



# Overvåking av langtransporterte forurensninger 2004 Sammendragsrapport



## Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2004 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 og 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 rapporten har vært:

**“Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, OPS, TOV**

**Luft og nedbør:** Wenche Aas, Stein Manø, Torunn Berg og Sverre Solberg (NILU)

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

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

**Bunndyr:** Arne Fjellheim og Gunnar G. Raddum (LFI, UiB)

**Krepsdyr:** Ann Kristin Schartau, Gunnar Halvorsen og Bjørn Walseng (NINA)

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

**OPS Samlet redigering:** Dan Aamlid (Skogforsk)

**Landsrepresentative flater:** Gro Hysten og John Y. Larsson (NIJOS)

**Intensive og fylkesvise flater:** Kjell Andreassen, Nicholas Clarke (Skogforsk)

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

**Fauna:** John Atle Kålås (NINA)

Oslo, juni 2005

Brit Lisa Skjelkvåle  
Redaktør



## Innhold

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2004 .....</b>            | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Acidification status in Norway 2004 .....</b>                                       | <b>8</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Innledning.....</b>   | <b>10</b> |
| 3.1       | Presentasjon av programmene .....  | 10        |
| 3.2       | Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv .....                               | 11        |
| <b>4.</b> | <b>Luft og nedbør.....</b>   | <b>13</b> |
| 4.1       | Utslipp.....   | 13        |
| 4.2       | Nedbørkjemi - våtavsetninger.....  | 14        |
| 4.3       | Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger .....                              | 18        |
| 4.4       | Totalavsetning fra luft og nedbør .....  | 19        |
| 4.5       | Bakkenær ozon .....  | 20        |
| 4.6       | Sporelementer og organiske forbindelser ved Lista (CAMP) og Ny-Ålesund (AMAP)<br>..... | 22        |
| <b>5.</b> | <b>Det akvatiske miljøet .....</b>   | <b>24</b> |
| 5.1       | Effekter på vannkjemi.....   | 28        |
| 5.2       | Effekter på akvatisk fauna .....   | 38        |
| 5.2.1     | Effekter på bunndyr .....  | 39        |
| 5.2.2     | Effekter på krepsdyr .....   | 43        |
| 5.2.3     | Effekter på fisk .....   | 49        |
| <b>6.</b> | <b>Det terrestriske miljøet.....</b>   | <b>63</b> |
| 6.1       | Effekter på skog.....  | 66        |
| 6.2       | Effekter på fauna.....   | 68        |
| <b>7.</b> | <b>Referanser til rapporter:.....</b>  | <b>72</b> |



## 1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2004

*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. Resultatet av dette er fortsatt forsuring og dertil store skader på biologiske samfunn. Den forbedringen vi observerer kan også reverseres og forsinkes av flere typer prosesser, slik som klimatiske endringer og økt utlekking av nitrogen.*

*Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 64-78 % fra 1980 til 2004. Dette har resultert i nedgang av sulfat i vann og vassdrag med 33-70% i samme periode. Følgen av dette er bedret vannkvalitet med økning i pH og ANC og nedgang i uorganisk (giftig) aluminium.*

*Videre ser vi en bedring i det akvatiske miljøet med begynnende restituering av bunndyr- og krepsdyrsamfunn og bedret rekruttering hos fisk. Faunaen i rennende vann viser en klar positiv utvikling mens endringene i innsjøfaunaen er små.*

*Skogtilstanden i Norge for 2004 må karakteriseres som relativt stabil. Over store deler av landet er helsetilstanden svakt forbedret. Den negative trenden for skog som vi observerte på 1990-tallet ser ut til å ha snudd. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sykdommer, vekstbetingelser og klimastress. Variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp eller insektskader som gjerne er betinget av værforhold. Effekter av luftforurensninger kan komme i tillegg.*

*Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.*

### Utslipp, luft og nedbør

Utslippene av svoveldioksid er redusert med omlag 61% fra 1980 til 2002 (EMEP 2004). Utslppsreduksjonen fra 1990 frem til 2002 har vært på 49%. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2002 har utslippet vært redusert med 26%. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 2002 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 23%.

Endringene av svovel- og nitrogenkomponenter i luft og nedbør er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. Fra 1980 til 2004 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjonen mellom 64 og 78%. Reduksjonene for svoveldioksid for tilsvarende periode var mellom 81% og 94%, og for sulfat i luft mellom 66% og 75%.

Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk og nitrat+salpetersyre i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986. For nitrogendioksid har det imidlertid vært en relativt tydelig nedgang etter 1990.

De høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2004 var 149 og 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  målt på hhv Prestebakke og Hurdal. Grenseverdien for vegetasjon på 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som 7-timers middel (kl.

09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2004. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster (3000 ppb-timer, 3 måneders AOT40) og grenseverdien på for skog (10.000 ppb, 6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

### **Vannkjemi**

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 33-70% fra 1980-2004. Det er en tendens til en svakere nedgang i sulfat de 4-5 siste årene enn tidligere år, men 2004 viser likevel de laveste sulfatnivåene i vann som er registrert så langt innen overvåkingen. Som en følge av dette, har forsuringssituasjonen i vann og vassdrag vist en klar forbedring gjennom hele 90-tallet, med økning i ANC og pH og nedgang i uorganisk aluminium ("giftig aluminium"). En medvirkende årsak til økningen i ANC er forårsaket av en gradvis nedgang i sjøsalter (klorid og natrium) siden begynnelsen av 90-tallet hvor nedgangen i klorid har vært større enn nedgang i natrium. Dette gir et positivt bidrag til ANC. Anslagsvis 60% av økningen i ANC siden 1990 er forårsaket av nedgang i sulfat, mens ca 30% er forårsaket av endringen i forholdet mellom klorid og natrium. Det har vært en liten tilbakegang i de fleste regioner i den positive utviklingen av ANC, pH og aluminium fra 2003 til 2004. Forbedringene i forsuringssituasjonen er 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 industri-utslipp på Kola, viser en positiv utvikling.

Nitrat varierer generelt en del fra år til år, men alle regioner sør for Midt-Norge viser signifikant avtagende trender, selv om de årlige endringene er små. I hovedtrekk ser vi at det er lavere konsentrasjoner av nitrat i perioden 1997 til 2004 enn i perioden forut. Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001 har flatet ut, men økningen i TOC fra 1990 frem til 2004 er fremdeles signifikant økende for et flertall av regionene, hele perioden sett under ett.

### **Akvatisk fauna**

#### ***Invertebrater***

Overvåkingen av bunndyr i elver i 2004 viser at skadene på faunaen forsetter å avta i vassdragene, en trend som startet omkring 1990. Den forbedrete tilstanden vises både av økt mangfold og ved at tidligere kronisk sure lokaliteter koloniseres av forsuringfølsomme bunndyr. Det er først og fremst lokaliteter i de mest forsurete områdene i sørvest som blir bedre. Dette har også medført at de regionale forskjellene er blitt mindre. Det biologiske mangfoldet er ennå lavt sammenlignet med uforsurete lokaliteter i samme regioner, og deler av faunaen er fremdeles ustabil.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (markert - sterkt forsuringsskadet). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitene ubetydelig til moderat skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også noen innsjøer som vurderes til moderat forsuringsskadet. Totalt sett er endringene over de ni årene overvåkingen har pågått små, men omkring halvparten av innsjøene som overvåkes årlig viser indikasjoner på en positiv utvikling. Mengden av forsuringfølsomme invertebrater er imidlertid fremdeles lave og ustabile og gir derfor ingen grunnlag for en generell bedring i forsuringssituasjonen. For et par av



innsjøene er endringen så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av invertebratfaunaen.

### ***Fisk***

Forsuringen har forårsaket store skader på fiskebestander her i landet, med henholdsvis rundt 9600 tapte og 5400 skadede innsjølevende bestander. Beregningene er basert på lokaliteter over 3,0 hektar. Aure er den fiskearten som har blitt påført de største skadene, med henholdsvis rundt 8200 tapte og 3900 skadede bestander. Videre er nærmere 1900 abborbestander skadet eller tapt pga forsuring, mens antallet samlet for røye, mort, ørekyte og gjedde utgjør rundt 500. Agderfylkene har de største forsuringsskadene med rundt 62 % av alle tapte aurebestander. Rogaland har også betydelige skader med rundt 1300 tapte aurebestander. Undersøkelsene av fisk i innsjøer viser en positiv utvikling i flere regioner og spesielt i region V og VI (Sørlandet – Vest og Vestlandet - Sør). Men enkelte fiskebestander har også hatt en negativ utvikling, spesielt i Sør-Norge. I tillegg er det en del tapte fiskebestander blant de utvalgte lokalitetene. Forsuringssituasjonen er derfor fortsatt alvorlig i de mest belastede områdene av landet. I Midt-Norge og nordover er situasjonen stort sett uendret, eller det har vært en økning i fisketettheten i enkelte lokaliteter, spesielt i region X (Finnmark). Den positive utviklingen i tettheten av aureunger i tilløpsbekker til innsjøer i Vikedal og Bjerkreim i Rogaland fortsetter.

### **Terrestrisk miljø**

#### ***Skog***

Trærnes kronetilstand har vært relativt stabil landet sett under ett de siste syv årene. Kronetettheten er svakt forbedret, unntatt på Østlandet der tettheten er redusert noe i siste toårs periode. De samme tendensene er også observert for kronefarge og trærnes mortalitet. 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. Effekter av luftforurensninger kan komme i tillegg. 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 er likevel trolig innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

#### ***Terrestrisk flora og fauna***

Det ble ikke foretatt ordinære undersøkelser av markvegetasjon eller epifytter i TOV i 2004. Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser til dels god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastede 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 sørlig som i nordlige områder.

## 2. Acidification status in Norway 2004

### **About the monitoring programmes**

This report covers the main results for 2004 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**

Emissions of SO<sub>2</sub> in Europe have decreased by about 61% since 1980, 49% since 1990. The emissions of nitrogen oxides and ammonia increased up to 1990 but have decreased since then by about 26 and 23% respectively (EMEP 2004). The observed reductions in concentration levels are in agreement with these reported downwards trends in pollutant emissions in Europe. Since 1980 the content of sulphate in precipitation decreased by 64-78%. Similar reductions in airborne concentrations were between 81-94% and 66-75% for sulphur dioxide and sulphate, respectively. There is not any clear tendency for the concentrations of the different nitrogen compounds, except for nitrogen dioxide that has significantly decreased the last 10 years.

### **Water**

The decrease in sulphate in deposition has caused a decrease in sulphate in lakes and rivers of 33-70% from 1980-2004. 2004 in general show the lowest sulphate concentrations in lakes and rivers measured during the monitoring programme (since 1980). As a consequence, the acidification situation in lakes and rivers has shown a clear improvement in the 1990s with increases in pH and ANC (Acid Neutralising Capacity) and a decrease in inorganic (toxic) aluminium. There is a significant decrease in nitrate in all regions south of central Norway, although the yearly changes are small. There is a marked shift in nitrate concentrations in the period 1997 to 2004, compared with the years before 1997. The slight increase in TOC during the 90s has now leveled off, but the overall changes from 1990 to 2004 are still significantly increasing for most regions in Norway.

### **Aquatic fauna**

#### ***Invertebrates***

The invertebrate monitoring in rivers demonstrated that acidification damages continue to decrease. The improved conditions are reflected by increased biodiversity and distribution of acid-sensitive invertebrates in areas which earlier were heavily damaged. Regional differences have become smaller during the last years. This indicates that the most impacted watersheds have improved.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2004) 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. Several formerly chronically acidified lakes have improved during the last years, both with respect to occurrence of acid sensitive fauna and biodiversity. Many of the populations are, however, still weak and unstable and therefore the ecological status of these lakes are unchanged. For some few sites the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes.

### ***Fish***

The status of fish populations in Norwegian lakes was based on questionnaires, mainly in the early 1990s. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish in Norwegian lakes greater than 3.0 ha were estimated to be about 9600 and 5400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total of about 8200 lost stocks. Lakes in southernmost Norway, i.e. the counties Aust-Agder and Vest-Agder, have suffered the highest damage with nearly 6000 lost stocks (62 %). Test-fishing with gill nets in lakes in both southern and northern Norway, indicate an increase in fish abundance. However, some fish populations have also decreased in density. The density of young brown trout in tributary streams to lakes was assessed by means of electrofishing in three watersheds. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway (Rogaland county) have increased significantly in recent years. Several brown trout populations in these two areas have also to some extent recovered. However, for streams in Gaular watershed in western Norway, no such positive response for young brown trout has so far been registered.

### **Terrestrial ecosystems**

#### ***Forest***

Crown condition has been stable for the last seven 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 variation we have seen the last years are mainly caused by fungi and insect attacks that were largely due to a combination of climatic stress to trees and a favourable climatic environment for the fungi and insects. Effects of air pollutants may come in addition to or interaction with these factors. The effect of pollutants on forest condition is hard to estimate, because their effect has been small compared with those of other factors. 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 is stable, and that there are, as usual, large fluctuations from year to year in some measurements, probably within the normal variation for boreal coniferous forests.

#### ***Terrestrial flora and fauna***

Ground vegetation and epiphyte monitoring was not conducted in 2004. Golden eagles and gyrfalcons at the monitoring sites exhibited similar patterns of production at southern polluted sites compared to northern sites. There is no indication that population variation in passerine birds is significantly different in southern compared to northern areas. Hatching success of pied flycatchers has for several years been at comparable levels in southern and northern sites.

### 3. Innledning

I Norge er det i dag tre statlige overvåkingsprogrammer som overvåker effekter av langtransporterte forurensninger på økosystemer. 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 kap. 7).

Felles for alle overvåkingsprogrammene er en målsetning om at resultatene skal brukes for å vurdere behovet for tiltak og 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

For arbeidsområdet langtransporterte luftforurensninger, som de tre programmene i denne rapporten omhandler, er hovedmålet:

*“Arbeide for at naturens tålegrense for forsurening og bakkenært ozon ikke overskrides”.*

#### 3.1 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) 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). SFT 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 Institutt for Biologi, Universitetet i Bergen (LFI, Unifob, UiB) (bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet.

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

Landbruksdepartementet og SFT er oppdragsgivere 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), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) (representative undersøkelser av skogtilstand), skogoppsynet (skogtilstand i produksjonsskog) og Skogforsk (skogøkologiske undersøkelser på "intensivflater") som også koordinerer programmet. OPS har en egen styringsgruppe.

### **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, epifyttisk vegetasjon, fauna, miljøgifter i næringskjeder, radioøkologiske undersøkelser) og Universitet i Oslo (vegetasjon i barskog). Fra og med 2001 er TOV sterkere orientert mot effekter av ulike påvirkningsfaktorer på biologisk mangfold.

## **3.2 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) 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 (Multi-protokollen) (1999)** tar for seg forsurening, 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 ICP-ene hvor de blir bearbeidet og rapportert sammen med data fra andre europeiske og nord-amerikanske land.

## 4. 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 døgnlig prøvetaking av nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnett og måleprogrammet utvidet for å gi bedre informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2004 utført døgnlig ved 7 stasjoner og på ukebasis ved 11 stasjoner (Figur 1). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 5 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 8 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 9 stasjoner inklusive en stasjon drevet av SFTs kontrollseksjon i Nedre Telemark. Tungmetaller i luft måles på to stasjoner, det samme gjelder for organiske komponenter i luft.

### 4.1 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. Ifølge data som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet er utslippene av svoveldioksid redusert med omlag 61% fra 1980 til 2002 (EMEP 2004). Utslppsreduksjonen fra 1990 frem til 2002 har vært på 49%. De største reduksjonene har funnet sted i nordlige og sentralvestlige Europa med opp mot 90% reduksjon. Minst reduksjon i sørøstlige Europa med ca. 50% siden 1980. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2002 har utslippet vært redusert med 26%. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 2002 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 23% (EMEP 2004).

Høsten 1999 ble den foreløpig siste internasjonale avtalen for reduksjon av utslipp av luftforurensninger undertegnet. Dette er en multikomponent protokoll og 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% .

## 4.2 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 årsmiddelkonsentrasjoner for de fleste hovedkomponentene ble i 2004 målt på Søgne. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre var størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland.

Månedsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør var høyest i februar-mars i Sør- og Midt-Norge, mens det i Finnmark også ble observert høye konsentrasjoner i mai-juni. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i Figur 2.

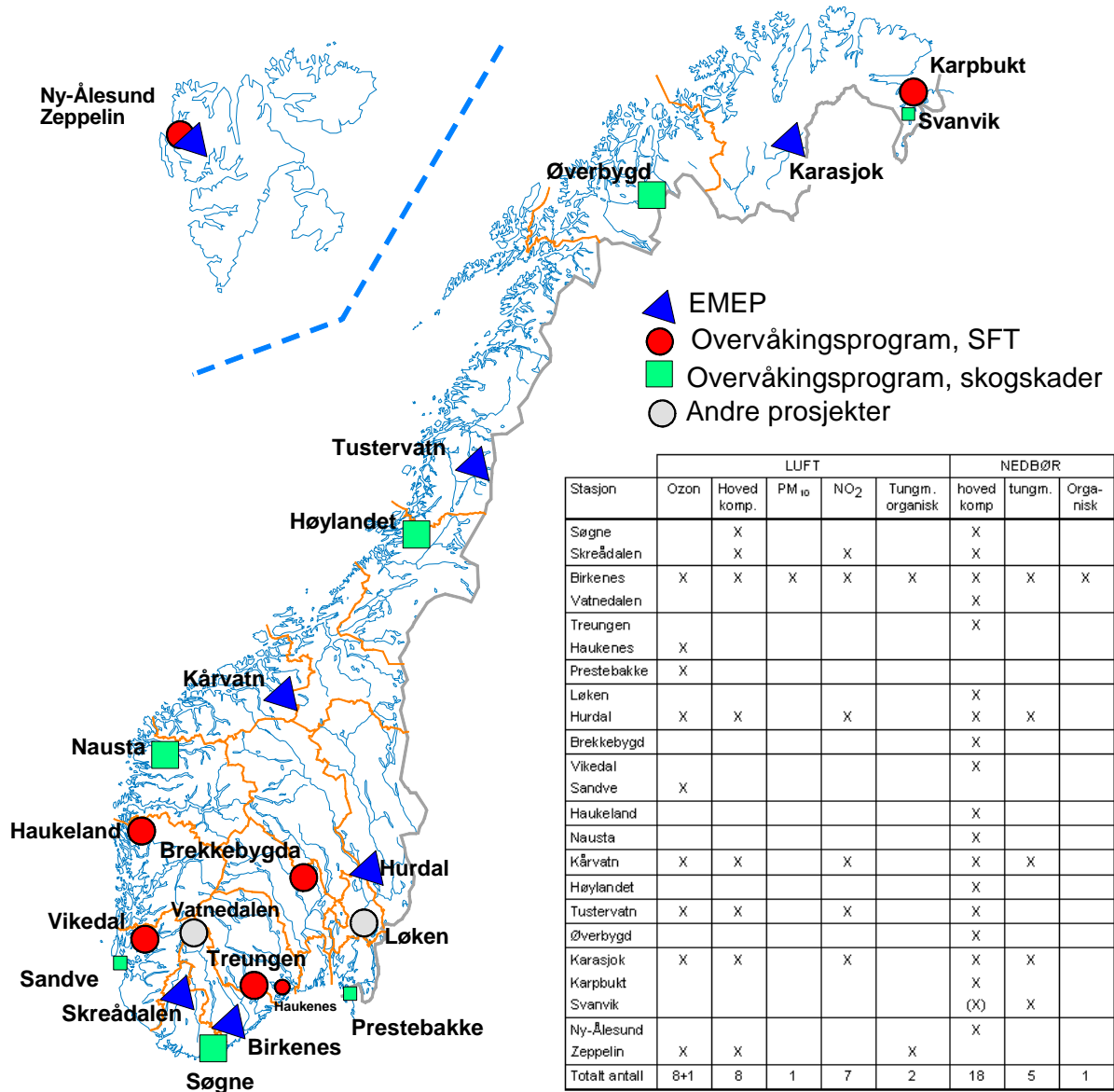
Det er en klar reduksjon i konsentrasjonene og våtavsetningen av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2004 sammenlignet med 2003 på de fleste stasjonene. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene. Figur 3 viser veide gjennomsnittsverdier for 6 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold, mens innholdet av nitrat og ammonium gjennomgående har vært på samme nivå.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder innenfor 95% konfidensnivået. I perioden 1980–2004 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 64 og 78%.

Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 ved fire målestasjoner. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved de samme fire målestasjonene mens det har vært en økning ved en stasjon. Endringer i konsentrasjonene av ammonium antas å være påvirket av endring i bidraget fra lokale kilder. Innholdet av basekationet kalsium er redusert ved flere stasjoner.

Disse observasjonene samsvarer godt med de rapporterte endringer i utslipp, se kapittel 4.1.

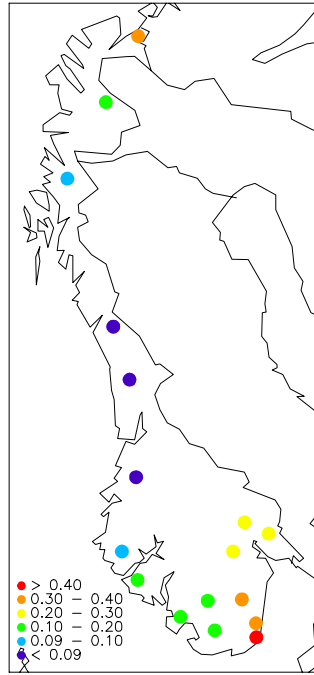




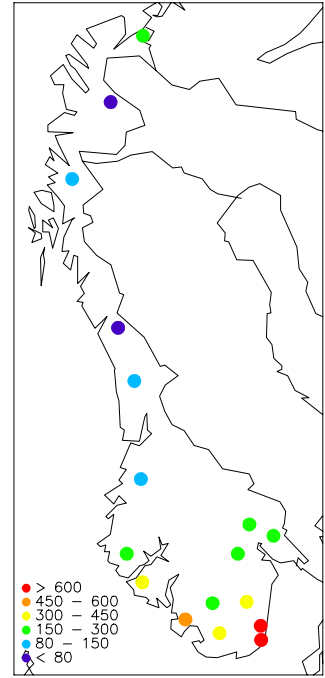
Figur 1. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2004.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2004.

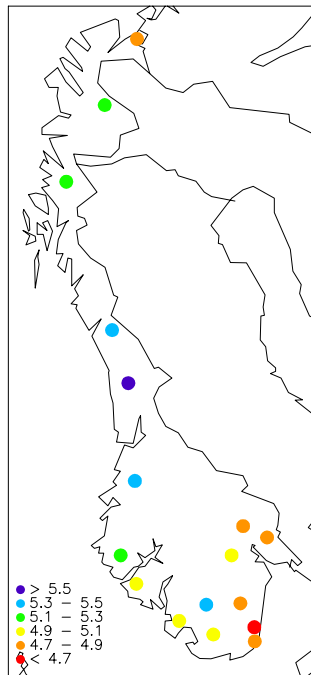
Sulfat –  
konsentrasjoner  
i nedbør 2004  
mg S/l



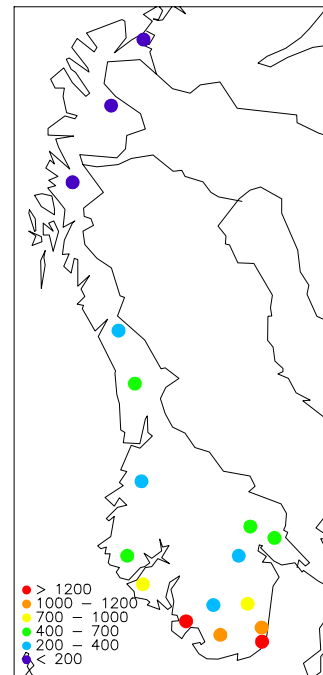
Sulfat –  
våtavsetning i  
nedbør 2004  
mg S/m<sup>2</sup>



pH  
middelverdier  
2004

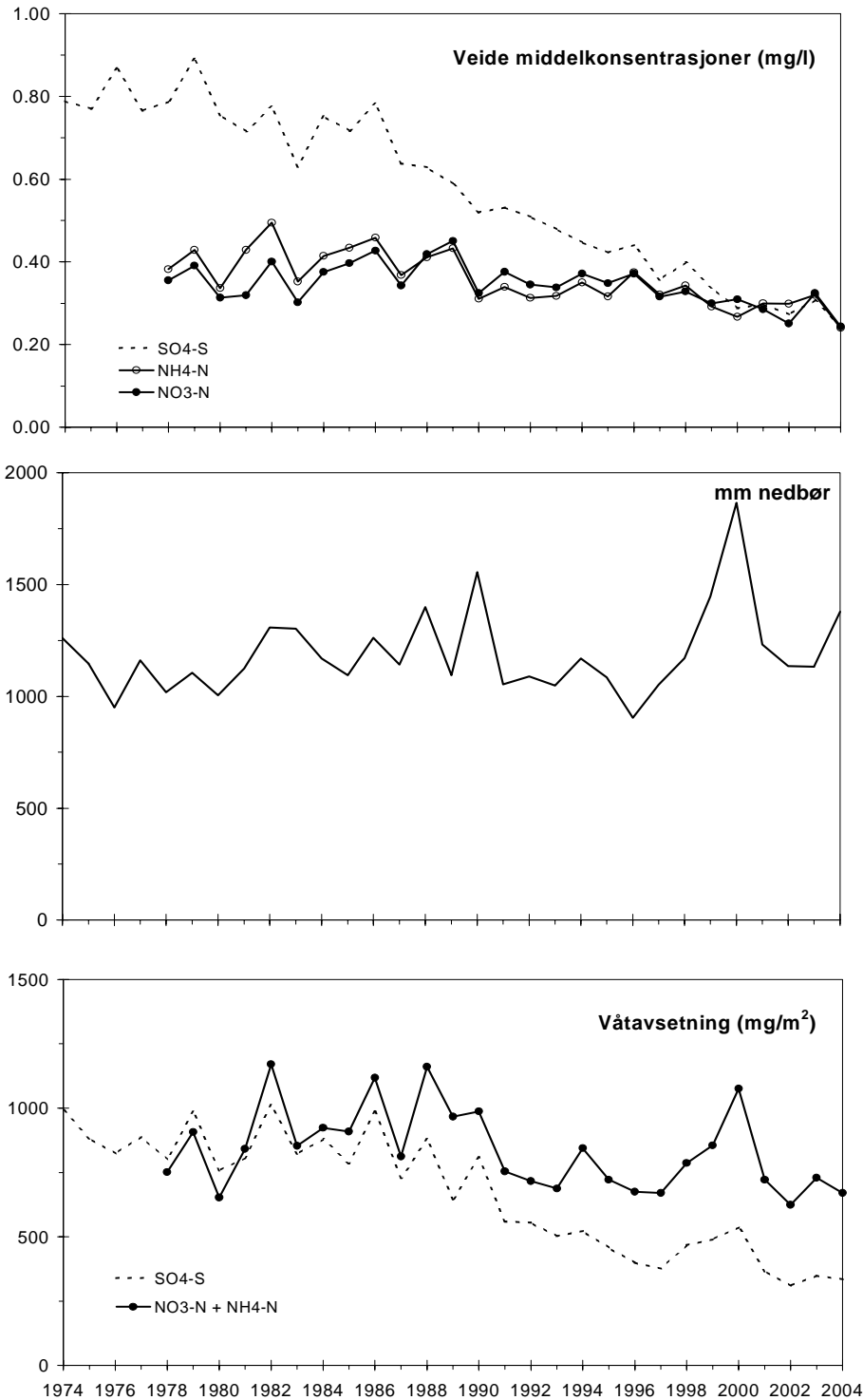


Sum nitrat og  
ammonium  
2004  
mg N/m<sup>2</sup>



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2004.

