 10.2  | 0.209 | 0.64 | 2.02  | 7960  | 183   | 11.9 | 2.15 | 1.13  | 10.3 |
| AKEIST01 | 11.11.2005 | Toskatjønn           | 15   | 24.2  | 2.9   | 0.042 | 0.35 | 1.26  | 4880  | 205   | 13.8 | 0.74 | 1.77  | 9.45 |
| HORIST01 | 18.10.2005 | Tussevann            | 17   | 39.6  | 17.8  | 0.039 | 0.1  | 1.41  | 7470  | 2790  | 20.5 | 0.94 | 0.684 | 7.23 |
| ROGITO01 | 09.11.2005 | Tveitvatnet          | 22   | 49.6  | 14.3  | 0.02  | 0.1  | 1.27  | 9150  | 819   | 28.8 | 0.76 | 0.094 | 9.96 |
| ROGIST01 | 16.11.2005 | Udlandsvatn          | 16.5 | 17.8  | 1.48  | 0.081 | 0.2  | 0.415 | 336   | 20.2  | 9.55 | 0.23 | 0.48  | 11.1 |
| TELISON1 | 16.11.2005 | Udlandsvatn          | 17   | 18    | 1.52  | 0.203 | 0.34 | 1.44  | 1100  | 21.2  | 9.81 | 0.32 | 1.73  | 14.6 |
| AKEITU01 | 23.11.2005 | Ulvenvannet          | 22   | 24.4  | 46.7  | 0.01  | 0.37 | 1.21  | 404   | 2310  | 14   | 1    | 0.022 | 3.17 |
| AKEITU01 | 23.11.2005 | Ulvenvannet          | 23   | 20.3  | 42.2  | 0.578 | 3.57 | 11.3  | 5910  | 3370  | 12.3 | 4    | 8.91  | 83.2 |
| VESIIA01 | 21.10.2005 | Vassbotnjorden/Halle | 31   | 15.3  | 2.48  | 0.07  | 0.1  | 0.873 | 2380  | 433   | 8.78 | 0.29 | 0.982 | 10.1 |
| AKEIUL01 | 17.11.2005 | Vollevatn            | 28.5 | 20.9  | 7.46  | 0.032 | 0.1  | 2.75  | 160   | 15.5  | 12.4 | 1.9  | 0.18  | 3.88 |
| AKEIUL01 | 17.11.2005 | Vollevatn            | 29   | 22    | 7.92  | 0.17  | 0.1  | 2.7   | 3970  | 685   | 12.9 | 2.56 | 0.858 | 8.13 |
| VAGIUD01 | 15.11.2005 | Ytre Kydlandsvatn    | 25   | 8.27  | 1.2   | 0.023 | 0.2  | 0.29  | 51    | 5.04  | 4.35 | 0.09 | 0.222 | 4.89 |

## Appendiks: Sedimentkjemi, metaller i overflatesediment.

| Navn                        | dato       | mg/kg<br>Cd-O | mg/kg<br>Cr-O | mg/kg<br>Cu-O | mg/kg<br>Fe-O | mg/kg<br>Mn-O | mg/kg<br>Ni-O | mg/kg<br>Pb-O | mg/kg<br>Pt-O | mg/kg<br>Rh-O | mg/kg<br>Zn-O | g/kg<br>TGR-O |     |
|-----------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----|
| Apeitunvatnet               | 10.11.2005 |               | 1             | 41            | 128.9         | 85862.3       | 707.3         | 40.3          | 59.1          | 0.102         | 0.012         | 360.8         | 646 |
| Bakkevatn øst               | 18.11.2005 |               | 2             | 26.4          | 35.9          | 33997.9       | 465.8         | 23.9          | 95.4          | 0.082         | 0.006         | 204.1         | 673 |
| Bankvatnet                  | 10.11.2005 |               | 0.6           | 99.3          | 127.4         | 45213.1       | 485.3         | 77.3          | 37.2          | 0.086         | 0.01          | 282.1         | 827 |
| Barselvann N                | 17.11.2005 |               | 3.7           | 27            | 160.3         | 46018         | 301.8         | 86.9          | 80.2          | 0.077         | 0.011         | 795.9         | 255 |
| Blekslitjernet              | 23.11.2005 |               | 0.6           | 6.7           | 9.8           | 10841.8       | 1506.5        | 8.9           | 10.5          | 0.071         | 0.005         | 79.7          | 530 |
| Bondivannet                 | 20.10.2005 |               | 0.9           | 51            | 45.5          | 31302.3       | 525.2         | 47.8          | 43.9          | 0.078         | 0.01          | 296.5         | 824 |
| Bongsatjønn                 | 11.11.2005 |               | 0.7           | 50.3          | 81            | 41841.8       | 391.2         | 49.8          | 71.8          | 0.075         | 0.008         | 326.2         | 769 |
| Edlandsvatn                 | 15.11.2005 |               | 2.7           | 24            | 29.7          | 66066.8       | 3253.9        | 15.2          | 102.5         | 0.067         | 0.009         | 355.8         | 731 |
| Elgsjøen                    | 18.11.2005 |               | 1.9           | 15.6          | 36            | 35369.5       | 392.7         | 10.8          | 164.2         | 0.066         | 0.009         | 204.5         | 465 |
| Engsdammen                  | 23.11.2005 |               | 2.5           | 39.7          | 35.5          | 48974.1       | 529.2         | 41.9          | 76.2          | 0.072         | 0.004         | 424.8         | 758 |
| Farriskilen                 | 21.10.2005 |               | 2.1           | 24            | 42.5          | 27609.5       | 263.5         | 17.9          | 149.4         | 0.065         | 0.009         | 340           | 693 |
| Fuglavatn                   | 11.11.2005 |               | 0.5           | 34.4          | 27.2          | 38137.7       | 477.3         | 21.9          | 78.9          | 0.07          | 0.006         | 154.8         | 848 |
| Gaupmyrdammen               | 23.11.2005 |               | 3.2           | 37.9          | 34.6          | 69246.8       | 982.8         | 31.6          | 147           | 0.079         | 0.007         | 455           | 558 |
| Gjersrudtjern               | 18.10.2005 |               | 2.7           | 41.2          | 68.1          | 45788.4       | 666.7         | 68.6          | 32.6          | 0.093         | 0.008         | 351.9         | 864 |
| Gjersjøen                   | 18.10.2005 |               | 1.1           | 52.2          | 39.8          | 53892         | 4161          | 52.2          | 37.9          | 0.089         | 0.009         | 267.9         | 855 |
| Gjetsjøvannet               | 22.11.2005 |               | 0.9           | 39.7          | 27.8          | 39165.6       | 433.4         | 33.9          | 48.8          | 0.064         | 0.005         | 153.5         | 728 |
