



**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET**

Statlig program for forurensningsovervåking  
Rapportnr. 1093/2011

## Overvåking av langtransporterte forurensninger 2010 Sammendragsrapport

TA  
2792  
2011

Utført av:







**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS  
DIREKTORATET**

## **Statlig program for forurensningsovervåking**

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

SPFO-rapport: 1093/2011

TA-2792/2011

ISBN 978-82-577-5918-6

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif),  
Direktoratet for naturforvaltning (DN), Landbruks- og  
matdepartementet (LD)

Utførende institusjoner: NILU, NIVA, NINA, LFI, Uni Miljø,  
Skog og landskap

## **Overvåking av langtransporterte forurensninger 2010**

**Rapport  
1093/2011**

Sammendragsrapport



Prosjektansvarlig: NIVA  
NIVA-prosjektnummer: O-10200  
NIVA-rapport: 6183-2011



## Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2010 fra tre overvåkingsprogrammer: “Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, “Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og “Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord, skog og annen vegetasjon samt akvatisk og terrestrisk fauna. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre. Vi presenterer her en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne Sammendragsrapporten baserer seg på.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av denne rapporten har vært:

**“Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”**

**Luft og nedbør:** Wenche Aas, Stein Manø, Sverre Solberg og Karl Espen Yttri (NILU)

**Vannkjemi:** Brit Lisa Skjelkvåle, Liv Bente Skancke og Tore Høgåsen (NIVA)

**Bunndyr:** Arne Fjellheim og Godtfred A. Halvorsen (LFI, Uni Miljø)

**Krepsdyr:** Ann Kristin Schartau, Thomas C. Jensen og Bjørn Walseng (NINA)

**Fisk:** Randi Saksgård og Trygve Hesthagen (NINA)

**OPS Samlet redigering:** Kjell Andreassen (Skog og landskap)

**Landsrepresentative flater:** Volkmar Timmermann (Skog og landskap)

**Intensive flater:** Nicholas Clarke og Volkmar Timmermann (Skog og landskap)

**TOV Samlet redigering:** Erik Framstad (NINA)

**Markvegetasjon:** , Per Arild Aarrestad (NINA) og Vegar Bakkestuen (NHM, UiO), samt Tonje Økland, Jørn-Frode Nordbakken og Ingvald Røsberg (Skog og landskap)

**Epifytter:** Inga E. Bruteig og Marianne Evju (NINA)

**Fauna:** John Atle Kålås (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2011

Brit Lisa Skjelkvåle  
Redaktør



## Innhold

<b>Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2010 .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning .....</b>	<b>15</b>
1.1 Presentasjon av programmene .....	15
1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv .....	16
<b>2. Luft og nedbør .....</b>	<b>18</b>
2.1 Svovel- og nitrogenforbindelser (hovedkomponenter) .....	18
2.1.1 Utslipp .....	18
2.1.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger .....	18
2.1.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger .....	23
2.1.4 Totalavsetning fra luft og nedbør .....	23
2.2 Bakkenær ozon .....	25
2.3 Tungmetaller .....	26
2.3.1 Konsentrasjoner i nedbør .....	26
2.3.2 Konsentrasjoner i luft .....	27
2.4 Organiske miljøgifter .....	28
2.5 Partikler (PM <sub>10</sub> og PM <sub>2,5</sub> ) i luft .....	29
<b>3. Det akvatiske miljøet .....</b>	<b>30</b>
3.1 Effekter på vannkjemi .....	33
3.2 Effekter på akvatisk fauna .....	46
3.2.1 Effekter på bunndyr .....	46
3.2.2 Effekter på krepsdyr .....	53
3.2.3 Effekter på fisk .....	60
3.2.4 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer .....	62
<b>4. Det terrestriske miljøet .....</b>	<b>71</b>
4.1 Effekter på skog .....	74
4.2 Effekter på markvegetasjon .....	77
4.3 Effekter på epifytter .....	80
4.4 Effekter på fauna .....	82
<b>5. Referanser .....</b>	<b>86</b>





## Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2010

### **Det er langt igjen før forsuringproblemet i Norge er løst**

*Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsuringssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringproblemet i Norge er løst. Problemet er avtagende, men fremdeles mottar store deler av Sør-Norge mer forsurende komponenter i nedbør enn naturen greier å ta hånd om uten at det blir negative effekter. Den bedringen vi observerer kan også reverseres og forsinkes av flere typer prosesser, slike som klimatiske endringer og økt utlekking av nitrogen.*

### **Både sulfat og nitrat avtar i nedbør**

*Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 72-90 % fra 1980 til 2010. Nitrogenutslippene går også ned. I Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjonen i nedbør blitt redusert med hhv. 26-46 % og 47-63 % i samme tidsperiode. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Konsentrasjon av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2010 er noe høyere enn i 2009 i Sør-Norge, men avsetningen er lavere pga. relativt lite nedbør.*

### **Nedgangen i sulfat og nitrat i vann og vassdrag fortsetter og forsuringen reduseres**

*Nedgangen i sulfatdeposisjon har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer med 40-80 % fra 1980 til 2010, med de største reduksjonene i den sørlige delen av landet. Nedgangen var tydelig også i 2010. Forsuringssituasjonen i elver og innsjøer har vist en klar bedring siden midten av 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAl, "giftig aluminium").*

### **Den akvatiske faunaen er i ferd med å reetablere seg**

*Vi ser også en bedring i det akvatiske miljøet. Det er begynnende og til dels stabil gjenhenting av bunndyrsamfunn i elvene, mens situasjonen for bunndyr og krepsdyr i innsjøene er mer ustabil. Den klareste forbedringen er registrert i tidligere moderat forsurete vassdrag på Sør-Vestlandet. Forholdene for fisk har blitt bedre etter midten av 1990-tallet. I noen av våre mest forsuringbelastede områder er imidlertid situasjonen for fisk fortsatt alvorlig.*

### **Skogens helsetilstand er i bedring**

*I Norge har kronetettheten hos gran, furu og bjørk økt også i 2010, for tredje året på rad. Kronefargen er omtrent uforandret for gran og furu, mens misfarging økte for bjørk fra 2009 til 2010. For bjørk er det andre året på rad med økt misfarging. Etter noen år med en svekking av skogens helsetilstand, har vi nå de siste tre åra registrert en økende kronetetthet og relativt lite misfarging hos gran og furu i Norge. Selv om det forekommer svingninger regnes skogtilstanden likevel som nokså stabil.*

### **Tilbakegang for plantearter i enkelte områder**

*Det er registrert endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Børgefjell med tilbakegang i mengde av flere karplanter og moser, noe som kan skyldes effekter av gjengroing. I granskog i Paulen er totalt artstall redusert og mange karplantearter og små moser har gått tilbake i mengde, noe som dels kan skyldes påvirkning fra langtransportert forurensning for karplantene, mens klima trolig har hatt størst betydning for endringene i mosesamfunnene. Epifytter på trær i Solhomfjell og Børgefjell viser stabil dekning og redusert skadeomfang, noe som for Solhomfjell kan skyldes redusert forurensningsbelastning. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.*

## **Luft og nedbør**

### *Utslipp*

Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert i Europa med hhv. 61 %, 25 % og 22 % fra 1990 til 2009 (EMEP Status report 1/2010).

Utslippsreduksjonen, spesielt for svovel, er en del høyere om man ser fra 1980, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er referanseåret i Gøteborg-protokollen.

### *Svovel og nitrogen*

Konsentrasjon og avsetning av hovedkomponenter i nedbør i 2010 er gjennomgående noe høyere eller likt foregående år, mens våtavsetningen er noe lavere i 2010 særlig i Sør-Norge pga. relativt lite nedbør. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder mellom 72 % og 90 % (47 % og 79 % fra 1990). I luft er reduksjonene av svoveldioksid, med 1980 som referanseår, beregnet til å være mellom 88 % og 95 % (77 % og 93 % fra 1990), og for sulfat mellom 76 % og 81 % (57 % og 66 % fra 1990).

Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør har blitt redusert mellom 26 % og 46 % siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Fra 1990 har reduksjonen vært i samme størrelsesorden. For ammonium i nedbør har det også vært en signifikant reduksjon fra 1980, mellom 47 % og 63 % ved nesten alle av de samme målestasjonene, mens det har vært en økning ved Tustervatn sannsynligvis pga. økt lokal påvirkning fra landbruksaktivitet. Lignende endringer observeres fra 1990. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium i luft viser en signifikant reduksjon siden 1993 på ca. 50 %. For summen nitrat+salpetersyre var det en ganske tydelig nedgang fra 1990, men de siste årene har konsentrasjonsnivået steget en del, og ingen gjennomgående signifikante trender observeres. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO<sub>2</sub> (33-77 %) på de tre fastlandsstasjonene. Innholdet av basekationet kalsium er redusert ved flere stasjoner.

### *Ozon*

Målingene av bakkenær ozon i Norge viste generelt lave verdier i 2010. Høyeste timemiddelverdi i 2010 var 145 µg/m<sup>3</sup> og ble målt 29. juni på Prestebakke. Dette er ganske lave verdier sammenlignet med EUs grenseverdi på 180 µg/m<sup>3</sup>. Sommeren i Sør-Norge i 2010, uten noen utpregede varmeperioder, bidro til de lave maksimalverdiene for ozon.

Det var heller ingen overskridelser av grenseverdiene for verken vegetasjon (3 måneders AOT40) eller skog (6 måneders AOT40) i 2010. EUs langtidsmål ble ikke brutt i 2010, men dette har blitt overskredet på de fleste stasjoner i løpet av de siste ti årene. Det er vanskelig å identifisere noen langtidstrend i disse parameterne basert på observasjonene alene siden meteorologien er så bestemmende for nivåene fra år til år.

### *Metaller*

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og sink ble målt på stasjonen i Hurdal. Det høye nivået på denne stasjonen skyldes spesielt høye observasjoner i november. Høyest nivå av de andre metallene ble observert på stasjonen i Svanvik i Sør-Varanger grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av kadmium, bly og sink er størst i Sør-Norge, for de andre elementene er det høyest våtavsetning på Svanvik.

Blyinnholdet i nedbør har avtatt med mer enn 90 % siden 1980 med unntak av stasjonen i Svanvik som ikke viser noen trend. Innholdet av sink i nedbør har avtatt med 75 % siden 1980 på stasjonene i Birkenes og Kårvatn, mens kadmiuminnholdet har avtatt med 90 % eller mer

på stasjoner med observasjoner siden 1980. Kvikksølvkonsentrasjonen i nedbør på stasjonene på Lista/Birkenes har blitt redusert med 34 % siden 1990. I luft er det tydelig reduksjon av bly på tidsserien Lista/ Birkenes på 64 % siden 1991. Det er også en reduksjon i luftkonsentrasjonene på flere elementer (As, Cd, Cr og Ni). Middelkonsentrasjonene av kvikksølv i luft viser ingen tydelig trend.

#### *Miljøgifter*

På stasjonen på Birkenes (CAMP) hadde sum HCH, HCB, sum PAH, sum tetraBDE og sum HBCD laveste verdi målt i luft til nå. I nedbør var sum HCH laveste målte verdi til nå. HCB var høyere enn de to siste år, men fortsatt lav, mens sum 7 PCB var ubetydelig høyere.

På Zeppelin-observatoriet (AMAP) ble det observert det laveste årsmiddel siden målingene startet for parameterne sum HCH, sum DDT og sum PCB, mens sum klordaner, sum PAH var blant de laveste målt til nå. HCB var noe høyere enn i 2009, mens sum tetraBDE og sum HBCD hadde nest høyeste årsmiddel til nå.

I 2010 er det i tillegg observasjoner fra ny stasjon på Andøya. For de fleste komponenter har Birkenes høyere verdier enn de nordlige stasjonene på Andøya og Zeppelin. Dette er i overensstemmelse med at Birkenes er nærmere kildene. Det er litt overraskende at nivåene for mange komponenter på Andøya er lavere enn på Zeppelin. Det kan tyde på at disse stasjonene er påvirket av litt ulike kildeområder.

#### *Partikler*

I 2010 var årsmidlet for PM<sub>10</sub> 6,0 µg/m<sup>3</sup> og for PM<sub>2,5</sub> 3,4 µg/m<sup>3</sup>. Årsmidlene for 2010 er uendret i forhold til foregående år og lavere enn gjennomsnittet for perioden 2000-2010. I likhet med tidligere år ble de høyeste PM konsentrasjonene observert på våren. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> var den dominerende enkeltforbindelsen med ca. 15 % av massekonsentrasjonen av PM<sub>10</sub>, fulgt av fraksjonene organisk karbon, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> og sjøsalter. To nye stasjoner med partikkelmålinger ble etablert sommeren 2010 på Kårvatn og Hurdal. Nivåene for PM<sub>2,5</sub> er relativt like Birkenes, mens grovfraksjonen er en del høyere på Birkenes.

#### **Vannkjemi**

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer fra 40-80 % fra 1980 til 2010, med de største nedgangene i den sørlige delen av landet. Nedgang i sulfat flatet noe ut fra 2001 til 2006. Perioden 2007-2010 viser de laveste konsentrasjonene i sulfat som er registrert gjennom hele overvåkingsperioden og at det fortsatt er en nedadgående trend. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar bedring siden begynnelsen av 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH samt nedgang i uorganisk aluminium (LAI, "giftig aluminium"). Bedringen i forsuringssituasjonen har vært mest markert i de sterkest forsurede områdene på Sørlandet og noe mindre markert på Vestlandet og Østlandet. Også Midt-Norge og Nord-Norge, som har svært lav forurensningsbelastning, og Øst-Finnmark, som er påvirket av industriutslipp på Kola, har vist en positiv utvikling.

Nitrat viser nedgang i alle regioner av landet. Det er imidlertid store årsvariasjoner i nitrat. 2009 hadde de laveste nitratkonsentrasjonene hittil i måleperioden. I 2010 var det igjen en liten økning.

I 2006 var det en markert økning i kalsium som ga utslag i en tilsvarende markert økning i ANC. I 2007-2009 var det igjen en liten nedgang i kalsium som medførte at også ANC avtok.

I 2010 ser vi igjen en økning i både ANC og kalsium. Sett under ett, viser ANC klart økende verdier gjennom overvåkingsperioden.

pH har vist en jevn økning gjennom hele overvåkingsperioden, men det er relativt store år-til-år svingninger. 2010 viser de mest positive pH-verdier som hittil er registrert.

Uorganisk aluminium viste nær uendret konsentrasjonsnivå fra 2001 til 2007. Dette er interessant fordi nivået av aluminium er kritisk for biologien, og dermed også for den biologiske gjenhenting som følges i den biologiske delen av overvåkingsprogrammet. I 2008 observerte vi en ny nedgang i labilt Al, og konsentrasjonene for labilt Al i 2010 er de laveste som hittil er registrert i overvåkingen.

Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001, har flatet noe ut. De høyeste gjennomsnittsverdiene registrert så langt i overvåkingen ble imidlertid observert i 2006, mens 2007 til 2010 har omtrent samme nivå (og noe lavere enn i 2006).

I Øst-Finnmark så vi en markert økning i Ni- og Cu-konsentrasjoner i vann fra 2003 til 2004. Dette er en sannsynlig respons på den økte deponeringen av Ni i området. Konsentrasjonsnivået av Cu og Ni har vært stabilt (høyt) siden 2004.

## **Akvatisk fauna**

### *Invertebrater*

Overvåkingen av bunndyr i elver viser at skadene på faunaen har avtatt i løpet av de siste 20 årene. Den forbedrede tilstanden vises både ved økt mangfold og ved økte andeler av forsuringfølsomme bunndyr i tidligere kronisk sure lokaliteter. Det er først og fremst lokaliteter i de mest forsurete områdene i sørvest som er blitt bedre i denne perioden. Det biologiske mangfoldet i 2010 er ennå lavt sammenlignet med hva man kan forvente for ikke-forsurete lokaliteter. Rekoloniseringen av den mest følsomme faunaen er fremdeles ustabil, og det er i de senere år en tendens til stagnasjon av den positive utviklingen. Overvåkingen viser at skadene på bunndyrfaunaen oftest er størst om våren. Den sørligste lokaliteten, i Farsund kommune, er et eksempel på dette med sporadisk tilstedeværelse av de mest følsomme bunndyrartene om høsten, slik som i 2010. Vikedal og Gaular viste tegn til forbedring sammenlignet med foregående år, mens situasjonen i Ognå var uendret.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkrepser startet i 1996. Overvåkingsdataene fra 2010 indikerer at forsuringssituasjonen fremdeles er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (klassifisert som moderat til sterkt forsuringsskadet), men at det nå er en klar, om enn liten, positiv utvikling i økologisk tilstand i enkelte innsjøer, spesielt i Sørlandet-Vest (region V). Innsjøene i Øst-Finnmark har en økologisk tilstand som viser relativt store år-til-år variasjoner, noe som kan skyldes andre forhold enn forsuring. For de øvrige regionene er det kun et fåtall innsjøer som har vært fulgt over tid og det er derfor vanskelig å ha noen formening om utviklingen i forsuringstilstanden. Krepserundersøkelsene indikerer at miljøforholdene i 2010 var relativt gunstige. Artsantall og andel forsuringfølsomme arter i mange av innsjøene var blant de høyeste som er registrert i løpet av 15 år med overvåking. Totalt sett er imidlertid endringene små over de årene overvåkingen har pågått. Selv om enkelte av innsjøene som overvåkes årlig viser indikasjoner på en positiv utvikling, er mengden av forsuringfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile. Resultatene viser at vannkvaliteten i mange forsurete innsjøer fremdeles er dårlig for overlevelse og reproduksjon hos forsuringfølsomme invertebrater. Det forventes at biologisk

gjenhenting tar vesentlig lengre tid for innsjøene enn for elvene, og selv når vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende kan det ta flere år før en klar biologisk respons observeres.

### *Fisk*

Fisken i norske vassdrag er i betydelig grad berørt av forurensning, og pr. 1990 var det henholdsvis rundt 9 600 tapte og 5 400 skadde innsjølevende bestander. Beregningene er basert på lokaliteter over 3,0 hektar. Aure var hardest rammet, med rundt 8 200 tapte og 3 900 skadde bestander. Videre er nærmere 1 900 abborbestander enten blitt skadet eller gått tapt, mens tilsvarende tall samlet for røye, mort, ørekyt og gjedde er 1 110 bestander.

Fisk viser nå en positiv bestandsutviklingen i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (region V), Vestlandet-Sør (region VI) og Øst-Finnmark (region X). I Sør-Norge er enkelte fiskebestander fortsatt tynne, noe som trolig skyldes forurensning. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i mange innsjøer der de stedege bestandene er tapt. I de mest forurensningsbelastede områdene er derfor situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. I tilløpsbekker til innsjøer i både Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i Rogaland har det vært en klar økning i tettheten av aureunger i løpet av de siste 15 åra. I Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane har rekrutteringen hos aure vært mer ustabil, men også her har det vært en positiv utvikling i seinere år. Midt-Norge og nordover har gode fiskebestander uten skader, kanskje bortsett fra noen små områder på Jarfjordfjellet i Øst-Finnmark.

## **Terrestrisk miljø**

### *Skog*

I årene fra 2004 til 2007 avtok kronetettheten for både gran, furu og bjørk etter en relativt stabil periode på slutten av 1990-tallet med en økning frem til år 2004. I perioden 2008 til 2010 ble det igjen registrert økende kronetetthet for alle de overvåkede treslagene. For kronefarge har tilstanden vært nokså stabil for gran og furu de siste fire åra med relativt lite misfarging. Etter en kraftig økning i andelen normalt grønne bjørketrær fra 2006 til 2008, har denne andelen gått ned igjen de to siste årene til omtrent samme nivå som i 2006. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sjukdommer (eksempelvis ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp- og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg til eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. I fremtiden vil eventuelle utslag av et endret klima trolig spille en større rolle. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene ligger likevel innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

### *Terrestrisk flora og fauna*

I 2010 ble markvegetasjonen undersøkt i overvåkingsområdene i Børgefjell nasjonalpark (Nord-Trøndelag) og Paulen naturreservat (Vest-Agder). Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Børgefjell viser en utvikling mot en som er typisk for fattigere og tørrere voksesteder, med tilbakegang for både en del karplantearter og mosearter, men framgang for noen lyngarter. Disse endringene kan ha sammenheng med gjengroing som følge av redusert beitetrykk. Det er ikke grunnlag for å tro at observerte endringer har sammenheng med noen påvirkning fra langtransportert forurensning. I granskogsflatene i Paulen er det blitt mindre av mange karplanter, både i løpet av siste femårsperiode og i 20-årsperioden siden overvåkingen startet. Selv om tilførsel av langtransportert forurensning har

avtatt mye siden 1980-tallet, ligger Paulen i en del av landet med mest påvirkning av forurensning. Forurensning kan ha bidratt til utviklingen for karplanter, men siden noen karplanter med små krav til pH og næringsinnhold i jorda også er redusert, er det trolig også andre årsaksfaktorer som har bidratt til utviklingen. Det er også blitt mindre av endel mosearter, spesielt levermoser og små bladmoser. Gjennomsnittlig antall arter pr. flate var lavere i 2010 enn i 2005 for alle artsgrupper.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Kartlegging av epifyttfloraen i Solhomfjell og Børgefjell viste stabil dekningen av lav, samt redusert skadeomfang. Disse endringene er konsistente med lavere svovelnedfall og et mildt klima med lengre vekstsesong de siste tiårene.

Fuglefaunaen i TOV-områdene viser ikke observerbare effekter av langtransporterte eller lokale forurensninger. Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser generelt god produksjon også i de forurensete områdene i Sør-Norge, selv om produksjonen varierer en god del på grunn av fluktuasjoner i næringsgrunnlaget. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastete områder enn i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlige som i nordlige områder. De siste få årene har det vært en nedgang i spurvefuglbestandene og dårlig klekkesuksess for svarthvit fluesnapper i flere av fjellområdene, trolig på grunn av ugunstig vær i deler av hekkesesongen.

## Summary

### About the monitoring programmes

This report covers the main results for 2010 from three national monitoring programmes “Monitoring of long-range transboundary air pollution”, “Monitoring programme for forest damage” (OPS) and “Programme for terrestrial ecosystem monitoring” (TOV). These three programmes organize extensive monitoring of air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

### Air and precipitation

The concentration in precipitation of main ions in precipitation in 2010 is somewhat above the level in 2009, but the deposition is lower especially in Southern Norway due to relatively little precipitation amount.

Since 1980 the content of sulphate in precipitation at various sites has decreased by 72-90% (47-79% since 1990). Similar reductions in airborne concentrations were between 88%-95% (81-93% since 1990) and 76-81% (47-79% since 1990) for sulphur dioxide and sulphate, respectively. The nitrate and ammonium concentrations in precipitation have decreased significantly at most sites in southern Norway since 1980, between 26% and 46% reduction for nitrate and 47% to 63% for ammonium. There is also a decrease in observed ammonium concentrations in air, about 50% since 1993, but no significant trend in the sum of nitrate in air. The NO<sub>2</sub> concentration has decreased between 33-77%.

The concentrations of ground-level ozone in 2010 are relatively low compared to the exceedence level defined by EU (180 µg/m<sup>3</sup>). The maximum hourly average in 2010 was 145 µg/m<sup>3</sup> measured at Sandve. There were no exceedences of the threshold values for accumulated ozone exposure to crops (3 months AOT40) or to forest (6 months AOT40).

The highest annual mean concentrations of lead and zinc were highest in South Norway, for the other elements measured in precipitation the highest levels were seen in Sør-Varanger (Svanvik) due to emissions in Russia. The wet deposition, however, is generally highest in Southern Norway. The concentration of lead in precipitation has decreased more than 90% since 1980, except at Svanvik. The concentration of zinc in precipitation has decreased with 75% at Birkenes and Kårvatn since 1980, while cadmium has decreased more than 90%. The air concentrations of lead show a decrease in Southern Norway of 64% since 1991, a decrease is also seen in the As, Cd, Cr and Ni air concentrations. There is no significant trend in the average observed concentrations of mercury in air, but a reduction of 34% is seen in the precipitation in south of Norway.

At Birkenes (CAMP) the following parameters had the lowest values measured until now: sum HCHs, HCB, sum PAHs, sum tetraBDEs and sum HBCDs in air. In deposition the HCB level was higher than the last two years, but still low while sum PCBs was slightly higher. At the Zeppelin Observatory the following parameters had the lowest values measured until now: sum HCHs, sum DDTs and sum PCBs, while sum chlordanes and sum PAHs were among the lowest values measured until now. Sum tetraBDEs and sum HBCDs had the second highest annual mean until now.

From year 2010 there are additional observations from a new station at Andøya. For most parameters the level at Birkenes is higher than the northern stations Andøya and the Zeppelin Observatory, as expected since Birkenes is located closer to the sources. Somewhat

surprisingly, several parameters have lower levels at Andøya than observed at the Zeppelin Observatory. This may indicate that the stations are influenced by different source areas.

In 2010, the annual mean concentration of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> was 6.0 µg m<sup>-3</sup> and 3,4 µg m<sup>-3</sup> respectively. The annual mean concentrations are similar as in 2009, but lower than the average for the period 2000-2010. New sites at Kårvatn and Hurdal from the summer 2010 shows similar level of PM<sub>2.5</sub> as Birkenes, but the coarse fraction of PM<sub>10</sub> is higher at Birkenes.

## **Water**

The decrease in sulphur deposition has caused a decrease in the concentration of sulphate in surface waters in Norway by approx. 40-80% from 1980 to 2010. From 2001 to 2006 there was only a slight decrease in sulphate, but 2008 to 2010 showed the lowest concentrations of sulphate registered so far in the monitoring and that there is still a decreasing trend. There has also been a decrease in nitrate, although much smaller than the decrease in sulphate, in all parts of Norway. As a response to the decrease in sulphate (and nitrate), the acidification situation in lakes and rivers showed a clear improvement in the 1990s with increase in pH and ANC (Acid Neutralizing Capacity) and a decrease in inorganic (toxic) aluminium. In 2010 the highest average value for pH and the lowest average values for inorganic aluminium were registered. The improvements have been most pronounced in southernmost Norway, and somewhat less pronounced in western and eastern parts of the country. Even the less affected areas in central and northern Norway, and the areas close to the Russian border influenced by pollution from the Kola Peninsula, have shown a positive development in surface water chemistry related to acidification. The increase in total organic carbon (TOC) from 1989 to 2001 has levelled out up to 2007. The highest concentrations of TOC registered so far were in 2006, but the overall pattern is still increasing trends in TOC.

In eastern part of Finnmark there was an increase in Ni-concentrations in the lakes from 2003 to 2004, most probably due to the increased emissions from the Ni-smelter on the Russian side, and the increased deposition of Ni in the area.

## **Aquatic fauna**

### *Invertebrates*

The invertebrate monitoring in rivers demonstrate that acidification damages generally have decreased during the last two decades. This biodiversity has increased, acid-sensitive invertebrates show increased distribution and are now occupying areas which earlier were damaged. The southernmost locality, Farsund, gives an example to this. In 2010 the highly acid sensitive mayfly *Baetis rhodani* was recorded in several localities in this watershed. The populations are however unstable, probably as a result of strong sea-salt episodes during the winter.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2010) confirm the general trend that watersheds in southernmost Norway are more damaged than those situated further north and in the central mountain areas of Southern Norway. Monitoring of microcrustaceans indicates that the water quality was relatively good in 2010. Some acidified lakes, especially in the south-western part of Norway, show signs of slight improvements during the last years, with increased presence of acid-sensitive fauna and increased biodiversity. Biological recovery of lake communities are, however, still weak and unstable and therefore the ecological status of most lakes are unchanged. For some few sites the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes. However, many acidified lakes are still too toxic to support biological



recovery. Furthermore, the recovery time is generally longer for lake invertebrates than for river invertebrates.

### *Fish*

The current status of fish populations in Norwegian lakes greater than 3.0 ha have been assessed in relation to effects of acidification during recent years. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish were per 1990 estimated to be about 9 600 and 5 400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total loss of 8 200 stocks. Lakes in southernmost Norway (Agder Counties) have suffered the highest damage with about 5 000 lost brown trout stocks. Test-fishing with gill nets in lakes throughout Norway, indicate an increase in fish abundance in most areas. However, in the most damaged areas in southernmost Norway fish populations may still be low in abundance, which can be due to acidification. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in south-western Norway (Rogaland County) has increased significantly since the mid 1990s. Correspondingly, the density of young brown trout in Gaular watershed in western Norway has been more unstable. However, there has been an increase in abundance in recent years.

## **Terrestrial ecosystems**

### *Forest*

In the years from 2004 until 2007, crown density for Norway spruce, Scots pine and birch was slightly reduced after a stable period followed by some years of improvement from the late 1990s until the year 2004. In the period 2008 to 2010, crown density improved again for all monitored tree species. Crown colour has been relatively stable for Norway spruce and Scotch pine the last four years with only small amounts of discolouring for all the observed trees. After a decrease in discolouration for birch from 2006-2008, a considerable worsening of crown colour was again observed the last two years. Crown condition is determined by a number of factors and stresses, such as age, diseases (e.g. various fungi), growth conditions and climatic stress (drought and frost). When trees show signs of poor health, this is often due to an interaction of some of these natural causes. The varying crown condition we have seen in the last years has mainly been due to a combination of climatic stress to the trees and favourable climatic conditions for fungi and insects. Effects of air pollutants may come in addition to or interaction with these factors. The effect of pollutants on forest condition has been small compared with other factors and thus hard to estimate. In the future, effects of climate change may play a larger role. Results from ecological investigations on the intensive monitoring plots suggest that the forest environment in general is stable, although there have been large fluctuations from year to year in some measurements. However, these fluctuations are probably within the normal range of variation for boreal coniferous forests.

### *Terrestrial flora and fauna*

In 2010 the ground vegetation was investigated in the monitoring sites in Børgefjell National Park (Nord-Trøndelag County) and Paulen Nature Reserve (Vest-Agder County). Observed changes in the ground vegetation of birch forest in Børgefjell indicate a development towards a vegetation characteristic of poorer and drier growth conditions, with a decrease in the amount of several vascular plant and bryophyte species, but an increase for a few dwarf shrub species. These changes may be related to denser vegetation due to reduced grazing pressure. There is no reason to believe that observed changes are related to any influence from transboundary pollution. In the monitoring plots in spruce forest in Paulen many vascular plants decreased in abundance from 2005 to 2010 and from 1990 to 2010. In spite of the reduced deposition of transboundary pollutants since around 1980, Paulen is located in a part

of Norway with the greatest amounts of such pollutants. Thus pollution may have contributed to the decline of some vascular plants. However, since some vascular plants not depending on high pH or nutrient-rich soils also decreased in abundance, indicate that other factors probably also have contributed to the decline. Several bryophytes, especially some hepatics and small mosses, also decreased in abundance. The average number of species per plot for all species groups was lower in 2010 than in 2005.

Surveys of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show clear relationships between lichen cover and damage status and deposition patterns of pollutants, with the lowest cover and highest damage frequency in the southernmost sites. The epiphytic flora of the monitoring sites in Solhomfjell and Børgfjell shows a stable level in the cover of lichens as well as a decreasing damage frequency. These changes may be linked to effects of reduced sulphur deposition and a milder and moister climate during the last few decades.

The bird fauna of the monitoring sites does not show observable effects of long-range or local pollution. Golden eagles and gyrfalcons at the monitoring sites exhibited similar patterns of production at southern polluted sites compared to northern sites, although with considerable variability due to fluctuations in their food supply. There is no indication that population variation in passerine birds is significantly different in southern compared to northern sites. Hatching success of pied flycatchers has also been at comparable levels in southern and northern sites for several years. During the last few years passerine bird populations have decreased somewhat and pied flycatchers have had lower hatching success in several of the mountain areas monitored, probably due to harsh weather in parts of the nesting season.

## 1. Innledning

I Norge er det i dag tre statlige overvåkingsprogrammer som overvåker effekter av langtransporterte forurensninger på økosystemer; ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, ”Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og ”Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord og skog samt akvatisk og terrestrisk fauna. Dette er store og arbeidskrevende programmer hvor mange norske forskningsmiljøer er involvert. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre.

Vi ønsker her å gi en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne sammendragsrapporten baserer seg på (se kapittel 5).

Felles for alle overvåkingsprogrammene er en målsetning om at resultatene skal brukes for å vurdere behovet for tiltak og å vurdere virkninger av tiltak. Overvåkingen skal dessuten gi en oversikt over forurensningssituasjonen og nødvendig kunnskap om generelle forurensningsproblemer, og er i mange tilfeller et ledd i internasjonale avtaler som Norge har underskrevet. Overvåkingen gjennomføres for å kunne:

- treffe beslutninger om tiltak nasjonalt
- dokumentere effekter av internasjonale avtaler
- dokumentere behov for ytterligere tiltak internasjonalt og styrking av avtalene
- vurdere behov for og eventuelt omfang av reparerende tiltak
- gi grunnlag for informasjon generelt til politikere, myndigheter og publikum

### 1.1 Presentasjon av programmene

#### **Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør**

Programmet for ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” startet i 1980 i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) (i dag Klima- og forurensningsdirektoratet, Klif) etter avslutningen av forskningsprosjektet ”Sur nedbørs virkning på skog og fisk” (SNSF-prosjektet). Formålet til ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” er blant annet å klarlegge endringer i luft, vannkjemi og jord relatert til langtransporterte luftforurensninger over tid og hvilken virkning dette har på akvatisk fauna (bunndyr, krepsdyr og fisk). Klif har hovedansvaret for koordineringen av overvåkingsprogrammet og administrerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og den vannkjemiske overvåkingen. Direktoratet for naturforvaltning (DN) administrerer den biologiske delen. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkjemi), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser) og LFI, Uni Miljø (bunndyrundersøkelser).

### **Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)**

Landbruks- og matdepartementet er oppdragsgiver og finansierer ”Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS), som ble opprettet i 1985. Formålet til OPS er blant annet å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Programmet blir utført av NILU (atmosfæriske tilførsler) og Skog og landskap med landsrepresentative undersøkelser av skogtilstanden og av skogøkologiske undersøkelser på ICP Forests intensivflater. Skog og landskap koordinerer OPS.

### **Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)**

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) ble startet av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i 1990 for å belyse effektene av langtransporterte forurensninger på representative terrestriske økosystemer i norsk natur. Programmet omfatter studier av effekter av forsuring, nitrogengjødsling, metaller og organiske miljøgifter. Det foregår dels som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder og dels i form av landsomfattende og regionale kartlegginger av status for noen biologiske forurensningsindikatorer. DN står for finansiering av TOV og har støttet seg til et fagråd i utviklingen og gjennomføringen av programmet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er lagt til NINA (markvegetasjon i bjørkeskog, epifyttisk vegetasjon, fauna, miljøgifter i næringskjeder) og Universitet i Oslo (vegetasjon i barskog i Solhomfjell). Fra og med 2001 er TOV generelt orientert mot effekter av ulike påvirkningsfaktorer på biologisk mangfold.

I 1988 etablerte Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (fra 2006 Norsk institutt for skog og landskap) vegetasjonsovervåking i granskog. Siden 2001 er resultatene fra denne vegetasjonsovervåkingen og fra TOVs vegetasjonsovervåking i bjørkeskog (barskog i Solhomfjell) i økende grad sett i sammenheng. Fra 2005 har DN bidratt med midler til videreføring av vegetasjonsovervåkingen i granskog, og fra 2007 er resultatene fra både bjørkeskog og granskog presentert i samme rapport.

