

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2005
Sammendragsrapport

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2005 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, Torunn Berg, Stein Manø, Sverre Solberg og Karl Espen Yttri (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-Unifob, UiB)

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

Fisk: Randi Saksgård og Trygve Hesthagen (NINA)

OPS **Samlet redigering:** Kjell Andreassen (Skogforsk)

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

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

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

Markvegetasjon: Vegar Bakkestuen (NINA)

Epifytter: Inga E. Bruteig (NINA)

Fauna: John Atle Kålås (NINA)

Oslo, juni 2006

Brit Lisa Skjelkvåle
Redaktør

Innhold

1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2005 4

2. Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2005 8

3. Innledning 11
3.1 Presentasjon av programmene 11
3.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv 12

4. Luft og nedbør 14
4.1 Utslipp 14
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) 22
4.7 Partikler (PM_{10} og $PM_{2,5}$) i luft på Birkenes 24

5. Det akvatiske miljøet 25
5.1 Effekter på vannkjemi 29
5.2 Effekter på akvatisk fauna 39
5.2.1 Effekter på bunndyr 40
5.2.2 Effekter på krepsdyr 48
5.2.3 Effekter på fisk 54

6. Det terrestriske miljøet 68
6.1 Effekter på skog 71
6.2 Effekter på markvegetasjon 75
6.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon 77
6.4 Effekter på fauna 79

7. Referanser til rapporter 83

1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2005

Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsuringssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringsproblemet 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 64-77% fra 1980 til 2005. Dette har resultert i nedgang av sulfat i vann og vassdrag med 34-74% 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, men ustabil gjenhenting av bunndyr- og krepsdyrsamfunn og bedret rekruttering hos fisk. Faunaen i rennende vann viser en klar positiv utvikling mens endringene i innsjøfaunaen er små.

Det er registrert en liten nedgang i kronetetthet til gran og furu i 2005. Skogtilstanden i Norge må likevel karakteriseres som nokså stabil, og det har vært relativt små endringer de siste åtte årene. Den negative trenden for skog som vi observerte på 1990-tallet ser ut til å ha snudd. Luftforurensninger og ugunstige værforhold kan virke både sammen eller hver for seg og føre til en svekking av trærnes helsetilstand - enten direkte eller indirekte ved at ulike naturlige skadegjørere oppformeres til skadelige mengder.

Det er registrert en gradvis reduksjon i skadefrekvensen for lav på trær i sørlige overvåkingsområder og til dels en økning i lavmengde, noe som kan knyttes til reduksjon i svovelnedfall og forsuring. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.

Utslipp, luft og nedbør

Utslippene av svoveldioksid i Europa er redusert med omlag 66% fra 1980 til 2003 (EMEP Status report 1/2005). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 2003 har vært på 56%. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2003 har utslippet vært redusert med 27%. 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 2003 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 26%.

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 mellom 64% og 77% siden 1980 på alle målesteder på fastlands-Norge. Reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår er beregnet til å være mellom 72% og 92%, og for sulfat mellom 65% og 73%. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør har en signifikant reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. For ammonium i nedbør har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene. Årsmiddelkonsentrasjonene av ammonium og nitrat i luft viser derimot ingen entydig tendens siden målingene startet. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant

nedgang for nitrogendioksid (NO_2) på de fleste stasjonene. Innholdet av basekationet kalsium er redusert ved flere stasjoner.

Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2005 var 144 µg m^{-3} målt på Prestebakke. Grenseverdien for vegetasjon på 50 µg m^{-3} som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2005. Middelverdien var størst på Birkenes med 75 µg m^{-3}. SFTs tålegrense på 60 µg m^{-3} (8-timers middel) og EUs grenseverdi på 65 µg m^{-3} (24-timers middel) ble også overskredet på samtlige stasjoner. Tålegrensene for akkumulert ozoneksponering (AOT40) av landbruksvekster (3 måneders AOT40) på 3.000 ppb-timer og grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog (6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

Det var lavere årsmiddel i 2005 enn i 2004 på Birkenes for sum heksaklorsykoloheksan (HCH) i luft og nedbør, mens heksaklorsyklobenzen (HCB) og sum polyklorerte bifenyler (PCB) i luft og nedbør hadde en liten økning. Resultatene for Zeppelinfjellet på Svalbard viste lavere årsmiddel i 2005 enn i 2004 for følgende parametere: sum HCH, sum klordaner og sum DDT. HCB og sum PCB hadde en noe høyere verdi enn året før. Sum polyaromatiske hydrokarboner (PAH) hadde samme verdi som i 2004.

I 2005 var årsmidlet for partikulært materiale (PM) henholdsvis 4,1 µg m^{-3} for $PM_{2,5}$ og 6,8 µg m^{-3} for PM_{10}. For 2005 ble det registrert nye maksimumskonsentrasjoner på døgnbasis for både PM_{10} (46,1 µg m^{-3}) og $PM_{2,5}$ (33,6 µg m^{-3}). Trajektorier viste at luftmassene i forkant av disse episodene hadde passert over viktige kildeområder i Europa. Det er første gang det er rapportert døgnverdier over 40 µg m^{-3} for PM_{10} på Birkenes.

Vannkjemi

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver på 47-66% fra 1980-2005 og innsjøer på 34-64% fra 1986-2005. Enkelte lokaliteter (felttforskningsstasjoner) har vist en nedgang på mer enn 70% siden 1980 (Storgama i Telemark og Langtjern i Buskerud). Det er svakere nedgang i sulfat de 4-5 siste årene (siden 2001) enn tidligere år, men 2005 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"). 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 viser også en generelt nedadgående trend, selv om de årlige endringene er små. I hovedtrekk ser vi at det er lavere konsentrasjoner av nitrat i perioden 1997 til 2005 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 2005 er fremdeles signifikant økende for et flertall av regionene, hele perioden sett under ett.

Akvatisk fauna

Invertebrater

Overvåkingen av bunndyr i elver i 2005 viser at skadene på faunaen generelt er avtakende, en trend som startet omkring 1990. Den forbedrede tilstanden gjennom de siste 15 år vises både

ved økt mangfold og ved at enkelte tidligere kronisk sure lokaliteter koloniseres av forsuringsfølsomme bunndyr. Det er først og fremst lokaliteter i de mest forsurede områdene i sørvest som blir bedre, mens de fleste sterkt forsurede lokalitetene på Sørlandet viser liten bedring. Det biologiske mangfoldet er ennå lavt sammenlignet med uforsurede lokaliteter i samme regioner. Rekoloniseringen av den mest følsomme faunaen er fremdeles ustabil eller mangler. Den sørligste lokaliteten, i Farsund kommune, viste som eksempel på dette, en betydelig forverring i 2005. Dette er trolig forårsaket av sterke sjøsaltepisoder vinteren 2005.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen fremdeles er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat til sterkt forsuringsskadet). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene ubetydelig til litt skadet, men det finnes også lokaliteter som er moderat skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebrat-samfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også noen innsjøer som vurderes som litt forsuringsskadet. Totalt sett er det små endringene over de ti årene overvåkingen har pågått; i underkant av halvparten av innsjøene som overvåkes årlig viser indikasjoner på positiv utvikling. Mengden av forsuringsfølsomme invertebrater er fremdeles lav og ustabil og gir derfor ingen grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringsstatus. For tre av innsjøene er endringen imidlertid så entydige at vi er rimelig sikre på at det vi observerer er en begynnende gjenhenting av invertebratfaunaen.

Fisk

Forsuringen har forårsaket store skader på fiskebestander her i landet, med henholdsvis rundt 9.600 tapte og 5.400 skadede bestander. Beregningene er basert på innsjølokaliteter over 3 hektar. Aure har blitt påført de størst skadene, med henholdsvis rundt 8.200 tapte og 3.900 skadede bestander. Videre er nærmere 1.900 abborbestander enten skadet eller tapt pga forsuring, mens tilsvarende samlet tall for røye, mort, ørekyte og gjedde utgjør rundt 500 bestander. Agderfylkene og Rogaland har de største forsuringsskadene med henholdsvis rundt 62% (n=5.038) og 16% (n=1.289) av alle tapte aurebestander.

Overvåkingen av fisk i innsjøer viser positiv utvikling i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (Region V), Vestlandet-Sør (Region VI) og Øst-Finnmark (Region X). Men enkelte fiskebestander i Sør-Norge har fortsatt tynne bestander som kan skyldes forsuring. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i innsjøer med tapte bestander. I de mest forsuringsbelastede områdene av landet er derfor situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. For innsjøer i Midt-Norge og nordover er forholdene gode, og i enkelte lokaliteter har fiskebestandene økt. I tilløpsbekker til innsjøer i Vikedalvassdraget i Rogaland har tettheten av aureunger økt i løpet av de siste 10 åra, og i 2005 var tettheten på et relativt høyt nivå. I Gaularvassdarget i Sogn og Fjordane har forholdene vært mer ustabile, men sist år ble det registrert en økt tetthet av aureunger.

Terrestrisk miljø

Skog

Siden 1997 har trærnes kronetilstand vært relativt stabil, landet sett under ett. Kronetettheten i 2005 er noe redusert for gran og furu, mens den er svakt forbedret for bjørk. Nedgangen er størst i Agderfylkene og i Oppland. De samme tendensene er også observert for kronefarge. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sjukdommer (eksempelvis ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp og insektskader som igjen er betinget

av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Effekten av 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

Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Børgefjell synes, som forventet, ikke å ha noen sammenheng med langtransporterte forurensninger, men kan i hovedsak skyldes naturlige og menneskeskapte forstyrrelser av vegetasjonen.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensnings-belastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Det er registrert forbedring i disse parameterne ved gjenkartlegging etter 5, 10 og 15 år, noe som også var tydelig for Solhomfjell etter undersøkelsene i 2005. Endringer i artssammen-setningen for lav på trær i Børgefjell skyldes trolig et forholdsvis mildt og fuktig klima i overvåkingsperioden.

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. Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2005

About the monitoring programmes
This report covers the main results for 2005 from three national monitoring programmes "Monitoring of long-range transboundary air pollution", "Monitoring programme for forest damage" (OPS) and "Programme for terrestrial ecosystem monitoring" (TOV). These three programmes organize extensive monitoring of air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

Air and precipitation
Emissions of SO_2 in Europe have decreased by about 66% since 1980 and by 56% since 1990. The emissions of nitrogen oxides and ammonia increased up to 1990 but have decreased since then by about 27% and 26% respectively (EMEP Status report 1/2005). 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 in Norway decreased by 64-77%. Similar reductions in airborne concentrations were between 72- 92% for sulphur dioxide and 65-73% for sulphate. Nitrate and ammonium concentrations have significantly decreased in concentration in precipitation at most sites in southern Norway. However, the levels of nitrogen species in air show no change over the years, except for a clear decrease in the NO_2 concentration.

The highest hourly mean value of ground level ozone (144 $\mu g\ m^{-3}$) was observed at Prestebakke. ECE's critical level for accumulated ozone exposure above the threshold of 80 $\mu g\ m^{-3}$ (40 ppb) (termed AOT40) of 10.000 ppb hours for forests was not exceeded at any of the stations in 2005 nor threshold limit for accumulated ozone exposure of crops (3.000 ppb hours).

The highest annual mean concentrations of most of the heavy metals in precipitation were measured in Sør-Varanger (Svanvik) due to emissions in Russia. The heavy metal concentrations have generally decreased by about 60-80% from the late seventies, but after 1990 the concentration level has been relatively constant.

In 2005, the annual mean concentration of $PM_{2.5}$ and PM_{10} was 4.1 $\mu g\ m^{-3}$ and 6.8 $\mu g\ m^{-3}$, respectively. The highest 24 hours mean concentration of PM_{10} was 46.1 $\mu g\ m^{-3}$, while the corresponding maximum concentration for $PM_{2.5}$ was 33.6 $\mu g\ m^{-3}$. These are the highest concentrations reported since the measurements started in 2001.

Water
The decrease in sulphate in deposition has caused a decrease in sulphate in rivers of 47-66% from 1980-2005. The decrease in sulphate in lakes from 1986 to 2005 have been from 34-64%. Single sites (calibrated catchments) have shown a decreas at more than 70% siden 1980 (Storgama in Telemark and Langtjern in Buskerud). 2005 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 marked shift in nitrate concentrations in the period 1997 to 2005, compared with the years before 1997. There is a general decrease in nitrate in most regions, although the yearly changes are small. The slight increase in TOC

during the 90s has now leveled off, but the overall changes from 1990 to 2005 are still significantly increasing for most regions in Norway.

Aquatic fauna

Invertebrates

The invertebrate monitoring in rivers show that acidification damages generally continue to decrease. The improved conditions during the last 15 years are reflected by increased biodiversity and distribution of acid-sensitive invertebrates in areas which earlier were damaged. Some of the most impacted watersheds have improved eith exception of the southernmost lake in the monitoring programme. In this lake the most sensitive mayflies were eradicated, probably as a result of strong sea-salt episodes.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2005) 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. Some formerly chronically acidified lakes have improved during the last years, with increased presence of sensitive fauna and increased biodiversity. However, there are also lakes occupied only by strongly tolerant species, indicating no improvement during the monitored period. Many of the populations containing sensitive species 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 current status of fish populations in Norwegian lakes greater than 3 ha have been assessed in relation to effects of acidification during recent years. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish were estimated to be about 9.600 and 5.400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total of about 8.200 lost stocks. Lakes in southernmost Norway (Agder) have suffered the highest damage with about 5.000 lost trout stocks.

Test-fishing with gill nets in lakes throughout Norway, indicate an increase in fish abundance in most areas. However, some fish populations are still low in abundance, which can be due to acidification. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway (Rogaland) has increased significantly in recent years. Corresponding densities of young brown trout in Gaular watershed in western Norway have been more unstable, however an increase in abundance was registered in 2005.

Terrestrial ecosystems

Forest

Since 1997 the crown condition of trees has been largely stable. For Norway spruce and Scots pine the crown condition was slightly reduced in 2005, while it was slightly improved for birch. The reduction is most evident in the counties of Agder and Oppland in the southeast part of Norway. 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 in the last years has mainly been 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 it has been small compared with the effects 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

As expected, documented changes in the ground vegetation of birch forests at the Børgefjell monitoring site did not show any effects related to long-range pollution but seem to be caused by local natural and anthropogenic disturbances to the vegetation.

Inventories of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show a clear relationship between lichen coverage and damage status and deposition patterns of pollutants, with the lowest coverage and highest damage frequency in the southernmost sites. Repeated inventories after 5, 10 and 15 years indicate generally improved coverage and damage status in the southern areas, as confirmed for the southern Solhomfjell site in 2005. A rather mild and moist climate during the montoring period is the likely cause of the changes in the species assemblage of lichens on trees in Børgefjell.

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 sites. Hatching success of pied flycatchers has been at comparable levels in southern and northern sites for several years.

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 overvåkings-programmene 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 forsuring 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) 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_x-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 forsuring, eutrofiering og bakkenær ozon som forårsakes av utslipp av svovel, nitrogenoksider, ammonium og flyktige organiske komponenter (VOC).

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

Norge bidrar aktivt innen de fleste av disse programmene, både med data og med faglig ekspertise. Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", OPS og TOV bidrar til å oppfylle de norske forpliktelsene om å overvåke effektene av de forskjellige protokollene. Data fra programmene blir rapportert direkte til 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 prøvetaking av døgnlig nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnettet og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2005 utført døgnlig ved 6 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 7 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 9 stasjoner inklusive en stasjon drevet av kommunene Porsgrunn, Skien og Bamble. Partikkelmålinger av PM_{10} og $PM_{2.5}$ er utført på Birkenes, der partikkelmasse og organisk og elementært karbon (OC og EC) er bestemt. Organiske miljøgifter og tungmetaller i luft er bestemt på to stasjoner.

4.1 Utslipp

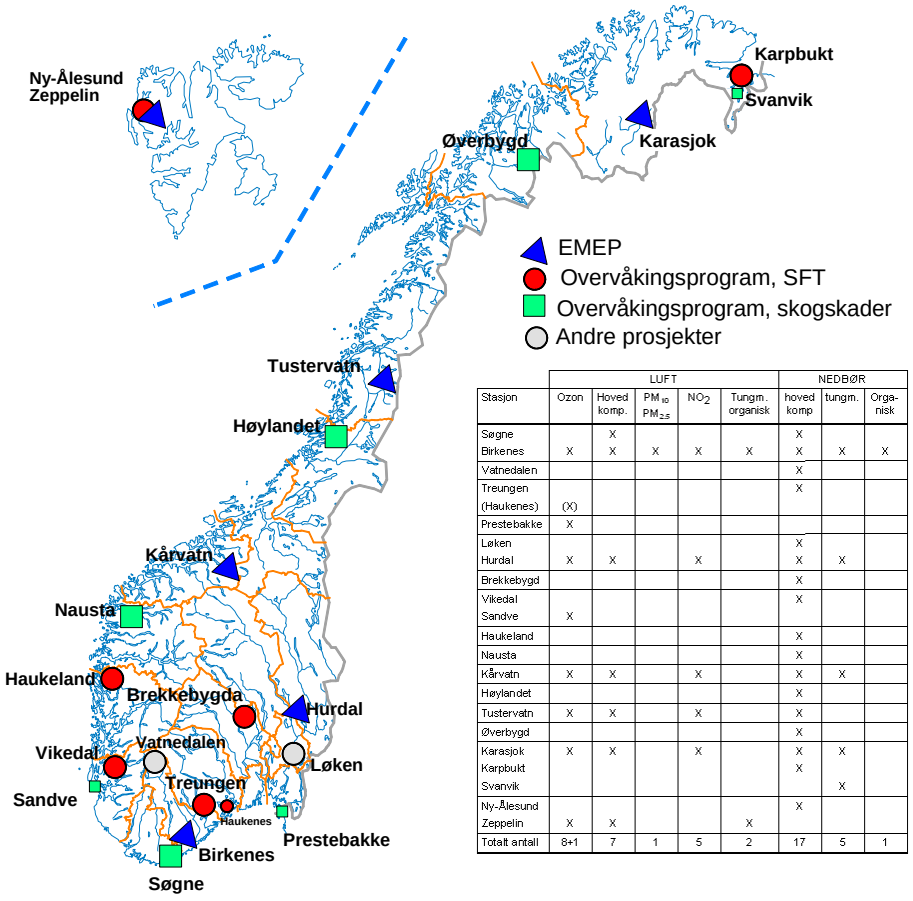
Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider. I følge data som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet er utslippene av svoveldioksid i Europa redusert med omlag 66% fra 1980 til 2003 (EMEP Status report 1/2005). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 2003 har vært på 56%. De største reduksjonene har funnet sted i nordlige og sentralvestlige Europa med opp mot 90% reduksjon. Minst reduksjon har det vært i sørøstlige Europa med ca. 50% siden 1980. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 2003 har utslippet vært redusert med 27%. 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 2003 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med 26% (EMEP Status report 1/2005).

Høsten 1999 ble den foreløpig siste internasjonale avtalen for reduksjon av utslipp av luftforurensninger undertegnet (se kapittel 3.2). 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 2005 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 i 2005 var generelt høyest april-mai og august-september. I Sør-Norge observeres også høye konsentrasjoner i desember. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i Figur 2.

Konsentrasjonene av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2005 var noe høyere enn det som ble observert i 2004, men på samme nivå eller noe lavere enn 2003 (Figur 3). Nedbørmengden var relativt lav i Sør-Norge, men veldig høy på Vestlandet i 2005 sammenlignet med 2004. Våtavsetningen i Sør-Norge er stort sett lavere enn hva man har sett tidligere, mens man på Vestlandet ser en markant økning. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene. Veide gjennomsnittsverdier for 5 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet viser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold (Figur 2). Innholdet av nitrat og ammonium viser også noe lavere nivå, men det er ikke en så tydelig trend som for sulfat. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle måle-steder. I perioden 1980-2004 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 64% og 77%. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene mens det har vært en økning ved Tustervatn. Endringer i konsentrasjonene av ammonium antas å være påvirket av endring i bidraget fra lokale kilder. Basekationer har også hatt en signifikant reduksjon på de fleste stasjoner fra Tustervatn og sørover.

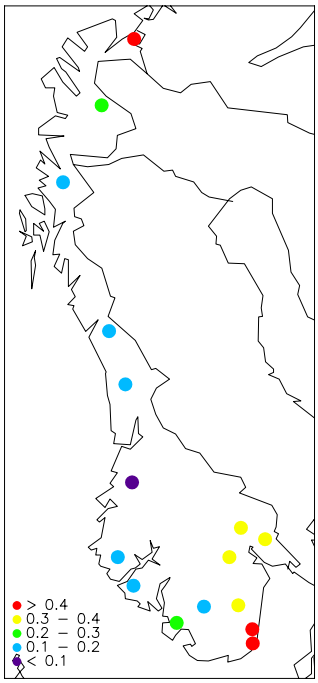


	LUFT					NEDBØR		
Stasjon	Ozon	Hoved komp.	PM_{10} $PM_{2.5}$	NO_2	Tungm. organisk	hoved komp	tungm.	Orga-nisk
Søgne		X				X		
Birkenes	X	X	X	X	X	X	X	X
Vatnedalen						X		
Treungen						X		
(Haukenes)	(X)							
Prestebakke	X							
Løken						X		
Hurdal	X	X		X		X	X	
Brekkebygd						X		
Vikedal						X		
Sandve	X							
Haukeland						X		
Nausta						X		
Kårvatn	X	X		X		X	X	
Høylandet						X		
Tustervatn	X	X		X		X		
Øverbygd						X		
Karasjok	X	X		X		X	X	
Karpbukt						X		
Svanvik							X	
Ny-Ålesund						X		
Zeppelin	X	X			X			
Totalt antall	8+1	7	1	5	2	17	5	1

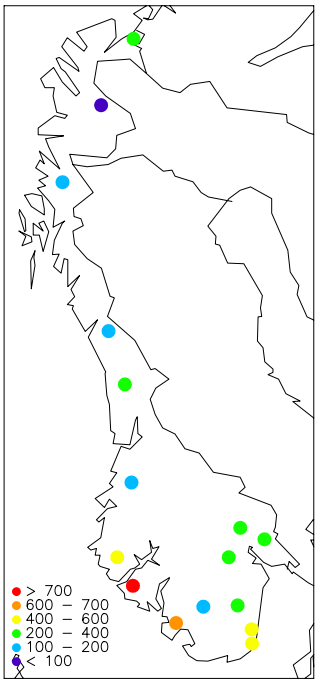
Figur 1. Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2005.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2005.

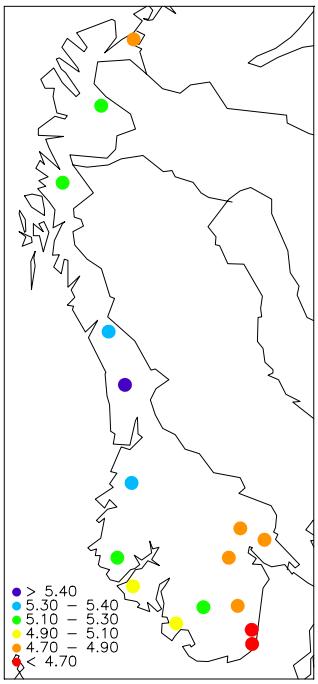
Sulfat – konsentrasjoner i nedbør 2005 mg S/l



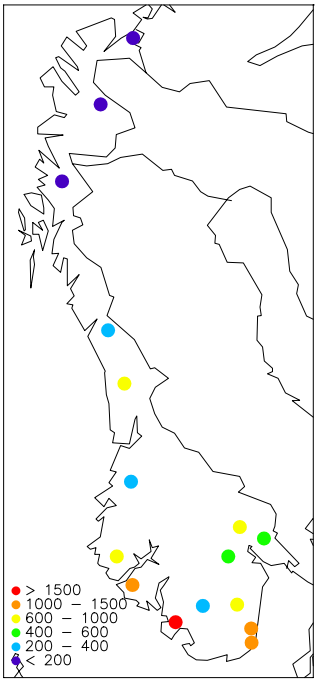
Sulfat – våtavsetning i nedbør 2005 mg S/m^2



pH middelverdier 2005

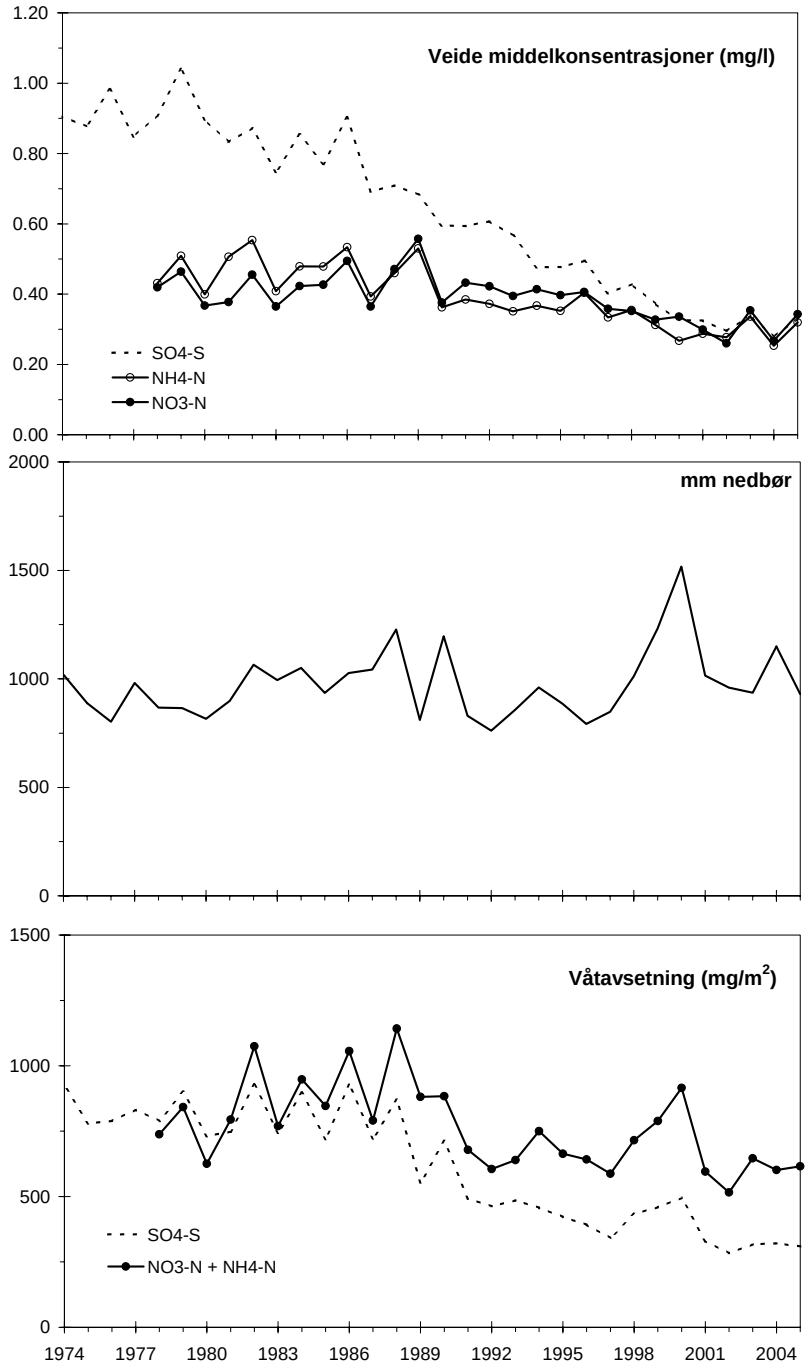


Sum nitrat og ammonium 2005 mg N/m^2



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2005.