| Griggastemma                | 07.11.2005 |               | 1.4           | 38.1          | 169.4         | 41139.1       | 414.1         | 48.3          | 95.4          | 0.069         | 0.017         | 556.5         | 659 |
| Hanevatn                    | 16.11.2005 |               | 4.6           | 43.3          | 47.3          | 37408.8       | 354.6         | 29.4          | 138.9         | 0.083         | 0.008         | 273.6         | 618 |
| Harestuvannet               | 20.10.2005 |               | 12.9          | 43.8          | 41.2          | 54438.4       | 1140.8        | 42.4          | 124.9         | 0.077         | 0.008         | 2748.1        | 715 |
| Haukelandsvatnet            | 08.11.2005 |               | 1.9           | 36.2          | 82.8          | 85305.1       | 1154          | 38.2          | 76.8          | 0.078         | 0.011         | 292.7         | 635 |
| Holstadvannet               | 22.11.2005 |               | 1.1           | 48.3          | 39.8          | 41332.2       | 563.7         | 44.1          | 33.8          | 0.083         | 0.006         | 207.1         | 891 |
| Husevatnet                  | 08.11.2005 |               | 0.2           | 15.8          | 8.9           | 16891         | 209.8         | 9.9           | 25.4          | 0.066         | 0.004         | 47.9          | 833 |
| Kinnsettjern                | 28.11.2005 |               | 4.3           | 26.4          | 48.6          | 28253.4       | 2703.6        | 371.6         | 24.2          | 0.075         | 0.012         | 547.8         | 520 |
| Kvernavatnet                | 09.11.2005 |               | 1.3           | 14.1          | 34.6          | 212157.1      | 1138.7        | 15.4          | 17.3          | 0.07          | 0.009         | 423.6         | 506 |
| Langelandsvatnet            | 08.11.2005 |               | 0.1           | 23.6          | 19.7          | 27793.9       | 1170.3        | 15            | 9.5           | 0.081         | 0.004         | 41.7          | 955 |
| Liavatnet                   | 09.11.2005 |               | 0.7           | 48.9          | 71.4          | 57620.9       | 1079.1        | 37.3          | 111.7         | 0.069         | 0.011         | 494.9         | 811 |
| Ligningstjøerna             | 15.11.2005 |               | 0.5           | 9.3           | 24.1          | 157109.9      | 26.3          | 10.5          | 61.2          | 0.082         | 0.004         | 37.9          | 620 |
| Lille Fossvatn              | 16.11.2005 |               | 1.7           | 17.5          | 36.4          | 43655.2       | 107.8         | 13.4          | 232.9         | 0.066         | 0.006         | 136.8         | 582 |
| Lille Skillingen            | 20.10.2005 |               | 5.1           | 19.8          | 19.4          | 43942         | 963.9         | 26.3          | 80.9          | 0.07          | 0.005         | 1583.9        | 667 |
| Longumvatn                  | 17.11.2005 |               | 2.3           | 23.2          | 60            | 36276         | 403           | 25.9          | 66.8          | 0.069         | 0.006         | 389.2         | 676 |
| Lutsivatn                   | 11.11.2005 |               | 1.3           | 18.9          | 21.4          | 71560.3       | 12775.1       | 11.1          | 62            | 0.072         | 0.006         | 327.4         | 771 |
| Monatjønn                   | 15.11.2005 |               | 0.7           | 13.6          | 32.2          | 38593.3       | 38.3          | 18.6          | 102           | 0.061         | 0.004         | 80            | 617 |
| Nedre Tjødna                | 16.11.2005 |               | 3.6           | 16.5          | 50.4          | 36828.2       | 218.6         | 23.8          | 207.8         | 0.072         | 0.008         | 498.2         | 578 |
| Nesvatnet                   | 28.11.2005 |               | 0.4           | 67.5          | 45.8          | 59777.8       | 3112          | 58.4          | 19.5          | 0.093         | 0.006         | 123.5         | 843 |
| Nibbatjønn                  | 15.11.2005 |               | 1.2           | 18.6          | 30.3          | 70840.2       | 3294.5        | 12.3          | 174.1         | 0.07          | 0.006         | 226.7         | 720 |
| Nordbytjern                 | 19.10.2005 |               | 11.2          | 27.5          | 82.1          | 106401.8      | 16500.5       | 287.6         | 43.1          | 0.08          | 0.008         | 911.4         | 760 |
| Nybøtjern N                 | 17.11.2005 |               | 1             | 29            | 45.4          | 28835.2       | 178.8         | 56.3          | 53.7          | 0.063         | 0.005         | 183.5         | 720 |
| Patterødtjernet             | 22.11.2005 |               | 1.4           | 37            | 57.9          | 42432.7       | 435.2         | 35.5          | 98.9          | 0.073         | 0.007         | 317.1         | 760 |
| Paulertjern nord            | 21.10.2005 |               | 0.8           | 27.8          | 25.2          | 41700         | 420.6         | 21.9          | 43.3          | 0.083         | 0.005         | 173.1         | 808 |
| Paulertjern sør             | 21.10.2005 |               | 0.7           | 14.1          | 18.7          | 29818.1       | 492.3         | 8.9           | 29.1          | 0.087         | 0.006         | 121.9         | 824 |
| Rungstadvatnet              | 28.11.2005 |               | 0.5           | 48.7          | 50.3          | 57878.3       | 1853.1        | 35.1          | 36            | 0.076         | 0.008         | 177.7         | 700 |