## **1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv**

Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene er et viktig redskap for norske forvaltningsmyndigheter til å holde en oversikt over naturtilstanden i Norge og hvordan den påvirkes/endres av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes imidlertid også til å oppfylle Norges forpliktelser i de internasjonale avtalene under “Konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger” (CLRTAP Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) som ble etablert i 1979. CLRTAP er en rammeavtale som har til formål å verne mennesker og miljø mot luftforurensning. Konkrete forpliktelser om utslippsreduksjoner er nedfelt i protokoller. I dag finnes det syv protokoller under konvensjonen som regulerer utslipp. Årstallene i parentes viser når protokollen ble undertegnet;

1. **Nitrogenprotokollen (1988)** forplikter landene til å redusere sine NO<sub>x</sub>-utslipp til 1987-nivå.
2. **VOC-protokollen (1991)** forplikter landene til å redusere utslippene av flyktige organiske komponenter (VOC) med 30 % relatert til 1988 (eller et valgfritt år mellom 1984 og 1990).
3. **Svovelprotokollen (1985)** forplikter landene til å redusere utslippene av svovel med 30 %

4. **Den 2. Svovelprotokollen (1994)** forplikter landene til å redusere sine utslipp av svovel slik at overskridelsen av tålegrensen for tilførsler av svovel reduseres med minst 60 % relativt til 1980-nivå. Denne protokollen erstatter den 1. Svovelprotokollen.
5. **Tungmetallprotokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av tungmetaller (Pb, Hg, Cd) til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
6. **POP-protokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av et utvalg (ca. 20) persistente organiske forbindelser (POP) i forhold til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
7. **Multi-effekt/multi-forurensningprotokollen (Gøteborg-protokollen) (1999)** tar for seg forsuring, eutrofiering og bakkenær ozon som forårsakes av utslipp av svovel, nitrogenoksider, ammonium og flyktige organiske komponenter (VOC).

Gjennom protokollene forplikter landene seg til å overvåke utslipp, tilførsler og effekter av langtransporterte forurensninger. Alle aktivitetene er organisert i samarbeidsprogrammer hvor programsentre er ansvarlig for samordning og rapportering av data fra alle deltagende land. Et program omhandler registrering av utslipp, overvåking av luft- og nedbørkjemi samt modellering av hvordan luftforurensninger beveger seg (Det europeiske måle- og evalueringsprogrammet for langtransporterte forurensninger - EMEP). I tillegg finnes syv forskjellige programmer (International cooperative programmes - ICPs) som omhandler effekter; vann (ICP Waters), skog (ICP Forests), økosystem struktur (ICP Integrated Monitoring), vegetasjon (ICP Vegetation), materialer (ICP Materials), tålegrenser (ICP Modelling and Mapping) og menneskelig helse (Joint TF on Human health (sammen med WHO)).

Norge bidrar aktivt innen de fleste av disse programmene, både med data og med faglig ekspertise. Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", OPS og TOV bidrar til å oppfylle de norske forpliktelsene om å overvåke effektene av de forskjellige protokollene. Data fra programmene blir rapportert direkte til EMEP og ICP-ene hvor de blir bearbeidet og rapportert sammen med data fra andre europeiske og nord-amerikanske land.

## 2. Luft og nedbør

Den atmosfæriske tilførselen av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske forbindelser i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbør, og ved tørravsetning av gasser og partikler. Målet for overvåking av luftens og nedbørens kjemiske sammensetning på norske bakgrunnsstasjoner er å registrere nivåer og eventuelle endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger. Bakgrunnsstasjonene er derfor plassert slik at de er minst mulig påvirket av nærliggende utslippskilder. NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlign nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnett og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2010 utført døgnlign ved kun en stasjon (Birkenes) og på ukebasis ved 14 stasjoner (*Figur 1*). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på fire stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt seks stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på åtte stasjoner. Partikkelmålinger av PM10 og PM2.5 er utført på tre stasjoner, der partikkelmasse og organisk og elementært karbon (OC og EC) er bestemt. Organiske miljøgifter og tungmetaller i luft er bestemt på tre stasjoner og en stasjon med nedbørprøvetaking av organiske miljøgifter. I tillegg måles det tungmetaller i luft på Svanvik, men dette rapporteres nærmere i rapporten for Norge-Russland programmet (Berglen *et al.* 2011).

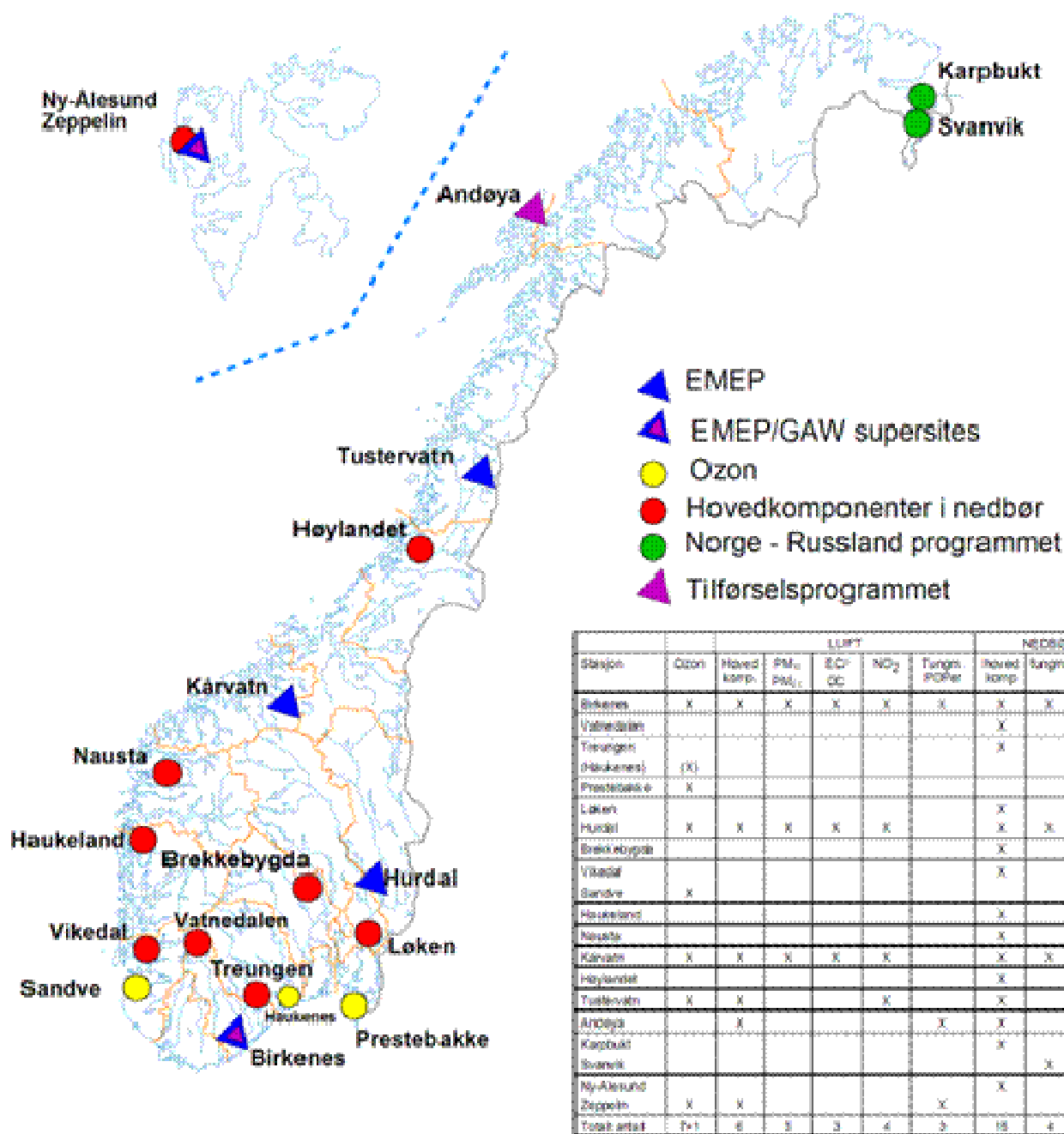
### 2.1 Svovel- og nitrogenforbindelser (hovedkomponenter)

#### 2.1.1 Utslipp

Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider, men siden 1980 har utslippene av spesielt svovel blitt redusert signifikant pga internasjonale avtaler (kapittel 1.2). Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert med hhv. 61 %, 25 % og 22 % fra 1990 til 2008 (EMEP Status Report 1/2010). Utslippsreduksjonen, spesielt for svovel, er en del høyere om man ser fra 1980, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er referanseåret man bruker i Gøteborg-protokollen. Målsetningen er å redusere svovelutslippene med 63 % innen år 2010 sammenlignet med 1990. Utslippene av nitrogenoksider og ammoniakk skal reduseres med henholdsvis 41 % og 17 %. Gøteborg-protokollen er under revisjon, og nye utslippskrav inklusiv partikkelmasse er ventet.

#### 2.1.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

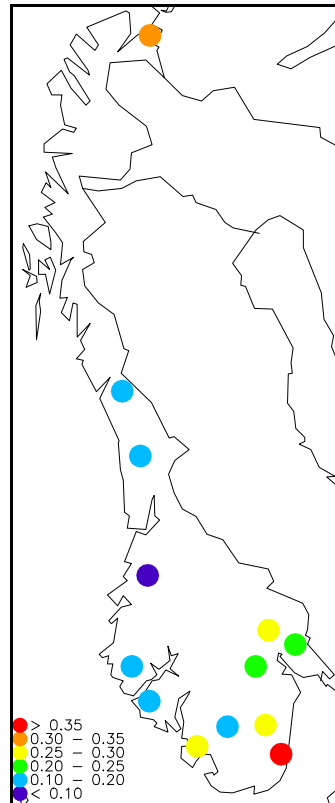
Ioneinnholdet utenom sjøsalter i nedbør avtar nordover fra Sør-Norge og er minst i fylkene fra Møre og Romsdal til Troms. De høyeste årsmiddelkonsentrasjonene for de fleste hovedkomponentene ble i 2010 målt på Birkenes. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre var størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i *Figur 2*.



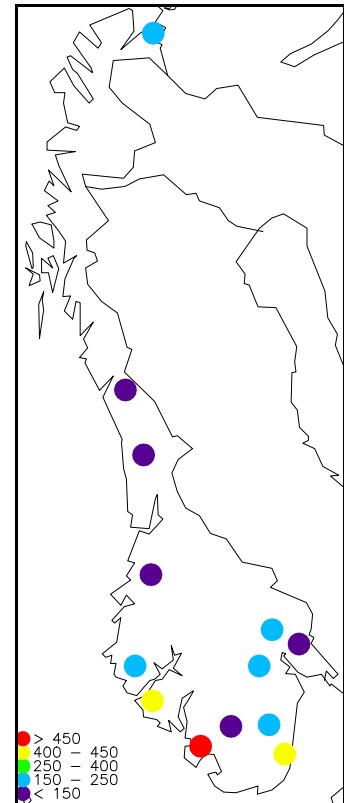
Figur 1. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkener ozon i 2010.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2010.

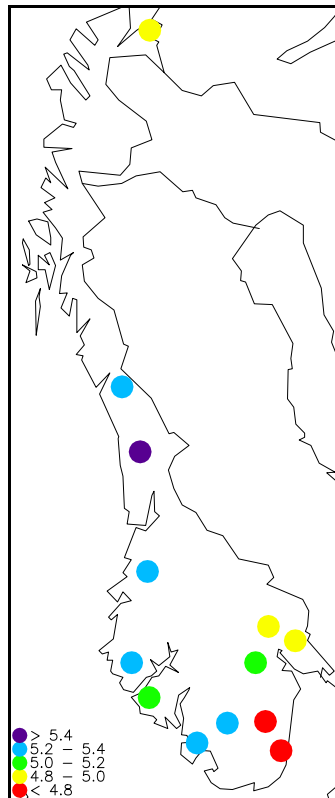
Sulfat –  
konsentrasjoner  
i nedbør 2010  
mg S/l



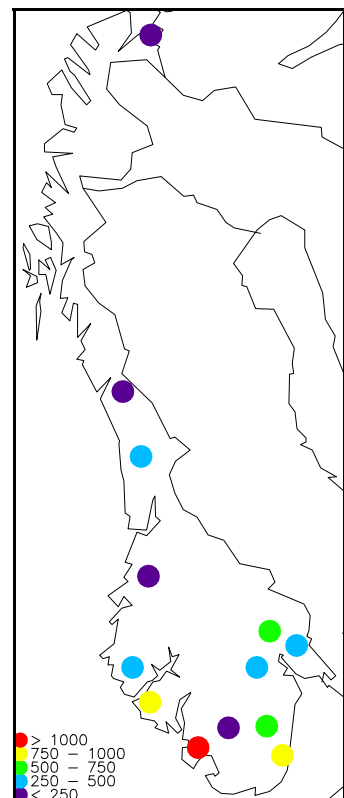
Sulfat –  
våtavsetning i  
nedbør 2010  
mg S/m<sup>2</sup>



pH  
middelverdier  
2010



Sum nitrat og  
ammonium  
avsetning  
2010  
mg N/m<sup>2</sup>



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2010.

Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and pH, and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2010.

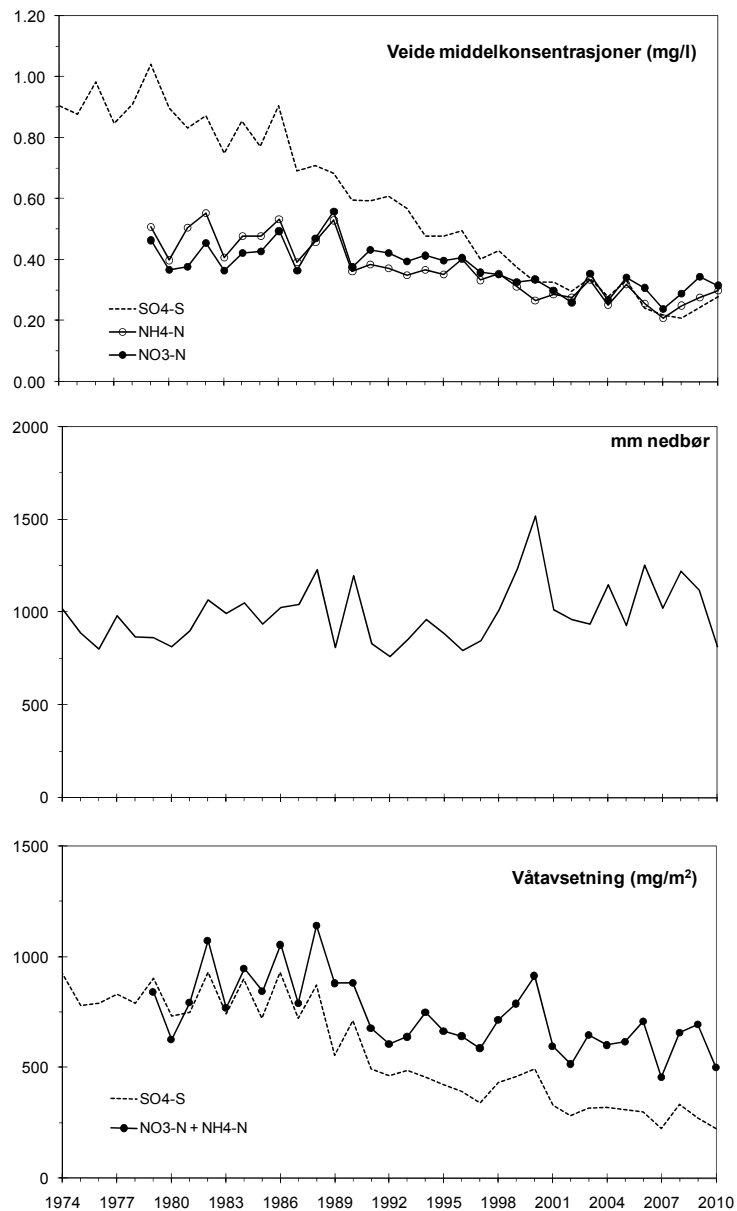


Det er ikke noen klar generell sesongvariasjon, men den høyeste avsetningen tenderer å komme på vårparten. Avsetningen er varierende fra stasjon til stasjon og gjenspeiler ofte nedbørvariasjonen. I 2010 var det en spesiell episode pga vulkanutslipp fra Eyjafjallajökull på Island som begynte å være aktiv i slutten av mars. Det var noe bekymring for at utslippet ville føre til en økt sulfatavsetning i Norge, og alle nedbørstasjonene gikk over til døgnlige prøvetaking i denne perioden for å bedre fange opp eventuelle episoder. Men det ser ikke ut til at disse utslippene har hatt stor påvirkning. Det er et par episoder i april på flere stasjoner, men disse episodene har relativt liten innvirkning på månedsmiddelkonsentrasjon og avsetning i april.

Konsentrasjonene av sulfat, ammonium og nitrat, i 2010 var gjennomgående noe høyere eller på samme nivå som foregående år. Våtavsetningen for de fleste komponenter er derimot noe lavere i 2010 enn for 2009 i Sør-Norge pga relativt lite nedbør i 2010. Lenger nord er det en økning i avsetning. Dette er i overensstemmelse med endringer i nedbørmengde. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene. *Figur 3* viser veide gjennomsnittsverdier for fem representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold. Innholdet av nitrat og ammonium viser også en nedadgående trend.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. I perioden 1980-2010 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 72 % og 90 %, fra 1990 mellom 47 % og 79 % reduksjon.

Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Reduksjonene har vært på mellom 26 % og 46 %. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene utenom Vatnedalen og Kårvatn. Reduksjonen har vært større enn for nitrat, mellom 47 % og 63 %. Det har vært en økning av ammoniumkonsentrasjonen på Tustervatn, sannsynligvis pga økt lokal landbruksaktivitet. Nitrogentrendene er signifikante også fra 1990, men noe lavere reduksjoner enn sammenlignet med 1980. Basekationer (representert ved kalsium) har også hatt en signifikant reduksjon på flere stasjoner.



Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2010 for fem representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.

Figure 3. Annual mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen from 1973 to 2010 based on five representative sites in Southern Norway.

### 2.1.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

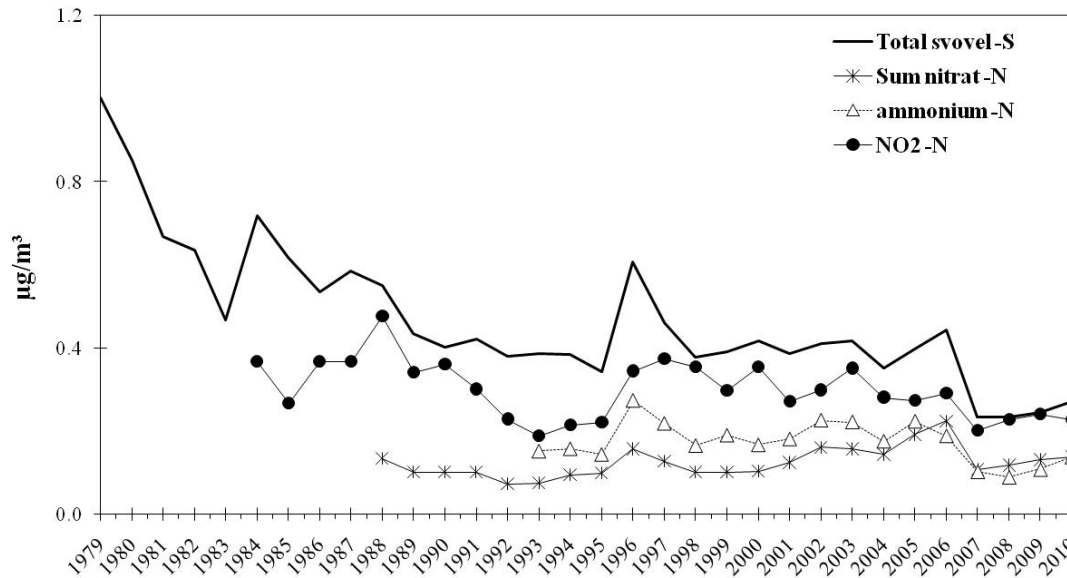
Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest på Birkenes med  $0,12 \mu\text{g S/m}^3$ , og den nye stasjonen på Andøya viser relativt høye konsentrasjoner på  $0,11 \mu\text{g S/m}^3$ . Høyeste døgnmidlet ble målt på Tustervatn med  $4,0 \mu\text{g S/m}^3$  30. januar 2010, og trajektoriene for denne dagen viser også at luftmassene kommer fra Øst-Europa. Som for nedbør, er det observert noen enkelte episoder av svoveldioksid i april pga vulkaneksplosjonen på Eyjafjallajökull. Disse episodene er ikke på høyde med maksepisodene som beskrevet over. Hvis man ser på effekten vulkanutslippet har på middelverdien, ser man en noe forhøyning på langtidstrender for april for stasjoner med meget lave verdier generelt (Kårvatn og Tustervatn), men ikke på Birkenes med moderate nivåer.

Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Birkenes ( $0,29 \mu\text{g S/m}^3$ ). Også for sulfat viser Andøya et relativt høyt nivå sammenlignet med andre stasjoner i nord ( $0,20 \mu\text{g S/m}^3$ ). Den høyeste episoden ble observert på Birkenes 16. januar ( $1,71 \mu\text{g S/m}^3$ ) hvor trajektoriene viser at luften kommer fra Polen. Høyest  $\text{NO}_2$ -nivå observeres på Hurdal med årsmiddel på  $0,66 \mu\text{g N/m}^3$ . Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Den høyeste døgnmiddelverdien av  $\text{NO}_2$  ble også målt på Hurdal ( $7,0 \mu\text{g N/m}^3$ ) 24. februar. Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" og for ammonium hadde Birkenes med hhv.  $0,23 \mu\text{g N/m}^3$  og  $0,20 \mu\text{g N/m}^3$ . Pga problemer med kontaminering og høye blindverdier av ammoniakk på filterprøvene, er det valgt å rapportere kun ammoniumverdier for 2010 og ikke sum ammonium+ammoniakk som tidligere.

Reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår, er beregnet til å være mellom 88 % og 95 % (77-93 % fra 1990), og for sulfat mellom 76 % og 81 % (57-66 % fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium viser en signifikant reduksjon på 50 % siden 1993, før dette ble ikke målingene av redusert nitrogen splittet opp i ammonium og ammoniakk. Summen nitrat+salpetersyre i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for  $\text{NO}_2$  på flere av stasjonene, *Figur 4*.

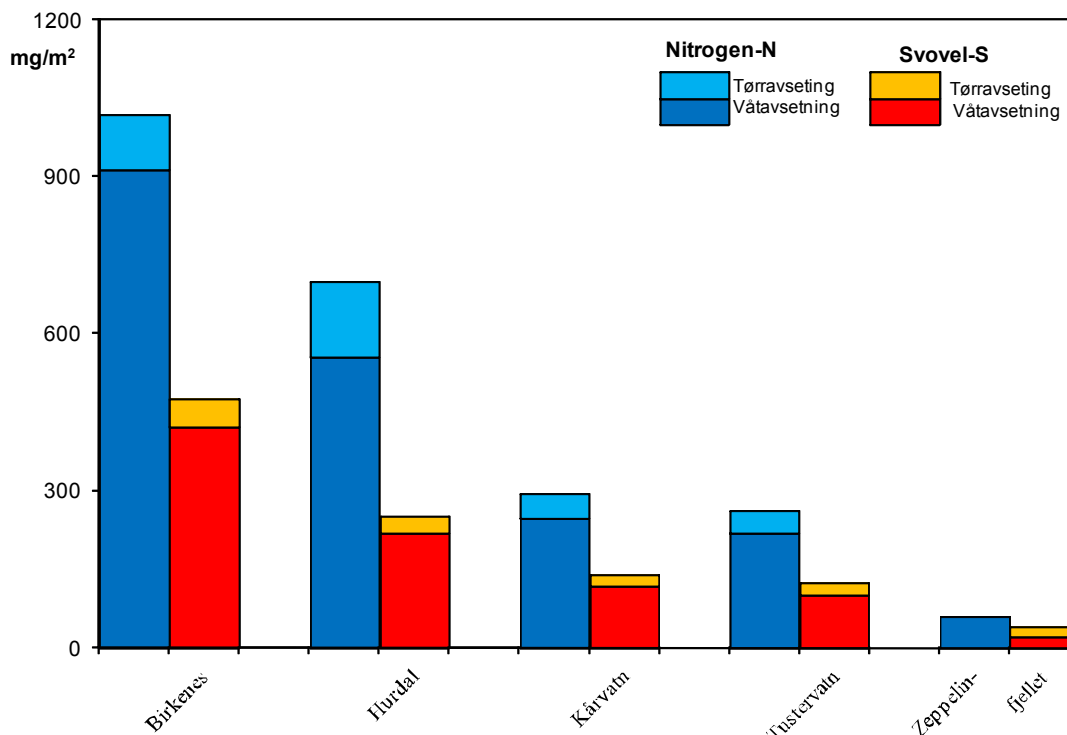
### 2.1.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

*Figur 5* viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetning var 13-16 % om sommeren og 7-32 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren. I 2010 er muligens tørravsetningsbidraget for redusert nitrogen noe underestimert da det ikke er brukt målte ammoniakkverdier, men antatt et bidrag på 8 % i forhold til målte ammoniumverdier.



Figur 4. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $SO_2+SO_4^-$ ), oksidert nitrogen ( $HNO_3+NO_3$ ), redusert nitrogen ( $NH_4$ ) og  $NO_2$  på tre norske EMEP-stasjoner (Birkenes, Kårvatn og Tustervatn).

Figure 4. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at three Norwegian EMEP sites Birkenes, Kårvatn and Tustervatn.



Figur 5. Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 2010.

Figure 5. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur- and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2010.

## 2.2 Bakkenær ozon

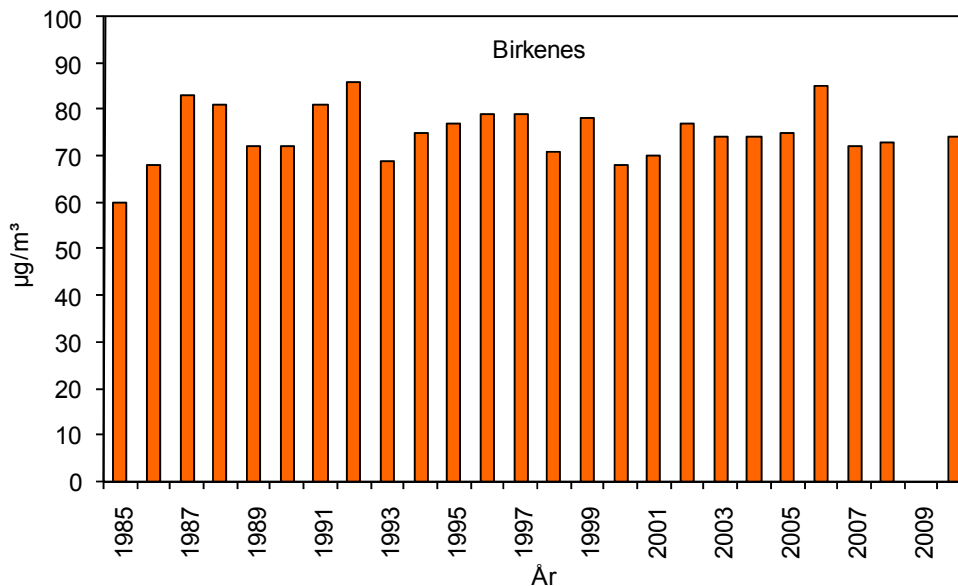
Høyeste timemiddelverdi i 2010 var 145  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og ble målt 29. juni på Prestebakke, *Tabell 1*. Dette er ganske lave verdier sammenlignet med EUs grenseverdier på 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (EU 2008). Sommeren i Sør-Norge i 2010, uten noen utpregede varmeperioder, bidro til de lave maksimalverdiene for ozon. Timemiddelverdier over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ble målt på alle målestedene. Dette viser at terskelverdien på 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  er nær den storskala bakgrunnskonsentrasjonen i Nord-Europa. Små endringer i forhold til denne kan dermed gi store utslag i parametere som teller opp antall timer eller dager med overskridelser. EU-direktivet angir en målverdi ("target value") som skal være oppfylt innen 01.01.2010, der antall dager med overskridelse av løpende 8-timers middel på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  skal være 25 eller færre. Dette målet er oppfylt på de norske stasjonene med god margin. EUs langtidsmål er at 8-timers verdien på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  skal være den maksimale verdien i løpet av året. Dette målet var i 2010 oppfylt ved alle stasjoner unntatt Prestebakke, men langtidsmålet har vært brutt på samtlige norske stasjoner i løpet av de siste fem årene.

Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996) og EUs luftkvalitetsdirektiv (2008). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstseson. Grenseverdien på 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som 7-timers middel for kl. 09-16 i vekstsesonen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2010. Middelerdien var størst på Sandve (74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). *Figur 6* viser 7-timers middelerdien for Birkenes i perioden 1985-2010. Figuren viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. I fjorårets rapport nevnte vi at ozonverdiene ved Birkenes var påfallende lave i 2009. En nærmere undersøkelse av dataene avdekket tekniske problemer med Birkenesmålingene og store deler av 2009-dataene fra Birkenes måtte derfor forkastes i ettertid.

*Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100, og 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 2010.*

*Table 1. Exceedance of guidelines for protection of human health. Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100 and 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2010.*

Målested	Totalt antall		100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Høyeste timemiddelverdi	
	Timer	Døgn	h	D	h	d	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dato
Prestebakke	8734	365	85	17			145	2010-06-29
Hurdal	8740	365	43	7			130	2010-06-29
Haukenes	7740	329	110	22			135	2010-06-29
Birkenes	8267	347	102	22			122	2010-07-21
Sandve	8726	365	17	5			121	2010-07-21
Kårvatn	8714	365	80	17			123	2010-04-26
Tustervatn	8726	365	82	9			120	2010-05-16
Zeppelinfjellet	8676	365	62	8			106	2010-04-01
Sum datoer		365		58				



Figur 6. Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1985-2010.

Figure 6. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1985-2010.

Grenseverdien for beskyttelse av vegetasjon er basert på parameteren AOT40, som betegner summen av ozonverdiene som overstiger 40 ppb gjennom vekstsesongen. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer (mai-august), ble ikke overskredet på noen av stasjonene i 2010. Høyest var verdien på Birkenes med 2171 ppb-timer. Grenseverdien på 10 000 ppb-timer (april-september) for skog ble heller ikke overskredet på noen stasjoner i 2010. Den høyeste verdien var 3735 ppb-timer på Birkenes.

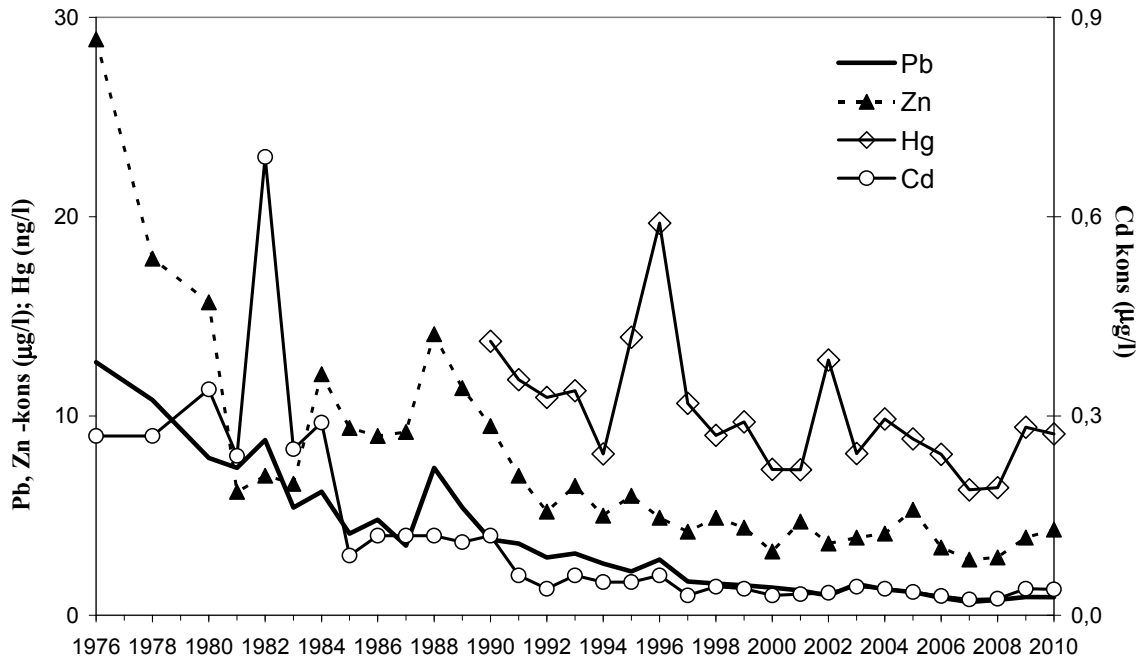
## 2.3 Tungmetaller

### 2.3.1 Konsentrasjoner i nedbør

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og sink ble målt på Hurdal med hhv 1,33 og 8,9 ng/L. Det høye nivået for bly på Hurdal skyldes spesielt høye observasjoner i november. Høyest nivå av de andre metallene ble observert på Svanvik i Sør-Varanger grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av kadmium var størst på Birkenes. Hurdal hadde høyest avsetning av bly og sink. For de andre elementene er det høyest våtavsetning på Svanvik.

Det er relativt små forskjeller i 2010 sammenlignet med 2009, men blyinnholdet i nedbør har avtatt med ca. 90 % eller mer på stasjoner med målinger fra 1980, Figur 7. Hurdal med målinger fra 1987 viser en reduksjon på mer enn 70 %, mens Svanvik ikke viser noen signifikant trend. Innholdet av sink har avtatt med ca. 75 % siden 1980, mens kadmiuminnholdet har avtatt med 90 % i samme tidsperiode. Ingen signifikant trend på Svanvik for noen av disse elementene, derimot en økning i nikkel, kobber og kobolt siden 1987. Dette skyldes et signifikant hopp i observasjonene fra 2003 til 2004, noe som kan komme av endret sammensetning i malmen som blir brukt i smelteverket i Nikel. Kvikksølvkonsentrasjon i nedbør på Birkenes har vært noe høyere i 2009 og 2010 enn

tidligere, men for perioden 1990 til 2010 har reduksjonen vært på 34 % om man kombinerer observasjonene på Lista og Birkenes, *Figur 7*.



*Figur 7. Middelskonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2010. For kvikksølv er målingene fra 1990-2003 fra Lista.*

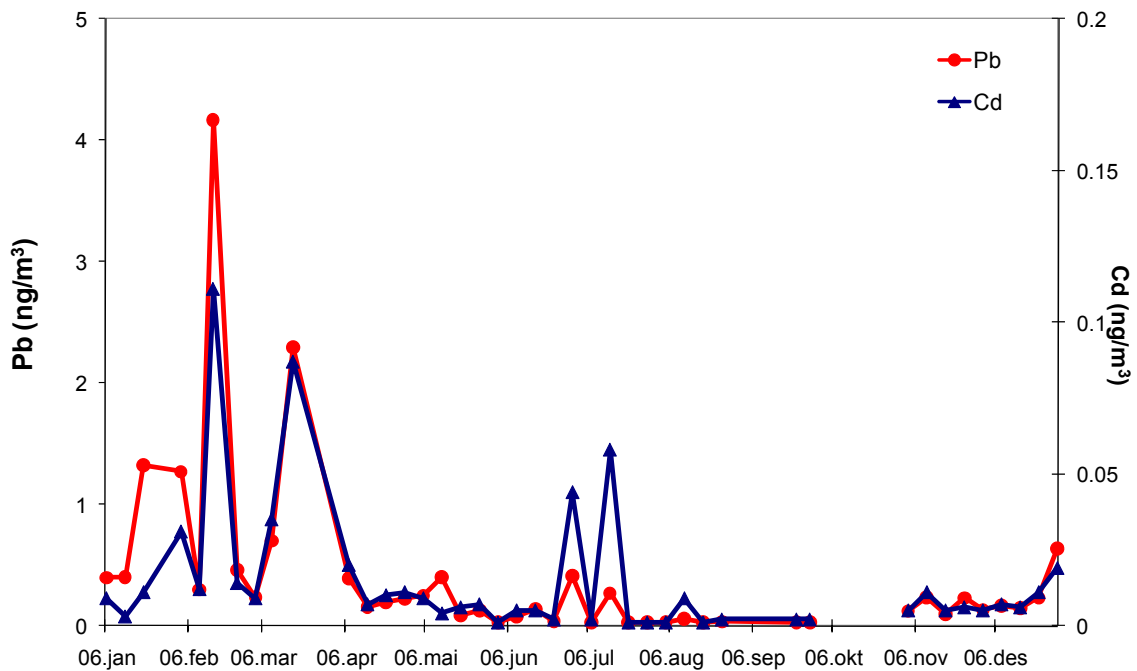
*Figure 7. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2010. For mercury the measurements was at Lista between 1990 and 2003.*

### 2.3.2 Konsentrasjoner i luft

Nivåene for alle metallene med unntak av kvikksølv er 2-3 ganger høyere på Birkenes enn det som er målt på Zeppelin. Andøya ligger stort sett et sted i mellom disse. Dette skyldes at Birkenes er nærmere kildene på kontinentet. Forskjellen mellom kvikksølv og de andre tungmetallene skyldes at kvikksølv eksisterer i atmosfæren hovedsakelig i elementær form, mens andre tungmetaller er knyttet til partikler. Kvikksølv får dermed en bedre spredning enn andre tungmetaller, men også for kvikksølv er nivået høyere på fastlandet enn på Zeppelin.