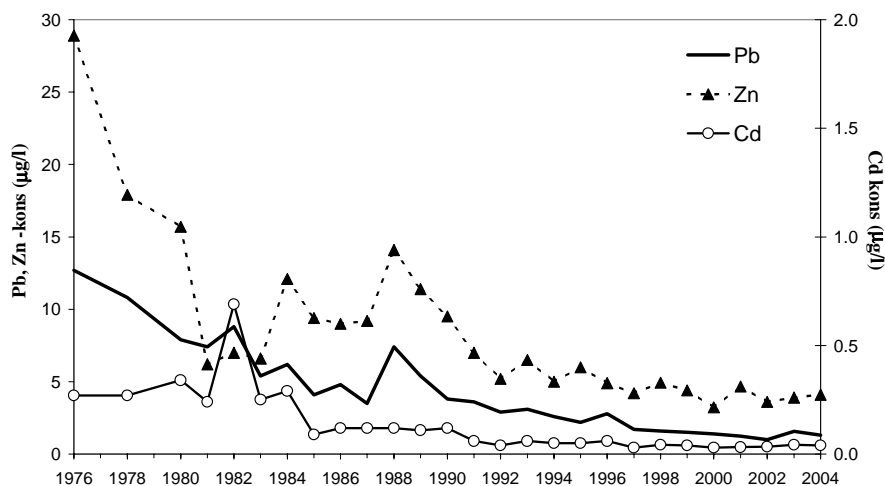
Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2004.



Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2004 for 6 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Skreådalen, 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 2004 based on 6 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik med henholdsvis 1,32 og 0,08 µg/l. Svanvik i Sør-Varanger har også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Konsentrasjonen av bly i Sør-Norge (Birkenes) var omtrent like høy som på Svanvik. Våtavsetningen av bly, kadmium, sink og krom var størst på Birkenes. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant, utenom på Svanvik hvor det derimot har vært en viss økning i blykonsentrasjonen de siste årene, men den tendensen ser ut til å være snudd. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes, Figur 4.



Figur 4. Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2004.

Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2004.

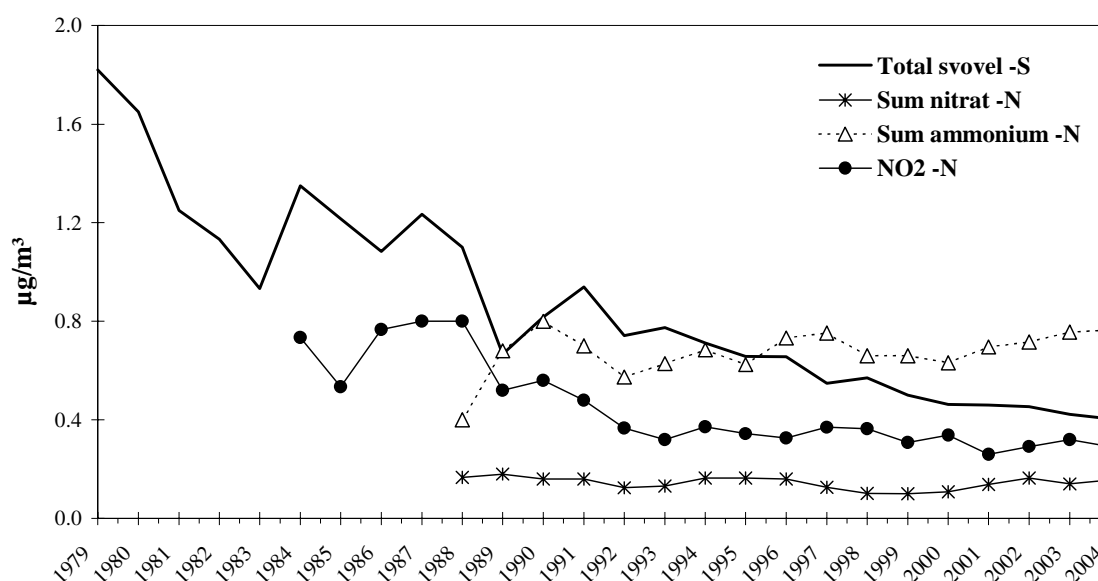
### 4.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på  $0,29 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$  og Karasjok med  $0,32 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$ . Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med  $7,95 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$  den 27 mars 2004. Slutten av mars 2004 var preget av veldig høye  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner på Karasjok, dette pga. vind med transport fra Nikel-området. Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne ( $0,44 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Alle stasjonene i Sør-Norge, fra Søgne til Kårvatn og til dels Tustervatn, har fanget opp en stor episode med høye  $\text{SO}_2$ - og  $\text{SO}_4$ -konsentrasjoner i perioden 15.-20. april. Også høye konsentrasjoner er observert i nedbør i denne perioden. Man ser i tillegg høye  $\text{NH}_4$ - og  $\text{NO}_3$ -konsentrasjoner, dvs. langtransport av  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  og  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  fra kontinentet.

Det desidert høyeste døgnmiddelverdien av  $\text{NO}_2$  ble målt på Skreådalen ( $10,9 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ ) 24. januar. Samme episode er fanget opp på Birkenes, Kårvatn og t.o.m. Karasjok. Trajektorieplott for denne perioden bekrefter også at vindmassene kommer fra Vest-Europa og beveger seg nordøst. Årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene viser at stasjonene i Sør- og Øst-Norge har de høyeste nitrogendioksidnivåene. Månedsverdiene for  $\text{NO}_2$  var høyest i vintermånedene.

Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne med  $0,31 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ , mens høyeste årsmiddelverdier for "sum ammonium" hadde Skreådalen med  $1,10 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dette skyldes bl.a. påvirkning fra lokal landbruksaktivitet. Det ble målt enkelte høye døgnmiddelkonsentrasjoner ved de fleste andre stasjoner også.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 81% og 94%, og for sulfat mellom 66% og 75%. Endringen i svoveldioksid- og sulfatkonsentrasjonene ved Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet har vært på hhv. 73% og 61% midlere reduksjon siden 1980. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986; det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for  $\text{NO}_2$  på de fleste stasjonene, Figur 5.

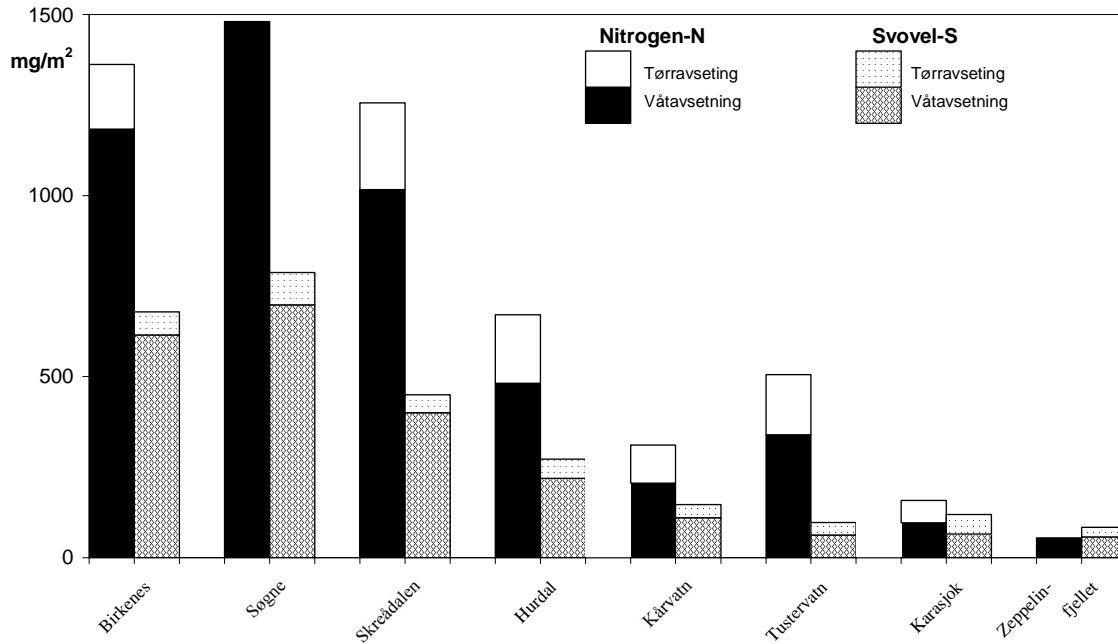


Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^-$ ), oksidert nitrogen ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$ ), redusert nitrogen ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) og  $\text{NO}_2$  på fem norske EMEP stasjoner.

Figure 5. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at five Norwegian EMEP sites, 2004.

#### 4.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

Figur 6 viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark. Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn, Skreådalen og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 16–45% om sommeren og 3–23% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. I Karasjøk er det hhv. 39% tørravsetning om sommeren og 60% om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.



Figur 6. Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakrunnstasjoner i 2004.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2004.

#### 4.5 Bakkenær ozon

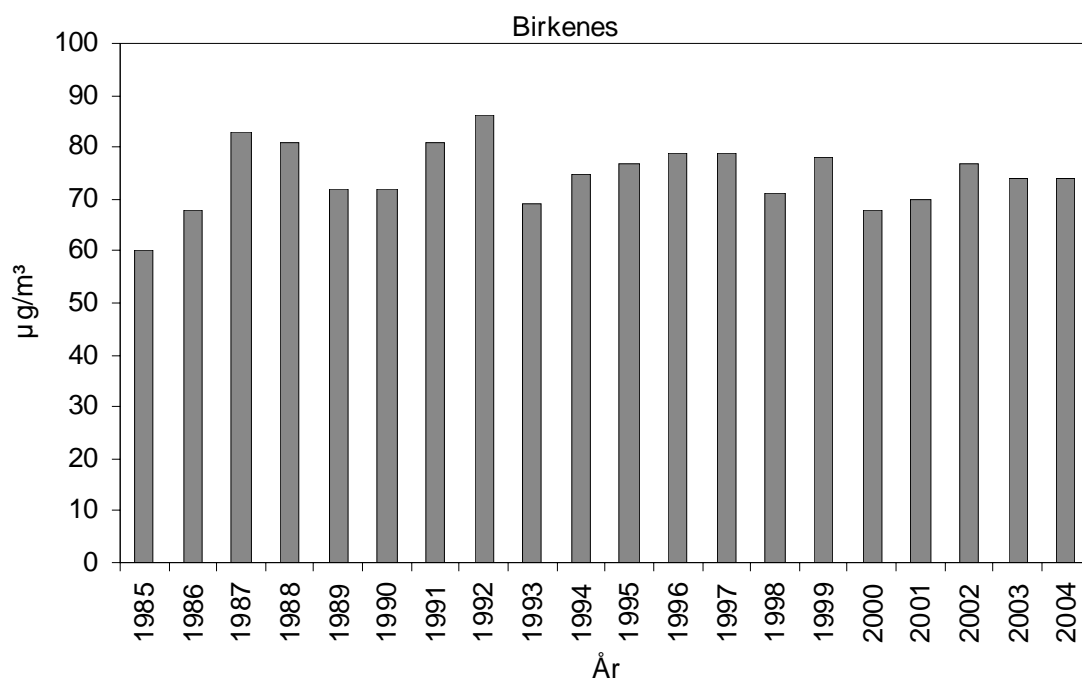
De høyeste timemiddelverdiene av bakkenær ozon i 2004 var på 149 og 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  målt på hhv Prestebakke og Hurdal, Tabell 1. Grenseverdiene for helse med 8-timers middel på 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene, mens det var få overskridelser av grenseverdiene på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO's grenseverdi). Tustervatn og Karasjok hadde flest overskridelser av grenseverdien på 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (8 døgn).

Grenseverdien for vegetasjon på 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2004. Figur 7 viser 7-timers middelverdien for Birkenes i perioden 1981-2004. Figuren viser en del variasjon fra år til år og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Middelverdien var størst på Sandve med 77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . SFTs tålegrense på 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (8-timers middel) og EUs grenseverdie på 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (24-timers middel) ble overskredet på samtlige stasjoner. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster (3 måneders AOT40) på 3000 ppb-timer og grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog (6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100 og 160  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 2004.

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  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 2004.

| Målested        | Antall måleverdier |      | 100 $\mu\text{g/m}^3$ |    | Høyeste timemiddelverdi |            |
|-----------------|--------------------|------|-----------------------|----|-------------------------|------------|
|                 | Timer              | Døgn | h                     | d  | $\mu\text{g/m}^3$       | Dato       |
| Prestebakke     | 8748               | 366  | 287                   | 36 | 148,8                   | 2004-09-05 |
| Hurdal          | 8760               | 366  | 363                   | 45 | 149,6                   | 2004-05-09 |
| Haukenes        | 8757               | 366  | 230                   | 39 | 138,9                   | 2004-05-03 |
| Birkenes        | 8640               | 366  | 159                   | 29 | 138,2                   | 2004-05-03 |
| Sandve          | 8660               | 364  | 265                   | 38 | 130,0                   | 2004-09-04 |
| Kårvatn         | 8746               | 366  | 444                   | 44 | 139,2                   | 2004-05-08 |
| Tustervatn      | 8702               | 366  | 542                   | 48 | 140,7                   | 2004-04-18 |
| Karasjok        | 8739               | 366  | 385                   | 29 | 140,2                   | 2004-04-06 |
| Zeppelinfjellet | 8731               | 366  | 142                   | 20 | 109,7                   | 2004-04-26 |
| Sum datoer      |                    | 366  |                       | 93 |                         |            |



Figur 7. Middelskonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1981-2004.

Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1981-2004.

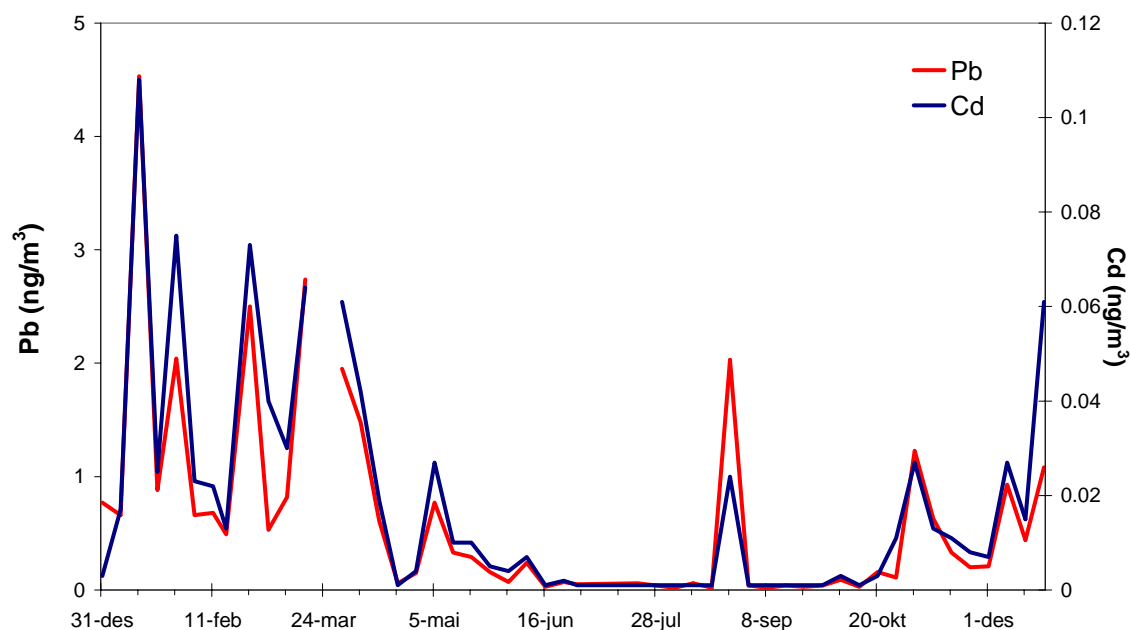
#### 4.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Lista (CAMP) og Ny-Ålesund (AMAP)

AMAP, Arctic Monitoring and Assessment Programme, startet i 1994. I AMAP deltar: Norge, Sverige, Danmark, Island, Finland, Canada, USA og Russland. Programmet omfatter både kartlegging, overvåking og utredning av miljøgiftbelastningen i nordområdet.

CAMP, Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme er en av aktivitetene innen Oslo og Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurensning til havområdene i tilknytning til OSPAR-landene. Det er 17 forurensningskomponenter i måleprogrammet under CAMP og målingene utføres ved 28 stasjoner i 10 OSPAR-land. Tungmetaller og POP har vært målt på Lista siden 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004.

For tungmetaller har det ikke vært observert noen trend i luftkonsentrasjonene, unntatt for Ni (Berg 2003), i motsetning til hva som er observert i nedbør, Figur 4, men dette har bl.a. sammenheng med at nedbørmålingene har vært utført mye lenger og de har fanget opp reduksjonene på 1970-80 tallet.

Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner av Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, V, As og Hg i luft på Zeppelinfjellet er 2-3 ganger lavere enn det som måles ved Birkenes, med unntak for Hg som viser omtrent samme konsentrasjoner på de to stasjonene. Forskjellen mellom Hg og de andre tungmetallene skyldes at Hg eksisterer i atmosfæren hovedsakelig i elementær form, mens andre tungmetaller er knyttet til partikler. Kvikksølvet får dermed en bedre spredning enn andre tungmetaller. De fleste elementene har høyest konsentrasjon om vinteren og lavest konsentrasjon om sommeren (Figur 8). Dette skyldes trolig at betingelsene for langtransport med luft fra kontinentet er gunstigst om vinteren. Konsentrasjonene av tungmetaller på Zeppelinfjellet viser ikke noen trend i luftkonsentrasjonen for den perioden det er utført målinger.



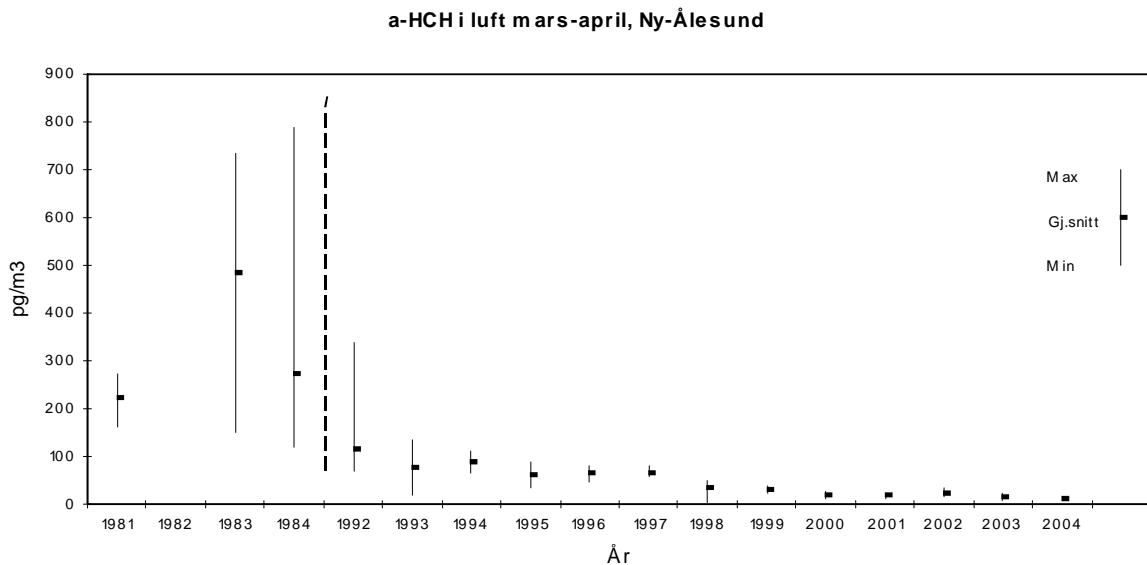
Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2004.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2004.



NILU utfører målinger  $\alpha$ - og  $\gamma$ -heksaklorsykloheksan (HCH) og heksaklorbenzen (HCB) i prøver fra luft og nedbør, innsamlet ukentlig på Birkenes. 2004 er det første året med målinger av organiske miljøgifter på Birkenes etter at prøvetakeren ble flyttet fra Lista. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for summen av  $\alpha$ - og  $\gamma$ -HCH i år 2004 var 26,1  $\text{pg}/\text{m}^3$ . Dette er noe høyere verdi enn den som ble observert på Lista året før. Men trenden er generelt avtagende. I nedbør var den gjennomsnittlige nedbørkonsentrasjonen for summen av  $\alpha$ - og  $\gamma$ -HCH på Birkenes 1,26  $\text{ng}/\text{l}$ , dette er nest laveste verdi observert siden målingene ble startet på Lista i 1992. En økning i HCH-konsentrasjoner i tilknytning til sprøyting av HCH på kontinentet ble vanligvis registrert ved økede luft- og nedbørkonsentrasjoner i perioden april til juni. I 2004 ble måleprogrammet utvidet til også å omfatte syv enkeltforbindelser (kongenerer) fra gruppen polyklorerte bifenyler (polychlorinated biphenyls,- PCB). Middelerdien for sum PCB på Birkenes i luft for 2004 var 5,26  $\text{pg}/\text{m}^3$ . For de samme kongenerer var den tilsvarende sum PCB 3,89  $\text{pg}/\text{m}^3$  på Zeppelinfjellet ved Ny-Ålesund. På Zeppelinfjellet utføres målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft, innsamlet ukentlig i den nye målestasjonen.

Konsentrasjonen av HCH og de målte PCBene på Birkenes er ca 1.4 ganger høyere enn på Zeppelinfjellet. Som på Lista/Birkenes observeres en nedgang i konsentrasjonen av  $\alpha$ -HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund (Figur 9), som gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av dette sprøytemiddelet.



Figur 9.  $\alpha$ -HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.