| Råmarkvatn                  | 16.11.2005 |               | 0.6           | 23.6          | 64.4          | 102775.6      | 300.2         | 21.4          | 83.9          | 0.075         | 0.008         | 129.9         | 661 |
| Råtjern                     | 10.11.2005 |               | 1.3           | 46            | 167           | 41671.5       | 970.6         | 41.7          | 54.1          | 0.072         | 0.016         | 489.5         | 626 |
| Skeievatnet                 | 10.11.2005 |               | 0.8           | 34.4          | 85.4          | 40973.7       | 529.6         | 32.2          | 40.4          | 0.069         | 0.011         | 300.1         | 689 |
| Skeilbreivatnet             | 08.11.2005 |               | 0.7           | 42.9          | 36.4          | 43339.9       | 390.5         | 25.6          | 52.2          | 0.072         | 0.005         | 89.6          | 674 |
| Steinsrudtjernet            | 22.11.2005 |               | 1.1           | 31.7          | 58.5          | 36369.7       | 645.3         | 33.1          | 64.8          | 0.087         | 0.006         | 324.7         | 670 |
| Steinstjernet               | 20.10.2005 |               | 0.5           | 42.4          | 82.8          | 45319.7       | 1055.7        | 45.9          | 30.2          | 0.11          | 0.013         | 217.5         | 842 |
| Stokkalandsvatn             | 11.11.2005 |               | 1.1           | 32            | 38            | 56568.7       | 939.8         | 18.7          | 54.9          | 0.073         | 0.006         | 341           | 766 |
| Stovevatnet                 | 09.11.2005 |               | 2.5           | 44.5          | 204.3         | 43244.7       | 508.6         | 27.1          | 112.4         | 0.078         | 0.012         | 1021.1        | 617 |
| Søndbøvatn                  | 18.11.2005 |               | 1.8           | 26.5          | 59.7          | 35667.8       | 192.1         | 43.5          | 115.6         | 0.064         | 0.006         | 230           | 481 |
| Toskatjønn                  | 11.11.2005 |               | 0.9           | 59.8          | 49.6          | 34013.8       | 431.4         | 38.5          | 96.9          | 0.071         | 0.008         | 195.1         | 672 |
| Tussevann                   | 18.10.2005 |               | 0.6           | 45.9          | 33.7          | 39434.7       | 760.3         | 42.3          | 39.5          | 0.083         | 0.005         | 231.7         | 883 |
| Tveitvatnet                 | 09.11.2005 |               | 1.2           | 52.4          | 154           | 139824.5      | 1117.2        | 41.3          | 82.5          | 0.081         | 0.009         | 754.8         | 715 |
| Udlandsvatn                 | 16.11.2005 |               | 1             | 5.7           | 13.4          | 24974.7       | 49.7          | 4.2           | 71.5          | 0.074         | 0.002         | 92.4          | 567 |
| Ulvenvannet                 | 23.11.2005 |               | 3.5           | 57.2          | 88.3          | 39228.6       | 6167          | 64.9          | 93.6          | 0.072         | 0.013         | 751.4         | 728 |
| Vassbotnfjorden/Hallevatnet | 21.10.2005 |               | 1.5           | 22.2          | 26.9          | 45749.2       | 802.8         | 14            | 73.4          | 0.067         | 0.007         | 211.4         | 640 |
| Vollevatn                   | 17.11.2005 |               | 3.3           | 38.1          | 170.6         | 64927.8       | 673           | 88            | 182.8         | 0.074         | 0.014         | 494.3         | 754 |
| Ytre Kydlandsvatn           | 15.11.2005 |               | 0.8           | 22.3          | 27.3          | 106057.1      | 1230.2        | 11.1          | 200.8         | 0.069         | 0.006         | 163.3         | 639 |

Appendiks: Sedimentkjemi, metaller, referansesediment fra bunnen av sedimentkjernen.

| Navn                        | dato       | mg/kg<br>Cd-R | mg/kg<br>Cr-R | mg/kg<br>Cu-R | mg/kg<br>Fe-R | mg/kg<br>Mn-R | mg/kg<br>Ni-R | mg/kg<br>Pb-R | mg/kg<br>Pt-R | mg/kg<br>Rh-R | mg/kg<br>Zn-R | g/kg<br>TGR-R |
|-----------------------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Apeitunvatnet               | 10.11.2005 | 0.809043      | 50.20579      | 97.18323      | 38265.08      | 451.5389      | 41.8774       | 59.9559       | 0.03          | 0.01          | 379.6595      | 807           |
| Bakkevatt øst               | 18.11.2005 | 2.813192      | 27.24131      | 28.3089       | 37114.53      | 266.307       | 16.32694      | 121.0519      | 0.027         | 0.006         | 208.2144      | 706           |
| Bankvatnet                  | 10.11.2005 | 0.847054      | 116.9004      | 86.57052      | 32552.44      | 524.6745      | 72.74628      | 55.34725      | 0.02          | 0.007         | 180.2697      | 862           |
| Barselvatn N                | 17.11.2005 | 4.4219        | 44.58218      | 104.5177      | 41270.07      | 398.4773      | 46.88713      | 204.4162      | 0.028         | 0.014         | 622.1405      | 607           |
| Blekslitjernet              | 23.11.2005 | 0.783357      | 40.24742      | 23.03164      | 31205.13      | 858.0844      | 37.03241      | 58.20106      | 0.028         | 0.01          | 171.2463      | 687           |
| Bondivannet                 | 20.10.2005 | 0.696256      | 47.98201      | 51.8683       | 37050.2       | 386.4739      | 42.09903      | 96.8078       | 0.044         | 0.009         | 237.3402      | 858           |
| Bongsatjønn                 | 11.11.2005 | 1.721271      | 21.69362      | 27.54043      | 144.12.37     | 234.1013      | 13.3009       | 128.1839      | 0.026         | 0.009         | 130.0291      | 410           |