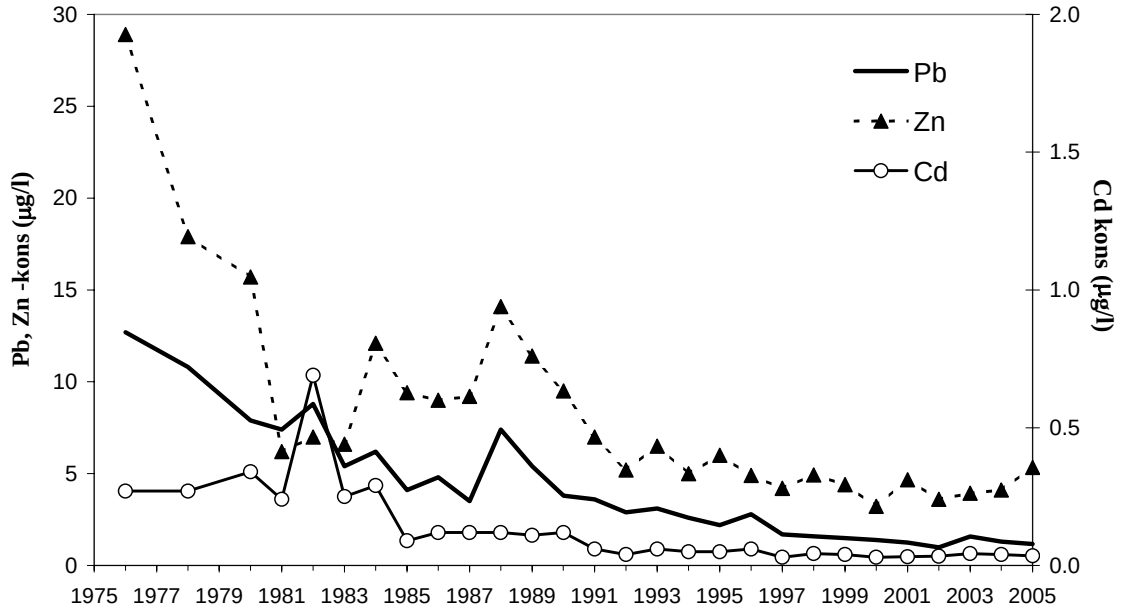
Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2005



Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2005 for 5 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.

Figure 3. Annual mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen from 1973 to 2005 based on 5 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik med henholdsvis 1,84 og 0,14 µg L^{-1}. Med unntak for sink, som har høyest nivå på Hurdal, har Svanvik i Sør-Varanger også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly, sink og krom var størst på Birkenes, for de andre elementene var det høyest på Svanvik. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant, med unntak av Svanvik der det derimot har vært en viss økning i blykonsentrasjonen i noen år, men den tendensen ser nå 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 1976-2005.

Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2005.

4.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

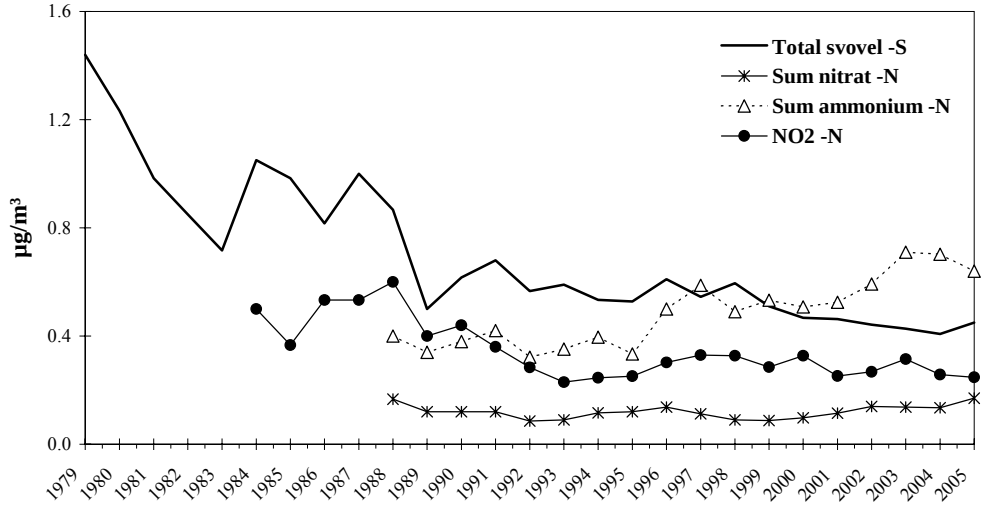
Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på 0,30 µg $S \cdot m^{-3}$ og Karasjok med 0,31 µg $S \cdot m^{-3}$. Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med 5,30 µg $S \cdot m^{-3}$ 28. april 2005, og trajektoriene for denne dagen viser også at luftmassene kommer fra Kolahalvøya. Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne (0,55 µg S m^{-3}). Den høyeste episoden ble observert på Birkenes og Hurdal den 8. oktober. Det observeres også høye NH_4 og PM_{10} konsentrasjoner denne dagen. Dette er en typisk langtransportepisode med luftmasser fra Sentral-Europa.

Høyest NO_2-nivå observeres på Hurdal med årsmiddel på 0,83 µg $N \cdot m^{-3}$. Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Det høyeste døgnmiddelverdien av NO_2 ble målt på Birkenes (6,63 µg $N \cdot m^{-3}$) 9. februar. Samme episode er fanget opp på Kårvatn og luftmassene kommer fra Sentral-Europa. Årsmiddel- og prosentilkonsentrasjonene viser at

stasjonene i Sør- og Øst-Norge har de høyeste nitrogendioksidnivåene. Månedsverdiene for NO_2 var høyest i vintermånedene.

Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" og "sum ammonium" hadde Søgne med hhv. 0,62 og 1,06 µg $N \cdot m^{-3}$. Det ble målt enkelte høye døgnmiddelkonsentrasjoner ved de fleste andre stasjoner også noe som kan skyldes både langtransportepisoder og mulig påvirkning av lokal landbruksaktivitet.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 72% og 92%, og for sulfat mellom 65% og 72%. Endringen i svoveldioksid- og sulfatkonsentrasjonene ved Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet på Svalbard har vært på hhv. 73% og 59% 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 NO_2 på de fleste stasjonene, Figur 5.

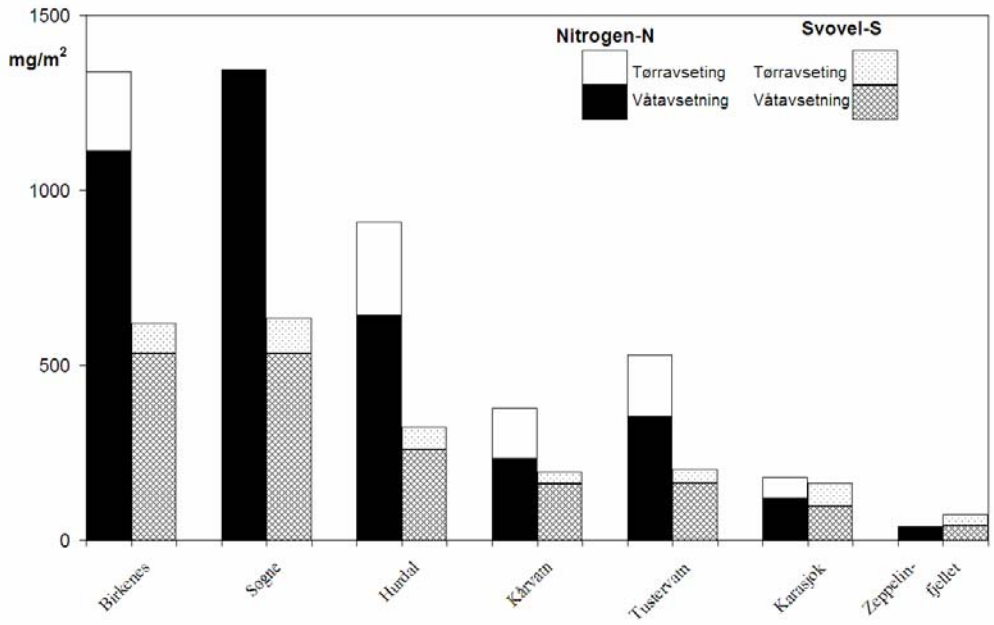


Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($SO_2+SO_4^-$), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen (NH_3+NH_4) og NO_2 på fem norske EMEP stasjoner, 2005.

Figure 5. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at five Norwegian EMEP sites, 2005.

4.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

Våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen av svovel og nitrogen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark (Figur 6). Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 17-24% om sommeren og 6-25% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På Karasjok er det hhv. 46% tørravsetning om sommeren og 39% 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 2005.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2005.

4.5 Bakkenær ozon

De høyeste maksimumsverdiene av bakkenær ozon i 2005 ble registrert på Prestebakke (144 µg m^{-3}) og Hurdal (141 µg m^{-3}), (Tabell 1).

Grenseverdiene for helse med 8-timers middel på 80 µg m^{-3} (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene, mens det var relativt få overskridelser av grenseverdiene på 120 µg m^{-3} (WHOs grenseverdi). Prestebakke hadde flest overskridelser av grenseverdien på 120 µg m^{-3} (5 døgn).

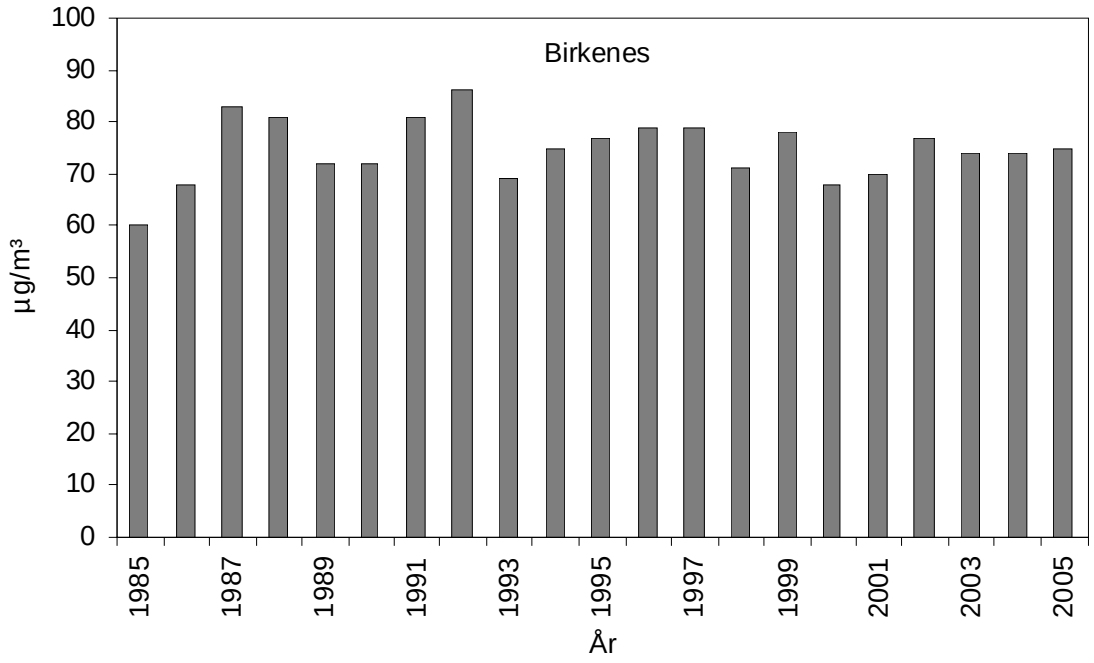
Grenseverdien for vegetasjon på 50 µg m^{-3} som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2005. Middelverdien var størst på Birkenes (75 µg m^{-3}), men det er generelt liten variasjon i denne parameteren over landet. Figur 7 viser 7-timers middelverdien for Birkenes i perioden 1981-2005. Figuren viser en del variasjon fra år til år og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Grenseverdien på 8-timers middel over 60 µg m^{-3} ble overskredet gjennom hele 6-måneders-perioden april-september. Birkenes hadde flest døgn med overskridelse, 162, dvs 89% av samtlige dager i denne 6-måneders perioden. Grenseverdien på 24-timers middel over 65 µg m^{-3} ble også overskredet på samtlige stasjoner. Sandve hadde flest dager med overskridelse av denne grenseverdien.

Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering (AOT) av landbruksvekster (3 måneders AOT40) på 3.000 ppb-timer og grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog (6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene. Høyest var verdien på Birkenes med 4.766 ppb-timer.

Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for ozon for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100 µg m^{-3} i 2005.

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 µg m^{-3}, 2005.

	Antall måleverdier		100 µg m^{-3}		Høyeste timemiddelverdi	
Målested	Timer	Døgn	h	d	µg/m^3	Dato
Prestebakke	8733	365	217	35	144.0	2005-09-06
Hurdal	8729	365	129	19	140.5	2005-04-03
Haukenes	8734	365	206	43	130.0	2005-04-03
Birkenes	8633	365	177	37	131.2	2005-09-06
Sandve	8715	365	189	28	129.7	2005-04-03
Kårvatn	8725	365	172	23	121.3	2005-04-28
Tustervatn	8693	365	231	19	123.2	2005-06-17
Karasjok	8737	365	92	15	126.3	2005-04-04
Zeppelinfjellet	8665	364	85	12	106.5	2005-04-21
Sum datoer		365		85		



Figur 7. Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1981-2005.

Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1981-2005.

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 organiske miljøgifter (POP'er) har vært er målt på Lista siden 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004.

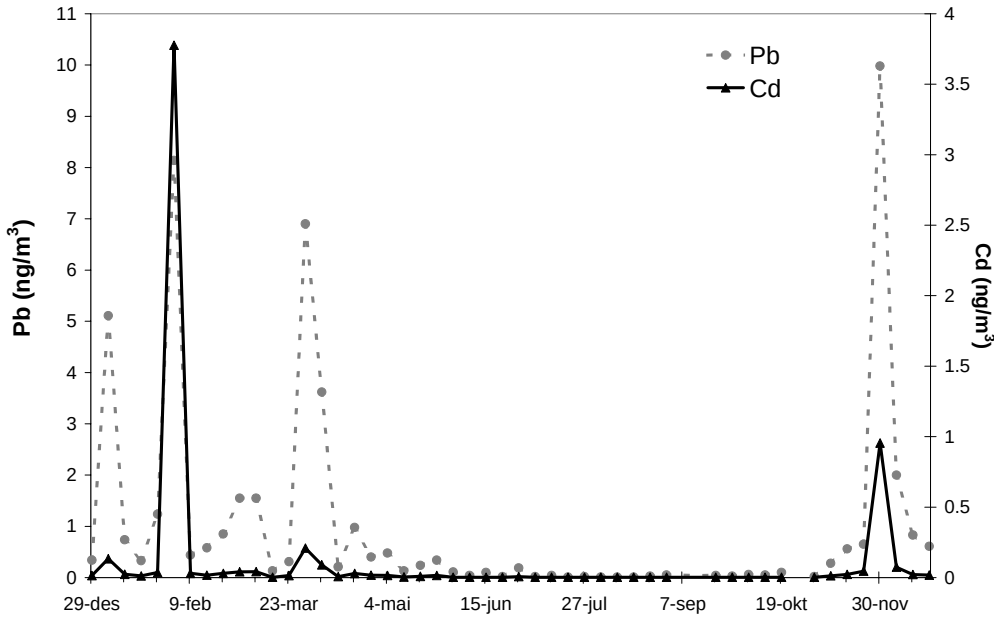
For tungmetaller har det ikke vært observert noen trend i luftkonsentrasjonene, med unntak for Ni, i motsetning til hva som er observert i nedbør (se figur 4). Dette har bla sammenheng med at nedbørmålingen har vært utført mye lenger og dermed har de har fanget opp reduksjonene på 1970-80 tallet.

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 plasseringen av storskala værsystemer; et høytrykkssystem over Sibir presser den arktiske front lenger sør vinter og vår, slik at viktige forurensningsområder kommer innenfor de arktiske luftmasser denne perioden. Det er spesielt tre episoder som utmerker seg; 9.-11. februar, 6.-8. april og 7.-9. desember. Disse episodene gjør at Cd-nivået er spesielt høyt i 2005, en faktor 20 høyere enn det som ble observert i 2004. Blykonsentrasjonen er dobbelt så høy. Konsentrasjonene av tungmetaller på Zeppelinfjellet viser ikke noen trend i luftkonsentrasjonen for den perioden det er utført målinger.

2005 er det andre året med målinger av organiske miljøgifter på Birkenes etter at prøve-takeren ble flyttet fra Lista. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for summen av α- og γ-heksaklorsykloheksan (HCH) var 21,6 pg m^{-3} i 2005. Dette er noe lavere verdi enn den som ble observert året før og trenden er generelt avtagende. Ofte har man observert en tydelig økning av HCH-konsentrasjonen om våren og sommeren, denne sesongvariasjonen kan tilskrives bruk av pesticidet lindan (som består av minst 99% γ-HCH), som fortsatt er i bruk i en del europeiske land. Dette bekreftes på Birkenes i 2005 hvor man observerer en øket HCH-konsentrasjonen i april som avtok igjen i begynnelsen av november.

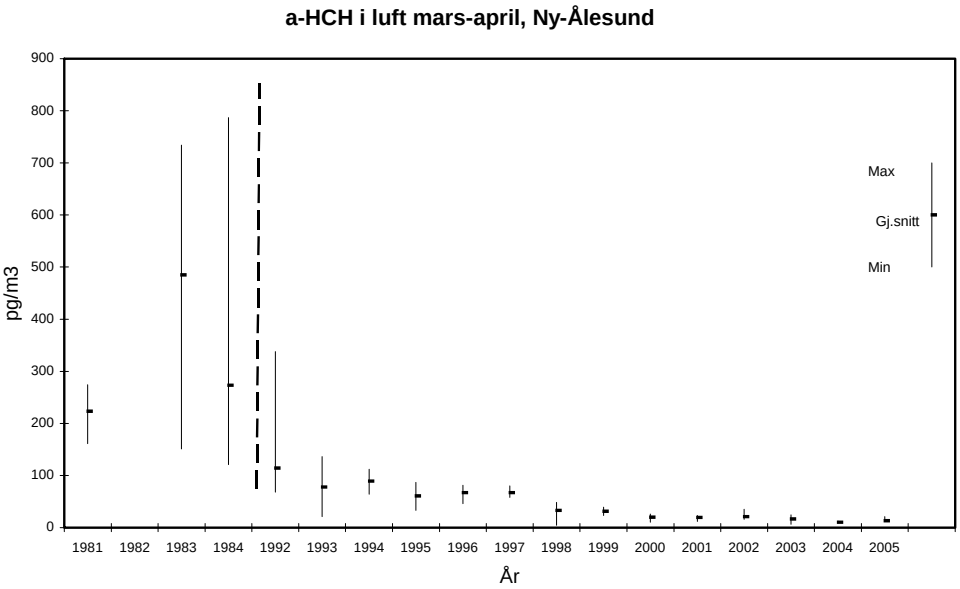
I 2004 ble måleprogrammet på Birkenes utvidet til også å omfatte syv enkeltforbindelser (kongenerer) fra gruppen polyklorerte bifenyler (PCB). Middelverdien for sum PCB på Birkenes for 2005 var 6,97 pg m^{-3} (2004: 5,26 pg m^{-3}). For de samme kongenerer målt på Zeppelinfjellet i 2005 var middelverdien 4,74 pg m^{-3}. På Zeppelinfjellet utføres også målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen av HCH (sum α- og γ-HCH) på Zeppelinfjellet i 2005 var 17,8 pg m^{-3}. Som på Lista/Birkenes observeres en nedgang i konsentrasjonen av α-

HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund (Figur 9), som gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av dette sprøytemiddelet.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2005.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2005.



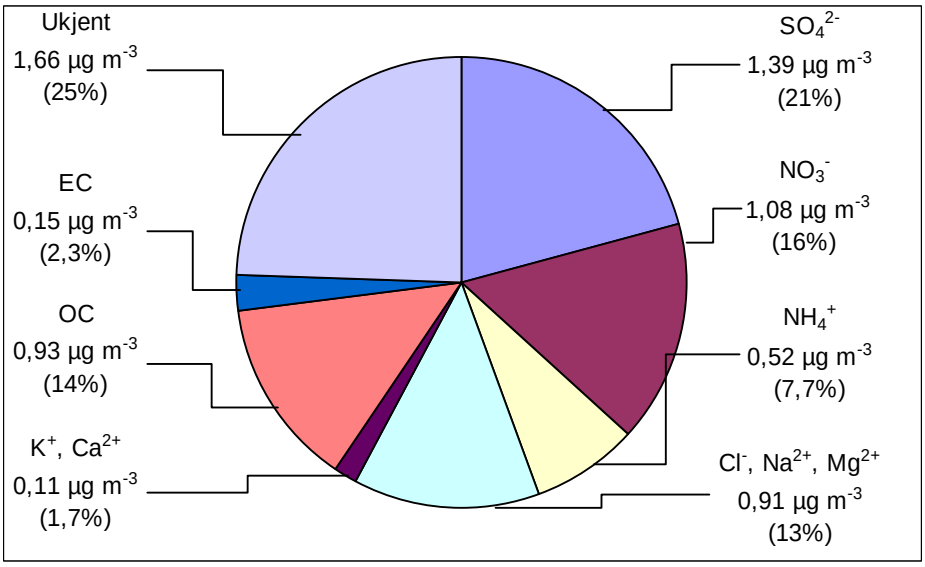
Figur 9. α-HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.

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

4.7 Partikler (PM_{10} og $PM_{2,5}$) i luft på Birkenes

Partikler har vært et fokusområde de siste årene pga av effekter både på helse og klima. Partikler i luft har en kompleks sammensetning bestående av mange ulike kjemiske forbindelser fordelt på et stort antall forskjellige partikkelstørrelser. Partiklenes kjemiske sammensetning gir informasjon om utslippskilder samt fysiske og kjemiske prosesser som finner sted i atmosfæren.

For 2005 var årsmidlet av PM_{10} 6,8 µg m^{-3}. Dette er betydelig høyere enn for 2004 (5,4 µg m^{-3}), men i samsvar med konsentrasjoner rapportert for perioden 2000-2003 (6,1-7,1 µg m^{-3}). For $PM_{2,5}$ var årsmidlet 4,1 µg m^{-3}. Dette er betydelig høyere enn for 2004 (3,3 µg m^{-3}). For 2005 er det nest høyeste månedsmidlet for PM_{10} og $PM_{2,5}$ rapportert for april. Høye månedsmidler for april måned har vært et gjennomgående trekk siden målingene startet. Dette tilskrives en høy frekvens av episoder med langtransportert forurensning på denne tiden av året. Den gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2005 er illustrert i Figur 10**.**



*Figur 10**.** Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2005. Årsmiddel for PM_{10} i 2005 var 6,8 µg m^{-3}.*

Figure 10. Mean chemical composition of PM_{10} in 2005. The annual mean concentration of PM_{10} in 2005 was 6.8 µg m^{-3}.

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 forsuringsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forsuringssituasjonen i ulike deler av Norge. De 10 regionene er vist i Figur 11, 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 11. Oppdeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2005.

Figure 11. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2005.

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 12). 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. 79 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986.

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. Målinger av nedbør og vannføring utføres delvis på samme lokalitet og delvis på stasjoner i samme region. Disse målingene utføres av NILU (nedbør) og NVE (vannføring).

Biologisk overvåking
Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:
- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og littorale krepsdyr i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver

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

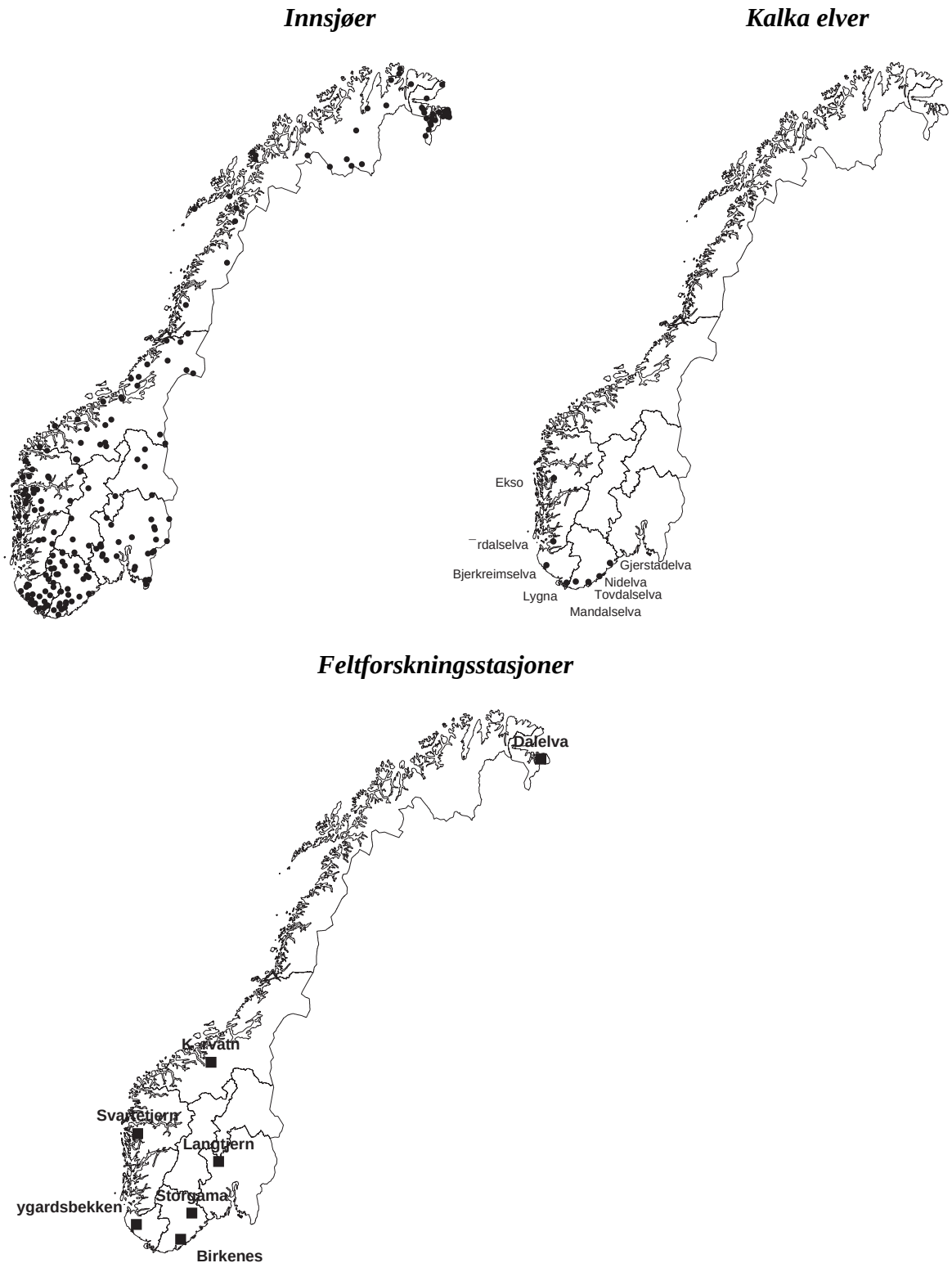
Innsjøprogrammet omfatter omkring 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. både bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige innsjøene undersøkes hvert 4-5 år (Gruppe 3-sjøer). Aktiviteten ble redusert fra 2002 og etter dette er antall Gruppe 3-sjøer gradvis halvert. I 2005 ble totalt 35 innsjøer undersøkt (Figur 11). Hovedvekt ble lagt på region III (Fjellregion - Sør-Norge), region V (Sørlandet – Vest) og VIII (Midt-Norge) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige syv regionene. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996 og for en del av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle ti 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, krepsdyr og fisk er det gjort en vurdering av tilstand mht. forsuring/ forsuringsskader. Forsuringstilstanden er inndelt i henhold til avvik fra forventet biologisk mangfold i naturlig uforsurete lokaliteter: ingen/ubetydelig endring (klasse 1), liten endring

(klasse 2), moderat endring (klasse 3), stor endring (klasse 4), svært stor endring (klasse 5). Disse betegnelsene er endret i 2004 i forhold til tidligere år og er nå mer tilpasset terminologien i Vannrammedirektivet. 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 og dessuten tilpasse en slik klassifisering til kriteriene gitt for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vannrammedirektivet.

For bunndyr bestemmes forsuringsstatus ut fra den registrerte artssammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsuringsfølsomme arter beregnes en forsuringsindeks (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 18 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 12. Lokaliteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2005.

Figure 12. Locations in the surface water monitoring programme 2005.

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 34% for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 65% for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2005, mens enkeltlokaliteter i Sør-Norge viser reduksjoner > 70% for perioden 1980-2005. Det er en tendens til svakere nedgang i sulfat de fem siste årene enn tidligere år (Figur 14). På tross av en utflating, viser 2005 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 overvåkings-stasjonene (se avsnitt 4.2). Innsjøovervåkingen viser generelt lavere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (Figur 14). De laveste nitrat-konsentrasjonene er målt i 2004. Alle regionene med unntak av tre viser en statistisk signifikant nedagng i nitrat. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogendeposisjonen 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 13 og Figur 14) viser klar økning i pH, ANC og alkalitet, mens labilt aluminium avtar. Alkalitet og ANC er signifikant økende i alle regioner (Tabell 3). H^+ viser signifikant nedgang i alle regioner. Nedgang i H^+ betyr økning i pH. Labilt Al viser signifikant nedgang i de fleste regioner unntatt region I Østlandet-Nord og de tre nordligste regionene. I disse regionene er konsentrasjonene av labilt aluminium generelt lavt. Organisk karbon (TOC) som er fulgt med interesse de siste årene pga økende trend, viser også signifikant økning i mange av regionene.

