



# Statlig program for forurensningsovervåking

---

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn  
Direktoratet for naturforvaltning  
Landbruksdepartementet

---

## Rapport 697/97

Utførende institusjoner Norsk institutt for luftforskning  
Norsk institutt for vannforskning  
Norsk institutt for naturforskning  
LFI, Zoologisk institutt, UiB  
Norsk institutt for skogforskning  
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

---

# Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

## Overvåkingsprogram for skogskader

Sammendrag av årsrapporter 1996



# Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransportert forurenset luft og  
nedbør

Overvåkingsprogram for skogskader

**Sammendrag av årsrapporter 1996**

Referer til denne rapporten som:

SFT, 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1996. SFT-rapport 697/97.

Sammendragsrapporten er basert på følgende hovedrapporter:

SFT, 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1996. SFT-rapport 703/97.

SFT, 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1996. SFT-rapport under utarbeidelse. Vil bli tilgjengelig fra ca. 1 oktober 1997.

Solberg, S. 1996. Fylkesvise lokale overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 1996. (Local county monitoring plots. Vitality survey 1996.) Rapp. Skogforsk 14/96:1-15.

Støen, O.G., Nellemann, C., Eriksen, R. 1997. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-96 - statistikk. National monitoring of forest vitality in Norway 1989-96 - statistics. NIJOS-rapport 1/97. Norsk institutt for jord og skogkartlegging. Ås. 82 s.

Solberg, S., Horntvedt, R., Berg, I.A., Aamlid, D., Tørseth, K. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1996. (Intensive forest monitoring plots. Results 1996.) Aktuelt fra Skogforsk. Under utarbeidelse.

# Forord

Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 1996 fra to overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" og "Overvåkingsprogram for skogskader".

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). 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 av overvåkingsprogrammet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkjemisk), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser), Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) (bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet. Gruppen består av følgende medlemmer: Tor Johannessen, SFT, Steinar Sandøy, DN, Kjetil Tørseth, NILU, Arne Henriksen og Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA, Trygve Hesthagen, NINA og Gunnar G. Raddum, UiB.

I 1985 ble det opprettet et eget "**Overvåkingsprogram for skogskader**" (OPS), drevet med midler fra Landbruksdepartementet (LD) og SFT. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er programansvarlig. Foruten NISK, deltar Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og NILU i programmet. OPS har et eget organ for koordinering, og det er også tilknyttet en Vitenskapelig Referansegruppe med eksterne fagfolk.

Norge leverer data fra programmene "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" og "Overvåkingsprogram for skogskader" til effektprogrammer (ICP Water, ICP Integrated Monitoring og ICP Forest) under FNs konvensjon for grenseoverskridende luftforurensninger (CLRTAP). Data for atmosfæriske tilførsler fra programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" leveres til EMEP.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av årsrapporten har vært:

Kjetil Tørseth og Anke Lükewille (NILU): *atmosfærisk tilførsel*

Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA): *vannkjemisk overvåking*

Trygve Hesthagen, Randi Saksgård): *vannbiologisk overvåking/fisk,*

Arne Fjellheim og Gunnar Raddum (UiB): *vannbiologisk overvåking/ bunndyr*

Svein Solberg, Richard Horntvedt, Ingrid Ann Berg, Dan Aamlid (NISK): *skog/fylkesvise flater og intensive flater*

Christian Nellemann (NIJOS): *skog/landsrepresentative flater*

Redaktør for rapporten har vært Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA.

Oslo, 15 juni 1997

Ola Glesne

Tor Johannessen

# Innhold

<b>Forsuringsstatus i 1996</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>6</b>
<b>Summary in English</b>	<b>9</b>
<b>1. Overvåkingsprogrammene</b>	<b>14</b>
1.1 Atmosfæriske tilførsler	14
1.2 Effekter	14
1.2.1 Vannkjemisk overvåking	15
1.2.2 Vannbiologisk overvåking	15
1.2.3 Skogovervåking	15
<b>2. Overvåking av luft og nedbør</b>	<b>20</b>
2.1 Utslipp	20
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger	20
2.3 Luftas innhold av forurensninger - tørravsetninger	23
2.4 Bakkenært ozon	25
<b>3. Vannkjemisk overvåking</b>	<b>26</b>
3.1 Endringer i vannkjemi fra 1980 - 1996	27
3.1.1 Elver	28
3.1.2 "100-sjøer"	28
3.1.3 Feltforskningsstasjoner	29
<b>4. Vannbiologisk overvåking</b>	<b>33</b>
4.1 Fisk	33
4.2 Regionale bunndyrundersøkelser.	39
<b>5. Skogovervåking</b>	<b>42</b>
5.1 Landsrepresentative overvåkingsflater	42
5.2 Intensive skogovervåkingsflater	45
5.3 Fylkesvise lokale overvåkingsflater	49
<b>6. Rapportoversikt</b>	<b>51</b>

---

## Forsuringsstatus i 1996

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid er utslippene redusert med over 40% fra 1980 til 1993. Utslippsreduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30%. Som en følge av dette har konsentrasjonen av sulfat i nedbør avtatt med 40-60% i Sør-Norge og 50-60% i Nord-Norge siden 1980. Luftens innhold av sulfat har avtatt med 45-55% fra 1980 til 1996. For svoveldioksid har reduksjonen vært 55-85% i Sør-Norge og omlag 70% i Nordland og Finnmark.

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 30-40 % fra 1980-1996. Fra 1993 til 1996 har sulfat ikke vist noen tydelig nedgang, og det kan se ut til at den nedadgående trenden i sulfat har stabilisert seg. På tross av dette fortsetter den positive utviklingen i vannkvalitet med nedgang i uorganisk (giftig) aluminium og økning i ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH som har vært tydelig de siste 5-6 årene. Både fiske- og bunndyrundersøkelser viser at forsuringstilstanden er i ferd med å bedres, men fortsatt er det en ustabil situasjon.

Nitrat og ammonium har ikke vist signifikante endringer i nedbør siden målingene av disse komponentene startet i 1984. Det er heller ingen systematiske trender i nitrat i overflatevann for perioden 1980-1996 og på regional basis er nitratnivået uendret. Det kan se ut til at innsjøer og elver på Vestlandet viser en svak tendens til økning i nitrat i 1996. Siden nitrogenbelastningen er tilnærmet konstant og svovelbelastningen avtar, øker den relative betydningen av nitrogen for forsuringssituasjonen.

Det har vært en jevn nedgang i kronetetthet (6%) i granskogen i Sør- og Midt-Norge i perioden 1989-96. Det er ingen tegn til masseavdøing. Det er små variasjoner for furu og bjørk. Antall grantrær med misfarget krone har økt i samme periode. Analyser av jordvann viser en nedgang i pH og en økning i konsentrasjonen av Al, men det er usikkert om dette kan tilskrives deposisjonen av syre. En rekke naturlige forhold, herunder klimatiske og andre naturlige voksestedsforhold, påvirker skogens helsetilstand i Norge. Store deler av misfargingen og nåletapet er sannsynligvis et resultat av naturlige årsaker. Endel av misfargingen, spesielt i Sør-Norge, ser imidlertid ut til å være av mer langvarig karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse. Misforhold mellom næringsstoffer i jord og i nåler kan være en effekt av langtransportert luftforurensning. Det kan forventes økte skader på skogen på sikt i det Sørøstligste Norge dersom det nåværende deposisjonsnivå opprettholdes.