| Edlandsvatn                 | 15.11.2005 | 0.938167      | 17.77117      | 15.78695      | 23557.07      | 473.7889      | 9.219693      | 51.58066      | 0.032         | 0.006         | 99.45543      | 892           |
| Elgsjøen                    | 18.11.2005 | 1.056644      | 11.36861      | 27.31362      | 26970.25      | 756.6589      | 7.205788      | 41.43628      | 0.026         | 0.007         | 102.8941      | 482           |
| Engsdammen                  | 23.11.2005 | 0.743092      | 33.48816      | 16.94726      | 31328.02      | 626.294       | 30.63074      | 35.98702      | 0.076         | 0.005         | 101.9574      | 869           |
| Farriskilen                 | 21.10.2005 | 1.540795      | 18.92365      | 16.26075      | 20460.35      | 296.2633      | 13.89458      | 102.9496      | 0.036         | 0.007         | 230.1248      | 663           |
| Fuglavatn                   | 11.11.2005 | 0.371221      | 22.36055      | 10.37636      | 16322.97      | 223.5955      | 8.81973       | 77.5501       | 0.032         | 0.006         | 58.74557      | 748           |
| Gaupmyrdammen               | 23.11.2005 | 0.911685      | 16.75193      | 17.6312       | 14474.17      | 822.4049      | 13.93365      | 43.37285      | 0.024         | 0.008         | 75.11141      | 258           |
| Gjersrudtjern               | 18.10.2005 | 1.041775      | 39.14704      | 31.57076      | 33943.35      | 486.3627      | 34.19508      | 44.00949      | 0.034         | 0.006         | 423.3311      | 927           |
| Gjersjøen                   | 18.10.2005 | 1.114044      | 46.15857      | 41.08969      | 52686.51      | 17293.54      | 40.7897       | 69.41822      | 0.042         | 0.025         | 280.5469      | 878           |
| Gjetsjovannet               | 22.11.2005 | 0.969847      | 37.55864      | 19.7439       | 56402.53      | 471.0112      | 26.50465      | 49.05811      | 0.036         | 0.011         | 160.4417      | 574           |
| Griggstemma                 | 07.11.2005 | 2.989532      | 44.74998      | 100.8061      | 37668.06      | 494.4725      | 34.93596      | 266.6162      | 0.024         | 0.014         | 638.8491      | 631           |
| Hanevatn                    | 16.11.2005 | 1.361426      | 29.24535      | 32.52304      | 29707.27      | 432.1652      | 12.32093      | 44.83201      | 0.029         | 0.007         | 172.4052      | 810           |
| Harestuvannet               | 20.10.2005 | 3.039489      | 38.21949      | 17.4522       | 25603.39      | 735.7532      | 32.3281       | 51.77205      | 0.032         | 0.007         | 675.3414      | 705           |
| Haukelandsvatnet            | 08.11.2005 | 1.772227      | 31.20478      | 68.5078       | 55112.21      | 727.4811      | 28.75456      | 159.6772      | 0.036         | 0.013         | 284.4804      | 614           |
| Holstadvannet               | 22.11.2005 | 1.248321      | 41.92046      | 30.86296      | 35368.53      | 514.1501      | 37.25464      | 31.1115       | 0.075         | 0.006         | 167.3569      | 910           |
| Husevatnet                  | 08.11.2005 | 0.214698      | 24.46571      | 13.98812      | 27948.73      | 299.0943      | 13.98134      | 20.02898      | 0.03          | 0.008         | 69.70657      | 853           |
| Kinnsettjern                | 28.11.2005 | 0.404367      | 11.40883      | 19.29057      | 16567.45      | 946.6407      | 22.60049      | 11.0182       | 0.054         | 0.01          | 49.75863      | 269           |
| Kvernavatnet                | 09.11.2005 | 1.680351      | 9.516967      | 18.29561      | 16534.43      | 331.9353      | 7.770035      | 122.3845      | 0.08          | 0.009         | 71.57031      | 295           |
| Langelandsvatnet            | 08.11.2005 | 0.15336       | 41.92149      | 17.80639      | 33867.37      | 1203.379      | 20.49157      | 8.718521      | 0.032         | 0.003         | 56.08542      | 828           |
| Liavatnet                   | 09.11.2005 | 0.385134      | 57.29094      | 25.56397      | 40705.24      | 760.8687      | 29.87113      | 39.8172       | 0.03          | 0.005         | 187.1957      | 899           |
| Ligningsjøerna              | 15.11.2005 | 0.619051      | 12.24882      | 23.91467      | 19996.12      | 34.7512       | 13.95125      | 70.05223      | 0.079         | 0.004         | 63.15665      | 626           |
| Lille Fossvatn              | 16.11.2005 | 0.674297      | 10.19684      | 11.07829      | 19982.87      | 77.64593      | 8.263152      | 138.5442      | 0.05          | 0.005         | 59.74517      | 429           |
| Lille Skillingen            | 20.10.2005 | 3.030387      | 24.63646      | 13.19989      | 25492.02      | 931.75        | 24.13591      | 57.60005      | 0.067         | 0.006         | 979.8376      | 677           |
| Longumvatn                  | 17.11.2005 | 3.522344      | 28.08093      | 37.62389      | 29401.43      | 380.4476      | 21.66707      | 154.8159      | 0.047         | 0.008         | 281.2872      | 751           |
| Lutsivatn                   | 11.11.2005 | 0.521353      | 28.52006      | 22.27715      | 29929.03      | 576.2492      | 20.27689      | 46.12186      | 0.086         | 0.007         | 170.6166      | 927           |
| Monatjønn                   | 15.11.2005 | 0.710379      | 13.36735      | 20.1441       | 7380.68       | 30.12317      | 16.39013      | 36.50344      | 0.082         | 0.004         | 101.658       | 646           |
| Nedre Tjødna                | 16.11.2005 | 1.435767      | 12.49492      | 27.31625      | 14644.04      | 127.6444      | 17.4395       | 104.4841      | 0.08          | 0.007         | 292.3323      | 510           |