Tabell 2. Regionale trendresultater for perioden 1990-2005. 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 µekv L^{-1} $år^{-1}$, labilt Al µg L^{-1} $år^{-1}$, TOC mg C $L^{-1}$$år^{-1}$.*

Table 2. Regional trend results for regions for the period 1990-2005. 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 µeq L^{-1} yr^{-1}, labile Al µg $L^{-1}$$yr^{-1}$, TOC are mg C L^{-1} yr^{-1}.*

Region	n	SO4*	NO3	H^+	Alkalitet	ANC	Labilt Al	TOC
I. Østlandet - Nord	1	-2,0	0,0	-0,2	1,0	2,7	-0,3	0,21
II. Østlandet - Sør	15	-3,4	-0,1	-0,3	0,0	2,8	-3,8	0,18
III. Fjellr. - Sør-Norge	4	-1,0	-0,2	-0,1	0,9	2,0	-0,7	0,01
IV. Sørlandet - Øst	14	-1,7	-0,2	-0,4	0,0	2,0	-4,3	0,05
V. Sørlandet - Vest	11	-1,9	-0,2	-0,8	0,0	2,8	-7,8	0,05
VI. Vestlandet - Sør	3	-0,9	-0,1	-0,3	0,0	1,5	-1,6	0,01
VII. Vestlandet - Nord	5	-0,5	0,0	-0,1	0,0	0,9	-0,8	0,00
VIII. Midt-Norge	10	-0,4	0,0	0,0	0,6	1,3	0,0	0,01
IX. Nord-Norge	5	-0,5	0,0	0,0	0,8	1,2	-0,2	0,01
X. Øst-Finnmark	11	-1,2	0,0	0,0	0,7	1,7	0,0	0,00

Tabell 3. Endring i ikke-marin sulfat per år i µekv L^{-1} for perioden 1980 til 2005 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2005 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

Table 3. Changes in non-marine sulphate per year in µeq L^{-1}. Time period 1980 to 2005 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2005 for lakes. The results are based on linear regression.

Innsjøer

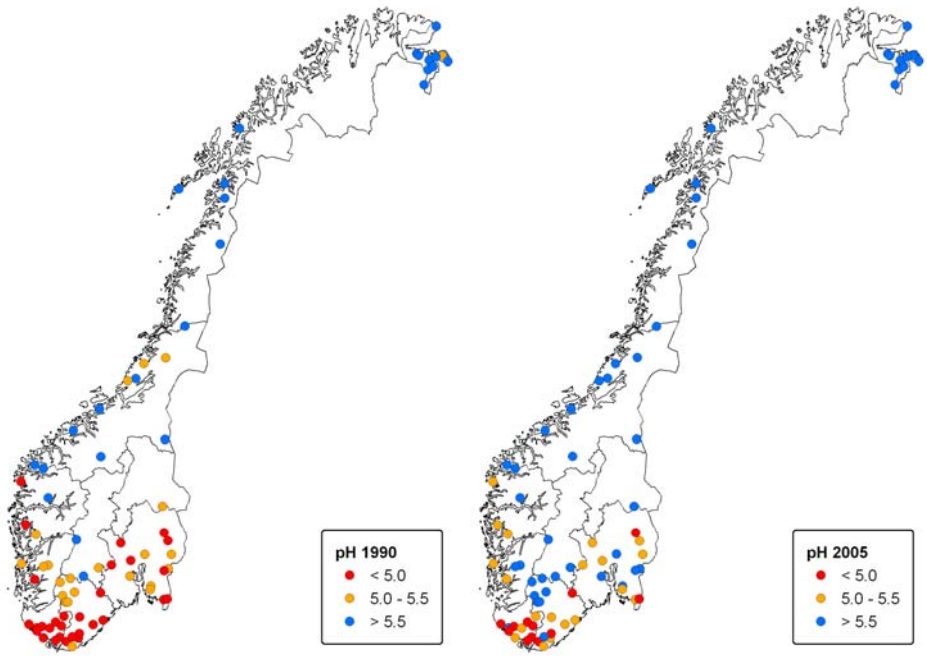
Region	Antall innsjøer	1986 SO4* µekv L^{-1}	2005 SO4* µekv L^{-1}	% endring fra 1986-2005
I. Østlandet - Nord	1	57	26	-54
II. Østlandet - Sør	15	100	35	-65
III. Fjellregion - Sør-Norge	4	34	14	-60
IV. Sørlandet - Øst	14	63	24	-62
V. Sørlandet - Vest	11	59	23	-61
VI. Vestlandet - Sør	3	34	13	-62
VII. Vestlandet - Nord	5	19	9	-53
VIII. Midt-Norge	10	18	10	-43
IX. Nord-Norge	5	19	9	-51
X. Øst-Finnmark	11	73	49	-34

Elver (alle er kalket)

	Region	1980 SO4* µekv L^{-1}	2005 SO4* µekv L^{-1}	% endring 1980-2005
Gjerstadelva	IV	111	48	-57
Nidelva	IV	83	37	-56
Tovdalselva	IV	87	33	-63
Mandalselva	IV	63	21	-66
Lygna	IV	72	28	-61
Bjerkreimselva	V	51	25	-51
Årdalselva	VI	34	18	-47
Ekso	VII	32	14	-57

Feltforskningsstasjoner

Langtjern	II	74	20	-73
Storgama	II	78	20	-74
Birkenes	IV	133	48	-64
Kårvatn	VIII	11	6	-47

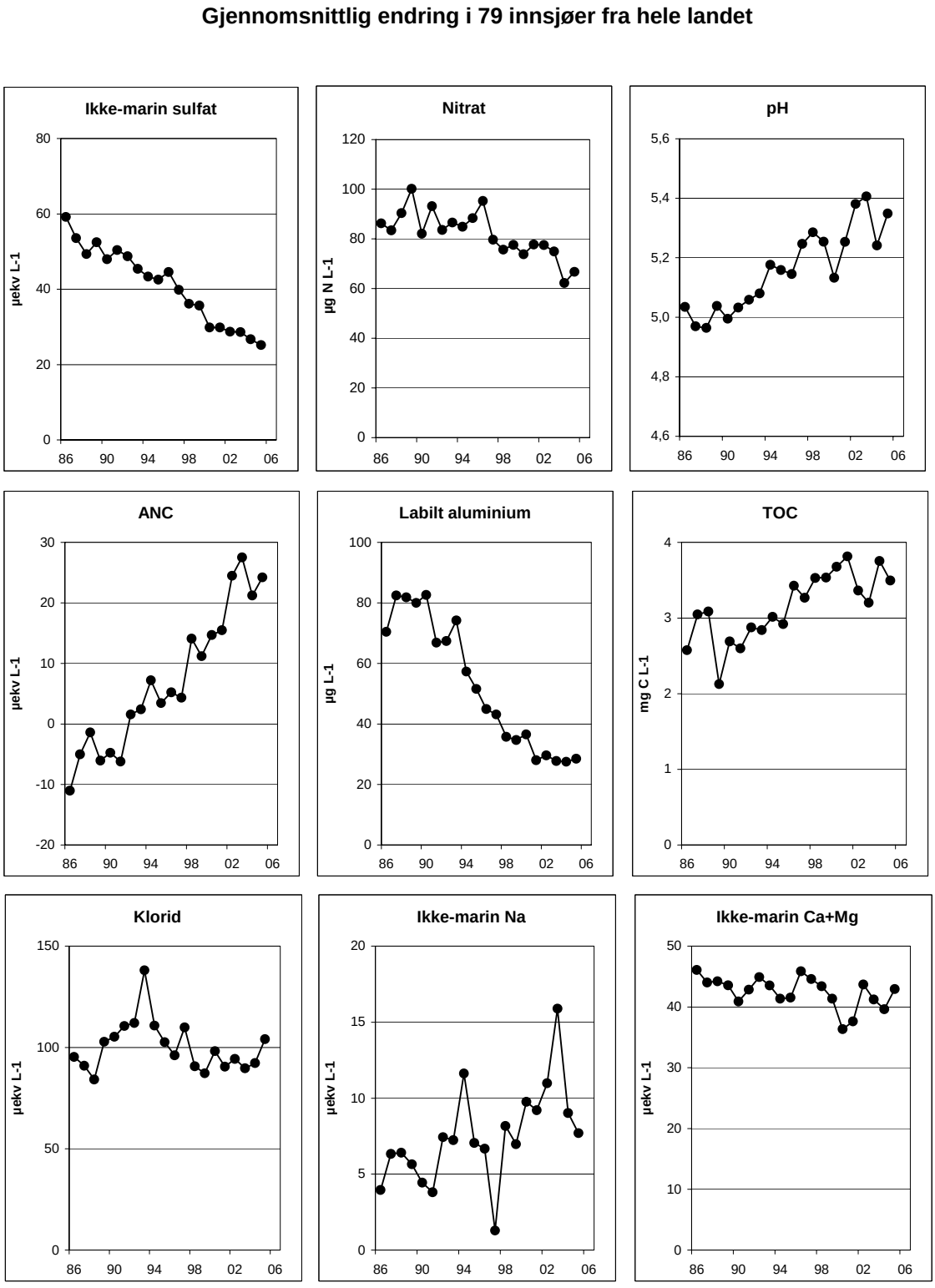


Figur 13. pH i overvåkingsinnsjøene i 1990 og 2005. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen.

Figure 13. pH in the monitoring lakes in 1990 and 2005. The figures clearley 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 14). I 2004 og 2005 er ikke-marin Na tilbake til mer normale nivåer. Dette betyr også at ANC og pH har gått noe ned fra 2003 til 2005 i mange av regionene, selv om trenden totalt sett er økende sett over flere år.

Trender for perioden fra 1986 til 2005 for de 10 ulike regionene er framstilt i Figur 15- Figur 17. 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.



Figur 14. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 79 innsjøer fra 1986-2005 fordelt over hele landet (se Figur 12).

Figure 14. Trends in average concentrations of a selection of components in 79 lakes from 1986-2005 all over Norway (see Figure 12 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 forsuring. Siden 2001 har konsentrasjonen av ikke-marin sulfat flatet ut på et nivå mellom 25-28 µekv L^{-1}. I denne regionen har vi bare en lokalitet, men den er typisk for forsuringsfølsomme sjøer i denne regionen. pH viser økende trend fra pH < 5,3 før 1993 til > 5,5 etter 2002. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne lokaliteten. Fram til 1992 var ANC < 20 µekv L^{-1}. Siden 1998 har verdien vært > 35 µekv L^{-1}, og i 2003 og 2005 finner vi den høyest registrerte verdien så langt (56 µekv L^{-1}). Labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37 µg L^{-1}, men har siden 1991 vært under 10 µg L^{-1}. I 2005 er den igjen økt til 12 µg L^{-1}. Nitrat viser ingen systematiske endringer i perioden, mens organisk karbon (TOC) viser en svak men statistisk signifikant økning.

Østlandet - Sør (region II)
Region Østlandet-Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av TOC av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til 20 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 65% fra 1986 til 2005 i de 15 sjøene som representerer denne regionen og sulfatkonsentrasjonen i 2005 er den laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var < 5,0 fram til 1993 og fra 1994 til 2005 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 µekv L^{-1}, i perioden 1992-1997 15-20 µekv L^{-1}, siden 1998 har ANC vært > 25 µekv L^{-1}. Nivået i 2003 (47 µekv L^{-1}) er det høyeste så langt i overvåkingen. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1993 (< 1µekv L^{-1}). Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp og nivået er nå på 10 µekv L^{-1}. Gjennomsnitts-verdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 > 90 µg L^{-1}, men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2005 har gjennomsnittsverdien av labilt Al vært < 50 µg L^{-1}. Det er en klar nedgang i nitrat (statistisk signifikant for perioden 1990-2005). TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra gjennomsnittskonsentrasjoner < 9 mg C L^{-1} frem til 1997, til foreløpig høyeste registrerte gjennomsnittsverdi på 10 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 mg C L^{-1}) og generelt lavt innhold av basekationer (Ca < 0,6 mg L^{-1}). Forurensningsbelastningen er relativ lav og sulfatnivået i innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat på 60% fra 1986-2005. De tre siste årene 2000-2005 har gjennomsnittsnivået for sulfat vært tilnærmet uforandret (16-17 µekv L^{-1}), men 2005 viser det laveste nivået registrert så langt (15 µekv L^{-1}). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10 µekv L^{-1} fram til 1998 og > 20 µekv 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 µg L^{-1} i perioden 1986 - 1990 til konsentrasjoner < 10 µg L^{-1} etter 2001. Nitrat viser nedgang fra nivåer > 60 µekv L^{-1} før 1999 og < 55 µekv L^{-1} siden 2000. TOC viser en svak økning gjennom overvåkingsperioden.

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 de 14 innsjøene som representerer denne regionen har vært 62% fra 1986-2005. Nedgangen i sulfat har flatet noe ut de siste årene, men den laveste verdien så langt er registrert i 2005 (23 µekv L^{-1}). Regionen må karakteriseres som sterkt forsuret, men det er klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har vært < 5 fram til 1993 og > 5,3 siden 2002. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner < -20 µekv L^{-1} fram til 1991. Siden 1998 har gjennomsnittsnivået vært > 0 µekv L^{-1} og i 2005 er gjennomsnittskonsentrasjonen 12 µekv L^{-1}. Tilsvarende gjelder for alkaliteten som fram til 1993 var < 0 µekv L^{-1}. Fra 1994 til 2005 har alkaliteten økt gradvis til 6 µekv L^{-1}. Labilt Al har avtatt fra nivåer > 100 µg L^{-1} fra 1986-1993 til < 45 µg L^{-1} siden 2001. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner > 130 µg L^{-1} fram til 1996, mens gjennomsnittsverdien for 2005 er 80 µg L^{-1}. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå < 3 mg C L^{-1} fra 1986-1995 til > 3 mg C L^{-1} siden 1996.

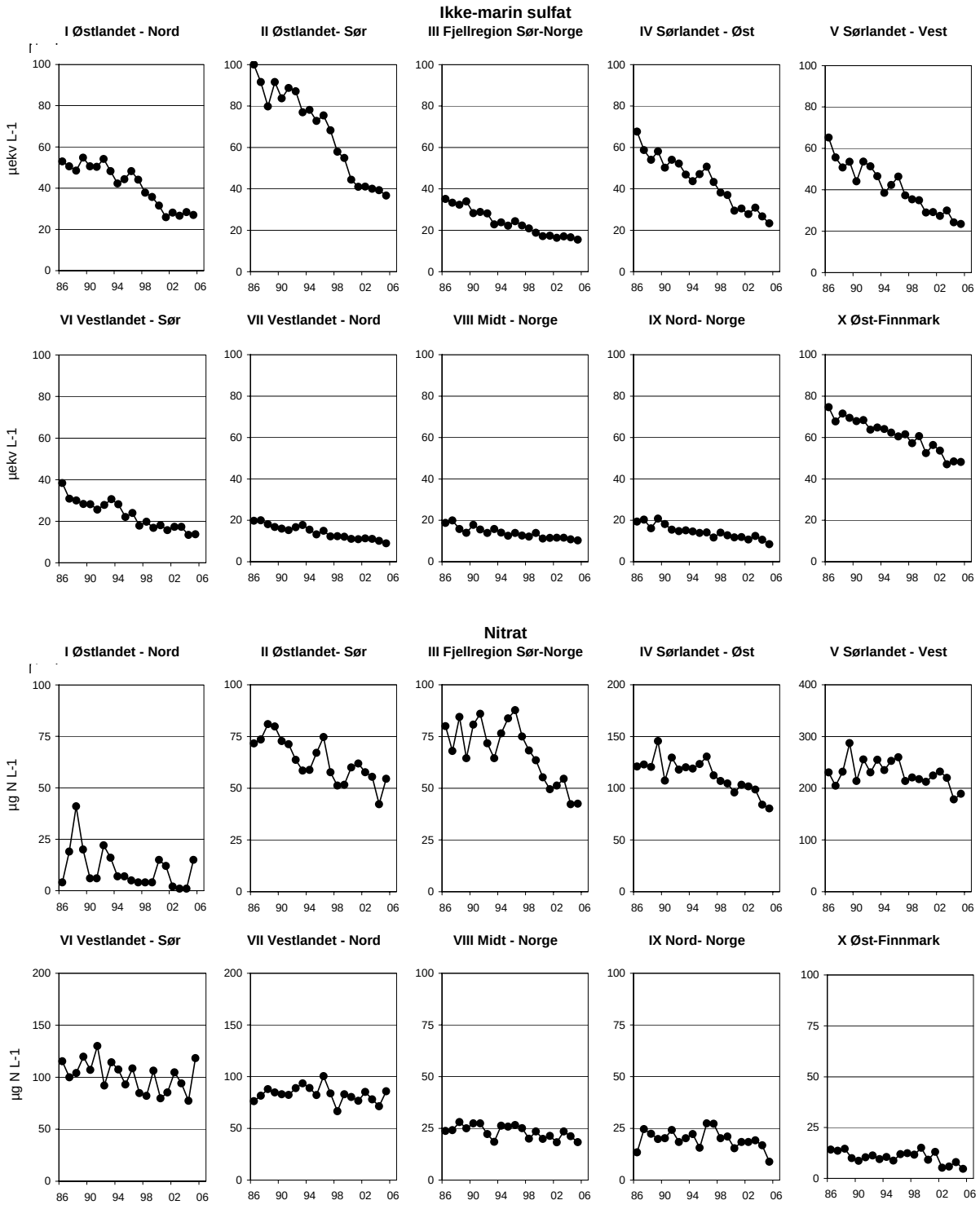
Sørlandet – Vest (region V)
Regionen Sørlandet-Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene. De 11 innsjøene som representerer denne regionen, har i 2005 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (4,91) og alkalitet (0 µekv L^{-1}) og de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al (71 µg L^{-1}) av alle de ti regionene. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat (189 µg N L^{-1}) som en konsekvens av høy N-deposisjon i denne regionen. 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 (61%) fra 1986 til 2005, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer < -50 µekv L^{-1} til nivåer opp mot 0 µekv L^{-1}, men er fremdeles negativ i 2005 (-6 µekv L^{-1}). Labilt Al viser nedgang fra konsentrasjoner > 165 µg L^{-1} i perioden 1986-1994 til < 100 µg L^{-1} fra 1998-2005. Den laveste gjennomsnittsverdien på 57 µg L^{-1} ble registrert i 2004. Nitrat viser nedgang og konsentrasjonene i 2004 og 2005 er de laveste som er registrert i overvåkingsperioden. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 (<2,3 mg C L^{-1}), enn perioden 1995-2004 (2,3-3,0 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. Nedbørsmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca 0,4-0,5 mg L^{-1}) og TOC (1,5 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 62% fra 1986 til 2005. Det har bare vært små endringer i sulfatkonsentrasjonen siden 1997, men den laveste observasjonen så langt er registrert i 2004 (13 µekv 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 2005 var gjennomsnitts ANC 8 µekv L^{-1}. Siden 1996 har pH vært > 5,4, og 2003 har den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,73). Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var > 30 µg L^{-1} før 1993 og < 15 µg L^{-1} siden 2000. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig 118 µg N L^{-1} i 2005) av samme grunn som i regionen Sørlandet Vest (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon av nitrogen). Det er en svak nedgang i nitrat i denne regionen, men TOC viser ingen trend.

Vestlandet – Nord (region VII)
Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensnings-belastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene (Ca < 0,3 mg L^{-1}). Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (53%, fra 18 til 10 µekv L^{-1}), og dette har resultert i markerte endringer i forsuringskjemien. ANC har økt fra < -10 før 1991 til > 0 µekv L^{-1} etter 2002, mens pH har økt fra < 5,2 før 1991 til > 5,4 etter 2002 og labilt Al har avtatt fra nivåer > 25 µg L^{-1} til < 10 µg L^{-1} i løpet av de siste 10 årene. Nitrat og TOC viser ingen trender i denne regionen.

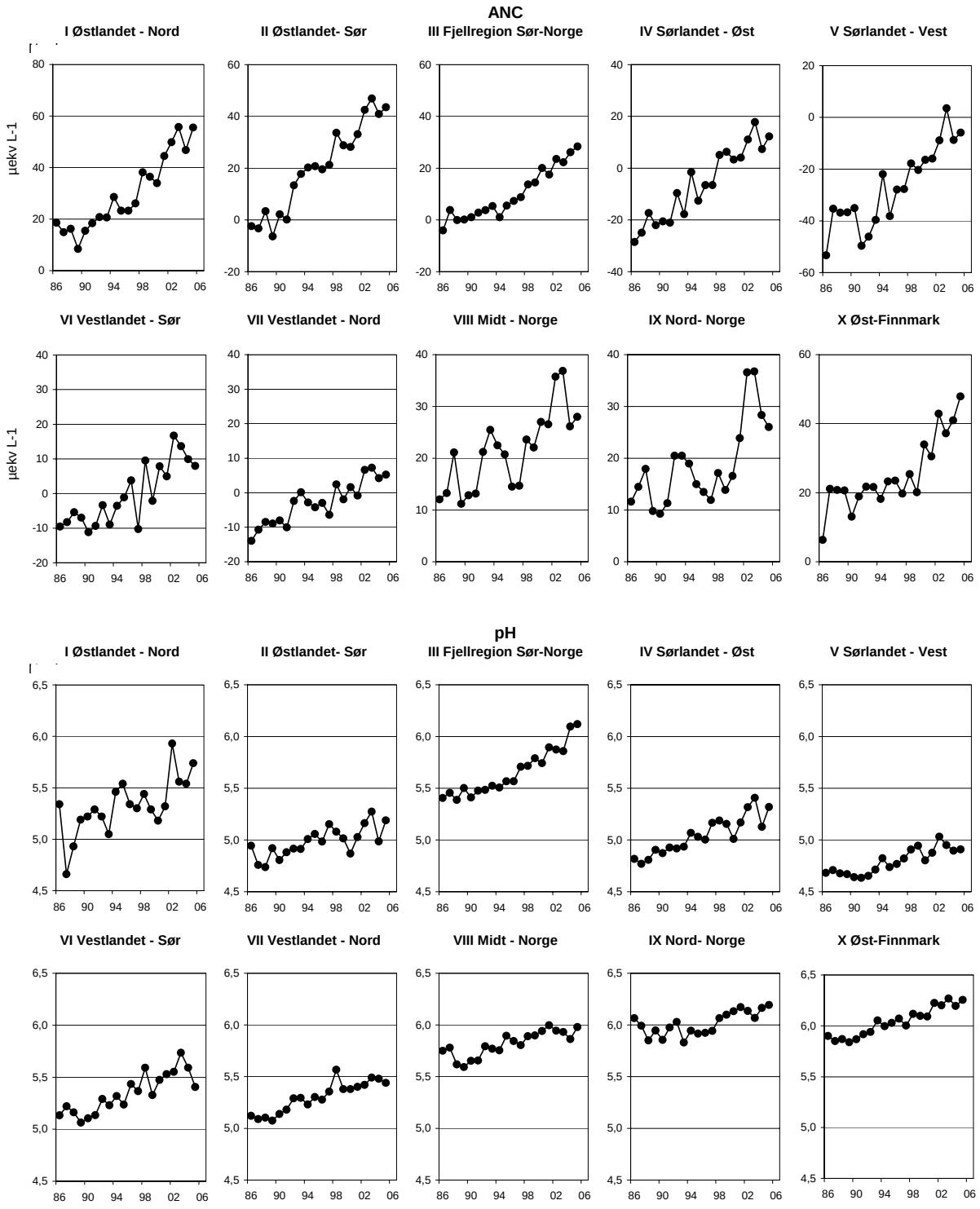
Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)
Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå 8-10 µekv 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 µekv 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 nikkel. 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 2005. 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 forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært > 6 og er i 2005 6,26. Dette viser at pH har en økende trend. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 34% fra 1986 til 2005. De tre siste årene har gjennomsnittsverdien av sulfat vært stabil på 47-48 µekv L^{-1}.



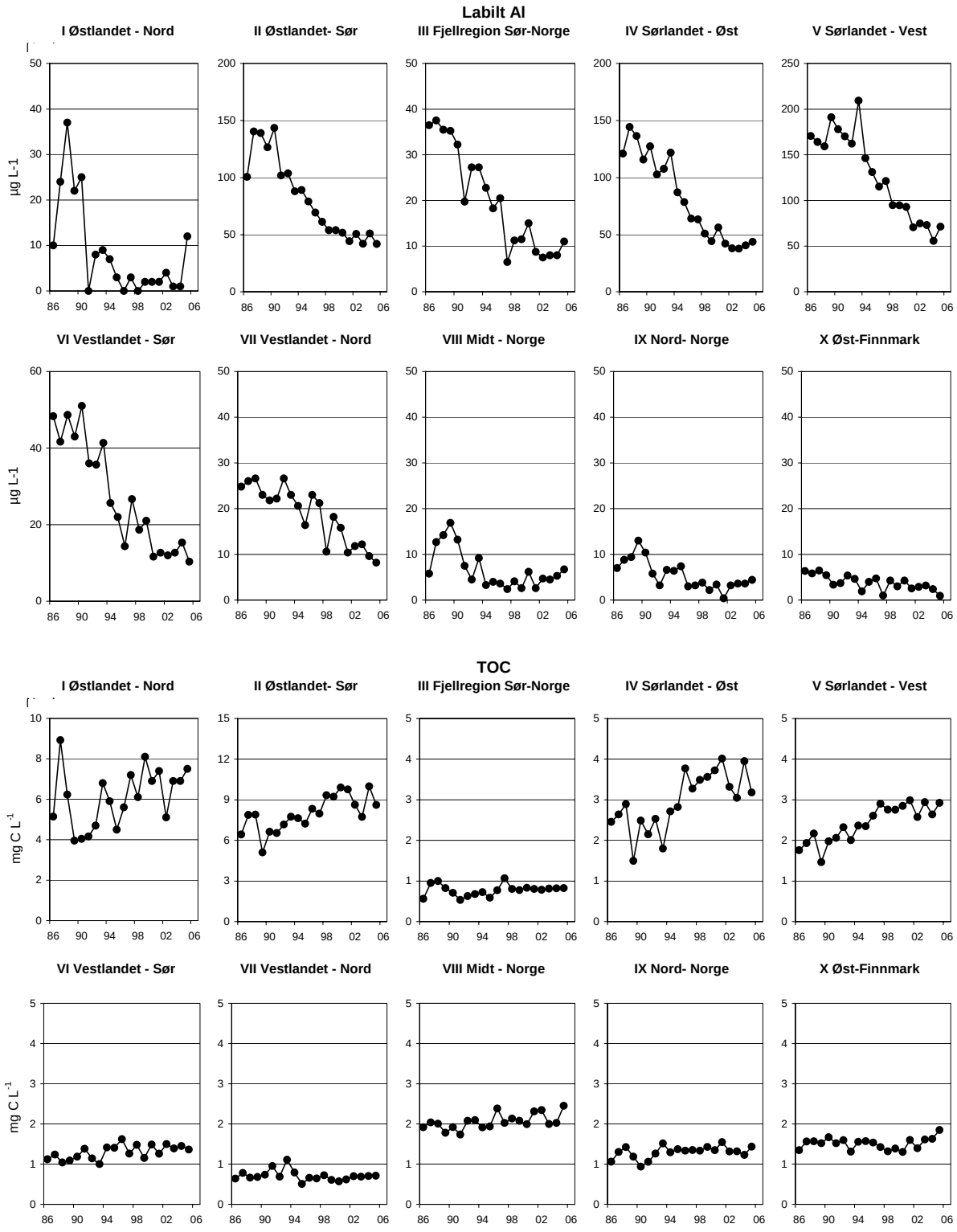
Figur 15. Trender for perioden 1986-2005 for ikke-marin sulfat og nitrat for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på nitrat-figuren.

Figure 15. Trends for 1986-2005 in non-marin sulphate and nitrate in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for the lower panel.



Figur 16. Trender for perioden 1986-2005 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser for ANC.

Figure 16. Trends for 1986-2005 in ANC (acid neutralizing capacity) and pH in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for upper panel.