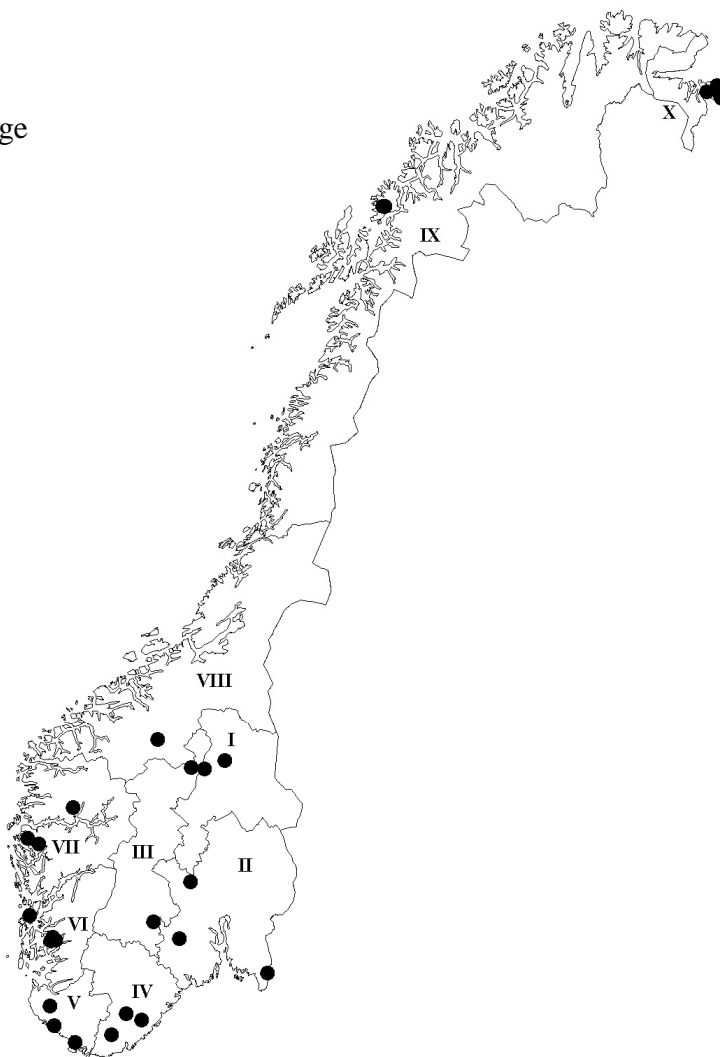
Figure 9.  $\alpha$ -HCH in air in the period March-April at Zeppelin, Ny-Ålesund, Spitsbergen.

## 5. Det akvatiske miljøet

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 forsurningsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forsurningssituasjonen i ulike deler av Norge. De 10 regionene er vist i Figur 10, 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 10. Oppdeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2004.

Figure 10. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2004.

### **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 elver som er kalket (Figur 11). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger.

De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. Ca. 100 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986. I 1995 ble antallet økt til ca. 200 for å styrke innsjøovervåkingen. I 2004 ble igjen antallet redusert til ca 100 som en følge av omlegging av overvåkingen og samordning med andre overvåkingsprogram.

Elveundersøkelsene er i hovedsak konsentrert om lakseførende elver. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. Alle de åtte elvene som fremdeles overvåkes, er kalket. Disse elvene blir overvåket på samme måte som tidligere, for å se på endringene i sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking) og virkningene av kalkingen.

Hensikten med overvåkingen i feltforskningsområdene er å registrere endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet i små nedbørfelt med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon samt beregne materialbalanse for de enkelte kjemiske komponenter. I syv små nedbørfelt blir det tatt ukentlige vannprøver og nedbørprøver (NILU) samt daglig målt vannføring.

### **Biologisk overvåking**

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:

- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og litorale krepsdyr i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver

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

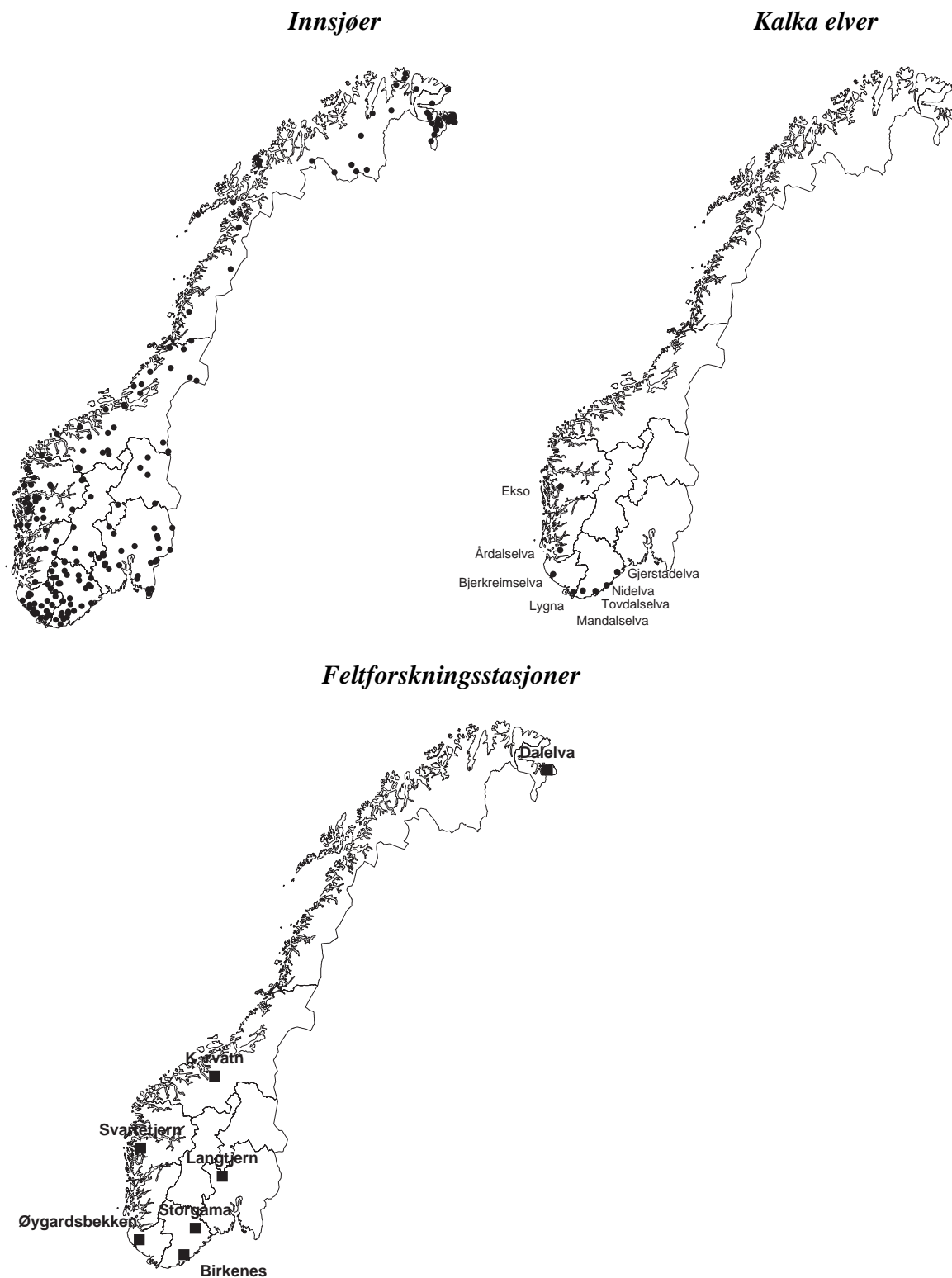
Innsjøprogrammet omfatter omkring 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. både bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige 80 sjøene undersøkes hvert 4. år; ca. 20 innsjøer per år (Gruppe 3-sjøer). Aktiviteten ble redusert fra 2002 og i 2004 ble totalt 26 innsjøer undersøkt (Figur 10). Hovedvekt ble lagt på region VI (Vestlandet - Sør) og X (Øst-Finnmark) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige åtte regionene. Bunndyrprøver fra innsjøene i region X mangler i 2004. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996 og for en del av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle ni årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i seks vassdrag fordelt på regionene V – VII (tre av disse overvåkes hvert andre år) hvorav to av vassdragene også undersøkes mhp. fiskebestander.

For bunndyr og krepsdyr er det gjort en vurdering av tilstand mht. forsuring/forsuringsskader. Forsuringstilstanden er inndelt i følgende klasser: ubetydelig/lite (klasse 1), moderat (klasse

2), markert (klasse 3), sterkt (klasse 4), meget sterkt (klasse 5) forsuret/forsuringsskadet. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden er kunnskap om naturgitte kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Slike kunnskaper er i mange tilfeller mangelfulle og vår klassifisering vil derfor kun i begrenset grad kunne skille mellom naturlig sure og forsurede lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsuring er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsuringstilstanden i Norge.

For bunndyr bestemmes forsuringssstatus ut fra den registrerte artssammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsuringssfølsomme arter beregnes en forsuringssindeks (verdi: 0-1) for hver lokalitet. Når det gjelder krepsdyrene er det en total vurdering av samfunnene, basert på artsinventar, artsrikdom og mengdefordelinger (dominansforhold) som ligger til grunn for å klassifisere lokalitetene. Den totale invertebratfaunaen (bunndyr og krepsdyr samlet) gir i mange tilfeller et bedre grunnlag for å vurdere forsuringsskadene enn en vurdering basert på bunndyrene eller krepsdyrene alene. Figur 17 presenterer en slik samlet vurdering. Mulige responsforskjeller mellom krepsdyrene og bunndyrene vil imidlertid kunne bli kamuflert.

Eventuelle forsuringsskader 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 forsurede lokaliteter må dessuten forventes.



Figur 11. Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2004.

Figure 11. Locations in the surface water monitoring programme 2004.

## 5.1 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 (Tabell 2 og Tabell 3). Nedgangen i sulfat varierer fra 33 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 64 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2004, mens enkeltlokaliteter i Sør-Norge viser reduksjoner > 70 % for perioden 1980-2004. Det er en tendens til svakere nedgang i sulfat de fem siste årene enn tidligere år (Figur 13). På tross av en utflating, viser 2004 de laveste verdiene av ikke-marin sulfat som er registrert hittil i overvåkingen.

Deposisjon av nitrat og ammonium viser nå signifikant nedgang på flere av overvåkingsstasjonene (se avsnitt 4.2). Innsjøovervåkingen viser generelt lavere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (Figur 13). De laveste nitrat-konsentrasjonene er målt i 2004. Alle regionene sør for Midt-Norge viser signifikant nedgang i nitrat. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogen deposisjonen er høyest (region V Sørlandet-Vest).

Den markerte nedgangen i sulfat har hatt en tydelig innvirkning på vannkjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. Hele landet sett under ett (Figur 12 og Figur 13) viser klar økning i pH, ANC og alkalitet, mens labilt aluminium avtar. Alkalitet og ANC er signifikant økende i alle regioner (Tabell 2).  $H^+$  viser signifikant nedgang i alle regioner. Nedgang i  $H^+$  betyr økning i pH. Labilt Al viser signifikant nedgang i alle regioner unntatt Midt-Norge. Organisk karbon (TOC) som er fulgt med interesse de siste årene pga økende trend, viser også signifikant økning i de fleste regionene.

*Tabell 2. Regionale trend resulater for perioden 1990-2004. Verdiene viser medianverdien for trenden i regionen (Theilslope beregnet med Mann-Kendall-test). Signifikante resultater ( $p < 0,05$ ) vises i gult (avtagende) og blått (økende). Enheter for  $SO_4^*$ ,  $NO_3$ ,  $H^+$ , alkalitet og ANC er  $\mu\text{ekv } L^{-1} \text{ år}^{-1}$ , labilt Al  $\mu\text{g } L^{-1} \text{ år}^{-1}$ , TOC  $\text{mg } C L^{-1} \text{ år}^{-1}$ .*

*Table 2. Regional trend results for regions for the period 1990-2004. Values are median slope for the region (Theilslope calculated with Mann-Kendall), with significant results ( $p < 0,05$ ) shown in yellow (decreasing) and blue (increasing). Units for  $SO_4^*$ ,  $NO_3$ ,  $H^+$ , alkalinity and ANC are  $\mu\text{eq } L^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , labile Al  $\mu\text{g } L^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , TOC are  $\text{mg } C L^{-1} \text{ yr}^{-1}$ .*

| Region              | n  | $SO_4^*$ | $NO_3$ | $H^+$ | Alkalitet | ANC | Labilt Al | TOC |
|---------------------|----|----------|--------|-------|-----------|-----|-----------|-----|
| Østlandet - Nord    | 1  | -2,08    | -0,04  | -0,2  | 0,8       | 2,6 | -0,6      | 0,2 |
| Østlandet - Sør     | 15 | -3,58    | -0,10  | -0,2  | 0,0       | 2,8 | -4,9      | 0,2 |
| Fjellr. - Sør-Norge | 4  | -0,94    | -0,21  | -0,1  | 0,8       | 1,9 | -1,7      | 0,0 |
| Sørlandet - Øst     | 14 | -1,65    | -0,15  | -0,4  | 0,0       | 2,1 | -5,7      | 0,1 |
| Sørlandet - Vest    | 11 | -1,90    | -0,18  | -0,9  | 0,0       | 2,9 | -7,4      | 0,1 |
| Vestlandet - Sør    | 3  | -0,94    | -0,14  | -0,4  | 0,2       | 1,7 | -2,0      | 0,0 |
| Vestlandet - Nord   | 5  | -0,45    | -0,06  | -0,2  | 0,0       | 0,9 | -0,8      | 0,0 |
| Midt-Norge          | 10 | -0,36    | -0,02  | 0,0   | 0,6       | 1,3 | -0,2      | 0,0 |
| Nord-Norge          | 5  | -0,48    | -0,01  | 0,0   | 0,9       | 1,3 | -0,3      | 0,0 |
| Øst-Finnmark        | 11 | -1,19    | 0,00   | 0,0   | 0,6       | 1,6 | -0,2      | 0,0 |

Tabell 3. Endring i ikke-marin sulfat per år i  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  for perioden 1980 til 2004 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2004 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

Table 3. Changes in non-marine sulphate per year in  $\mu\text{eq L}^{-1}$ . Time period 1980 to 2004 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2004 for lakes. The results are based on linear regression.

#### Innsjøer

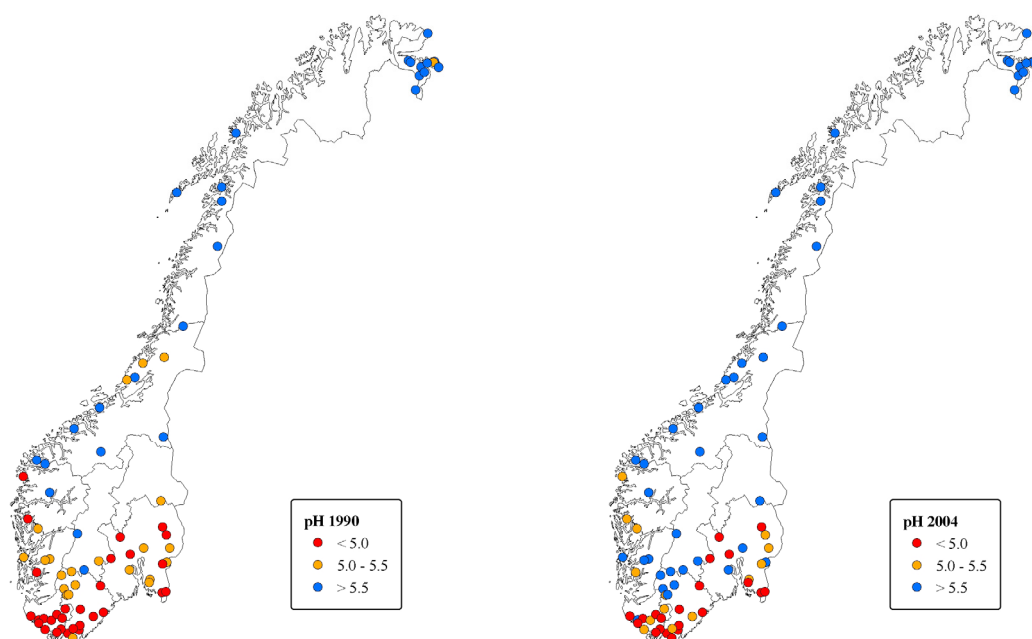
| Region                  | Antall innsjøer | 1986<br>$\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$ | 2004<br>$\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$ | % endring fra<br>1986-2004 |
|-------------------------|-----------------|--|--|----------------------------|
| Østlandet - Nord        | 1               | 57   | 28   | -52                        |
| Østlandet - Sør         | 15              | 75   | 27   | -64                        |
| Fjellregion - Sør-Norge | 4               | 34   | 15   | -55                        |
| Sørlandet - Øst         | 14              | 64   | 28   | -56                        |
| Sørlandet - Vest        | 11              | 60   | 25   | -58                        |
| Vestlandet - Sør        | 3               | 34   | 15   | -54                        |
| Vestlandet - Nord       | 5               | 19   | 10   | -50                        |
| Midt-Norge              | 10              | 18   | 10   | -41                        |
| Nord-Norge              | 5               | 19   | 10   | -49                        |
| Øst-Finnmark            | 11              | 74   | 49   | -33                        |

#### Elver (alle er kalket)

| Region         | 1980<br>$\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$ | 2004<br>$\text{SO}_4^* \mu\text{ekv L}^{-1}$ | % endring<br>1980-2004 |     |
|----------------|--|--|------------------------|-----|
| Gjerstadelva   | IV   | 113  | 48                     | -57 |
| Nidelva        | IV   | 83   | 38                     | -54 |
| Tovdalselva    | IV   | 87   | 33                     | -62 |
| Mandalselva    | IV   | 63   | 22                     | -65 |
| Lygna          | IV   | 73   | 29                     | -60 |
| Bjerkreimselva | V  | 51   | 26                     | -49 |
| Årdalselva     | VI   | 35   | 18                     | -47 |
| Ekso           | VII  | 32   | 14                     | -56 |

#### Feltforskningsstasjoner

|           |      |     |    |     |
|-----------|------|-----|----|-----|
| Langtjern | II   | 81  | 22 | -73 |
| Storgama  | II   | 81  | 21 | -73 |
| Birkenes  | IV   | 138 | 51 | -63 |
| Kårvatn   | VIII | 14  | 6  | -56 |



*Figur 12. pH i overvåkingsinnsjøene i 1990 og 2004. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen.*

*Figure 12. pH in the monitoring lakes in 1990 and 2004. The figures clearly illustrate the improvement in surface water acidification since 1990.*

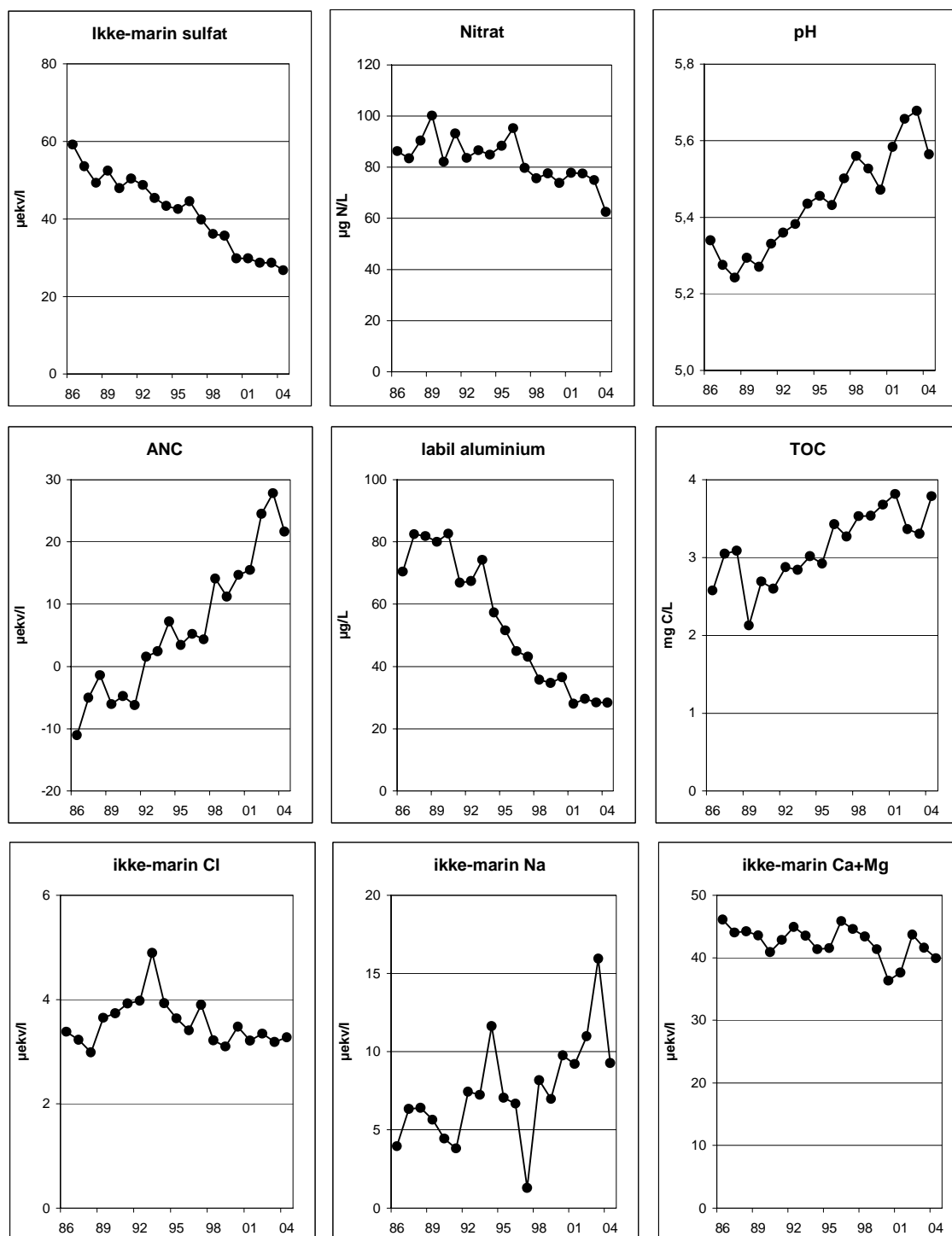
Overvåkingen i 2004 viste at ca. 60% av økningen i ANC var forårsaket av nedgang i sulfat, mens ca. 30% var forårsaket av økning i ikke-marin Na. I 2003 var det en markert økning i ikke-marin Na som ga store utslag på resten av vannkjemien (Figur 13). I 2004 er ikke-marin Na tilbake til mer normale nivåer. Dette betyr også at ANC og pH har gått noe ned fra 2003 til 2004 i mange av regionene, selv om trenden totalt sett er økende.

Trender for perioden fra 1986 til 2004 for de 10 ulike regionene er framstilt i

Figur 14 – Figur 16. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnitt av et antall innsjøer (Tabell 3). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.



**Gjennomsnittlig endring i 79 innsjøer fra hele landet**



Figur 13. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 79 innsjøer fordelt over hele landet (se Figur 10).

Figure 13. Trends in average concentrations of a selection of components in 79 lakes all over Norway (see Figure 10 for locations).

### 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 forsurening. I denne regionen har vi bare en lokalitet, men den er typisk for forsuringfølsomme sjøer i denne regionen. pH viser økende trend fra pH < 5,5 før 1994 til > 5,5 etter 1995. Unntak fra dette er høsten 2000 som var sterkt preget av flom. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne lokaliteten. Fram til 1992 var ANC < 20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 1998 har verdien vært > 30  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , og i 2003 finner vi den høyest registrerte verdien så langt (56  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ), mens den har gått litt ned igjen i 2004 (47  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37  $\mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden 1991 vært under 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Verken nitrat eller TOC viser systematiske endringer i måleperioden.

### Østlandet - Sør (region II)

Region Østlandet-Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av organisk karbon (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 og relativt lite nedbør og lange oppholdstider i sjøene. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forsuringssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Sulfat er redusert med gjennomsnittlig 64 % fra 1986 til 2004 i de 15 sjøene som representerer denne regionen og sulfatkonsentrasjonen i 2004 er den laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var < 5,0 fram til 1993 og fra 1994 til 2004 har pH vært > 5,0 med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. ANC viser en jevnt økende trend. Fra 1986 til 1991 var ANC ca. 0  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , i perioden 1992-1997 15-20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , siden 1998 har ANC vært > 25  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Målingene i 2003 (51  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ) er den høyeste så langt i overvåkingen. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1990. Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp. Alkaliteten var i 1995 på 5  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Fra 2002-2004 har alkaliteten vært 6-7  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 > 90  $\mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden avtatt markert. Fra 1998 til 2004 har gjennomsnittsverdien av labilt Al vært < 40  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

Det er signifikant nedgang i nitrat; gjennomsnittsverdiene for innsjøene siden 1997 (< 30  $\mu\text{g N L}^{-1}$ ) er lavere enn alle de foregående årene og gjennomsnittet for 2004 er det laveste som er registrert til nå.

TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra gjennomsnittskonsentrasjoner < 9  $\text{mg C L}^{-1}$  frem til 1992, til foreløpig høyest registrerte gjennomsnittsverdi på 11  $\text{mg C L}^{-1}$  i 2004.

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

Alle lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa og regionen er dominert av fjellområder med skrinn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene (< 1  $\text{mg C L}^{-1}$ ). Forurensningsbelastningen er relativt 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 55% fra 1986-2004. De tre siste årene 2001-2004 har gjennomsnittsnivået for sulfat vært tilnærmet uforandret (16-17  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Innsjøene i denne regionen har generelt lavt innhold av basekationer (Ca < 0,6  $\text{mg L}^{-1}$ ). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1997 og > 20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  siden 2000. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser en kraftig nedgang; fra et gjennomsnittsnivå på > 35  $\mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1986 - 1990 til konsentrasjoner < 10  $\mu\text{g L}^{-1}$  etter 2001. Nitrat viser ingen klar trend, men tendens til nedgang. Siden 1996 har konsentrasjonene av nitrat avtatt hvert år, og gjennomsnittlig nitratkonsentrasjon for 2002 er foreløpig den laveste gjennomsnittsverdien som er registrert.