| Nesvatnet                   | 28.11.2005 | 0.24511       | 67.38438      | 30.62864      | 44226.28      | 1188.392      | 51.33691      | 20.70358      | 0.073         | 0.008         | 104.5284      | 903           |
| Nibbatjønn                  | 15.11.2005 | 0.928802      | 19.14816      | 17.54911      | 26376.41      | 378.6635      | 8.666157      | 42.35965      | 0.052         | 0.005         | 80.09482      | 659           |
| Nordbytjern                 | 19.10.2005 | 5.176521      | 26.75329      | 29.86421      | 126063.6      | 11479.17      | 105.7265      | 76.44481      | 0.078         | 0.017         | 658.6758      | 695           |
| Nybøtjern N                 | 17.11.2005 | 0.816641      | 14.59138      | 27.38099      | 8828.743      | 54.11348      | 10.0325       | 52.85959      | 0.044         | 0.007         | 60.62311      | 436           |
| Patterødtjernet             | 22.11.2005 | 0.583161      | 26.01761      | 16.34266      | 20046.61      | 330.5163      | 23.3532       | 19.04969      | 0.06          | 0.007         | 73.22291      | 886           |
| Paulertjern nord            | 21.10.2005 | 0.99677       | 32.04473      | 22.5065       | 36145.99      | 472.117       | 19.9253       | 48.75706      | 0.068         | 0.008         | 212.9965      | 813           |
| Paulertjern sør             | 21.10.2005 | 0.801513      | 22.33855      | 14.93413      | 27247.4       | 257.1173      | 13.14784      | 52.93797      | 0.06          | 0.005         | 153.3575      | 819           |
| Rungstadvatnet              | 28.11.2005 | 0.418678      | 37.88728      | 41.34469      | 50209.95      | 1142.993      | 19.39385      | 19.13261      | 0.066         | 0.009         | 103.9057      | 630           |
| Råmarkvatn                  | 16.11.2005 | 0.180507      | 17.71723      | 24.38207      | 16598.13      | 165.7659      | 19.10776      | 18.5237       | 0.08          | 0.005         | 60.0638       | 854           |
| Råtjern                     | 10.11.2005 | 1.1946        | 60.22659      | 100.4384      | 39254.44      | 591.5139      | 43.60025      | 120.6625      | 0.084         | 0.015         | 507.4108      | 709           |
| Skieivatnet                 | 10.11.2005 | 0.624602      | 19.65532      | 34.19315      | 23100.97      | 308.8038      | 19.62161      | 18.16184      | 0.07          | 0.012         | 131.132       | 301           |
| Skilbreivatnet              | 08.11.2005 | 0.198157      | 37.09943      | 23.45874      | 25385.44      | 257.0674      | 16.96628      | 37.1403       | 0.079         | 0.007         | 53.7909       | 610           |
| Steinsrudtjernet            | 22.11.2005 | 0.247784      | 28.87302      | 20.32408      | 33587.47      | 790.4069      | 25.98374      | 27.22097      | 0.079         | 0.005         | 73.93775      | 837           |
| Steinstjernet               | 20.10.2005 | 1.208761      | 32.0165       | 31.49182      | 35444.89      | 484.7228      | 16.89043      | 68.90511      | 0.067         | 0.008         | 320.0949      | 810           |
| Stokkalandsvatn             | 11.11.2005 | 1.1129        | 34.30798      | 30.54283      | 40175.95      | 513.7058      | 16.4631       | 70.55217      | 0.067         | 0.008         | 330.7741      | 784           |
| Stovevatnet                 | 09.11.2005 | 1.740669      | 9.895269      | 27.61261      | 11939.36      | 277.2654      | 7.409775      | 85.9992       | 0.065         | 0.011         | 92.24776      | 831           |
| Søndbøvatn                  | 18.11.2005 | 1.894776      | 25.60974      | 39.63412      | 25156.06      | 163.336       | 28.30343      | 159.5481      | 0.1           | 0.008         | 173.0582      | 684           |
| Toskatjønn                  | 11.11.2005 | 0.689095      | 36.74746      | 34.32049      | 16931.13      | 301.7793      | 19.28337      | 96.4194       | 0.077         | 0.007         | 120.0169      | 613           |
| Tussevatn                   | 18.10.2005 | 0.420286      | 43.19931      | 23.72953      | 36267.04      | 579.5306      | 41.43217      | 34.00769      | 0.078         | 0.005         | 169.4139      | 925           |
| Tveitvatnet                 | 09.11.2005 | 0.820206      | 69.75308      | 87.6332       | 69043.13      | 822.503       | 44.89624      | 106.3228      | 0.079         | 0.009         | 338.4738      | 887           |
| Udlandsvatn                 | 16.11.2005 | 1.150011      | 9.883476      | 13.0874       | 22972.46      | 122.2127      | 5.780738      | 123.627       | 0.072         | 0.007         | 143.6663      | 500           |
| Ulvenvannet                 | 23.11.2005 | 1.717273      | 51.07746      | 27.17397      | 32150.31      | 1764.192      | 31.58277      | 70.0899       | 0.066         | 0.014         | 213.5836      | 820           |
| Vassbotnfjorden/Hallevatnet | 21.10.2005 | 0.348285      | 17.77897      | 13.47992      | 24845.55      | 350.5142      | 11.64274      | 28.46291      | 0.076         | 0.007         | 82.21053      | 828           |
| Vollevatn                   | 17.11.2005 | 2.482039      | 25.37925      | 22.76245      | 18076.93      | 447.5173      | 14.04976      | 189.6683      | 0.067         | 0.009         | 109.8507      | 522           |
| Ytre Kydlandsvatn           | 15.11.2005 | 1.216782      | 22.99215      | 22.28072      | 41087.43      | 404.499       | 7.53432       | 338.9507      | 0.087         | 0.009         | 125.2077      | 580           |

Appendiks: Sedimentkjemi, PAH i overflatesedimentet.