De fleste elementene har høyest konsentrasjon om vinteren og lavest konsentrasjon om sommeren, spesielt tydelig for Zeppelin (*Figur 8*). Dette skyldes plasseringen av storskala værsystemer. Et høytrykkssystem over Sibir presser den arktiske front lenger sør vinter og vår, slik at viktige forurensningsområder kommer innenfor de arktiske luftmasser denne perioden.

På Lista/Birkenes er det en signifikant reduksjon i luftkonsentrasjon for As, Cd, Cr, Pb, Ni og V. Mest markant er reduksjonen i Pb med 64 % siden 1991. På Zeppelin er det signifikant reduksjon i luftkonsentrasjonene for As, Pb, Ni og V for perioden 1994-2010. Bly har blitt redusert med 30 %.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2010.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2010.

## 2.4 Organiske miljøgifter

Det har vært målt organiske miljøgifter i luft på ukebasis fra april 1993 på Zeppelin som en del av AMAP programmet. Måleprogrammet i luft og nedbør for CAMP startet på Lista 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004. Høsten 2009 ble det opprettet en ny stasjon på Andøya som del av Tilførselsprogrammet (Green *et al.* 2011).

På Birkenes (CAMP) hadde sum HCH, HCB, sum PAH, sum tetraBDE og sum HBCD laveste verdi målt i luft til nå. I nedbør var sum HCH laveste målte verdi til nå. HCB var høyere enn de to siste år, men fortsatt lav, mens sum 7 PCB var ubetydelig høyere.

På Zeppelin-observatoriet (AMAP) ble det observert det laveste årsmiddel siden målingene startet for parameterne sum HCH, sum DDT og sum PCB, mens sum klordaner, sum PAH var blant de laveste målt til nå. HCB var noe høyere enn i 2009, mens sum tetraBDE og sum HBCD hadde nest høyeste årsmiddel til nå.

I 2010 er det i tillegg observasjoner fra ny stasjon på Andøya. I *Tabell 2* er det gjort en sammenligning av nivåene på Andøya med Birkenes og Zeppelin i hhv. Sør-Norge og Svalbard. For de fleste komponentene er Birkenes høyere enn de nordlige stasjonene på Andøya og Zeppelin. Dette er i overensstemmelse med at Birkenes er nærmere kildene. Litt overraskende er nivåene på Andøya for mange komponenter lavere enn på Zeppelin. Det kan tyde på disse stasjonene er påvirket av litt ulike kildeområder.



Tabell 2. Sammenligning av gjennomsnitts og min/maks verdier for 2010 på Birkenes, Andøya og Zeppelin. Enhet:  $\text{pg}/\text{m}^3$ , unntatt PAH ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) og PCDD/PCDF/no-PCB ( $\text{fg}/\text{m}^3$  TE).

Table 2. Comparison of annual averages and min/max values in 2010 at Birkenes, Andøya and Zeppelin. Unit  $\text{pg}/\text{m}^3$ , except PAH ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) and PCDD/PCDF/no-PCB ( $\text{fg}/\text{m}^3$  TE).

	Andøya			Birkenes			Zeppelin		
	Årsmiddel	Min.	Maks.	Årsmiddel	Min.	Maks.	Årsmiddel	Min.	Maks.
sum PAH	1,57	0,001	10,7	4,88	0,01	29,1	2,07	0,004	8,79
sum DDT	0,79	0,06	2,91	1,67	0,29	8,03	0,63	0,05	2,27
sum Klordan	1,25	0,27	1,88	1,23	0,29	2,69	1,13	0,58	2,11
$\gamma$ -HCH	1,14	0,45	3,04	3,39	0,44	16,5	1,03	0,58	1,73
$\alpha$ -HCH	5,33	3,37	9,50	6,47	2,72	21,9	7,67	4,22	11,6
sum HCH	6,22	1,00	10,7	9,90	3,40	29,5	8,70	5,25	13,0
HCB	30,1	10,7	101	50,1	27,2	80	78,6	63,1	95,3
sum PCB	9,41	1,45	23,9	13,7	3,9	38	13,1	1,34	30,1
PCDD				2,64	0,034	18,1			
TBA				4,24	0,94	9,78	7,65	1,02	28,2
sum tetraPBDE	0,16	0,03	0,45	0,13	0,02	0,33	0,32	0,06	4,69
sum HBCD				0,24	0,06	0,93	0,63	0,24	1,46
sum PFSOA/PFOS/PFOA	0,15	0,05	0,43	0,30	0,02	1,23	0,31	0,02	1,07

## 2.5 Partikler (PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>) i luft

Partikler har vært et fokusområde de siste årene pga effekter både på helse og klima. Partikler i luft har en kompleks sammensetning bestående av mange ulike kjemiske forbindelser fordelt på et stort antall forskjellige partikkelstørrelser. Partiklenes kjemiske sammensetning gir informasjon om utslippskilder samt fysiske og kjemiske prosesser som finner sted i atmosfæren. I 2010 ble målinger av PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> startet opp ved to nye målestasjoner; henholdsvis Hurdal (fra 14. juni) og Kårvatn (fra 3. mai).

For 2010 var årsmidlet for PM<sub>10</sub> på Birkenes  $6,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dette er likt foregående år, men  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lavere enn gjennomsnittsverdien for perioden 2000-2010. Årsmidlene for PM<sub>10</sub> ligger lang under den årlige grenseverdien satt av EU ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) samt de reviderte retningslinjene fra WHO ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). For PM<sub>2,5</sub> var årsmidlet for Birkenes  $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , noe som er  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lavere enn gjennomsnittsverdien for perioden 2001-2010. I likhet med tidligere år, ble de høyeste PM konsentrasjonene observert på våren.

Nivået på Kårvatn og Hurdal er relativt likt Birkenes for PM<sub>2,5</sub>, men Birkenes har mer påvirkning av grove partikler og dermed et høyere nivå for PM<sub>10</sub>.

### 3. Det akvatiske miljøet

#### Programmet

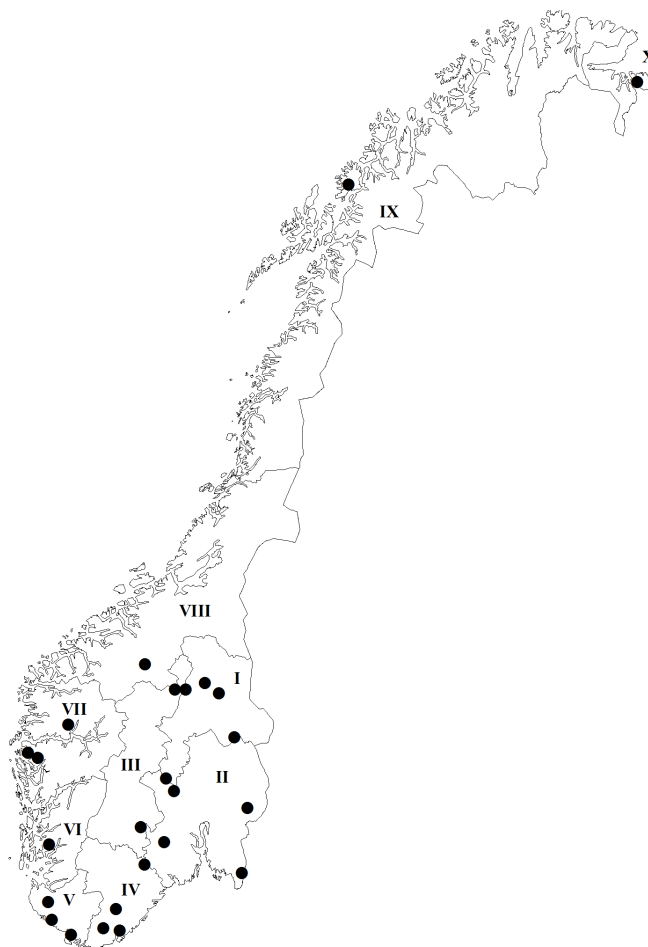
Overvåking av det akvatiske miljøet dekkes i sin helhet gjennom programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør".

I overvåkingsprogrammet for effekter i vann er Norge delt inn i 10 regioner. Inndelingen er basert på en relativt lik forurensningsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forurensningssituasjonen i ulike deler av Norge. De 10 regionene er vist i *Figur 9*, og er som følger:

- I. Østlandet - Nord
- II. Østlandet - Sør
- III. Fjellregion – Sør-Norge
- IV. Sørlandet - Øst
- V. Sørlandet - Vest
- VI. Vestlandet - Sør
- VII. Vestlandet - Nord
- VIII. Midt-Norge
- IX. Nord-Norge
- X. Øst-Finnmark

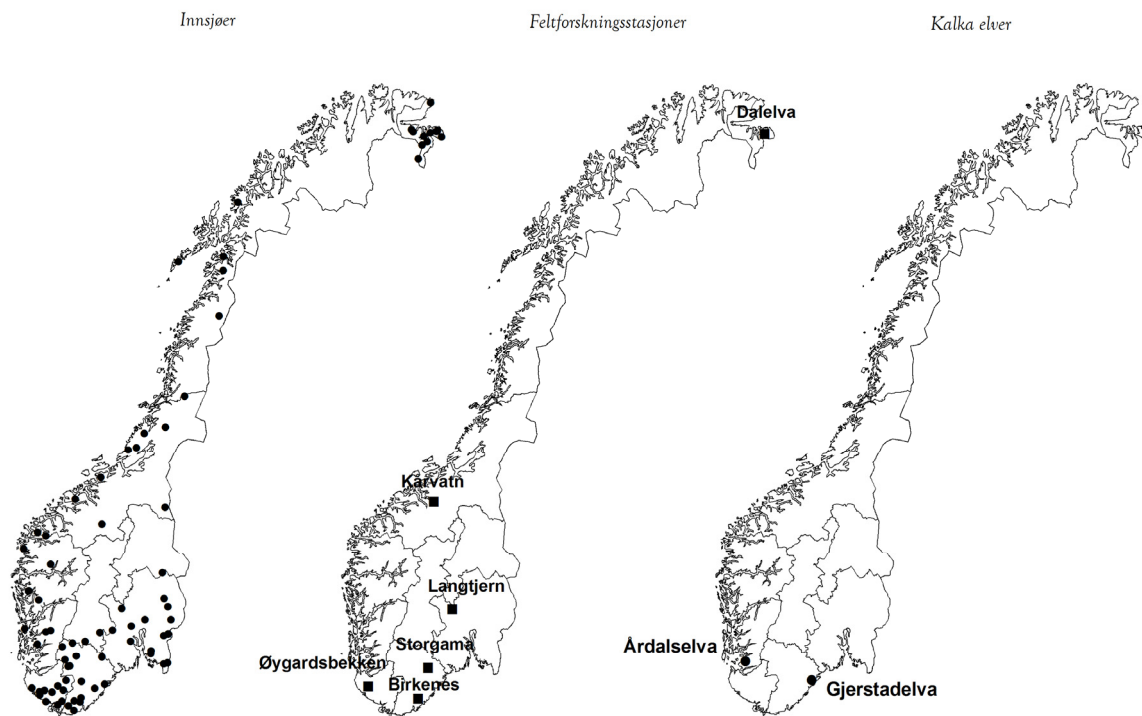
*Figur 9. Inndeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2010.*

*Figure 9. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2010.*



#### Vannkjemisk overvåking

De kjemiske forholdene i vann og vassdrag overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i vann. Programmet omfatter undersøkelser i innsjøer og feltforskningsområder, samt i to elver (*Figur 10*). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i tilførsler av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes som underlag for å forstå de biologiske responsene. Utførlig beskrivelse av metodikken er i årsrapporten fra overvåkingen (Klif 2010).



Figur 10. Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2010.

Figure 10. Locations in the surface water monitoring programme 2010.

### Biologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter undersøkelser av:

- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og litorale krepsdyr (småkreps) i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver

Den biologiske overvåkingen gir informasjon om korttidseffekter og akkumulerte effekter av forurensning på vannlevende organismer, og er dessuten nødvendig for å kunne evaluere effekten av forurensningsreducerende tiltak over tid. Utvalget av overvåkingslokaliteter for biologiske undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forurensningsskader og -utvikling.

Innsjøprogrammet omfattet opprinnelig omkring 100 innsjøer (BIOLOK-sjøer), hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. både bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige innsjøene undersøkes hvert 4-5 år (Gruppe 3-sjøer). Aktiviteten ble gradvis redusert fra 2002 og antall Gruppe 3-sjøer er nå mer enn halvert. I 2010 ble totalt 25 innsjøer undersøkt (Figur 9, Tabell 3). Hovedvekt ble lagt på region I (Østlandet – Nord) og II (Østlandet – Sør) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige åtte regionene. Vurdering av forurensningstilstanden i region II er også basert på undersøkelser finansiert over Basisovervåkingsprogrammet i 2009-2010 (fire tidligere BIOLOK-sjøer), slik at resultater fra totalt 29 innsjøer inngår i rapporteringen. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996, og for noen få av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle 15 årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i fem vassdrag fordelt på regionene V-VII (to

av disse overvåkes hvert andre år). Tidligere ble fiskebestandene i disse også undersøkt, men fra 2009 gjennomføres fiskeundersøkelser kun i Vikedalsvassdraget.

Mer detaljert informasjon om metodikk for overvåking av biologi i ferskvann samt vurdering av forurensningstilstanden basert på denne, er presentert i årsrapporten for 2009 (Klif 2010) og i klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppa vanndirektivet 2009).

Eventuelle forurensningsskader vil være avhengig av en kombinasjon av ulike kjemiske, fysiske og biologiske forhold. Den kjemiske overvåkingen kan derfor kun gi indikasjoner om biologiske skader. En tidsforskyvning mellom kjemisk gjenhenting ("recovery") og biologisk gjenhenting i tidligere forurensede lokaliteter, må dessuten forventes.

*Tabell 3. Innsjøer som ble undersøkt i 2010 mht vannkjemi, bunndyr, planktoniske- og litorale krepsdyr samt fisk. Årlige intensivsjøer (Gruppe 1-sjøer) er angitt med uthevet skrift mens øvrige innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 2-sjøer) er merket med \*.*

*Table 3. Locations in the monitoring programme 2010.*

Lok.nr	Region	Fylke	Kommune	Innsjø	NVE-vannr.	Vann-kjemi	Bunndyr	Krepsdyr	Fisk
I-1	I	He	Stor-Elvdal	<b>Atnsjøen</b>	126	X	X	X	X
I-3	I	He	Rendalen	Måsabuttjørna	33329	X	X	X	
I-5	I	He	Alvdal	Stortjørna*	32130	X	X	X	X
I-10	I	Op	Sør-Aurdal	Fjellvatn	7128	X	X	X	
II-2	II	ØF	Aremark	Bredtjenn*/Breitjern	3555	X	X	X	X
II-6	II	He	Kongsvinger/Sør-Odal	Storbørja	368	X	X	X	X
II-7	II	He	Åmot	Holmsjøen	282	X	X	X	
II-10	II	Te	Notodden	<b>Ø. Jerpetjern</b>	6247	X	X	X	X
II-11	II	Te	Nome	N. Furuvatn	14367	X	X	X	X
II-12	II	Bu	Flå	Langtjern*	7272	X	X	X	
III-1	III	Op	Sel	Rondvatn*	231	X	X	X	
III-5	III	Te	Hjartdal	Heddersvatn*	69	X	X	X	
IV-3	IV	AA	Birkenes	<b>Bjorvatn</b>	10482	X	X	X	
IV-5	IV	AA	Birkenes	<b>Lille Hovvatn</b>	10069	X	X	X	
IV-9	IV	VA	Vennesla/Songdalen	Sognevatn*	11 078	X	X	X	
V-1	V	VA	Farsund	<b>Saudlandsvatn</b>	21894	X	X	X	
V-4	V	Ro	Sokndal	<b>Ljosvatn</b>	21438	X	X	X	
V-8	V	Ro	Bjerkreim	Lomstjørn*	20451	X	X	X	
VI-3	VI	Ro	Vindafjord	<b>Røyrvatn</b>	22548	X	X	X	X
VI-4	VI	Ro	Vindafjord	Risvatn	22508				X
VI-5	VI	Ro	Vindafjord	Flotavatn	22439				X
VII-4	VII	Ho	Masfjorden	<b>Markhusdalsvatn</b>	26000	X	X	X	X
VII-6	VII	Ho	Masfjorden	Svartetjern*	26133	X	X	X	
VII-8	VII	SF	Balestrand	<b>Nystølsvatn</b>	1651	X	X	X	
VIII-1	VIII	Op	Lesja	<b>Svartdalsvatn</b>	34660	X	X	X	
IX-5	IX	Tr	Tranøy	N. Kaperdalsvatn*	2380	X	X	X	
X-5	X	Fi	Sør-Varanger	Dalvatn*	64282	X	X	X	

### 3.1 Effekter på vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i vann og vassdrag (*Figur 11*). Nedgangen i sulfat varierer fra 43 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 79 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2010, mens enkeltlokaliteter (feltforskningsstasjoner) i Sør-Norge viser reduksjoner > 80 % for perioden 1980-2010 (*Tabell 4*). Konsentrasjonene av sulfat i 2010 var for landet sett under ett på samme nivå som i 2009; enkelte regioner viste en liten nedgang, mens andre hadde en liten økning. Det var en tendens til utflating av nedgangen i sulfat i vann og vassdrag fra 2001 til 2006, mens perioden 2007- 2009 igjen har vist nedadgående trend.

Nedgangen i tilførsler av nitrat og ammonium har ikke vært like markert som for sulfat. Likevel viser nitrat signifikant nedgang i alle regioner, men nedgangen har vært mer i ”trappetrinn” enn for sulfat. Det var en markert nedgang fra 1996 til 1997 og deretter fra 2005 til 2006 (*Figur 11*). Konsentrasjonene har holdt seg på det nye lave nivået siden 2007, selv om det er en liten til økning i nitrat fra 2009 til 2010. Konsentrasjonene av nitrat varierer en del fra år til år, fordi nitrat er en viktig del av næringskretsløpet og dermed er påvirket av mange biologiske prosesser. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogen-deposisjonen er høyest (region V, Sørlandet-Vest).

Nedgangen i sulfat og nitrat gjennom overvåkingsperioden har hatt en tydelig positiv innvirkning på forsureningskjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. Hele landet sett under ett (*Figur 11, Figur 12*) viser en klar økning i pH, selv om år-til-år variasjonene er relativt store. Gjennomsnittlig pH i 2010 er den høyeste som er registrert så langt innen overvåkingen. Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og alkalitet viser også jevn økning. ANC i 2010 er den nest høyeste som er registrert så langt innen overvåkingen. Samtidig viser også verdien for labilt aluminium (uorganisk ”giftig” aluminium) den laveste verdien som er registrert hittil i overvåkingen.

Overvåkingen avdekker ingen vannkjemiske effekter av vulkanutbruddet på Island i april 2010.

Trender for perioden fra 1986 til 2010 for de 10 ulike regionene er framstilt i *Figur 13-Figur 18*. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnittsverdier for et antall innsjøer (se *Tabell 4* for antall innsjøer). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.

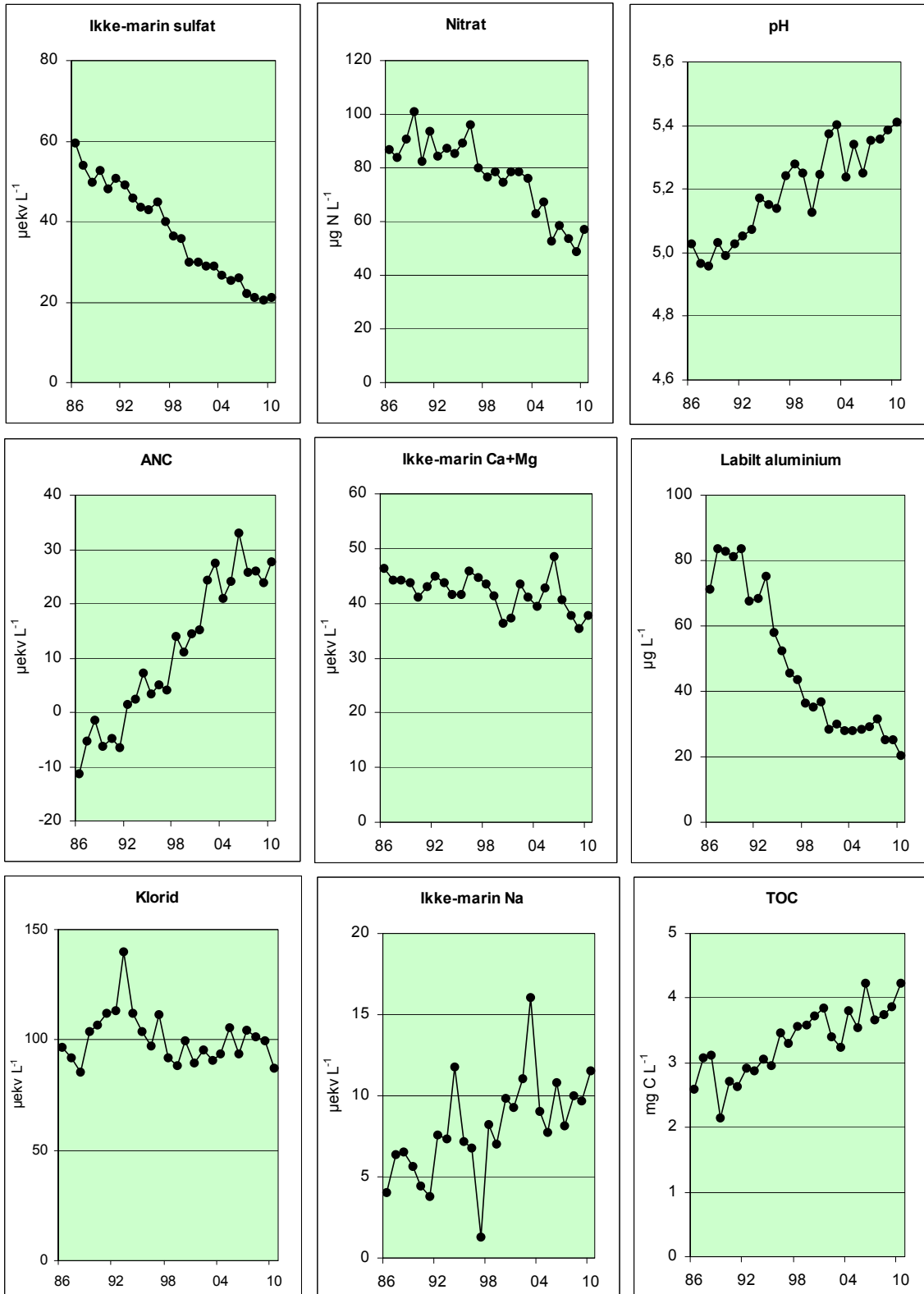
Tabell 4. Endring i ikke-marin sulfat per år i  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  for perioden 1980 til 2010 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2010 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

Table 4. Changes in non-marine sulphate per year in  $\mu\text{eq L}^{-1}$ . Time period 1980 to 2010 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2010 for lakes. The results are based on linear regression.

Innsjøer Region	Antall innsjøer	1986 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2010 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang fra 1986-2010
I. Østlandet - Nord	1	56	19	-65
II. Østlandet - Sør	15	99	21	-79
III. Fjellregion - Sør-Norge	3	36	9	-74
IV. Sørlandet - Øst	14	62	16	-73
V. Sørlandet - Vest	11	58	15	-74
VI. Vestlandet - Sør	3	33	9	-74
VII. Vestlandet - Nord	5	19	6	-67
VIII. Midt-Norge	10	18	9	-51
IX. Nord-Norge	5	19	8	-58
X. Øst-Finnmark	11	73	42	-43

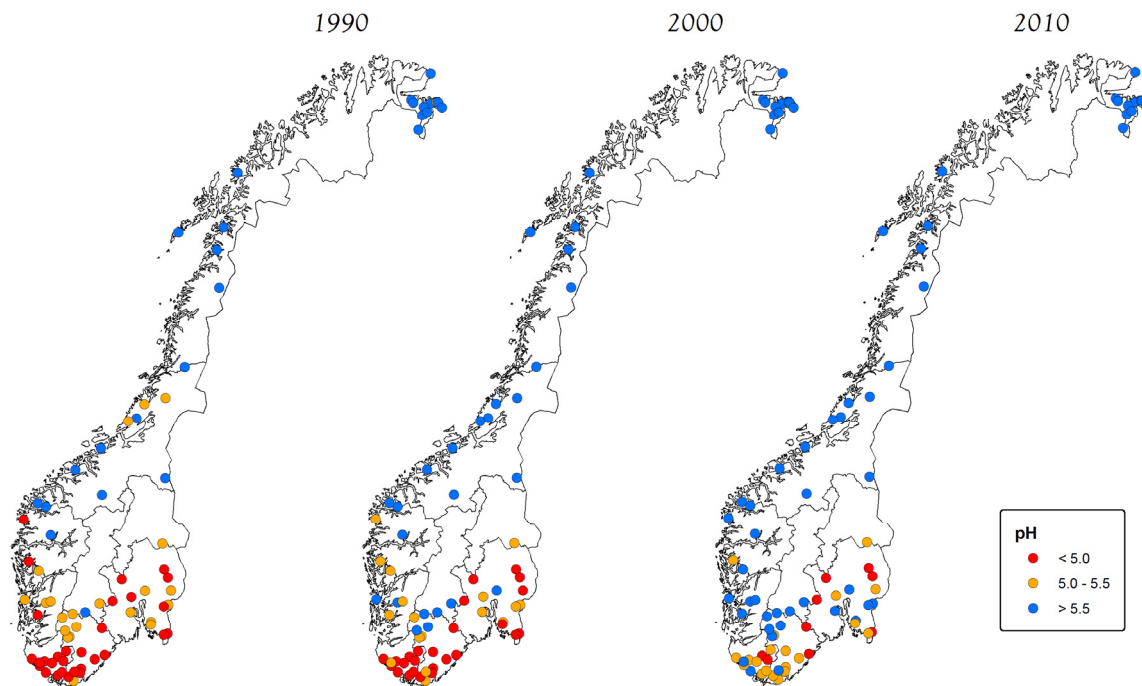
Elver	Region	1980 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2010 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang 1980-2010
Gjerstad	IV	111	36	-68
Årdalselva	VI	35	14	-61
<b>Feltforskningsstasjoner</b>				
Langtjern	II	74	13	-82
Storgama	II	80	10	-88
Birkenes	IV	127	34	-73
Kårvatn	VIII	15	8	-49

**Gjennomsnittlig endring i 78 innsjøer fra hele landet**



Figur 11. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 78 innsjøer fra 1986-2010 fordelt over hele landet (se Figur 10).

Figure 11. Trends in average concentrations of a selection of components in 78 lakes from 1986-2010 all over Norway (see Figure 10 for locations).



Figur 12. pH i overvåkingsinnsjøene i 1990, 2000 og 2010. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forurensningssituasjonen, ved at sjøene blir mindre sure (får høyere pH). Enkelte sjøer på Østlandet er fortsatt røde og dette er forårsaket av høyt humusinnhold som gir naturlig lav pH.

Figure 12. pH in the monitoring lakes in 1990, 2000 and 2010. The figures clearly illustrate the improvement in surface water acidification, with increasing pH in the lakes. Some lakes in eastern Norway are still “red”. This is due to high content of humic substances and therefore a natural low pH.

### Østlandet – Nord (region I)

Regionen Østlandet – Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år-til-år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp forurensning. I denne regionen har vi bare én lokalitet, men den er typisk for forurensningsfølsomme sjøer i denne regionen. Fra 2001 til 2007 flatet konsentrasjonen av ikke-marin sulfat ut på et nivå mellom 25-28  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , men 2010 viser den laveste konsentrasjonen av sulfat hittil på 20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . pH viser økende trend fra pH < 5,3 før 1993 til > 5,5 etter 2002. Både 2006, 2009 og 2010 viser lave pH-verdier på hhv 4,89, 5,20 og 5,33. For disse tre årene er dette sammenfallende med svært høye konsentrasjoner av TOC. I denne innsjøen er TOC vanligvis i konsentrasjonsintervallet 4-6  $\text{mg C L}^{-1}$ , men steg til 13,5  $\text{mg C L}^{-1}$  i 2006, 10,0  $\text{mg C L}^{-1}$  i 2009 og 9  $\text{mg C L}^{-1}$  i 2010. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne lokaliteten. Fram til 1992 var ANC < 20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Fra 2002 til 2010 (med unntak av 2008) har verdien vært > 50  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Labilt Al (den formen som er giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37  $\mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden 1991 (med unntak av 2005) vært < 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Nitrat viser nedgang i perioden. I 2009 var gjennomsnittskonsentrasjonen 1  $\mu\text{g N L}^{-1}$ , som er identisk med deteksjonsgrensen for analysemetoden vi bruker. I 2010 økte konsentrasjonen



igjen til  $8 \mu\text{g N L}^{-1}$ . Nitrat kan som nevnt tidligere, variere en del fra år-til-år. Organisk karbon (TOC) viser en signifikant økning i denne lokaliteten.

### **Østlandet – Sør (region II)**

Region Østlandet – Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av TOC av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til  $20 \text{ mg C L}^{-1}$ . I denne regionen finner vi også det høyeste sulfatnivået. Dette skyldes en kombinasjon av høy belastning, relativt lite nedbør og dermed lengre oppholdstider i innsjøene sammenlignet med innsjøer i mer nedbørrike deler av Norge. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forurensingssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Ikke-marin sulfat er redusert med gjennomsnittlig 79 % fra 1986 til 2010 i de 15 sjøene som representerer denne regionen. Sulfatkonsentrasjonene i 2010 ( $26 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ) er den laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var  $< 5,0$  fram til 1993 og økte til  $5,0 - 5,2$  i perioden 1994 til 2010, med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. ANC viser en jevnt økende trend. Fra 1986 til 1991 var gjennomsnittlig ANC ca  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , men siden 2003 har alle ANC-verdiene vært  $> 40 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Innsjøene som representerer denne regionen hadde ikke alkalitet fram til 1993 ( $< 1 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp, og nivået er nå omkring  $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994  $> 90 \mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2007 har labilt Al vært  $< 65 \mu\text{g L}^{-1}$ , og fra 2008  $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$ . Det er nedgang i nitrat (signifikant for perioden 1990-2009), mens TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra  $< 9 \text{ mg C L}^{-1}$  fram til 1997, til foreløpig høyeste registrerte gjennomsnittsverdi på  $11 \text{ mg C L}^{-1}$  i 2006 og 2010.

### **Fjellregion – Sør-Norge (region III)**

Alle de tre lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa. Regionen er dominert av fjellområder med skrinn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene ( $< 1 \text{ mg C L}^{-1}$ ) og generelt lavt innhold av basekationer ( $\text{Ca} < 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ ). Forurensningsbelastningen er relativ lav, og sulfatnivået i innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat på 74 % fra 1986 til 2010. I årene 2000-2006 var gjennomsnittsnivået for sulfat tilnærmet uforandret ( $15-17 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ), mens årene 2008-2010 viser et nytt og lavere nivå ( $12 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). ANC har vist en jevn økning hele perioden fra  $< 10 \mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1998 og  $> 20 \mu\text{ekv L}^{-1}$  siden 2004. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga det generelt ionefattige vannet. pH har vist en jevn økning og pH i 2010 er den høyeste som er registrert så langt (pH 6,07). Labilt Al viser nedgang fra et gjennomsnittsnivå på  $> 30 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1986-1990 til konsentrasjoner  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2009. Nitrat viser nedgang fra nivåer  $> 80 \mu\text{g N L}^{-1}$  før 1999 og  $< 50 \mu\text{g N L}^{-1}$  siden 2006. TOC viser en svak økning også i denne regionen.

### **Sørlandet – Øst (region IV)**

Regionen Sørlandet – Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til høyereliggende heiområder. Forurensningsbelastningen er høy, og sulfatnivået i innsjøene i denne regionen er også høyt. Nedgangen i sulfat i de 14 innsjøene som representerer denne regionen har vært 73 % fra 1986 til 2010. Nedgangen i sulfat flatet noe ut fra 2000-2006, men har de tre siste årene (2007-2010) ligget på et konsentrasjonsnivå fra  $19-22 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Regionen har vært sterkt forsuret, men det er nå klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH var  $< 5$  fram til 1993 og  $> 5,1$  siden 2001. GjennomsnittspH i 2010 var  $5,36$ , som er den høyeste verdien som er registrert. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner  $< -20 \mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1991. Siden 2002 har gjennomsnittsnivået vært  $> 10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Tilsvarende gjelder for alkalitet som fram til 1993 var  $< 0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 2002 har alkalitet med ett unntak vært  $> 5 \mu\text{ekv L}^{-1}$ .

Labilt Al har avtatt fra nivåer  $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 1986 til 1993 til  $< 45 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2001. Verdien for Labilt Al i 2010 ( $33 \mu\text{g L}^{-1}$ ) er den laveste som er registrert så langt. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner  $> 130 \mu\text{g N L}^{-1}$  fram til 1996 til  $< 100 \mu\text{g N L}^{-1}$  siden 2003. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå  $< 3 \text{ mg C L}^{-1}$  i perioden 1986 til 1995 til  $> 3 \text{ mg C L}^{-1}$  siden 1996.

### **Sørlandet – Vest (region V)**

Regionen Sørlandet – Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen, og inntil i år har dette vært den regionen med de mest forsurede innsjøene. I 2010 har forsuringssituasjonen i denne regionen bedret seg slik at det nå er region II Østlandet – Sør som har den tvilsomme æren av å være den mest forsurede regionen (basert på innsjøene som inngår i dette overvåkingsprogrammet). De 11 innsjøene som representerer denne regionen har lav gjennomsnittlig verdi for pH (5,18) og alkalitet ( $2 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Sørlandet - Vest har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat som en konsekvens av høy N-deposisjon i dette området av landet. Regionen må fremdeles karakteriseres som betydelig forsuret, men situasjonen er i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene, ser vi en kraftig nedgang i sulfat, 74 % fra 1986 til 2010, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. Siden 2007 viser pH gjennomsnittsverdier  $> 5,0$ . ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer  $< -50 \mu\text{ekv L}^{-1}$  til nivåer opp mot  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og var i 2003 for første gang positiv ( $4 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Labilt Al viser nedgang fra konsentrasjoner  $> 165 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden fram til 1994 til  $< 75 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2002. Den laveste gjennomsnittsverdien av labilt Al ( $29 \mu\text{g L}^{-1}$ ) er registrert i 2010. Nitrat viser nedgang, fra gjennomsnittskonsentrasjonen  $> 200 \text{ N L}^{-1}$  før 2002 til  $< 190 \text{ N L}^{-1}$  siden 2003. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 ( $< 2,3 \text{ mg C L}^{-1}$ ) enn perioden 1995-2010 ( $2,3-3,4 \text{ mg C L}^{-1}$ ).