## Sammendrag og konklusjoner

### Tilførsler

#### *Atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon*

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid har års-middelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre ( $H^+$ ) i nedbør samt luftens svovelinnhold avtatt med 40-60% siden 1980. Konsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør har også gått ned med 60-80%. Derimot har innholdene av nitrogenkomponenter i nedbør og luft endret seg lite. Både i Sør- og Nord-Norge var middelkonsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør generelt noe høyere i 1996 sammenlignet med 1995. Det var for de fleste målesteder på Sør- og Vestlandet noe høyere konsentrasjonsnivåer av svoveldioksid og partikulært sulfat, mens det i de øvrige landsdeler var noe lavere nivåer sammenlignet med 1995. Våtavsetningen av sulfat har avtatt siden 1980, og den er på landsbasis, med unntak av Svalbard, den laveste som er målt hittil, dels på grunn av små nedbørmengder.

Beregnet tørravsetning av svovel utgjorde i hele landet, unntatt Finnmark (utslipp på Kola-halvøya), 10-30% av de totale avsetningene om vinteren og 20-35% i vekstsesongen 1996. I Finnmark var tørravsetningen av svovel dominerende med 60-65% av den totale avsetningen om vinteren og 50-80% i vekstsesongen.

Ozon-tålegrensen på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som middelverdi over 7 timer kl. 09 - 16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet på alle målestedene med de største overskridelsene i de sørlige delene av landet. Antall "ozonepisoder" var 26 døgn i 1996 (dvs. døgn med maksimal timeverdi over  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på ett sted eller minst  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på flere steder). Dette er mer enn gjennomsnittlig de foregående 10 årene (19,1 døgn). Høyeste timemiddelverdi var  $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Osen, 24. juli 1996 kl. 12). Det ble målt timemiddelverdier over  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ECEs grenseverdi for beskyttelse av plantevekst) på åtte steder. Ingen målesteder hadde timemiddelverdier over 180

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , som er EUs grenseverdi for melding til befolkningen.

Kvikksølv viser tydelig nedgang i konsentrasjonen i luft fra 1992 til 1996 på alle målestasjoner. Konsentrasjonene av Pb, Cd og Zn i luft indikerer imidlertid en økning over perioden og dette er i motsetning til i nedbør hvor det har vært avtagende nivåer de siste år. En mulig årsak til dette kan være en økt påvirkning fra kilder i Øst-Europa.

### Effekter

#### *Vannkjemi*

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i elver, innsjøer og avrenningsvann fra feltforskningsstasjoner. Konsentrasjoner av sulfat er redusert med 30-40% i perioden 1980-1996. Nedgangen i sulfatkonsentrasjoner ser ut til å ha flatet ut i perioden 1993-1996, og sulfat viser en liten økning fra 1995 til 1996 for innsjøer i alle landsdeler med unntak av Nord-Norge. Enkelte av Vestlandselvene viser også økning i sulfat fra 1995 til 1996.

Nedgangen i sulfat fra 1980 har medført en bedring i forsuringstilstanden i elver og innsjøer i 90-årene ved at det har vært en klar nedgang i uorganisk bundet (giftig) aluminium og økning i pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet). Denne tendensen har vært mest markert på Østlandet, men også tydelig på Sørlandet og i Midt- og Nord-Norge. Denne vannkvalitetsforbedringen har fortsatt i 1996 på tross av stabilisering i nedgangen av sulfat.

Nitratinnholdet i innsjøer, elver og feltforskningsområder viser ingen klare trender. De høyeste nitrat konsentrasjonene finnes imidlertid i de områdene av Norge der N-deposisjonen er høyest. Endel av Vestlandselvene viser noe høyere nitrat i 1996 enn i 1995.

## Vannbiologi

### Fisk

I Nystølsvatn i Gaulavassdraget i Sogn og Fjordane fortsetter aurebestanden å avta, og i 1996 ble det bare fanget ett individ. Imidlertid viste elfiske på utløpet av innsjøen den høyeste tettheten av aureyngel siden disse undersøkelsene startet i 1986. Det var generelt en klar økning i tettheten av aureyngel i tilløpsbekker til innsjøer i Gaulavassdraget i 1996.

I Storavatn i Meland kommune i Hordaland har det vært en økning i aurebestanden siden 1990, mens innsjøen har fortsatt en liten bestand av røye.

Aurebestandene i Risvatn og Flotavatn i Vikedalsvassdraget i Rogaland har økt siden begynnelsen av 1980-tallet. Dette er i samsvar med prøvefiskeresultatene fra 1994. I Røyrvatn i samme vassdrag var det en økning i fangstutbytte av aure fra tidlig på 1980-tallet og fram til 1991, men siden har bestanden avtatt. Tetthetene av aureunger i tilløpsbekker til innsjøer i Vikedalsvassdraget var de største som er registrert siden disse undersøkelsene startet i 1987. Spesielt var det høy tetthet av yngel sammenliknet med tidligere år. I tilløpsbekker til innsjøer i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland var det en nedgang i tettheten av yngel fra 1995 til 1996, men likevel høyere enn i de fleste år før 1995. Tettheten av eldre aureunger i 1996 var imidlertid noe større enn i tidligere år.

I Kleivsetvatn (Vest-Agder) var fangstutbyttet av aure noe lavere enn i 1990. Prøvefiskeresultatet i Grunnevatn (Aust-Agder) tyder på at aurebestanden her er tapt.

Det har vært en kraftig økning i abborbestanden i Tveitevatn (Telemark) siden 1991. I Heddersvatn i samme fylke var fangstutbyttet av røye dobbelt så høyt som 6 år tidligere. Derimot har trolig aurebestanden i innsjøen gått tapt. Det ble heller ikke tatt abbor i N. Furuvatn (Telemark).

I Langvatn nær Oslo har det vært en kraftig økning i abborbestanden siden slutten av 1980-tallet, men innsjøen har fortsatt tynne bestander av aure og røye.

Rondvatn i Rondane nasjonalpark i Oppland hadde opprinnelig både aure og røye, men begge artene gikk tapt pga forsuring. Derimot er det kommet tilbake røye i et lite tjern (Loni) ved utløpet av Rondvatn. Loni har en betydelig bedre vannkvalitet enn Rondvatn pga tilløp fra en sidedal (Illmannsdalen) med rikere geologi. Røya har trolig rekolonisert Loni fra innsjøer i Illmannsdalen.

### Bunndyr

De regionale bunndyrunderøkelsene i 1996 viste at de undersøkte feltene ved Farsund fremdeles må karakteriseres sterkt forsuret. Området har vist en tydelig forbedring de siste årene grunnet registreringer av den sterkt forsuringssensitive døgnfluen *Baetis rhodani*. Nevnte art hadde tilsynelatende et tilbakeslag i 1996 og det kan synes som om den positive utviklingen stoppet. Foreløpig er det defor usikkert om *B. rhodani* har klart å etablere levedyktige populasjoner i området.