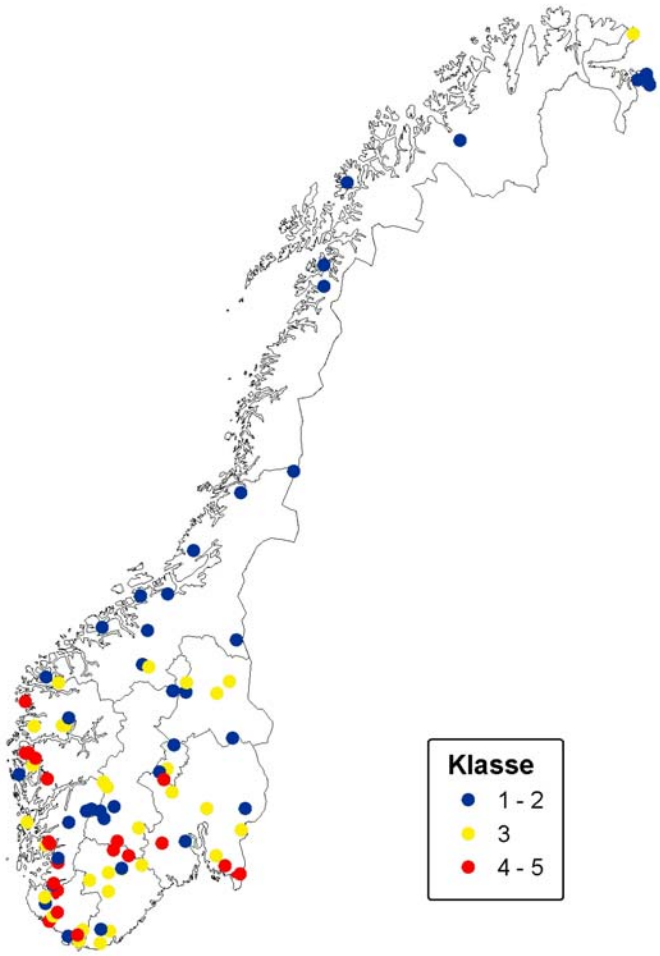
Figur 17. Trender i LAl (labilt uorganisk (bundet) aluminium) og TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2005 for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene for labilt Al.

Figure 17. Trends for 1986-2005 in labile Al and TOC in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for the upper panel.

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 forsuringssituasjonen er fremdeles alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - sterkt forsuringsskadet) (Figur 18). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene ubetydelig til litt skadet, men det finnes også lokaliteter som er moderat skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de flest tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også enkelte innsjøer som vurderes til litt forsuringsskadet.



Figur 18. Kart med angivelse av forsuringsskader basert på bunndyr og planktoniske og littorale krepsdyr (innsjøer) fra siste undersøkelsesår. Klasse 1-2: ingen/ubetydelig til litt forsuringsskadet, klasse 3: moderat forsuringsskadet, klasse 4-5: sterkt til svært sterkt forsuringsskadet.

Figure 18. 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/insignificant – slightly damaged, 3: moderately 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 2005 ble det samlet inn prøver fra fem vassdrag. Ogna ble ikke prøvetatt. Resultatene viser at forsuringsbildet hadde forverret seg i Farsund. Situasjonen i de andre undersøkte vassdragene var omlag som året før. Sammenlignet med situasjonen tidlig på 1990-tallet har alle vassdragene er skadene på bunndyrfaunaen redusert. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er også blitt mindre i de senere år.

Sørlandet - Vest (region V)
Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsuringsskadet i perioden 1981-1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men deler av området må fortsatt karakteriseres markert forsuringsskadet. Undersøkelsene ved Farsund i 2005 viser en sterk tilbakegang i den positive trenden som har vært i de senere år (Figur 19). Hovedårsaken til dette er at bestandene av den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* ble slått ut, sannsynligvis av sjøsaltepisoder. Dette er kommentert nærmere senere i dette kapitlet. Forsuringsindeks 1 hadde størst tilbakegang om høsten, fra 0,86 i 2004 til 0,50 i 2005. Sammenlignet med perioden fram til tidlig på 1990-tallet har flere moderat følsomme arter etablert bestander i lokalitetene. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p<0,001$) av forsuringsindeksen i Farsundområdet i de årene overvåkingen har pågått.

I Ognavassdraget ble det opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking i 1991, da deler av det opprinnelige stasjonsnettet ble kalket. Undersøkelsene i 2004 viste at forsuringsbildet har stabilisert seg på et betydelig bedre nivå enn tidlig på 1990-tallet. Vassdraget ble ikke prøvetatt i 2005.

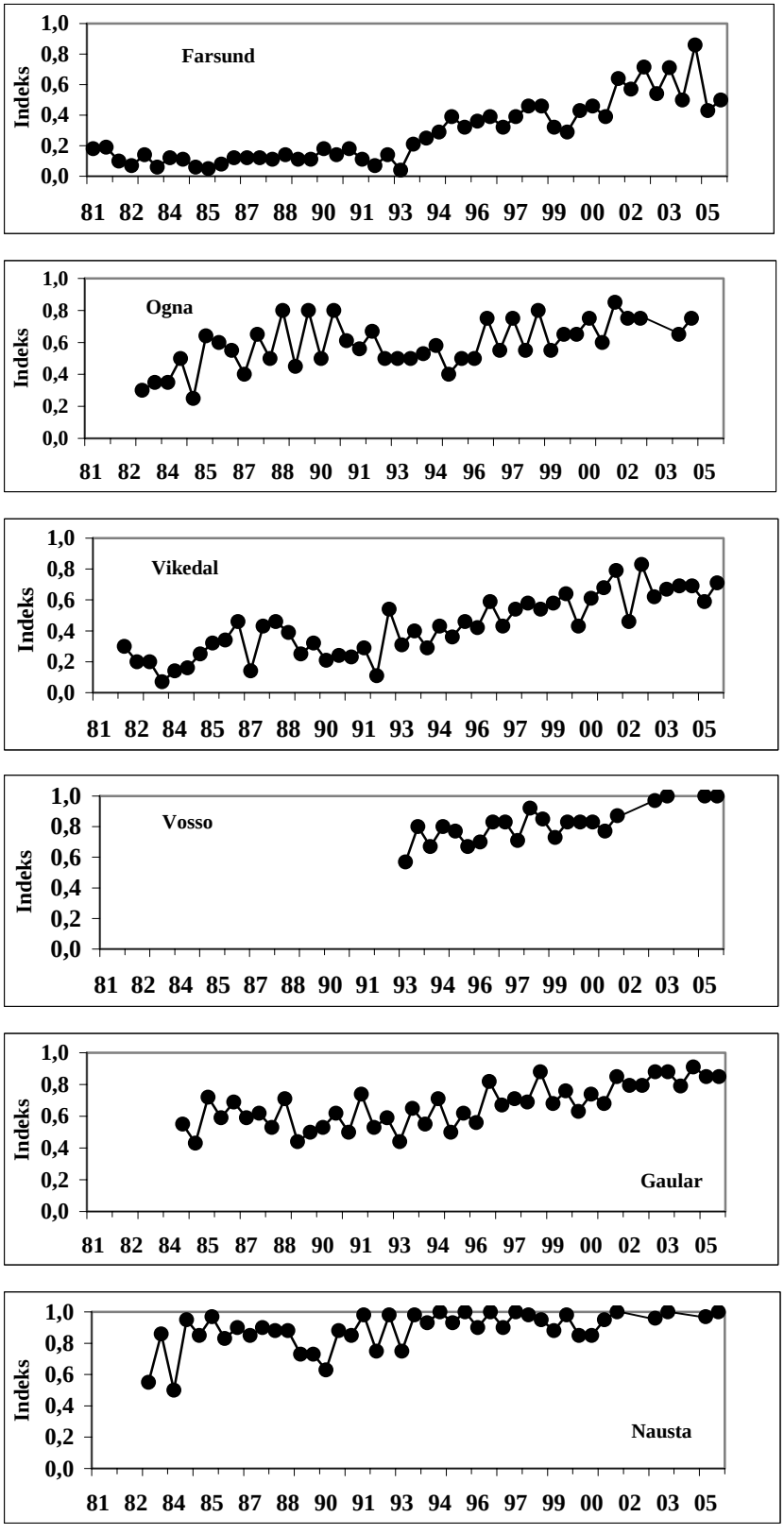
Vestlandet - Sør (region VI)
Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsuringsskader i deler av nedbørfeltet. Det var bare små forskjeller i skade mellom vår og høst. I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling som startet rundt 1990 (Figur 19). Vassdraget har refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuringsfølsomme 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 Vikedalvassdraget.

Vestlandet - Nord (region VII)
Vossovassdraget er kalket i den nedre delen, og stasjonsnettet i overvåkingsprogrammet omfatter 15 stasjoner i den ukalkede delen av vassdraget. Her er det tatt bunnprøver vår og høst fra 1993. I Vosso viste prøvetakingen i 2005 at vassdraget har stabilisert seg på et godt nivå. Forsuringssituasjonen er betydelig bedre enn den var da overvåkingen startet i 1993. Dette skyldes først og fremst etablering av forsuringsfølsom fauna i den øvre delen av Raundalselva. Dette vassdragsavsnittet har tidligere vært betydelig skadet. Overvåkningen i 2005 viste blant annet at den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* hadde etablert på alle stasjonene i Raundalselva. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p<0,001$) av forsuringsindeksen i Vossovassdraget.

Gaularvassdraget har fortsatt forsuringsskader i Eldalen, men de har avtatt i de senere år. I 2005 var forsuringsindeksen 0,85 både vår og høst, omtrent som i de seneste år (Figur 19).

Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsamfunn, med gode innslag av forsuringssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.

Naustavassdraget har hatt en tilfredsstillende utvikling med hensyn på forsuringsskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983, og kan betegnes som det minst forsurede av overvåkingsvassdragene (Figur 19). Bunndyrsamfunnene i de nedre, lakseførende deler av vassdraget hadde en normal sammensetning uten tegn på forsuringsskade.



Figur 19. Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

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

Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer
Østlandet – Nord (region II)
Atnsjøen og Stortjørna ble undersøkt i 2005. I Atnsjøen ble det registrert 2 arter av snegl og 7 døgnfluer hvorav 2 er sterkt - og 3 arter er moderat følsomme for surt vann. Tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* var høy på de lokalitetene som egnet seg for arten. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre var det registrert 10 arter av steinfluer. Blant disse var de fleste kjente forsuringsfølsomme taksa til stede. Det ble videre påvist 11 arter av vårfluer. To av disse er kjent for å være sensitive for surt vann. I Atnsjøen er også polyppdyret *Hydra sp*. registrert, en dyregruppe som regnes som følsom. Videre ble det også registrert følsomme krepsdyr, *Daphnia* sp., i roteprøvene. Resultatet 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 forsuringsbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsuringsskade tidligere. I 2004 ble *B. rhodani* ikke registrert, mens arten var sporadisk tilstede i 2005, noe som er positivt. Variasjon i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Det ble registrert to taksa av moderat følsomme steinfluer. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Stortjørna inneholdt imidlertid relativt mange småmuslinger som er noe følsomme for surt vann. Lokaliteten karakteriseres som noe skadet av forsuring og er ustabil med hensyn på dette.

Østlandet – Sør (region II)
I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, Langvatn og Bredtjern undersøkt. Resultatene fra disse innsjøene viser ingen nevneverdige endring i status sammenlignet med foregående år. Den økologiske statusen i Ø. Jerpetjern ble vurdert som henholdsvis moderat (våren) og dårlig (høsten). Vårprøven inneholdt den moderat følsomme døgnfluen *Siphlonurus sp*., og et individ av *Pisidium* sp.. Ingen følsomme taksa ble funnet om høsten. Faunasammensetningen var derfor uendret fra foregående år. I Langtjern ble det påvist *Pisidium sp*. og hvileegg av *Daphnia* sp.. Den moderat følsomme vårfluen *Sericostoma personatum* ble registrert i 2004. Den ble ikke gjenfunnet i 2005. Registreringene i 2005 viste imidlertid liten endring i forsuringsstatus fra tidligere år. Innsjøen har variert fra moderat til sterkt skadet og resultatene fra 2005 ga ingen endring av dette bildet. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. Denne situasjonen har vært stabil i overvåkingsperioden. Samlet sett har forsuringsstatusen for regionen ikke endret seg.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn, Heddersvatn, Store Krækkja, Stavsvatn og Urdevatn. I Heddersvatn ble det funnet ett moderat følsomt taksa, dvs. ett mindre enn i 2004. Tidligere ble det registrert flere følsomme taksa i innsjøen. Utviklingen de siste årene har derfor tendert i negativ retning, men forsuringsstatusen er ikke endret. I Rondvatn forekom det 7 følsomme taksa av bunndyr. Dette er i samsvar med registreringene fra tidligere år. Det ble registrert sterkt følsomme døgnfluer som *Baetis rhodani* og *B. subalpinus* og fire arter følsomme steinfluer. Innsjøens forsuringsstatus er derfor ikke endret sammenlignet med tidligere. Littoralsonen i Rondvatn har færrest følsomme taksa og manglet de mest følsomme artene. Dette skyldes neppe forsuring, men svært lav produktivitet grunnet ionefattig vatn. Innløpsbekken til innsjøen har flest følsomme taksa og det høyeste individantallet. Våre registreringer viser at mange følsomme taksa av insekter kan forekomme i meget tynn vannkvalitet. I Store Krækkja ble det bare påvist en moderat følsom steinflue. Prøvene inneholdt svært få taksa noe som kan skyldes ugunstig tidspunkt for innsamling, på et tidspunkt hvor mange insekt har flyveperiode. Tidligere innsamlinger i lokaliteten til andre tidspunkt har imidlertid gitt tilsvarende forsuringsstatus som i 2005. Prøvene fra Stavsvatn ble

tatt i midten av august. Mangelen på døgnfluer og steinfluer kan sannsynligvis til en viss grad tilskrives innsamlingstidspunktet. Stavsvatn har tidligere vært sterkt forsuringsskadet, men har enkelte år hatt innslag av moderat følsomme taksa. Prøvene fra 2005 viser ingen endring av forsuringsskaden. I Urdevatn ble prøvene også samlet inn i august. Her ble det imidlertid påvist til sammen 5 følsomme taksa; to flatormer, to døgnfluer og en steinflue. Faunaen viste et lite skadet samfunn tatt i betraktning at innsjøen er svært ionefattig. I 2000 ble det påvist tre følsomme taksa i et moderat antall. Resultatene fra 2005 viser både flere følsomme taksa og flere individ. Dette tolkes dette en utvikling mot et mindre forsuringsskadet samfunn.

Sørlandet - Øst (region IV)
I region IV ble Bjorvatn, Lille Hovvatn og Sognevatn undersøkt. I Bjorvatn er det tidligere bare påvist taksa som er tolerante for surt vatn med unntak av 2002 hvor det ble registrert småmuslinger. I senere år er ikke muslingene gjenfunnet og innsjøen fremstår som meget sterkt forsuringsskadet også i 2005. I Lille Hovvatn ble det heller ikke påvist noen følsomme taksa og faunaen indikerer svært sterk forsuringsskade. For noen år tilbake ble det påvist sporadisk forekomst av småmuslinger. Den moderat følsomme døgnfluen, *Siphlonurus* sp. har også vært registrert i lokaliteten. Fravær av disse artene i senere år indikerer at forbedringen i forsuringsstatus har stoppet og at tilstanden nå har blitt dårligere. I Sognevatn ble det funnet 7 følsomme taksa om høsten i 2004. I 2005 var antallet økt til 12 følsomme taksa med *B. rhodani* og to arter av *Hydropsyche* som de viktigste. Registreringene er hovedsakelig gjort i utløpet. Innløpet inneholdt et lavt antall moderat følsomme døgnfluer og skiller seg markert ut fra utløpselva som reflekterer vannkvaliteten i vatnet. I selve vatnet ble det også påvist svært følsomme døgnfluer, en positiv endring sammenlignet med 2004. Sognevatnet og utløpselva er lite forsuringsskadet og økningen i antall følsomme taksa er svært positivt. Den lave forekomsten av følsomme organismer i innløpet tyder på en moderat skade, og at forsuringsstatus er dårligere for innløpet enn for de øvrige stasjonene.

Sørlandet - Vest (region V)
I region V ble det undersøkt 8 innsjøer. I Saudlandsvatn, som undersøkes årlig, ble det i 2005 påvist 9 følsomme taksa mot 8 i 2004. Den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* har hatt en positiv bestandsutvikling i årene 2001 - 2004. I 2005 ble ingen individ registrert verken om våren eller høsten. Dette viser at forekomsten av de mest følsomme taksaene fortsatt er meget ustabil og at små vannkjemiske endringer kan slå disse ut igjen. Alle de følsomme taksaene i Saudlandsvatn i 2005 tilhørte derfor gruppen moderat følsomme. Den økende andelen av følsomme organismer er positiv og viser at det biologiske mangfoldet utvikler seg i positiv retning. Alle artene som har kommet tilbake er forventet, men fortsatt mangler det mange som finnes i uforsurede lokaliteter. Arter som ble registrert for første gang i 2004 ble registrert på ny i 2005. I Ljosvatn ble det ikke registrert følsomme bunndyr i 2005. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forsuringsskadet slik situasjonen har vært i hele overvåkingsperioden. I Lomstjørni ble det funnet 5 følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Antall følsomme individer er relativt lavt, men lokaliteten fremstår nå som lite forsuringsskadet. Det skal påpekes at alle habitatene inneholder følsomme organismer. Resultatene fra innsjøene som undersøkes årlig i region V indikerer en økning i biologisk mangfold. De fleste av de øvrige innsjøene som er undersøkt i 2005 fremstår som sterkt skadet. Den minste skaden er funnet i Djupingsvatn som kan karakteriseres som moderat til lite skadet. Dernest kommer Stakkheitjørna og Vestre Flogevatn som begge hadde kun en moderat følsom art som forekom i lave tettheter. I Indre Espedalsvatn og Rundavatn ble det ikke påvist følsomme taksa utenom småmuslinger. Forsuringen og skadene på faunaen er derfor fortsatt sterk i lokaliteter med lav bufferevne.

Vestlandet - Sør (region VI)
I region VI ble Røyravatnet undersøkt i 2005. Etter mange år med sterk forsuringsskade, viste Røyravatnet i 2003 og 2004 tegn til en begynnende gjenhenting av bunndyrfaunaen. I 2004 ble flere moderat følsomme bunndyrtaksa registrert i lokaliteten. Noen av disse, som steinfluen *Diura nanseni* og vårfluen *Lepodostoma hirtum,* ble gjenfunnet i 2005. Den negative utviklingen som ble snudd i ved århundreskiftet, synes derfor å holde seg selv om antall følsomme taksa var noe færre i 2005. Røyravatn synes nå å føye seg til den generelle positive utviklingen for regionene, se elveundersøkelsene.

Vestlandet - Nord (region VII)
I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølsvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn var svært sterkt forsuringsskadet frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat følsomme bunndyrarter i lokaliteten. I 2004 ble det registrert to følsomme steinfluer, *D. nanseni* og *Isoperla sp*. I 2005 ble derimot en følsom døgnflue, *Siphlonurus sp*. også registrert i tillegg til *Isoperla sp*. I Svartetjern ble det bare påvist tolerante arter. Den følsomme vårfluen *Apatania* sp. som ble registrert i 2004 ble ikke gjenfunnet. Forekomst av enkelte følsomme arter fra år til annet tyder på at vatnet er i positiv utvikling. Nystølvatn hadde en periode med sterk skade i årene 2000 og 2001. Etter dette viser vatnet tegn til forbedring, med årlige registreringer av moderat følsomme bunndyr. Fra 2003 er det årlig registrert fire moderat følsomme taksa. Nystølsvatn er ionefattig og er følgelig svært følsom for forsuring. Den stabile forekomsten av moderat følsomme taksa de siste årene indikerer en positiv utvikling.

Midt-Norge (region VIII)
I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. I 2005 ble det i tillegg undersøkt 6 sjøer. Svartdalsvatn er artsfattig. Det ble påvist to taksa av døgnfluer, begge forsuringsfølsomme, 6 taksa av steinfluer hvorav 3 er følsomme, mens det var to tolerante vårfluer. Andelen av følsomme taksa er høy og indikerer lav eller ingen forsuring. Av de seks andre undersøkte innsjøene var også Blæjevatn, Skjerivatn og Øvre Neådalsvatn artsfattige. Blæjevatn og Skjerivatn hadde begge to følsomme taksa. Siden de også inneholdt svært få tolerante taksa, vurderer vi lokalitetene som lite forsuret. I Øvre Neådalsvatn var alle påviste døgnfluer og steinfluer følsomme, mens de registrerte taksaene av vårfluer var tolerante. Faunaen viser lav eller ingen forsuringsskade. Skardvatn inneholdt flere taksa enn sjøene nevnt foran. Det forekom to følsomme taksa, mens antall tolerante var 12 blant døgn-, stein- og vårfluer. Innsjøen fremstår som en av de mest truede, men den kan ikke bedømmes som skadet. Lundalsvatn og Songsjøen har begge en rik fauna. Antall følsomme taksa var henholdsvis 9 og 11 og indikerer ingen forsuringsskade. Forekomsten av en lang rekke tolerante arter i tillegg til de følsomme viser at lokalitetene er forholdsvis produktive. En vurdering av innsjøene i 2005 indikerer at det er lav eller ingen foruringsskade i regionen.

Nord-Norge (region IX)
I region IX er Nedre Kaperdalsvatn undersøkt siden 1999. I likhet med andre næringsfattige innsjøer i region IX, var antall registrerte taksa og individer lavt i Nedre Kaperdalsvatn. I 2004 ble det registrert en moderat forsuringsfølsom vårflue, *Apatania* sp., i lokaliteten, mens det i 2005 ble påvist to følsomme taksa av døgnfluer. Dette indikerer lav eller ingen forsuring av Nedre Kaperdalsvatn. Lokaliteten fremstår for øvrig som meget næringsfattig noe som kan forklare den artsfattige faunaen. Dette tilsier også at innsjøen er svært følsom for surt nedfall og det vil være vanskelig å skille effektene av eventuell forsuring fra virkningen av lav produktivitet. Sjøen har tidligere vært vurdert som moderat forsuret, men for 2005 vil vi karakterisere den som lite skadet.

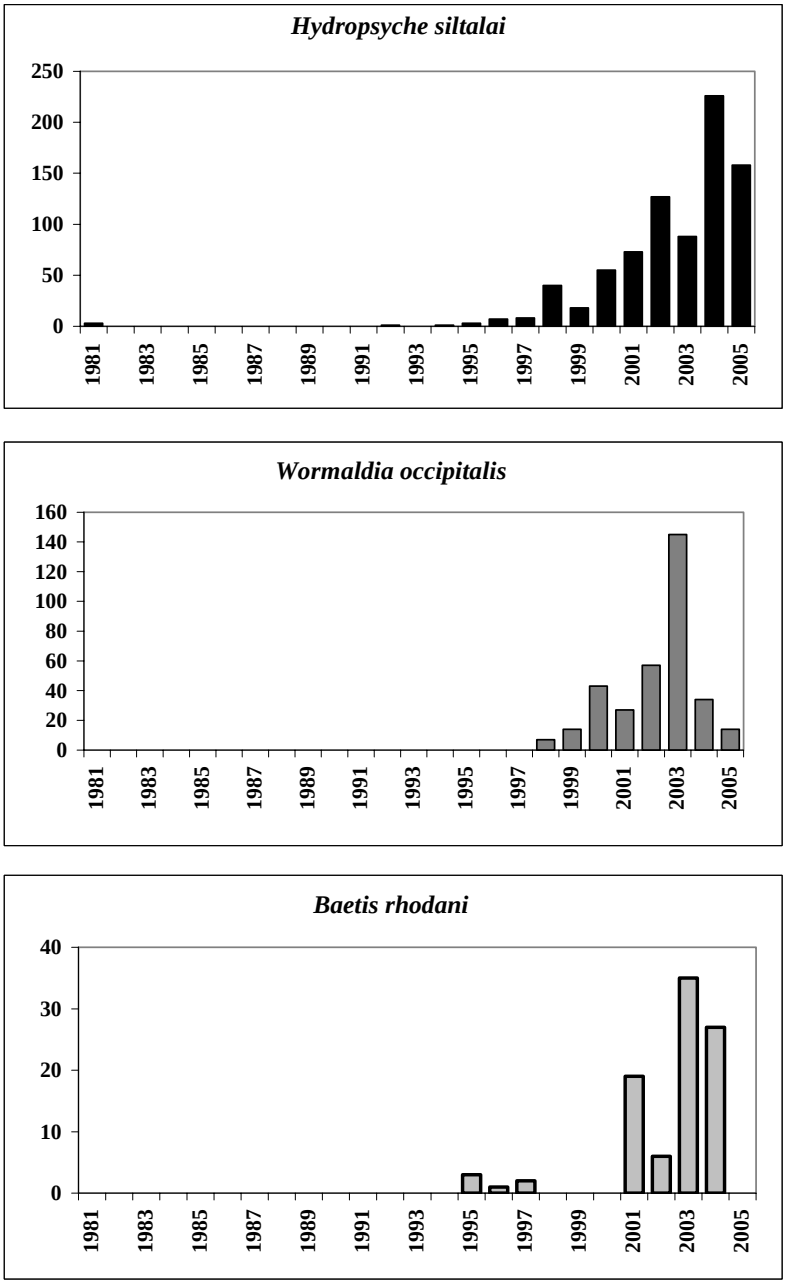
Øst-Finnmark (region X)
I region X ble kun Dalvatn undersøkt i 2005. Vatnet undersøkes årlig, og har i de senere år hatt indeks 2 verdier > 1, dvs. liten eller ingen skade. I 2005 ble det bare funnet moderat følsomme bunndyr. Sammenlignet med tidligere år er dette en forverring. Det har i mellomtiden vært skifte av prøveinnsamler. Vi tror ikke at fraværet av de mest følsomme bunndyrene kan skyldes innsamlingen siden mengden og kvaliteten på bunndyrene i prøvene ikke avviker fra tidligere innsamlinger. Dette kan indikere at forsuringen har økt i området. Dersom fraværet av de mest følsomme bunndyrene fortsetter i kommende år, forsterkes indikasjonen på økt forsuring og skade av området.

Trender
En del av elvene og innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn (region IV) 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 *Siphlonurus* sp. Begge taksaene har blitt tallrike i S. Hovvatn etter kalking, mens de ikke er gjenfunnet de siste årene i Lille Hovvatn. Dette indikerer at en svak bedring rett før århundreskiftet har stanset med tilbakeslag for faunaen. Det er derfor ingen stabil bedring i denne meget sterkt forsurede lokaliteten.

Saudlandsvatn, som ligger i region V, har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært meget positiv fra 1990. Både antall taksa og individer har økt etter 2000. I 2005 ble det registrert åtte følsomme taksa i Saudlandsvatn, det samme som i 2004. Dette viser at det biologiske mangfold i lokaliteten er økende. Vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Wormaldia occipitalis* er eksempler på følsomme arter som kom tilbake i siste halvdel av nittitallet i bekkelokaliteter nær Saudlandsvatn (Figur 20). Et annet eksempel finner vi i den sterkt forsuringsfølsomme døgnfluen *Baetis rhodani* (Figur 20). Denne arten dannet en midlertidig bestand i perioden 1995 - 1997, for så å forsvinne i 1998. Den ble registrert på nytt i årene 2001 - 2004. I 2005 ble *B. rhodani* ikke funnet i prøvene. Dette kan, som tidligere nevnt, være forårsaket av sure episoder i forbindelse med sjøsaltepisoder. Dette viser at vannkvaliteten foreløpig er for ustabil for de mest følsomme artene. Moderat følsomme arter viser derimot en mer stabil bedring.