### **Vestlandet – Sør (region VI)**

Regionen Vestlandet – Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca  $0,4-0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) og TOC ( $1,5 - 2 \text{ mg C L}^{-1}$ ). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt, og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 74 % fra 1986 til 2010. Gjennomsnittsverdien for sulfat i 2007-2010 har vært  $10-12 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv verdi for ANC. Verdiene for ANC varierer imidlertid en del fra år-til-år på grunn av variasjon i ikke-marine basekationer (kalsium). I 2010 var gjennomsnitt ANC  $18 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 1996 har pH vært  $> 5,4$ . 2008 hadde den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,88). I 2009 og 2010 var gjennomsnittlig pH 5,78. Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien for labilt Al var  $> 30 \mu\text{g L}^{-1}$  før 1993 og  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2008. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig  $74 \mu\text{g N L}^{-1}$  i 2010) av samme grunn som i regionen Sørlandet-Vest (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon av nitrogen i jorda). Det er en svak nedgang i nitrat, og TOC viser en svak økning i denne regionen.

### **Vestlandet – Nord (region VII)**

Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene (Ca  $< 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ). Region VII har det laveste gjennomsnittlige konsentrasjonsnivået av sulfat av alle de 10 regionene. Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (67 %), og gjennomsnittskonsentrasjonen av ikke-

marin sulfat i de 5 sjøene som representerer denne regionen, var  $8 \mu\text{ekv L}^{-1}$  i 2010. Dette har resultert i endringer i forsuringsskjemien. ANC har økt fra  $< -10 \mu\text{ekv L}^{-1}$  før 1991 til  $> 4 \mu\text{ekv L}^{-1}$  siden 2001. pH har økt fra  $< 5,2$  før 1991 til  $> 5,4$  etter 2002 og  $> 5,60$  siden 2008. Labilt Al har avtatt fra nivåer  $> 25 \mu\text{g L}^{-1}$  til  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2001. Nitrat viser en svak nedadgående signifikant trend, mens TOC ikke viser noen trend i denne regionen.

### **Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)**

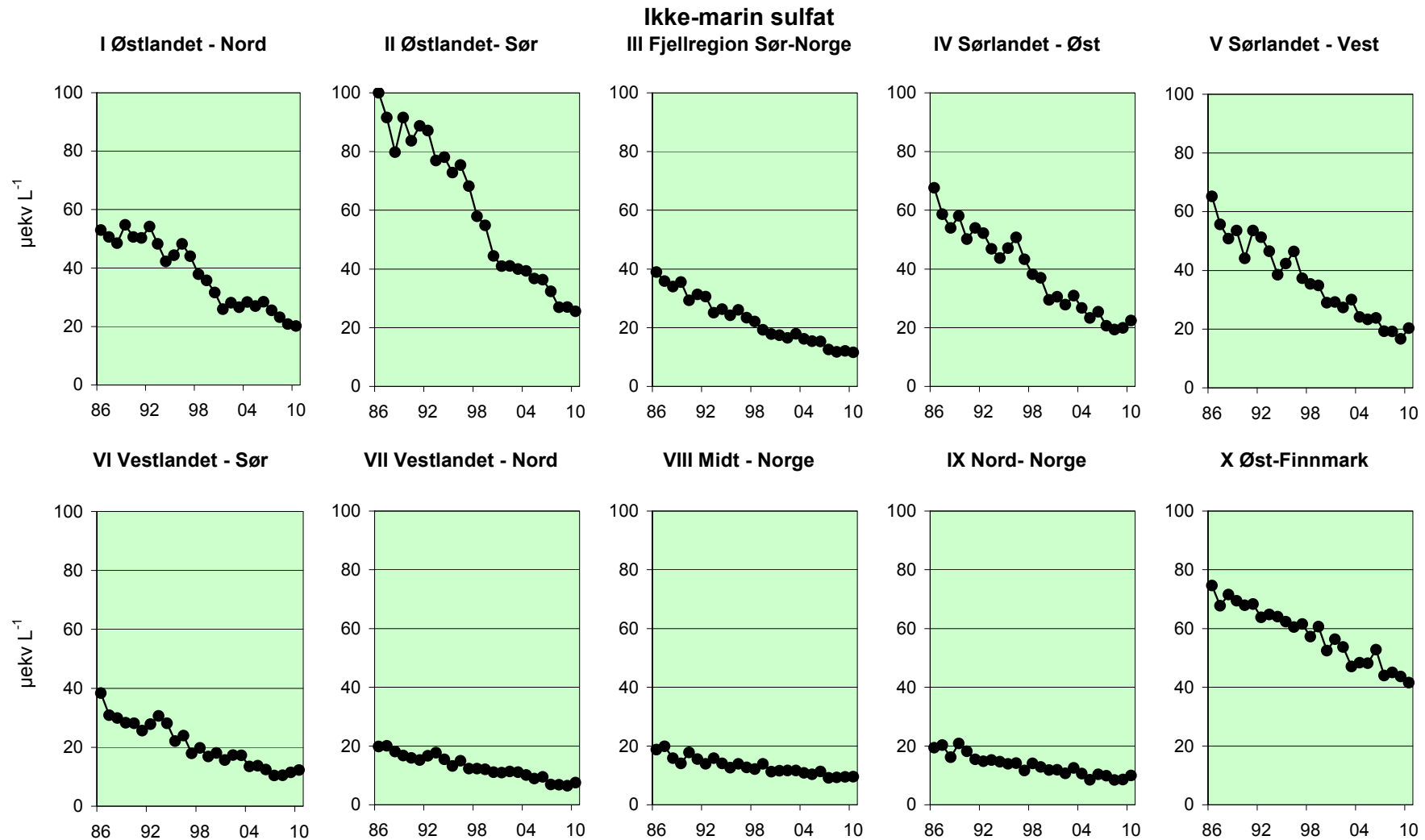
Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledde innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå  $8-10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Region VI, VII, VIII og IX har nå omtrent samme konsentrasjonsnivå av sulfat. Nivået begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 15 innsjøene, som representerer disse to regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat (hhv. 51 % og 58 % fra 1986 - 2010), økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al. Gjennomsnittsverdien av ANC har vært i intervallet  $25-40 \mu\text{ekv L}^{-1}$  siden ca 2001. Begge regionene har vist en svak økning i pH fra starten av overvåkingen, og gjennomsnittsverdien for pH er i 2010 hhv. 6,07 og 6,30 i region VIII og IX. Nitrat viser en svak nedgang selv i disse regionene som i utgangspunktet har veldig lave konsentrasjoner. Gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå av nitrat er i 2009 hhv. 12 og  $16 \mu\text{g N L}^{-1}$  i region VIII og IX. TOC viser en svak økning i begge regionene.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kolahalvøya, og er påvirket av svovel, kobber og nikkel fra utslipp fra smelteverksindustrien. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Utslippene av  $\text{SO}_2$  fra Ni-verket er redusert med 75 % fra 400.000 tonn i 1979 til 100.000 tonn i 2006. Siden 2004 har NILU målt økte konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør, særlig nikkel og kobber, men også andre komponenter som kobolt.

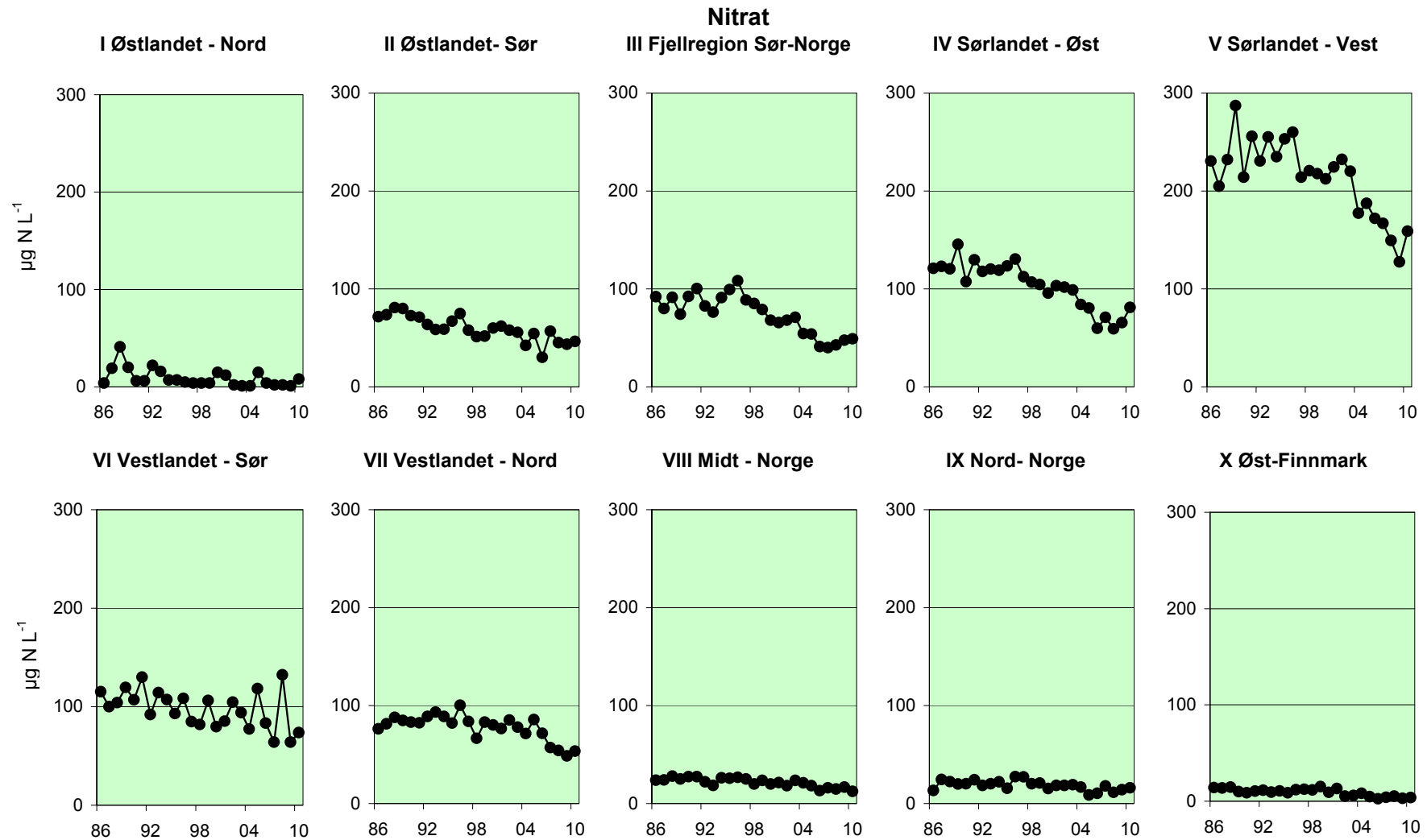
Undersøkelser i 1986 viste at konsentrasjonene av sulfat i innsjøene i Øst-Finnmark var mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsuring. Undersøkelser i 1987-1989 viste at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kolahalvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at den negative forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært  $> 6$ . I 2009 var gjennomsnittlig pH 6,42, som er den høyeste verdien som er registrert så langt innen overvåkingen. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 43 % fra 1986 til 2010, og gjennomsnittskonsentrasjonen for 2007-2010 har vært mellom  $42 - 45 \mu\text{ekv L}^{-1}$  med den laveste gjennomsnittskonsentrasjonen i 2010. Konsentrasjonen av labilt Al har i hele overvåkingsperioden vært  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ .

I Øst-Finnmark er det også overvåking av seks små innsjøer på Jarfjordefjellet. I disse innsjøene måles det på metaller. Overvåkingen viser at Ni-konsentrasjonene i disse sjøene har økt fra gjennomsnittlig  $8-11 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1990 - 2003, til  $12-16 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 2004-2010. Cu-konsentrasjonen har tilsvarende økt fra gjennomsnittlig  $1,5 - 2,5 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1990 - 2003, til  $2,6 - 3,1 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 2004-2010. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte deposisjonen av Ni i området.



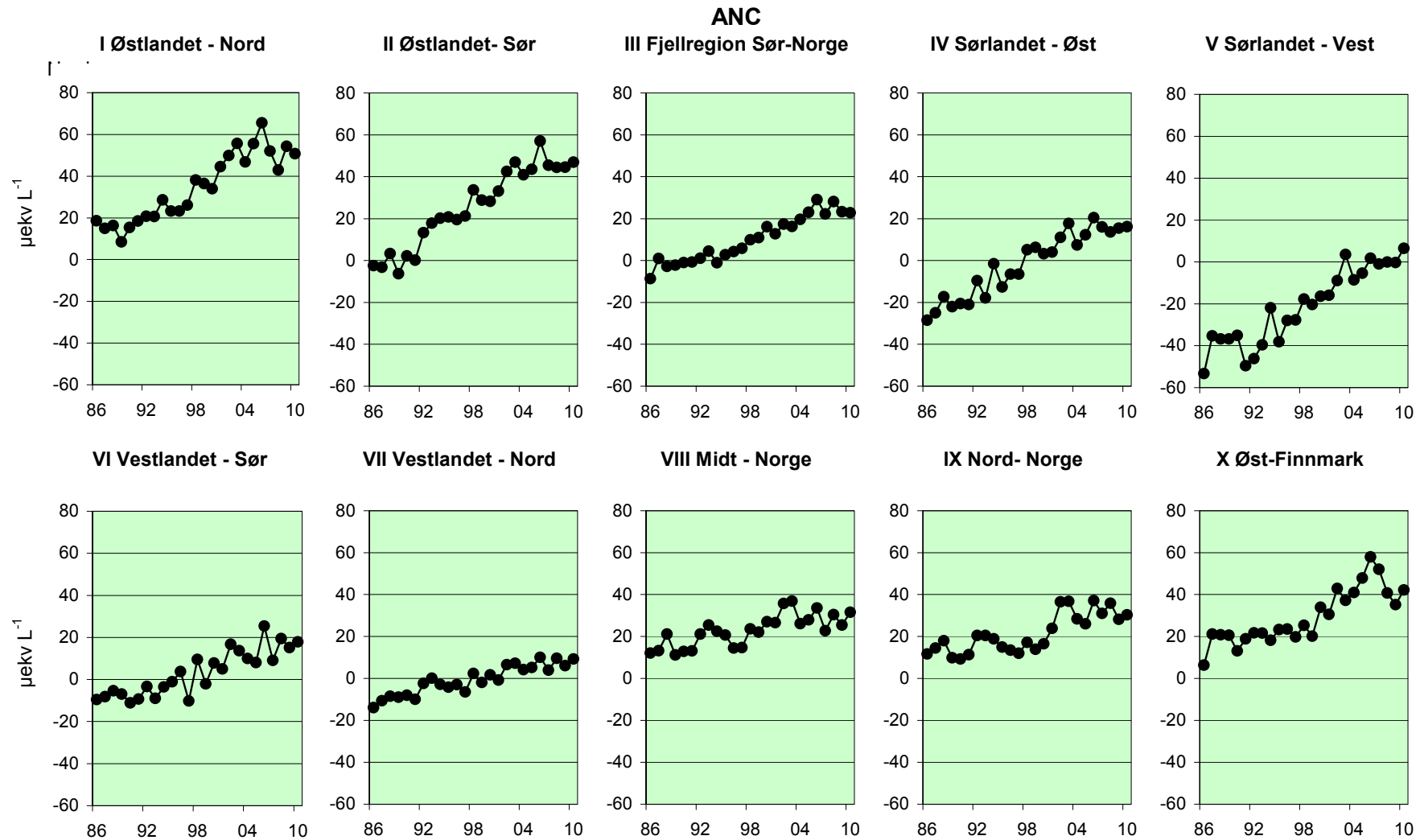
Figur 13. Trender for perioden 1986-2010 for ikke-marin sulfat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 13. Trends for 1986-2010 in non-marine sulphate in lakes in the 10 regions.



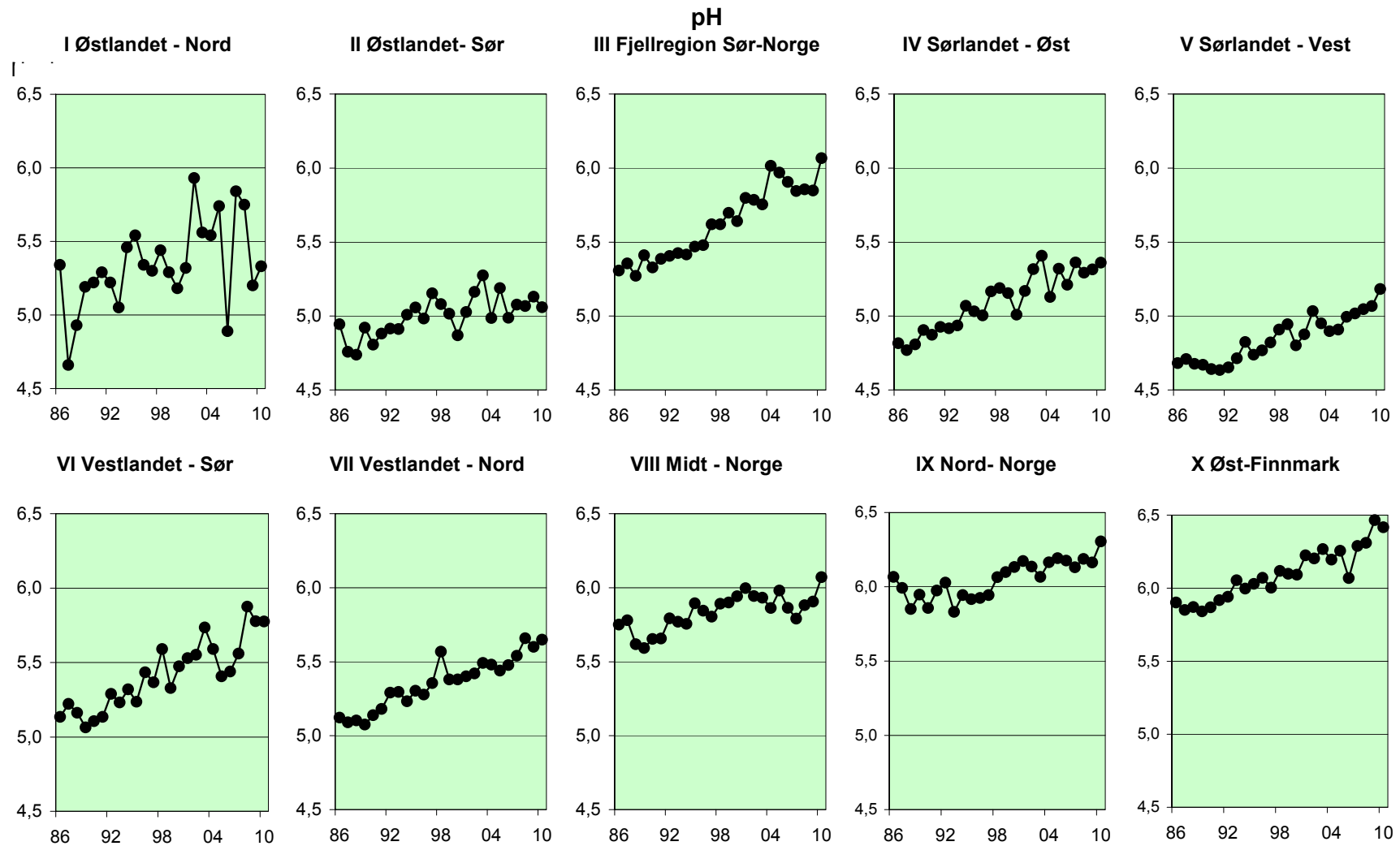
Figur 14. Trender for perioden 1986-2010 for nitrat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 14. Trends for 1986-2010 in nitrate in lakes in the 10 regions.



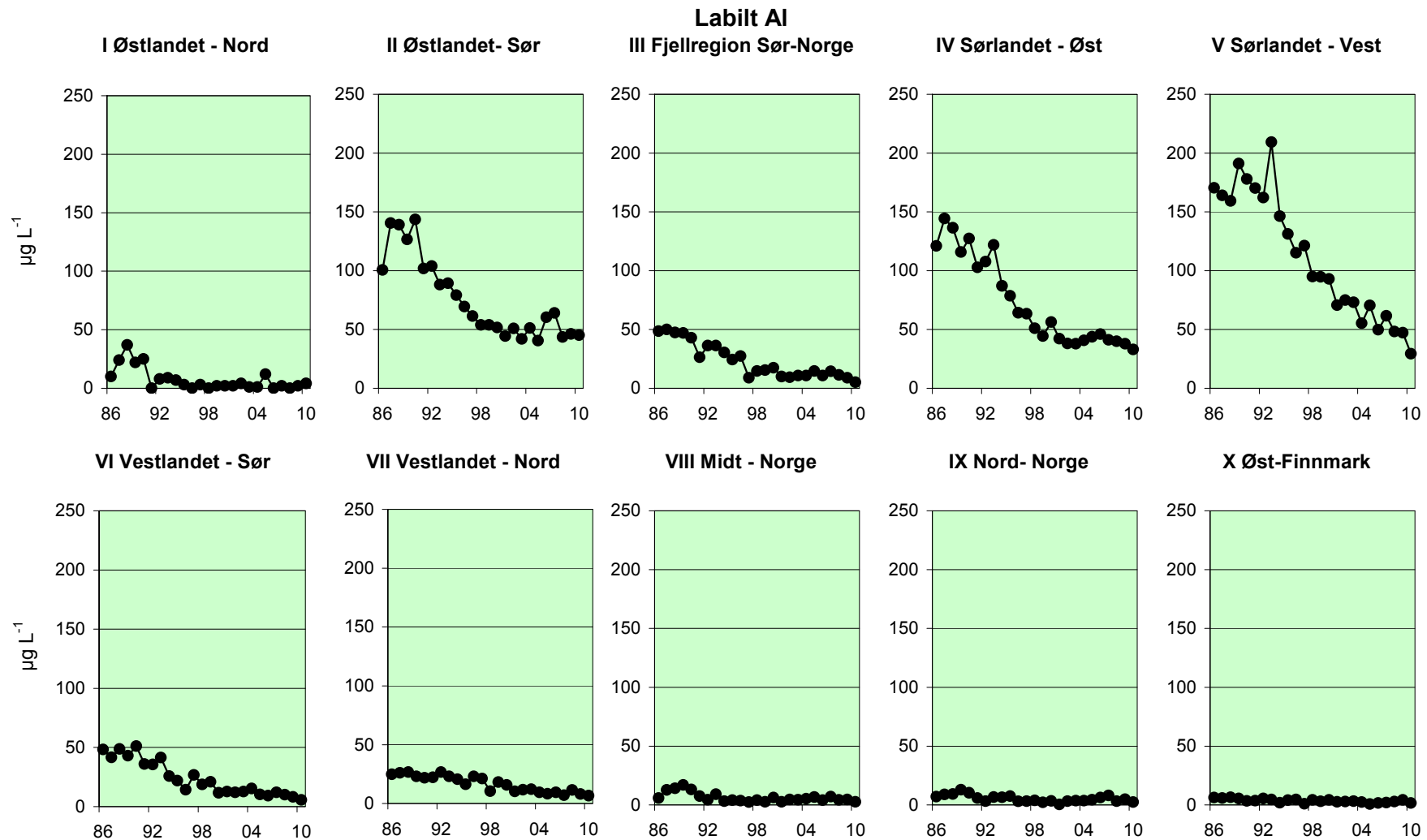
Figur 15. Trender for perioden 1986-2010 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 15 Trends for 1986-2010 in ANC (Acid Neutralizing Capacity) in lakes in the 10 regions.



Figur 16. Trender for perioden 1986-2010 for pH for innsjøer i de 10 regionene.

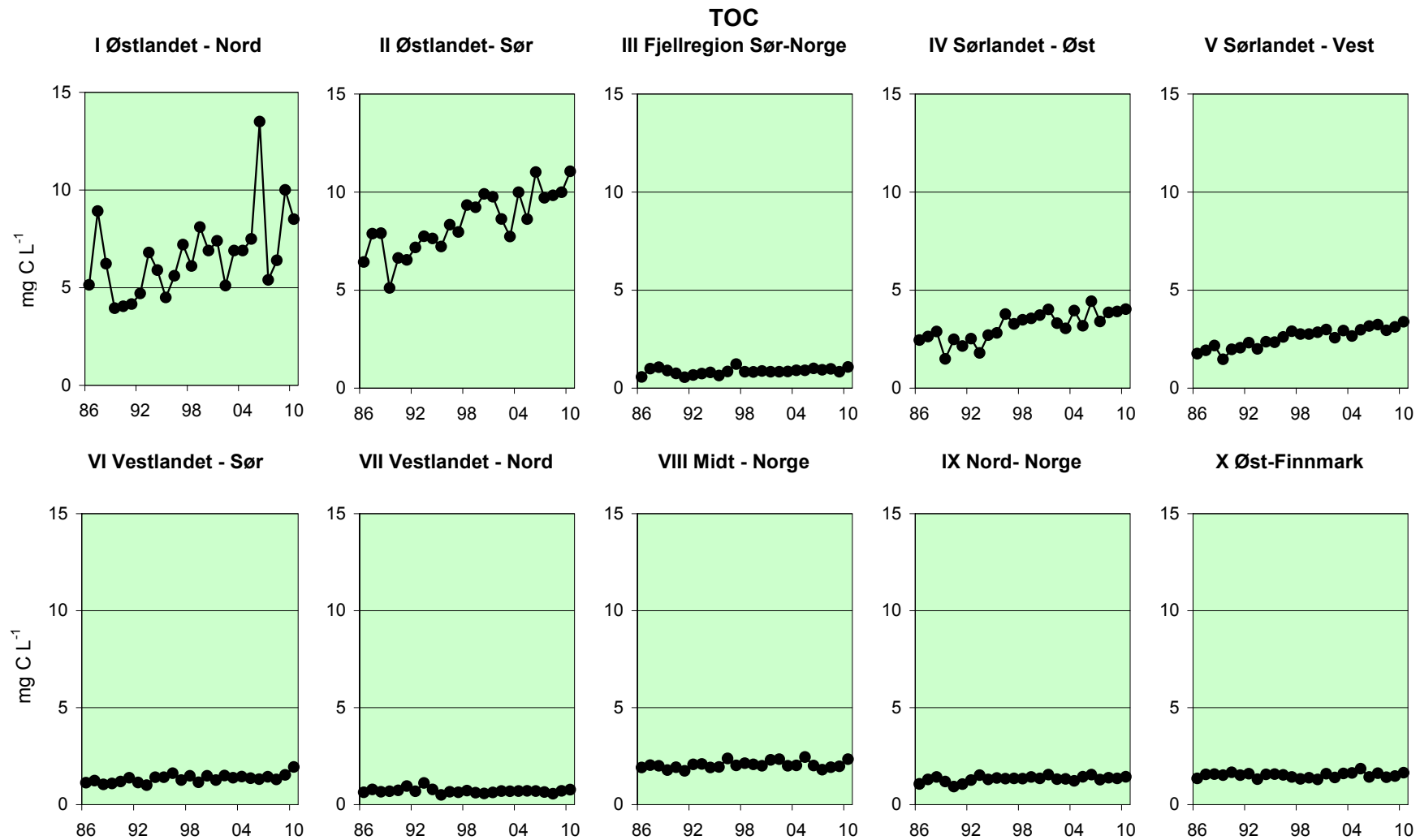
Figure 16. Trends for 1986-2010 in pH in lakes in the 10 regions.



Figur 17. Trender i LAl (labilt uorganisk (bundet) aluminium) for perioden 1986-2010 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 17. Trends for 1986-2010 in labile Al in lakes in the 10 regions.





Figur 18. Trender i TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2010 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 18. Trends in TOC (Total Organic Carbon) for the period 1986-2010 in lakes in the 10 regions.

## 3.2 Effekter på akvatisk fauna

### 3.2.1 Effekter på bunndyr

#### *Regionale bunndyrundersøkelser i elver*

De regionale bunndyrundersøkelsene i elver omfatter overvåking av fem vassdrag. Fra og med 2002 blir to av vassdragene prøvetatt annet hvert år. I 2010 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Nausta ble ikke prøvetatt. Resultatene viser at forurensningsskadeene i alle vassdrag er redusert sammenlignet med tilstanden rundt 1990. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er også blitt mindre i de senere år. Den biologiske gjenhenting har imidlertid stagnert noe etter 2000. Resultatene fra 2010 viser en generell forbedring sammenlignet med 2009. Som tidligere, er forurensningsskadeene størst om våren.

#### **Sørlandet - Vest (region V)**

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forurensningsskadd i perioden 1981-1993 (*Figur 19*). Etter 1993 fulgte en periode der lokalitetene ble kolonisert av moderat forurensningssensitive bunndyrarter. Den vanligste av disse artene, *Hydropsyche siltalai*, ble registrert da overvåkingen av vassdraget startet opp i 1981. I de påfølgende år var den borte i 11 år, for så å dukke opp igjen i 1992. I de senere år har denne bestanden bygget seg opp og stabilisert seg (*Figur 20*). I 2001 ble den sterkt sensitive døgnfluearten *Baetis rhodani* registrert for første gang i området. I de senere år har bestander av denne arten hatt en ustabil forekomst. De største skadene er blitt registrert om våren. I 2005 var arten slått ut i hele området, sannsynligvis som en følge av sterke sjøaltepisoder vinteren 2005. *B. rhodani* var tilbake igjen i lokalitetene høsten 2006 og 2007 (*Figur 20*). Deretter følger noen år der arten på det nærmeste er fraværende. I 2010 ble det registrert hele 25 individer av arten. Dette kan skyldes at artens tålegrense ikke har vært overskredet dette året. Vi har få vannkjemiske målinger fra lokalitetene, men pH i Saudlandsvatnet sommeren 2010 var de beste som er målt: 6,23 (juni) og 6,34 (august). Moderat følsomme bunndyr ser ikke ut til å være nevneverdig påvirket av de ustabile forholdene. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forurensningsindeksen i Farsund-området i de årene overvåkingen har pågått.

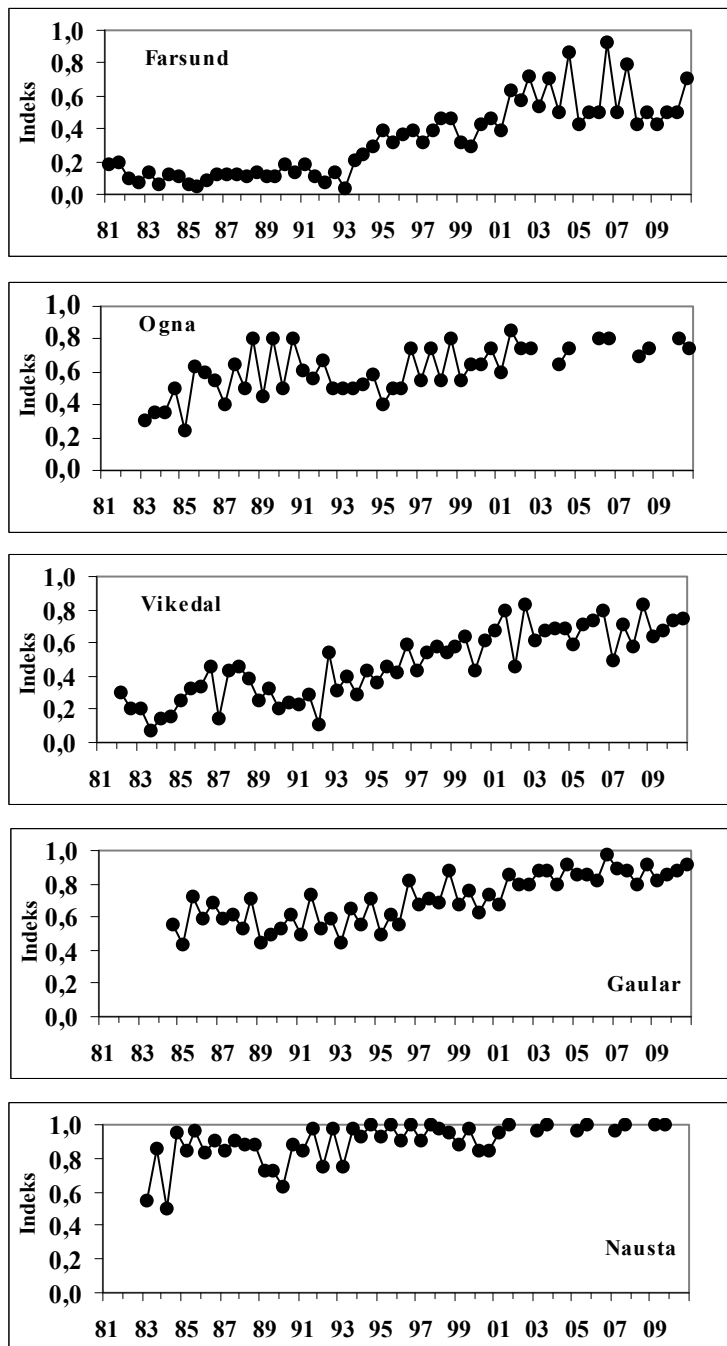
Undersøkelsene i Oгна i 2010 viste at forurensningstilstanden har stabilisert seg på et betydelig bedre nivå enn tidlig på 1990-tallet. Vår og høst var gjennomsnittlig forurensningsindeks 1 lik 0,81 og 0,75 og indikerer at tilstanden er noe bedre enn ved siste undersøkelse i 2008 (*Figur 19*). Vassdraget som helhet, kan karakteriseres som moderat forurensningsskadd. De ukalkete delene av Oгна er svært heterogene med hensyn til forurensning. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabil god vannkvalitet. Det biologiske mangfoldet i Oгна må karakteriseres høyt, blant annet med et ETP antall (summen av døgn-, vår- og steinfluearter) på nær 50 arter. Mange av tilløpene fra vest er imidlertid sure.

#### **Vestlandet - Sør (region VI)**

Bunndyrundersøkelsene i de ukalkete delene av Vikedalsvassdraget viste at det ennå er markerte forurensningsskader i deler av nedbørfeltet. Forurensningsindeksene (*Figur 19*) viser at dette vassdraget var sterkt skadd på 1980-tallet. I de senere år har det vært en positiv utvikling av både forurensningsindeksen og det biologiske mangfoldet. I vassdraget finnes det lokaliteter med god vannkvalitet og med en uskadet bunndyrfauna. Disse lokalitetene har stor betydning som kilder for rekolonisering av bunndyr etter sure episoder. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forurensningsindeksen i Vikedalsvassdraget etter 1990.