Vikedalsvassdraget var også tydelig forsuret selv om trenden de siste årene har vært positiv. Også hadde et tydelig forsuret bunndyrsamfunn om våren, mens høstsituasjonen kan karakteriseres moderat forsuringsskadet. Rødneelv hadde liten skade i 1996. Vassdraget har imidlertid vært det mest stabile i over-våkingsperioden. På basis av de registrerte bunndyrsamfunn i Gaular får vassdraget betegnelsen moderat forsuringsskadet. Høstsituasjonen er den beste som er registrert siden overvåkingen startet.

Situasjonen i Nausta har bedret seg betydelig i de senere år. I 1996 ble det ikke registrert skader i vassdraget om høsten, mens vårsituasjonen indikerte en liten skade på linje med de to foregående årene.

I Kvennavassdraget ble det registrert en nedgang i artsantall og mengde av de mest forsuringfølsomme artene i 1995 sammenliknet med situasjonen i 1978. Dette indikerte at vassdraget var blitt noe skadet spesielt i de vestre områdene. Registreringene av bunndyr i Lierne i 1995 viste tydelige forsuringsskader i deler av området. På svensk side av det samme fjellområdet er det observert lignende forhold.



### **Skog**

Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater, med registreringer fra 1986;

- landsrepresentative overvåkingsflater
- Intensive overvåkingsflater
- Fylkesvise lokale overvåkingsflater

Vitalitetsregistreringene i gran, furu og bjørkeskog er gjennomført på ca. 900 landsrepresentative flater (ca. 8000 trær) årlig siden 1989. Kronetettheten har gått ned for gran med 6.1% i perioden 1989-1996, noe mindre markant for furu og bjørk. Nedgangen i denne perioden ser ut til å omfatte spesielt Sør- og Midt-Norge, og er større enn det som forventes utfra naturlig aldringsprosesser eller mulig observatør-usikkerhet. Samtidig har antall grantrær med misfarget krone blitt fordoblet fra 1991 til dagens nivå på 24.2% av alle trær. Misfargingen er mest markant i eldre skog, hvor 38.4% av trærne er klassifisert som misfarget. Den årlige misfarging varierer noe, sannsynligvis etter tørkeforhold.

Det er betydelig mindre (20-40%) fosfor, kalsium og magnesium i skogsjord i de hardest belastede områdene i Sørøst-Norge enn i tilsvarende skog andre plasser i Norge, samtidig som at det en tendens til at innholdet av nitrogen er høyere. På samme måte er det funnet tendenser til tilsvarende næringsubalanse i nåler hos gran mellom områder med henholdsvis stor og relativ lav forurensningsbelastning.

En rekke naturlige forhold, herunder klimatiske, påvirker skogens helsetilstand i Norge, og store deler av misfargingen og nåletapet er sannsynligvis forårsaket av naturlige årsaker. En del av misfargingen, spesielt i Sør-Norge, ser imidlertid ut til å være av mer langvarig karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse. Økende misforhold mellom nitrogen og andre næringsstoffer i jord og nåler kan være en effekt av langtransportert luftforurensning. Dagens depositionsmonster vil høyst sannsynlig forsterke slike negative trender, slik at næringsubalanse i granskog slik at det kan forventes økt skadeomfang i det Sørøstligste Norge på sikt.

Tilstanden på de intensive flatene har utviklet seg svakt i negativ retning, men tilstanden har også variert fra år til år. Kronedrypp har variert i takt med tilførslene. Jordvannet har vist nedgang i pH og konsentrasjoner av Ca og Mg, mens Al har økt, men det er usikkert om tilførsler av syre har bidratt til denne utviklingen. Trærnes vitalitet har gått svakt nedover. Strøfallsmengdene har variert mellom flater, men har også vært høyt i episoder.

Samlet sett har de fylkesvise flatene vist en svak nedgang i trærnes vitalitet. Kronefarge (og konglemengde) har først og fremst hatt årlige svingninger, mens kronetetthet har hatt et jevnt, og svakt nedadgående forløp med 0.45 prosentenheter pr. år.

# Summary in English

## Annual Report for 1996

### Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air Pollutants

#### Norwegian forest monitoring programme

##### **Air and Precipitation**

The highest mean concentrations of sulphate, nitrate, ammonium and strong acid in precipitation occurred along the southern coast, with the highest values observed at the background stations Søgne, Lista, Birkenes, Solhomfjell and Prestebakke. Low values were measured from Møre og Romsdal and north to Troms, with the lowest observed values at Kårvatn. The largest wet deposition (weighted mean concentration multiplied by the precipitation amount) of sulphate, nitrogen components and strong acid occurred along the coast from Aust-Agder to Hordaland county. The mean concentrations of sulphate, nitrate, ammonium and strong acid in precipitation were generally higher in 1996 compared to 1995 in the whole of Norway. Due to small annual precipitation amounts, the wet depositions were generally the lowest measured so far at most places in Norway.

The annual mean concentrations of sulphate and strong acid in precipitation have been decreasing since the end of the 1970's. Since 1980 the content of sulphate has decreased by about 40-60% in southern Norway, and by about 50-60% in northern Norway. For the nitrogen components no significant trend can be detected. The observed reductions in concentration levels are comparable with reported trends in emissions.

Warm winter climate with frequent winter storms early in the 1990's led to episodes with large amounts of sea-salts deposited along the western coast. However, sea-salt deposition was less in 1994 to 1996 than during the previous years.

The highest content of particulate sulphate and of nitrogen components in air and in precipitation were measured in southern Norway. The mean concentrations of sulphur dioxide were highest in Finnmark, due to emissions from nickel smelters in Russia.

The annual mean concentrations of particulate sulphate in air have generally decreased to levels 45 to 55% lower than those measured in 1980. At Spitsbergen, annual mean concentrations of sulphur dioxide and sulphate have decreased by 55% and 59%, respectively. The mean concentrations had similar trends in all parts of Norway since the late 1970's, with a strong decrease till 1983, increase until 1987, and thereafter a strong decrease. The latter decrease is mainly due to reduced emissions.

The dry deposition of sulphur compounds in 1996 is estimated to be 10-30% of the total deposition during the winter and 20-35% during the growing season in all counties except Finnmark. In Finnmark, the contribution of sulphur dry deposition to the total deposition was about 60-65% in winter and 50-80% in summer, due to high air concentrations and small precipitation amounts. The contribution of dry deposition to the total deposition was higher for the nitrogen compounds than for sulphur.

The largest annual mean concentrations of lead, cadmium and zinc in precipitation were measured in Southern Norway. The levels of these trace elements decreased by about 60-80% from 1978 to 1996. Temporary maxima for lead and zinc occurred in Southern Norway in 1988. From 1988 to 1994 the contents of

zinc and lead decreased markedly at most of the measuring sites. In Sør-Varanger (Svanvik and Karpdalen) the levels of arsenic, copper, nickel and cobalt were relatively high due to emissions in Russia.