### Sørlandet – Øst (region IV)

Regionen Sørlandet-Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til heiområdene. Forurensningsbelastningen er høy og sulfatnivået i innsjøene i denne regionen er høyt. Det er bare region II som har høyere sulfatnivå. Nedgangen i sulfat i innsjøene i denne regionen har vært 56 % fra 1986-2004 for de 14 innsjøene som representerer denne regionen. Nedgangen i sulfat har flatet noe ut de siste årene, men den laveste verdien så langt er registrert i 2004 (28  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Regionen må karakteriseres som sterkt forsuret, men det er klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har vært  $< 5,3$  fram til 1997 og  $> 5,3$  fra 1998, med unntak av høsten 2000 (pH 5,26) som var preget av flom. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner  $< -20 \mu\text{ekv L}^{-1}$  fram til 1991. Siden 1998 har gjennomsnittsnivået vært  $> 0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Tilsvarende gjelder for alkaliteten som fram til 1993 var  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Fra 1994 til 2002 har alkaliteten økt gradvis til  $5 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Labilt Al har avtatt dramatisk fra nivåer  $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 1986-1993 ned til  $< 40 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 2001-2004. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner  $> 130 \mu\text{g L}^{-1}$  fram til 1996, mens gjennomsnittsverdien for 2004 er  $83 \mu\text{g L}^{-1}$ . TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå  $< 3 \text{mg C L}^{-1}$  fra 1986-1995 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. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene. De 11 innsjøene som representerer denne regionen, har i 2004 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (5,03) og alkalitet ( $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ) og de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al ( $57 \mu\text{g L}^{-1}$ ) av alle de ti regionene. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige nitrat-konsentrasjon ( $197 \mu\text{g N L}^{-1}$ ) som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må 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 (58 %) fra 1986 til 2004, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer  $< -50 \mu\text{ekv L}^{-1}$  til nivåer opp mot  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . ANC er fremdeles negativ for gjennomsnittet av disse sjøene. Labilt Al viser dramatisk nedgang fra konsentrasjoner  $> 165 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1986-1994,  $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 1995-2000, til årets gjennomsnittsverdi på  $57 \mu\text{g L}^{-1}$ .

Nitrat viser avtagende trend, og også i denne regionen finner vi de laveste nitrat-nivåene i 2004. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 ( $< 2,3 \text{mg C L}^{-1}$ ), enn perioden 1995-2004 ( $2,3-2,9 \text{mg C L}^{-1}$ ).

### 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 fortykning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig  $\text{Ca } 0,4 \text{mg L}^{-1}$ ) og TOC ( $1 \text{mg C L}^{-1}$ ). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 54 % fra 1986 til 2004. Det har bare vært små endringer i sulfatkonsentrasjonen siden 1997, men den laveste observasjonen så langt er registrert i 2004 ( $14 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv ANC, men ANC har variert en del fra år til år. I 2002 og 2003 var gjennomsnittlig ANC  $17 \mu\text{ekv L}^{-1}$  og i 2004  $9 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 1996 har pH vært  $> 5,4$ , og 2003 har den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,72). Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien de siste fire årene har vært  $12-14 \mu\text{g L}^{-1}$ . Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig  $78 \mu\text{g N L}^{-1}$  i 2004) av samme grunn som i regionen Vestlandet-Sør (høy N-deposisjon og lite kapasitet

for retensjon). Det er ingen tydelige trender i nitrat, men nitrat-konsentrasjonene i 2004 er de laveste som er registrert så langt. TOC viser ingen endringer i denne regionen.

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

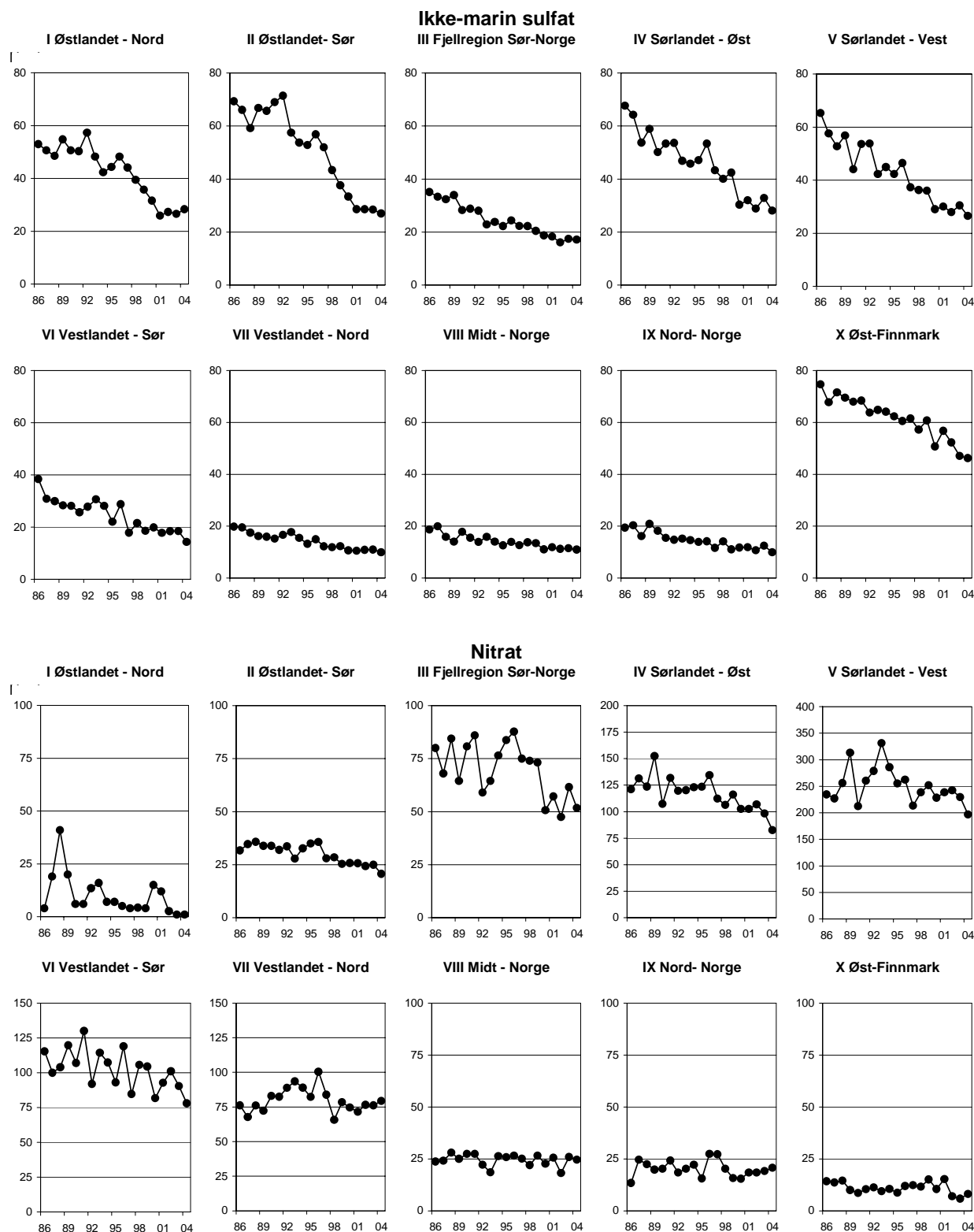
Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene ( $\text{Ca} < 0,35 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (50 %, fra 20 til  $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ), og dette har resultert i markerte endringer i forsuringkjemien. ANC har økt fra  $< -10$  til  $> 0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , mens pH har økt fra  $< 5,4$  før 1997 til  $> 5,5$  etter 1998 og labilt Al avtatt fra ca. 25 til  $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$  i løpet av de siste 10 årene.

### **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 skogklede innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå 10-11  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  og er laveste av alle regionene. Dette begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 15 innsjøene, som representerer disse regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. ANC er lav (25-30  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ ), og pH er ca 6. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat og økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al.

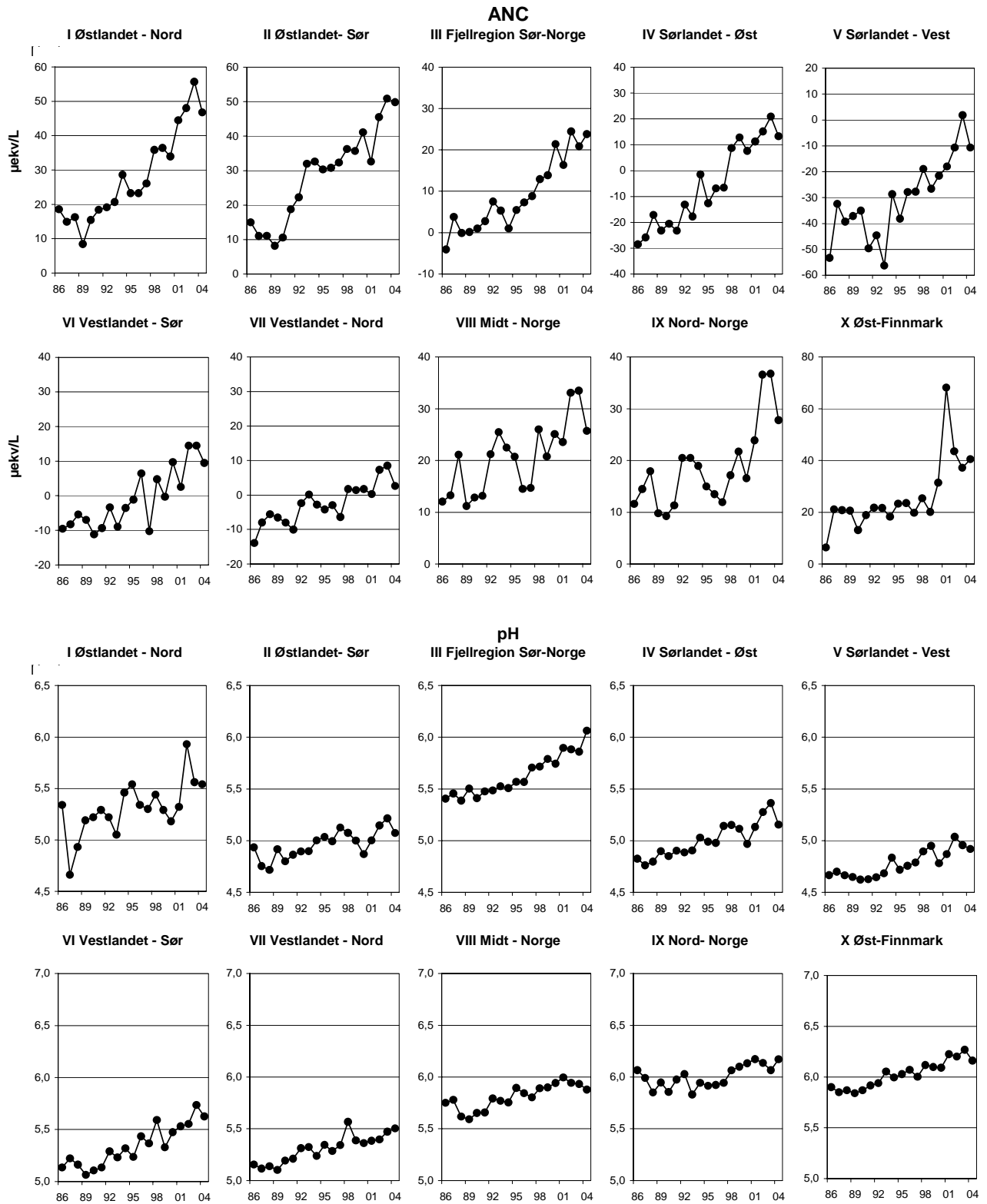
### **Øst-Finnmark (region X)**

Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya og er påvirket av smelteverksindustrien som gir utslipp av svovel, kobber og nikkell. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Forurensningsbelastningen i dette området er mer variabel fra år til år enn i Sør-Norge, noe som reflekteres i de vannkjemiske trendene gjennom overvåkingen fra 1986 til 2004. Undersøkelser i 1986 viste at for innsjøene i Øst-Finnmark var konsentrasjonene av sulfat i innsjøene 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 Kola-halvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringutviklingen 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  $> 6,15$ . De høyeste gjennomsnittsverdiene så langt er registrert i 2001 (pH 6,43) og viser at pH har en økende trend. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 33 % fra 1986 til 2004. I 2004 var gjennomsnittsverdien den laveste som er registrert ( $46 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ).



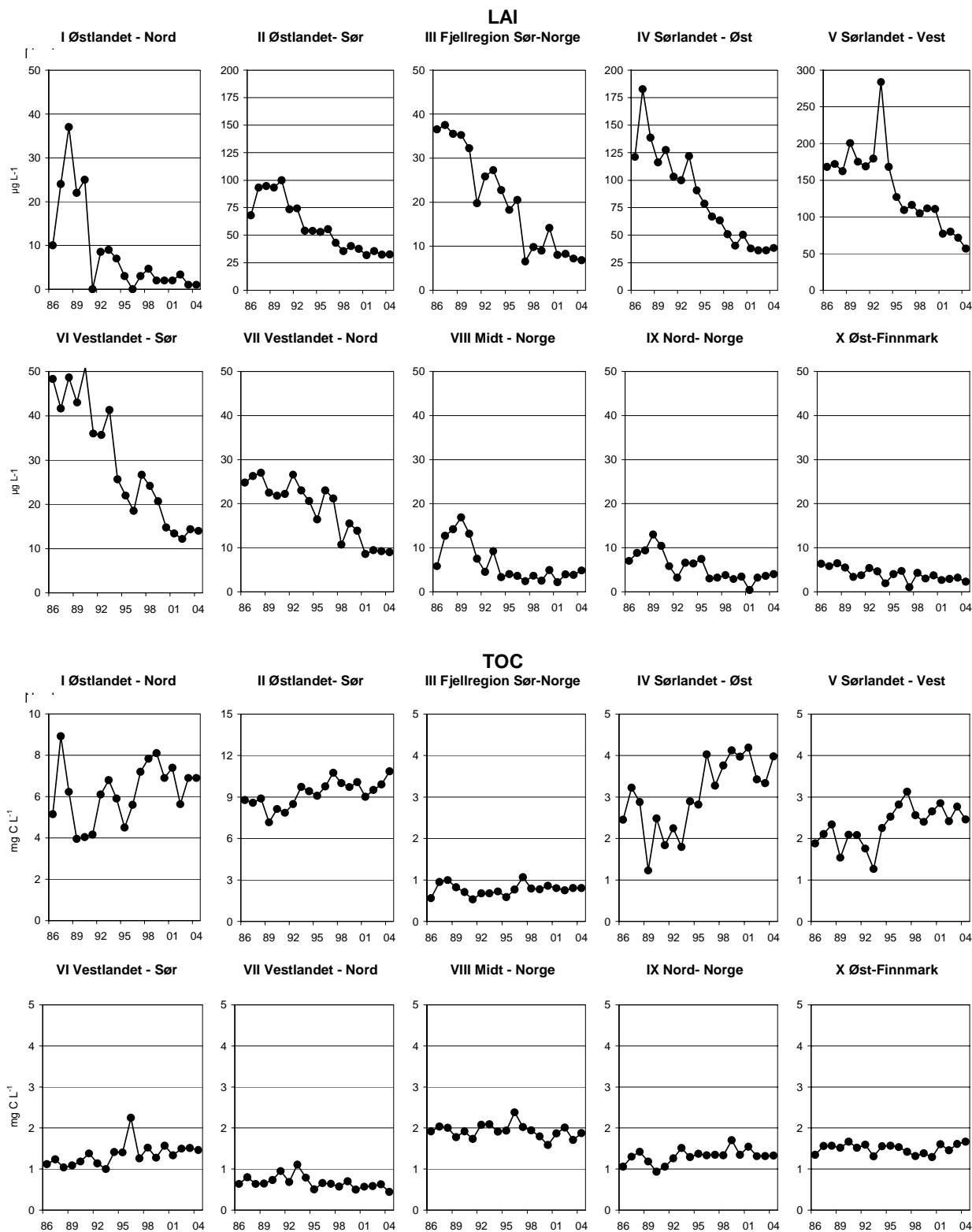
Figur 14. Trender fra 1986-2004 for ikke-marin sulfat ( $\mu\text{eqv L}^{-1}$ ) og nitrat ( $\mu\text{g N L}^{-1}$ ) i innsjøer for de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene.

Figure 14. Trends for 1986-2004 in non-marine sulphate ( $\mu\text{eqv L}^{-1}$ ) and nitrate ( $\mu\text{g N L}^{-1}$ ) in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis.



Figur 15. Trender fra 1986-2004 ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH i innsjøer for de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser for ANC.

Figure 15. Trends for 1986-2004 in ANC (acid neutralizing capacity) and pH in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for ANC.



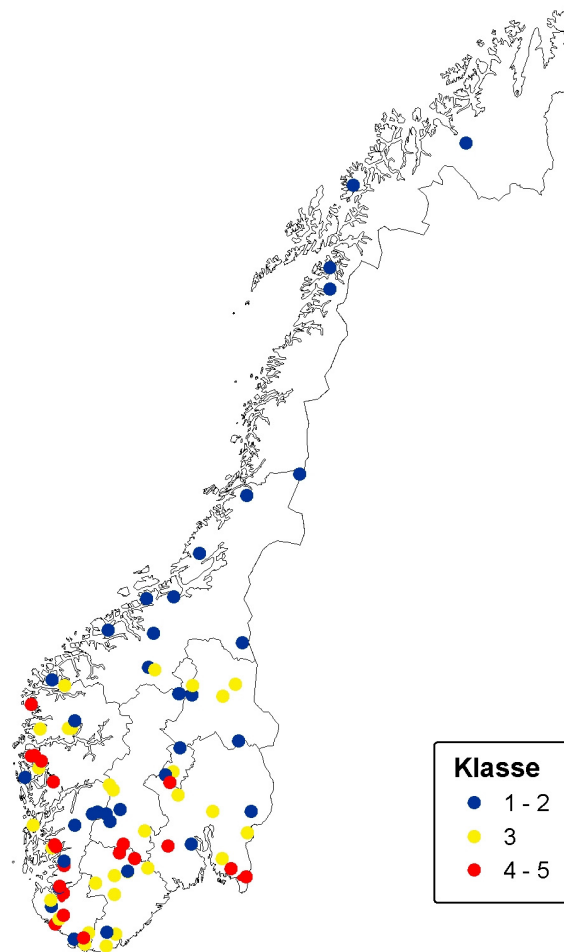
Figur 16. Trender i LAI (labilt uorganisk bundet aluminium) og TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2004 for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser for LAI.

Figure 16. Trends for 1986-2004 in labile Al and TOC in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for labile Al.

## 5.2 Effekter på akvatisk fauna

Under effekter på akvatisk fauna inngår undersøkelser av bunndyr, småkreps og fisk.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forurensningssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - meget sterkt forurensningsskadet) (Figur 17). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene ubetydelig til moderat skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også enkelte innsjøer som vurderes til moderat forurensningsskadet.



Figur 17. Kart med angivelse av forurensningsskader basert på bunndyr og planktoniske og litorale krepsdyr (innsjøer) fra siste undersøkelsesår. Klasse 1-2: ingen/lite til moderat forurensningsskadet, klasse 3: markert forurensningsskadet, klasse 4-5: sterkt til meget sterkt forurensningsskadet.

Figure 17. Classification of acidification damages based on macroinvertebrates as well as pelagic and littoral microcrustaceans (lakes) from the last year of study. Class 1-2: non/slightly – moderately damaged, 3: markedly damaged; 4-5: severely – very severely damaged.



## 5.2.1 Effekter på bunndyr

### Regionale bunndyrundersøkelser i elver

De regionale bunndyrundersøkelsene i elver omfatter overvåking av seks vassdrag. Fra og med 2002 blir tre av vassdragene prøvetatt annet hvert år. I 2004 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Resultatene viser at vårstusjonen hadde forverret seg sammenlignet med året før, men sett over et lengre tidsrom har alle vassdragene fått mindre skader på bunndyrfaunaen. Totalt sett var situasjonen i 2003 en av de beste som er registrert etter at det regionale overvåkingsprogrammet startet i første halvdel av 1980-tallet. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er blitt mindre i de senere år.

### Sørlandet - Vest (region V)

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsuret i perioden 1981-1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men deler av området må fortsatt karakteriseres markert forsuret. Undersøkelsene ved Farsund i 2004 viser at lokalitetene var mest skadet om våren (Figur 18). Den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani*, som i en lang periode ikke ble registrert i området, ble høsten 2004 registrert i innløpet til Saudlandsvatnet og innløpet til Gjærvollstadvatnet. Forsuringsindeks 1 om høsten var 0,86, den beste som er målt i vassdraget. Flere moderat sensitive arter har etablert stabile populasjoner, og de fleste prøvene som ble tatt i 2004 inneholdt sterkt sensitive eller moderat sensitive arter. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsuringsindeksen i Farsundområdet fra 1990.

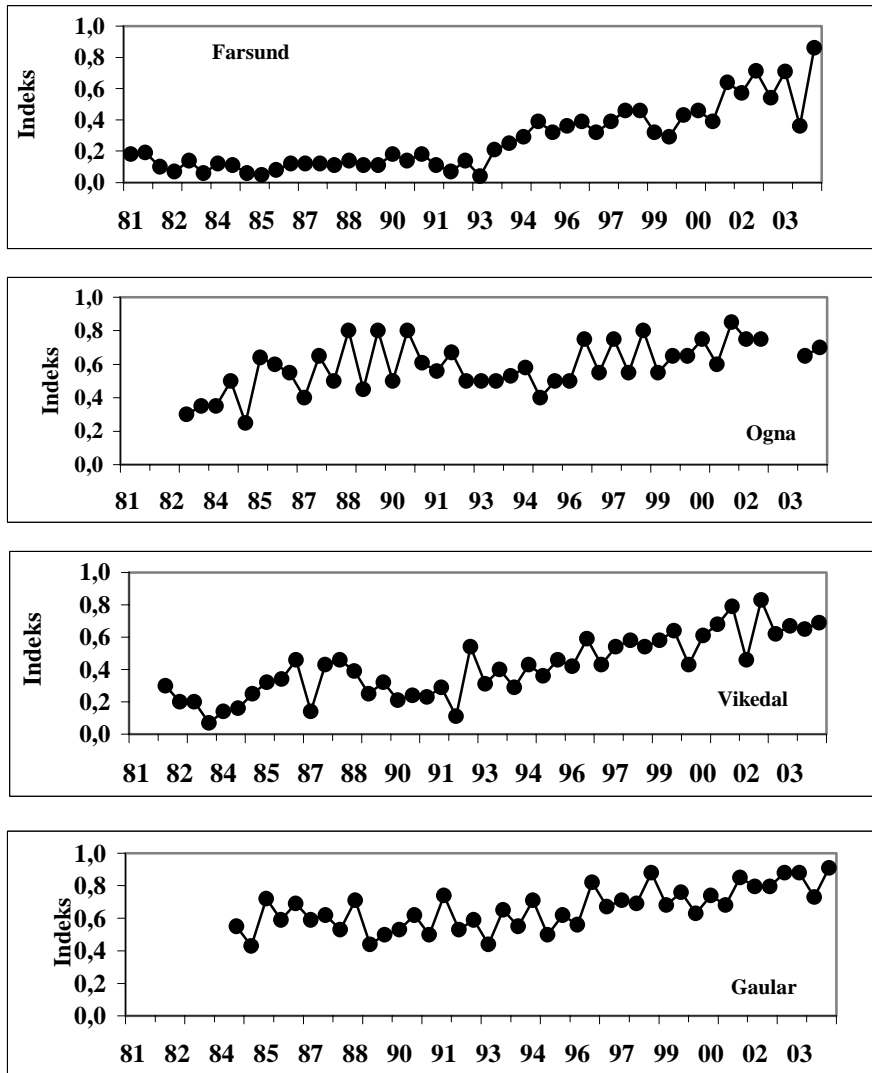
I Ognavassdraget ble det opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking i 1991, da deler av det opprinnelige stasjonsnettet ble kaltet. Undersøkelsene i 2002 viste at forsuret bildet har stabilisert seg på et betydelig bedre nivå enn tidlig på 1990-tallet. Vår og høst ble det registrert en gjennomsnittlig forsuringsindeks 1 på henholdsvis 0,65 og 0,70, en svak forverring sammenlignet med 2002 (Figur 18). Vassdraget som helhet kan karakteriseres moderat forsuret. De ukalkete delene av Ognavassdraget er svært heterogene med hensyn til forsuret. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet. Mange av tilløpene fra vest er sure.

### Vestlandet - Sør (region VI)

Bunndyrundersøkelsene i de ukalkete delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsuret skader i deler av nedbørfeltet. Det var, i likhet med 2003, mindre forskjeller i skade mellom vår og høst enn årene før. I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling i de senere år (Figur 18). Vassdraget har refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuret sensitive bunndyr og har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsuringsindeksen i Vikedalsvassdraget fra 1990.

### Vestlandet - Nord (region VII)

Gaularvassdraget har fortsatt forsuret skader i Eldalen, men de har avtatt i de senere år. I 2004 var det tendens til noe sterkere forsuret skader om våren, sammenlignet med de to foregående årene. Høststusjonen i 2004 var den beste som er registrert (Figur 18). Hovedelva nedstrøms Vikdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsfunn, med gode innslag av forsuret sensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.



Figur 18. Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

Figure 18. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is explained in the main report.