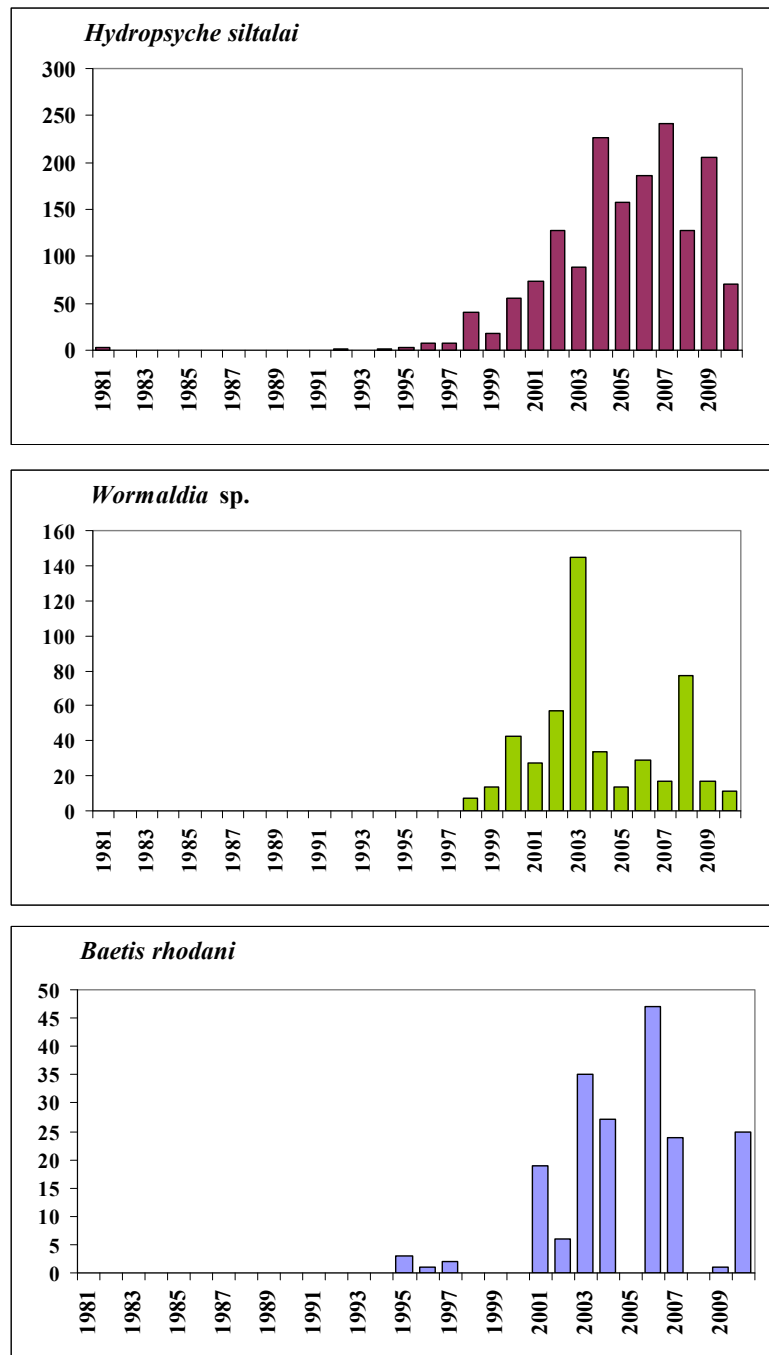
### Vestlandet - Nord (region VII)

Gaularvassdraget har fortsatt forsureningsskader i Eldalen, men de har avtatt betydelig i de senere år. De største skadene finner vi i de øverste lokalitetene, ved Nystølsvatnet. Det ble også registrert forsureningsskader i noen få sideelver. I 2010 var forsuringssindeksen 0,88 om våren og 0,91 om høsten, som er noe bedre enn foregående år (*Figur 19*). Forsuringssindeksen viser en markert oppgang fra 1993, men har flatet ut i de senere år. Selve hovedvassdraget fra Haukedalen til utløpet i fjorden har en stabil og uskadet bunndyrfauna, med gode innslag av forsuringssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.



*Figur 19. Forsuringssindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.*

*Figure 19. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is described in the main report.*



Figur 20. Antall registrerte individer av vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Wormaldia sp.* samt døgnfluen *Baetis rhodani* i Saudlandsområdet, Farsund, i perioden 1981-2010.

Figur 20. Total number of the caddisflies *Hydropsyche siltalai* and *Wormaldia sp.* and the mayfly *Baetis rhodani* in the Saudland area, Farsund, during 1981-2010.

### Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer Østlandet - Nord (region I)

To innsjøer i region I undersøkes årlig; Atnsjøen og Stortjøna. I 2010 ble det registrert seks arter døgnfluer i prøvene fra Atnsjøen. Tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* var høy i utløpselva. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre ble det registrert ni arter av steinfluer. Blant disse var det tre moderat følsomme taksa; *Isoperla grammatica*,

*Diura nanseni* og *Capnia* sp. Det ble videre påvist ni arter/slekter av vårfluer. Tre av disse er kjent for å være sensitive for surt vann. I 2010 ble det funnet to arter ferskvannssnegl; *Radix balthica* og *Gyraulus acronicus*. Det biologiske mangfoldet i Atnsjøen varierer litt fra år til år med hensyn på antall arter og mengden av sensitive taksa. Forskjellene tolkes som naturlige variasjoner og ikke at samfunnene endrer seg grunnet endret forsuringbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsuringsskade tidligere. *B. rhodani*, som har hatt sporadisk forekomst i de seneste år, ble registrert i 2010. Variasjon i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Lokaliteten må på basis av faunaen i 2010 karakteriseres som lite skadet av forsuring, men sett over tid er tilstanden ustabil.

I tillegg til disse to innsjøene ble Fjellvatn og Måsabutjørna undersøkt i 2010. Det ble ikke registrert forsuringfølsomme bunndyr i Fjellvatnet. Måsabutjørna fremstår som moderat skadet. Tilstanden i disse to vatna har ikke endret seg siden forrige undersøkelse, i 2006.

### **Østlandet - Sør (region II)**

Tre innsjøer i region II undersøkes årlig; Ø. Jerpetjern, Langtjern og Bredtjern. I tillegg ble innsjøene Storbørja, Holmsjøen og Nedre Furuvatn prøvetatt. Resultatene fra gruppe I og II sjøene viser små endringer i tilstand sammenlignet med foregående år. I Øvre Jerpetjern ble den moderat sensitive døgnfluearten *Siphonurus lacustris* registrert i strandsonen om høsten. Den økologiske tilstanden i Ø. Jerpetjern ble samlet vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet. I Langtjern ble det påvist småmuslinger. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. I Holmsjøen og Nedre Furuvatn ble det påvist moderat forsuringssensitive bunndyrarter, mens småmuslinger var de eneste sensitive arter som ble registrert i Storbørja.

Vi har i tillegg data fra fire innsjøer som er undersøkt i forbindelse med et annet program: Langvatn, Tvetervatn og Store Lysern (undersøkt i 2009) og Ravnsjøen (2010). Disse innsjøene er tidligere undersøkt i forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking (2002 og 2006). Langvatnet hadde en fauna bestående utelukkende av forsuringstolerante arter, mens det i de tre sistnevnte ble registrert noen få arter av moderat sensitive bunndyr. Den vanligste av disse var krepsdyret gråsugge (*Asellus aquaticus*). Tilstanden i disse fire innsjøene har ikke endret seg nevneverdig fra de forrige undersøkelsene. Samlet viser faunaen i innsjøene i region II at området bærer preg av forsuringsskade, en situasjon som har vært stabil siden overvåkingen startet.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

I region III ble det samlet inn prøver fra Heddersvatn. Funn av døgnfluen *Baetis rhodani* i utløpselva viser en bedring fra undersøkelsen i 2009. De moderat sensitive steinfluene *Diura nanseni* og *Capnia* sp. ble registrert i strandsonen og utløpselva.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

I region IV ble Lille Hovvatn, Sognevatn og Bjorvatn undersøkt. I førstnevnte lokalitet ble det ikke registrert forsuringfølsomme bunndyr. Den moderat sensitive døgnfluen *Siphonurus* sp. er tidligere påvist i strandsonen, senest i 2009. Samlet viser de siste års registreringer at lokaliteten ennå er for sur til en permanent kolonisering av sensitive bunndyr. Prøvene fra Sognevatn viste et variert biologisk mangfold. Det ble registrert to arter av den sterkt sensitive døgnflueslekten *Baetis* i utløpselva. I tillegg ble det i denne lokaliteten registrert moderat sensitive stein- og vårfluer. Til sammen ble det registrert fire steinfluearter og tretten arter

vårfluer i prøvene fra Sognevatnet. Sognevatnet fremstår nå som upåvirket av forurensning. Bjorvatnet må karakteriseres som sterkt forurensningskadd.

### **Sørlandet - Vest (region V)**

Tre innsjøer i region V undersøkes årlig; Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjørne. Prøvene fra Saudlandsvatnet inneholdt flere moderat følsomme taksa. De seneste års resultater viser at forekomstene av de mest følsomme bunndyrene fortsatt er meget ustabile og at små vannkjemiske endringer kan slå disse ut igjen. En økende andel av sensitive organismer viser at det biologiske mangfoldet utvikler seg i positiv retning. Av arter som har etablert stabile bestander i Saudlandsvatnet i de seneste årene kan nevnes døgnfluene *Cloeon* sp. og *Siphonurus* sp. samt vårfluene *Tinodes waeneri*, *Oecetis testacea* og *Wormaldia* sp. Alle artene som har kommet tilbake er forventet, men fortsatt mangler det mange som finnes i uforsurete lokaliteter. I Ljosvatn ble det registrert moderat sensitive steinfluer i utløpet. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forurensningskadd, men sporadiske funn av sensitive bunndyr kan tyde på at vatnet er inne i en fase av begynnende gjenhenting. I Lomstjørne ble det funnet flere meget følsomme og moderat følsomme arter. Døgnfluen *Baetis rhodani* var meget tallrik i utløpsbekken. Antall følsomme individ er økende, og Lomstjørne fremstår nå som lite forurensningskadd.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

I region VI ble Røyrvatnet undersøkt i 2010. Etter mange år med sterk forurensningskade har Røyrvatnet vist tegn til gjenhenting av bunndyrfaunaen i de siste fire årene. I 2010 ble det registrert fem sensitive bunndyrtaksa i lokaliteten; døgnfluen *Baetis rhodani*, steinfluen *Diura nanseni* samt vårfluene *Hydropsyche siltalai*, *H. pellucidula* og *Lepidostoma hirtum*. Røyrvatn synes nå å føye seg til en generell positiv utvikling for regionen, se elveundersøkelsene.

### **Vestlandet - Nord (region VII)**

I region VII ble de årlige innsjøene Markhusdalsvatn, Nystølsvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markhusdalsvatn var meget sterkt forurensningskadd frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2010 ble den moderat forurensningstolerante vårfluen *Lepidostoma hirtum* registrert i utløpsbekken. I Svartetjern ble det kun påvist tolerante arter. Nystølsvatn hadde en periode med sterkt forurensningskadd bunnfauna i årene 2000 og 2001. Etter dette har vatnet vist sporadiske tegn til forbedring, med registreringer av moderat sensitive bunndyr. Faunaregistreringene i 2010 viste en forbedring sammenlignet med 2009. Til sammen fem ulike sensitive bunndyrarter ble registrert. I utløpsprøven ble det funnet flere eksemplarer av døgnfluen *Baetis rhodani*. Nystølsvatn er svært ionefattig og følgelig følsom for forurensning.

### **Midt-Norge (region VIII)**

I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. I Svartdalsvatn ble det registrert moderat forurensningssensitive bunndyrarter. Situasjonen i dette vatnet har vært stabil i de senere år.

### **Nord-Norge (region IX)**

I region IX er Nedre Kaperdalsvatn undersøkt årlig. Antall registrerte taksa og individer har i alle år vært lavt i innsjøen. I 2010 ble døgnfluen *Baetis rhodani* samt steinfluene *Diura nanseni* og *Capnia* sp. registrert. Funnet av *Baetis* viser at lokaliteten har hatt en god vannkvalitet i 2010. Sporadisk fravær av arten i tidligere år tyder på at vannkvaliteten er ustabil over tid.

### Øst-Finnmark (region X)

I region X undersøkes bunnfaunaen i Dalvatn årlig. I 2010 ble døgnfluen *Baetis rhodani* funnet i utløpselva. I tillegg ble vanlig damsnegl, *Radix balthica*, registrert i utløpselva. Resultatet står i kontrast til fjoråret da disse artene ikke ble registrert. Vatnet har foreløpig en ustabil bunndyrfauna.

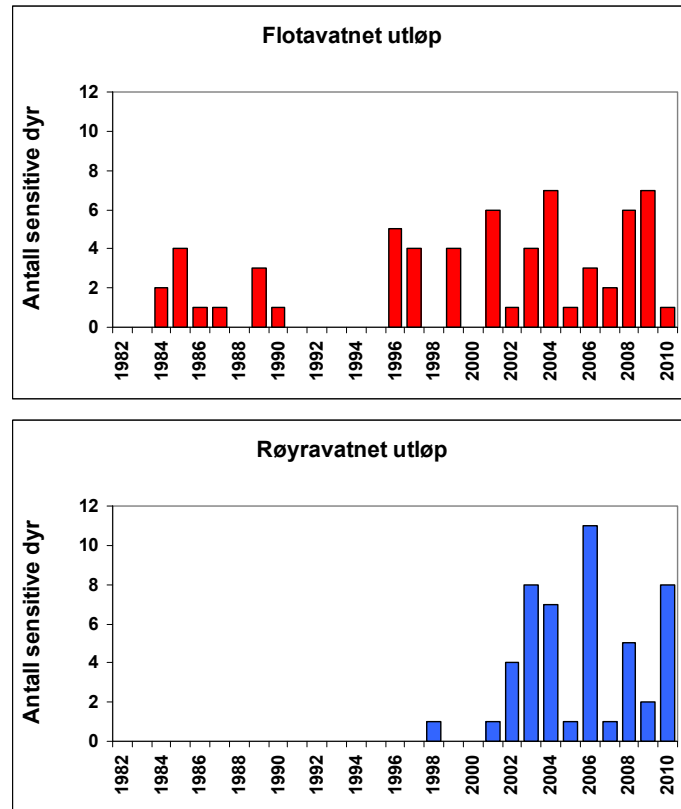
### Trender i bunndyrobbservasjoner

I tidligere rapporter er det påpekt at det er blitt registrert flere igler i lokaliteter på Sørlandet. I region V er kun en igleart, blodigle, oppført som sikker for regionen, mens andre igler er angitt med usikker forekomst i hht Fauna Norvegica (Aagaard & Dolmen 1996). Dyregruppen har trolig vært sparsomt utbredt i regionen tidligere, noe som kan skyldes forsurening. Vi har indikasjoner på at iglene er moderat følsomme for surt vann, mens noen av deres viktigste næringsorganismer, som f. eks. snegl, er meget følsomme. Overvåkingen har vist at tøyet flatigle (*Helobdella stagnalis*), hundeigle (*Erpobdella octoculata*) og andeigle (*Theromyzon tessulatum*) har blitt mer vanlige i flere lokaliteter på Sørlandet. I 2010 ble det registrert igler i Sognevatnet og Saudlandsvatnet. Utviklingen tolkes som en positiv effekt av redusert forsurening, både på iglene og på viktige næringsdyr.

Saudlandsvatn (region V) har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært meget positiv fra 1990. I 2010 ble det registrert ni følsomme taksa i Saudlandsvatn, mot tre i 1990. Dette viser at det biologiske mangfold i lokaliteten er økende. Vårfluene *H. siltalai* og *Wormaldia occipitalis* er eksempler på følsomme arter som kom tilbake i siste halvdel av nittitallet i bekkelokaliteter nær Saudlandsvatn (Figur 20). Den sterkt forsureningssensitive døgnfluen *B. rhodani* viser en ustabil gjenhentingsprosess. Det ble registrert 25 individer av arten i 2010 (Figur 20), mot ett eksemplar i 2009 og ingen i 2008. Sporadisk fravær er sannsynligvis forårsaket av sure episoder. Vannkvaliteten er foreløpig for ustabil for en permanent etablering av arten. Moderat følsomme arter viser derimot stabile bestander.

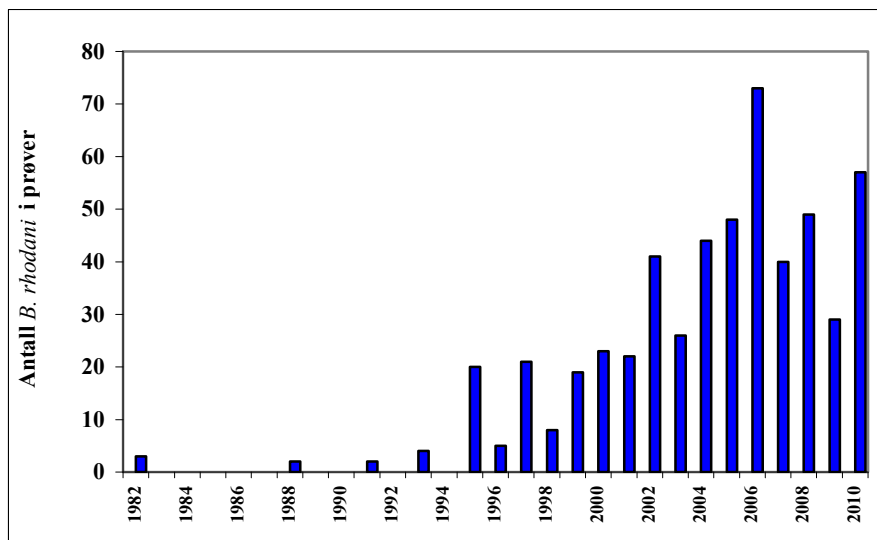
I region VI har den delen av Vikedalsvassdraget som ligger oppstrøms kalkdosereren inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotavatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forsureningsfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (Figur 21). Døgnfluen *B. rhodani* ble påvist i lokaliteten i 2001. Forsureningsnivået i lokaliteten er ennå ikke akseptabelt. Det biologiske mangfoldet i lokaliteten vil øke dersom vannkvaliteten bedres. Bunndyrfaunaen i elva fra Røyrvatn har vist at lokaliteten var sterkt forsuret i perioden 1982-1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (Figur 21), med en redusert forsureningsskade og økning i biologisk mangfold. Det observeres årlig ulike moderat sensitive arter her. I 2006 ble *Baetis rhodani* registrert for første gang i lokaliteten da det ble funnet ett individ av arten i utløpselva. Arten ble registrert på nytt i 2008 og i 2010. Vi regner med at det ennå vil ta tid å etablere en stabil bestand av arten i denne lokaliteten. I tillegg til *B. rhodani* ble det registrert flere moderat sensitive bunndyr i lokaliteten: Steinfluene *Diura nanseni* og *Isoperla grammatica* samt vårfluene *Lepidostoma hirtum*, *Hydropsyche silatalai* og *H. pellucidula*.

Den nedre, ukalkete delen av Vikedalsvassdraget har vist en markert gjenhenting av bunndyrfaunaen i de senere år. Utviklingen til døgnfluen *B. rhodani* i en lokalitet som ligger nedstrøms Fjellgardsvatnet, er et eksempel på dette (Figur 22). Her ble arten bare registrert sporadisk i tidsrommet 1982 til 1994. Etter 1995, viser arten stabile forekomster.



Figur 21. Forekomst av forsureningssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotavatnet og Røyrvatnet, Vikedal, i perioden 1982-2010.

Figure 21. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotavatnet and Lake Røyrvatnet, Vikedal, in the period 1982-2010.



Figur 22. Forekomst av døgnfluen Baetis rhodani i en ukalket elvelokalitet nedstrøms Fjellgardsvatnet i Vikedal i perioden 1982-2010.

Figure 22. Numbers of the acid-sensitive mayfly Baetis rhodani in an unlimed locality in the main River Vikedalselva during 1982-2010.



I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markhusdalsvatn siden 1991 og innløp- og utløpselv fra Nystølsvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forurensningskadede i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat forurensningsfølsomme taksa. Prøvene fra de siste årene indikerer ustabil vannkjemi, til tross for en positiv tendens i utviklingen av følsom fauna og biologisk mangfold. Bunnedyrfaunaen i Nystølsvatn, som var sterkt forurensningskadede i 2000 og 2001, har vist en positiv utvikling i de siste årene. Registreringen av *Baetis rhodani* i utløpet de siste årene viser at vannkvaliteten er i bedring.

### 3.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2010 registrert 67 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 39 arter vannlopper (Cladocera) og 27 arter hoppekreps (Copepoda; cyclopoide og calanoide). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forurensning. Eksempler på forurensningsfølsomme arter er *Daphnia longiremis*, *D. longispina*, *Eucyclops macrurus* og *E. speratus*. Arter innen slekten *Daphnia* spp. har en sentral funksjon som surhetsindikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner artene å opptre med avtagende frekvens, og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,5.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte i 2010 mellom 12 og 39. Antall arter i en lokalitet er avhengig av vannkvaliteten, geografisk beliggenhet, klimaforhold og biologiske forhold for øvrig. Lavest artsrikdom finnes i sure lokaliteter og da spesielt i kombinasjon med ugunstige klimatiske forhold (kort vekstsesong og lave sommertemperaturer), og hvor innholdet av TOC er lavt. I de mest forurensningskadede lokalitetene vil det være få forurensningsfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forurensning, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longispina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) brukes derfor for å identifisere innsjøer med store forurensningskader fra de som er mindre forurenet.

Fordi forekomsten av mange av de forurensningssensitive artene er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) i tillegg til forurensning, finnes det også uforurente innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forurensningsfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forurente lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forurensningskadede krepsdyrsamfunnet er.

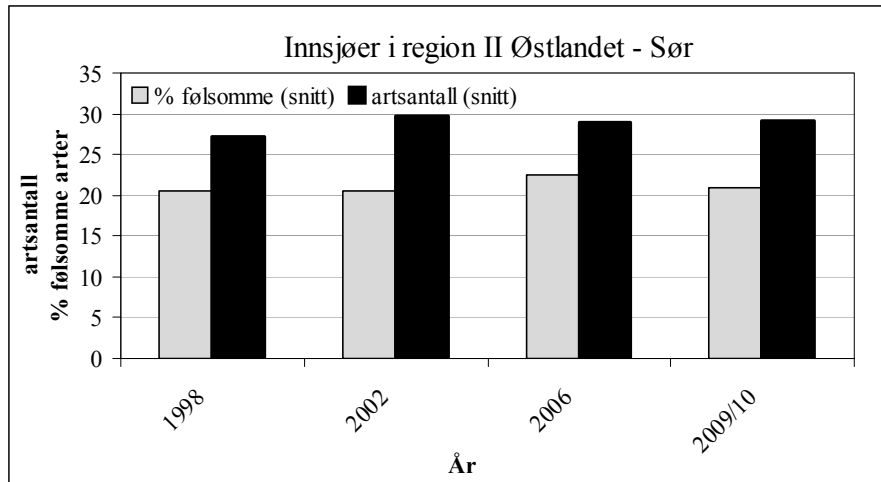
### Østlandet – Nord (region I)

Totalt er det registrert 57 arter i region I basert på overvåkingen i perioden 1997-2010. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forurensningskader. Andelen forurensningsfølsomme individer viser likevel en liten økning over tid. Stortjøna (Engerdal) er moderat forurenet og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Hoppekrepsen *Eucyclops speratus*, som regnes som moderat forurensningsfølsom, ble registrert for første gang i 2008 og ble også funnet i 2009, men ikke i 2010. Andelen forurensningsfølsomme småkreps er imidlertid relativt lav, vanligvis i underkant av 20 %. I tillegg er to innsjøer i region I undersøkt hvert fjerde år (1998, 2002, 2006, 2010). I den ene av disse, Måsubutjøna (Rendalen), er *Daphnia longispina* funnet i alle år med undersøkelser. For øvrig er andelen forurensningsfølsomme arter lav både i denne innsjøen og i Fjellvatn (Sør-Aurdal).

I 1998 ble faunaen i totalt elleve innsjøer i region I undersøkt. Basert på krepsdyrfaunaen ble enkeltjøer i regionen den gang vurdert å være ubetydelig/lite til sterkt forurensningskadet (svært god/god – dårlig økologisk tilstand). Undersøkelsene gir så langt ingen, eller kun svake tegn på en positiv utvikling i forurensningssituasjonen i region I.

### Østlandet – Sør (region II)

Totalt er det registrert 69 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2010. I 2009/2010 ble det funnet 58 arter (10 lok.). Totalt 8 innsjøer er undersøkt hvert fjerde år eller oftere. Antall krepsdyrarter og andel forurensningsfølsomme arter varierer mellom år, men samlet sett har det ikke vært noen endringer etter 2002 (Figur 23).



Figur 23. Gjennomsnittlig antall arter av småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) og andel forurensningsfølsomme småkreps (% av totalt antall arter) for 8 innsjøer i region II (Østlandet – Sør) undersøkt i 1998, 2002, 2006 og 2009/2010.

Figure 23. Average numbers of microcrustacean species (*Cladocera* + *Copepoda*) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 8 lakes in region II (Southeastern Norway) monitored in 1998, 2002, 2006 and 2009/2010.

Dafnier er funnet i fem av totalt 12 undersøkte innsjøer i denne regionen, og for fire av disse ble det også registrert dafnier i 2009/2010. For tre av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra 13-15 år i løpet av perioden 1996-2010. Bredtjenn er en av de mest forurensningskadede overvåkingssjøene i regionen, med lav artsdiversitet og dominans av arter som synes begünstiget av forurensning. En forurensningsfølsom vannloppe, *Alona karelica*, ble for første gang registrert i 2008. I 2010 var imidlertid krepsdyrfaunaen i Bredtjenn helt dominert av forurensningstolerante arter. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forurensningsfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav. Andelen har imidlertid vært noe høyere etter 2003, men på samme nivå som i 1977. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har økt i løpet av overvåkingperioden, men var svært lav i 2009-2010. I Øvre Jerpetjern (Notodden) var andelen forurensningsfølsomme arter lav de to siste årene (12-14 %) sammenlignet med årene 2003-2008 (16-21 %). I Langvatn (Oslo), som er undersøkt årlig i perioden 1996-1999 og siden hvert fjerde år, er det registrert relativt høy andel forurensningsfølsomme arter. Blant annet

ble den svært forsureningsfølsomme hoppekrepsen, *Eucyclops macrurus*, registrert som ny art i 2009. Dafnier er imidlertid kun registrert i 1997 og i 2006.

For enkeltlokaliteter i region II vurderes forurensningsskadene som liten til meget stor basert på krepsdyrfaunaen (god - svært dårlig økologisk tilstand). Resultatene fra region II gir så langt ingen eller kun svake tegn på en positiv utvikling i forurensningssituasjonen i regionen. Relativt store år til år variasjoner tyder på at vannkvaliteten er marginal i forhold til de krav som stilles for reetablering av forurensningsfølsomme arter av småkreps.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

Totalt er det registrert 42 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2010. Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2010. I Heddersvatn (Hjartdal), som også ble undersøkt i 1978, ble *Cyclops scutifer* registrert for første gang i 1999 og ble funnet i små mengder i alle de påfølgende årene. I 2009 og 2010 utgjorde arten 10-30 % av planktonet. Dette kan tolkes som en respons på bedring i vannkvaliteten. I Rondvatn (Otta) ble det i 2010 registrert tre nye forurensningsfølsomme arter; blant annet hoppekrepsen *Arctodiaptomus laticeps* og vannloppen *Daphnia longispina*. Dafnier er ikke tidligere registrert i innsjøen, verken i undersøkelser gjennomført på 1940-tallet eller i 1986. Både Rondvatn og Heddersvatn har en artsfattig krepsdyrfauna; totalt er det kun registrert hhv 22 og 26 arter i løpet av overvåkingsperioden. I Heddersvatn er andelen forurensningsfølsomme arter lav og variabel (0-20 %), mens denne er relativt høy i Rondvatn (20-42 %). Det er sannsynlig at det er andre forhold en forurensning, for eksempel dårlig utviklet litoralsone, ugunstig klima og marginal vannkvalitet med lave ionekonsentrasjoner, som er begrensende faktorer for småkreps i disse fjellsjøene.

Innsjøene i region III er vurdert som ubetydelig/lite til sterkt forurensningsskadet (svært god/god - dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Resultatene fra region III indikerer at en gradvis bedring av vannkvaliteten nå følges av en svak, men positiv utvikling i krepsdyrfaunaen i innsjøer som tidligere har vært forurensningsskadet.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

Totalt er det registrert 66 krepsdyrarter i region IV i perioden 1996-2010. Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn (Birkenes) er moderat forurensningsskadet. De siste årene, særlig fra 2003, er det kommet inn flere moderat forurensningsfølsomme arter av småkreps som tidligere ikke er registrert i innsjøen. Andelen forurensningsfølsomme arter er imidlertid lav (varierer omkring 20 %), men generelt noe høyere de siste tre årene. Dersom de vannkjemiske forbedringene fortsetter vil vi kunne forvente en positiv utvikling i forurensningstilstanden i Bjorvatn i løpet av få år. Lille Hovvatn (Birkenes) hører til de mest forurensningsskadete overvåkingssjøene, og krepsdyrsamfunnet gir ingen tegn på endringer i forurensningstilstanden. I perioden 2005-2010 er det kun registrert forurensningstolerante arter. I 1998 og i 2009 ble det funnet noen få individer av hoppekrepsen *Cyclops scutifer*. Etablering av denne vanlige forekommende arten er ofte et første tegn på en bedring i vannkvaliteten, men lave tettheter og kun sporadiske funn underbygger vurderingen av at Lille Hovvatn fremdeles er svært forurensningsskadet. I 2010 ble det imidlertid funnet en ny art; vannloppen *Drepanothrix dentata*. I Songevatn (Songdalen/Vennesla) er andelen forurensningsfølsomme krepsdyrarter mer enn fordoblet etter 1997 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet økte gradvis fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997 til ca 5 % i 2003. Deretter har andelen av *Daphnia longispina* variert mellom <1 og 5 %. Predasjon fra fisk kan være en forklaring på at dafniene ikke utgjør en større andel av planktonet. I 2010 ble

det funnet en ny svært forsureningsfølsom art i Songevatn, hoppekrepsen *Cryptocyclops bicolor*. Denne har en begrenset utbredelse med de fleste funnene på Østlandet. Den er funnet i tre lokaliteter i Aust-Agder tidligere.

Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og forsuringsskadene er vurdert som liten til meget stor (god – svært dårlig økologisk tilstand) for enkeltsjøene i region IV. Enkelte innsjøer viser små, men ustabile, positive endringer, men de fleste innsjøene viser ingen indikasjoner på endringer i forsuringstilstanden over overvåkingsperioden.

### **Sørlandet - Vest (region V)**

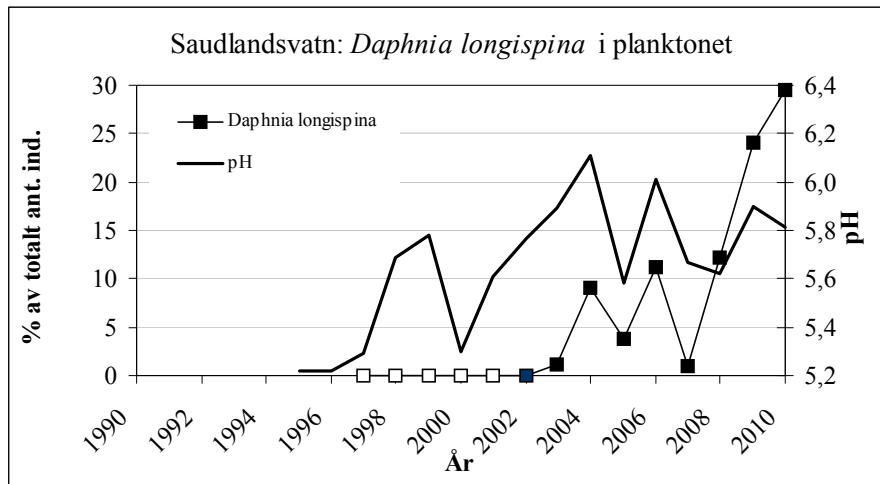
Totalt er det registrert 59 arter (14 lok.) i region V i overvåkingsperioden 1996-2010. Seks av innsjøene i regionen er undersøkt hvert fjerde år eller oftere. Tre av innsjøene i region V blir undersøkt årlig. I Saudlandsvatn (Farsund) ble det i 2002, for første gang, funnet individer av *Daphnia longispina* i planktonet. Andelen av *D. longispina* har siden økt og denne har enkelte år, som i 2009 og 2010, vært en av de dominerende planktonartene (Figur 24). Andelen forsuringfølsomme arter har også økt de siste årene, men var likevel relativt lav i 2010 (20 %). Samlet indikerer resultatene en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i innsjøen. Lomstjørni (Bjerkreim) vurderes som svakt til moderat forsuringsskadet med høye andeler forsuringfølsomme arter. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet varierer imidlertid mellom år, og er sjelden større enn 5 %. Ljosvatn (Sokndal) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre. I perioden 2005-2007 har det imidlertid blitt registrert totalt fire nye moderat forsuringfølsomme arter i Ljosvatn; kun en av disse er funnet i påfølgende år. Andelen forsuringfølsomme arter er generelt lav og varierer dessuten mellom år. I 2009 ble det for eksempel kun registrert en forsuringfølsom art mens det i 2010 ble funnet tre slike arter. Forholdene i Ljosvatn er foreløpig for ustabile og ugunstige til at forsuringfølsomme arter etablerer seg med gode bestander.

Innsjøene i region V er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsuringsskadet (god – svært dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Resultatene fra region V indikerer at en gradvis bedring av vannkvaliteten følges av en svak, men positiv utvikling i krepsdyrfaunaen i de minst forsuringsskadete av innsjøene i denne regionen.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

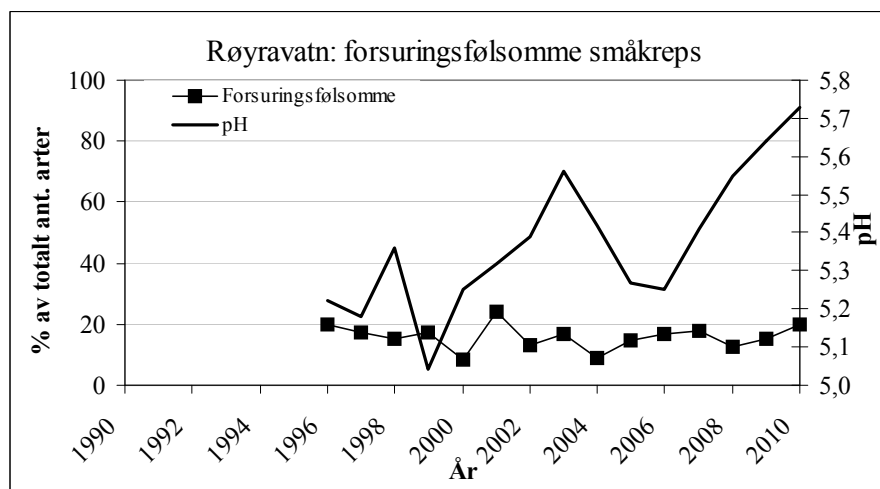
Totalt er det registrert 45 krepsdyrarter i region VI i perioden 1996-2010. Kun Røyrvatn i Vindafjord blir undersøkt årlig. Her ble det i forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva. Først i 2009 ble *Daphnia galeata* funnet i planktonet, og da kun med ett individ i en prøve fra strandsonen. Arten ble ikke funnet i 2010. Likevel er det sannsynlig at dafnier finnes i svært lave tettheter i innsjøen. En ny moderat forsuringfølsom art, *Paracyclops affinis*, ble registrert i 2010. Krepsdyrundersøkelsene gir ellers ingen tegn på endringer i forsuringssituasjonen i Røyrvatn (Figur 25).

Forsuringsskadene basert på krepsdyrfaunaen er vurdert som moderat til stor (moderat-dårlig økologisk tilstand) for enkeltsjøene i region VI. Samlet sett vurderes forsuringstilstanden for region VI å være uforandret basert på krepsdyrundersøkelsene.



Figur 24. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Saudlandsvatn (region V, Sørlandet - Vest) i 1997-2010. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 24. Relative abundance (% of total numbers) of the water-flea *Daphnia longispina* (Cladocera) recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2010. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH values from samples taken in the autumn or mean value based on samples taken in spring and summer.