In 1996, ozone was measured at 15 sites in Norway. There was 26 days with maximum hourly average at least  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  at one site or at least  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  at several sites, which is more than the last 10-year average (19,1 days). The highest hourly concentration was  $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Osen, 27. July, 1996). The ECE critical level of  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  as one-hour average was exceeded at eight sites (Prestebakke, Nordmoen, Osen, Langesund, Haukenes, Birkenes, Sandve and Tustervatn). The critical level of  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  as the 7-h average (09-16) for the growing season (April-September) was exceeded at all sites, with the largest exceedance in the southern part of the country. The monthly mean values of ozone varied over the year, with most maximum concentrations in April-May. There were no exceedances of the critical value of  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  as hourly mean set by the European Commission.

There was a significant reduction in the levels of mercury in air during the period 1992 to 1996. Concentration of lead, cadmium and zinc have probably increased over the same period. This is opposite to the trend observed in precipitation chemistry and may be caused by an increased influence of emissions in Eastern Europe.

Air concentration of a-hexachlorocyclohexane in Ny-Ålesund has decreased since the early 1980s, reflecting the reduced application of the technical mixture of this insecticide.

The level of polychlorinated biphenyls (PCB) in Ny-Ålesund air showed a significant increase in the most volatile PCB-congeners in early 1996, which may indicate a local PCB source.

### Water chemistry

Surface water monitoring in Norway is designed to give a regional coverage with most

of the stations located in acidified areas, but also some stations located in unpolluted areas to give background values. All sites are chosen to minimize the effects of other kinds of pollution.

Monitoring in 4 calibrated catchments was started in January 1980 to give detailed information about water chemistry. Birkenes, Storgama, Langtjern and Kårvatn were originally established during the years 1971-74 as a part of the SNSF project (Acid Precipitation - Effects on forest and Fish). In 1988 Dalelva catchment in northern Norway was added to detect effects of air pollution from the Kola peninsula (Russia). In 1993, Øygardsbekken i Rogaland was established to cover the effects of N-deposition and in 1994 the catchment Svarttjernet was established in the western part of Norway to cover effects of seasalt episodes.

Monitoring of rivers started in 1980. The rivers are characterised by low ionic strength and are a good habitat for salmon and trout. 15 of the rivers are located in southern Norway and one in central Norway.

After the "1000-lake survey" in 1986 about 100 lakes were chosen to be followed up on a yearly basis. By the end of 1996, 80 of the original lakes were left; the others had been limed. Amongst the 1500 lakes from the regional lake survey in 1995 another 100 lakes were selected for yearly monitoring, so that the monitoring programme now includes 200 lakes.

The samples are collected either by local people or NIVA-staff and analysed by standard methods at the Norwegian Institute for Water Research (NIVA) for pH, base cations, Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , alkalinity, Al (RAI and IAI), total N and total organic carbon (TOC).

Long-term monitoring of surface water chemistry clearly show relationship to changes in deposition. Concentrations of sulphate have decreased by about 30-40% in surface waters in southern Norway from 1980-1996. This parallels the 30-50% reduction in

sulphate concentration in precipitation during the same time period. The decrease in sulphate seems to level off the last three years (1993-1996), and from 1995 to 1996 there have been many places with a small increase in sulphate concentrations.

Since 1990 ANC has increased and the water quality for fish and other aquatic organisms has improved in many areas. The changes in sulphate concentrations have also been followed by increase in pH and decrease in labile (inorganic) aluminium. This improvement in water quality has continued in 1996, in spite of the stability in sulphate concentrations.

There has been no significant change in the concentrations of nitrogen in deposition or surface waters during the period from 1980-1995. There is, however, a spatial correlation with high nitrate levels in runoff at sites with high N-deposition. Some of the rivers in Western Norway show a tendency to increase in nitrate from 1995 to 1996.

## **Aquatic biology**

### *Fish*

Brown trout in Lake Nystølsvatn in Gaula watershed in Sogn og Fjordane county, western Norway, continues to decline. However, electrofishing conducted in the outlet of the lake revealed the highest number of juvenile brown trout that have been caught since the investigation started in 1986. Overall, there was a pronounced increase in the density of young brown trout in tributary streams to lakes in this watershed in 1996. In Lake Storavatn in Hordaland County, western Norway, there has been an increase in the abundance of brown trout since 1990. However, there were no corresponding changes for Arctic charr during the same period. Brown trout stocks in lakes Risvatn and Flotavatn in Vikedal watershed in southwestern Norway (Rogaland County), have increased in abundance in recent years. A similar development was evident for the brown trout population in Lake Røyrvatn in the same watershed from 1982 to 1991, but not so in more recent years. The density of young

brown trout in tributaries to lakes in Vikedal was the highest that has been registered since these studies started in 1987, particularly for young-of-the-year fish (age 0+). A similar study carried out in Bjerkreim watershed, southwestern Norway (Rogaland county), showed a reduction in juvenile (age 0+) brown trout density in 1996 compared with that found in 1995, but still higher than in most years since 1986. Brown trout populations in unlimed lakes in southern Norway continue to decline. On the other hand, there has been a marked increase in the density of perch and Arctic charr in two lakes in Telemark County in southern Norway in recent years. However, local extinctions of populations of perch and brown trout have been observed in the same county. In Lake Langvatn, near Oslo, there has been a strong increase in the abundance of perch since 1988. However, Arctic charr and brown trout still remain at low levels. The acidified Lake Rondvatn in Rondane National Park in southeastern Norway, still has no fish. However, Arctic charr have now recolonized a small lake at the outlet of Lake Rondvatn from a nearby lake. This lake drains a watershed with better water quality, and there may also have been an improvement in the water quality of Lake Rondvatn in recent years.

### *Invertebrates*

The regional benthic invertebrate monitoring is carried out in the following localities: two small catchments near Farsund (southernmost Norway), River Oгна, River Vikedal, River Rødneelv, River Gaular and River Nausta. Samples are collected from a fixed station network during spring and autumn. Based on laboratory tests and a large number of field observations as well as CCA-analysis, the tolerance levels of many invertebrates have been stated. The acidification level of each locality is measured on the basis of the composition of the benthic animal community, especially the presence/absence of animals sensitive to acidification. Each locality is given an index ranging from 1 (unacidified) to 0 (strongly acidified). Values below 0.5 and 0.25 indicate potential damage to Atlantic salmon and brown trout, respectively.

The monitoring in the Farsund area has showed an improvement of the fauna with respect to acid-sensitive invertebrates over the last previous years. In 1995 the sensitive species *Baetis rhodani* was present at two sites, but occurred only with one individual at one site in 1996, indicating an unstable water quality with respect to acidification. The acidification score was, however, more or less unchanged as the moderate sensitive species seems to increase their distribution in the watershed.

In River Ognå a new network of monitoring was established in 1991, due to liming of the main river. The monitoring in 1996 showed an increase of the acidification score, highest in the autumn. The watershed is characterized as moderately damaged, but seems rather unstable with shifts in the degree of acidification from time to time. The monitoring parts of River Ognå is also very heterogeneous ranging from highly damaged localities to stable unacidified localities, containing a high diversity of sensitive animals. Source populations will therefore always be present and allow rapid recolonisation when the conditions are suitable.