|                            | Acenafteen | Acenafteer | Benzo(a)lar | Benzo(a)k | Benzo(b)k | Benzo(k)k | Benzo(e)k | Benzo(f)k | Benzo(g)k | Benzo(h)k | Dibenz(a,h)k | Dibenz(a,h)k | Fluoranten | Fluoranten | Fluoren | Indeno(1,2,3-c) | Naftalen | Perylene | Pyrene | sum KPAH | sum NPD | sum PAH | sum PAHs |       |
|----------------------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|------------|------------|---------|-----------------|----------|----------|--------|----------|---------|---------|----------|-------|
| Apellvatnet                | 10         | 10         | 10          | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10        | 10           | 10           | 10         | 10         | 10      | 10              | 10       | 10       | 10     | 10       | 10      | 10      | 10       |       |
| Bakkevann est              | 2          | 2          | 2           | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2            | 2            | 2          | 2          | 2       | 2               | 2        | 2        | 2      | 2        | 2       | 2       | 2        |       |
| Bankvatn                   | 25         | 13         | 6,8         | 4,4       | 170       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150       | 150          | 150          | 150        | 150        | 150     | 150             | 150      | 150      | 150    | 150      | 150     | 150     | 150      |       |
| Barselvann N               | 2,1        | 2,9        | 9,4         | 10        | 17        | 89        | 49        | 38        | 23        | 29        | -10          | -10          | 34         | 45         | -10     | 46              | -24      | 39       | 27     | 86       | 34      | 436     | 348      |       |
| Bleksiltjernet             | -10        | -10        | -10         | -10       | 17        | 89        | 49        | 38        | 23        | 29        | -10          | -10          | 34         | 45         | -10     | 46              | -24      | 39       | 27     | 86       | 34      | 436     | 348      |       |
| Bondsvannet                | 3          | 3,7        | 8,4         | 32        | 44        | 110       | 84        | 69        | 28        | 54        | 4,1          | 7,4          | 44         | 100        | 8,9     | 46              | 21       | 96       | 120    | 157,4    | 69,1    | 8825    | 699,4    |       |
| Bondsallmen                | 3          | 3,7        | 7,1         | 37        | 60        | 320       | 240       | 190       | 71        | 96        | 5,3          | 25           | 42         | 85         | 5,7     | 140             | 15       | 80       | 110    | 333      | 62,3    | 1535,8  | 1210,5   |       |
| Edlandsvatn                | -2         | 3,1        | 5,5         | 28        | 32        | 190       | 110       | 84        | 42        | 42        | 7,0          | 3,1          | 12         | 39         | 8,0     | 47              | 75       | 18       | 79     | 189      | 60,1    | 951,4   | 759,3    |       |
| Eglsjeen                   | 4,4        | 6,7        | 16          | 75        | 98        | 370       | 210       | 170       | 110       | 170       | 9,5          | 23           | 80         | 280        | 160     | 30              | 76       | 220      | 466    | 119,5    | 2113,6  | 1828,1  |          |       |
| Engsdammen                 | 4,5        | 8,2        | 17          | 88        | 110       | 360       | 220       | 190       | 100       | 120       | 16           | 25           | 88         | 270        | 180     | 31              | 380      | 210      | 503    | 135      | 2436,7  | 1820,7  |          |       |
| Farnskillen                | 15         | 25         | 68          | 420       | 550       | 1300      | 770       | 660       | 410       | 540       | 24           | 100          | 300        | 980        | 31      | 670             | 110      | 140      | 840    | 2150     | 434     | 7953    | 7019     |       |
| Fuglavatt                  | 2,6        | -2         | 3,5         | 20        | 25        | 170       | 99        | 63        | 32        | 65        | 2,8          | 7,5          | 30         | 63         | 3       | 46              | 7        | 30       | 47     | 130,5    | 39,8    | 716,4   | 584,6    |       |
| Gaumyrddammen              | 7,9        | 6,1        | 19          | 53        | 70        | 370       | 230       | 240       | 100       | 140       | 15           | 22           | 140        | 280        | 27      | 170             | 52       | 190      | 170    | 415      | 207     | 2302    | 1867     |       |
| Gjersdudjenn               | 2,7        | 2,7        | 6           | 16        | 18        | 44        | 34        | 29        | 12        | 26        | 3,7          | 3            | 35         | 58         | 9,8     | 15              | 14       | 19       | 70     | 64       | 52,7    | 417,9   | 361,2    |       |
| Gjersjeen                  | 2,7        | 2,7        | 6           | 16        | 18        | 44        | 34        | 29        | 12        | 26        | 3,7          | 3            | 35         | 58         | 9,8     | 15              | 14       | 19       | 70     | 64       | 52,7    | 417,9   | 361,2    |       |
| Gjersjøvatnet              | -2         | 2          | 6,1         | 8,3       | 32        | 22        | 18        | 8,6       | 14        | -2        | -2           | -2           | 12         | 20         | 2,7     | 11              | 6,2      | 31       | 28     | 34       | 18,2    | 221,9   | 168,9    |       |
| Gjettjøvatnet              | 8,8        | 22         | 42          | 110       | 170       | 480       | 650       | 600       | 94        | 250       | 19           | 62           | 290        | 460        | 81      | 180             | 78       | 240      | 950    | 616      | 387     | 4786,8  | 3877,8   |       |
| Griggasletta               | 2,7        | 6,7        | 14          | 97        | 120       | 700       | 360       | 260       | 150       | 300       | 8,9          | 38           | 90         | 310        | 10      | 220             | 26       | 400      | 240    | 645      | 124,9   | 3373,3  | 2604,4   |       |
| Harevatn                   | 4,7        | 6,7        | 14          | 97        | 120       | 700       | 360       | 260       | 150       | 300       | 8,9          | 38           | 90         | 310        | 10      | 220             | 26       | 400      | 240    | 645      | 124,9   | 3373,3  | 2604,4   |       |