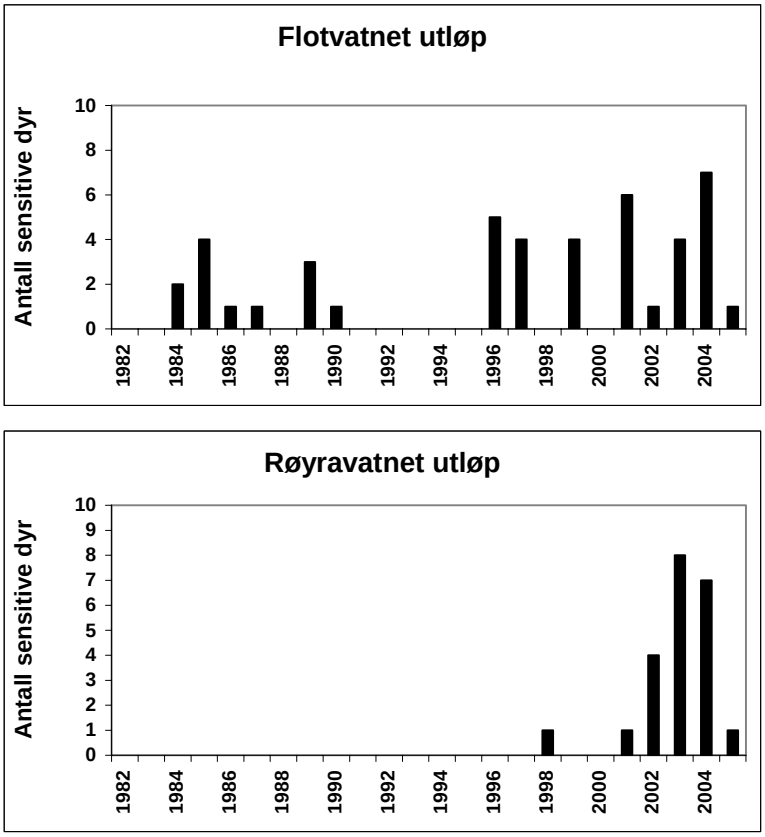
I region VI har utløpselvene fra Flotavatn og Røyravatn inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotavatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forsuringsfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (Figur 21). Døgnfluen *B. rhodani* ble påvist i lokaliteten i 2001. Forsuringsnivået i lokaliteten er ennå ikke akseptabelt. Det biologiske mangfoldet i lokaliteten vil øke dersom vannkvaliteten bedres. Bunndyrfaunaen i elva fra Røyravatn har vist at lokaliteten var sterkt forsuret i perioden 1982 – 1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (Figur 21), med en redusert forsuringsskade og økning i biologisk mangfold. Det er observert ulike moderat følsomme arter her, men forløpig ingen sterkt følsomme arter.

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



Figur 20. Antall registrerte individer av vårfluene Hydropsyche siltalai *og* Wormaldia occipitalis *samt døgnfluen* Baetis rhodani *i Saudlandsområdet, Farsund i perioden 1981 – 2005.*

Figure 20. Total number of the caddisflies Hydropsyche siltalai *and* Wormaldia occipitalis *and the mayfly* Baetis rhodani *in the Saudland area, Farsund during 1981 – 2005.*



Figur 21. Forekomst av forsuringssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotavatnet og Røyravatnet, Vikedal, i perioden 1982-2005.

Figure 21. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotavatnet and Lake Røyravatnet, Vikedal, in the period 1981-2005.

I tidligere rapporter er det påpekt at det er blitt registrert flere igler i lokaliteter på Sørlandet. Dette er en region hvor kun en igle, blodigle, er oppført som sikker for regionen, mens de øvrige iglene er angitt med usikker forekomst jfr Fauna Norvegica (Aagaard og Dolmen 1996). Dyregruppen har trolig vært sparsomt utbredt på Sørlandet tidligere, noe som kan skyldes forsuring. Vi har indikasjoner på at iglene er moderat følsomme for surt vann, mens noen av deres viktigste næringsorganismer, som f. eks. snegl, er meget følsomme. Overvåkingen har tidligere vist at iglene *Helobdella stagnalis, Erpobdella octoculata* og *Theromyzon tessulatum* har blitt vanlige i flere lokaliteter på Sørlandet. Denne utviklingen har holdt seg i 2005 og tolkes som en positiv effekt av redusert forsuring både på iglene og på viktige næringsdyr.

5.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2005 registrert 63 arter av planktoniske og littorale krepsdyr, hvorav 39 arter vannlopper (Cladocera) og 24 arter hoppekreps (Copepoda; cyclopoide og calanoide). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forsuring. Eksempler på forsuringsfølsomme 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 8 og 41. 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 forsuringsskadete lokalitetene vil det være få forsuringsfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsuring, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longsipina* 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 uforsurete innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsuringsfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forsurete lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsuringsskadet krepsdyrsamfunnet er.

Østlandet – Nord (region I)
Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og littorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen er region I angitt som moderat forsuringsskadet (klasse 3). Skadeomfanget varierer betydelig og for enkeltsjøene i regionen vurderes skadene som ubetydelig/liten til stor. Fire av innsjøene i region I ble undersøkt på nytt i 2002. For to av de tre forsurete innsjøene utgjorde moderat forsuringsfølsomme arter en større andel i 2002 sammenlignet med 1998 mens negative endringer ble registrert for den tredje innsjøen. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forsuringsskader mens Stortjørna (Engerdal) er moderat forsuret og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Antall arter er generelt noe høyere fra 2002 sammenlignet med tidligere år. Undersøkelsene gir så langt kun svake tegn på en positiv utvikling i forsuringssituasjonen i region I.

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 1996-2005. Basert på en samlet vurdering av krepsdyrfaunaen er forsuringsskadene i region II vurdert som moderat til stor (klasse 3-4). For enkeltlokaliteter vurderes forsuringsskadene som liten til stor. Antall arter og andel forsuringsfølsomme 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 forsuringsfølsom, ble registrert i tre av innsjøene i 2002. Samtidig utgjorde den forsuringstolerante vannloppen *Alona rustica* en større andel av krepsdyrfaunaen i mange av innsjøene. Tilsvarende er også registrert for andre innsjøer på Østlandet. Det blir derfor antatt at forskjellene mellom 1998 og 2002 skyldes andre forhold enn forsuring. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer gjør at 2002 skiller seg fra de øvrige årene i overvåkingsperioden. For fire av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra seks til ti år i løpet av perioden 1996-2005. I Bredtjenn (Aremark), en av de mest forsuringsskadete innsjøene i denne regionen, gikk andelen av den svært forsuringstolerante vannloppen *Bosmina longispina* noe tilbake i perioden 2001-2004 mens

hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis*, som er noe mer følsom, viste en tilsvarende økning. Denne endringen i dominansforholdet mellom to vanlig forekommende arter kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. I 2005 var imidlertid andelen *E. gracilis* lav sammenlignet med tidligere år. 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 perioden 2003-2005, og på samme nivå som i 1977, sammenlignet med perioden 1998-2002. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har økt i løpet av overvåkingsperioden. Fra 2002 er artsantallet for 3 av 4 år høyere enn årene fram t.o.m. 2001. 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)

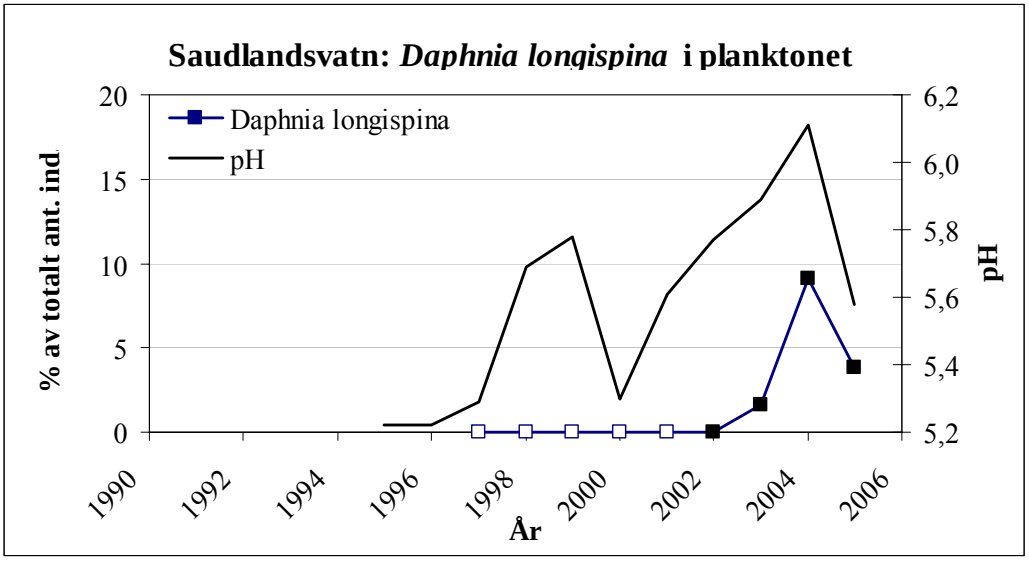
Region III ble undersøkt i 2000 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 33 (11 lok.) og 29 (6 lok.). Totalt er det registrert 41 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2005. Andel forsuringsfølsomme arter varierte omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Rondvatn og Fremre Illmannstjern. Samlet er region III vurdert som litt til moderat forsuringsskadet (klasse 2-3) basert på krepsdyrsamfunnene. For enkeltsjøene i regionen er forsuringsskadene vurdert som ubetydelig/liten til stor. Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2005. 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 har erstattet den mer forsuringstolerante *Acanthocyclops vernalis* og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Rondvatn synes å være naturlig artsfattig pga. dårlig utviklet littoralsone samt lave ione-konsentrasjoner. 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. Tre av innsjøene inngikk også i overvåkingen i 2005. Andelen forsuringsfølsomme arter var lav i 2005 sammenlignet med tidligere år. Innsjøene vurderes ikke som forsuringsskadet og forskjeller i krepsdyrfaunaen mellom år 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 1996-2005. Samlet er region IV vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og forsuringsskadene er vurdert som liten til stor for enkeltsjøene. Fra syv av lokalitetene fins det krepsdyrdata fra flere år siden overvåkingen startet i 1996. Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn (Birkenes) er moderat forsuringsskadet. De siste årene, særlig fra 2003, er det kommet inn flere moderat forsuringsfølsomme arter av småkreps som tidligere ikke er registrert i innsjøen. Tettheten av disse er lav og samtidig har tettheten av andre forsuringsfølsomme arter gått noe tilbake. Samlet sett er det derfor ingen klare indikasjoner på endringer i forsuringsstatus. Lille Hovvatn (Birkenes) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre og krepsdyrsamfunnet gir ingen tegn på endringer i forsuringsstatus. Sognevatn (Songdalen/Vennesla) ble i tillegg undersøkt i 1989. Andelen forsuringsfølsomme krepsdyrarter er mer enn fordoblet i 1997-2005 sammenlignet med situasjonen på slutten av

1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet har økt i de senere årene, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. Andelen forsuringsfølsomme arter var imidlertid lav i 2005 sammenlignet med overvåkingsperioden for øvrig. 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.

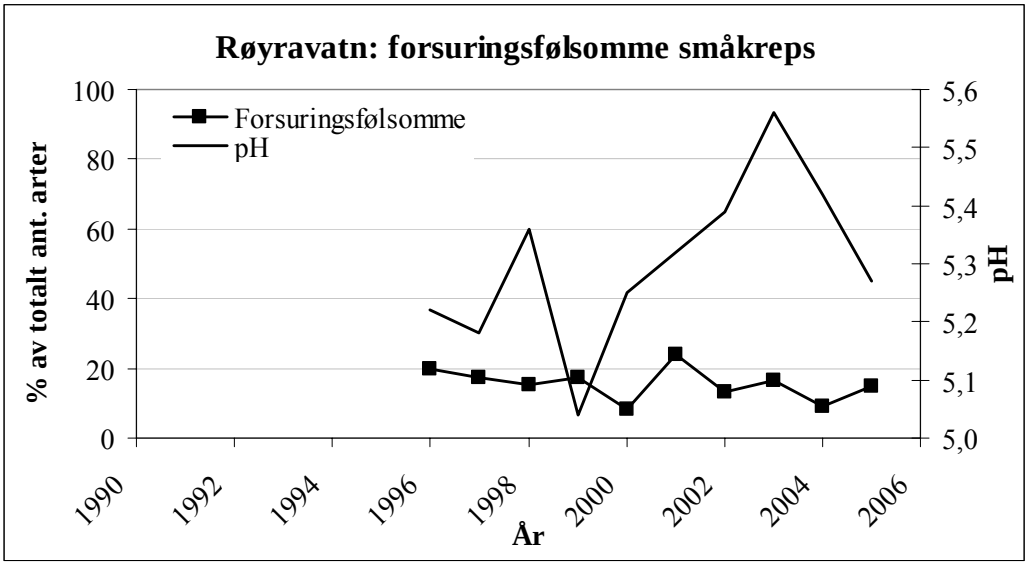
Sørlandet - Vest (region V)
Region V ble undersøkt i 1997, 2001 og 2005. Totalt er det registrert 58 arter (14 lok.) i overvåkingsperioden 1996-2005. Region V er samlet vurdert som sterkt forsuringsskadet (klasse 4) basert på krepsdyrfaunaen. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som litt/moderat til sterkt skadet. Fra åtte av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra både 1997 og 2001 og seks av disse er også undersøkt i 2005. Ytterligere to innsjøer er undersøkt kun i 2001 og 2005. Samlet sett er det en liten økning i relativ forekomst av forsuringsfølsomme arter fra 1997 til 2001 og videre til 2005. 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 22). Også andelen forsuringsfølsomme 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 endring i forsuringsstatus. Ljosvatn hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre mens Lomstjørni vurderes som lite forsuringsskadet.



Figur 22. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen Daphnia longispina i Saudlandsvatn (Reg. V, Sørlandet - Vest) i 1997-2005. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 22. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera Daphnia longispina *recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2005. 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.*

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 43 krepsdyrarter i region VI basert på overvåkingen i perioden 1996-2005. Forsuringsskadene basert på krepsdyrfaunaen er samlet vurdert som moderat til stor (klasse 3-4) og dette er også tilfelle for enkeltsjøene i region VI. Kun en av lokalitetene (Røyravatn 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. Krepsdyrundersøkelsene gir imidlertid ingen tegn på endringer i forsuringssituasjonen i Røyravatn. Tvert i mot indikerer krepsdyrfauaen at situasjonen i 2004 og 2005 var dårlig overvåkingsperioden sett under ett (Figur 23). For de øvrige innsjøene som ble undersøkt både i 2000 og i 2004 antyder 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). Litlevikvatn og Krokavatn i Hjelmeland ble undersøkt i 1997 og 2000, førstnevnte også i 1992, men resultatene gir ingen indikasjon på endringer i forsuringsstatus i denne perioden. Samlet sett vurderes forsuringsstatus for region VI å være uforandret.



Figur 23. Andel (% av totalt artsantall) av forsuringsfølsomme småkreps (Cladocera + Copepoda) i Røyravatn (Reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2005. pH er fra høstprøver.

Figure 23. Relative abundance (% of total numbers) of acid sensitive microcrustaceans (Cladocera + Copepoda) in Lake Røyravatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2005. pH is from samples taken in the Autumn.

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 47 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2005. Samlet er region VII vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forsuringsskadet. Innsjøene i region VII er alle næringsfattige med lave kalsium-konsentrasjoner (0,1 - 1,0 mg Ca L^{-1}). Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata; Markusdalsvatn og Svartetjern (begge

Masfjorden) og Nystølsvatn (Gaular). Andelen forsuringsfølsomme arter er lav i alle innsjøene som for øvrig viser relativt store år til år variasjoner mhp. krepsdyrfaunaen. Resultatene indikerer ingen generell trend når det gjelder forsuringsskader i region VII.

Midt-Norge (region VIII)
Region VIII ble undersøkt i 2001 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 42 (10 lok.) og 48 (7 lok.). Totalt er det registrert 56 arter i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2005. Andel forsuringsfølsomme arter varierte omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Svartdalsvatn, Øvre Neådalsvatn og Skjerivatn. Region VIII er samlet vurdert som ubetydelig til litt forsuringsskadet (klasse 1-2) basert på krepsdyrfaunaen. Klassifisering av den enkelte innsjø varierer fra ubetydelig til sterkt forsuret. Innsjøene i region VIII er alle næringsfattige med lave kalsium-konsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca L^{-1}). Det er derfor sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Årlige undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Andelen forsuringsfølsomme arter var lavere i 2005 enn i 2001 for samtlige lokaliteter som er undersøkt begge år. Dette skyldes sannsynligvis mellom-års variasjoner i klimatiske forhold. Songsjøen (Orkdal) har vært relativt grundig undersøkt i perioden 1991-97 og det er her funnet 8 arter i tillegg til de registreringene som er gjort i forbindelse med overvåkingen i 2001 og 2005. 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 littorale krepsdyr (6 lok.). Region IX er samlet vurdert som litt forsuringsskadet (klasse 2) basert på krepsdyrfaunaen. Situasjonen i de undersøkte innsjøene varierte fra ubetydelig/litt til moderat forsuringsskadet. Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Artsantall og diversitet er naturlig lav i næringsfattige innsjøer. En lokalitet (Nedre Kaperdalsvatn, Tranøy kommune) er undersøkt årlig siden 1999. Krepsdyrfaunaen er artsfattig med dominans av forsuringstolerante arter. *Alona intermedia*, en moderat forsuringsfølsom vannloppe, ble første gang registrert i 2003 med økende dominans i 2004. I 2005 ble imidlertid arten ikke registrert. For øvrig varierer artssammensetningen av krepsdyr relativt mye i Nedre Kaperdalsvatn og det er lite som tyder på en generell endring i forsuringsstatus.

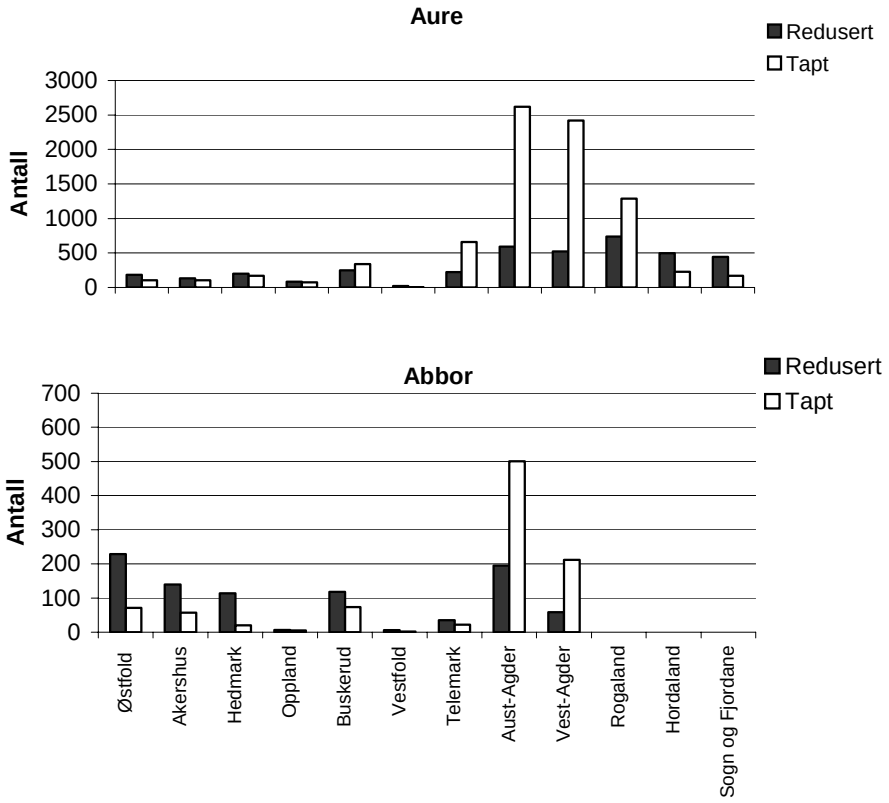
Øst-Finnmark (region X)
Region X ble undersøkt i 2000 og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004. I disse undersøkelsene ble det registrert hhv. 31 (6 lok.) og 24 arter (4 lok.). Totalt er det funnet 40 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2005. Samlet er region X vurdert som litt - moderat forsuringsskadet (klasse 2-3) basert på krepsdyrfaunaen mens de enkelte innsjøene er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt skadet. For to av innsjøene, Otervatn og Første Høgfjellsvatn, er datagrunnlaget ikke tilstrekkelig til å vurdere hvorvidt det har skjedd endringer i forsuringsstatus. Store Skardvatn ble i tillegg til undersøkelsene i 2000 og 2004 undersøkt i perioden 1991-1996. Littorale 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: Krepsdyrfaunaen viser spesielt store avvik i 2004. 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 1991-2005. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten. Andelen av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet viser imidlertid en klar økning siden den første gang ble registrert i 1996. Mengden av andre forsuringsfølsomme arter varierer over år, men var spesielt høy i 2004.

Trender
Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2005 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. Med unntak av innsjøene i region V (Sørlandet – Vest) synes forholdene å være relativt dårlige for krepsdyrfaunaen i 2005, overvåkingsperioden sett under ett. 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 forsurede innsjøer viser i underkant av halvparten av innsjøene enkelte indikasjoner på endringer i positiv retning, særlig fra og med 2001. For tre av innsjøene (Svartetjern, Saudlandsvatn og Dalvatn) er endringen så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av invertebratfaunaen. For flertallet av innsjøene er imidlertid mengden av forsuringsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile. Endringene er foreløpig så små at de har ingen betydning for den samlede vurderingen av forsuringsstatus basert på krepsdyrfaunaen.

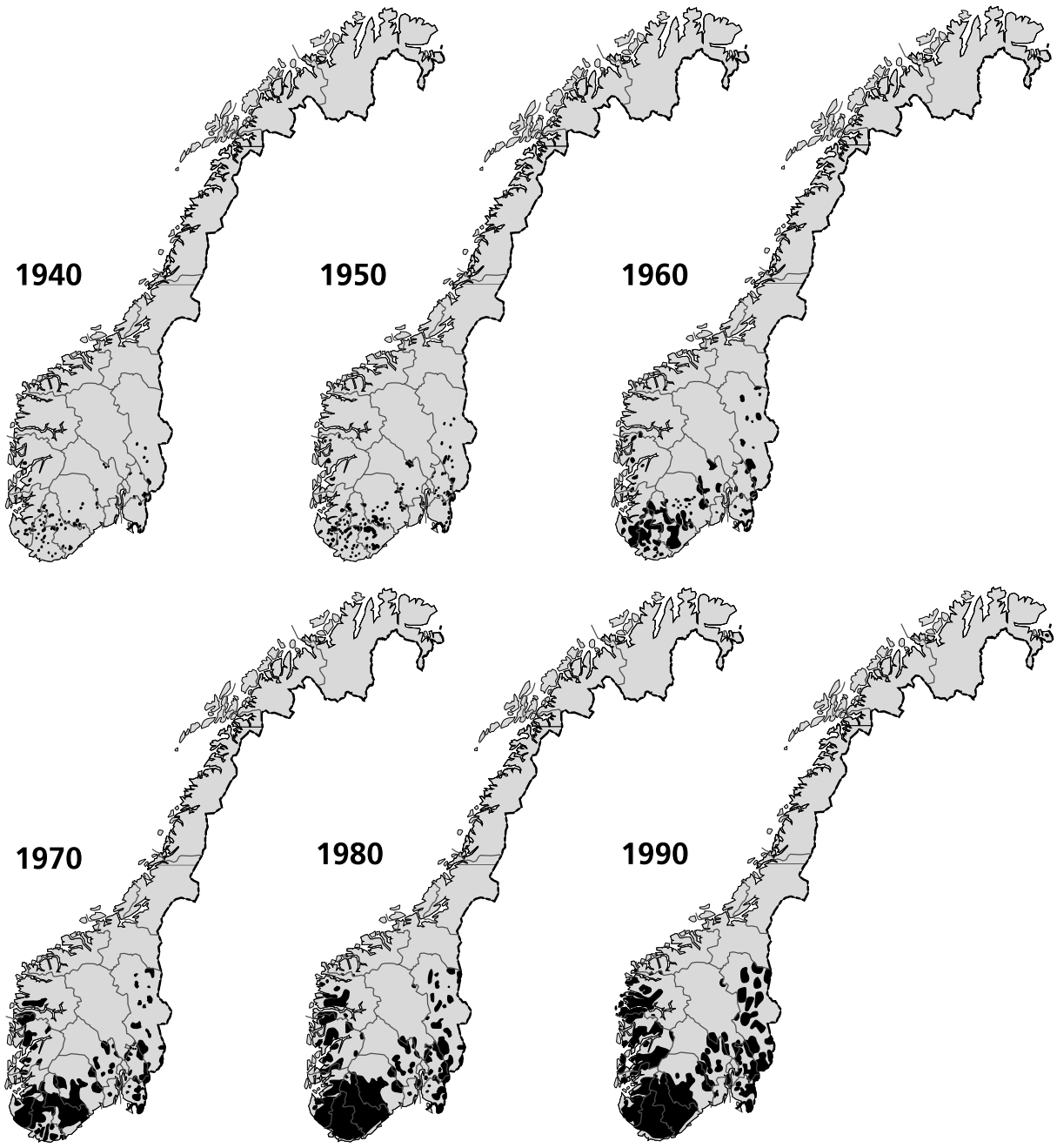
5.2.3 Effekter på fisk

Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander
Rundt 8.200 innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forsuring her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med til sammen rundt 5.000 tapte aurebestander (Figur 24). I Telemark og Rogaland har skadene også vært omfattende, med henholdsvis rundt 660 og 1.290 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4.000 aurebestander i Sør-Norge. Forsuringen har også forårsaket betydelige effekter på abbor, med rundt 1.900 skadede eller tapte bestander. Innsjøer med disse bestandene tilhører hovedsakelig Aust-Agder (n=502), Vest-Agder (n=212) og Østfold/Buskerud (n=145) (Figur 24). Nærmere 500 bestander av røye, mort, ørekyte og gjedde har også gått tapt pga forsuring, i tillegg til 600 skadede bestander. Skader på fiskebestander pga forsuring ble spesielt tydelige på 1960- og 70-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med tapte og skadede fiskebestander beregnet til rundt 84.000 km^2 (Figur 25). I de siste åra har mange fiskebestander enten blitt reetablert eller økt pga bedre vannkvalitet som følge av kalking eller reduserte svovelutslipp. I mange innsjøer har bestander også blitt styrket gjennom fiskeutsettinger. Fiskeskadene er derfor langt mindre nå enn det tallene ovenfor viser.



Figur 24. Antall tapte og reduserte aure- og abborbstander pga forsuring fordelt på enkelte fylker.

Figure 24. Number of lost and damaged populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



Figur 25. Utviklingen av areal (land- pluss innsjøareal) med tapte og skadede fiskebestander relatet til forsuring fra 1940-tallet og fram til 1990-tallet.

Figure 25. Development of areas (land and surface water area) with damaged fish populations in Norway from 1940 to 1990, due to acidification.

Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

Hensikten med undersøkelser av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter forårsaket av forsuring, (ii) hvordan forsuringen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2005 ble 9 lokaliteter prøvefisket fordelt på tre regioner (Region III, V, VIII), samt Atnsjøen (Lok. I-1). Atnsjøen blir prøvefisket hvert år som en del av "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann".

Da den biologiske overvåkingen ble satt igang tidlig på 1980-tallet, ble prøvefisket gjennomført 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. Siden tidlig på 1990-tallet har Nordisk oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) med 12 maskevidder fra 5 til 55 mm vært benyttet. Disse garna blir satt på bestemte standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i en enkelt innsjø. For å kunne sammenlikne fangstutbyttet på de to garnseriene, er det bare inkludert fisk som er tatt på 0-6 m dyp og på maskeviddene 10-45 mm på de Nordiske oversiktsgarna. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m^2 garnareal pr. natt, dvs ca. 12 timers fiske (CPUE).