The unlimed parts of River Vikedal is still highly impacted with acidification and the unlimed water is still not safe for Atlantic salmon. During the last years the damage on the benthic communities has been more pronounced in spring, showing negative as well as positive trends, underlining the labile situation of the river. The last years trend have, however, been positive. The presence of small refuges of unacidified water in the catchment has great importance regarding recolonization of sensitive animals after periods where the recovery is set back.

River Rødneelva showed less damage with respect to acidification during both spring and fall in 1996. The upper part of the main river is still acidified, but improvements in the fauna on a broad scale indicate that the river is more or less recovered. An important factor for this is the supply of water from unacidified

tributaries in the lower part of the watershed which buffers the lower main river.

River Gaular is strongly acidified in the southeastern part of the catchment area. Additionally some of the tributaries are damaged. The monitoring of the lower part of the main river shows a stable, unacidified situation, while other parts are highly acidic with very unstable population of sensitive organisms. Both the spring and fall samples of invertebrates showed an increased acidification index in 1996, most pronounced for the fall samples, indicating improvements in the watershed.

River Nausta, which is the northernmost of the monitored rivers, has an invertebrate community which only to a small extent is influenced by acidification. The fall situation has been very good during the last years, reaching a mean acidification score of 1.0 since 1994. This means that highly acid-sensitive animals were found at all sampling sites at this time of the year. During spring, however, some sites lose their population of the most sensitive species. Nausta is the most recovered watershed, but the difference between the seasons indicate that the river still is unstable and can get setbacks during episodes of acid precipitation or seasalt episodes.

The watershed Kvennavassdraget in the central part of Hardangervidda was investigated during 1978 with respect to invertebrates. This material was used as a reference for the studies carried out in 1995. The number of sensitive taxa was lower in 1995 compared with 1978 indicating an increase in acidification over the last sixteen years. This was most pronounced in the western part while the central and eastern part showed minor changes.

In Lierne monitoring studies of benthic invertebrates started in 1995. The results indicated clearly effect of acidification on the invertebrate fauna. Similar conditions have been observed on the Swedish side of the same mountain area.

## Forest

The Norwegian monitoring programme for forest damage comprises three sets of monitoring plots monitored during 1986-96, corresponding to the levels I (representative grid) and II (intensively monitored plots) within the ICP-Forests, as well as the local county monitoring plots.

Nationwide surveys of crown colour and defoliation have been conducted annually on ca. 900 forest plots (ca. 8000 trees) in a 9 by 9 km grid since 1989. Defoliation has increased significantly and steadily by 6.1% in Norway spruce (*Picea abies*) since 1989, and the proportion of spruce trees with needle discoloration has doubled to the current level of ca 24.2% of all spruce trees. The decline has occurred across most of Southern and Central Norway. The discolouration has been most pronounced in older spruce forest (>60 years), where ca. 38.4% of the trees have been classified as having >10% of the crown discoloured. The decline appears to exceed that expected from natural aging processes or from potential observer bias. There are currently 20-40% lower contents of Ca, Mg and P, and slightly higher contents of N, in the humus layer of forest soils in high-deposition areas compared to background areas. A similar imbalance, but somewhat less pronounced, has also been observed in needle samples from Norway spruce.

High levels of defoliation and occasional discolouration is mainly attributed to natural variation in growth conditions and climatic stress. However, part of the discolouration, particularly in South-eastern Norway, appear to be consistent, indicating that nutrient deficiency or nutrient imbalance may be the cause. Increasing disproportionate con-

centrations of mineral nutrients and N in needles and in forest soils may indicate an effect of long-range transported transboundary air pollution on the forest ecosystem. The current level of atmospheric input of N is likely to exacerbate the current trends towards nutrient imbalances, which in turn, is likely to increase forest damage in Southeastern Norway in the long-term.

The state of the intensively monitored plots exhibited annual fluctuations, but a slight, negative development is observed concerning crown condition (reduced crown density, increased yellowing) and soil water chemistry (reduced pH, Ca- and Mg-concentrations, increased Al-concentrations). The temporal changes of soil water chemistry can not readily be related to deposition of strong acids or anions, because it was observed on several plots regardless of the deposition. Throughfall has varied due to variations in deposition. Generally, the annual fluctuations observed have resulted from variable weather conditions, as demonstrated for litterfall.

Crown density has decreased evenly during 1988-96 on local county monitoring plots, with an -0.45%-unit annual average rate for spruce plots, while discolouration and amounts of cones have varied considerably between the years without any obvious trend. Old stands with low site index had the most negative trends. Mortality has been low, and mostly occurred at single plots resulting from bark beetle attacks. Southeast Norway is the part of the country having the most negative development through the period, with the lowest crown density, most negative trend, most variable crown colour and frequent cone production.

# 1. Overvåkingsprogrammene

## 1.1 Atmosfæriske tilførsler

Den atmosfæriske tilførsel av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbøren, 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.

Etter avslutningen av SNSF-prosjektet ("Sur nedbørs virkning på skog og fisk") i 1979, ble det i 1980 startet et overvåkingsprogram i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) - **"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"**. I 1996 omfattet dette programmet 11 stasjoner fordelt på alle landsdeler. Syv av disse stasjonene inngår i EMEP-programmet (European Monitoring and Evaluation Programme) under FNs konvensjon for grenseoverskridende luftforurensninger.

I 1985 ble det opprettet et eget **"Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS)**, drevet med midler fra Landbruksdepartementet og SFT. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er programansvarlig, og NILU utfører luft- og nedbørmålinger for prosjektet. I 1996 omfattet dette programmet 12 stasjoner fordelt på alle landsdeler.

I **"Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV)** utfører NILU på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning overvåking av nedbørkjemi på 6 stasjoner.

I tillegg kommer målesteder som er opprettet for andre spesielle prosjekter. Målestedenes navn, beliggenhet og måleprogram er vist i figur 1.

Følgende hovedaktiviteter inngikk i overvåkingsprogrammet i 1996;

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 1996 utført døgnlig ved 9 stasjoner og på ukebasis ved 23 stasjoner. I ukentlige og månedlige nedbørprøver fra 13 stasjoner er konsentrasjonene av sporelementene bly, kadmium og sink bestemt, og for 7 av disse stasjonene også innholdet av arsen, nikkel, kobber, krom og kobolt. Luftprøvetaking av svovel- og nitrogenkomponenter er utført døgnlig eller tre ganger hver uke (2, 2 og 3 døgns prøvetaking) på 12 stasjoner. På Nordmoen og Birkenes bestemmes også innholdet av magnesium, kalsium, kalium, natrium og klorid i luft. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 15 stasjoner, inklusive stasjonene Langesund, Klyve og Haukenes, drevet av SFTs kontrollseksjon i Nedre Telemark.

## 1.2 Effekter

Forurensningenes virkninger på vannkvalitet følges gjennom overvåking av elver, innsjøer og feltforskningsområder. Virkninger på fisk og dens næringsdyr følges ved regionale undersøkelser av bunndyr, zooplankton og fiskepopulasjoner i elver og innsjøer. Disse aktivitetene inngår i programmet for **"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"**.

Forurensningenes virkning på skog følges gjennom overvåking av overvåkingsflater over hele landet. Disse aktivitetene inngår i programmet **"Overvåkingsprogram for skogskader"**.