| Harevatnet                 | 2,2        | 4,3        | 8,6         | 62        | 73        | 260       | 160       | 120       | 66        | 110       | 3,8          | 16           | 51         | 150        | 4,6     | 91              | 15       | 270      | 160    | 308      | 69,8    | 1627,5  | 1193,7   |       |
| Hølsdalsvatnet             | -2         | 2,3        | 2,9         | 7,1       | 8,5       | 27        | 24        | 16        | 6,5       | 14        | 3,1          | -2           | 22         | 29         | 7,2     | 9,9             | 12       | 15       | 51     | 32       | 37,1    | 257,5   | 215,4    |       |
| Husevatnet                 | -2         | 3,1        | 7,4         | 110       | 140       | 710       | 340       | 350       | 210       | 250       | 3,4          | 46           | 48         | 230        | 3,3     | 310             | 7,3      | 1500     | 180    | 816      | 58,7    | 4448,5  | 2605,1   |       |
| Kinnsetjenn                | -3         | 6,7        | 5,8         | 21        | 23        | 67        | 48        | 46        | 17        | 41        | 4,2          | 4,5          | 55         | 98         | 9,9     | 25              | 14       | 360      | 90     | 90,5     | 73,2    | 936,1   | 523,9    |       |
| Kolbotvatnet               | -4         | 7,5        | 17          | 58        | 62        | 130       | 140       | 120       | 29        | 78        | 7,5          | 9,5          | 91         | 170        | 15      | 51              | 33       | 220      | 290    | 209,5    | 131,5   | 1528,5  | 1161     |       |
| Kvernvatnet                | -7         | -7         | -7          | -7        | 8         | 38        | 31        | 22        | 8,5       | 15        | -2           | -2           | 17         | 26         | 9,5     | 16              | -12      | 65       | 23     | 32,5     | 17      | 279     | 183      |       |
| Langelandsvatnet           | -2         | -2         | -2          | -2        | -2        | 17        | 11        | 8,5       | 2,3       | 4,1       | -2           | -2           | 3,1        | 3,9        | -2      | 6,1             | -3       | 110      | 3,3    | 8,4      | 3,1     | 169,3   | 48,3     |       |
| Ljvatnet                   | 3,1        | 14         | 18          | 79        | 120       | 290       | 310       | 290       | 79        | 100       | 7,3          | 30           | 90         | 180        | 7,5     | 150             | 37       | 770      | 210    | 458      | 134,3   | 2784,9  | 1697,6   |       |
| Ligningsfjerna             | -2         | 5,5        | 8,2         | 35        | 40        | 260       | 150       | 100       | 59        | 91        | 5            | 13           | 51         | 91         | 3,7     | 84              | 15       | 410      | 74     | 231      | 71      | 1495,4  | 930,4    |       |
| Lille Fossvatn             | 9,4        | 13         | 34          | 230       | 300       | 2300      | 1200      | 860       | 560       | 320       | 30           | 120          | 230        | 680        | 34      | 750             | 82       | 130      | 500    | 1960     | 342     | 8382,4  | 7022,4   |       |
| Lille Skillingen           | 3          | 11         | 15          | 52        | 65        | 360       | 210       | 170       | 91        | 120       | 10           | 20           | 81         | 230        | 12      | 170             | 58       | 220      | 150    | 398      | 149     | 2068    | 1628     |       |
| Longumvatn                 | 24         | 10         | 44          | 100       | 160       | 510       | 280       | 250       | 140       | 210       | 18           | 33           | 150        | 280        | 45      | 210             | 39       | 140      | 270    | 643      | 207     | 2913    | 2475     |       |
| Lutsvatn                   | -2         | 2,5        | 7,6         | 36        | 35        | 120       | 78        | 46        | 35        | 54        | 3,7          | 7,1          | 39         | 97         | 4,4     | 47              | -12      | 160      | 84     | 160,1    | 42,7    | 856,3   | 614,6    |       |
| Monstjern                  | -2         | 4,2        | 5,7         | 24        | 34        | 220       | 130       | 96        | 44        | 79        | 6,2          | 12           | 46         | 93         | 4,7     | 92              | 26       | 410      | 70     | 206      | 78,2    | 1396,8  | 850,6    |       |
| Nedre Tjødna               | 8,4        | 6,8        | 38          | 180       | 280       | 1800      | 1100      | 870       | 410       | 510       | 19           | 110          | 150        | 470        | 20      | 840             | 52       | 230      | 310    | 1820     | 221     | 7404,2  | 6055,2   |       |
| Nesvatnet                  | -2         | -2         | -2          | -2        | -2        | 7,8       | 6         | 4         | 2,3       | 5,7       | -2           | -2           | 8          | 12         | 2,4     | 2,4             | -3       | 200      | 10     | 4,7      | 8       | 260,6   | 54,6     |       |
| Nibbattjenn                | 4          | 4,7        | 11          | 63        | 75        | 960       | 420       | 250       | 140       | 210       | 7,2          | 39           | 91         | 190        | 7,2     | 280             | 33       | 380      | 130    | 597      | 131,2   | 3295,1  | 2487,9   |       |
| Nordbyjenn                 | -2         | 6          | 11          | 29        | 41        | 100       | 89        | 90        | 26        | 45        | 6,5          | 7,4          | 79         | 93         | 12      | 43              | 27       | 78       | 140    | 146,4    | 112,5   | 922,9   | 749,4    |       |
| Nybeljenn N                | 4,6        | 6,4        | 12          | 39        | 63        | 230       | 130       | 120       | 58        | 90        | 9            | 13           | 53         | 130        | 13      | 100             | 26       | 110      | 130    | 273      | 88      | 1337    | 1088     |       |
| Pattefjernet               | 5,3        | 8,3        | 24          | 65        | 96        | 280       | 200       | 180       | 82        | 91        | 12           | 22           | 68         | 170        | 17      | 140             | 35       | 260      | 170    | 405      | 115     | 1925,6  | 1453,6   |       |