Figur 25. Andel (% arter) av forsuringfølsomme småkrepser (Cladocera + Copepoda) i Røyrvatn (reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2010. pH er fra høstprøver.

Figure 25. Relative occurrence (% of total species numbers) of acid sensitive microcrustaceans (Cladocera + Copepoda) in Lake Røyrvatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2010. pH values from samples taken in the autumn.

### Vestlandet - Nord (region VII)

Totalt er det registrert 52 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2010. For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata; Markhusdalsvatn og Svartetjern (begge Masfjorden) og Nystølsvatn (Gaular). Andelen forsuringfølsomme arter er lav i alle

innsjøene, som for øvrig viser relativt store år til år variasjoner mhp. krepsdyrfaunaen. I Svartetjern har både antall arter og andelen forsuringfølsomme arter økt siden 2004. Andel forsuringfølsomme arter i Markhusdalsvatn er generelt noe høyere i siste fem års periode sammenlignet med årene før 2006. Mengdene av disse er imidlertid svært lave. I Nystølsvatn ble det i 2009 registrert en ny moderat forsuringfølsom art, vannloppen *Alona intermedia*, men denne ble ikke funnet i 2010. Sett under ett så viser verken Nystølsvatn eller Markhusdalsvatn noen klar trend mhp. krepsdyrfaunaen.

I 1999 ble krepsdyrfaunaen i totalt 12 innsjøer i regionen undersøkt. Innsjøene i region VII ble den gang klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forsuringsskadet (svært god/god-dårlig/svært dårlig økologisk tilstand). Overvåkingssjøene i regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,1-1,0 mg Ca L<sup>-1</sup>). Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Datagrunnlaget er dessuten ikke tilstrekkelig til å vurdere om det har vært noen endring i forsuringstilstanden basert på krepsdyrfaunaen.

### **Midt-Norge (region VIII)**

Totalt er det registrert 58 arter av krepsdyr i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2010. Kun Svartdalsvatn i Lesja overvåkes årlig. Undersøkelser av denne høyfjellslokaliteten viser årlige forekomster av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*. Med unntak av 1999 og 2000 har andelene imidlertid vært lave, og de siste fem årene har andel vært < 1 %. Lave tettheter av dafnier er også registrert i andre ionefattige klarvannssjøer (Schartau *et al.* 2006).

Innsjøene i region VIII er vurdert som lite til sterkt forsuringsskadet (svært god-dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Innsjøene i denne regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca L<sup>-1</sup>). Det er derfor sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten.

### **Nord-Norge (region IX)**

Kun Nedre Kaperdalsvatn i Tranøy kommune undersøkes årlig. Krepsdyrfaunaen er artsfattig med dominans av moderat forsuringstolerante arter. For øvrig varierer krepsdyrfaunaen relativt mye, og det er lite som tyder på en generell endring i forsuringstilstanden.

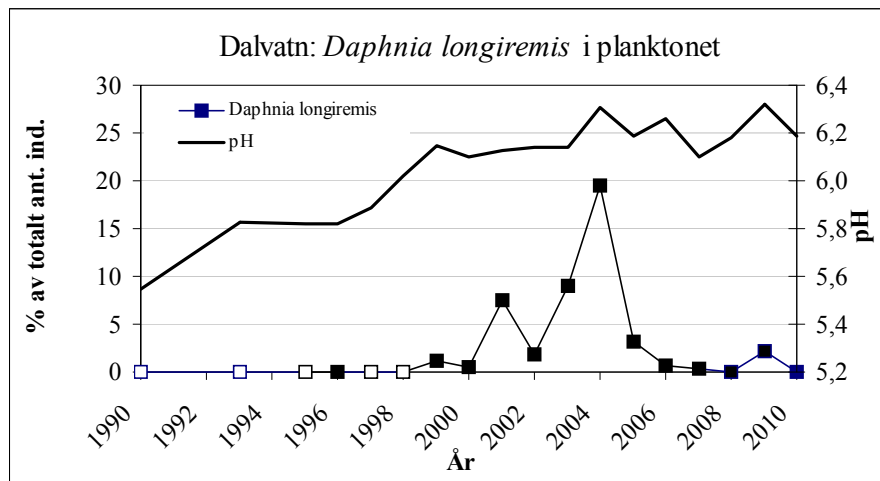
I 1999 ble seks innsjøer i region IX undersøkt. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Innsjøene i region IX ble den gang vurdert som ubetydelig/litt til moderat forsuringsskadet (svært god/god – moderat økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Artsantall og diversitet er naturlig lav i næringsfattige innsjøer.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Totalt er det funnet 44 arter av krepsdyr i region X basert på overvåkingen i perioden 1996-2010. Fire av innsjøene i regionen er undersøkt hvert fjerde år eller oftere. Kun Dalvatn på Jarfjordfjellet i Sør-Varanger blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det også data fra de fleste år i perioden 1990-1995. Andelen av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet økte fra den første gang ble registrert i 1996 til om lag 20 % i 2004. Mengden av dafnier har imidlertid vært svært lav de siste seks årene til tross for videre forbedringer i vannkvaliteten (*Figur 26*). Mengden av andre forsuringfølsomme arter

varierer også over år, men var spesielt høy i 2004 og noe lavere de siste årene. Etter 2000 er det sannsynlig at andre forhold enn forurensning har hatt en betydning for utviklingen i krepsdyrfaunaen. For eksempel kan forekomst av krepsdyrspisende fiskearter (røye og trepigget stingsild) være en forklaring på at dafniene ikke utgjør en større andel av planktonet. De siste årene har dessuten NILU målt økte konsentrasjoner av tungmetaller, særlig kobber og nikkel, i nedbør på Jarfjordfjellet. Dafnier er følsomme for tungmetaller, men det er imidlertid usikkert om nivåene i Dalvatn er så høye at disse kan forklare nedgangen i tettheten av dafnier.

Innsjøene i region X er klassifisert som litt/moderat til sterkt forurensingsskadet (god/moderat - dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen.



Figur 26. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longiremis* i Dalvatn (reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2010. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.

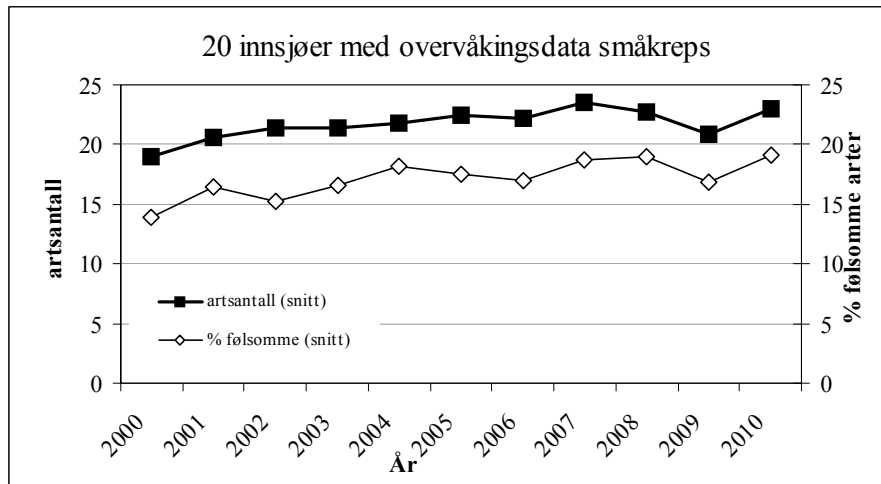
Figure 26. Relative abundance (% of total numbers) of the water-flea *Daphnia longiremis* (*Cladocera*) recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2010. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during autumn.

### Trender i krepsdyrobservasjoner

Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2010, var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer) inkludert tre referansesjøer; 17 av innsjøene er undersøkt siden 1997 eller tidligere. Fra og med 2000 finnes det årlige krepsdyrdata fra alle de 20 innsjøene. Basert på snittverdier har det vært en liten økning i andel forurensningsfølsomme småkreps og antall arter fram til 2007 (Figur 27). Deretter er resultatene mindre entydige. Av de forurente innsjøene har i underkant av halvparten vist enkelte indikasjoner på endringer i positiv retning, særlig fra og med 2001. For tre av innsjøene (Langtjern i Østlandet - Sør, Saudlandsvatn i Sørlandet - Vest og Svartetjern i Vestlandet - Nord) er endringen så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen. Songevatn i Sørlandet - Øst og Dalvatn i Øst-Finnmark viste tidligere en positiv utvikling med økte tettheter av dafnier og økte andeler av forurensningsfølsomme krepsdyr. Situasjonen har imidlertid stagnert eller vært mindre positiv de siste seks-syv årene. Artssammensetningen av krepsdyrfaunaen indikerer at miljøforholdene er ustabile med relativt store år til år variasjoner. Disse variasjonene kan også ha andre årsaker enn forurensning, for eksempel

variasjoner i beitetrykket fra fisk. For flertallet av innsjøene er mengden av forsuringsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile.

Sørlandet - Vest (region V) er den av regionene som viser den klareste positive utviklingen, spesielt mhp. andel forsuringsfølsomme arter. Resultatene samsvarer også med den positive utviklingen som er registrert for annen fauna i denne regionen. Flertallet av overvåkingssjøene i region V er kun litt til moderat forsurete, og det er blant disse vi forventer den raskeste responsen på forbedringer i vannkvaliteten. For de øvrige regionene er endringene i krepsdyrfaunaen så små at forureningstilstanden samlet sett vurderes som uforandret basert på utvalget av overvåkingssjøer.



Figur 27. Gjennomsnittlig antall arter av småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) og andel forsuringsfølsomme småkreps (% av totalt antall arter) for 20 innsjøer med årlige undersøkelser i perioden 2000-2010.

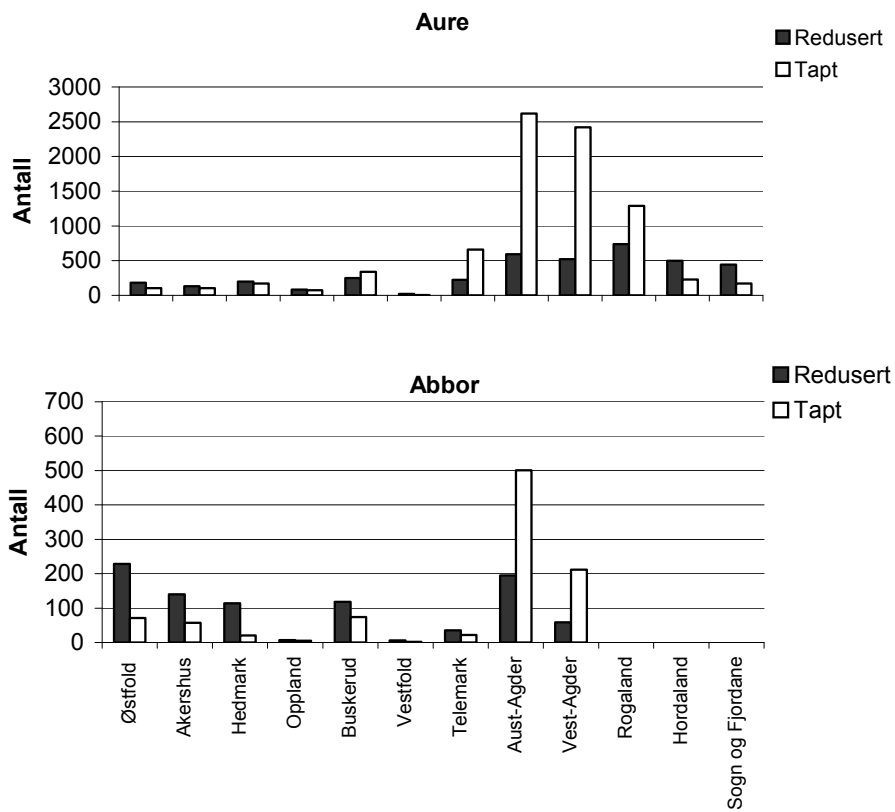
Figure 27. Average numbers of microcrustacean species (*Cladocera* + *Copepoda*) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 20 lakes with yearly studies in the period 2000-2010.

### 3.2.3 Effekter på fisk

#### **Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander**

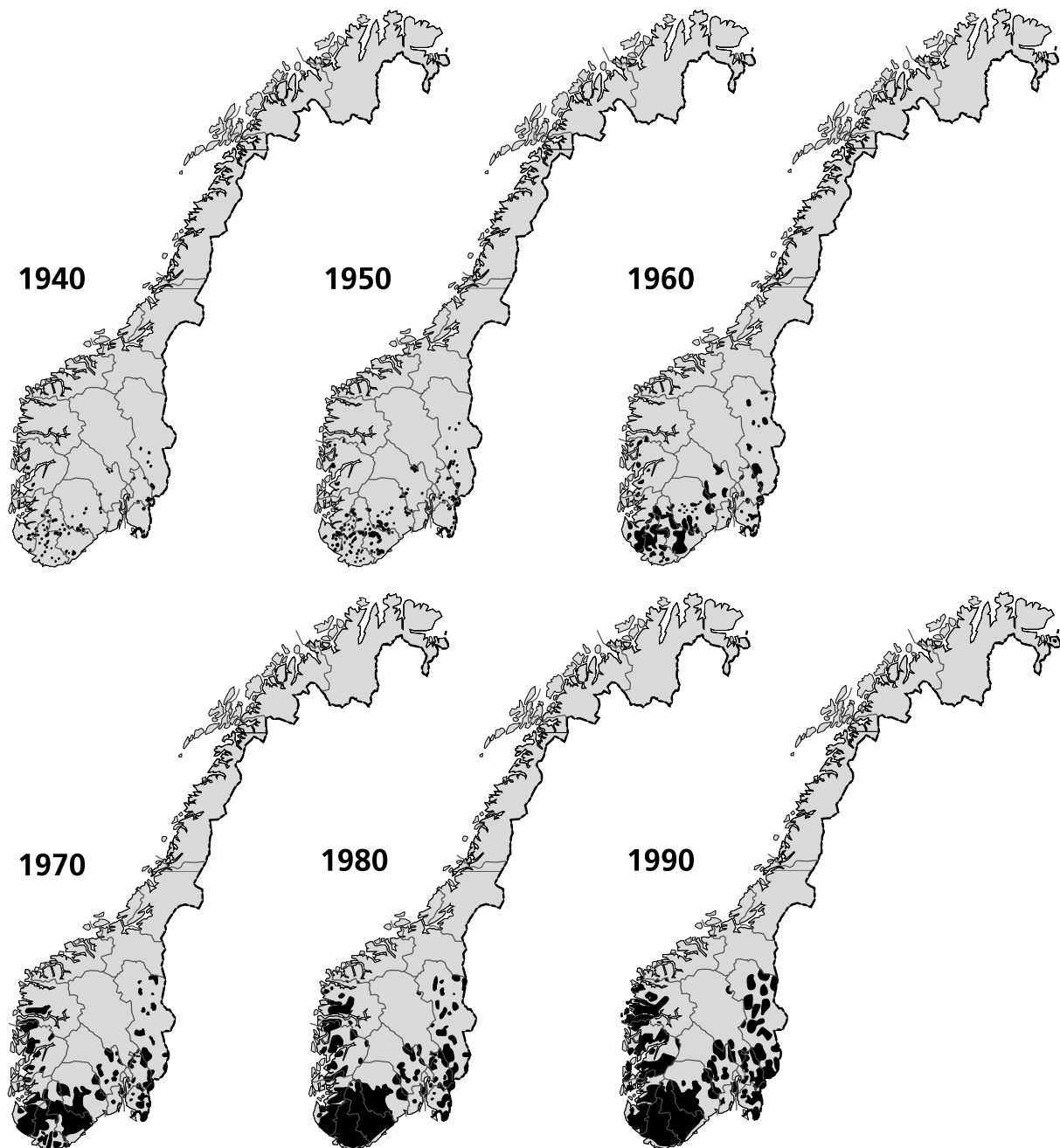
Rundt 8 200 stedegne innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forurening her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med rundt 5000 tapte aurebestander (Figur 28). Telemark og Rogaland hadde også omfattende skader, med henholdsvis rundt 660 og 1 300 tapte aurebestander. I tillegg har nærmere 4000 aurebestander i Sør-Norge blitt redusert. Forureningen har også forårsaket betydelige effekter på abbor, med rundt 1900 skadde eller tapte bestander. Innsjøer med disse bestandene er hovedsakelig lokalisert i Aust-Agder (n=502), Vest-Agder (n=212) og Østfold/Buskerud (n=145) (Figur 28). I tillegg er nærmere 1 110 bestander av røye, mort, ørekyt og gjedde enten tapt eller blitt skadet pga forurening. Forureningsskadene på fiskebestander i Sør-Norge ble spesielt tydelige på 1960/70-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med forureningsskadde fiskebestander beregnet til 51 500 km<sup>2</sup> (Figur 29). I perioden 1990 til 2006 ble skadearealet i Sør-Norge redusert med rundt 38 %. I de siste åra har mange fiskebestander enten blitt reetablert eller økt pga en bedret vannkvalitet gjennom kalking eller naturlig gjenhenting. I mange innsjøer har aurebestander også blitt styrket vha utsettinger. Fiskeskadene pga forurening er derfor ikke så omfattende nå som tallene ovenfor viser.





Figur 28. Antall tapte og reduserte aure- og abborbestander pga forsuring fordelt på enkelte fylker i Sør-Norge.

Figure 28. Number of lost (white bars) and damaged (black bars) populations of brown trout and perch due to acidification in different counties in southern Norway.



*Figur 29. Areal (land- og innsjøareal) med tapte og skadde fiskebestander relatert til forurensning pr. 1940 og fram til pr. 1990. Skadeareal på 1990-tallet var 51 500 km<sup>2</sup>.*

*Figure 29. Areas (land and surface water area) with damaged fish populations in Norway from the 1940s to the 1990s, due to acidification. Damaged area in the 1990s was 51.500 km<sup>2</sup>.*

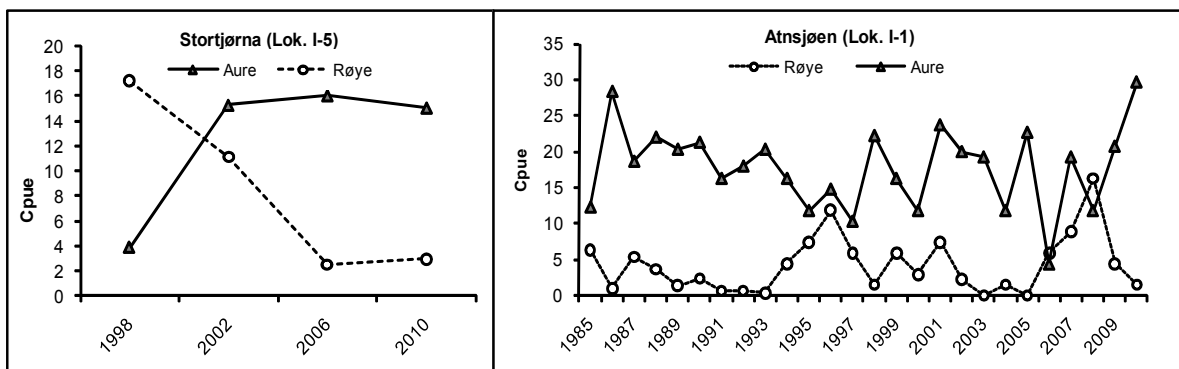
### **3.2.4 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer**

Hensikten med undersøkelsene av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter av forurensning, (ii) hvordan forurensningen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2010 ble ni lokaliteter prøvfisket fordelt på fire regioner (region I, II, VI og VII). I tillegg blir Atnsjøen (lok I-1) prøvfisket hvert år som

en del av ”Nettverk for biologisk mangfold i ferskvann”. Ravnsjøen (lok II-3) ble undersøkt som en del av Basisovervåkingen i 2010.

### Østlandet – Nord (region I)

I region I ble Stortjørna (lok I-5) prøvefisket i 2010, i tillegg til Atnsjøen som altså er inkludert i ”Nettverk for biologisk mangfold i ferskvann”. Generelt sett har fiskebestandene i region I hatt en positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden (1996-2010). Spesielt har aurebestanden i Stortjørna økt kraftig, fra en tynn til en middels tett bestand fra 1998 til 2010 (Figur 30). Fangstutbyttet av røye i Stortjørna har imidlertid gått kraftig ned i samme periode. Fangstene av røye i dypere områder (12-20 m dyp) gir ingen indikasjoner på noen tetthetsøkning som følge av at aurebestanden har økt i grunnere områder. En lokalitet har fortsatt en tynn aurebestand (Måsåbutjern, lok I-3), til tross for en forholdsvis god vannkvalitet (SFT 2007). Manglende bestandsøkning hos aure i denne lokaliteten skyldes mest sannsynlig svært dårlige gytebekker. Denne aurebestanden er derfor ekskludert ved beregning av forursingsskadene for denne regionen. De fleste innsjøene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyt og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. Atnsjøen har gode bestander av både aure og røye. Fangstutbyttet for de to artene i bunnære områder (0-12 m dyp) har i perioden 1985-2010 variert mellom henholdsvis 4-30 og 0-16 individ (Figur 30). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, med 2-40 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal.

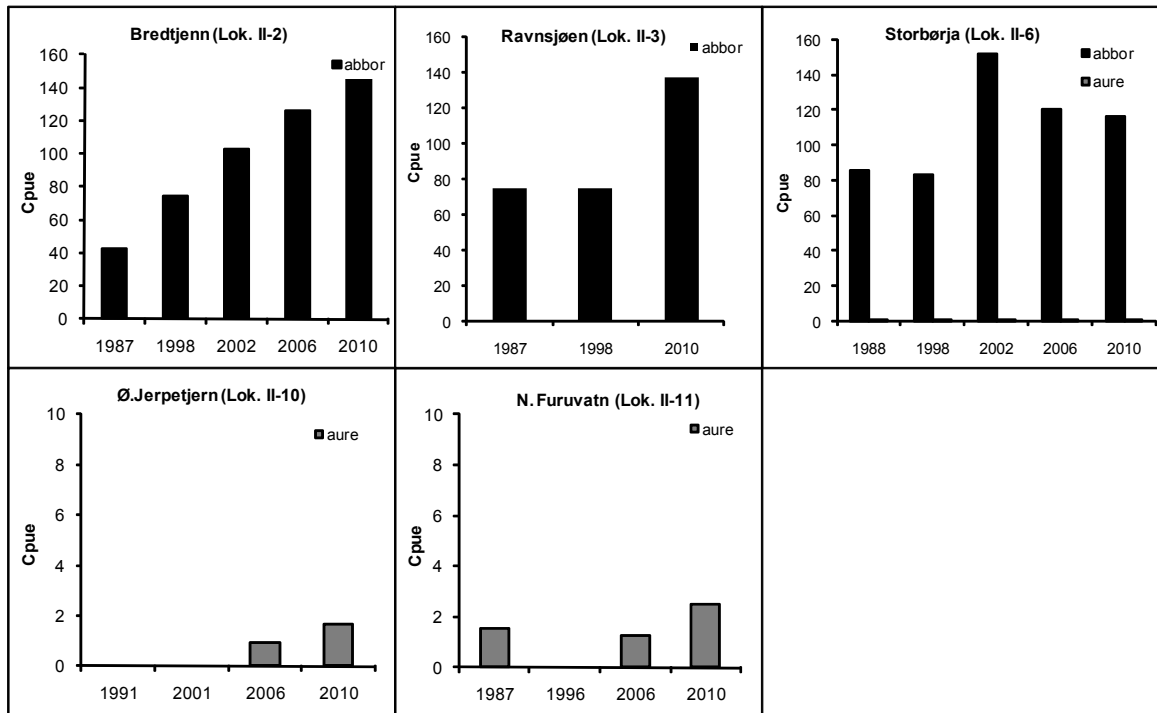


Figur 30. Fangst av aure og røye pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) på 0-12 m dyp av Stortjørna (lok I-5) og Atnsjøen (lok I-1) fra henholdsvis periodene 1998 til 2010 og 1985 til 2010.

Figure 30. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Stortjørna (lok I-5) and Atnsjøen (lok I-1) from 1985 to 2010. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at 0-12 m depths.

### Østlandet – Sør (region II)

I region II ble fire innsjøer prøvefisket i 2010, i tillegg til Ravnsjøen (lok II-3) som i 2010 var inkludert i ”Basisovervåking i ferskvann”. Lokalitetene i denne regionen har lave tettheter av aure. Alle de undersøkte abborbestandene (n=7) har imidlertid nå blitt svært tette, og de vurderes ikke lenger som skadde (Figur 31). Bestandene av aure og røye har vært små gjennom hele undersøkelsesperioden, noe som trolig skyldes sterk konkurranse fra abbor. I Øvre Jerpetjern og i Nedre Furuvatn er det satt ut aure, men undersøkelsene i 2010 viste at det ennå ikke forekommer naturlig rekruttering. Begge bestandene må derfor fortsatt betegnes som meget tynne (Figur 31). Forsuringsskadene på fiskebestander i region II er avtakende, sjøl om fisketettheten fortsatt er lav i noen lokaliteter.



Figur 31. Fangst av abbor pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal på 0-6 m dyp (Cpue) i Bredtjenn (lok II-2), Ravnsjøen (lok II-3), abbor og aure i Storbørja (lok II-6), aure i Øvre Jerpetjern (lok II-10) og Nedre Furuvatn (lok II-11) i ulike perioder fra 1987 til 2010.

Figure 31. Catches of perch in the epibenthic zone of Lake Breidtjern (Lok. II-2), Lake Ravnsjøen (lok II-3), perch and brown trout in Lake Storbørja (lok II-6) and of brown trout in Lake Øvre Jerpetjern (lok II-10) and Lake Nedre Furuvatn (lok II-11) in different years from 1987 to 2010. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-6 m depth).

### Fjellregionen i Sør-Norge (region III)

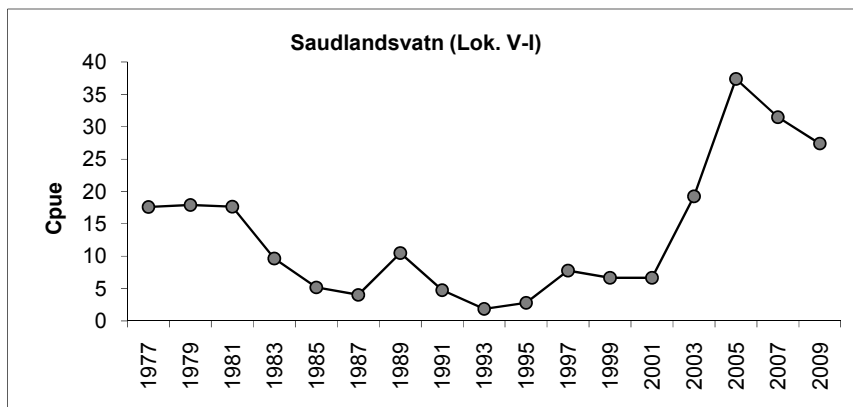
Det ble ikke prøvofisket i region III i 2010. Alle de undersøkte innsjøene ligger mer enn 1000 m o.h., og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette bestander av aure- og/eller røye. I Rondvatn gikk røyebestanden tapt på 1980-tallet. I årene 1998-2000 ble det satt ut røye i innsjøen, og den har nå reprodusert og gitt opphav til en tett bestand. Regionen har en forholdsvis lav forurensningsbelastning, med lavt innhold av labilt aluminium (Klif 2010). Vi antar derfor at spesielt aurebestandene i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.

### Sørlandet-Øst (region IV)

Det ble ikke foretatt prøvofiske i region IV i 2010. Karakteristisk for forsøkslokalitetene i denne regionen er forholdsvis tynne aurebestander, mens bestandene av abbor er tette. Aurebestanden i én av lokalitetene har hatt en positiv utvikling. Etter 2007 har det vært en tilsvarende bestandsutvikling hos abbor i Kleivsetvatn. Denne bestanden ble tidligere vurdert til å ha svært dårlig tilstand (Klasse 5), men kan nå klassifiseres som moderat skadet (Klasse 3). Forsuringssituasjonen i regionen vurderes fortsatt som alvorlig, med mange tapte aure- og abborbestander (Figur 28 og Figur 29).

### Sørlandet – Vest (region V)

Ingen lokaliteter i region V ble prøvofisket i 2010. Sørlandet har flest tapte og skadde fiskebestander pga forsurening her i landet (*Figur 28 og Figur 29*). Av de fem aurebestandene som inngår i programmet, vurderes nå bare to som skadde. Dette gjelder Rundavatn og Vestre Flogevatn. Rundavatn ble sist prøvofisket i 1997, og bestandsforholdene kan derfor ha endret seg. Fangstutbyttet av aure i Vestre Flogevatn har økt noe i undersøkelsesperioden fram til 2009, men bestanden må fremdeles karakteriseres som tynn. I Saudlandsvatn ble aurebestanden kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet, og den var fortsatt lav fram til 2001 (*Figur 32*). Men i løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, med en rekordhøy fangst i 2005. Også utbyttet i 2007 og 2009 var nesten like høyt. Bestanden har nå en svært god tilstand (Klasse 1). Elfisket på inn- og utløp viser at rekrutteringen til bestanden også er god (*Figur 36*).

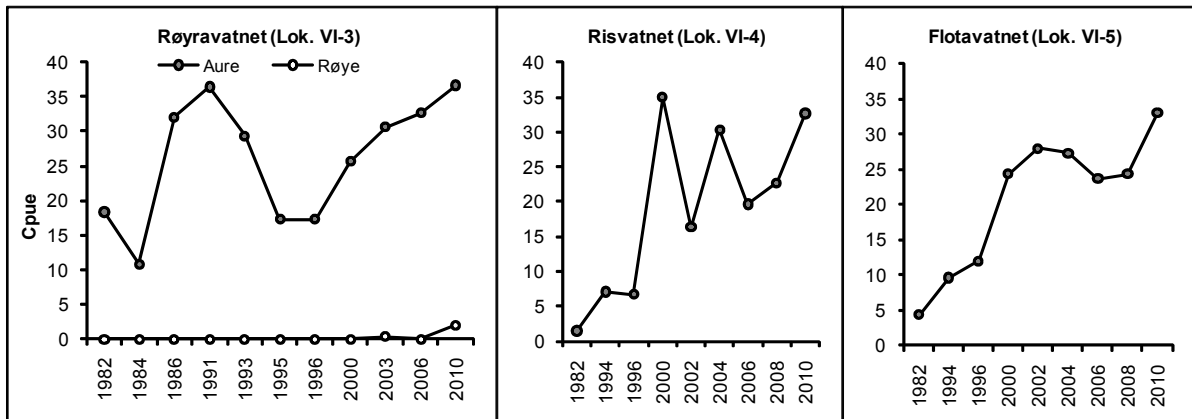


*Figur 32. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal pr. natt (Cpue) på 0-12 m dyp i Saudlandsvatn (lok V-1) i perioden 1977-2009.*

*Figure 32. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (lok V-1) during the period 1977-2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-12 m depth).*

### Vestlandet-Sør (region VI)

I region VI ble det i 2010 prøvofisket i alle de tre innsjøene som inngår i overvåkingsprogrammet; Røyrvatn, Risvatn og Flotavatn. I løpet av de siste 10-15 åra har det vært en positiv utvikling i alle disse fiskebestandene (*Figur 33*). Dette har medført en endring av forsuringindeksen fra svært dårlig/dårlig tilstand før 1990 (Klasse 4-5) til god eller svært god tilstand i seinere år (Klasse 1-2). Risvatn og Flotavatn hadde begge tynne aurebestander fram til slutten av 1990-tallet, men seinere har de økt kraftig (*Figur 33*). I Risvatn har aurebestanden variert noe i størrelse i siste tiår. Den vurderes nå som ikke-skadet med forsuringindeks > 1, dvs svært god tilstand (Klasse 1). I Røyrvatn inntraff den positive bestandsutviklingen hos aure noe tidligere enn i Risvatn og Flotavatn, med en klar økning allerede fra 1982/84 til 1986. Derimot skjedde det en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet, men i seinere år har den igjen økt. Røyrvatn har også en liten bestand av røye.

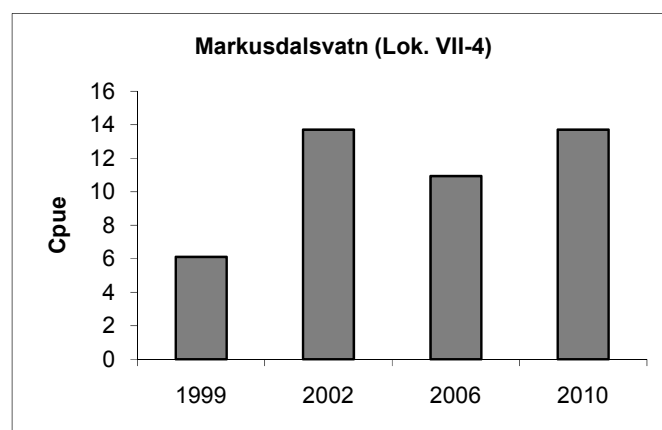


Figur 33. Fangst av aure og røye pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal pr. natt (Cpue, 0-6 m dyp) i Røyravatn (lok VI-3) og av aure i Risvatn (lok VI-4) og Flotavatn (lok VI-5) i Vikedalsvassdraget i perioden 1982-2010.

Figure 33. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Røyravatn (lok VI-3), and of brown trout in the lakes Risvatn (lok VI-4) and Flotavatn (lok VI-5) in Vikedal watershed between 1982 and 2010. The catches are expressed in numbers per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in the epibenthic zone (0-6 m depth).

### Vestlandet-Nord (region VII)

I region VII ble det i 2010 prøvefisket i Markhusdalsvatn (lok VII-4). Forsuringsindeksen for de undersøkte aurebestandene har variert fra tynn/meget tynn (Klasse 4-5) til middels tett/tett (Klasse 1-2). Hos aure i Markhusdalsvatn ble fangstutbyttet fordoblet fra 1999 til 2002, og har siden holdt seg på samme nivå (Figur 34). Tilstanden til denne bestanden kan nå karakteriseres moderat (Klasse 3), men svært nær grensen til god. Lokaliteten har imidlertid en marginal vannkvalitet, med pH rundt 5,0, kalsium på 0,2 mg/l og labilt Al rundt 30 µg/l (Klif 2010). Region VII har fortsatt en del tapte og reduserte aurebestander (Figur 28 og Figur 29).



Figur 34. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal (Cpue) på 0-12 m dyp i Markhusdalsvatn (lok VII-4) i perioden 1999-2010.

Figure 34. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Markhusdalsvatn (lok VII-4) in different years from 1999 to 2010. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-12 m depth).

### **Midt-Norge (region VIII)**

Ingen innsjøer i region VIII ble prøvofisket i 2010. De fleste aurebestandene i regionen har hatt en positiv utvikling, men med store variasjoner i forsøringsindeksen (Klasse 2-4). Forurensningsbelastningen for regionen er blant de laveste i landet (Klif 2010).

### **Nord-Norge (region-IX)**

Siste prøvofiske i denne regionen ble foretatt i 1999. Alle de undersøkte innsjøene har aure, og de med mer enn ett års data viser små endringer i fangstutbytte. Resultatene gir ingen indikasjoner på fiskekader i de aktuelle innsjøene. Region IX har også lav forurensningsbelastning (Klif 2010).