### 1.2.1 Vannkjemisk overvåking

Den vannkjemiske overvåkingen startet i 1980, og lokalitetene ble valgt utfra SNSF-prosjektets ("Sur nedbørs virkning på skog og fisk") aktiviteter og det arbeidet som til da var utført ved det daværende Direktorat for vilt og ferskvannsfisk (DVF). Programmet omfatter undersøkelser i vassdrag, innsjøer og feltforskningsområder (figur 2). Analyseprogrammet omfatter pH, konduktivitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, nitrat, alkalitet og klorid, to former av aluminium, organisk stoff og total nitrogen.

14 vassdrag på Sør- og Vestlandet, ett på Østlandet og ett i Nord-Trøndelag overvåkes med en prøve hver måned, og ukentlig under vårflommen.

Transport og omsetning av sure forbindelser overvåkes i 7 feltforskningsområder. På disse stasjonene tas døgnlige eller ukentlige nedbørprøver, ukentlige vannprøver, og vannføringen registreres kontinuerlig.

100 innsjøer fra "1000-sjøers undersøkelsen 1986" fordelt over hele landet overvåkes med prøvetaking hver høst. I 1996 ble utvalget av innsjøer utvidet til 200. De nye innsjøene ble valgt blant de 1500 innsjøene som inngikk i "Regional innsjøundersøkelse 1995".

### 1.2.2 Vannbiologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter fiskebestander i innsjøer og bekker, og bunndyr i innsjøer (figur 3).

Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer blir gjennomført med oversiktsgarn og standard SNSF garnserier. I innsjøer som tidligere ikke er undersøkt blir det bare benyttet oversiktsgarn, mens det i lokaliteter hvor det tidligere er prøvofisket med SNSF serier blir det fisket parallelt med begge typer garn. Registreringene av forurensningskader på fiskebestander ved hjelp av intervjuundersøkelser

er en videreføring av SNSF-prosjektet fra 1972-1980. Disse undersøkelsene omfatter også innsamling av vannprøver fra et utvalg innsjøer slik at fiskestatus kan relateres til ulike vannkjemiske parametre.

I forbindelse med ungfiskregistrering hos aure i gytebekker inngår elfiske i innløp/utløp av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) og i tilløpsbekker til innsjøer i vassdragene Bjerkreim og Vikedal i Rogaland og Gaular i Sogn og Fjordane.

Bunndyrundersøkelsene gjennomføres i Saudlandsvatn og Gjervoldstadvatn (Vest-Agder), i Ognavassdraget, Vikedalselva og Rødneelva (Rogaland) og i Gaular- og Naustavasdraget (Sogn og Fjordane). Forsuringsstatusen for en lokalitet eller et vassdrag bestemmes ut fra den registrerte bunndyrsammensetningen.

### 1.2.3 Skogovervåking

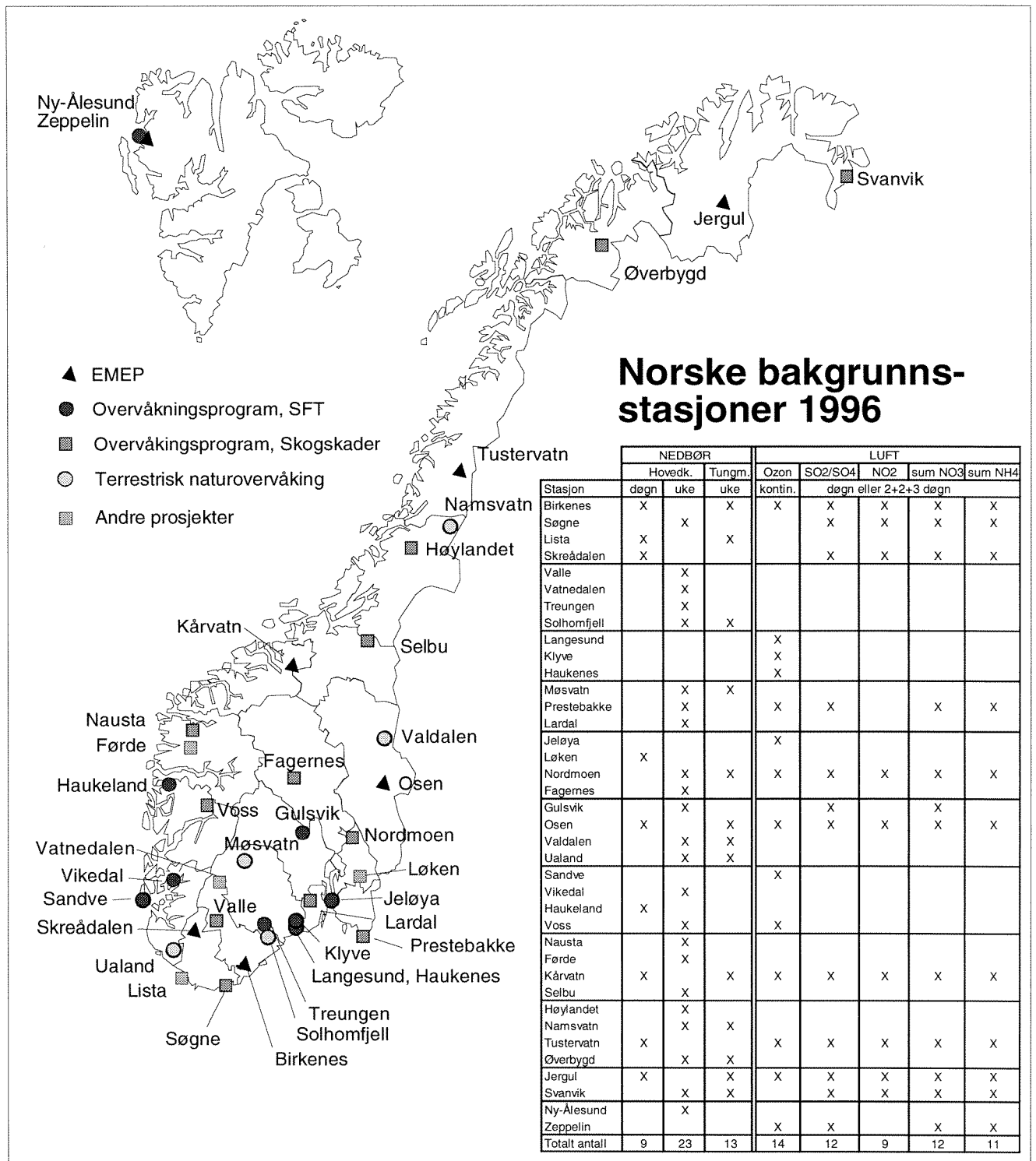
Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater (Figur 4), hvor det har vært gjort årlige registreringer gjennom en periode på 8-10 år, samt en del registreringer som er gjort oftere.

Landsrepresentative flater ("level I"-flater) ligger i et 9x9 km rutenett, og består av 900 flater og 8000 trær. På disse registreres hovedsakelig kronetetthet og kronefarge. Kronetetthet uttrykker en estimert barmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge angir graden av misfarging i kronen, og fremstilles her som prosentandel trær med mer enn 10% misfarging.