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

I region I ble Atnsjøen og Stortjørna undersøkt i 2004. I Atnsjøen ble det registrert 2 arter av snegl og 5 døgnfluer hvorav tre er sterkt følsomme for surt vann. Det ble samlet påvist åtte taksa av steinfluer hvorav tre er kjent å være følsomme. Det ble videre påvist 11 taksa av vårfluer. Av disse er fire kjent å være sensitive for surt vann, en bedring sammenlignet med 2003. Resultatene 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 forsøringsbelastning. Stortjørna viser en svak bedring sammenlignet med 2003, men karakteriseres moderat forsuret og ustabil.

### **Østlandet – Sør (region II)**

I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, og Bredtjern undersøkt. Resultatene viser ingen nevneverdige endring i status sammenlignet med foregående år. Bunndyrfaunaen i Ø. Jerpetjern ble vurdert som henholdsvis tydelig (våren) og sterkt forsuringsskadet (høsten). Faunasammensetningen var i prinsippet uendret fra foregående år. I Langtjern ble det påvist to følsomme taksa. Sjøen vurderes å være markert forsuringsskadet. Bredtjern er sterkt skadet, en tilstand som ikke har endret seg. Samlet sett har ikke statusen for regionen endret seg, men det er observert forhold som peker i positiv retning.

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

I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Heddersvatn ble det funnet 2 moderat følsomme taksa, det samme som året før. Tidligere ble det registrert flere følsomme taksa i innsjøen. Utviklingen de siste årene har hatt en negativ utvikling, men forsuringssstatusen er ikke endret. I Rondvatn ble det registrert 6 sensitive bunndyrtaksa, noe færre enn de tre foregående årene. Det ble registrert meget følsomme døgnfluer og flere følsomme steinfluearter. Forsuringssstatusen av innsjøen er derfor ikke endret sammenlignet med tidligere. Innløpsbekken til innsjøen har flest følsomme taksa og det høyeste individantallet av disse. Innsjøen er svært ionefattig, noe som er hevdet å kunne ekskludere følsomme arter, som for eksempel døgnfluen *Baetis rhodani*. Våre registreringer viser at arten ikke er begrenset av den tynne vannkvaliteten.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

I region IV ble Bjorvatn, Lille Hovvatn og Sognevatn undersøkt. I førstnevnte lokalitet er det tidligere bare påvist taksa som er tolerante for surt vatn med unntak av 2002 hvor det ble registrert småmuslinger. I 2004 ble muslingene ikke gjenfunnet og innsjøen karakteriseres som sterkt forsuringsskadet. Lille Hovvatn har vist en tilsvarende utvikling og faunaen indikerer sterk forsuringsskade. I Sognevatn ble det funnet 7 følsomme taksa om høsten med *B. rhodani* og to arter av *Hydropsyche* som de viktigste. Registreringene av disse artene ble bare gjort i utløpet. Innløpet viser en sterk forverring sammenlignet med 2003. Det ble ikke registrert sensitive bunndyr i littoralsonen. Registreringene indikerer at vatnet er forsuringsskadet.

### **Sørlandet - Vest (region V)**

I region V ble de årlige innsjøene undersøkt i 2003. I Saudlandsvatn ble det påvist 8 følsomme taksa. Registreringen av de sterkt sensitive døgnfluene *Baetis rhodani* og *Cloeon* sp. er meget positiv og viser at lokaliteten er i bedring, en tendens som også er registrert ved elveovervåkingen på samme sted. I Ljosvatn ble det ikke registrert følsomme bunndyr i 2004. Lokaliteten vurderes fortsatt som sterkt forsuringsskadet. I Lomstjørni ble det funnet 6 følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Lokaliteten fremstår nå som lite forsuringsskadet og både innløp og utløp inneholder de mest følsomme organismene. Resultatene fra region V indikerer en økning i biologisk mangfold i regionen. Forsuringen er fortsatt markert i lokaliteter med lav bufferevne, men faunaen i andre lokaliteter tyder på bedring av forholdene.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

I Røyrvatn ble det registrert 7 taksa sensitive bunndyr i 2004. Dette er en markert forbedring sammenlignet med de foregående årene. Utløpselva hadde flere moderat følsomme arter som *Diura nanseni*, *Hydropsyche siltalai* og *Lepidostoma hirtum*. I littoralsonen ble det registrert to arter flimmermark, iglen *Helobdella stagnalis* og døgnfluen *Siphonurus* sp. Den negative utviklingen gjennom de foregående tiår er således snudd. Dette har vært forventet og

Røyrvatn føyer seg nå inn i den generelle positive utviklingen for regionene, se elveundersøkelsene. I Flotavatnet ble det ikke registrert sensitive arter. Det er tidligere gjort sporadiske funn av sensitive arter i utløpselva fra dette vatnet, og vi venter at bestandene av disse skal stabilisere seg. Det ble ikke registrert sensitive bunndyr i innløpselva og strandsonen i Risvatnet. Ett eksemplar av den moderat følsomme steinfluen *Diura nanseni* ble funnet i utløpselva. I Sørlivatnet ble det til sammen påvist tre sensitive arter. Funn av *Baetis rhodani* i både inn- og utløp viser en bedring sammenlignet med tidligere år.

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

I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølsvatn og Svarttjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn viste sterk forsurengsskaded fauna frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2004 ble det registrert to følsomme steinfluer, *D. nanseni* og *Isoperla sp.* I Svarttjern ble det i 2003 for første gang registrert sensitive bunndyr, døgnfluen *Siphonurus sp.* Denne ble ikke funnet i 2004, men derimot ble det registrert en annen moderat sensitiv art, vårfluen *Apatania sp.* Dette tyder på at vatnet er i positiv utvikling. Nystølsvatn hadde en periode med sterk skade i årene 2000 og 2001. Etter dette viser vatnet tegn til forbedring, med årlige registreringer av moderat sensitive bunndyr. Ved undersøkelsene i 2004 ble det registrert fire moderat følsomme taksa, det samme som i 2003. Nystølsvatn ligger i et område som gir ionefattig vannkvalitet og er følgelig svært følsom for forsureng.

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

I region VIII ble bare Svartdalsvatn undersøkt i 2003. Innsjøen er artsfattig. I 2004 ble det registrert fire følsomme taksa, det samme som året før. Funn av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* viser indikerer en tilfredstillende situasjon med hensyn på forsureng. En mer omfattende undersøkelse av innsjøene i regionen i 2001 viste at de fleste var lite skadet.

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

I region IX er Kapervatn undersøkt siden 2000. Antall taksa og individ er lavt i innsjøen. Det ble registrert en moderat forsurengsfølsom vårflue, *Apatania sp.*, i lokaliteten. Dette indikerer moderat forsureng av lokaliteten, som forøvrig fremstår som meget næringsfattig.

#### **Øst-Finnmark (region X)**

Det ble ikke samlet inn bunndyrprøver fra Dalvatnet i 2004.

#### **Trender**

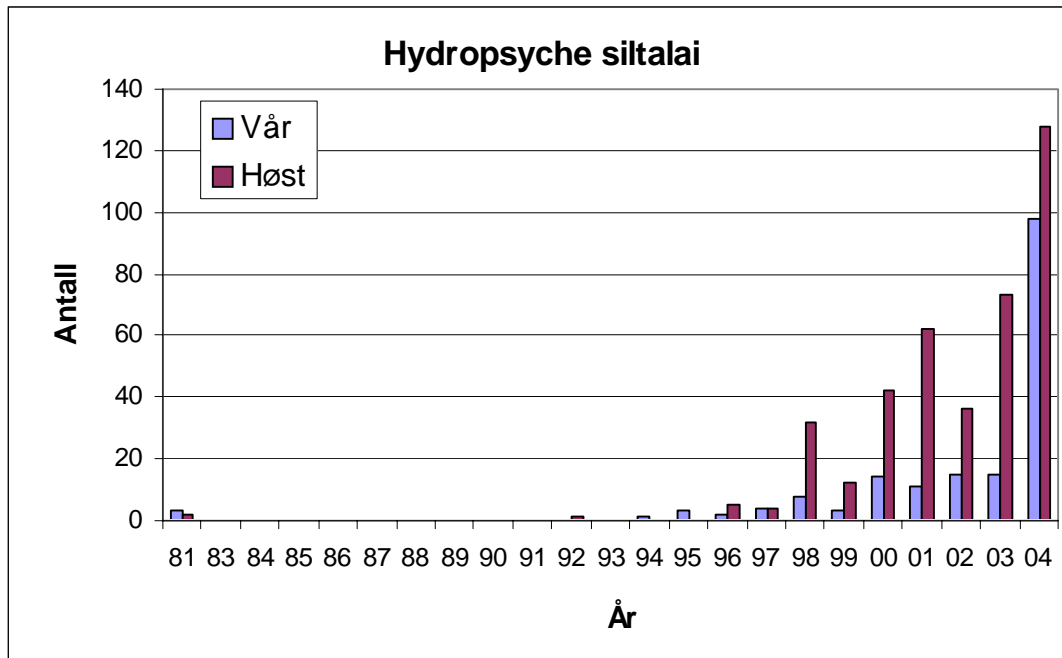
En del av innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn har vært undersøkt over 15 år (referanse til det kalkede Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert småmuslinger og døgnfluen *Siphonurus sp.* Begge taksaene har blitt tallrik i Store Hovvatn etter kalking, mens de ikke er gjenfunnet de siste årene i Lille Hovvatn. Dette indikerer at en positiv utvikling har stanset opp.

Saudlandsvatn som ligger i region V har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært sterkt positiv fra 1990. Både antall taksa og individer har økt etter 2000. I 2004 ble det registrert åtte følsomme taksa i Saudlandsvatn. Dette viser at det biologiske mangfold i lokaliteten er økende. Vårfluen *Hydropsyke siltalai* er et eksempel på en følsom art som forsvant tidlig på åttitallet og kom

tilbake i siste halvdel av nittitallet i bekkelokaliteter nær Saudlandsvatn (Figur 19). Forbedringen er sammenfallende med den generelle bedringen i vannkvalitet for området.

I region VI har utløpselva fra Røyrvatn og Flotavatn inngått i overvåkingen siden 1982. Røyrvatn har indikert markert til sterk forurensning i mesteparten av perioden uten noen klar trend. Situasjonen i de to siste årene viser en endring i positiv retning, med en redusert forurensningsskade og økning i biologisk mangfold. Også elva fra Flotvatn viser tegn til bedring. Denne lokaliteten var tidligere kronisk sur, men kan nå karakteriseres moderat skadet.

I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølsvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forurensningsskadet i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat forurensningsfølsomme taksa. Prøvene fra de siste årene indikerer ustabil vannkjemi, men at det er en positiv tendens i utviklingen av følsom fauna og biologisk mangfold. Nystølsvatn, som viste en negativ utvikling i 2000 og 2001, har bedret seg i de siste årene.



Figur 19. Forekomst av *H. siltalai* i bunnprøver fra Saudland (Farsund) i perioden 1981-2004.

Figure 19. Numbers of *H. siltalai* in benthic samples from the Saudland area (Farsund) in the period 1981-2004.

### 5.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2004 registrert 63 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 40 arter vannlopper (Cladocera) og 23 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 5,4.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte mellom 9 og 47. 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 forurensningsskadede lokalitetene vil det være få forsuringfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsuring, 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) vil dermed ofte kunne endres med endringer i forsuringssituasjonen.

Fordi forekomsten av mange av de forsuringssensitive artene også er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) finnes det også uforurete innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsuringfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forurete lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsuringsskadede krepsdyrsamfunnet er.

#### **Østlandet – Nord (region I)**

Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen er region I angitt som markert foruretet (klasse 3). Skadeomfanget varierer betydelig og innsjøene i regionen er klassifisert som ubetydelig/moderat foruretet til sterkt foruretet. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forsuringsskader mens Stortjørna (Engerdal) er moderat foruretet og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Resultatene gir ingen indikasjoner om endringer i forsuringstatus.

#### **Østlandet – Sør (region II)**

Region II ble undersøkt i 1998 og på nytt i 2002. Antall arter var hhv. 50 (12 lok.) og 60 (11 lok.). Totalt er det registrert 66 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2004. Basert på en samlet vurdering av krepsdyrfaunaen er region II klassifisert som markert til sterkt foruretet (klasse 3-4). Status for enkeltlokaliteter varierer fra moderat til meget sterkt foruretet. Antall arter og andel forsuringfølsomme arter var høyere i 2002 sammenlignet med 1998 for de fleste av lokalitetene. Vannloppen *Alona karelica*, som tidligere ikke er funnet i overvåkingssjøene og som anses som moderat forsuringfølsom, ble registrert i tre av innsjøene i 2002. Samtidig utgjorde den forsuringstolerante vannloppen *Alona rustica* en større andel for mange av innsjøene. Det blir derfor antatt at forskjellene mellom 1998 og 2002 skyldes andre forhold enn forsuring. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer i 2002 kan ha vært en medvirkende faktor. For fire av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra fem til ni år i løpet av perioden 1996-2004. I Bredtjenn (Aremark), en av de mest forsuringsskadede innsjøene i denne regionen, er andelen av den svært forsuringstolerante vannloppen *Bosmina longispina* gått noe tilbake siden 2001 mens hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis* viser en tilsvarende økning. Denne endringen i dominansforholdet mellom to vanlig forekommende arter kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. I 2002 ble det, for første gang, registrert *Cyclops scutifer* i Bredtjenn; arten er siden ikke funnet i innsjøen. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den

forsuringsfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere i 2003, og på samme nivå som i 1977, sammenlignet med øvrige år i perioden 1998-2004. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har økt i løpet av overvåkingsperioden. I Langvatn (Oslo) har antall forsuringsfølsomme arter økt men mengden av disse er fremdeles svært lav. Til sammen indikerer disse resultatene at en gradvis bedring av vannkvaliteten nå følges av en svak men positiv utvikling i krepsdyrfaunaen. For Øvre Jerpetjern (Notodden) er det ingen generelle endringer i krepsdyrfaunaen i undersøkelsesperioden.

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

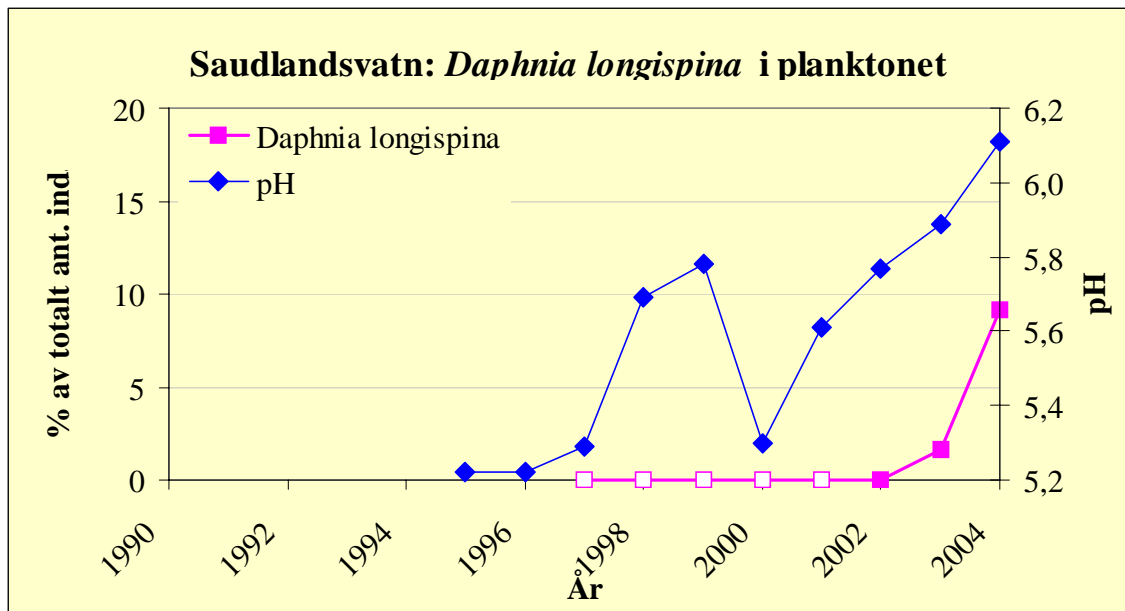
Region III ble undersøkt i 2000 og det ble her registrert 33 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 høyfjellslokalteter. Samlet er region III vurdert som moderat til markert forsuret (klasse 2-3) basert på krepsdyrsamfunnene. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som ubetydelig/moderat til markert/sterkt forsuret. Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2004. I Heddersvatn (Hjartdal), som i tillegg ble undersøkt i 1978, ble *Cyclops scutifer* registrert for første gang i 1999 og er funnet i alle de påfølgende årene. Det ser ut til at arten gradvis har erstattet den mer forsuretolerante *Acanthocyclops vernalis* og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Rondvatn synes å være naturlig artsfattig pga. dårlig utviklet litoralsone samt lave ionekonsentrasjoner. Kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er registrert. Fire av lokalitetene i Kvennavassdraget (Hardangervidda) ble undersøkt i 1978 og 1995 i tillegg til 2000. Innsjøene vurderes ikke som forsuret og forskjeller i krepsdyrfaunaen mellom 1978 og 1995/2000 skyldes høyst sannsynlig variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel klima.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

Region IV ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 55 (10 lok.) og 53 (9 lok.). Totalt er det registrert 61 krepsdyrarter i region IV i perioden 1996-2004. Samlet er region IV vurdert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som moderat til meget sterkt forsuret. Fra syv av lokalitetene fins det krepsdyrdata fra flere år siden overvåkingen startet i 1996. Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn og Lille Hovvatn (begge Birkenes) viser ingen indikasjoner på endringer i forsureningsstatus. Førstnevnte innsjø er moderat forsuret mens sistnevnte hører til de mest forsurete av overvåkingssjøene våre. Sognevatn (Songdalen/Vennesla) ble i tillegg undersøkt i 1989. Andelen forsursfølsomme krepsdyrarter er mer enn fordoblet i 1997-2004 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet men datagrunnlaget fra 1989 er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet har økt i de senere årene, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. To av de øvrige innsjøene er også undersøkt tidligere, hhv. i 1978 og 1987. Disse viser en svak positiv endring i krepsdyrfaunaen i 1999 og 2003 sammenlignet med tidligere undersøkelser. For de øvrige innsjøene er det ingen generell endring.

### Sørlandet - Vest (region V)

Region V ble undersøkt i 1997 og på nytt i 2001. Totalt er det registrert 55 arter (14 lok.) i region V basert på overvåkingen i perioden 1996-2004. Region V er samlet vurdert som sterkt forsuret (klasse 4) basert på krepsdyrfaunaen. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som moderat/markert til meget sterkt forsuret. Fra åtte av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra både 1997 og 2001 og alle innsjøene som er undersøkt begge år, med unntak av Ljosvatn (Sokndal), viser en økning i totalt antall arter. Økningen gjelder i like stor grad forsureningstolerante som forsureningsfølsomme arter men kan være et første tegn på bedring i forsureningssituasjonen i denne regionen. 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 og andelen av *D. longispina* har siden økt (Figur 20). Også andelen forsureningsfølsomme arter har økt de siste årene. Disse resultatene er med på å bekrefte inntrykket av en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i innsjøen. For de to andre sjøene som undersøkes årlig gir resultatene så langt ingen indikasjoner på reduserte forsureningsskader.



Figur 20. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Saudlandsvatn (Reg. V, Sørlandet - Vest) i 1997-2004. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 20. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longispina* recorded in Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2004. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken in the Autumn or mean value based on samples taken in spring and summer (2004).

### Vestlandet - Sør (region VI)

Region VI ble undersøkt i 2000 og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004. Det ble registrert hhv. 32 (7 lok.) og 29 arter av krepsdyr (4 lok.). Totalt er det registrert 42 krepsdyrarter i region VI basert på overvåkingen i perioden 1996-2004. Innsjøene er klassifisert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen og dette gjelder også for regionen samlet. Kun en av lokalitetene i region VI (Røyrvatn i Vindafjord)



blir undersøkt årlig. I forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 ble det registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva og dette tyder på at arten fins i lave tettheter i planktonet og evt. er i ferd med å reetablere seg i innsjøen. Krepssdyrundersøkelsene gir imidlertid ingen indikasjoner på endringer i forsuringssituasjonen i Røyrvatn. Tvert i mot indikerer krepssdyrfauaen at situasjonen i 2004 var dårlig overvåkingsperioden sett under ett. For de øvrige innsjøene som ble undersøkt både i 2000 og i 2004 indikerer resultatene en noe mer positiv situasjon i 2004 for Risvatn og Flotavatn (begge Vindafjord) mens datagrunnlaget ikke er egnet for å vurdere Inste Sørlivatn (Stord). Alle tre lokalitetene er sterkt forsuret med lave andeler av forsuringfølsomme krepssdyr. Litlevikvatn (Hjelmeland) ble undersøkt i 1992, 1997 og 2000. Materialet gir ingen indikasjon på endringer i forsuringssstatus i denne perioden.

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

Region VII ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 35 (12 lok.) og 31 (7 lok.). Totalt er det registrert 45 krepssdyrarter i region VII basert på overvåkingen i perioden 1996-2004. Samlet er region VII vurdert som markert-sterkt forsuret (klasse 3-4).

Krepssdyrfauaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt/meget sterkt forsuret. Innsjøene i region VII er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,1 - 1,0 mg Ca/L). Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepssdyrdata; Markusdalsvatn 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. krepssdyrfauaen. Resultatene indikerer ingen generell trend når det gjelder forsuringsskader i region VII.

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

Region VIII ble undersøkt i 2001 og det fins krepssdyrdata fra 10 innsjøer. Totalt ble det registrert 42 arter. Innsjøene i region VIII er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca/L) og regionen er vurdert å være lite påvirket av sur nedbør. Andel forsuringfølsomme arter var generelt høyt og lå i snitt på 30 % for regionen. Lavest andel forsuringfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer. Region VIII er samlet vurdert som ubetydelig til moderat forsuret (klasse 1-2) basert på krepssdyrfauaen. Klassifisering av den enkelte innsjø varierer fra ubetydelig til sterkt forsuret. Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). Årlige undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser kun mindre år til år variasjoner i krepssdyrfauaen. Songsjøen har vært relativt grundig undersøkt i perioden 1991-97 og det er her funnet 22 arter i tillegg til de registreringene som ble gjort i 2001. I de fleste innsjøer vil mange arter opptre i så lave tettheter at de ikke fanges opp ved vanlig overvåkingsmetodikk. Noen arter blir dessuten kun registrert i enkelte år uten at de klarer å etablere en fast bestand i innsjøen. År til år variasjoner i artsantall og -sammensetning forventes derfor å være større for en uforsuret referansesjø enn for en forsuret innsjø.

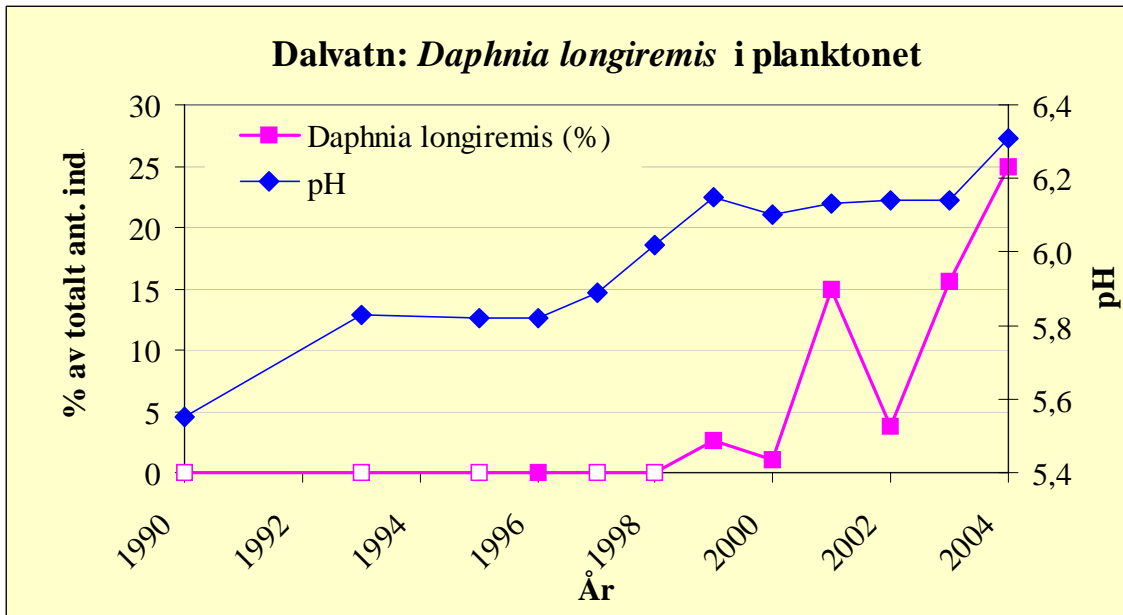
### **Nord-Norge (region IX)**

Region IX ble undersøkt i 1999. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepssdyr (6 lok.). Region IX er samlet vurdert som moderat forsuringsskadet (klasse 2) basert på krepssdyrfauaen. Situasjonen i de undersøkte innsjøene varierte fra ubetydelig/moderat til markert forsuringsskadet. Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten (se over). En lokalitet (Nedre Kaperdalsvatn i Tranøy) er undersøkt årlig siden 1999. Krepssdyrfauaen er artsfattig med

dominans av forsuringstolerante arter. *Alona intermedia*, en moderat forsuringfølsom vannloppe, ble første gang registrert i 2003 med økende dominans i 2004. I 2004 ble den moderat forsuringfølsomme hoppekrepsen *Cyclops abyssorum* for første gang registrert og da i et relativt stort antall. For øvrig varierer artssammensetningen av krepsdyr relativt mye i Kapervatn og det er lite som tyder på en generell endring i forsuringstatus.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Region X ble undersøkt i 2000 og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004. I disse undersøkelsene ble det registrert hhv. 31 (6 lok.) og 24 arter (4 lok.). Totalt er det funnet 40 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2004. Samlet er region X vurdert som moderat - markert forsuret (klasse 2-3) basert på krepsdyrfaunaen mens de enkelte innsjøene er klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt forsuret. I Otervatn utgjorde forsuringfølsomme arter en større andel av den totale mengden krepsdyr i 2004 sammenlignet med 2000. I Første Høyfjellsvatn ble den forsuringfølsomme hoppekrepsen *Eucyclops serrulatus* for første gang registrert i 2004 og da i relativt store mengder. Datagrunnlaget er imidlertid ikke egnet til å vurdere hvorvidt det har skjedd endringer i forsuringstatus for disse innsjøene. Store Skardvatn ble i tillegg til undersøkelsene i 2000 og 2004 også undersøkt i perioden 1991-1996. Litorale krepsdyr ble imidlertid først inkludert fra 1995. I St. Skardvatn er andelen av følsomme arter samt prosentvis forekomst av dafnier i planktonet redusert i 2000 og 2004 sammenlignet med tidligere undersøkelser. Spesielt i 2004 skiller artssammensetningen av krepsdyr seg fra tidligere undersøkelser. I St. Skardvatn er det tette bestander av ørret og røye som begge ernærer seg av krepsdyr. Dette kan ha betydning for variasjoner i krepsdyrfaunaen. Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det data fra de fleste år i perioden 1991-2004. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten. Andelen av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet viser imidlertid en klar økning siden den første gang ble registrert i 1996 (Figur 21). Mengden av andre forsuringfølsomme arter varierer over år, men var spesielt høy i 2004.