| Paulefjenn nord            | 3,1        | 3,4        | 5,3         | 25        | 30        | 100       | 65        | 52        | 24        | 48        | 2,4          | 6,9          | 38         | 70         | 5,2     | 42              | 19       | 39       | 67     | 127,9    | 59,4    | 645,3   | 538,9    |       |
| Paulefjenn sør             | 4,3        | 5,1        | 11          | 35        | 53        | 130       | 84        | 80        | 31        | 58        | 2,2          | 9,5          | 46         | 100        | 8,1     | 67              | 20       | 59       | 120    | 195,5    | 68,2    | 923,2   | 778      |       |
| Rungstadvatnet             | -2         | 4,2        | 2,4         | 6,1       | 7,8       | 28        | 20        | 18        | 7,6       | 15        | -2           | -2           | 17         | 30         | 2,9     | 13              | 19       | 1200     | 28     | 34,5     | 36      | 1419    | 199      |       |
| Råmakvatn                  | -2         | 4,6        | 7,2         | 29        | 46        | 330       | 190       | 140       | 70        | 100       | 6,7          | 10           | 67         | 88         | 5,7     | 140             | 31       | 180      | 84     | 305      | 86,7    | 1521,2  | 1144,5   |       |
| Råjern                     | 17         | 17         | 40          | 140       | 200       | 390       | 380       | 350       | 100       | 400       | 19           | 42           | 210        | 390        | 52      | 200             | 75       | 570      | 630    | 682      | 304     | 4022    | 3053     |       |
| Skelevatnet                | 3,7        | -4         | 9,4         | 49        | 68        | 180       | 130       | 110       | 48        | 83        | 8,9          | 17           | 58         | 120        | 10      | 86              | 15       | 920      | 150    | 268      | 81,9    | 2066    | 1007,1   |       |
| Skillevatnet               | 2,1        | -4         | 8           | 35        | 42        | 160       | 94        | 79        | 39        | 76        | 5,2          | 12           | 63         | 110        | 7,7     | 76              | 15       | 210      | 82     | 204      | 83,2    | 1116    | 806,8    |       |
| Stensrudjernet             | 5,9        | 4,3        | 10          | 27        | 35        | 99        | 77        | 68        | 28        | 52        | 7,2          | 8,1          | 79         | 110        | 16      | 49              | 25       | 44       | 120    | 147,1    | 112     | 864,5   | 736,3    |       |
| Stensfjernet               | 3          | 4,3        | 7,1         | 16        | 21        | 64        | 52        | 41        | 18        | 33        | 5,8          | 4,9          | 54         | 77         | 9,4     | 29              | 17       | 25       | 84     | 88,9     | 76,8    | 565,5   | 482,7    |       |
| Stokklandsvatn             | 2,2        | 4,5        | 6,6         | 27        | 22        | 68        | 55        | 38        | 17        | 45        | 6,2          | 5,6          | 59         | 190        | 11      | 24              | -8       | 97       | 170    | 95,6     | 65,2    | 848,1   | 689,9    |       |
| Stovevatnet                | -2,0       | -2,0       | -2,0        | 81        | 120       | 530       | 520       | 460       | 110       | 170       | -20          | 42           | 140        | 220        | -20     | 220             | 64       | 230      | 760    | 573      | 204     | 3667    | 2917     |       |
| Søndebvatn                 | 3,3        | 8,1        | 17          | 130       | 170       | 650       | 340       | 290       | 170       | 290       | 11           | 37           | 150        | 360        | 27      | 280             | 38       | 200      | 290    | 787      | 199     | 3461,4  | 2910,4   |       |
| Toskatjenn                 | 8,8        | 8,6        | 18          | 120       | 160       | 510       | 310       | 240       | 140       | 260       | 14           | 37           | 110        | 360        | 18      | 210             | 14       | 850      | 310    | 667      | 138     | 3698,4  | 2524,4   |       |
| Tussevann                  | -2         | 2,5        | 3,6         | 12        | 12        | 12        | 31        | 22        | 17        | 7,8       | 18           | 3,1          | 2,5        | 24         | 3,9     | 6               | 11       | 9        | 24     | 52       | 45,3    | 36,1    | 296,5    | 247,4 |
| Tvettdalsvatnet            | 3,9        | 7,3        | 10          | 56        | 100       | 230       | 230       | 180       | 55        | 78        | 5,4          | 22           | 68         | 130        | 7,8     | 98              | 21       | 70       | 260    | 52       | 331     | 94,4    | 1632,4   | 1327  |
| Ullandsvatn                | 8,5        | 20         | 44          | 380       | 680       | 3700      | 1900      | 1500      | 940       | 840       | 28           | 250          | 250        | 800        | 40      | 1600            | 82       | 200      | 650    | 3850     | 360     | 13912,5 | 11784,5  |       |
| Ulvsvannet                 | -2         | 5,9        | 8,2         | 37        | 50        | 150       | 93        | 83        | 41        | 67        | 5,1          | 12           | 47         | 110        | 8,4     | 71              | 16       | 340      | 100    | 609      | 168,1   | 1244,6  | 806,5    |       |
| Vassbotnfjorden/Hallvatnet | 3,2        | 8,7        | 14          | 89        | 130       | 520       | 270       | 220       | 140       | 200       | 5,4          | 30           | 100        | 210        | 10      | 220             | 62       | 66       | 210    | 609      | 168,1   | 1244,6  | 806,5    |       |
| Vollvatn                   | 6,9        | 14         | 28          | 150       | 190       | 810       | 470       | 360       | 210       | 260       | 13           | 50           | 170        | 400        | 23      | 350             | 58       | 53       | 370    | 950      | 241     | 3985,9  | 3449,9   |       |
| Ytre Kyllandsvatn          | 3          | 4,3        | 7,9         | 47        | 57        | 670       | 340       | 300       | 110       | 280       | 10           | 28           | 80         | 170        | 7,3     | 220             | 36       | 39       | 110    | 462      | 125     | 2348,5  | 1960,5   |       |



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo  
Tlf. (+47 915) 02030  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1890-2472