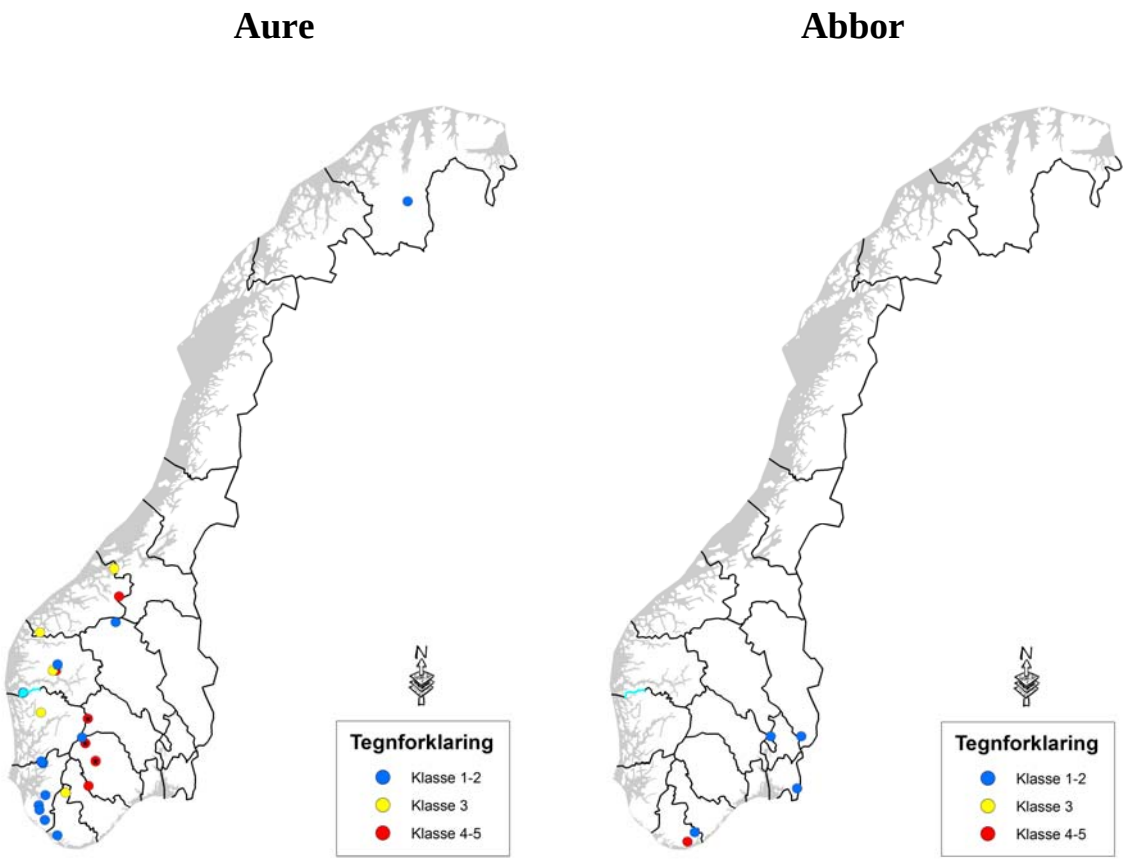
Vi benytter en forsuringsindeks (FI) for å sammenlikne fangstutbyttet hos en fiskeart i en lokalitet eller region over tid ut fra en bestemt forventning. Indeksen varierer mellom 0-1, og fangstutbyttet for aure- og abborbestander uten skader er satt lik 50 percentilen for et materiale som omfatter henholdsvis 79 og 35 innsjøer. Denne percentilen tilsvarer et fangstutbytte (CPUE) på ≥ 20 for aure og ≥ 40 for abbor, og for begge artene gir dette forsuringsindeks 1,0. FI er inndelt i fem klasser etter skadeomfang (Tabell 4).

Tabell 4. Klassifisering av fiskebestander i fem klasser på basis av en forsuringsindeks (FI) fra ≥ 1,0 til < 0,25 der ≥ 1,0 representerer bestander uten skader til (Klasse 1) til bestander som er svært sterkt skadet (Klasse 5, FI < 0,25).

Table 4. Classification of acidification damage for fish populations assessed by test-fishing, based on five different classes: Class 1: no damage, Class 2: slightly to moderately damaged, 3: markedly damaged, Class 4: severely damaged and Class 5: very severely damaged.

Klasse	**Indeksverdi**	**Bestandsevaluering**
1	≥1,0	God bestand: Ingen skader
2	0,75-0,99	God bestand: Eventuelt litt skadet
3	0,50-0,74	Relativ tynn bestand: Mulig moderat skadet
4	0,25-0,49	Tynn bestand: Mulig sterkt skadet
5	<0,25	Svært tynn bestand: Mulig svært sterkt skadet

Vi har bare inkludert data fra lokaliteter som har vært prøvefisket i denne indeksen. Vi har ekskludert innsjøer med tapte bestander fordi en reetablering ofte er avhengig av en aktiv introduksjon. Sjøl om vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende, kan ofte fysiske barrierer hindre en naturlig reetablering. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle regionale forskjeller i naturtilstanden mht bestandsstørrelsen (tetthet) hos ulike fiskebestander. Det er vikig å poengtere at en FI under 1,0 for en bestand ikke trenger å bety at den er påvirket av forsuring. Dette skyldes at bestanden kan være rekrutteringsbegrenset, påvirket av klimatiske forhold (tørke eller flom) eller av konkurranse fra andre fiskearter. Aurebestander er ofte fåtallige i innsjøer med abbor, så disse er ekskludert.

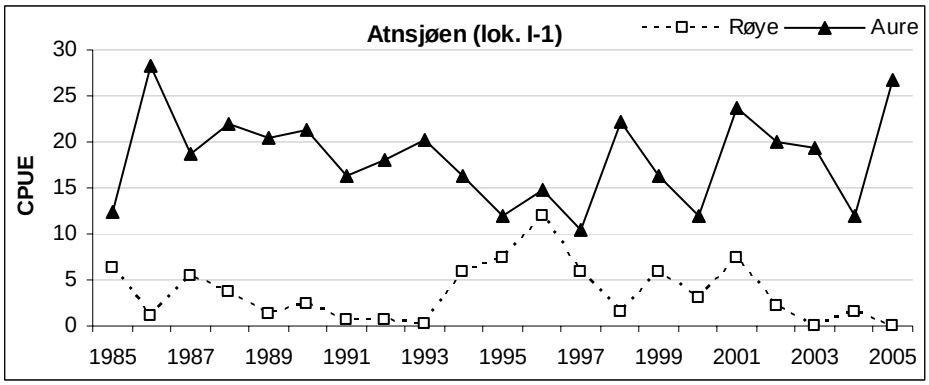


*Figur 26. Angivelse av fisketetthet og med mulig forsuringsskader hos aure- og abborbestander fra perioden 2000-2005, basert på fem klasser. Klasse 1-2: ingen/lite til litt forsuringsskadet, klasse 3: moderat forsuringsskadet, klasse 4-5: sterkt til svært sterkt forsuringsskadet. Røde punkter markert med * angir lokaliteter som ligger høyere enn 1000 moh.*

Figure 26. Classification of fish density and possible acidification damage for brown trout and perch populations in lakes, assessed by test-fishing during the period 2000-2005. Class 1-2: non or slightly to moderately damaged, 3: markedly damaged, 4-5: severely to very severely damaged. Lakes located at an altitude of 1000 metre above sea level is indicated (*).

Østlandet – Nord (region I)

I 2005 ble ingen innsjøer i region I prøvefisket, med unntak av Atnsjøen som er inkludert i "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann". Generelt har fiskebestandene i region I hatt en positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden (1996-2005). En av lokalitetene har fortsatt en tynn aurebestand (Måsåbutjern, Lok I-3) til tross for en god vannkvalitet. Manglende bestandsøkning hos aure i denne lokaliteten skyldes mest sannsynlig svært dårlige gytebekker. Denne aurebestanden er derfor tatt ut ved vurderingen av forsuringsskader. De fleste innsjøene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyte og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. Atnsjøen som blir prøvefisket hvert år, har gode bestander av både aure og røye. I perioden 1985-2005 har fangstutbyttet (CPUE) for aure og røye i bunnære områder av sjøen (0-12 m dyp) variert mellom henholdsvis 10-28 og 0-12 individ (Figur 27). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, der de økte i mengde fram til 2001. I dette dybdeintervallet har imidlertid fangstutbyttet av røye gått noe tilbake i løpet av de siste åra.

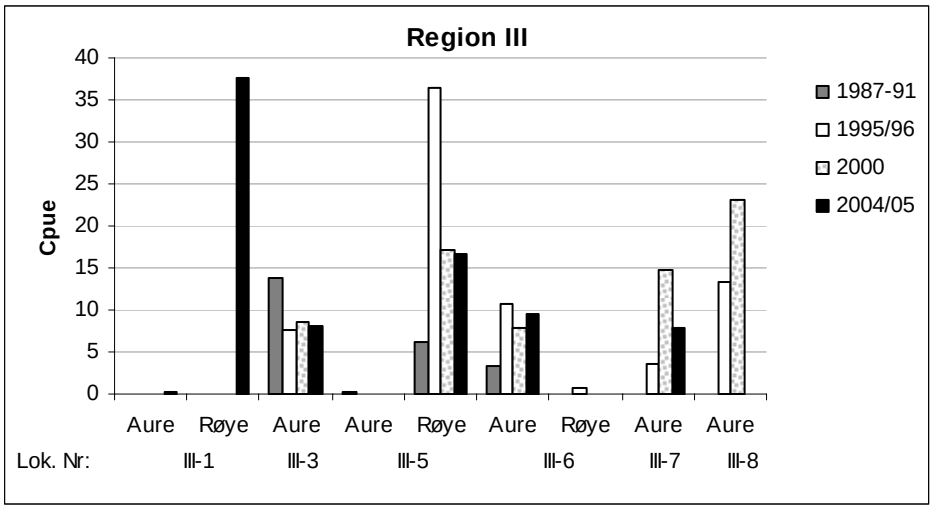


Figur 27. Fangst av aure og røye pr. 100 m^2 garnareal (CPUE) i bunnære områder (0-12 m dyp) av Atnsjøen (Lok I-1) i perioden 1985-2005.

Figure 27. Catches (CPUE) of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen from 1985 to 2005. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (CPUE) at 0-12 m depths.

Østlandet – Sør (region II)
Det ble ikke prøvefisket i region II i 2005. Lokalitetene i denne regionen har lave tettheter av aure. Åtte av lokalitetene har imidlertid svært tette bestander av abbor, og de vurderes ikke lenger som skadet (Figur 26). Derimot har bestandene av aure og røye avtatt, trolig pga økt konkurranse fra abbor. Forsuringsskader på fiskebestander i denne regionen er nå avtakende.

Fjellregionen – Sør-Norge (region III)
I region III ble tre lokaliteter prøvefisket i 2005. Alle de undersøkte innsjøene ligger over 1000 m o.h., og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette aure- og/eller røyebestander (Figur 28). To lokaliteter som ble prøvefisket i 2004 hadde relativt tette bestander av røye. Fiskesamfunnet i Rondvatn (lok. III-1) har hatt en svært positiv utvikling i de siste åra. Innsjøen var fisketom fram til 1998 da det ble satt igang utsetting av røye fra tjern i Illmanndalen. Disse individene har reprodusert, og i løpet av få har de gitt opphav til en tett røyebestand. Aurebestandene i fem innsjøer som ble undersøkt i 2004/2005 er imidlertid fortsatt tynne (Figur 26). Dette gjelder spesielt aurebestanden i Rondavatn som tidligere var tapt, der manglende naturlig reetablering trolig skyldes vandringsbarrierer. Heddersvatn har også en svært tynn aurebestand, men bra vannkvalitet og en relativt tett røyebestand tyder ikke på forsuringsproblem. Når det gjelder de andre innsjøene med aure i regionen, er det fortsatt usikkert om de er påvirket av forsuring. Regionen har en forholdsvis lav forurensningsbelastning, og vannkvaliteten er nå i stor grad tilfredsstillende med lavt innhold av labilt aluminium (SFT 2005). Derfor antar vi at fisketettheten i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.



Figur 28. Fangst av aure i Store Krækkja (Lok. III-3), Urdevatn (Lok. III-7) og Dargesjå (Lok. III-8), og av aure og røye i Rondvatn (Lok. III-1), Heddersvatn (Lok. III-5) og Stavsvatn (Lok. III-6) i perioden 1987-2005. Fangsten er angitt som antall individ pr. 100 m^2 garnareal (CPUE).

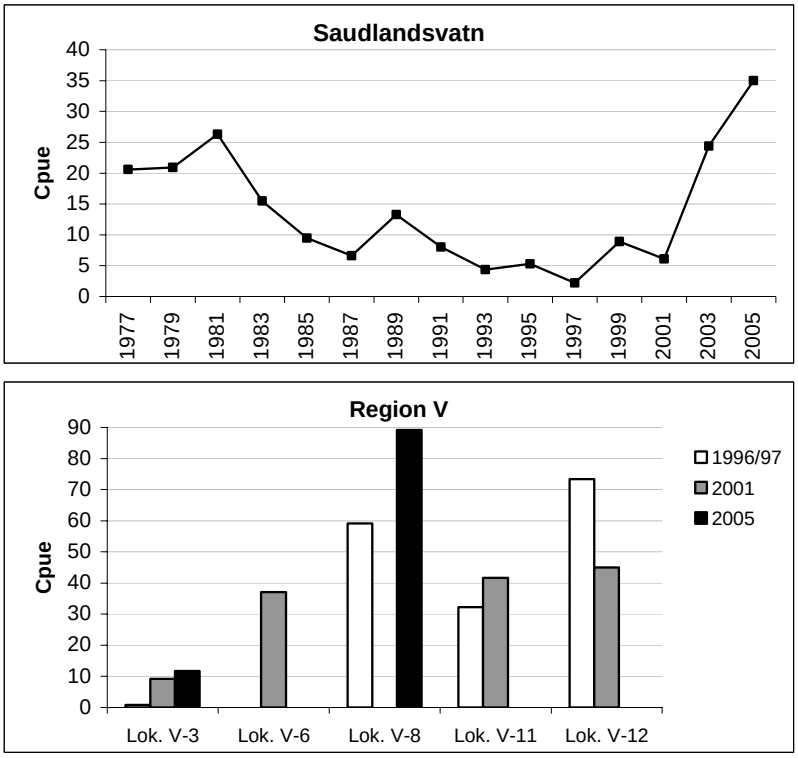
Figure 28. Catches (CPUE) of brown trout in lakes Store Krækkja (Lok. III-3), Urdevatn (Lok. III-7) and Dargesjå (Lok. III-8), and of brown trout and Arctic charr in lakes Rondvatn (Lok. III-1), Heddersvatn (Lok. III-5) and Stavsvatn (Lok. III-6) per 100 m^2 net area (CPUE) in different periods between 1987 and 2005.

Sørlandet – Øst (region IV)

Ingen innsjøer i region IV ble prøvefisket i 2005. Alle lokalitetene i regionen har forholdsvis tynne aurebestander, og ingen hadde høyere forsuringsindeks enn 0,4, dvs Klasse 4 (Figur 26). Denne regionen har aurebestander som både har økt og avtatt i løpet av de siste åra. Fire av fem innsjøer hadde imidlertid nå tette abborbestander (Klasse 1-2), mens den 5. innsjøen fortsatt har en svært tynn abborbestand (Figur 26). Forsuringssituasjonen vurderes som forsatt alvorlig for denne regionen, med et stort antall tapte aure- og abborbestander (Figur 24 og Figur 25).

Sørlandet – Vest (region V)

Sørlandet har flest tapte og skadede fiskebestander pga forsuring her i landet (Figur 24 og Figur 25). I 2005 ble tre innsjøer i denne regionen prøvefisket (Lok. V-1, V-3 og V-8). Av de fem aurebestandene som undersøkes i denne regionen, vurderes nå bare en som spesielt forsuringsskadet ut fra mengden fisk (Figur 26**,** Figur 29). Aurebestanden i Saudlandsvatn ble kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet og den holdt seg på et lavt nivå fram til og med 2001. I løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, med et rekordhøyt fangstutbytte i 2005. Elfiske på inn- og utløp viser at bestanden nå har god rekruttering (Figur 34).

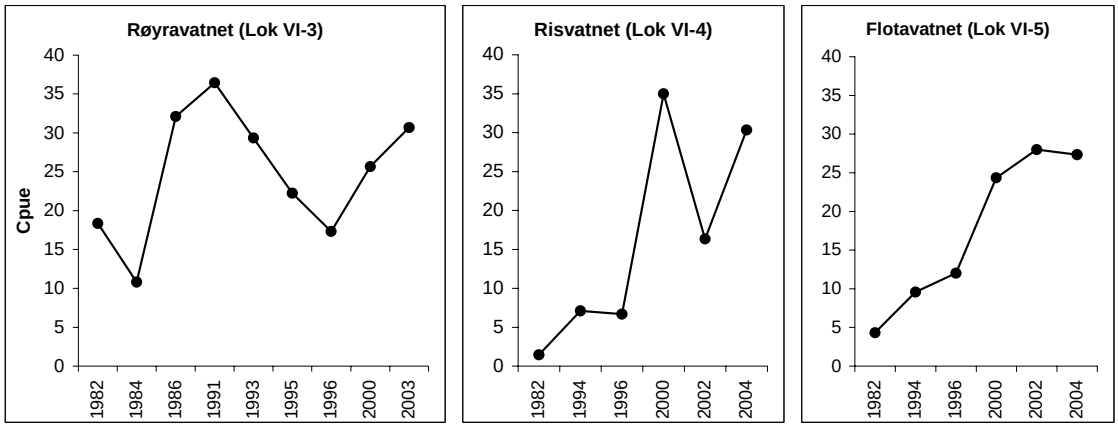


Figur 29. Fangst av aure pr. 100 m^2 garnareal (CPUE) i Saudlandsvatn (Lok. V-1) i perioden 1977-2005, og i Vestre Flogevatn (Lok. V-3), Djupingsvatn (lok. V-6), Lomstjørn (Lok. V-8), Stakkheitjørn (Lok. V-11) og Kringlevatn (Lok. V-12) i perioden 1996-2005.

Figure 29. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (Lok. V-1), 1977-2005, and in the lakes Vestre Flogevatn (Lok. V-3), Djupingsvatn (Lok. V-6), Lomstjørn (Lok. V-8), Stakkheitjørn (Lok. V-11) and Kringlevatn (Lok. V-12) in the period 1996-2005. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (CPUE) at 0-6 m depths.

Vestlandet – Sør (region VI)

Ingen innsjøer i region VI ble prøvefisket i 2005. Det har vært en positiv utvikling i alle undersøkte aurebestander i regionen i løpet av de siste 10-15 åra. Dette har medført at forsuringsindeksen har endret seg fra sterkt skadet før 1990 (Klasse 4-5) til liten eller ingen skader i seinere år (Klasse 1-2) (Figur 26). Både Risvatn og Flotavatn i Vikedalsvassdraget hadde tynne aurebestander fram til slutten på 1990-tallet, men etter 2000 har de hatt en kraftig økning (Figur 30). I Røyravatn startet den positive utviklingen hos aure noe tidligere enn i de to andre innsjøene i vassdraget, med en klar bestandsøkning fra 1982/84 til 1986. Her skjedde det imidlertid en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet, men bestanden har igjen økt noe i seinere år.

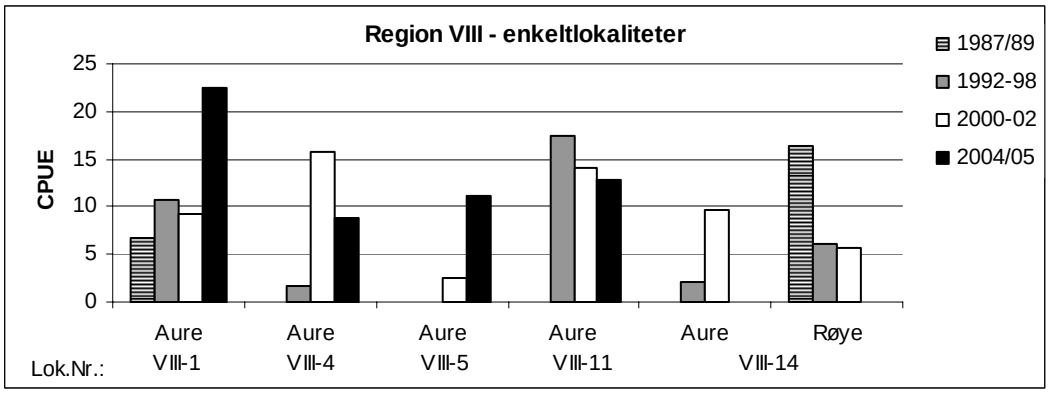


Figur 30. Fangst av aure pr. 100 m^2 garnareal på 0-6 m dyp (CPUE) i Røyravatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) og Flotavatn (Lok. VI-5) i Vikedalsvassdraget i perioden 1982-2004.

Figure 30. Catches of brown trout in the epibenthic zone of lakes Røyravatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) and Flotavatn (Lok. VI-5) in Vikedal watershed between 1982 and 2004. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (CPUE) at 0-6 m depths.

Vestlandet – Nord (region VII)
I region VII ble det ikke prøvefisket i 2005. Hos de undersøkte aurebestandene varierer forsuringsindeksen fra tynn (Klasse 4-5) til god (Klasse 1-2) (Figur 26). Regionen har fortsatt en del tapte og reduserte aurebestander (Figur 24).

Midt – Norge (region VIII)
I 2005 ble tre lokaliteter prøvefisket i denne regionen (Lok. VIII-4, VIII-5 og VIII-11). Det har vært en varierende utvikling i aurebestandene i denne regionen, med stor variasjon i forsuringsindeksen mellom lokalitetene (Figur 26**,** Figur 31). Svartdalsvatn (Lok. VIII-1) har nå en relativt tett aurebestand, som har økt kraftig siden slutten av 1980-tallet (Figur 31). Blæjevatn (Lok. VIII-4), Øvre Neådalsvatn (Lok. VIII-5) og Tufsingen (Lok. VIII-14) har også økte aurebestander, men fangstutbyttene tyder fremdeles på noe skader.



Figur 31. Fangst av aure i Svartdalsvatn (Lok VIII-1), Blæjevatn (Lok. VIII-4), Øvre Neådalsvatn (Lok. VIII-5) og Skardvatn (Lok VIII-11) og av aure og røye i Tufsingen (Lok VIII-14) i ulike år i perioden 1987-2005. Fangstene er uttrykt som antall individ pr. 100 m^2 garnareal (CPUE) i bunnære områder (0-6 m dyp).

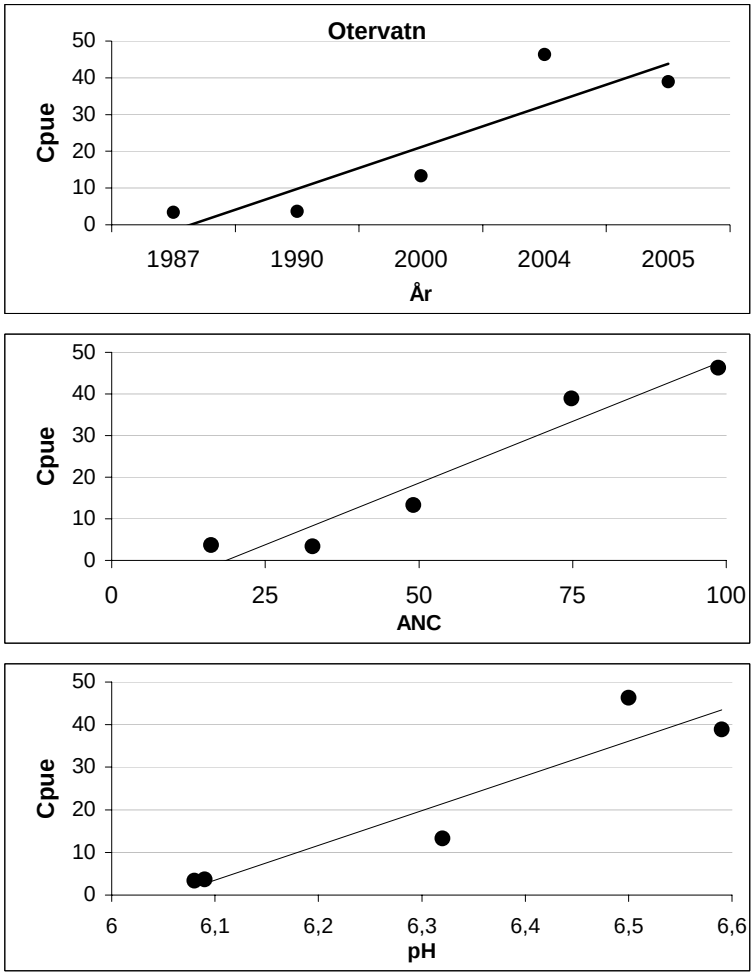
Figure 31. Catches of brown trout in lakes Svartdalsvatn (Lok VIII-1), Blæjevatn (Lok. VIII-4), Ø. Neådalsvatn (Lok. VIII-5) and Skardvatn (Lok VIII-11) and of brown trout and Arctic charr in Tufsingen (Lok VIII-14) in different periods between 1987 and 2005. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (CPUE) at 0-6 m depths.

Nord-Norge (Region-IX)

Siste prøvefiske i denne regionen ble foretatt i 1999. Aure finnes i alle de undersøkte lokalitetene, og for innsjøer med data fra mer enn ett år har fangstutbyttet endret seg lite. Fangstdata gir ingen indikasjoner på fiskeskader i denne regionen.

Øst-Finnmark (Region-X)

De aktuelle innsjøene ble prøvefisket i 2004, mens en lokalitet (Otervatn, Lok X-2) også ble undersøkt i forbindelse med et annet prosjekt i 2005. Aurebestanden i denne innsjøen har økt betydelig siden slutten av 1980-tallet (Figur 32). To andre lokaliteteter har både aure og røye, og her har fangstutbyttet av røye gått tilbake i de siste åra. Dette kan skyldes sterkere konkurranse fra økende aurebestander eller lav fangsteffektivitet pga relativt høye vanntemperaturer under prøvefiske i seinere år. Første Høyfjellsvatn har en svært tynn aurebestand pga manglende gytebekker, og bestanden består trolig bare av utsatt fisk. Denne bestanden blir derfor ikke vurdert mht mulige forsuringsskader. Aurebestandene i de andre lokalitetene tilhører Klasse 1-2 (Figur 26). Regionen har fortsatt store årlige variasjoner i forsuringsbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i seinere år (SFT 2005).



Figur 32. Fangstutbyttet (CPUE) av aure i Otervatn på Jarfjordfjellet i i Sør-Varanger (Lok X-2) i perioden 1987 til 2005, samt forholdet mellom CPUE og ANC og pH i samme periode. CPUE = antall individ pr. 100 m^2 garnareal i bunnære områder (0-6 m dyp).

Figure 32. Catches (CPUE) of brown trout in Lake Otervatn (Lok. X-2) in Jarfjord Mountains in Finnmark County in different years between 1987 and 2005, and relationships between CPUE and ANC and between CPUE and pH during the same period. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at 0-6 m depths (CPUE).

Rekrutteringen hos aure i bekker

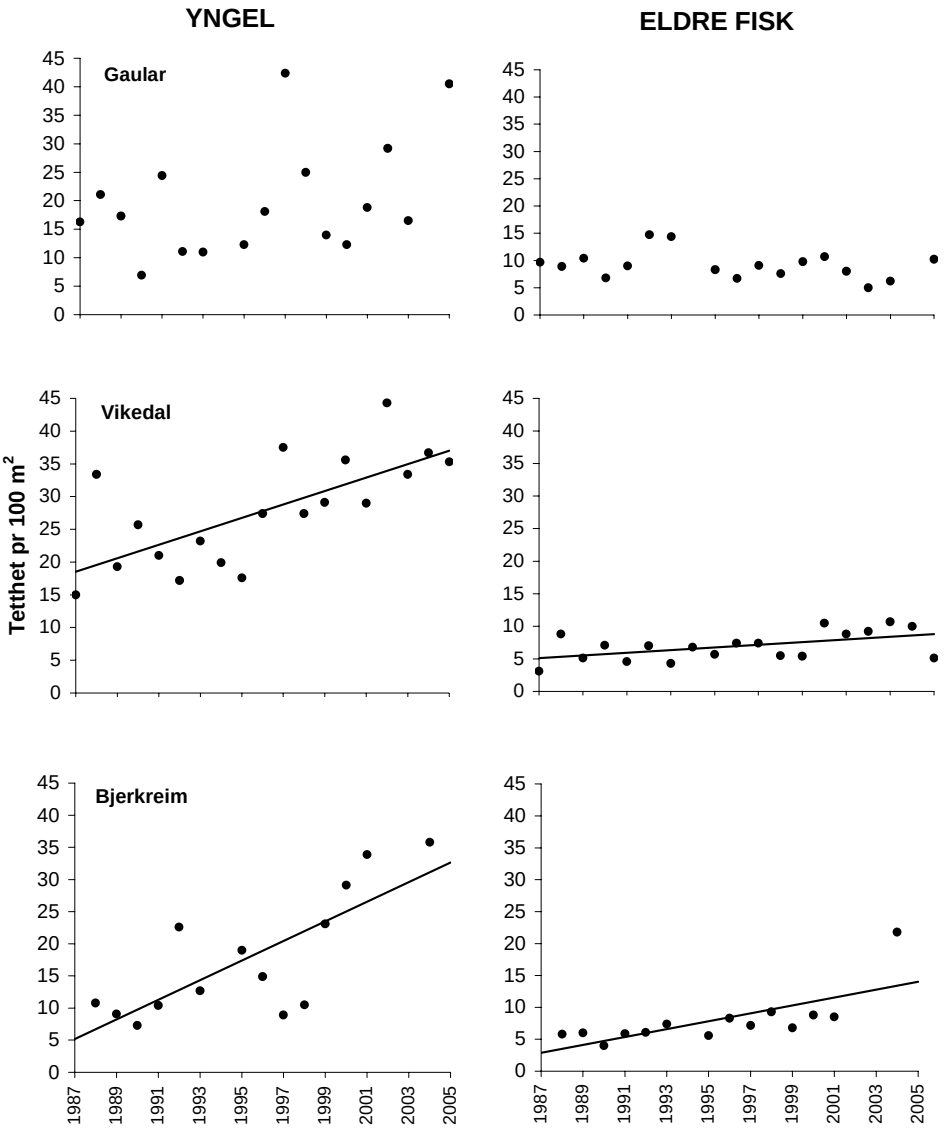
Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise endringer i rekrutteringen hos aure i områder med en forsuringsfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker tettheten. Disse ungfiskundersøkelsene viser om det skjer bestandsendringer hos aure på et tidlig stadium.

Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker, hvor yngelen oppholder seg i ei periode før den vandrer ut til nærmeste innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til tap av aurebestander i forsuringsområder. Dette resulterer i at mengden fisk i de innsjølevende bestandene avtar, samtidig med at det blir en dominans av eldre og større individ.

Disse undersøkelsene omfatter årlig elfiske på faste stasjoner på inn/utløp og tilløpsbekker til innsjøer i Vikedalsvassdraget i Rogaland. Tidligere var det også tilsvarende årlige registreringer i Bjerkreim - og Gaularvassdraget. I de siste åra har imidlertid bare ett av de to vassdragene blitt undersøkt hvert år. I 2005 ble bekker i Gaularvassdraget undersøkt. Høsten 2005 var det stor vassføring over lengre tid som vanskeliggjøre gjennomføringen av elfisket, og totalt ble bare 9 lokaliteter i Gaular og 12 lokaliteter i Vikedal elfisket. I alle de tre vassdragene har faste strekninger i de samme lokalitetene vært elfisket siden 1987/88. All fisk blir lengdemålt, og de settes tilbake i bekken etter endt fiske. 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, basert på samlet fangst i hvert vassdrag. Fra 1987-1992 ble lokalitetene bare avfisket én gang, mens det seinere har vært fisket tre omganger. For at resultatene skal kunne sammenliknes, har vi beregnet fisketettheten i de første åra ut fra fangstsannsynligheten basert på tre omgangers elfiske for perioden 1993-2005. Tetthetene justeres i forhold til vassføringen under elfisket hvert år fordi dette påvirker fangsteffektiviteten. Det ble tatt vannprøver fra hver lokalitet i forbindelse med elfisket.

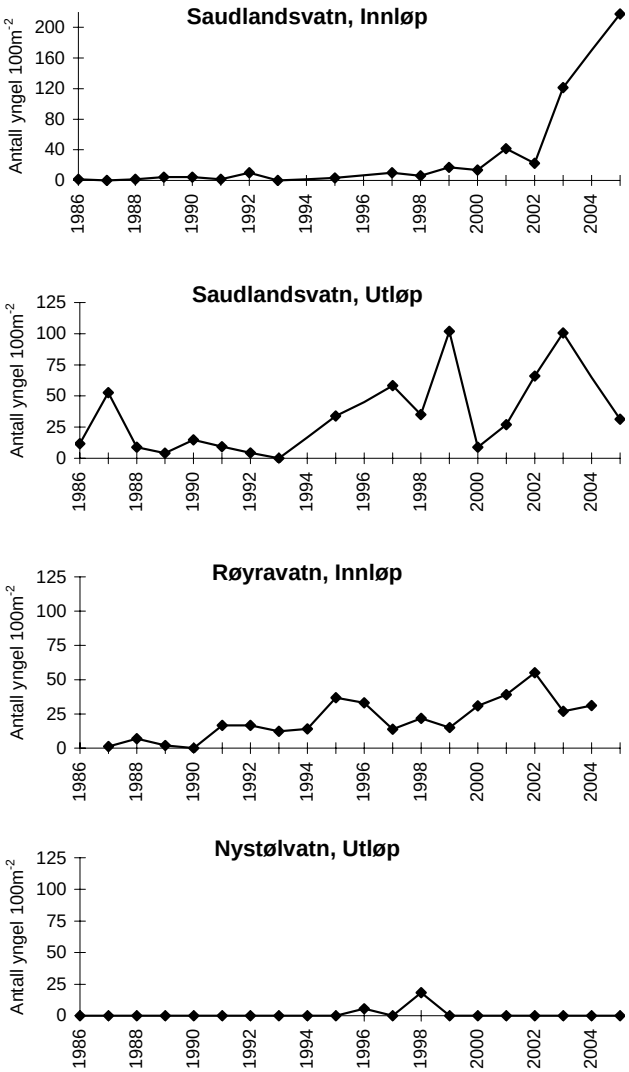
I Vikedalsvassdraget har rekrutteringen utviklet seg positiv i de siste åra, idet tid (år) forklarer 44% av variasjonen i tettheten (Figur 33). Vassdraget har også hatt en klar økning i tettheten av eldre aureunger. Det har også vært økt tetthet av både yngel og eldre aureunger i Bjerkreimsvassdraget, og tid (år) forklarer 56% av variasjonen i yngeltettheten (1988-2004). Gaularvassdraget har hatt stor variasjon i tettheten av aureunger i løpet av de siste åra, men resultatene fra 2005 tyder på en positiv utvikling. Et redusert innsamlingsprogram i 2005, med flest lokaliteter i nedre del av vassdraget, kan ha gitt noe misvisende resultater.

Bestanden av aureunger på inn- og utløpet av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) har vært overvåket siden 1986. Rekrutteringen på innløpet var svak fram til 2001, da det ble registrert en tetthet på 42 yngel pr. 100 m^2. I 2002 var tettheten betydelig lavere, men økte til rundt 120 individ pr. 100 m^2 ett år seinere. I 2005 var tettheten på innløpet hele 217 yngel pr. 100 m^2 (Figur 34). Rekrutteringen på utløpet av Saudlandsvatn har vært betydelig høyere enn på innløpet, med en relativt høy tetthet av yngel allerede i 1995 (34 individ pr. 100 m^2). Seinere har det vært en betydelig variasjon i rekrutteringen med lave tettheter i flere år. I 2005 var den heller ikke spesielt høy, med 31 individ pr. 100 m^2. Innløpselva til Røyravatn (Rogaland) har hatt relativt høye yngeltettheter siden 1995, men med store årlige variasjoner (15-55 individ pr. 100 m^2). I 2004 var tettheten av aureyngel middels høy, med 31 individ pr. 100 m^2. I 2005 ble innløpselva til Røyravatn ikke elfisket pga flom. I utløpet til Nystølsvatn i Gaularvassdraget har det bare vært påvist aureyngel ett år (1998). Det ble imidlertid fanget ett individ på innløpet av innsjøen i 2004. I 2005 ble det ikke fanget aureunger verken på innløpet eller utløpet av Nystølsvatnet.



Figur 33. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m^2 i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdragene i perioden 1987-2005 (minus 2004 for Gaular og minus 2002, 2003 og 2005 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 33. Estimated mean density per 100 m^2 stream area of young-of-the-year (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular-, Vikedal- and Bjerkreim catchments from 1987 to 2005 (expect for 2004 in Gaular and 2002, 2003 and 2005 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship (P>0.05) between density and time (year).



Figur 34. Antall aureyngel pr.100 m^2 på innløpet og utløpet av Saudlandsvatn (1986-2005), innløpet av Røyravatn (1987-2004) og utløpet av Nystølsvatn (1986-2005).

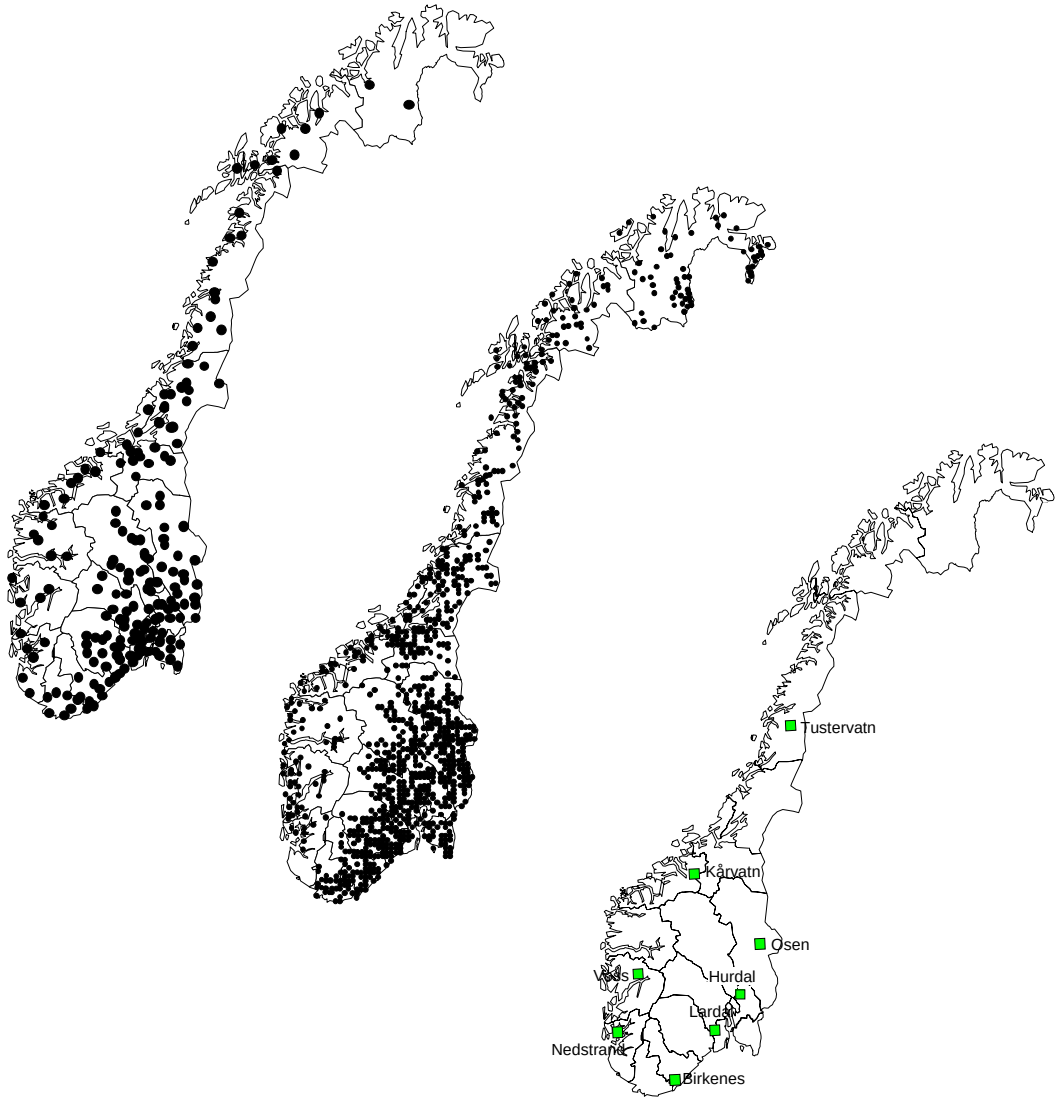
Figure 34. Estimated mean density per 100 m^2 stream area of young-of-the-year (age 0+) brown trout in the inlet and outlet of Lake Saudlandsvatn (1986-2005), inlet of Lake Røyravatn (1987-2004) and outlet of Lake Nystølsvatn (1986-2005).

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 overvåkete flater og (Figur 35). Overvåkingen på de **landsrepresentative flater** 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 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. Overvåkingen på **skogoppsynets flater** har pågått siden 1988, med skogbrukssjefene som observatører. På ca 550 flater utføres årlig kronebedømmelse på ca 30000 trær i fire typer produksjonsskog (hogstklasse 3, 4 og 5, samt i skrantende gammel skog). De **intensivt overvåkete 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 lysimetere. 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.

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkete flatene** rapporteres til det Europeiske skogskadeprogrammet ICP Forests (se kapittel 3.2). Fra de intensivt overvåkete flatene rapporteres også data 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 35. Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Fra venstre mot høyre er det vist skogoppsynets flater, landsrepresentative flater og intensiv flater.

Figure 35. 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,

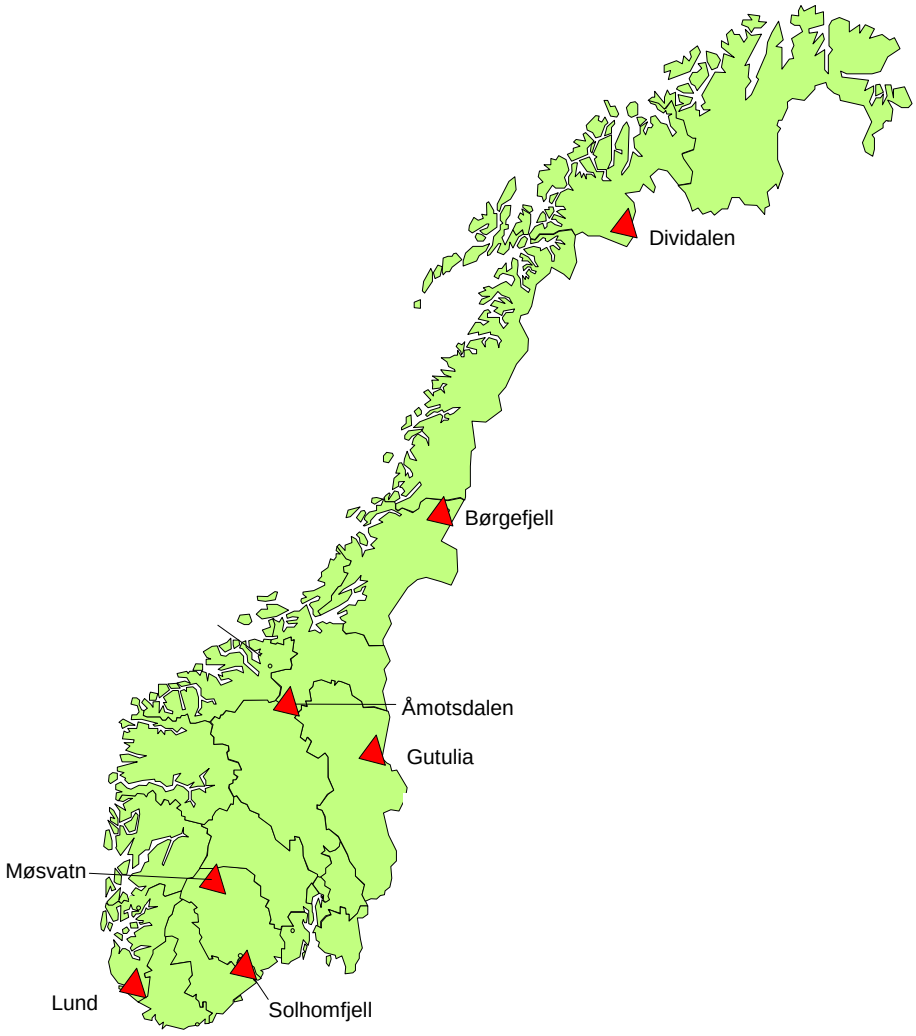
henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se Figur 36). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon. For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til DN (1997) og Framstad et al. (2003) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

Vegetasjonen utgjør basis for næringskjeder i terrestriske økosystemer og integrerer effekter av nedbørskjemi, jordbunnsforhold og lokalklima. De mange artene av karplanter, moser og lav har et bredt spekter av responser på variasjoner i naturgitte og menneskeskapte miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m^2 lagt ut i forhold til hovedgradienter i lokal miljøvariasjon (jordas surhet og innhold av næringsstoffer), der artsforekomster kvantifiseres som forekomst i 16 småruter à 625 cm^2. I tilknytning til hver analyserute beskrives også tresjiktet, og det tas jordprøver for analyse av jordstruktur og -kjemi. Dataene analyseres ved hjelp av multivariate numeriske metoder (DCA, LNMDS o.a.) der strukturen i artsforekomstene relateres til miljøvariabler. Vegetasjonsundersøkelsene foregår med en rullerende frekvens på fem år for hvert område. I 2005 ble markvegetasjonen undersøkt i bjørkeskog i Børgefjell. På grunn av skade på et av analysefeltene ble bare 45 fastruter analysert.

Lav er mye brukt som bioindikator på luftkvalitet, der tilbakegang av lavarter ofte kan knyttes til luftas innhold av svovelforbindelser eller til gjødslingseffekten av nitrogen. Sur nedbør påvirker også lavene indirekte gjennom forsuring av substratet. Lav har artsspesifikk reaksjon på ulike forurensningstyper. Forekomst og artssammensetning kan derfor gi et mål på luft- og nedbørkvaliteten i et område. I TOVs overvåkingsområder registreres tilstanden for epifyttisk vegetasjon (lav, moser, alger), ved kvantitativ karakterisering av artssammensetning, dekning og synlig skade på lav, på stammen av utvalgte trær (furu i Solhomfjell, bjørk i øvrige områder) i prøvefelt lagt ut i høydegradienter. Det blir også tatt prøver for kjemisk analyse (pH i bark, nitrogen og svovel i vanlig kvistlav). Registreringene foregår med en rullerende frekvens på fem år i hvert område. I 2005 ble epifytter registrert på furutrær i Solhomfjell og på bjørketrær i Børgefjell.

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 overvåkings-område. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2005).

Rovfugler befinner seg på toppen av næringskjedene, de integrerer miljøgifter fra et omfattende geografisk område, og de er ansett for å være følsomme for påvirkning fra forurensninger, f.eks. ved redusert reproduksjon. I TOV undersøkes tykkelsen av eggskall og nivået av klororganiske stoffer og tungmetaller i egg hos flere arter av rovfugl, basert på landsomfattende innsamlinger og periodevise analyser. Dette er internasjonalt mye brukte indikatorer på hunnfuglenes belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. Innsamlingene fra 2004 og 2005 er ennå ikke ferdig behandlet, og resultatene kan derfor ikke rapporteres her. 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.



Figur 36. Lokaliteter på fastlandet som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV).

Figure 36. Sites on the Norwegian mainland where monitoring of natural terrestrial ecosystems is conducted.

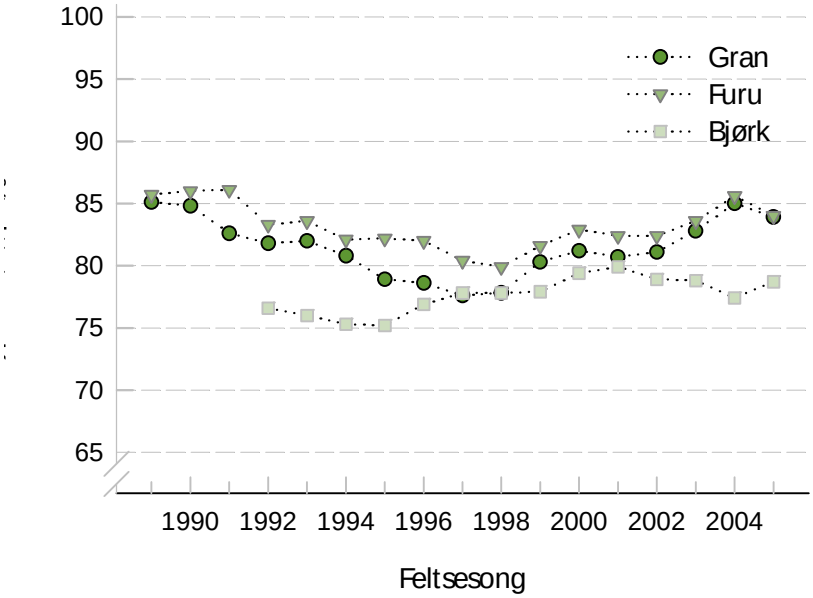
6.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2005 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er relativt lite endret fra foregående år (2004).

Kronevurderinger på landsomfattende flatenett

I 2005 ble 1608 flater og 9259 trær oppsøkt og registrert i den landsrepresentative overvåkingen (ICP Forests Level I) (Hylen og Larsson 2006). Kronetilstanden ble bedømt på 6426 bartrær og 2071 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2005 var for gran 83,9%, furu 84,0% og for bjørk 78,7% (Figur 37). For gran og furu representerte dette en nedgang på henholdsvis 1,1 og 1,6%, mens den for bjørk ble noe høyere, 1,3% sammenlignet med året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens etter 1997 har trenden vært en økning. For bjørk har kronetettheten hatt en positiv utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den har vært nokså stabil like under 80% de siste fire årene. Som

forventet har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Andelen trær med fulltette kroner var for gran 53,4%, furu 39,5% og for bjørk 34,9%. Dette er en økning for gran og bjørk, mens furu har en tilbakegang sammenlignet med året før.

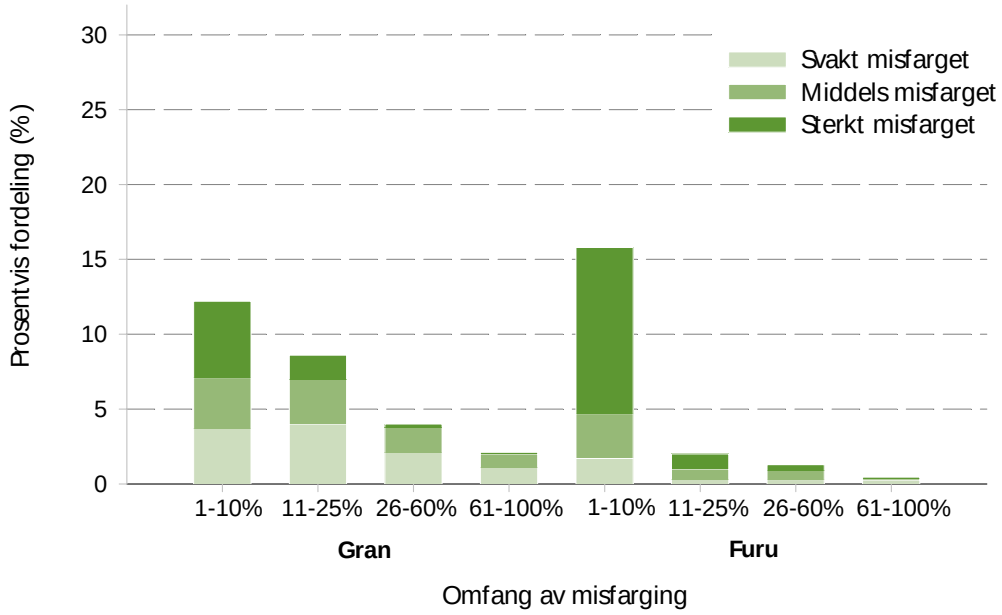


Figur 37. Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

Figure 37. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.

Andelen grantrær med frisk grønn kronefarge var 73,1% i 2005, og som er en økning på 2,3% sammenlignet med året før (Figur 38). Vi må helt tilbake til 1995 for å finne en større andel trær med frisk grønnfarge. Det er færre grantrær (8,5% i 2005 mot 11% i 2004) med misfarging i 11-25% av krona, og som igjen er tydeligst for trær eldre enn 60 år i denne klassen. For furu fortsetter den positive trenden for kronefarge med en økning i 2005 på 4,2%-poeng til 79,7% i klassen for frisk grønn kronefarge. Også andelen med misfarging i 1-25% av krona var redusert sammenlignet med året før. Av furutrær yngre enn 60 år hadde 81,7% frisk grønn farge, mens 78,9% av de over 60 år hadde frisk grønnfarge. For bjørk er andelen friske grønne trær 79,4%, noe som er en klar forbedring sammenlignet med året før. Økningen er tydelig både for bjørketrær yngre enn 60 år og for eldre bjørketrær. Av skader ble det på gran registrert angrep av granrustsopp på 4,1% av trærne. Hos bjørk var 8,1% av trærne skadet av fjellbjørkemåler. Av furutrærne var 1% skadd av furubarveps. På landsbasis var dødeligheten omtrent på samme nivå som tidligere års registreringer, med ca 2‰ for furu ca 3‰ for gran og bjørk.

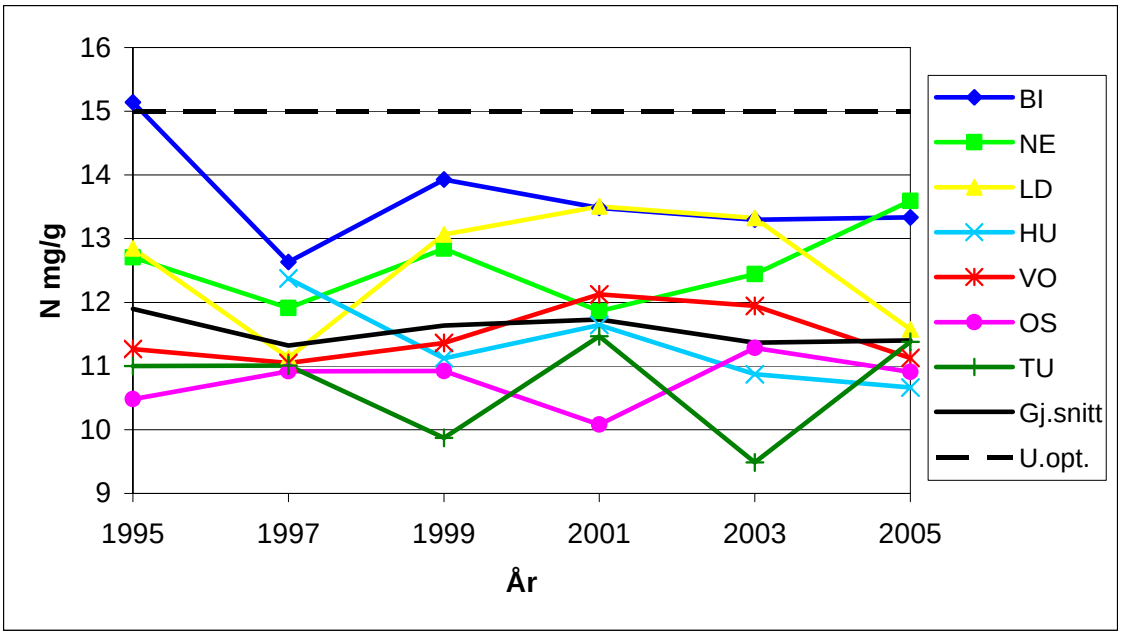
Kroneregistreringer utført på skogoppsynets flatenett viste en svak nedgang i kronetetthet for gran med 0,3% fra 2004 til 83,6% i 2005 (Timmermann 2005). Nedgangen er størst i Oppland og i Agderfylkene. Kronefarge viser det samme geografiske mønsteret med noe lavere andel grønne trær i 2005 enn i 2004 (-1,2%).



Figur 38. Kronemisfarging for gran og furu, landsrepresentative flater. Prosentfordeling på grad og omfang av misfarging.

Figure 38. Percentage of Norway spruce and Scots pine in discoloration classes for the national representative plots.

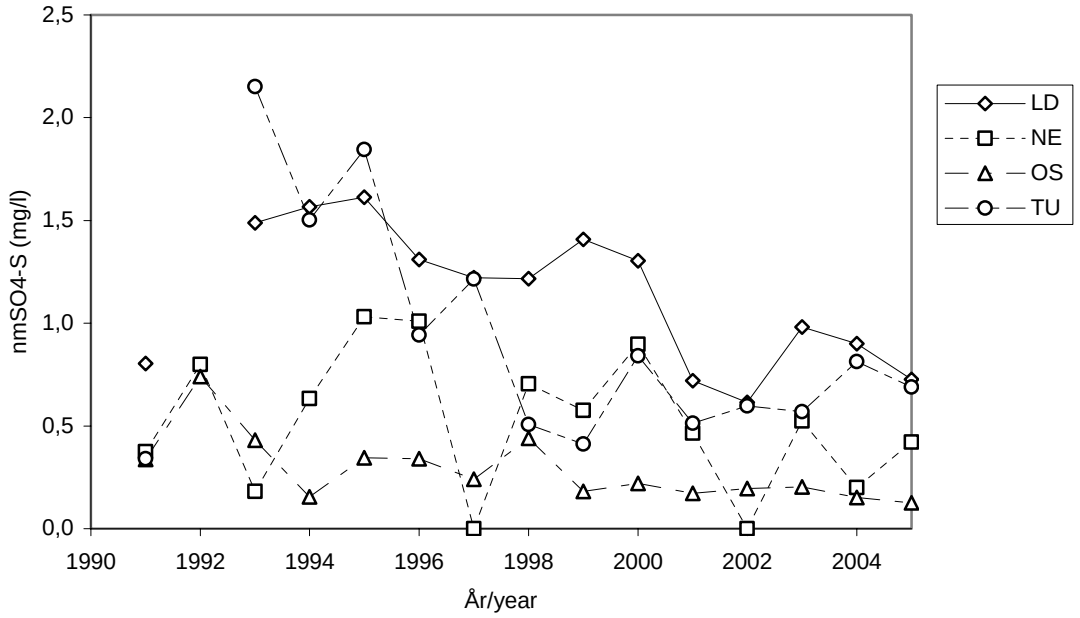
Skogøkologiske undersøkelser på intensivt overvåkete flater (ICP Forests Level II). Kronetettheten viste en nedgang med 5% fra 85 til 80% fra 2004 til 2005 på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen et al. 2006). Andelen grønne trær (kronefarge) ble derimot noe forbedret sammenlignet med året før og gikk opp fra 92 til 95%. Siden forrige nåleanalyse i 2003 har konsentrasjonen av makronæringsstoffene i årets barnåler i gjennomsnitt forandret seg relativt lite. Konsentrasjonen av Ca, Mg og K i barnålene lå i området for optimal næringskonsentrasjon på de fleste flatene. N-innholdet i barnåler var mangelfull mht. optimal vekst på alle flater (Figur 39). N-mangel er imidlertid normalt i boreale barskoger, hvor dette er det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet. Isolert sett var også P-konsentrasjonene på de fleste flatene mangelfulle mht. optimal vekst, men likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave N-konsentrasjonene. De to flatene på Sørvestlandet (Birkenes, Nedstrand) hadde de høyeste konsentrasjonene for N. Disse to flatene hadde også de høyeste S-verdier av alle overvåkingsflater.