Figur 21. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longiremis* i Dalvatn (Reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2004. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.

Figure 21. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longiremis* recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2004. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during Autumn.

### Trender

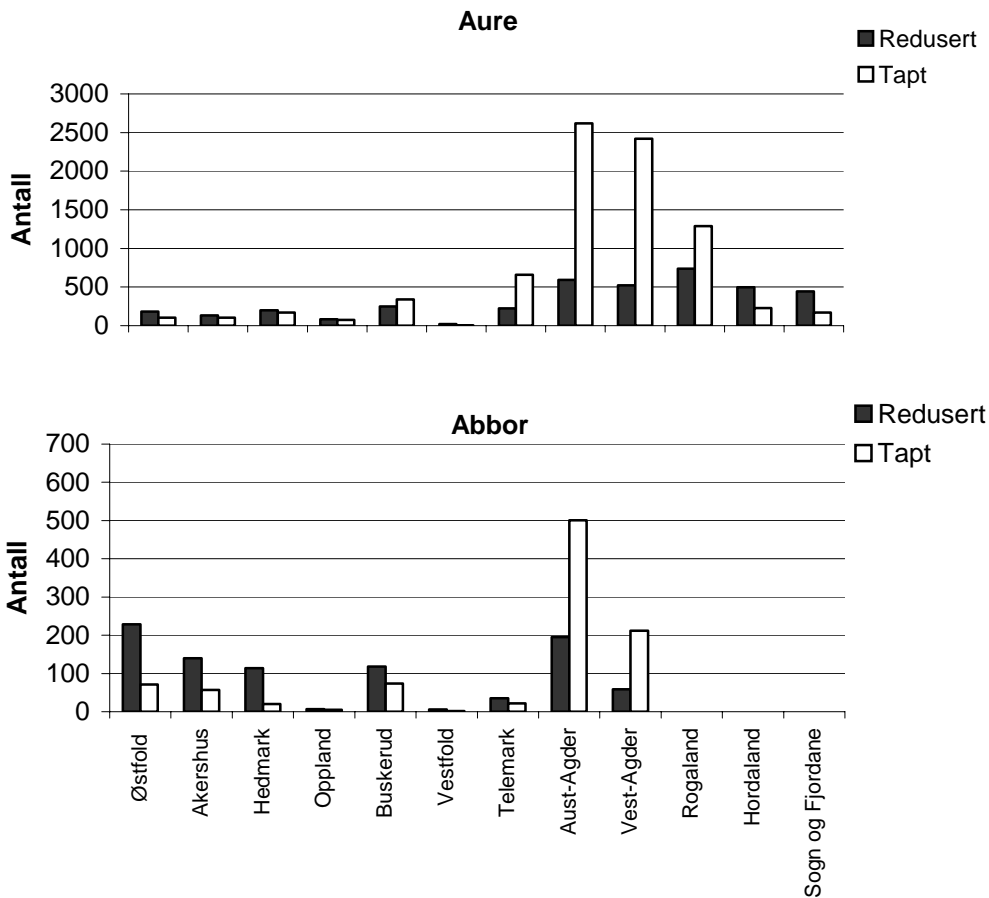
Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2004 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer); 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. For et flertall av innsjøene på Østlandet og Sørlandet indikerte krepsdyrfaunaen noe bedre forhold i 1998-1999 og i 2003-2004 sammenlignet med de øvrige årene i overvåkingsperioden. Det er imidlertid en relativt dårlig samvariasjon mellom artsantall og pH for de enkelte innsjøene. Variasjoner i artsrikdom kan skyldes variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel år til år variasjoner i klima. Tre innsjøer som undersøkes årlig er uforsurete referansesjøer. Av de fursurede innsjøer viser ca halvparten enkelte indikasjoner på endringer i positiv retning, særlig fra og med 2001. For et par innsjøer (Saudlandsvatn og Dalvatn) er disse endringene så entydige at vi her kan snakke om en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen. For øvrig er endringene foreløpig så små at de har ingen betydning for den samlede vurderingen av forurensningsstatus basert på krepsdyrfaunaen.

### 5.2.3 Effekter på fisk

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

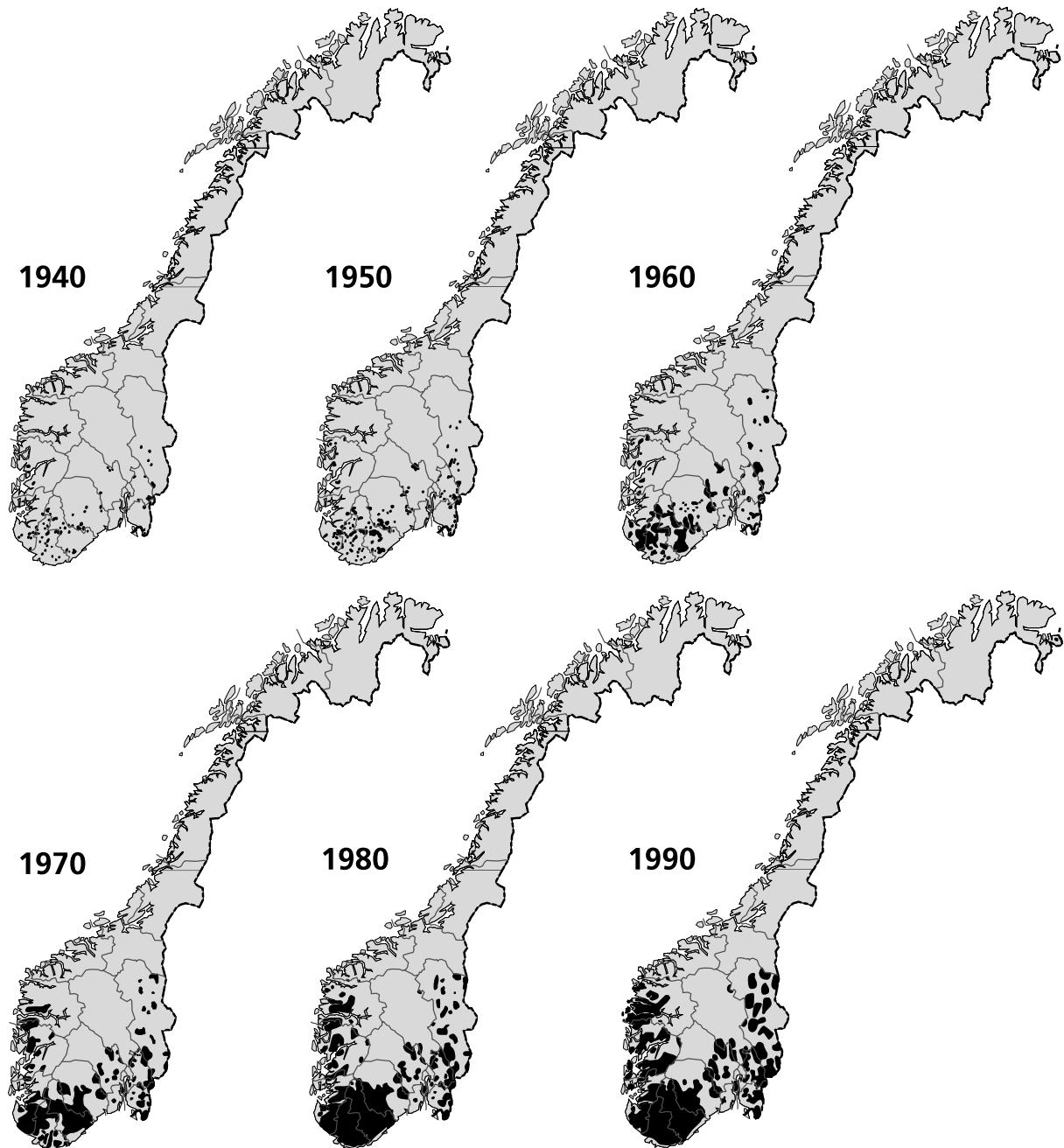
Beregninger viser at rundt 8200 innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge forurensning her i landet. Skadene har vært størst i de to Agderfylkene, med til sammen rundt 5000 tapte aurebestander (Figur 22). Også i Telemark og Rogaland har disse tapene vært omfattende, med henholdsvis nærmere 700 og 1300 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4000 bestander. I tillegg til Agderfylkene, med over 1100 reduserte bestander, har Rogaland et betydelig antall skadede aurebestander (over 700). For abbor har

skadene også vært omfattende, med 900 skadede og nærmere 1000 tapte bestander. Disse innsjøene med abbor ligger hovedsakelig i Aust-Agder (500) og Vest-Agder (210), i tillegg til rundt 70 bestander i både Østfold og Buskerud (Figur 22). Nærmere 500 bestander av røye, mort, ørekyte og gjedde har også gått tapt pga forsuring, mens antall skadede bestander for disse fire artene er over 600. Forsuringsskader på fiskebestander ble spesielt tydelige på 1960 og 70-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med tapte og skadede fiskebestander beregnet til rundt 84000 km<sup>2</sup> (Figur 23). Disse tallene bygger på data som i hovedsak ble samlet fra slutten av 1980-tallet til tidlig på 1990-tallet, basert på innsjøer > 3 ha. Reetableringer og gjenhenting av fiskebestander som skyldes bedret vannkvalitet pga kalking eller reduserte utslipp er ikke vurdert. I mange innsjøer har bestander også blitt reetablert og styrket gjennom utsetninger. Fiskeskadene pr. idag er derfor mindre enn det disse tallene viser.



Figur 22. Antall tapte og reduserte bestander av aure og abbor pga forsuring fordelt på enkelte fylker.

Figure 22. Number of lost and damaged populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



Figur 23. Utviklingen av arealer med tapte og skadede fiskebestander som skyldes forsuring fra 1940-tallet fram til 1990-tallet.

Figure 23. Development of areas with damaged fish populations in Norway from 1940 up to 1990, due to acidification.

### Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

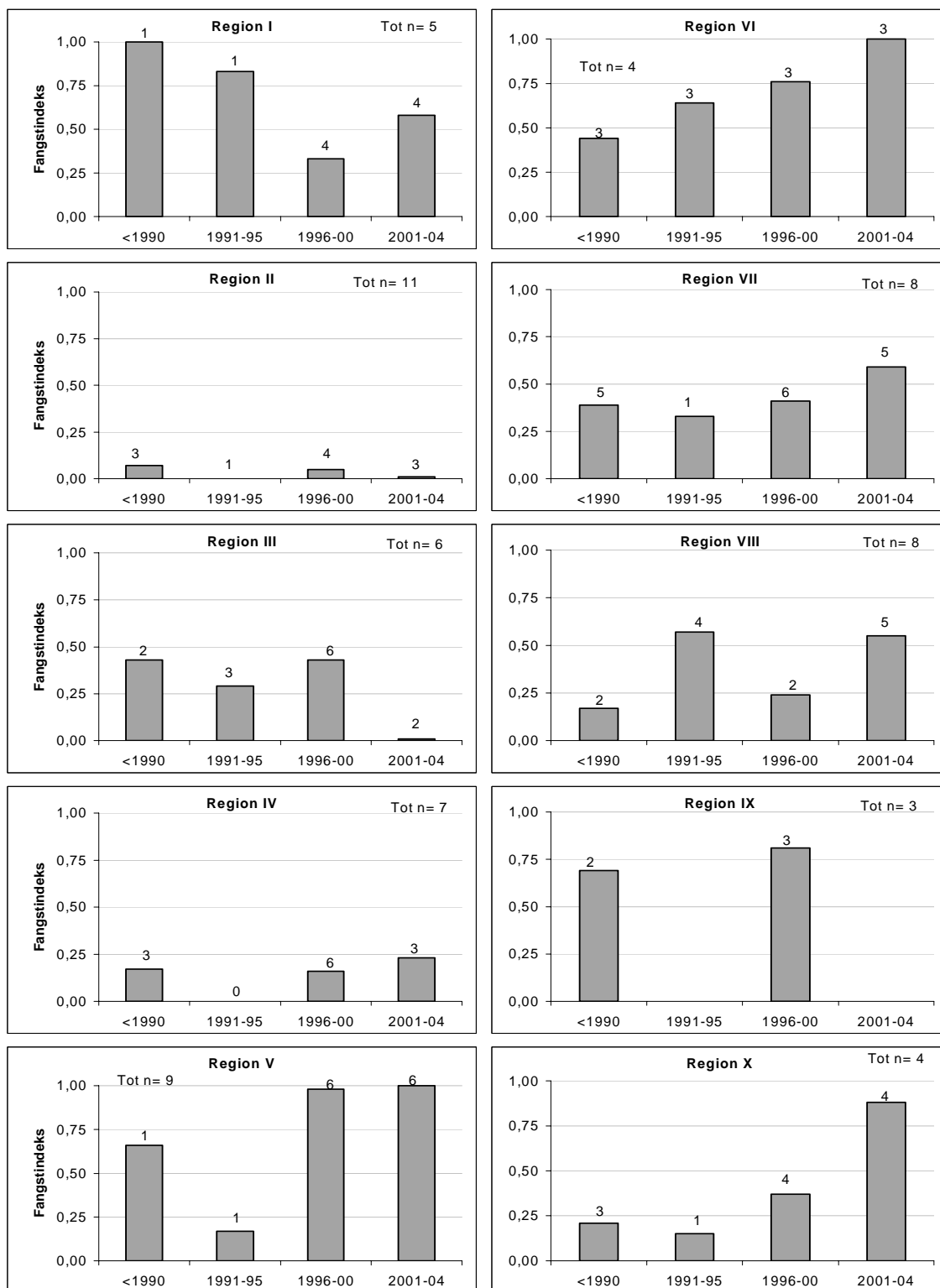
Hensikten med bestandsundersøkelser i innsjøer er å (i) dokumentere bestandseffekter forårsaket av forsuring, (ii) hvordan forsuringen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2004 ble 9 lokaliteter prøvofisket fordelt på fire regioner (Region III, VI, VIII og X), samt Atnsjøen (Lok. I-1). Atnsjøen blir prøvofisket hvert år som en del av *Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann*.

Da den biologiske overvåkingen ble satt igang tidlig på 1980-tallet, ble det prøvofisket med SNSF garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garna ble satt enkeltvis fra land, som vanligvis dekte dybdeintervallet fra 0-6 m. Tidlig på 1990-tallet ble Nordisk oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) tatt i bruk, med 12 ulike maskevidder fra 5 til 55 mm på samme garnet. Siden har det bare vært prøvofisket med slike oversiktsgarn. Disse garna settes på ulike standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i hver innsjø. For at vi kan sammenlikne fangstutbyttene på de to garnseriene, er det bare inkludert fisk som er tatt på 0-6 m dyp og på maskeviddene 10-45 mm på Nordiske oversiktsgarn. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal pr. natt, dvs ca. 12 timers fiske (Cpue). Tilstanden for ulike aurebestander i de ti regionene blir vurdert ut fra fangstutbyttet på bunngarn (0-6 m dyp).

Vi har utviklet en fangstindeks (FI) for aure for å sammenlikne fangstutbyttet i en lokalitet eller region over tid ut fra en bestemt forventning. Indeksen varierer mellom 0-1. Fangstutbyttet i en bestand uten skader er satt lik 50 percentilen fra et prøvofiskemateriale som omfatter 79 aurebestander. Denne percentilen tilsvarer et fangstutbytte på 20 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal, og får fangstindeks 1,0. En slik bestand har altså ingen forsureningsskade. FI er inndelt i fem klasser etter skadeomfang, med følgende bestandsevaluering:

| Klasse | Indeks verdi | Bestandsevaluering |
|--------|--------------|--------------------|
| 1      | <0,25        | Sterkt skadet      |
| 2      | 0,25-0,49    | Markert skadet     |
| 3      | 0,50-0,74    | Moderat skadet     |
| 4      | 0,75-0,99    | Lite skadet        |
| 5      | 1,0          | Ingen skader       |

Det er kun lokaliteter hvor det er gjennomført prøvofiske som er medregnet i indeksen, og vi har utelatt lokaliteter hvor det er oppgitt at bestander er tapt. Det er ikke tatt hensyn til mulige regionale forskjeller i naturtilstanden mht. fisketetthet da slik kunnskap foreløpig er mangelfull.

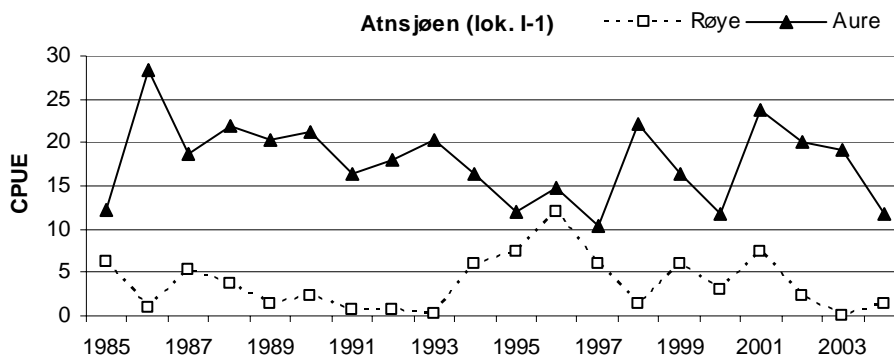


Figur 24. Gjennomsnittlig fangstindeks for aure i ulike regioner og perioder. Tallene over hver stolpe angir antall lokaliteter som er prøvufisket i perioden. Det totale antall lokaliteter i hver region er anmerket som Tot n.

Figure 24. An index (0-1.0) for the abundance of brown trout based on CPUE-values in ten different regions of Norway. The number given above each bar refers to the number of lakes investigated, while the total number of localities in each region is given as Tot n.

### Østlandet – Nord (region I)

Fangstindeksen tyder på at det har vært en positiv utvikling i region I i den siste tiden (Figur 24). Alle lokalitetene som ble prøvofisket i perioden 1996-2000 har hatt en økning i fangstutbyttet frem til siste periode. De fleste lokalitetene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyte og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. I 2004 ble det ikke prøvofisket i Region-I, med unntak av Atnsjøen. Denne innsjøen blir prøvofisket hvert år som en del av *Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann*. Innsjøen har gode bestander av både aure og røye, uten påviselige effekter av forurensning. I perioden 1985-2004 har fangstutbyttet (Cpue= antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal) for aure i bunnære områder (0-12 m dyp) variert mellom 10-28 individ, mens det for røye har variert mellom 0-12 individ (Figur 25). Fangstene av røye i dypere områder (12-35 m) er for øvrig større enn på grunnere områder, og viste en klar positiv utvikling fram til 2001. I de tre siste årene har det vært en nedgang i fangstutbyttet av røye, mens auren ligger på samme nivå som tidligere.



Figur 25. Fangst av aure og røye pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-12 m dyp) av Atnsjøen (Lok. I-1) i perioden 1985-2004.

Figure 25. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen between 1985 and 2004. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 12 metres.

### Østlandet – Sør (region II)

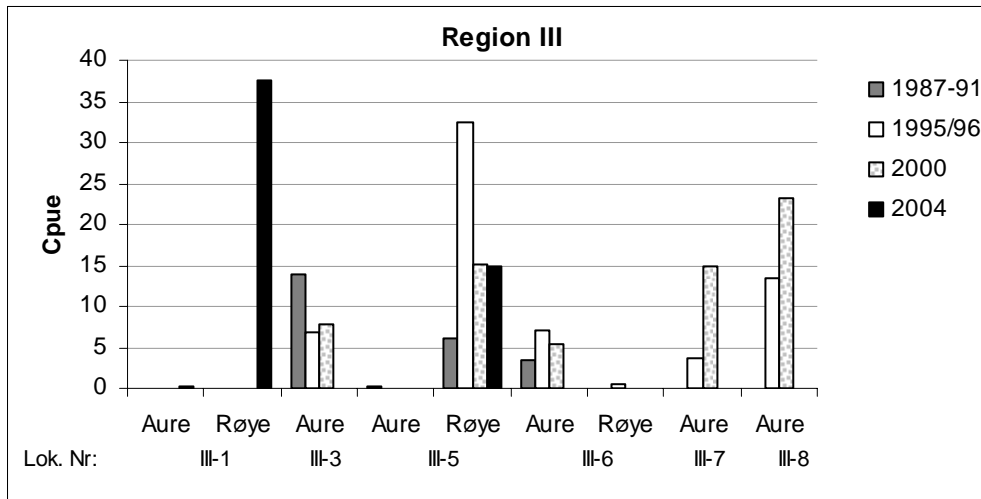
Lokalitetene i Region-II har lav fangstindeks for aure (Figur 24). Åtte av lokalitetene i denne regionen har imidlertid svært tette bestander av abbor, og en tynn bestand av røye finnes i en av innsjøene. Det ble ikke prøvofisket i denne regionen i 2004. Tidligere undersøkelser tyder på en positiv utvikling hos abbor, mens bestandene av aure og røye har avtatt (SFT 2003). Årsaken til det lave fangstutbyttet av aure og røye i noen av de undersøkte lokalitetene kan enten skyldes konkurranse fra en voksende abborbestand, eller at vannkvaliteten fortsatt er marginal. Forurensningssituasjonen i denne regionen vurderes som fortsatt alvorlig for fisk, idet flere bestander av både abbor og aure er redusert eller tapt (Figur 22).

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

I region III ble det prøvofisket i to lokaliteter i 2004. Alle de undersøkte innsjøene i denne regionen ligger over 1000 m o.h., og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette bestander av aure og/eller røye. Dette gir en lav fangstindeks for aure, spesielt i siste periode (Figur 24). De to lokalitetene som ble prøvofisket i 2004 hadde relativt tette bestander av røye (Figur 26). Fiskesamfunnet i Rondvatn (Lok. III-1) har hatt en svært positiv utvikling i de siste årene. Prøvefiske i 1996 viste at vatnet var fisketomt, men utsatt røye fra tjern i



Illmanndalen i 1998, 1999 og 2000, totalt 250 individ, har reproduisert og gitt opphav til en tett bestand. Aurebestandene i de to undersøkte lokalitetene i region III i 2004 er imidlertid fortsatt svært tynne, og det gir en svært lav fangstindeks for siste periode (Figur 24). Forurensningsbelastningen i denne regionen er forholdsvis lav, men ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy pga. lavt innhold av basekationer (SFT 2003). Bestandstettheten hos fisk forventes derfor ikke å være spesielt høy, og en kan heller ikke forvente særlige økninger i fangstutbyttet.



Figur 26. Fangst av aure i Store Krækkja (Lok. III-3), Urdevatn (Lok. III-7) og Dargesjø (Lok. III-8), og av aure og røye i Rondvatn (Lok. III-1), Heddersvatn (Lok. III-5) og Stavsvatn (Lok. III-6) i perioden 1987-2004. Fangsten er angitt som antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue).

Figure 26. Catches of brown trout in lakes Store Krækkja (Lok. III-3), Urdevatn (Lok. III-7) and Dargesjø (Lok. III-8), and of brown trout and Arctic charr in lakes Rondvatn (Lok. III-1), Heddersvatn (Lok. III-5) and Stavsvatn (Lok. III-6) per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) in different periods between 1987 and 2004.