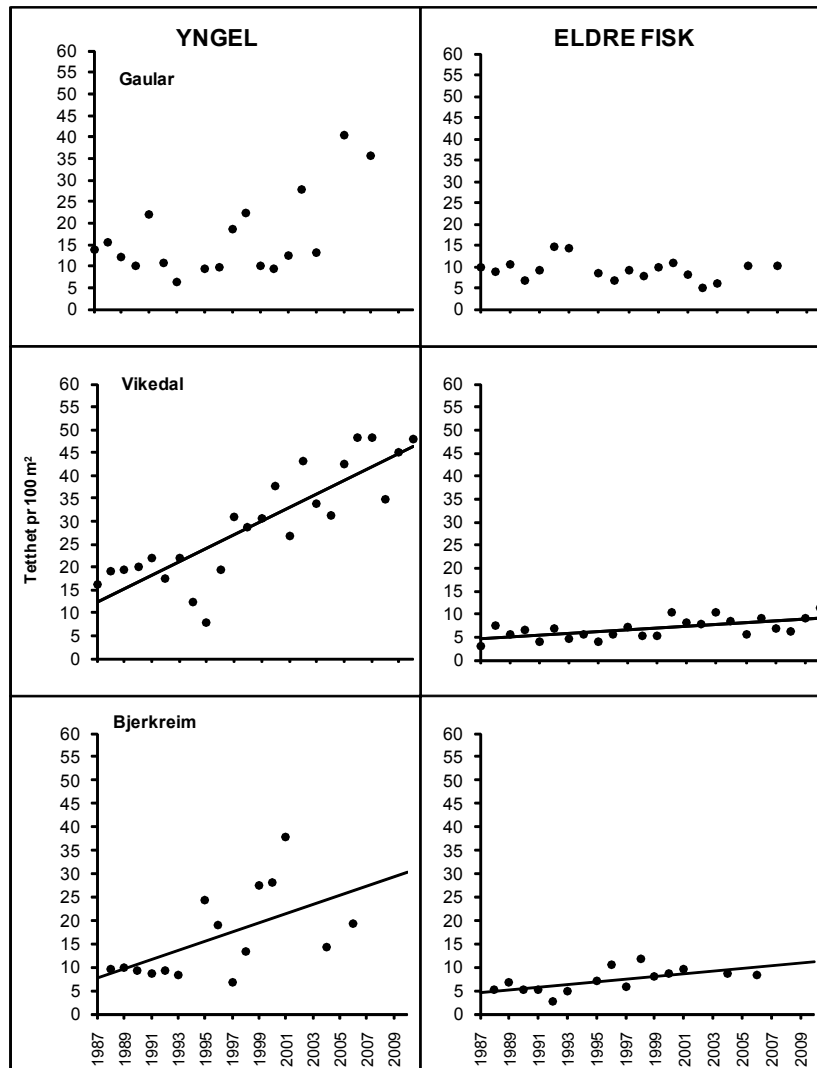
### **Øst-Finnmark (region-X)**

Ingen av de tre innsjøene i region X ble prøvofisket i 2010. Det har vært en økning i fangstutbyttet av aure fra 1990-tallet og fram til 2008 i alle de tre innsjøene (SFT 2009). To av lokalitetene har også en røybestand. Erfaringstall fra lokaliteter med aure/røybestander tyder på at disse aurebestandene har gått fra å være dårlige/svært dårlig (Klasse 1-2) ved begynnelsen av 1990-tallet til nå å være svært gode (Klasse 1). Første Høyfjellsvatn har en svært tynn aurebestand pga manglende gytebekker, og er tatt ut av fiskeundersøkelsene. Regionen har store årlige variasjoner i forurensningsbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i løpet av de siste 15 åra (Klif 2010).

### ***Rekrutteringen hos aure i bekker***

Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise mulige endringer i rekrutteringen hos aure i lokaliteter med forsøringsfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker tettheten. Innsjølevende aure gyter vanligvis i innløp/utløp og tilløpsbekker, hvor yngelen oppholder seg i en periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til tap av aurebestander i forsøringsområder. Dette resulterer i at de innsjølevende fiskebestandene avtar, samtidig med at det etter hvert blir en dominans av eldre og større individ. Forekomsten av ungfisk i gytebekker blir undersøkt vha elfiske.

Rekrutteringen hos aure i Vikedalsvassdraget har økt kraftig siden undersøkelsene startet for 24 år siden. På 1980-tallet var gjennomsnittlig tetthet for alle stasjoner rundt 20 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Tidlig på 1990-tallet skjedde det en tydelig bestandsnedgang, noe som blant annet skyldtes sjøsaltepisoder. Siden midten av 1990-tallet og fram til i dag har imidlertid yngeltettheten økt fra rundt 30 til 50 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (Figur 35). Da er tallene justert for årsvariasjoner i vannføring. Det har også vært en klar økning i tettheten av eldre aureunger i bekker i Vikedalsfjellet. Nivået i de siste 15 åra har ligger stabilt på rundt 8-10 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Bjerkreimsvassdraget har også hatt en økning i tettheten av yngel og eldre aureunger i seinere år. I Gaularvassdraget har det vært stor variasjon i tettheten av aureunger i løpet av forsøksperioden. Men resultatene fra de to siste innsamlingsåra (2005 og 2007), tyder på en positiv utvikling.



Figur 35. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i perioden 1987-2010 (minus 2004, 2006, 2008-2010 for Gaular og minus 2002, 2003, 2005, 2007-2010 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

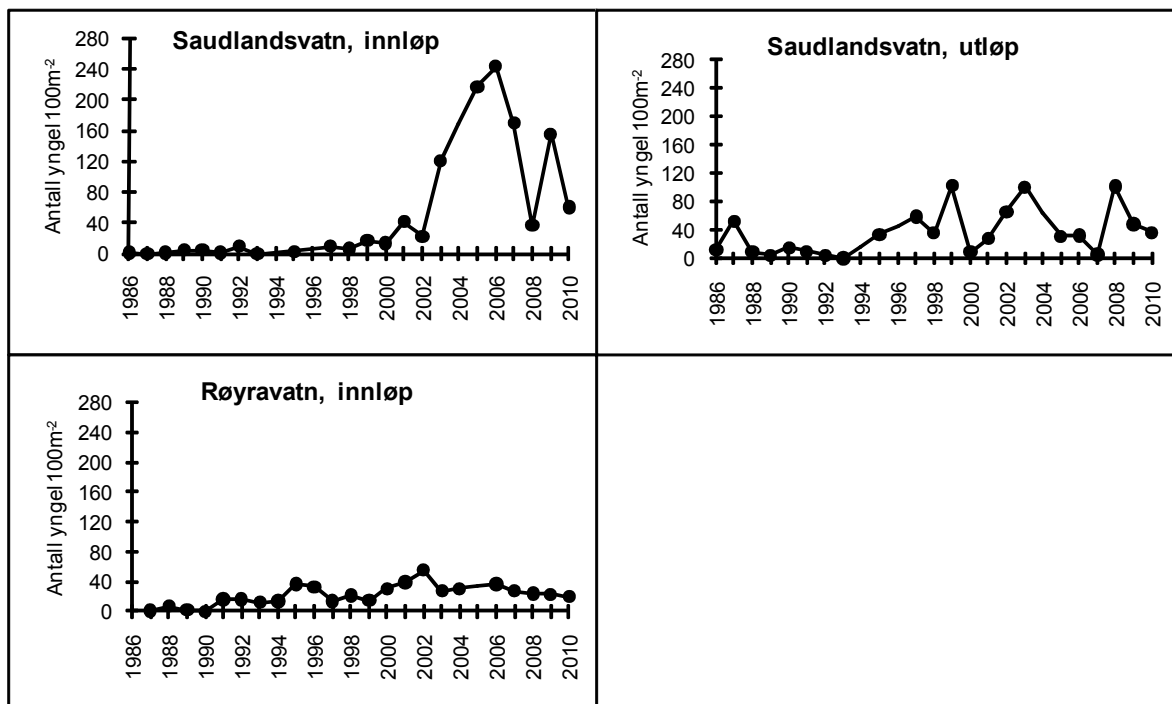
Figure 35. Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of young-of-the-year (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular-, Vikedal- and Bjerkreim catchments from 1987 to 2010 (except for 2004, 2006 and 2008-2010 in Gaular, and 2002, 2003, 2005 and 2007-2010 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship ( $p < 0.05$ ) between density and time (year).

Rekrutteringen til aurebestanden i Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) har stort sett vært overvåket hvert år siden 1986 (Figur 36). Økningen i aurebestanden i innsjøen tidlig på 2000-tallet skyldtes først og fremst bedre rekruttering på utløpet. Allerede i 1995 ble det funnet 34 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>. Seinere har det vært store årlige variasjoner i mengden yngel på utløpet. Fra 2000 til 2003 skjedde det en kraftig økning i tettheten av yngel. I perioden 2005-2007 gikk mengden yngel kraftig tilbake. I 2008 var derimot rekrutteringen svært god, mens den har vært en god del lavere i de to siste åra.



På innløpet av Saudlandsvatn var det lave tettheter av yngel fram til 2001, da det ble registrert 42 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Men to år seinere var yngeltettheten nesten tre ganger høyere, med 120 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2005 og 2006 var det en ytterligere bestandsøkning, til rundt 217 og 307 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2007 avtok tettheten noe, men den var likevel høy med 170 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I de tre siste åra har rekrutteringen på innløpet vært svært varierende, med relativt lave tettheter både i 2008 og 2010 (40-60 individ pr. 100 m<sup>2</sup>).

Innløpselva til Røyrvatn i Vikedalsvassdraget har hatt bra forekomst av yngel siden 1995. Det har imidlertid vært til dels store årlige variasjoner. I både 2004 og 2006 var yngeltettheten middels høy, med henholdsvis 31 og 37 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I de tre siste åra har den ligger på 23-27 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (Figur 36).



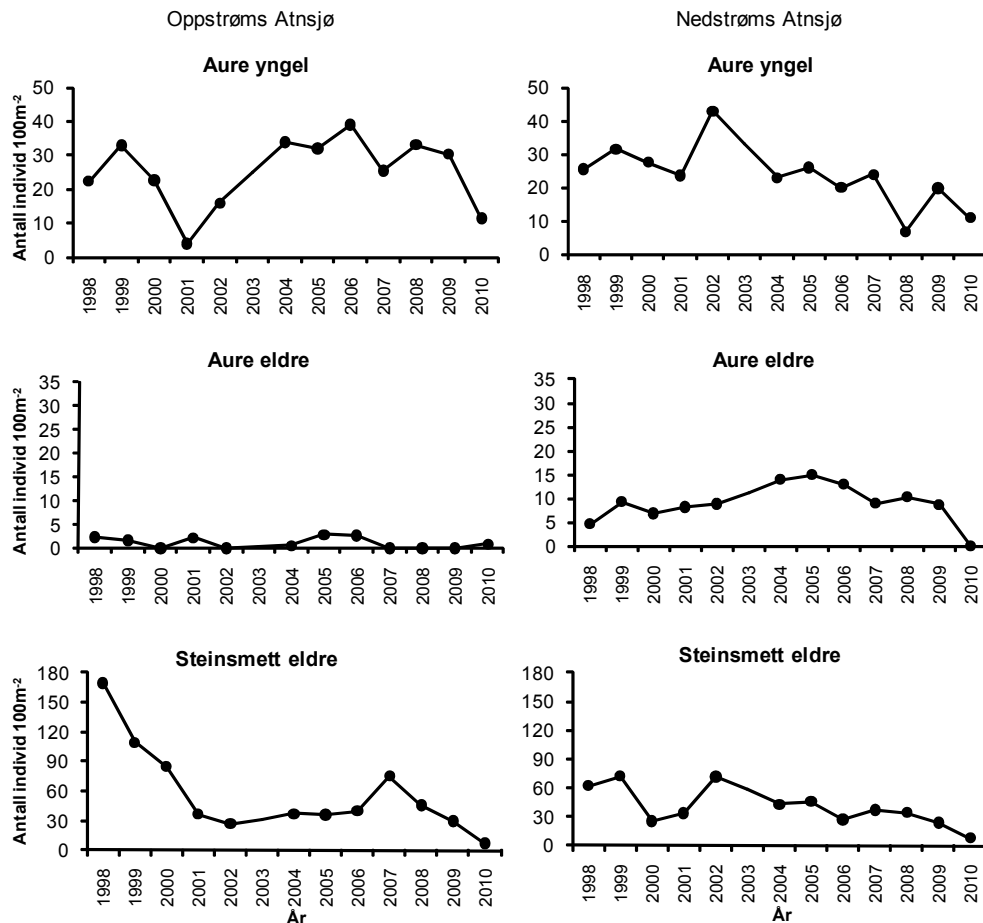
Figur 36. Antall aureyngel pr. 100 m<sup>2</sup> på innløpet og utløpet av Saudlandsvatn (1986-2010) og på innløpet av Røyrvatn (1987-2010). Det ble ikke samlet inn data på innløp/utløp av Saudlandsvatn i 1994, 1996 og 2004, og på innløpet av Røyrvatn i 2005.

Figure 36. Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of young-of-the-year (age 0+) brown trout in the inlet and outlet of Lake Saudlandsvatn (1986-2010) and in the inlet of Lake Røyrvatn (1987-2010).

Atna i Atnavassdraget i Oppland/Hedmark ble elfisket i regi av FORSKREF i perioden 1986-1991. I 1998 ble elva inkludert i det biologiske overvåkingsprogrammet, med to stasjoner både oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen. Det var ingen innsamling av fisk i 2003.

Fiskesamfunnet i Atna domineres av aure og steinsmett, med et ubetydelig innslag av ørekyt og harr nedstrøms Atnsjøen. Elva har bra forekomst av aureyngel, med tettheter på 20-35 individ pr. 100 m<sup>2</sup> i løpet av de siste åra (Figur 37). Tettheten av yngel er vanligvis høyest i øvre deler av vassdraget. I 2008 og 2010 hadde de to stasjonene nedstrøms Atnsjøen uvanlig lave tettheter av aureyngel, og det samme gjaldt for stasjonene oppstrøms i 2010. En relativt høy vannføring under elfisket sist år var trolig en medvirkende årsak til dette resultatet.

Øvre deler av Atna har lave tettheter av eldre aureunger (alder  $\geq 1+$ ). Aure fra Atnsjøen gyter i dette området, og resultatene tyder på at aureungene i stor grad vandrer tilbake til innsjøen i løpet av sitt første leveår. De to stasjonene nedstrøms Atnsjøen har hatt betydelig høyere tettheter av eldre aureunger, med 10-15 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Dette er avkom av stedegne individ, da denne elvestrekningen ikke fungerer som rekrutteringsområde for Atnsjøauren. Tettheten av eldre steinsmett (alder  $\geq 1+$ ) har variert i betydelig grad både oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen. Øvre deler har nå mye lavere tettheter av steinsmett enn i perioden 1998-2000. I 2010 var tetthetene spesielt lave, noe som trolig kan forklares med høy vannføring under elfisket. Tettheten av steinsmettyngel blir ikke vurdert pga lav fangsteffektivitet. De har vanligvis lengder på 18-24 mm.



Figur 37. Tetthet av fisk pr.100 m<sup>2</sup> i Atna på stasjoner oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen, fordelt på yngel (0+) og eldre individ ( $\geq 1+$ ) av aure og eldre individ av steinsmett i perioden 1998-2010. I 2003 ble det ikke samlet inn fisk.

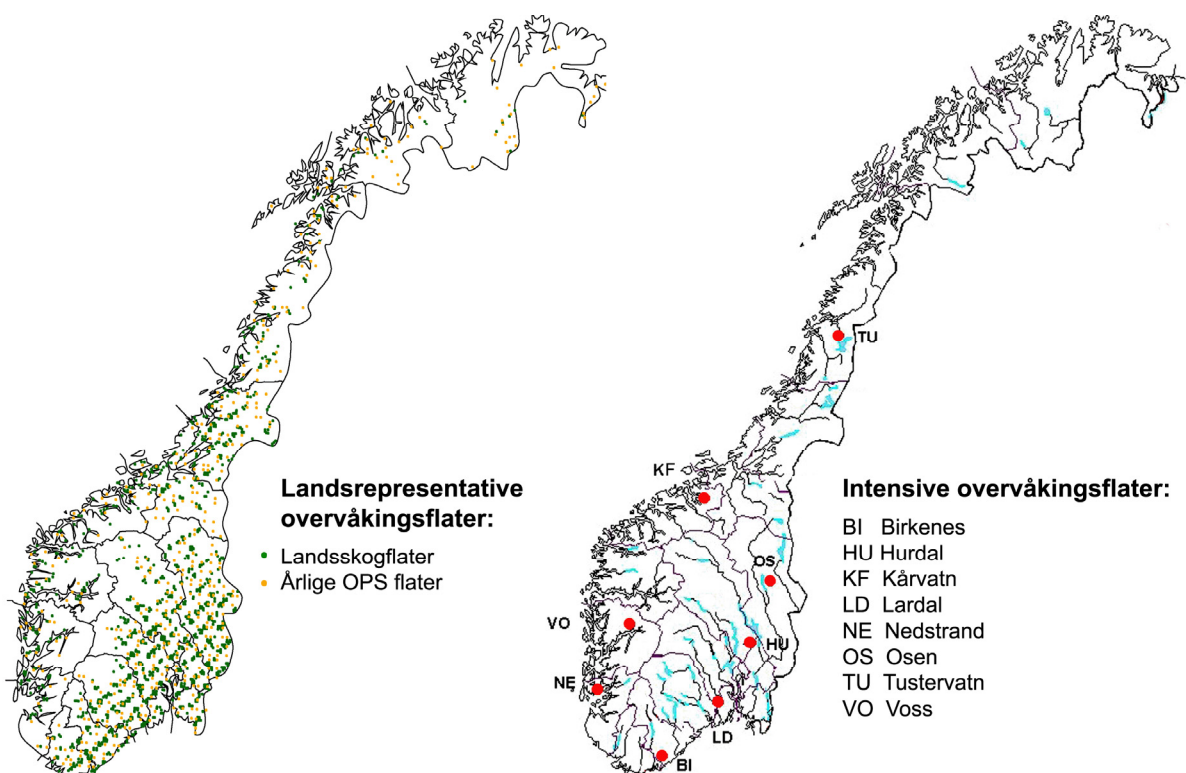
Figure 37. Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of young-of-the-year (age 0+) and older ( $\geq 1+$ ) brown trout, and of older individuals of Siberian sculpin, upstream and downstream Lake Atnsjøen (1987-2010). No fish was collected in 2003.

## 4. Det terrestriske miljøet

Overvåking av det terrestriske miljøet består av to overvåkingsprogrammer. OPS belyser endringer i skog og skogøkosystemer og TOV belyser endringer i annen vegetasjon og fauna.

### Overvåking av skog

OPS har to sett av permanente overvåkingsflater; Landsrepresentative flater og Intensivt overvåkede flater (Figur 38). Overvåkingen på de **landsrepresentative flater** startet på midten av 1980-tallet. Fra 1989 til 2000 ble kronetilstanden til alle gran- og furutrær registrert årlig på flater i et 9x9 km rutenett i landets skogareal, mens bjørk ble overvåket i et 18x18 km nett fra 1992 til 2001. Fra 2001/2002 har den nasjonale overvåkingen av gran-, furu- og bjørkeskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefarge på observasjonstrær av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km) med femårige omdrev. De **intensivt overvåkede flatene** har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann og barnåler inngår. På 8 flater i eldre barskog utføres detaljerte målinger av kjemisk innhold i nedbør, kronedrypp, jordvann og næringsinnhold i nåler. I tillegg vurderes trærnes kronetilstand og det utføres vegetasjonsanalyser og tilvekstmålinger. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning. Ved hjelp av lysimetre, som kontinuerlig suger opp vann i den telefrie tiden av året, undersøkes jordvannet på alle intensivflater i tre jorddybder: Humussjiktet (5 cm dyp), øvre mineraljord (15 cm dyp) og nedre mineraljord (40 cm dyp). For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå over 20 år. I tillegg ble det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter.



Figur 38. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). De landsrepresentative flater til venstre og de intensive flater til høyre.

Figure 38. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkede flatene** rapporteres til det europeiske skogovervåkingsprogrammet ICP Forests. Fra to av de intensivt overvåkede flatene rapporteres også data til ICP IM (Integrated Monitoring). Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i manualen (UNECE 2010) som brukes av alle de deltagende landene i ICP Forests. Kronetetthet, kronefarge og skadeomfang vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert bar- eller løvmasse i prosent av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge hos bartrær angir graden (% misfarging) av gule, gulgrønne eller brune nåler i kronen og for bjørk ulike nyanser av gult på bladene. Kroneregistreringen reflekterer påvirkningen av biotiske, abiotiske og antropogene stressfaktorer, kombinasjoner og gjensidige påvirkninger av disse på trekronene.

### **Overvåking av markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon og fauna**

Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se *Figur 39*). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon. For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til DN (1997) og Framstad *et al.* (2003) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

Vegetasjonen utgjør basis for næringskjeder i terrestriske økosystemer og integrerer effekter av nedbørskjemi, jordbunnsforhold og lokalklima. De mange artene av karplanter, moser og lav har et bredt spekter av responser på variasjoner i naturgitte og menneskeskapt miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m<sup>2</sup> lagt ut i forhold til hovedgradienter i lokal miljøvariasjon (jordas fuktighet, surhet og innhold av næringsstoffer), der artsforekomster kvantifiseres som forekomst i 16 småruter à 625 cm<sup>2</sup>. I tilknytning til hver analyserute beskrives også tresjiktet, og det tas jordprøver for analyse av jordstruktur og -kjemi. Dataene analyseres ved hjelp av multivariate numeriske metoder (DCA, LNMDS o.a.) der strukturen i artsforekomstene relateres til miljøvariabler. Vegetasjonsundersøkelsene foregår med en rullerende frekvens på fem år for hvert område. I 2010 ble markvegetasjonen i bjørkeskog undersøkt i Børgefjell nasjonalpark; her er kun 45 av opprinnelig 50 analyseruter fremdeles intakte, men et nytt felt med fem analyseruter er etablert i området.

Vegetasjonsovervåkingen i granskog i regi av Norsk institutt for skog og landskap ble etablert i 10 områder i perioden 1988-1992 (se *Figur 39*). For alle områdene er det lagt opp til vegetasjonsanalyser hvert femte år, men fra 2002 er kun åtte områder videreført, med 8-årig omløp fra og med 2008, av økonomiske grunner. Vegetasjonsovervåkingen både i granskog og bjørkeskog følger samme standard metoder for feltundersøkelser og dataanalyser. I 2010 ble markvegetasjonen i granskog undersøkt i Paulen naturreservat i Vest-Agder.



Figur 39. Kart over overvåkingsområdene for markvegetasjon i gran- og bjørkeskog. Lokalitetene som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) med dekning av epifytter og fauna omfatter områdene med bjørkeskog samt Solhomfjell.

Figure 39. Map of the monitoring sites for ground vegetation in spruce (gran) and birch (bjørk) forest. Sites covered by the Programme for terrestrial nature monitoring (TOV) with coverage of epiphytes and fauna include sites with birch forest as well as Solhomfjell.

Lav er mye brukt som bioindikator på luftkvalitet, der tilbakegang av lavarter ofte kan knyttes til luftas innhold av svovelforbindelser eller til gjødslingseffekten av nitrogen. Sur nedbør påvirker også lavene indirekte gjennom forsuring av substratet. Lav har artsspesifikk reaksjon på ulike forurensningstyper. Forekomst og artssammensetning kan derfor gi et mål på luft- og nedbørkvaliteten i et område. I TOVs overvåkingsområder registreres tilstanden for epifyttisk vegetasjon (lav, moser, alger) ved kvantitativ karakterisering av artssammensetning, dekning og synlig skade på lav, på stammen av utvalgte trær (furu i Solhomfjell, bjørk i øvrige områder) i prøvefelt lagt ut i høydegradienter. Det blir også tatt prøver for kjemisk analyse (pH i bark, nitrogen og svovel i vanlig kvistlav). Registreringene foregår med en rullerende

frekvens på fem år i hvert område. I 2010 ble epifytter undersøkt på trær i Solhomfjell og Børgfjell.

*Spurvefugler* omfatter en rekke arter med ulike krav til habitat og næring. Som gruppe vil de kunne gi variert respons på ulike endringer i miljøet, inklusive forurensninger. Slike responser vil bl.a. kunne uttrykkes ved endringer i reproduksjon eller bestandsnivåer. I TOV-områdene undersøkes bl.a. endringer i hekkebestanden av spurvefugl ved hjelp av årlige takseringer i 200 faste punkter lagt ut i forhold til hovedgradienter i miljøforholdene i hvert overvåkingsområde. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2010).

*Rovfugler* befinner seg på toppen av næringskjedene, de integrerer miljøgifter fra et omfattende geografisk område, og de er ansett for å være følsomme for påvirkning fra forurensninger, f.eks. ved redusert reproduksjon. I TOV undersøkes tykkelsen av eggskall og nivået av klororganiske stoffer og tungmetaller i egg hos flere arter av rovfugl, basert på landsomfattende innsamlinger og periodevise analyser. Dette er internasjonalt mye brukte indikatorer på hunnfuglenes belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. Mulige effekter av akkumulerte miljøgifter studeres også ved å følge bestandsutvikling og reproduksjonssuksess hos kongeørn og jaktfalk i noen av overvåkingsområdene. Minst 10 territorier i hvert område takseres årlig ved at alle kjente hekkeplasser innenfor et nærmere definert område oppsøkes, og ev. antall produserte unger blir registrert.

#### 4.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2010, landet sett under ett, viser at skogens helsetilstand, uttrykt ved kronetetthet og kronefarge, ble styrket for både gran, furu og bjørk. Kronetettheten økte for alle de overvåkede treslagene for andre år på rad, mens kronefarge var omtrent uforandret for gran og furu. Hos bjørk ble det for andre år på rad registrert økt misfarging. Omtrent 2 og 4 % av hhv. gran- og furutrærne hadde en eller annen form for skade, mens over 20 % av bjørketrærne var skadet. Det meste av skadene på bjørk var forårsaket av målere eller bjørkerustsopp.

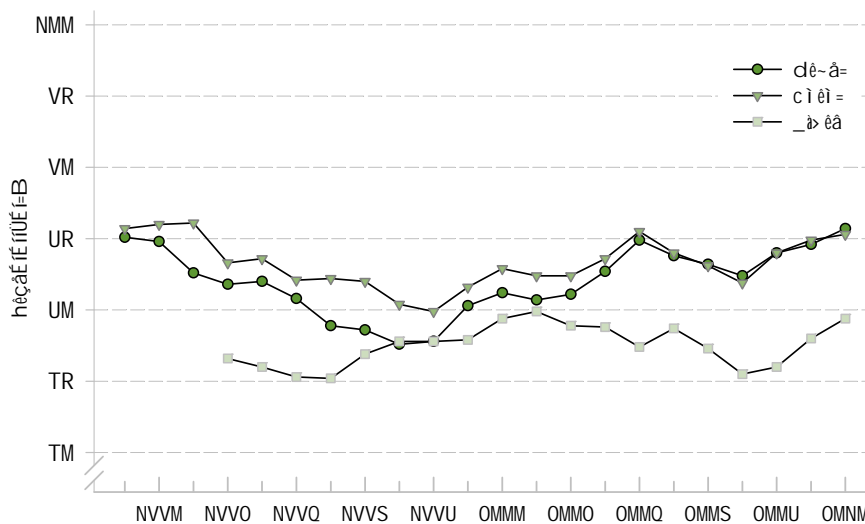
##### **Kronevurderinger på det landsrepresentative flatenett (ICP Forests Level I)**

I 2010 ble 1711 flater oppsøkt i *den landsrepresentative overvåkingen*, og det ble utført kronetilstandsregistreringer på totalt 9730 trær (Timmermann *et al.* 2011). Kronetilstanden ble bedømt på 4412 grantrær, 2967 furutrær og 2351 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2010 var 85,7 % for gran, 85,3 % for furu og 79,4 % for bjørk (*Figur 40*). Dette representerte en økning på henholdsvis 1,1, 0,4 og 1,4 % sammenlignet med året før. Fra 1989 til 1997/98 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens trenden i perioden 1998 til 2004 var en økning. Fra 2004 til 2007 avtok kronetetthet igjen, før den i perioden fram til 2010 økte hos både gran og furu. Hos bjørk hadde kronetettheten en positiv utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den etter dette hadde en synkende tendens fram til 2007, da bjørk hadde den nest laveste kronetettheten i hele overvåkingsperioden. Til tross for en kraftig økning fra 2007 til 2010, har bjørk fortsatt relativ lav gjennomsnittlig kronetetthet på under 80 %. Andelen trær med fulltette kroner i 2010 var for gran 58 %, for furu 40,7 % og for bjørk 29,7 %. Dette representerer en økning for gran og bjørk sammenlignet med året før, mens andelen furutrær med fulltette kroner var omtrent uforandret. Andelen trær med sterk kroneutglisning (kronetetthet <40 %) gikk ned for gran til 3,4 %, mens den økte noe for furu og bjørk til (hhv. 0,8 og 4,3 %). Som forventet, har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn

yngrer trær. Særlig gjelder dette for gran der trærne over 60 år har rundt 20 % lavere kronetetthet enn de yngre trærne.

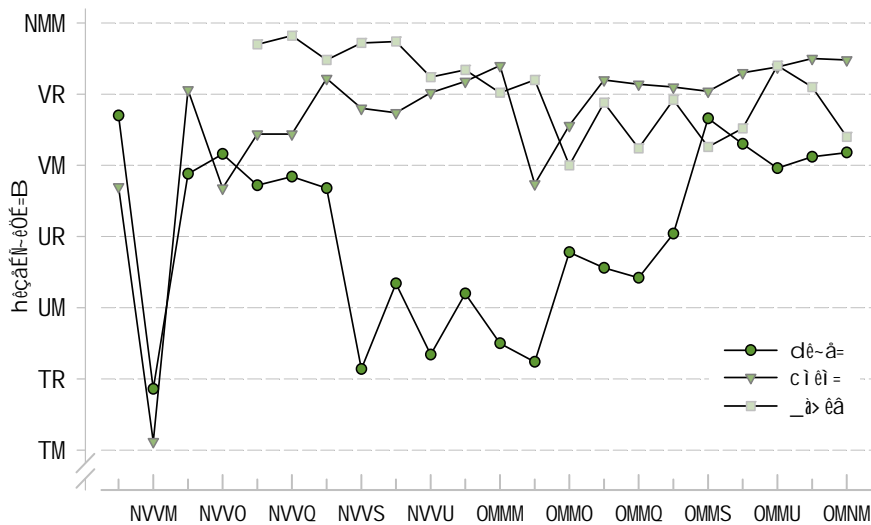
Andelen grantrær med normal grønn kronefarge var uforandret fra 2009 (91 %, *Figur 41*). Hele 96 % av grantrærne yngre enn 60 år hadde normal grønn farge, mot 84 % av de over 60 år. Også hos furu var andelen trær med normal grønn farge uforandret på 97 % i 2010. Av furutrær yngre enn 60 år hadde 99 % normal grønn farge, mens 97 % av de over 60 år hadde normal grønn farge. Hos bjørk sank andelen normalt grønne trær for andre år på rad og lå i 2010 på 92 %. Bjørketrærne over 60 år hadde lik andel normalt grønne trær som de under 60 år (92 %).

Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2010. Rundt 2 % av grantrærne og 4 % av furutrærne hadde en eller annen form for skade med kjent årsak, for det meste med abiotiske årsaker som snø, tørke og vind (hhv 1,2 og 1,4 %). Få sopp- og insektskader ble registrert på grantrærne, mens 1,1 % av furutrærne var skadet av ulike insekter og 0,6 % av sopp. Hos bjørk var 22 % av trærne skadet. 9,4 % var skadet av målere eller andre insekter, og 9,5 % av bjørkerustsopp eller andre sopper. Skader med abiotiske årsaker ble registrert hos 3 % av de undersøkte bjørketrærne. I forhold til tidligere år var det en sterk nedgang i antall målerskader på bjørk i 2010, mens skader forårsaket av bjørkerustsopp fortsatte å øke. I tillegg til trær som var hogd, ble det registrert totalt 43 trær på de oppsøkte flatene som hadde dødd av naturlige årsaker.



*Figur 40. Utvikling i kronetetthet på de landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk fra 1989-2010.*

*Figure 40. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch on the national representative plots 1989-2010.*



Figur 41. Utvikling i kronefarge på de landsrepresentative flater for gran og furu fra 1989 og for bjørk fra 1993, fram til 2010, ICP Forests standard metode. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging).

Figure 41. Development of crown colour for Norway spruce, Scots pine and birch on the national representative plots 1989-2010, ICP Forests standard method. Percentage normal green trees (0-10 % discolouration).

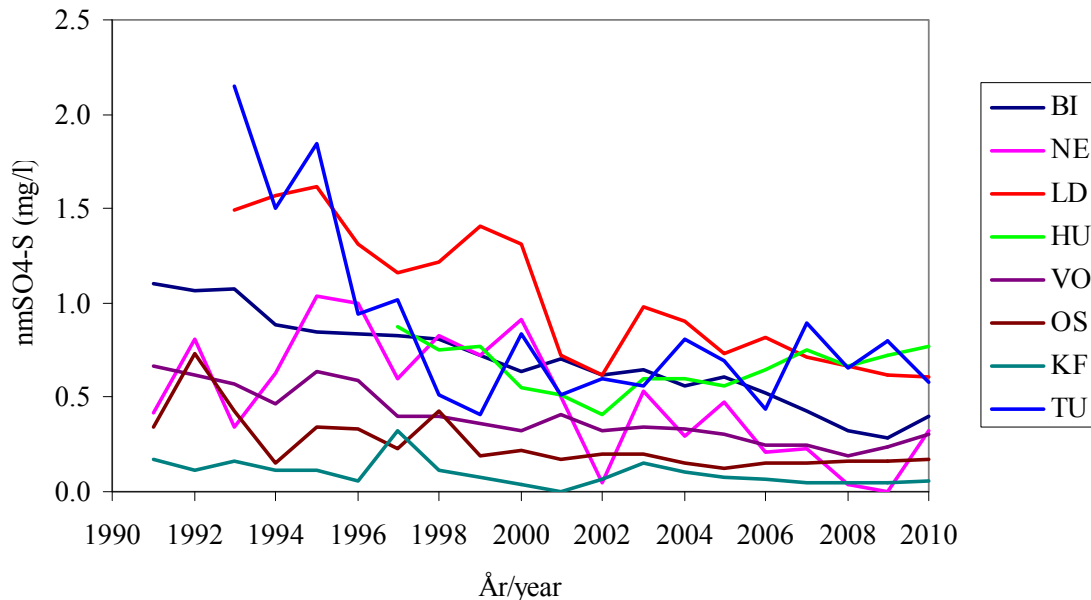
### Skogøkologiske undersøkelser på intensivt overvåkede flater (ICP Forests Level II)

Fra 2009 til 2010 avtok kronetettheten på nesten alle granflater, og gjennomsnittet i 2010 lå på 80,3 % (mot 84,1 % året før) på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen *et al.* 2011). Overvåkingsflata i Voss i Hordaland hadde med 72,8 % lavest kronetetthet av alle flater. Også på flata i Tustervatn i Nordland ble det, som i årene før, registrert lav kronetetthet med 75,3 %. Tustervatn hadde dessuten høyest andel trær med skader, stort sett i form av ”dieback”. ”Dieback” er avdøying av små og store kvister fra ytterst i krona og innover mot stammen, og kan blant annet skyldes honningsopp (toppskranting) eller tørke. Andelen misfargete grantrær økte også betydelig fra 2009 til 2010 på noen flater. På overvåkingsflatene i Birkenes og Lardal hadde rundt halvparten av trærne misfarging. I Hurdal ble det observert betydelig mindre misfarging enn i 2009. Gjennomsnittlig andel trær med normal grønn farge på granflatene var 80 % i 2010, mot 85 % året før.

Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslippsmengde og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett de siste årene kan sannsynligvis tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre atmosfærisk tilførsel som igjen gir utslag i lavere konsentrasjoner i jordvann, spesielt av ikke-marint sulfat (Figur 42). Nedfallet av ikke-marint sulfat har vært avtakende, særlig sør i landet, siden 1990. Nedfallet av uorganisk nitrogen har også blitt redusert, men ikke i like stor grad. Feltene sør i landet hadde generelt litt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deposisjon enn feltene i nord. Jordvannets pH er lavere sør i landet enn i nord, men dette kan skyldes enten surere nedbør eller naturlig surere jordsmonn i Sør-Norge. Konsentrasjoner av nitrat i jordvann er generelt lave, oftest nær deteksjonsgrensen. Imidlertid kan det forekomme episoder, normalt kortvarige, med høyere nitratkonsentrasjoner. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles



i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumforgiftning i vegetasjonen er liten med konsentrasjoner i jordvannet som normalt ligger godt under de toksiske grensene. Økte aluminiumkonsentrasjoner kan forekomme etter stormer der sjøsaltnedfallet har vært stort, men det er tvilsomt om disse har noen varig effekt på skogøkosystemet. Generelt ser det ut til at tilførselen av forsurende stoffer har stabilisert seg de siste 8 åra på de fleste av disse overvåkingsflatene.



Figur 42. Langtidstrender i ikke-marint (nm) SO<sub>4</sub>-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

Figure 42. Long-term trends in non-marine (nm) SO<sub>4</sub>-S in soil water from 15 cm depth.

## 4.2 Effekter på markvegetasjon

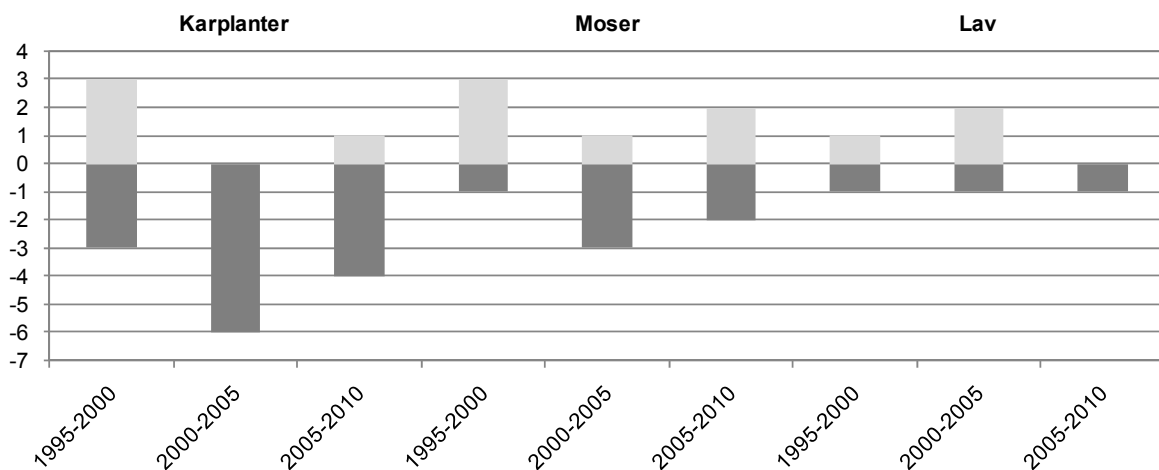
### Markvegetasjonen i bjørkeskog i Børgefjell nasjonalpark

Ved utgangen av 2010 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i bjørkeskog analysert tre ganger i Lund, Møsvatn og Åmotsdalen og fire ganger i Gutulia, Børgefjell og Dividalen, etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. I 2010 ble overvåkingsområdet i Børgefjell nasjonalpark analysert for fjerde gang (1995, 2000, 2005, 2010), og resultater fra disse analysene presenteres her. Overvåkingsområdet i Børgefjell ligger i et område av Norge som har vært lite påvirket av langtransportert forurensning.

I de 45 reanalyserte rutene fra Børgefjell i 2010 ble 76 arter registrert: 41 karplanter, 14 bladmoser, 9 levermoser og 12 lavarter. Totalt antall registrerte arter var noe lavere enn i de foregående undersøkelsesårene (hhv 80, 82 og 81 arter i 1995, 2000 og 2005), med særlig reduksjon i antall arter av moser og lav. Figur 43 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2005-2010 ble det bare funnet signifikant framgang for blokkebær, mens fire karplantearter gikk signifikant tilbake (fugletelg, stri kråkefot, gullris, skogstjerne). I perioden 1995-2000 ble det registrert signifikant framgang for tre karplantearter og tilbakegang for tre, mens det var hele seks karplantearter med signifikant tilbakegang i perioden 2000-2005. Blant mosene viste to arter signifikant framgang (storbjørnemose, rosettmose) og to arter tilbakegang

(gåsefotskjeggmose, grokornflik/skogflik) i perioden 2005-2010. I de foregående to 5-årsperiodene ble det registrert signifikant framgang for henholdsvis tre og én moseart og tilbakegang for henholdsvis én og tre mosearter. Blant lavartene var det signifikant tilbakegang for én art (gaffellav) i perioden 2005-2010, mens bare én art gikk signifikant tilbake i hver av de foregående 5-årsperiodene og henholdsvis én og tre lavarter gikk fram. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 2005 til 2010, så vel som for hele perioden 1995-2010, mot vegetasjon typisk for fattigere og tørrere voksesteder.

Overvåkingsområdet i Børgefjell er lite berørt av langtransportert forurensning (med unntak av nedfallet fra Tsjernobyl) og fungerer i utgangspunktet som et referanseområde i forhold til forsuring og nitrogenpåvirkning. Likevel er det registrert noen endringer gjennom hele overvåkingsperioden, der en rekke urter og moser har hatt vedvarende tilbakegang siden oppstarten av overvåkingen i 1995. Bare blokkebær, tyttebær og røsslyng har hatt tydelig framgang. Dette har ført til at plantesamfunnet i overvåkingsfeltene har blitt fattigere på arter og spesielt på mer næringskrevende arter. Hele økosystemet gir inntrykk av å ha blitt mer næringsfattig, noe pH og nitrogenmålingene fra jord også viser. Utviklingen i Børgefjell kan tolkes som en gjengroingseffekt som respons på mindre beitetrykk de siste årene. Det er lite trolig at endringene kan relateres til forsuring, men effekter av klimaendring kan ikke utelukkes.



Figur 43. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Børgefjell med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1995, 2000, 2005 og 2010, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 43. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser), and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1995, 1999, 2005 and 2010 at the Børgefjell monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

### Markvegetasjonen i barskog i Paulen naturreservat i Vest-Agder

Ved utgangen av 2010 er markvegetasjonen i overvåkingsområdene i granskog analysert fem ganger i tre av områdene og fire ganger i fem av de ti opprinnelige områdene som undersøkes

av Norsk institutt for skog og landskap. Vegetasjonsanalysene i Lundsneset og Øyenskvilen er ikke videreført etter 2002 av økonomiske grunner. I 2010 ble overvåkingsområdet i Paulen undersøkt for femte gang (1990, 1995, 2000, 2005 og 2010), og resultatene presenteres her. Overvåkingsområdet i Paulen naturreservat i Vest-Agder ligger i et av de områdene av landet som har/har hatt størst avsetning av langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene i Paulen ble 85 arter registrert i 2010; 27 karplanter, 30 bladmosearter (inkludert 2 torvmosearter), 23 levermosearter og 5 lavararter. Totalt antall registrerte arter var noe lavere enn i 2005, 2000 og 1990 (med 89, 86 og 87 i hhv 2005, 2000 og 1990), men det laveste artsantallet ble registrert i 1995 (84 arter). Antall karplantearter og levermosearter var lavere i 2010 enn i noen av de andre årene. *Figur 44* viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2005-2010 ble det funnet signifikant tilbakegang for fire karplantearter (fugletelg, skogstjerne, tepperot og engkvein). I løpet av perioden 2005-2010 har bladmoseartene bergsigd, glansjammnemoser og firtannmose blitt signifikant redusert i mengde, mens ingen arter har økt signifikant. Ingen levermosearter økte signifikant i løpet av den siste femårsperioden, men tre arter, piskeskjeggmoser, skogkrekmose og sumpflak, hadde signifikant mengdereduksjon.

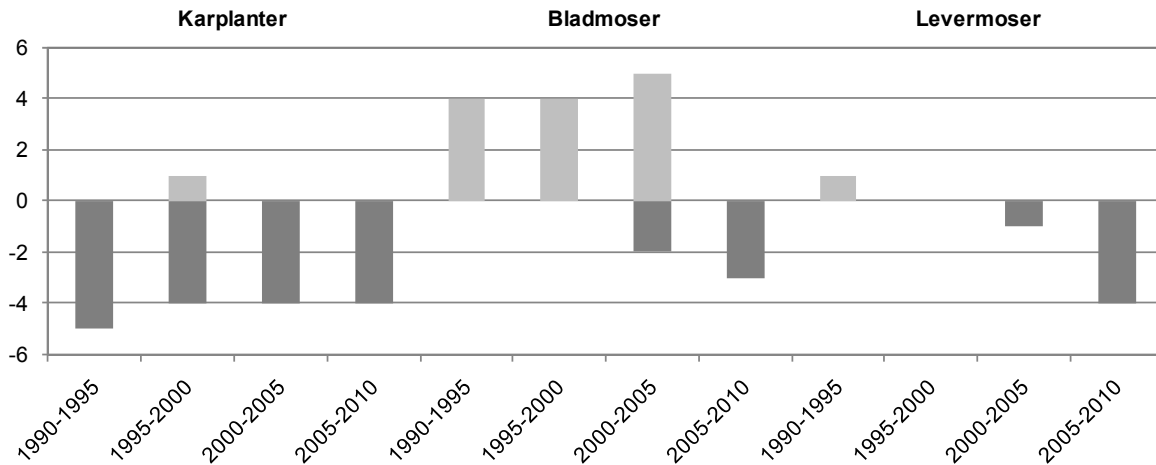
For perioden 1990-2010 ble det registrert signifikant tilbakegang for 8 karplantearter: rogn, fugletelg, maiblom, tepperot, einstape, skogstjerne, engkvein og skogrørkvein, mens ingen arter har økt signifikant i mengde. Blant bladmosene ble det registrert signifikant tilbakegang for glansjammnemoser mens 6 arter har økt signifikant i mengde: blanksigd, etasjemoser, kystjammnemoser, matteflette, stubbesigd og kystkransmoser. I 20-årsperioden ble mengden av fire levermosearter, myrglefsmoser, piskeskjeggmoser, prakthinnemoser, sumpflak, signifikant redusert, mens ingen økte i mengde.

Ingen lavararter har hatt signifikante endringer i noen av periodene.

Analysene av artssammensetning (ved DCA-ordinasjon av 50 ruter analysert alle år) viste ingen signifikante endringer for de "fattigere" prøveflatene over perioden 2005-2010, mens det var en signifikant reduksjon i scoreverdier for de "rikere" prøveflatene langs DCA 1. For hele perioden 1990-2010 var det signifikante endringer for den rike delen av DCA 1 og for både "fattig" og "rik" del langs DCA 2.

I perioden 2005-2010 ble det totale artsantallet signifikant redusert, og alle artsgruppene hadde en gjennomsnittlig reduksjon i antall arter pr. flate, men ingen av artsgruppene hadde signifikante endringer. I 20-årsperioden 1990-2010 ble det signifikant lavere artsantall både totalt sett og for karplanter og levermoser og totalt antall arter. I gjennomsnitt var tilbakegangen på -1,30, -0,76 og -1,70 pr. flate for henholdsvis karplanter, levermoser og totalt for alle artsgrupper.

Artsmangfoldet i granskogsflatene i Paulen er totalt sett redusert, spesielt når man ser på hele perioden siden overvåkingen startet. Mange karplanter og små moser har fått reduserte frekvenser, mens noen store moser har økt i løpet av 20-årsperioden. Artssammensetningen er også signifikant endret. Langtransportert forurensning kan ha hatt betydning for noen karplanter, mens klimaendring trolig har hatt størst betydning for mosenes endringer. Imidlertid er det også sannsynlig at flere/samvirkende årsaksfaktorer har innvirket.



Figur 44. Antall arter av karplanter, bladmoser og levermoser i overvåkingsområdet i Paulen med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1990, 1995, 2000, 2005 og 2010, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med. Bladmoser inkluderer her torvmoser

Figure 44. Number of species of vascular plants (Karplanter), mosses (Bladmoser), and hepatics (Levermoser) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1990, 1995, 1999, 2005 and 2010 at the Paulen monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included. *Sphangnum sp.* is included in mosses.

### 4.3 Effekter på epifytter

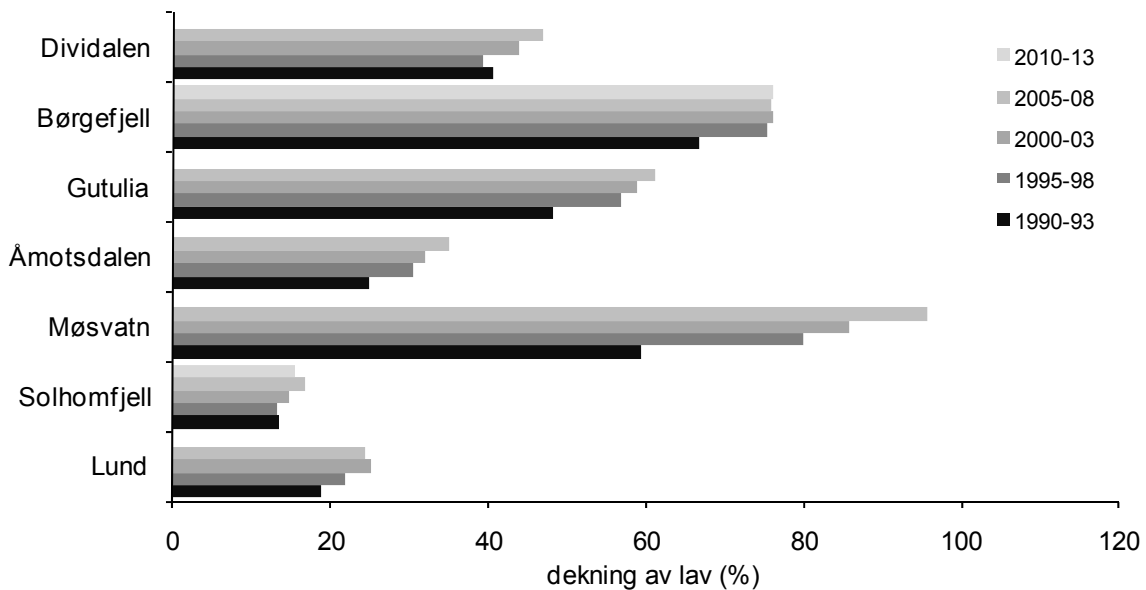
Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt artsmangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Totalt er 145 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene i løpet av de fire (fem i to områder) kartleggingsrundene. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2010 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene i Solhomfjell og Børgefjell kartlagt for femte gang.

Til tross for at overvåkingsområdet Lund i Rogaland ligger nær kysten i et område som klimatisk er antatt gunstig for vekst av lav, er lavvegetasjonen på stammer av bjørk sparsom (Figur 45). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (Figur 46). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algevekst på undersøkelsestrærne. Dekningen av alger har økt gjennom hele perioden og utgjorde totalt 67 % av det kartlagte stammearealet i 2006. Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av milde og fuktige høster i mange av de siste årene.

I Solhomfjell kartlegges epifyttene på furu, som har fattigere epifyttflora og generelt lavere dekning enn bjørk. Solhomfjell-området har i lengre tid vært utsatt for betydelige forurensningsbelastninger. Den betydelige reduksjonen i skadefrekvens for lav på furu i

Solhomfjell (*Figur 46*) er konsistent med effekter av reduksjon i svovelnedfall og forsurening i dette området.

Åmotsdalen og Dividalen representerer de mest typiske fjellbjørkeskogsamfunnene når det gjelder epifyttisk lav, med stor dominans av snømållav. Total lavdekning er ikke spesielt høy i disse områdene, trolig først og fremst av klimatiske årsaker. Vind og snø kan hindre lavens etablering og vekst både direkte og ved å forårsake større avflaking av never. Det er en viss økning i lavdekningen i Åmotsdalen og Dividalen, men andelen skadd lav har gått noe opp i enkelte av de siste kartleggingene (*Figur 45* og *Figur 46*). Det er særlig økt skade på snømållav, noe som kan ha sammenheng med klimaet.



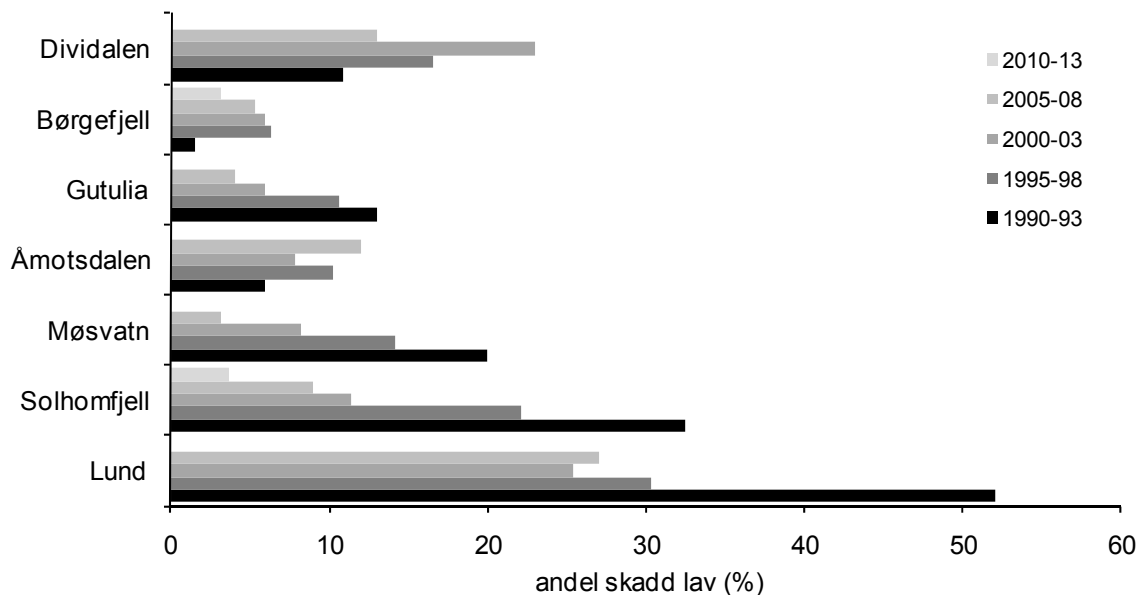
*Figur 45. Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08, 2010-13), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvefeltene 6 og 7 (etablert i 2007).*

*Figure 45. Cover of epiphytic lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03, 2005-08, 2010-13), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).*

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (*Figur 45*). Det frodige inntrykket i Gutulia og Møsvatn blir også understreket av de store forekomstene av brunskjegg (*Bryoria* spp.), arter som er følsomme for forurensninger. Lang skoglig kontinuitet og beskyttet habitat, samt innslag av furuskog, kan være med på å forklare de store forekomstene av brunskjegg og det store artsmangfoldet. Spesielt i Møsvatn-området har skadeomfanget gått betydelig ned (*Figur 46*), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra 1,8 % dekning i 1992 til 22,4 % dekning i 2007. Dette kan tolkes som en respons på nedgangen av svovel i luft og nedbør de siste tiårene. Også i Gutulia er skadeomfanget redusert, uten at det er naturlig å knytte dette til endringer av forurensningsbelastninger i dette området med generelt liten forurensningspåvirkning. I Børgefjell, et område med minimalt

nedfall av forurensende stoffer, er skadefrekvensen forholdsvis lav, og den har blitt gradvis redusert siden andre gangs kartlegging (Figur 46). Økningen fra første til andre gangs kartlegging kan ha sammenheng med klimabetinget skade på bl.a. snømållav, som også er vesentlig redusert i frekvens gjennom overvåkingsperioden.

Det er registrert høyere lavdekning på trærne ved gjenkartleggingene i de fleste TOV-områdene. Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksesjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Mindre svovelinnhold og mer nitrogen kan virke positivt på epifyttvegetasjonen. Slik sett reflekterer gjentatte lavregistreringer en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid.



Figur 46. Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08, 2010-13), angitt som prosent av total registrert lavdekning. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvefeltene 6 og 7 (etablert i 2007).

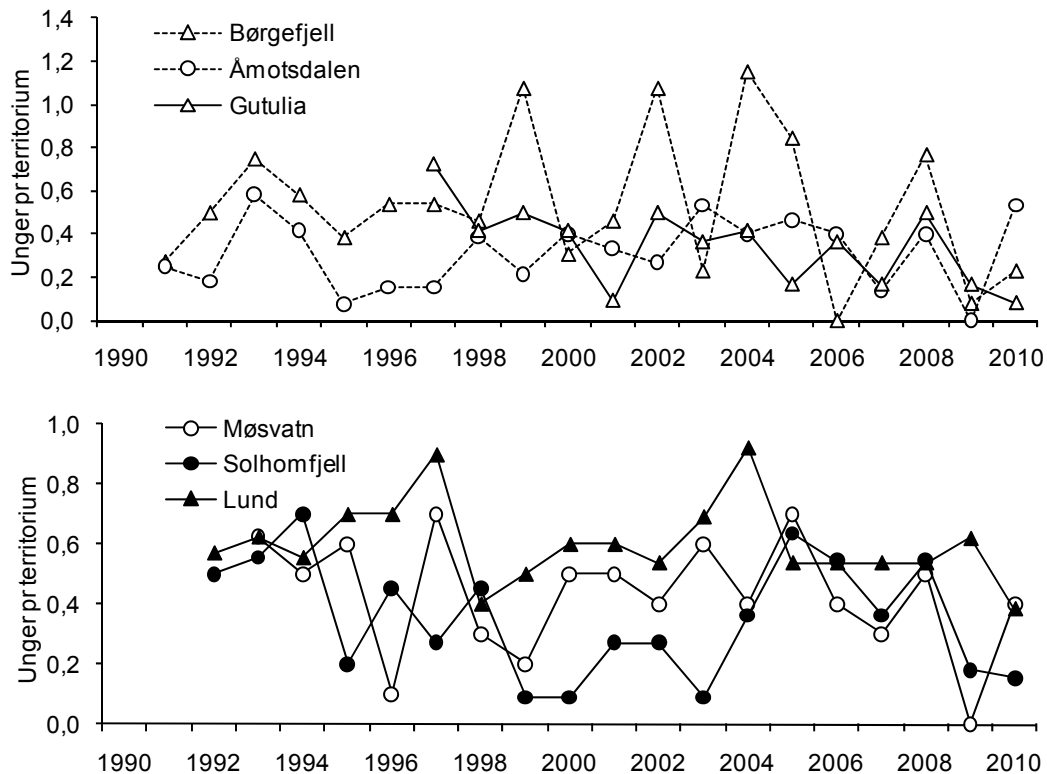
Figure 46. Proportion of damaged lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03, 2005-08, 2010-13), given as per cent of total censused lichen cover. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).

#### 4.4 Effekter på fauna

##### Rovfugl

Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryer for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene viser betydelig variasjon fra år til år i ungeproduksjonen hos kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på

næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2010 har vist at ungeproduksjonen ligger innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastete overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (*Figur 47*). I perioder har ungeproduksjonen hos kongeørn vært lav i enkelte områder (f.eks. Solhomfjell 1998-2003), uten at en har funnet noen klar årsak til dette. I 2010 var det fremdeles nokså lav ungeproduksjon hos kongeørn i enkelte av TOV-områdene i fjellet (Børgefjell, Gutulia), mens øvrige områder viste mer normal produksjon.



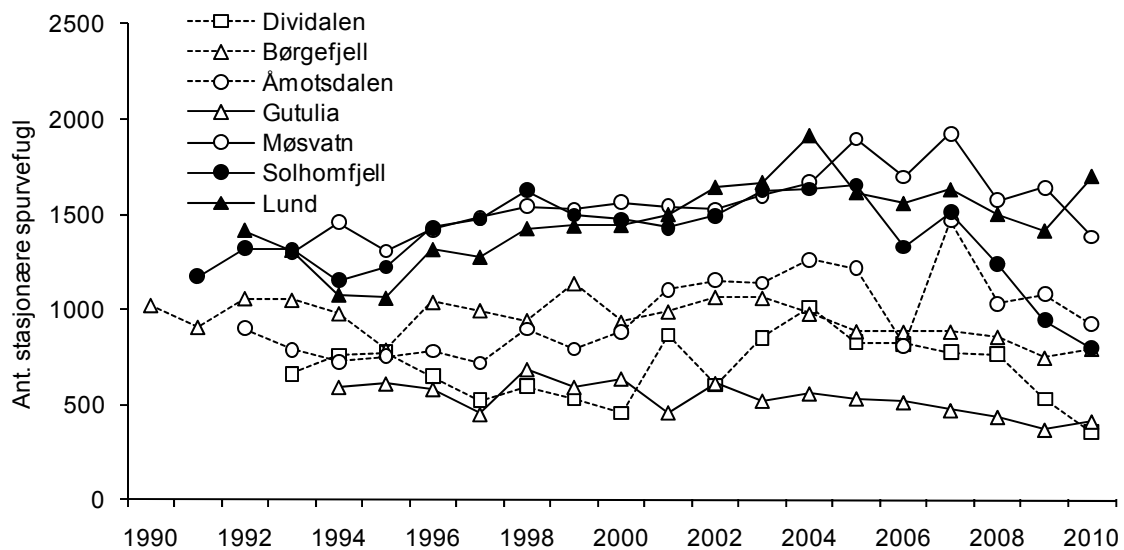
*Figur 47. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2010.*

*Figure 47. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2010.*

### **Spurvefugler**

Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2010-sesongen har vi tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 17 år i de ulike områdene, noe som gir grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvefuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor bestandsvariasjon mellom år og områder og har en invasjonspregede forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvefugl enn de nordlige (*Figur 48*). Ut fra

områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Sammenlignet med foregående 5-årsperiode var det i 2010 relativt få observasjoner av spurvefugl i alle TOV-områdene med unntak av Lund. Særlig har nedgangen de siste årene vært stor for Solhomfjell og Dividalen. Også for artene med mest typisk invasjonsartet opptreden (bjørkefink, gråsisik og grønnsisik) ble det registrert relativt lave bestander i de fleste TOV-områdene i 2010. Bestandsendringene over tid tyder ikke på at det er vesentlige forskjeller mellom sørlige og nordlige områder. Det er altså ikke noe som tyder på at høyere forurensningsbelastning i sørlige områder har påviselige effekter på bestandsnivåer av spurvefugl i boreal skog for perioden 1990-2010. Nedgangen i spurvefuglbestandene de siste årene kan muligens knyttes til perioder med kaldt, ugunstig vær i kritiske perioder i hekkesesongen i disse årene.

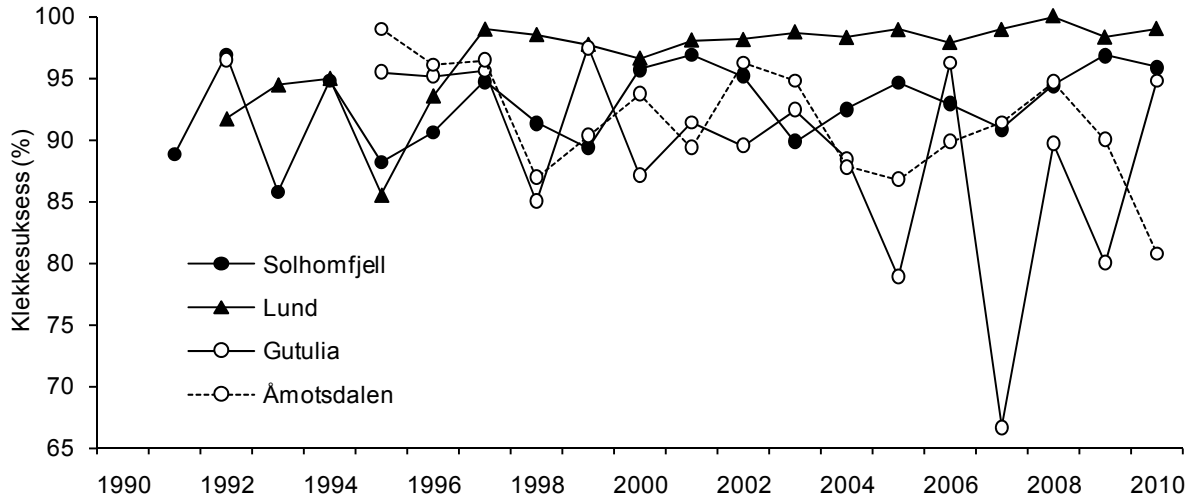


Figur 48. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2010.

Figure 48. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2010.

For reproduksjonsovervåkingen for svarthvit fluesnapper har vi nå dataserier for flere år fra både sørlige (mye belastede) og nordlige (lite belastede) overvåkingsområder. Klekkesuksessen, målt ved andel klekte egg i forhold til lagte egg, viser noe variasjon fra år til år i de fleste områdene (Figur 49). I den første delen av overvåkingsperioden (1991-96) kan det se ut til at de sørlige områdene Lund og Solhomfjell hadde lavere klekkesuksess enn de nordlige. Siden 1997 har imidlertid klekkesuksessen ligget vel så høyt i sørlige som i nordlige områder. Spesielt har klekkesuksessen i Gutulia i perioder ligget svært lavt, noe som trolig skyldes uheldige lokale klimaforhold. I 2010 var klekkesuksessen igjen lavere enn året før i Åmotsdalen, men høyere i Gutulia, og på tilfredsstillende nivå for både Lund og Solhomfjell. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 90 %) for alle år og områder, uten tegn til lavere ungeoverlevelse i sør enn i nord.





Figur 49. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2010, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke ble ødelagt.

Figure 49. Hatching success of pied flycatchers at the monitoring sites 1991-2010, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

## 5. Referanser

### Luft og nedbør

- Berglen, T.F., Arnesen, K., Rode, A., Tønnesen, D., Asphom & P.E. 2011. Grenseområdene Norge-Russland. Luft- og nedbørkvalitet, april 2010-mars 2011. Kjeller (NILU OR 31/2011).
- ECE 1996. Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. Geneva, Convention on long-range transboundary air pollution.
- EU 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Off. J.Eur. Com., L 141, 11/06/2008, 1-44
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. & Yttri, K.E. 2011. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2010. Kjeller, NILU. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1099/2011. TA-2812/2011 (NILU OR 29/2011).
- Green, N.W., Heldal, H.E., Måge, A., Aas, W., Gäfvert, T., Schrum, C., Boitsov, S., Breivik, K., Iosjpe, M., Yakushev, E., Skogen, M., Høgåsen, T., Eckhardt, S., Christiansen, A.B., Daae, K.L., Durand, D. & Debloskaya, E. 2011. Tilførselsprogrammet 2010. Overvåking av tilførsler og miljøtilstand i Nordsjøen. Oslo, NIVA. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr 1097/2011. TA-2810/2011 (NIVA-rapport 6187 2011).

### Vannkjemi og vannbiologi

- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forsuret fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA Rapport 169, 114 s.
- Schartau, A.K., Brettum, P., Fiske, P., Hesthagen, T., Johansen, S.W., Mjelde, M., Raddum, G.G., Skjelkvåle, B.L., Saksgård, R. & Skancke, L.B. 2006. Referanseavssdrag for effektstudier av sur nedbør. Kjemiske og biologiske forhold i Bondalselva og Visavassdraget, Møre og Romsdal, 2002-2006. NINA Rapport 199, 99 s.
- SFT 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2006. - SFT-rapport 1000/2007, TA-2322/2007. 158 s.
- SFT 2009. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2008. - SFT-rapport 1057/2009, TA-2546/2009. 163 s.
- SFT 2010. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2009. - Klif-rapport 1078/2010, TA-2696/2010. 160 s.
- Direktoratsgruppa vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratsgruppa for gjennomføring av vanndirektivet, 181 s. KLIF. 2010. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – effekter 2009. Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF). Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1078/2010. TA 2696/2010, 160 s. Walseng, B., Halvorsen, G., Hessen, D.O. & Schartau, A.K. 2006. Major contribution from littoral crustaceans to zooplankton species richness in lakes. - Limnol. Oceanogr. 51: 2600-2606.
- Aagaard, K. & Dolmen, D. 1996. Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsf fauna. s. 130 – 135. Tapir Forlag, Trondheim.

### OPS

- Andreassen, K., Clarke, N., Timmermann, V. & Røsberg, I. 2011. Intensiv skogovervåking i 2010. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Rapport fra Skog og landskap xx/2011. In prep.
- Timmermann, V., Andreassen, K. & Hysten, G. 2011. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2010. Rapport fra Skog og landskap xx/2011. In prep.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2011. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Revised 2010. UNECE ICP Forests Programme Coordinating Center, Hamburg.. ISBN: 978-3-926301-03-1. (<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>).

### TOV

- DN 1997. Natur i endring. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-1995. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 160 s.
- Framstad, E. (red.). 2011. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2010: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. NINA Rapport 702 (i arbeid).
- Framstad, E., Bakkestuen, V., Bruteig, I.E., Kålås, J.A., Nygård, T. & Økland, R.H. 2003. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking 1990-2002. NINA Temahefte 24, 30 s.

### Referer til denne rapporten som:

- Klif 2011. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2010. Sammendragsrapport. Klif rapport 1093/2011, TA-2792/2011. NIVA-rapport 6183-2011.



**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET**

Klima- og forurensningsdirektoratet  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96  
Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: [postmottak@klif.no](mailto:postmottak@klif.no)  
Internett: [www.klif.no](http://www.klif.no)

Utførende institusjoner NILU, NIVA, NINA, LFI, Uni Miljø, Skog og landskap	ISBN-nummer 978-82-577-5918-6
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Brit Lisa Skjelkvåle	Kontaktperson Klif Gunnar Skotte	TA-nummer TA-2792/2011
--	-------------------------------------	---------------------------

	År 2011	Sidetall 86	Klifs kontraktnummer 5011078
--	------------	----------------	---------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 6183-2011	Prosjektet er finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruks- og matdepartementet (LD)
--	--

<p><b>Forfatter(e)</b> Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI, Uni Miljø), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Erik Framstad (NINA), Godtfred A. Halvorsen (LFI, Uni Miljø), Inga E. Bruteig (NINA), Ingvald Røsberg (Skog og landskap), John Atle Kålås (NINA), Jørn-Frode Nordbakken (Skog og landskap), Karl Espen Yttri (NILU), Kjell Andreassen (Skog og landskap), Liv Bente Skancke (NIVA), Marianne Evju (NINA), Nicholas Clarke (Skog og landskap), Per Arild Aarrestad (NINA), Randi Saksgård (NINA), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Thomas C. Jensen (NINA), Tonje Økland (Skog og landskap), Tore Høgåsen (NIVA), Trygve Hesthagen (NINA), Vegar Bakkestuen (NHM-UiO, NINA), Volkmar Timmermann (Skog og landskap), Wenche Aas (NILU).</p>
--

<p><b>Tittel - norsk og engelsk</b>  Overvåking av langtransporterte forurensninger 2010. Sammendragsrapport Monitoring long-range transboundary air pollution 2010. Summary report</p>
---

<p><b>Sammendrag</b> Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2010 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV). The report presents results for 2010 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution.</p>
--

<p><b>4 emneord</b> Overvåking Luftforurensning Akvatisk miljø Terrestrisk miljø</p>	<p><b>4 subject words</b> Monitoring Air pollution Aquatic environment Terrestrial environment</p>
--	--



**Klima- og forurensningsdirektoratet**

Postboks 8100 Dep,  
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: [postmottak@klif.no](mailto:postmottak@klif.no)

[www.klif.no](http://www.klif.no)

## Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.