Figur 39. Endringer i N-konsentrasjon (mg/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Nedstrand, Lardal, Hurdal, Voss, Osen og Tustervatn 1995-2005. Gj.snitt: Gjennomsnitt. U.opt.= Grense for underoptimal vekst (Brække 1994).

Figur 39. Changes in concentrations of N (mg/g dry weight) in the spruce plots at Birkenes, Nedstrand, Lardal, Hurdal, Voss, Osen and Tustervatn 1995-2005. Mean=Gj.snitt. U.opt.=Limit under optimum growth (Brække 1994).

Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslippsmengde og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett de siste årene kan sannsynligvis tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre atmosfærisk tilførsel, spesielt av sulfat (Figur 40). Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deposisjon 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 som normalt ligger 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 40. Langtidstrender i ikke-marint nmSO4-S jordvann fra 15 cm-sjiktet i Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Figure 40. Long-term trends in non-marine nmSO4-S in soil water from 15 cm depth at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.

6.2 Effekter på markvegetasjon

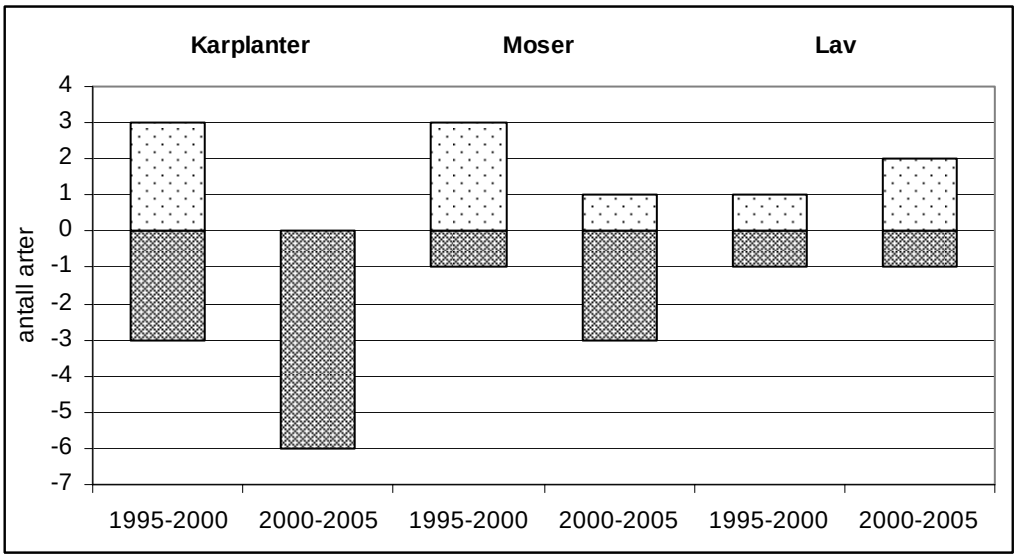
Undersøkelsene av markvegetasjonen i bjørkeskog i overvåkingsområdet i Børgefjell viser ingen signifikante endringer som kan knyttes til forurensning. Resultatene reflekterer heller effekter av en stor bestandstopp av smågnagere i 2004, samt mulige effekter av menneskelig forstyrrelse av vegetasjonen.

Ved utgangen av 2005 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i bjørkeskog reanalysert én gang i 3 områder og to ganger i 3 områder, etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. I 2005 ble overvåkingsområdet i Børgefjell analysert for tredje gang (1995, 2000, 2005), og resultater fra disse analysene presenteres her. På grunn av omfattende forstyrrelse av ett av analysefeltene kunne 5 ruter ikke reanalyseres i 2005. Overvåkingsområdet i Børgefjell ligger i et område av Norge med minst påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 45 reanalyserte rutene fra Børgefjell i 2005 ble 82 arter registrert: 43 karplanter, 14 bladmoser, 1 torvmose, 12 levermoser og 12 lav. Totalt antall registrerte arter har ligget nokså konstant i perioden, fra 80 i 1995 og 81 i 2000. Det har vært en svak økning i antall arter av karplanter (fra 40 i både 1995 og 2000) og levermoser (fra 7 arter i 1995 og 2000). Det har samtidig vært en svak nedgang i antall arter av bladmoser (fra 18 og 16 i hhv 1995 og 2000) og lav (fra 15 og 18 i hhv 1995 og 2000). Figur 41 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2000-2005 ble det ikke funnet signifikant framgang for noen karplantearter, men signifikant reduksjon i mengde hos 6 arter (kjerteløyentrøst *Euphrasia stricta*, fugletelg *Gymnocarpium dryopteris*, gullris *Solidago virgaurea*, skogstjerne *Trientalis europaea*,

gulaks *Anthoxanthum odoratum*, hårfrytle *Luzula pilosa*). I perioden 1995-2000 ble det registrert signifikant framgang for 3 karplantearter (krekling *Emptrum nigrum*, tyttebær *Vaccinium vitis-idae*, sauetelg *Dryopteris expansa*) og tilbakegang for 3 (turt *Cicerbita alpina*, fugletelg, gullris). Blant mosene viste 3 arter signifikant tilbakegang i perioden 2000-2005, mens én art viste framgang, sammenlignet med perioden 1995-2000 da bare én moseart viste tilbakegang og 3 framgang. Blant lavene viste én art tilbakegang og 2 arter framgang i perioden 2000-2005, i forhold til i 1995-2000 da én art viste framgang og én viste tilbakegang. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 1995 til 2000, mot vegetasjon typisk for tørrere og fattigere voksesteder. Fra 2000 til 2005 fortsatte denne utviklingen.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdet i Børgefjell, kan ikke knyttes til ev. påvirkning av forurensning. Trolig kan hovedtrekkene ved endringene, særlig for karplanter og moser, knyttes til effektene av en stor bestandstopp for smågnagere i 2004. I tillegg var det betydelig synlig skade på vegetasjonen som følge av forskjellig menneskelig aktivitet (kjørespor, leirslagning) omkring og dels i analysefeltene, noe som kan ha påvirket vegetasjonen også i de analyserutene som kunne analyseres.



Figur 41. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Børgefjell med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang i frekvens (negative verdier) mellom analyseårene 1995, 2000 og 2005. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 41. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) in frequency between the census years 1995, 2000 and 2005 at the monitoring site Børgefjell. Seedlings of trees and other plants with low persistence between years are not included.

6.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon

Registreringer av epifytter på trestammer viser en klar sammenheng mellom forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid. Det er registrert framgang i antall brunskjegg, som er en gruppe forurensningsfølsomme lavarter.

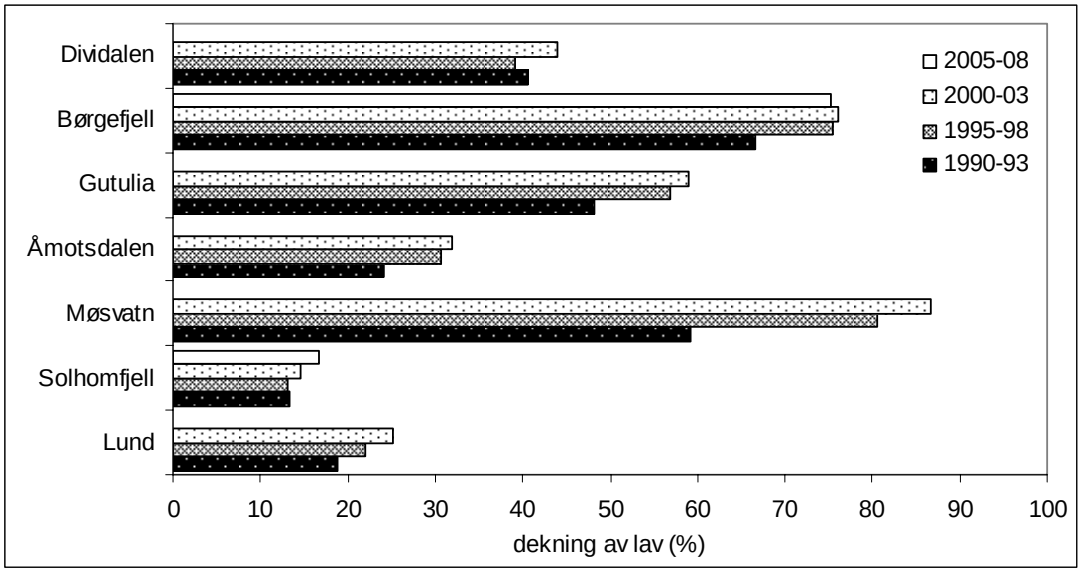
Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt artsmangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Totalt ble 94 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene ved første og andre runde med kartlegging. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2005 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene i Solhomfjell og Børgefjell kartlagt for fjerde gang.

Til tross for at overvåkingsområdet Lund i Rogaland ligger nær kysten i et område som klimatisk er antatt gunstig for vekst av lav, er lavvegetasjonen på stammer av bjørk sparsom (Figur 42). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (Figur 43). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algepåvekst på undersøkelsestrærne; totalt 53% av det kartlagte stammearealet hadde algevekst over lav og never i 2001. Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av store nedbørsmengder, spesielt høsten 2000.

I Solhomfjell kartlegges epifyttene på furu som har fattigere epifyttflora og generelt lavere dekning enn bjørk. Solhomfjell-området har i lengre tid vært utsatt for betydelige forurensningsbelastninger. Økning i lavdekningen og betydelig reduksjon i skadefrekvens for lav på furu i Solhomfjell (Figur 42**,** Figur 43) er konsistent med effekter av reduksjon i svovelnedfall og forsuring i dette området.

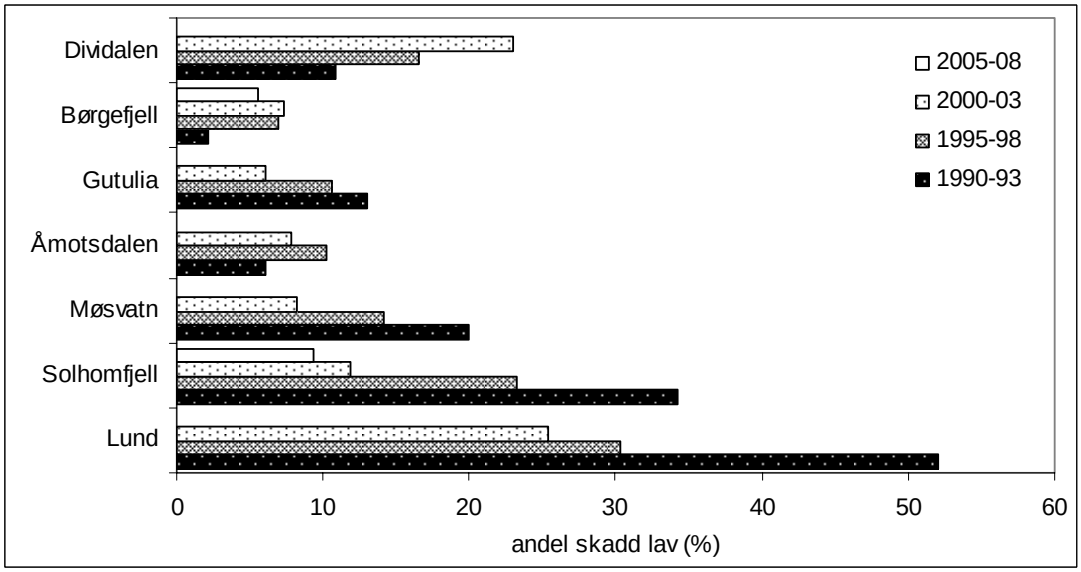
Åmotsdalen og Dividalen representerer de mest typiske fjellbjørkeskogsamfunnene når det gjelder epifyttisk lav, med stor dominans av snømållav. Total lavdekning er relativt liten i disse områdene, trolig først og fremst av klimatiske årsaker. Vind og snø kan hindre lavens etablering og vekst både direkte og ved å forårsake større avflaking av never. Det er liten endring i lavdekningen i Åmotsdalen og Dividalen fra andre til tredje analyseår, men andelen skadd lav har gått noe opp i Dividalen (Figur 42**,** Figur 43).

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (Figur 42). Det frodige inntrykket i Gutulia og Møsvatn blir også understreket av de store forekomstene av brunskjegg (*Bryoria* spp.), arter som er følsomme for forurensninger. Lang skoglig kontinuitet og beskyttet habitat, samt innslag av furuskog, kan være med på å forklare de store forekomstene av brunskjegg og det store artsmangfoldet. Spesielt i Møsvatn-området har skadeomfanget gått betydelig ned (Figur 43), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra 1,8% dekning i 1992 til 15,5% dekning i 2002. Dette kan tolkes som en respons på nedgangen av svovel i luft og nedbør de siste 10-årene. I Børgefjell, et område med minimalt nedfall av forurensende stoffer, er skadefrekvensen forholdsvis lav, men høyere enn ved første gangs analyse (Figur 43). Denne økningen kan ha sammenheng med klimabetinget skade på bl.a. snømållav, som også er vesentlig redusert i frekvens gjennom overvåkingsperioden.



Figur 42. Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal. For Børgefjell er prøvefelt 0, etablert i 2005, ikke tatt med.

Figure 42. Cover of epiphytic lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03, 2005-08), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area. Sample plot 0 in Børgefjell, established in 2005, is not included.



Figur 43. Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som prosent av total registrert lavdekning. For Børgefjell er prøvefelt 0, etablert i 2005, ikke tatt med.

Figure 43. Proportion of damaged lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03), given as per cent of total censused lichen cover. Sample plot 0 in Børgefjell, established in 2005, is not included.

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

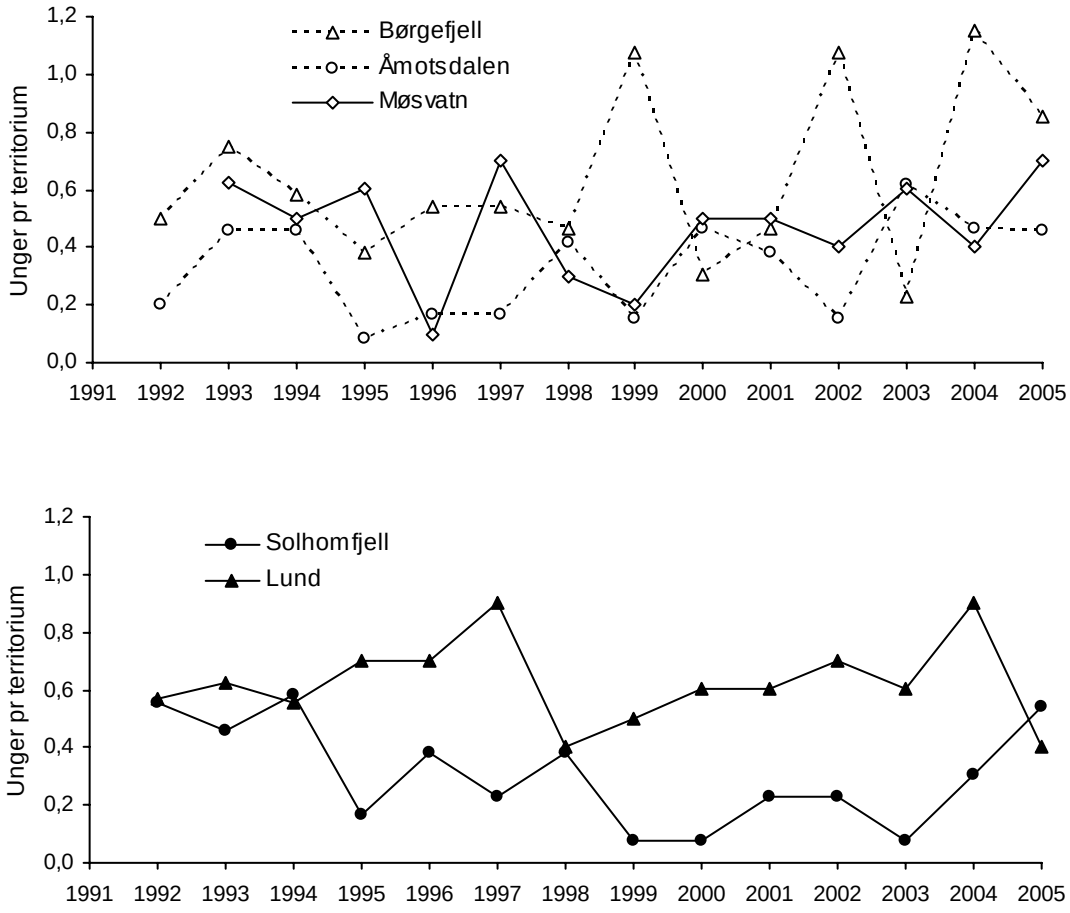
6.4 Effekter på fauna

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 enkelte år (1998-2003). 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
Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryper 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 unge-produksjonen hos kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2005 har vist at ungeproduksjon ligger innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastede overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (Figur 44). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell har ligget lavt i perioden 1998-2003, 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.

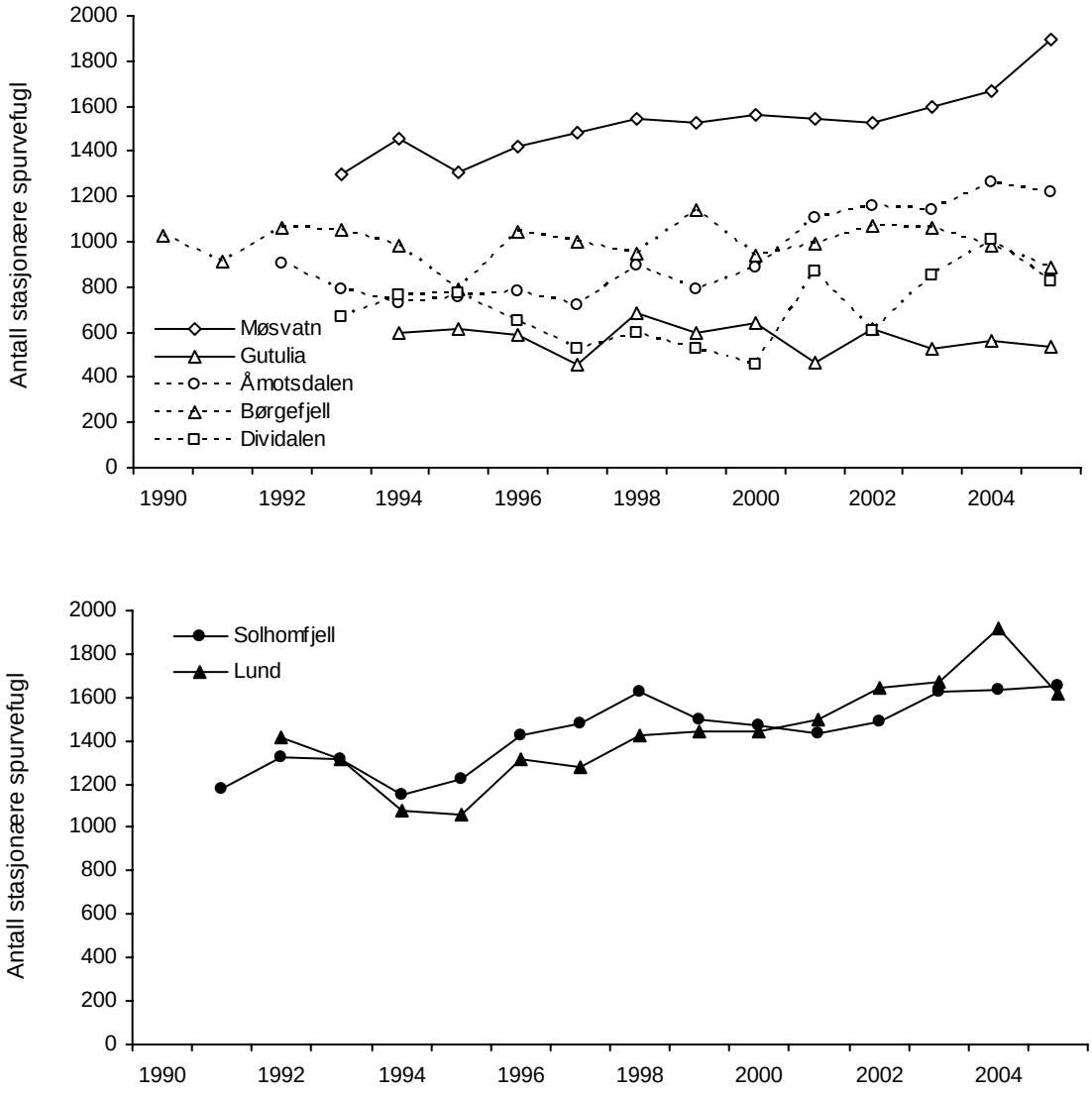
Spurvefugler
Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2005-sesongen finnes tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 12 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 invasjonspreget 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 45). 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 1990-2005.

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 46). 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 Åmotsdalen og Gutulia i 2004 og 2005 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 90%) for alle år og områder.



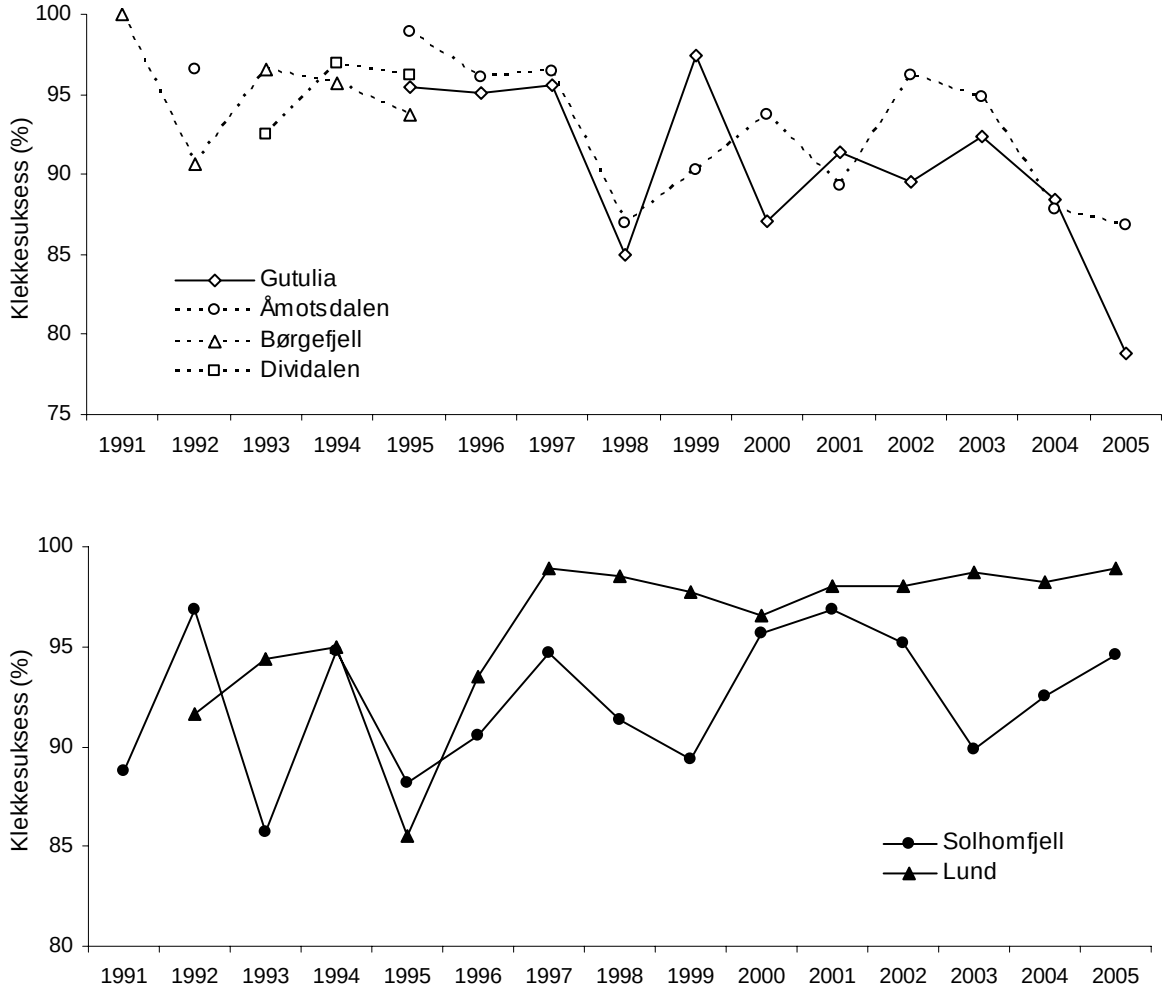
Figur 44. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2005.

Figure 44. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2005.



Figur 45. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2005.

Figure 45. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2005.



Figur 46. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2005, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke ble ødelagt.

Figure 46. Hatching success of pied flycatchers at the monitoring sites 1991-2005, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

7. Referanser til rapporter

Luft og nedbør:

SFT 2006. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2005. W.Aas, S. Solberg, T. Berg, S. Manø og K.E. Yttri. SFT rapport 955/2006. NILU OR 36/2006.

Vannkjemi og vannbiologi:

SFT 2005. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2004. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport 941/2005, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway.

Aagaard, K. & Dolmen, D. 1996. Limnofauna norvegica. Katalog over Norsk ferskvannsfauna. Tapir forlag, Trondheim, 310 s.

OPS

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

Brække, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for næringselementer i gran- og furunåler. Aktuelt fra skogforskningen 15/94: 1-11.

Hylen, G. og Larsson, J. Y. 2005. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2005. NIJOS rapport 1/2006:1-60

Timmermann, V. 2005. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2005. Rapport fra skogforskningen 1/06:1-30.

TOV

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

Framstad, E. (red.). 2006. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2005: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. NINA Rapport 150, 102 s.

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, 30 s.

Referer til denne rapporten som:

SFT 2006. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2005 - Sammendragsrapport. SFT-rapport 957/2006, TA-2183/2006.

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 NILU, NIVA, NINA, UiB, Skogforsk, NIJOS	Kontaktperson SFT Tor Johannessen	ISBN-nummer 82-577-4954-0

Statlig program for forurensningsovervåking SFT-rapport 957/2006	Avdeling i SFT	TA-nummer 2183/2006

Oppdragstakers prosjektansvarlig	År	Sidetall	SFTs kontraktnummer
Brit Lisa Skjelkvåle	2006	84	6004057

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5231-2006	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruksdepartementet (LD)

Forfatter(e)
Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI-Unifob, UiB), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Erik Framstad (NINA), Gro Hylen (NIJOS), Gunnar Halvorsen (NINA), Gunnar R. Raddum (LFI-Unifob, UiB), Inga E. Bruteig (NINA), John Atle Kålås (NINA), John Y. Larsson (NIJOS), Kjell Andreassen (Skogforsk), Karl Espen Yttri (NILU), 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), Vegar Bakkestuen (NINA), Volkmar Timmermann (Skogforsk), Wenche Aas (NILU), Øyvind Kaste (NIVA)

Tittel - norsk og engelsk
Overvåking av langtransporterte forurensninger 2005 - Sammendragsrapport
Monitoring long-range transboundary air pollution 2005 - Summary report.

Sammendrag – summary
Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2005 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV).
The report presents results for 2005 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution.

4 emneord:	4 subject words:
Overvåking	Monitoring
Luftforurensning	Air pollution
Akvatisk miljø	Aquatic environment
Terrestrisk miljø	Terrestrial environment