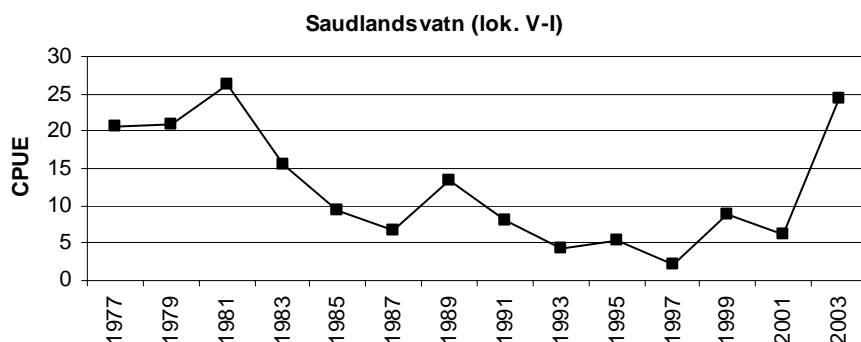
#### Sørlandet – Øst (region IV)

Det ble ikke prøvofisket i noen innsjø i region IV i 2004. Ved beregning av fangstindeks for aure kommer regionen dårlig ut (Figur 24). Alle lokalitetene har altså forholdsvis tynne aurebestander, og ingen hadde høyere fangstindeks enn 0,4. For aure i enkelte innsjøer har fangstindeksen i undersøkelsesperioden økt, mens den viser en nedgang for andre lokaliteter. Fire av innsjøene hadde imidlertid tette bestander av abbor ved siste prøvofiske, mens én bestand fremdeles er tynn. En annen abborbestand har hatt en svært positiv utvikling i perioden 1997 til 2003. Totalt sett er det derfor en positiv utvikling hos fisk også i denne regionen. Forsuringssituasjonen er fremdeles svært alvorlig da denne regionen, sammen med region V, har flest tapte aure- og abborbestander (Figur 22 og Figur 23).

#### Sørlandet – Vest (region V)

I region V har alle de undersøkte aurebestandene økt fangstindeks, og totalt sett har disse bestandene liten eller ingen skade (Figur 24). Regionale intervjuundersøkelser har vist at Sørlandet har flest tapte fiskebestander pga. forsuring her i landet, samt at det har vært en merkbar reduksjon i mange bestander (Figur 22 og Figur 23). Av de undersøkte fiskebestandene med økt fangstutbytte, karakteriseres én av aurebestandene som fortsatt tynn

(Cpue = 6 og fangstindeks = 0,3). Aurebestanden i Saudlandsvatn, som har vært undersøkt annet hvert år siden 1977, ble kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet (Figur 27). Seinere gikk fangstutbyttet ned og holdt seg på et lavt nivå fram til og med 2001. Fram til 2003 har aurebestanden i vatnet økt kraftig og fangstutbyttet er det høyeste som er registrert siden 1981. Elfishke på inn- og utløpet av Saudlandsvatn viser god rekrutteringen til bestanden i de siste årene (Figur 32).

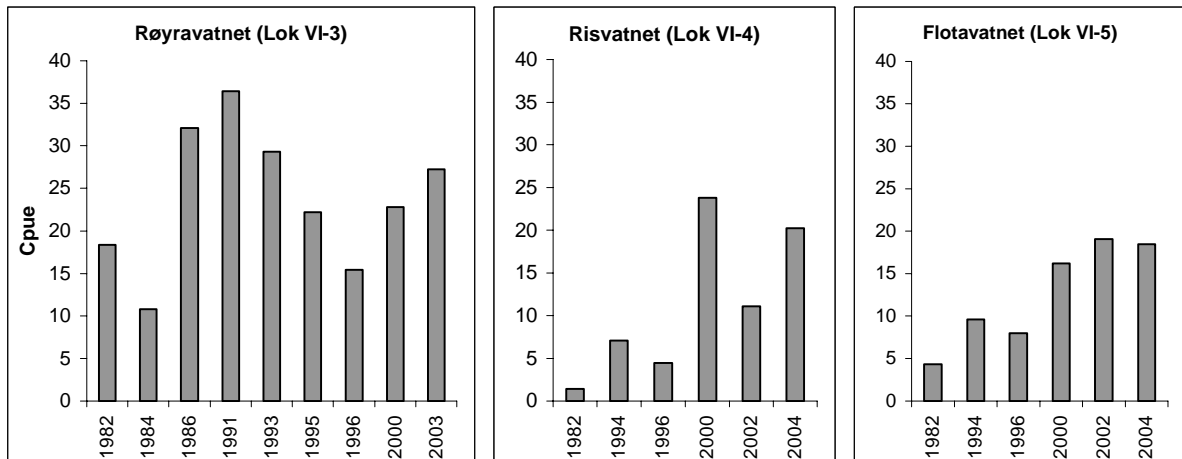


Figur 27. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i Saudlandsvatn i perioden 1977-2003.

Figure 27. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn, 1977-2003. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Vestlandet – Sør (region VI)

Alle de undersøkte aurebestandene i region VI har hatt en positiv utvikling, og fangstindeksen har gått fra markert skade før 1990 til liten eller ingen skade i siste periode (Figur 24). I 2004 ble to lokaliteter i regionen prøvofisket (Lok. VI-4 og VI-5). Fangstutbyttet av aure i Risvatnet og Flotavatnet var lavt på begynnelsen av 1980-tallet, men etter 2000 har det økt kraftig, spesielt i Risvatnet (Figur 28). I Røyrvatnet startet den positive utviklingen hos aure noe tidligere enn i de to andre lokalitetene, med en klar bestandsøkning fra 1982/84 og fram til 1986. Det skjedde imidlertid en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet, men i seinere år har den igjen økt noe.



Figur 28. Fangst av aure (0-6 m dyp) pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i Røyrvatnet (Lok. VI-3), Risvatnet (Lok. VI-4) og Flotavatnet (Lok. VI-5) i perioden 1982-2004.

Figure 28. Catches of brown trout in the epibenthic zone of lakes Røyrvatnet (Lok. VI-3), Risvatnet (Lok. VI-4) and Flotavatnet (Lok. VI-5) between 1982 and 2004. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

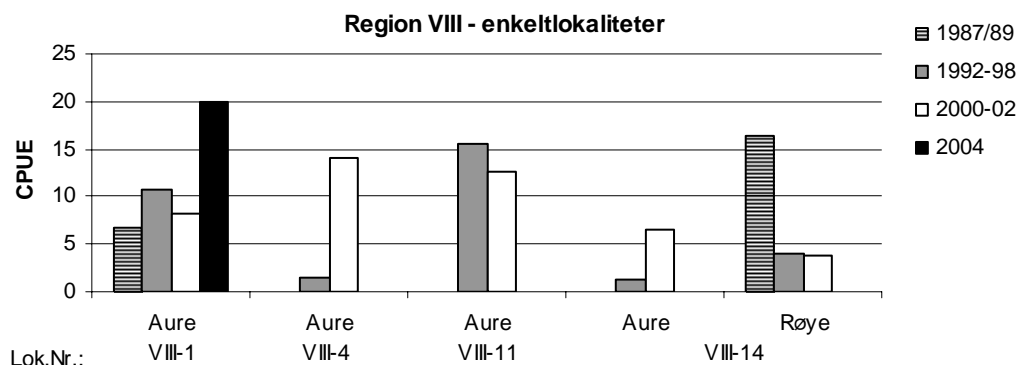
### Vestlandet – Nord (region VII)

Det ble ikke prøvefisket i region VII i 2004. Alle de undersøkte aurebestandene i denne regionen har hatt en positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden (Figur 24).

Fangstindeksen varierte mellom 0,3 og 0,9 i siste periode, mens den varierte mellom 0,1 og 0,9 i perioden 1996-2000. Det er imidlertid registrert både tapte og reduserte aurebestander i regionen (Figur 22).

### Midt – Norge (region VIII)

I 2004 ble det prøvefisket i én lokalitet i region VIII (Lok. VIII-1). Alle aurebestandene i denne regionen som har vært undersøkt mer enn én gang, har utviklet seg i positiv retning (Figur 24). Fangstindeksen viser imidlertid stor variasjon mellom lokalitetene (0,1 til 1,0). I Svartdalsvatnet (Lok. VIII-1) og Blæjevattnet (Lok. VIII-4) har fangstutbyttet av aure økt kraftig i løpet av undersøkelsesperioden (Figur 29). I Tufsinga (Lok. VIII-14) har også aurebestanden økt, men den er fremdeles tynn med en fangstindeks på 0,3.



Figur 29. Fangst av aure i Svartdalsvatn (Lok. VIII-1), Blæjevattn (Lok. VIII-4), Skardvatn (Lok. VIII-11) og av aure og røye i Tufsingen (Lok. VIII-14) i ulike perioder (1987-2004). Fangstene er uttrykt som antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp).

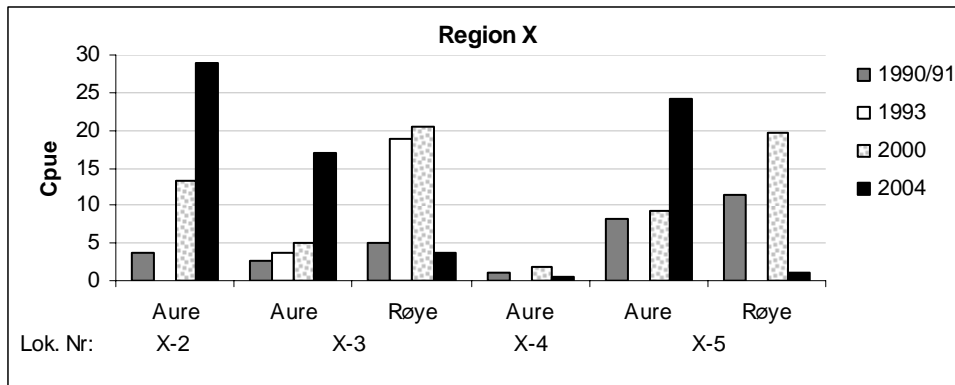
Figure 29. Catches of brown trout in lakes Svartdalsvatn (Lok. VIII-1), Blæjevattn (Lok. VIII-4), Skardvatn (Lok. VIII-11) and of brown trout and Arctic charr in Tufsingen (Lok. VIII-14) in different periods between 1987 and 2004. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Nord-Norge (Region-IX)

Det ble ikke prøvofisket i region IX i 2004. Det er ingen skader på aurebestander i denne regionen (Figur 24). Aure finnes i alle de undersøkte lokalitetene, og i de to innsjøene med data fra mer enn ett år har det ikke fangstutbyttet av aure endret seg særlig.

### Øst-Finnmark (Region-X)

I region X inngår fire lokaliteter som alle ble prøvofisket i 2004. Fangstindeksen viser en klar positiv utvikling i regionen (Figur 24). En av lokalitetene har fremdeles en tynn aurebestand, skyldes med stor sannsynlighet mangel på gytebekker (Figur 30). I de to lokalitetene med både aure og røye har fangstutbyttet av røye gått kraftig ned i de siste årene. Dette skyldes sannsynligvis en sterkere konkurranse fra en økende aurebestand, som har ført til at røya har trekt seg ned på dypere områder av innsjøene. Forurensningsbelastningen i dette området viser fortsatt store årlige variasjoner, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i de siste årene (SFT 2003).



Figur 30. Fangst av aure i Otervatn (Lok. X-2) og Fremre Høgfjellsvatn (Lok. X-4), og av aure og røye i Store Skardvatn (Lok. X-3) og Dalvatn (Lok. X-5) i ulike perioder (1990-2004). Fangstene er uttrykt som antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp).

Figure 30. Catches of brown trout in lakes Otervatn (Lok. X-2) and Fremre Høgfjellsvatn (Lok. X-4), and of brown trout and Arctic charr in Store Skardvatn (Lok. X-3) and Dalvatn (Lok. X-5) in different periods between 1990 and 2004. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at depths between 0 and 6 metres.

### Rekrutteringen hos aure i bekker

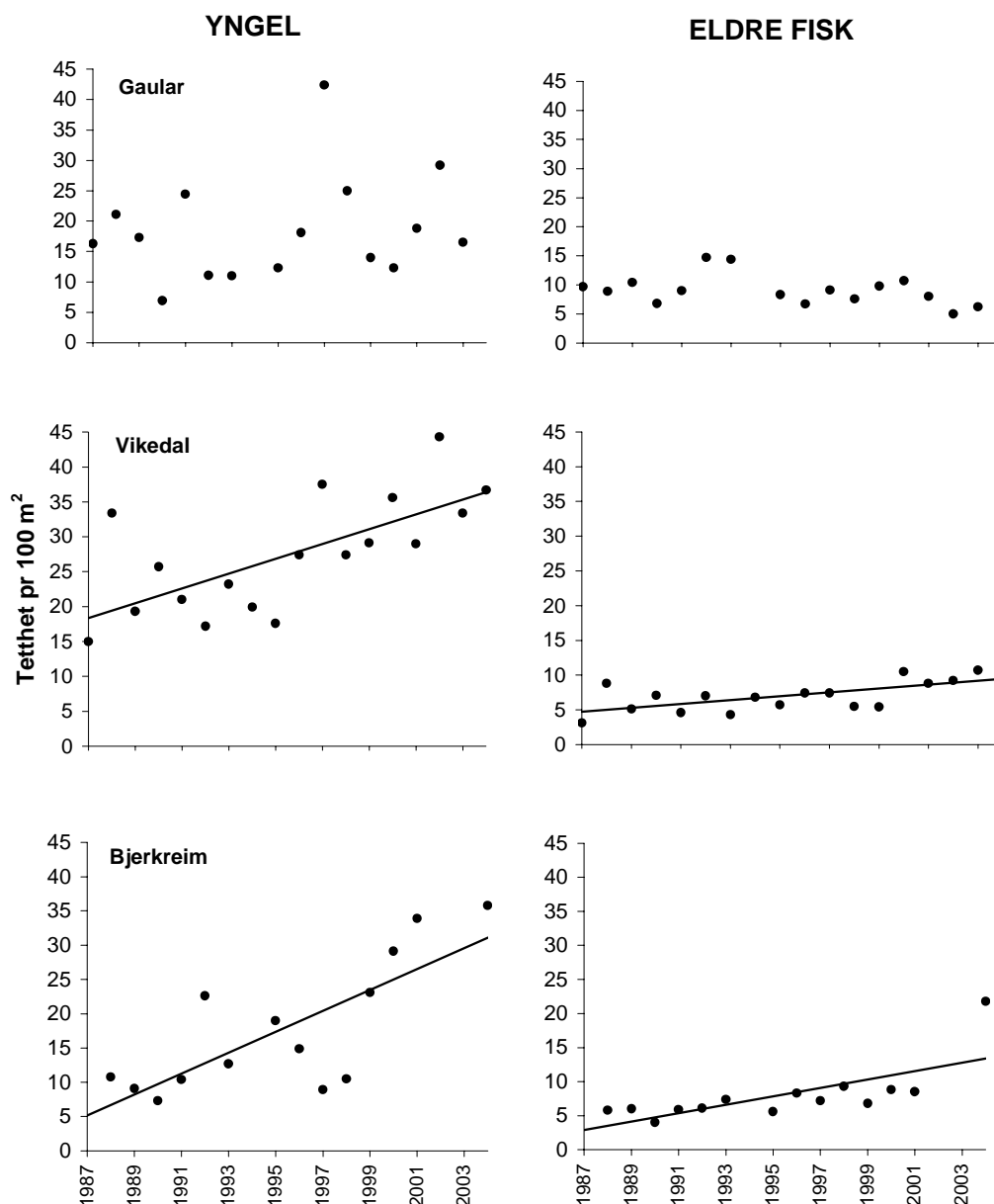
Hensikten med ungfiskregistreringer av aure i rennende vann er å påvise eventuelle endringer i rekrutteringen i områder med forsuringsfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker rekrutteringen. Disse undersøkelsene viser eventuelle endringer i rekrutteringen hos aure, og dermed vil bestandsendringer bli påvist på et tidlig stadium.

Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker, hvor yngelen oppholder seg i ei periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet har vist seg som vanligste årsak til reduksjon og tap av aurebestander i forsuringsområder. Dette resulterer i at mengden fisk i de innsjølevende bestandene avtar, samtidig som det blir en dominans av eldre og større individ. I første del av oktober 2004 ble det elfisket i 42 gytebekker til et utvalg innsjøer i Vikedalsvassdraget og Bjerkreimsvassdraget i Rogaland. Det ble ikke foretatt undersøkelser i Bjerkreimsvassdraget i 2002 og 2003. I dette programmet har også Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane inngått, men dette vassdraget måtte utelates i 2004 av økonomiske grunner. Alle tre vassdragene har en forsuringsfølsom vannkvalitet, med fiskeskader i flere innsjøer.

De samme lokalitetene har vært undersøkt siden 1987/88. Faste strekninger i hver bekk blir avfisket med elektrisk fiskeapparat i tre påfølgende omganger. All fisk som ble fanget blir lengdemålt, og etter endt fiske ble den satt tilbake i bekk. På basis av lengdefordelingen blir det skilt mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder ≥1+). Tettheten av fisk i de to aldersgruppene blir beregnet på bakgrunn av avtakende fangster fra 1. til 3. omgang, basert på samlet fangst i hvert vassdrag. Fra 1987-1992 ble hver bekk bare avfisket én gang, og for denne perioden ble fisketettheten beregnet ut fra gjennomsnittlig fangstsannsynlighet basert på tre omgangers elfiske i de seinere årene (1993-2004). Tetthetene er justert i forhold til vannføringen under elfisket, som varierer fra år til år og påvirker fangsteffektiviteten. Det ble tatt vannprøver fra hver lokalitet i forbindelse med elfisket.

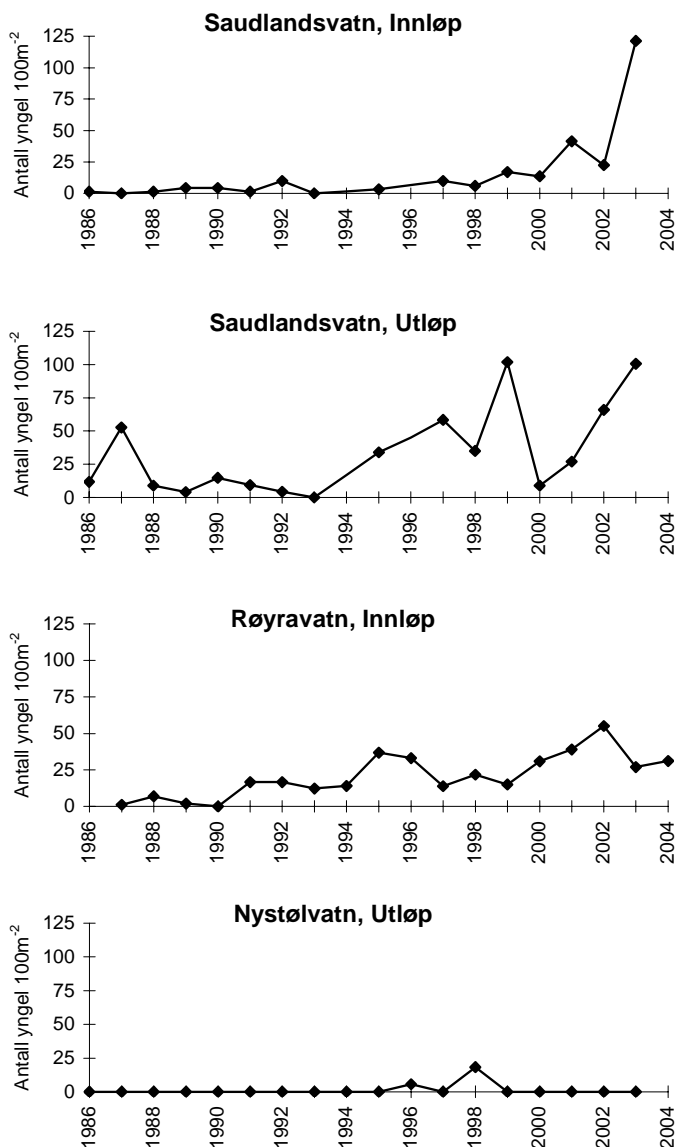
I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling i tettheten av aureyngel i de siste årene, idet tid (år) forklarer 44 % av deres variasjon (Figur 31). Vannføringen bidro med ytterligere 12 % av forklaringen mht variasjon i yngeltetthet. Vassdraget har også hatt en signifikant økning i tettheten av eldre aureunger, og tid (år) forklarer 41 % av tetthetsvariasjonen. Bjerkreimsvassdraget har også hatt en positiv utvikling i tettheten av både yngel og eldre aureunger. Den høye tettheten av eldre fisk i 2004 skyldes innslag av gytefisk. I Bjerkreim forklarte tid (år) 56 og 47 % av variasjonen i tettheten hos de to aldersgruppene. Vannføringen økte forklaringsgraden hos eldre aureunger ytterligere ( $R^2$  totalt var 0,75). Bekker i Gaularvassdraget har hatt store årlige variasjoner i tettheten av aureunger siden 1987. Det har ikke vært noen signifikant bestandsøkning verken for yngel eller eldre individ fram til 2003. På 1990-tallet var det likevel en tendens til økte tettheter av yngel.

Bestanden av aureunger på inn- og utløpet av Saudlandsvatnet ved Farsund (Vest-Agder) har vært overvåket siden 1986 (ikke elfisket i 2004). I innløpet var det en begrenset gyting fram til 2001, da det ble registrert en tetthet på 42 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2002 var tettheten betydelig lavere, men ett år seinere økte den til ca 120 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (Figur 32). Utløpet av Saudlandsvatnet har hatt betydelig høyere tettheter av yngel enn innløpet, med 34 individ pr. 100 m<sup>2</sup> allerede i 1995. Siden har yngeltettheten variert betydelig, med rundt 100 individ pr. 100 m<sup>2</sup> i både 1999 og 2003. I 2000 var derimot tettheten bare 9 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Innløpselva til Røyrvatn (Rogaland) har hatt relativt høye tettheter av aureyngel siden 1995, men med store årlige variasjoner (15-55 individ pr. 100 m<sup>2</sup>). I 2004 var yngeltettheten middels høy, med 31 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I utløpet til Nystølsvatn i Gaularvassdraget har det bare vært påvist aureyngel ett år (1998). I 2004 ble det imidlertid fanget ett individ på innløpet av vatnet. Elfiske ble ikke foretatt på utløpet av Nystølsvatnet i 2004.



Figur 31. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> i bekker i Vikedal – og Bjerkreimsvassdraget i perioden 1987-2004 (minus 2002 og 2003 for Bjerkreimsvassdraget) og for Gaular i perioden 1987-2003. Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 31. 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 Bjerkreim and Vikedal catchments from 1987 to 2004 (except for 2002 and 2003 in Bjerkreim) and in Gaular from 1987 to 2003. Lines are given in cases of a positive statistical relationship ( $P < 0.05$ ) between density and time (year).



Figur 32. Antall aureyngel pr.100 m<sup>2</sup> på innløpet og utløpet av Saudlandsvatnet (1986-2003), innløpet av Røyrvatn (1987-2004) og utløpet av Nystølsvatn (1986-2003).

Figure 32. 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 (1986-2003), inlet of Lake Røyrvatn (1987-2004) and outlet of Lake Nystølsvatn (1986-2003).



## 6. Det terrestriske miljøet

Overvåking av det terrestriske miljøet er en del av to av overvåkingsprogrammene. OPS belyser endringer i skog og skogøkosystemer og TOV belyser endringer i annen vegetasjon og fauna.

### Overvåking av skog

OPS har tre sett av permanente overvåkingsflater; Landsrepresentative flater, Skogoppsynets flater og Intensivt overvåkede flater (Figur 33). Overvåkingen startet på midten av 1980-tallet. Fra 1989 til 2000 ble kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Registreringer i dette landsrepresentative nettet ble delvis nedlagt før feltsesongen i 2001. Bjørk som stod på flater i et 18x18 km nett ble overvåket fra 1992 til og med 2001. Fra 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 kronefargen til observasjonstrær av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km). Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid (Hysten og Larsson 2005). Overvåkingen på skogoppsynets flater har pågått siden 1988, med skogoppsynet som observatører. På ca 600 flater utføres årlig kronebedømmelse på ca 35000 trær i fire typer produksjonsskog (hogstklasse 3, 4 og 5, samt i skrantende gammel skog) (Timmermann 2004). De intensivt overvåkede flatene har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann 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 markvegetasjonens dekning. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning. På alle ”intensivflatene” i OPS undersøkes jordvann i fra humussjiktet (5 cm dyp), øvre mineraljord (15 cm dyp) og nedre mineraljord (40 cm dyp) ved hjelp av lysimetre. For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå snart 20 år. I tillegg ble det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter (Andreassen et al 2005).

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkede flatene** rapporteres til det Europeiske skogskadeprogrammet ICP Forests. Data fra to av de intensivt overvåkede flatene rapporteres også til ICP IM. Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i håndboka som brukes av alle de deltagende landene i det internasjonale skogskadesamarbeidet (ICP Forests). Kronetetthet og kronefarge vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert barmasse i % 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.