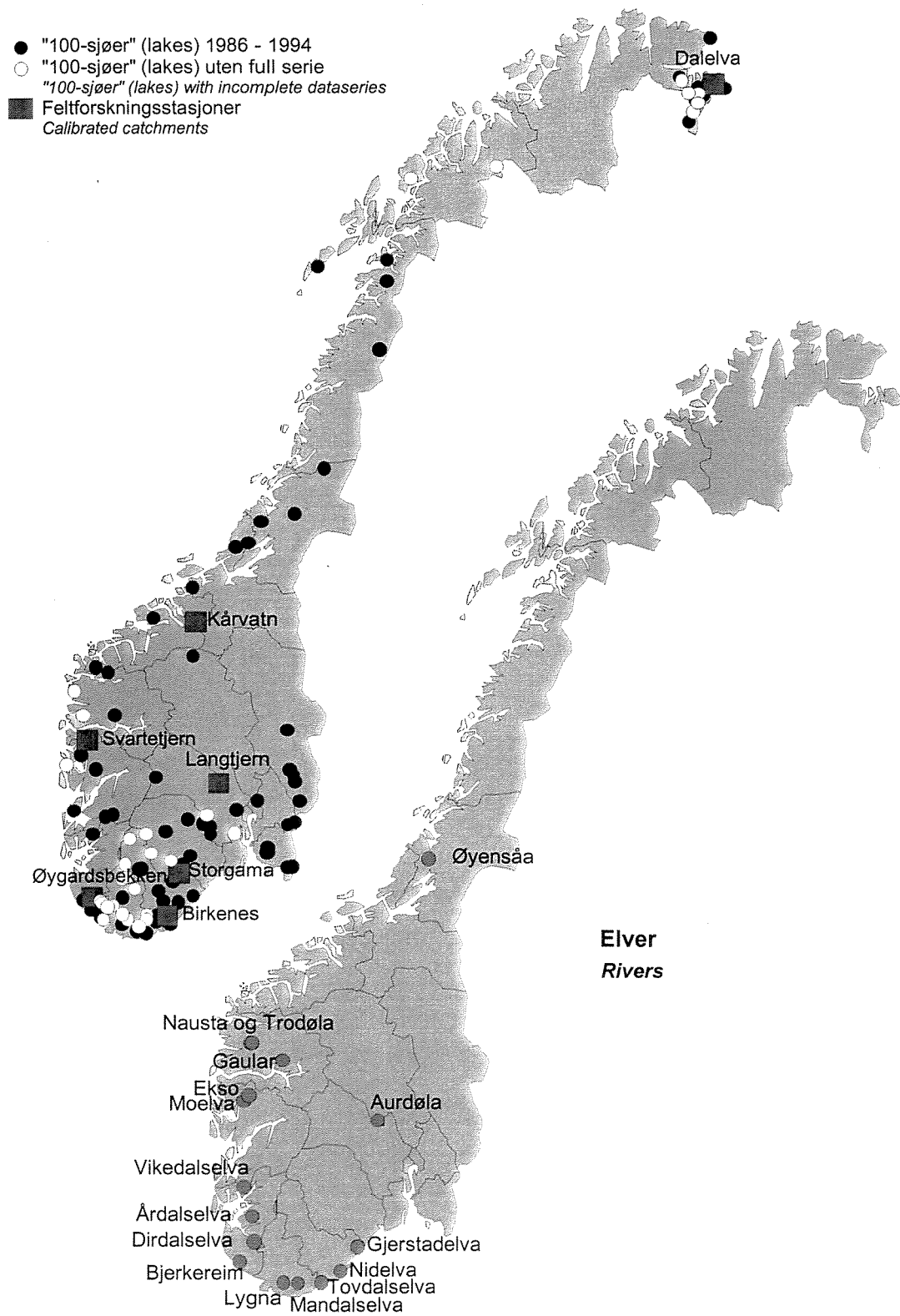
Tilsvarende registreringer gjøres på fylkesvise lokale overvåkingsflater, som består av 750 subjektivt utvalgte flater med 40.000 trær.

På de 17 intensive overvåkingsflatene registreres nedbør, kronedrypp, jordvannskjemi, trærnes vitalitet, nålekjemi og strøfall. Registrering av tilførsler av luftforurensning på de intensive flatene utgjør en stor del av det nasjonale stasjonsnettet (se Tilførsler).





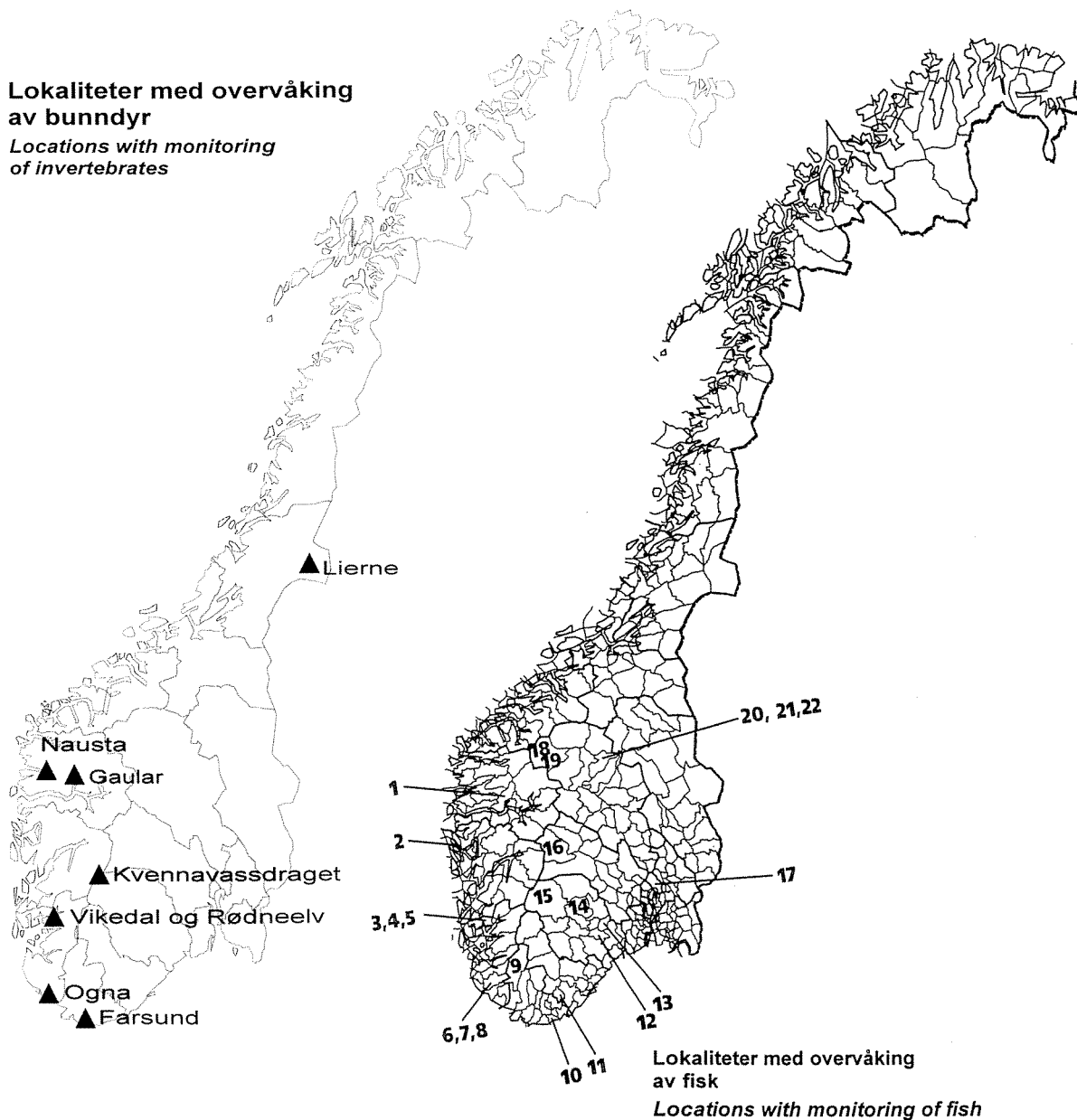
**Figur 1.** Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 1996.  
**Figure 1.** Norwegian background stations and monitoring programme in 1996.