*Figur 33. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Fra høyre mot venstre er det vist skogoppsynets flater, landsrepresentative flater og intensiv flater.*

*Figure 33. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).*

### **Overvåking av markvegetasjon, epifyttiske 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 34). 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. I 2004 var det ikke ordinær overvåkingsaktivitet for markvegetasjon eller epifytter i TOV. For disse og andre

komponenter som ikke behandles her, henvises til tidligere rapporter (jf DN 1997, Framstad et al. 2003).



Figur 34. Lokalteter på fastlandet som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV).

Figure 34. Sites on the Norwegian mainland where monitoring of natural terrestrial ecosystems is conducted.

*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 2004).

*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 (rapporteres ikke i år). 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.

## 6.1 Effekter på skog

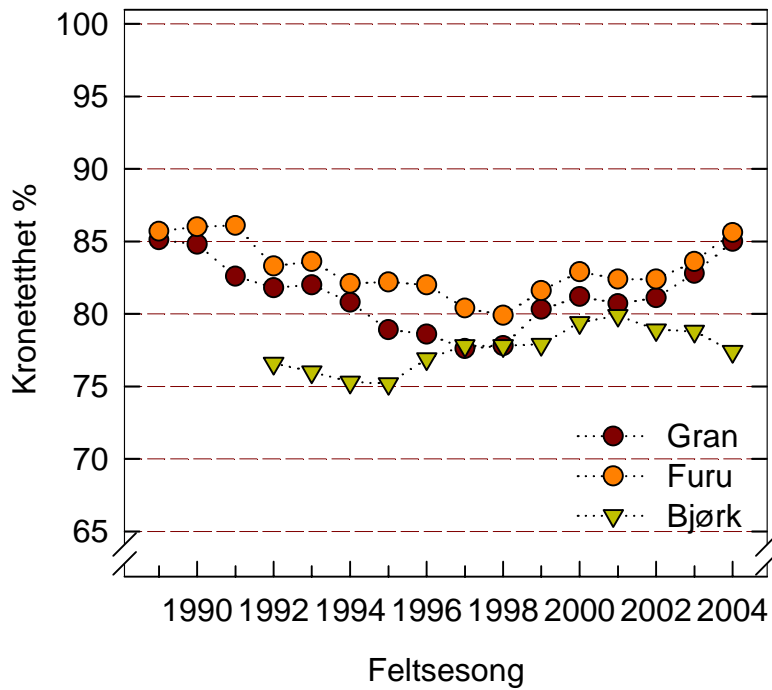
Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2004 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er lite endret fra foregående år (2003).

### Kronevurderinger på landsomfattende flatenett

I 2004 ble 6244 bartrær og 1947 bjørketrær overvåket i den landsrepresentative overvåkingen (ICP Forests Level I). Disse trærne var fordelt på 1571 flater i hele landets skogareal. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2004 var for gran 85,0%, furu 85,6% og for bjørk 77,4% (Figur 35). For gran og furu representerte dette en økning på ca 2%, mens den for bjørk er noe lavere, 1,4%-poeng. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu. Siste 5 års registrering viser en økning av kronetettheten. Bjørk har hatt en negativ utvikling de siste tre årene. Eldre trær har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Andelen trær med fulltete kroner var for gran 52,5%, furu 42,0% og for bjørk 28,4% som alle representerer en økning sammenlignet resultatene for 2003.

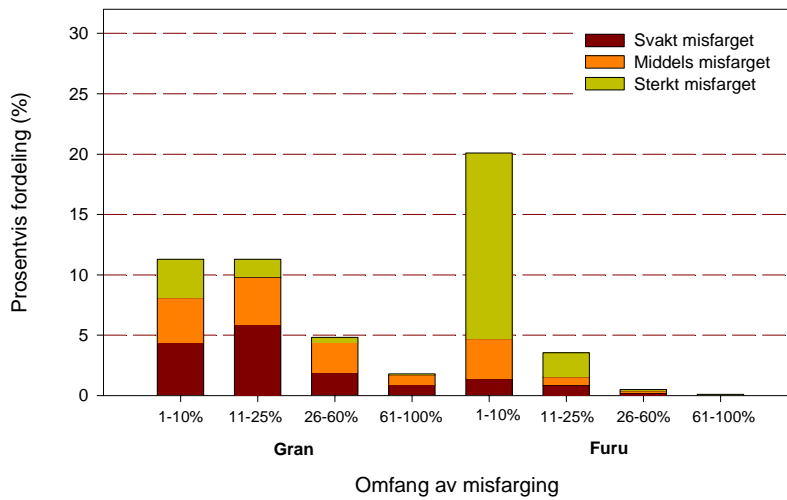
Andelen grantrær med frisk grønn kronefarge var 70,8% i 2004 som er på samme nivå som året før (Figur 36). Vi må tilbake til 1995 for å finne større andel trær med frisk grønnfarge. Men, det er flere trær som har misfarging i mer enn 10% av krona. Økningen skjer hovedsakelig for trær eldre enn 60 år. For furu er det en liten økning på 0,8%-poeng til 75,6% i klassen for frisk grønn kronefarge. Andelen trær med mer enn 10% misfarging er på samme nivå som året før, men flere unge trær er grønnere og flere gamle trær gulere. For bjørk er andelen frisk grønne trær 70,7%, som er på samme nivå sammenlignet med resultatene i 2003, men det er flere trær med misfarging i mer enn 10% av krona. På 38,3% av trærne ble det registrert lauvspisende insekter. Det er ikke registrert så store angrep på lauven siden registreringene av slike skader startet i 1997. Generelt sett ble det ikke registrert unormal skogdød i 2004. På landsbasis var dødeligheten for alle treslag 0,2% siste år. Eldre bjørk hadde en dødelighet på 0,9% som representerer en økning sammenlignet med året før.

Kroneregistreringer utført i skogoppsynets flatenett viste en nedgang i kronetettheten på Østlandet med ca 1% fra 2003 til 2004. Andre landsdeler er nokså stabile eller har hatt en svak økning i kronetetthet. Kronefarge og mortalitet viser det samme geografiske mønsteret med noe lavere andel grønne trær (1%) og høyere mortalitet (1‰) på Østlandet, mens for landet som helhet er det en svak bedring.



Figur 35. Utvikling i kronetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

Figure 35. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.



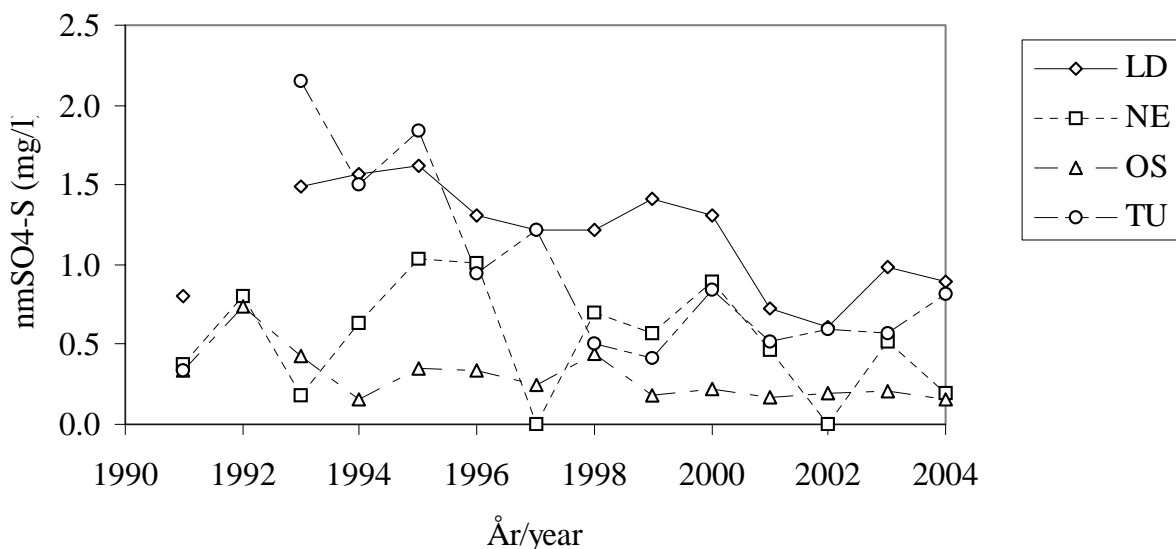
Figur 36. Kronemisfarging for gran og furu, landsrepresentative flater. Prosentfordeling på grad og omfang av misfarging.

Figure 36. Percentage of Norway spruce and Scots pine in discoloration classes for the national representative plots.

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

Generelt har trærnes kronetilstand (kronetetthet, kronefarge, og skader) vært relativt stabil de siste årene for de intensivt overvåkede flatene. Det ble fra 2003 til 2004 bare observert en svak forbedring fra året før der kronetettheten fikk en verdi på 85,2% mens andelen grønne trær ble noe redusert fra 92 til 90% (kronefarge). Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslipp 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, spesielt av sulfat (Figur 37). Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deponisjon enn feltene i nord. Sulfatnedfallet har vært avtakende særlig sør i landet, og noenlunde konstant i nord siden 1990. pH i jordvann 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, ofte nær deteksjonsgrensen. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumgiftighet er liten med konsentrasjoner i jordvannet godt under de toksiske grensene. Generelt ser det ut til at tilførselen av forsurende stoffer har stabilisert seg de siste 5 åra på de fleste av disse overvåkingsflatene.



Figur 37. Langtidstrender i ikke-marint SO<sub>4</sub>-S jordvann fra 15 cm-sjiktet på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

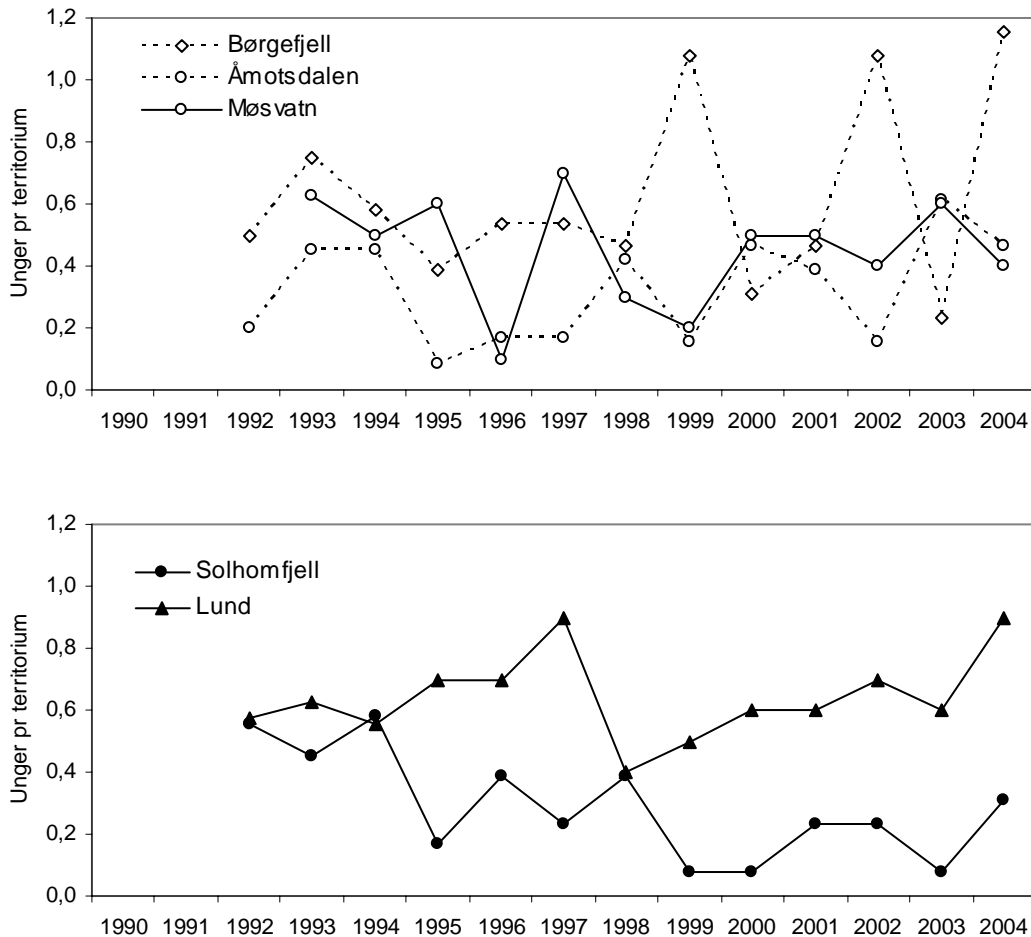
Figure 37. Long-term trends in non-marine SO<sub>4</sub>-S in soil water from 15 cm depth at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.

## 6.2 Effekter på fauna

Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) viser generelt god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge, selv om produksjonen i Solhomfjell har vært svak siden 1998. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i disse områdene enn i nord, og det er ingen tegn til forurensningseffekter på reproduksjonen hos svarthvit fluesnapper.

## Rovfugl

Reproduksjonssuksess 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 reproduksjonssuksessen til 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 1991–2004 har vist ungeproduksjon 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 38). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell har ligget lavt i flere av de siste årene, er det i lengre perspektiv ingen indikasjoner på at dette skyldes dagens forurensningsbelastninger. En 3-årsperiode med intensivert feltinnsats og undersøkelser av mulige miljøgifter i eggrester er igangsatt for å klarlegger mulige årsaker til den lave produksjonen i Solhomfjell.

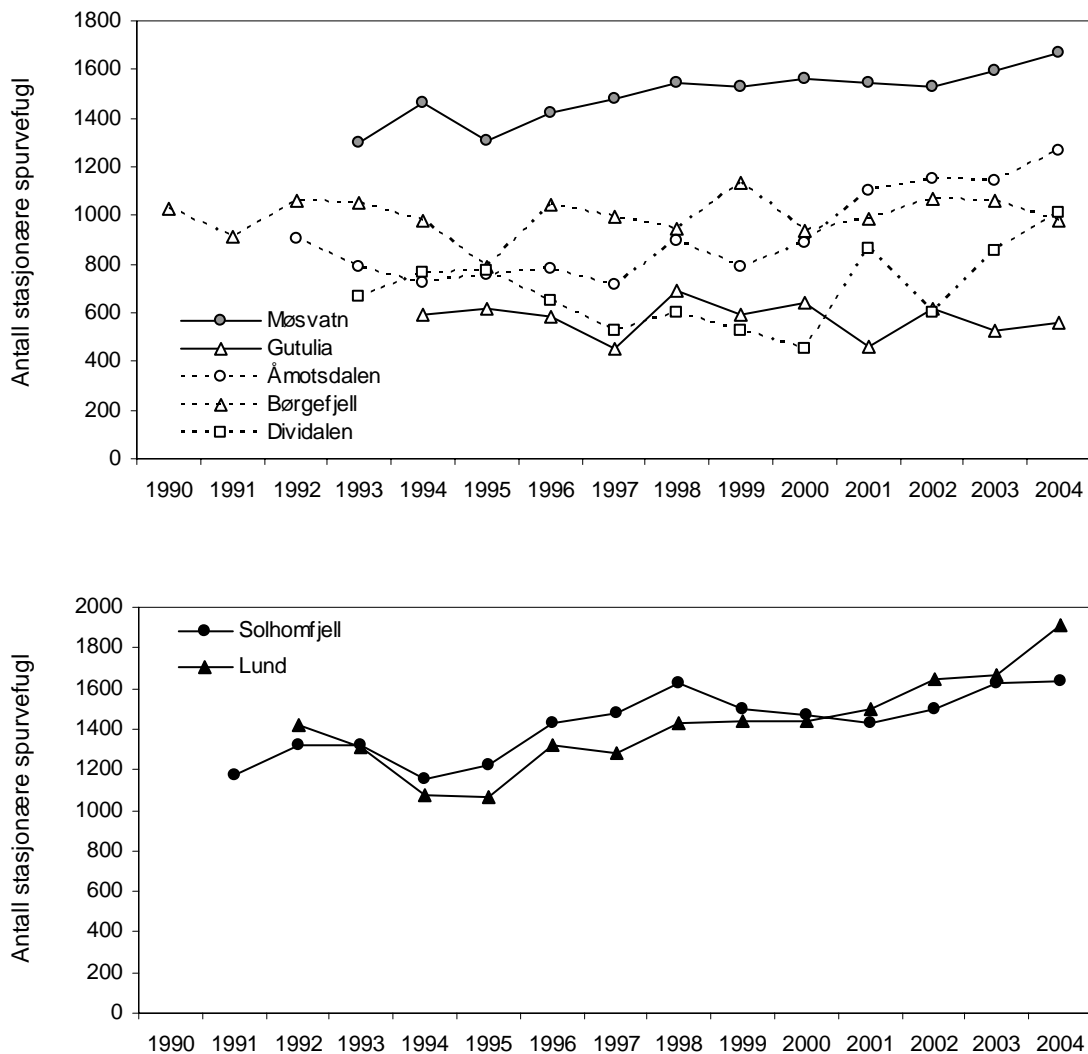


Figur 38. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1992-2004.

Figure 38. Production of young per investigated territory of golden eagles in the monitoring sites 1992-2004.

### 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 2004-sesongen finnes tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 11 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 39). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Bestandsendringene til slike mer stasjonære arter 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 1990-2004.

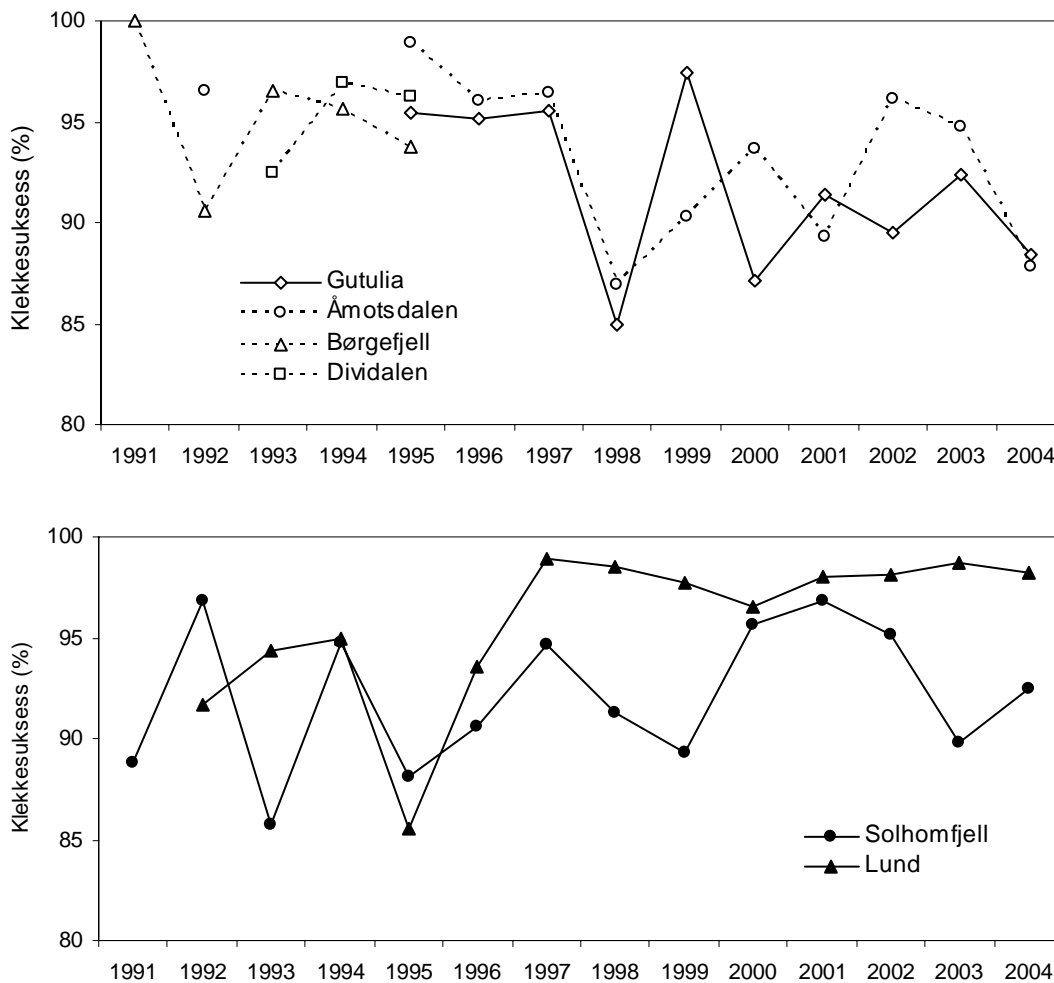


Figur 39. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2004.

Figure 39. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds in the monitoring areas 1990-2004.



For reproduksjonsovervåkingen for svarthvit fluesnapper finnes det 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 40). 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. Reduksjonen i klekkesuksess i Solhomfjell de siste to årene er ikke vesentlig annerledes enn vi ser for Gutulia. Reduksjonen i klekkesuksess i Åmotsdalen og Gutulia i 2004 tilskrives uheldige klimaforhold tidlig i hekkesesongen i disse områdene. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 92%) for alle år og områder.



Figur 40. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2004, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke er helt ødelagt.

Figure 40. Hatching success of pied flycatchers in the monitoring areas 1991-2004, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches which have not been entirely destroyed.

## 7. Referanser til rapporter

### Luft og nedbør:

EMEP 2004. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status report 1/2004.

Berg, T., Kallenborn, R., Manø, S. og Uggerud H.T. 2003. Tidstrender i atmosfæriske konsentrasjoner av tungmetaller og persistente prgansike miljøgifter. Kjeller (NILU OR 67/2003).

SFT 2004. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2004. W.Aas, S. Solberg, T. Berg, S. Manø og K.E. Yttri. SFT rapport 929/2005 NILU OR 26/2005.

### Vannkjemi og vannbiologi:

SFT 2003. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2002. SFT-rapport 886/2003, TA-1985/2003.

SFT 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2004. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport xxx/2005 Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. Ferdigstilles ca oktober 2005.

### OPS

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. og Aas, W. 2005. Intensiv skogovervåking i 2004. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Aktuelt fra skogforskningen. (in prep.)

Hylen, G. & Larsson, J. Y. 2005. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2004. NIJOS rapport 1/2005:1-66

Timmermann, V. 2004. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2004. Rapport fra skogforskningen 13/04:1-22.

### TOV

DN 1997. Natur i endring. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-1995. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 160 ss.

Framstad, E. og Kålås, J.A. 2005. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2004. NINA Rapport (under arbeid)

Framstad, E, Bakkestuen, V., Bruteig, I.E., Kålås, J.A., Nygård, T. og Økland, R.H. 2003. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking 1990-2002. NINA Temahefte 24: 1-30.

### Referer til denne rapporten som:

SFT 2005. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2004 - Sammendragsrapport. SFT-rapport 931/2005, TA-2105/2005.



Statens forurensningstilsyn (SFT)  
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: postmottak@sft.no  
Internett: www.sft.no

|   |                                      |                              |
|---|--------------------------------------|------------------------------|
| Utførende institusjoner<br>NILU, NIVA, NINA, UiB, Skogforsk,<br>NIJOS | Kontaktperson SFT<br>Tor Johannessen | ISBN-nummer<br>82-577-4732-7 |
|---|--------------------------------------|------------------------------|

|  |                |                        |
|--|----------------|------------------------|
| Statlig program for<br>forurensningsovervåking<br>SFT-rapport 931/2005 | Avdeling i SFT | TA-nummer<br>2105/2005 |
|--|----------------|------------------------|

|  |            |                |                                |
|--|------------|----------------|--------------------------------|
| Oppdragstakers prosjektansvarlig<br>Brit Lisa Skjelkvåle | År<br>2005 | Sidetall<br>73 | SFTs kontraktnummer<br>6004057 |
|--|------------|----------------|--------------------------------|

|  |   |
|--|---|
| Utgiver<br>Norsk institutt for vannforskning<br>NIVA-rapport 5031-2005 | Prosjektet er finansiert av<br>Statens forurensningstilsyn (SFT)<br>Direktoratet for naturforvaltning (DN)<br>Landbruksdepartementet (LD) |
|--|---|

|  |
|--|
| Forfatter(e)<br>Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI, Unifob, UiB), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Dan Aamlid (Skogforsk), Erik Framstad (NINA), Gro Hysten (NIJOS), Gunnar Halvorsen (NINA), Gunnar R. Raddum (LFI, Unifob, UiB), John Atle Kålås (NINA), John Y. Larsson (NIJOS), Kjell Andreassen (Skogforsk), Liv Bente Skancke (NIVA), Nicholas Clarke (Skogforsk), Randi Saksgård (NINA), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Tore Høgåsen (NIVA), Torunn Berg (NILU), Trygve Hesthagen (NINA), Wenche Aas (NILU), Øyvind Kaste (NIVA) |
|--|

|   |
|---|
| Tittel - norsk og engelsk<br>Overvåking av langtransporterte forurensninger 2004 - Sammendragsrapport<br>Monitoring long-range transboundary air pollution 2004 - Summary report. |
|---|

|  |
|--|
| Sammendrag – summary<br>Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2004 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV).<br>The report presents results for 2004 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution. |
|--|

|   |   |
|---|---|
| 4 emneord:<br>Overvåking<br>Luftforurensning<br>Akvatisk miljø<br>Terrestrisk miljø | 4 subject words:<br>Monitoring<br>Air pollution<br>Aquatic environment<br>Terrestrial environment |
|---|---|