**Figur 2.** Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 1996.  
**Figure 2.** Monitoring network for surface water, 1996.

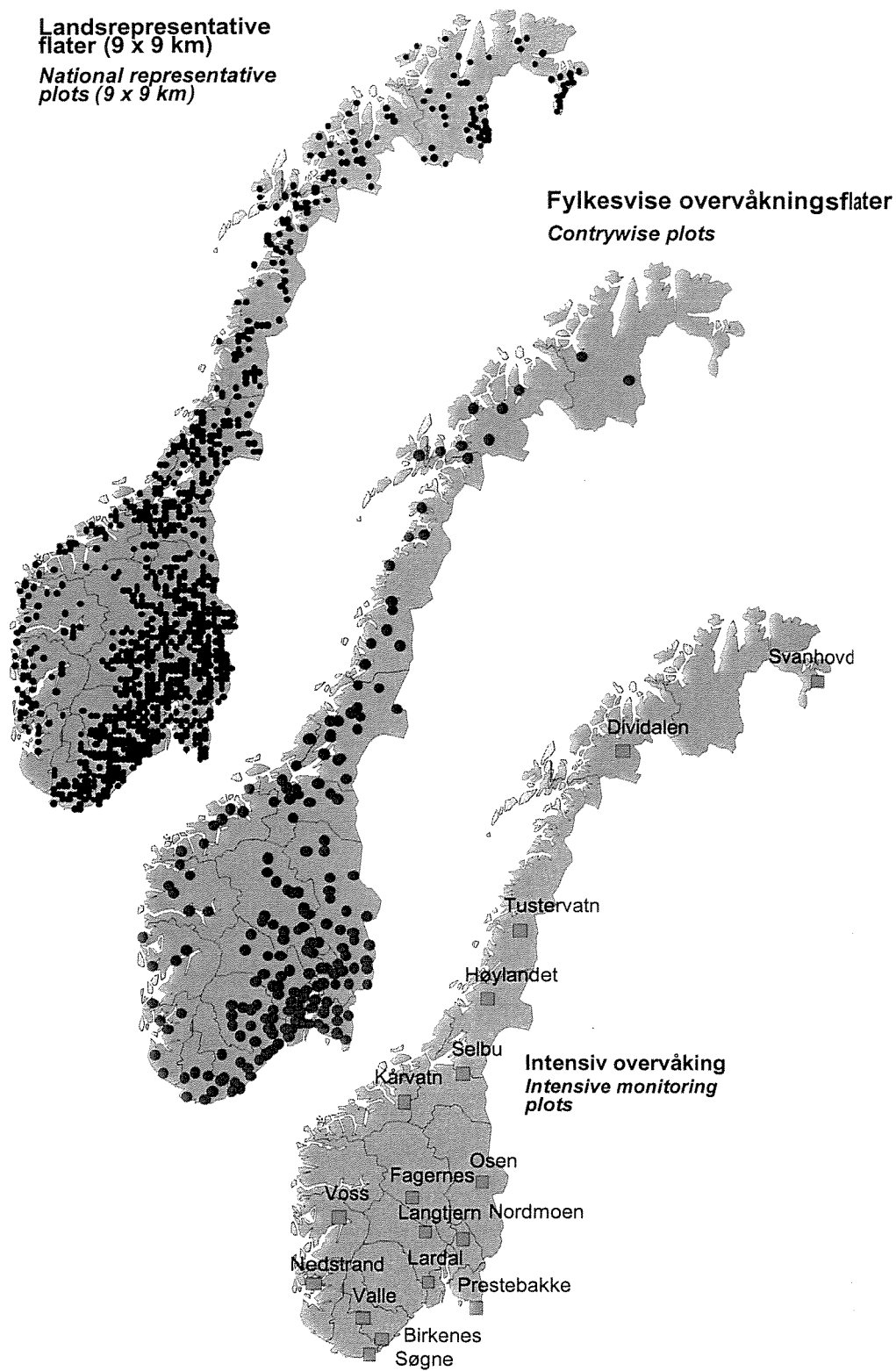
**Lokaliteter med overvåking  
av bunndyr**

*Locations with monitoring  
of invertebrates*



**Figur 3.** Lokaliteter som inngår i det vannbiologiske overvåkingsprogrammet for bunndyr og fisk i 1996. Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer i 1996 med angivelse av fylke i parentes. Lokalitet Nr. 1: Nystølsvatn (SF) 2: Storavatn (H), 3: Risvatn (R), 4: Flotavatn (R), 5: Røyravatn (R), 6: Lomstjern, (R), 7: Skjellbreidtjern (R), 8: Lona (R), 9: V. Fløgevatn (VA), 10: Kleivsetvatn (VA), 11: Grunnevatn (AA), 12: N. Furuvatn (T), 13: Tveitevatn (T), 14: Heddersvatn (T), 15: Stavvatn (T), 16: Store Krekka (B), 17: Langvatn (Oslo), 18: Liavatn (O), 19: N. Søvertjern (O), 20: Rondvatn, (O), 21: Fremre Illmannstjern (O), 22: Loni (O).

*Figure 3. Catchments with monitoring of invertebrates and fish 1996.*



**Figur 4.** Lokalteter som inngår i skogovervåkingsprogrammet 1996.  
*Figure 4.* Locations in the forest monitoring programme 1996.

## 2. Overvåking av luft og nedbør

### 2.1 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 fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI) som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet, er utslippene av svoveldioksid i Europa redusert med over 40% fra 1980 til 1993. Utslppsreduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30%. Utslippene av nitrogenoksider har i samme tidsrom endret seg lite. Ammoniumtilførselen har økt siden 1950-tallet som følge av veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. Fra 1975 er imidlertid økningen liten. Den årlige totaltilførselen av svovel til Norge var for perioden 1988-92 anslått til ca. 150.000 tonn S, og av nitrogen til ca. 160.000 tonn N, men tilførselen av svovel er siden det redusert.

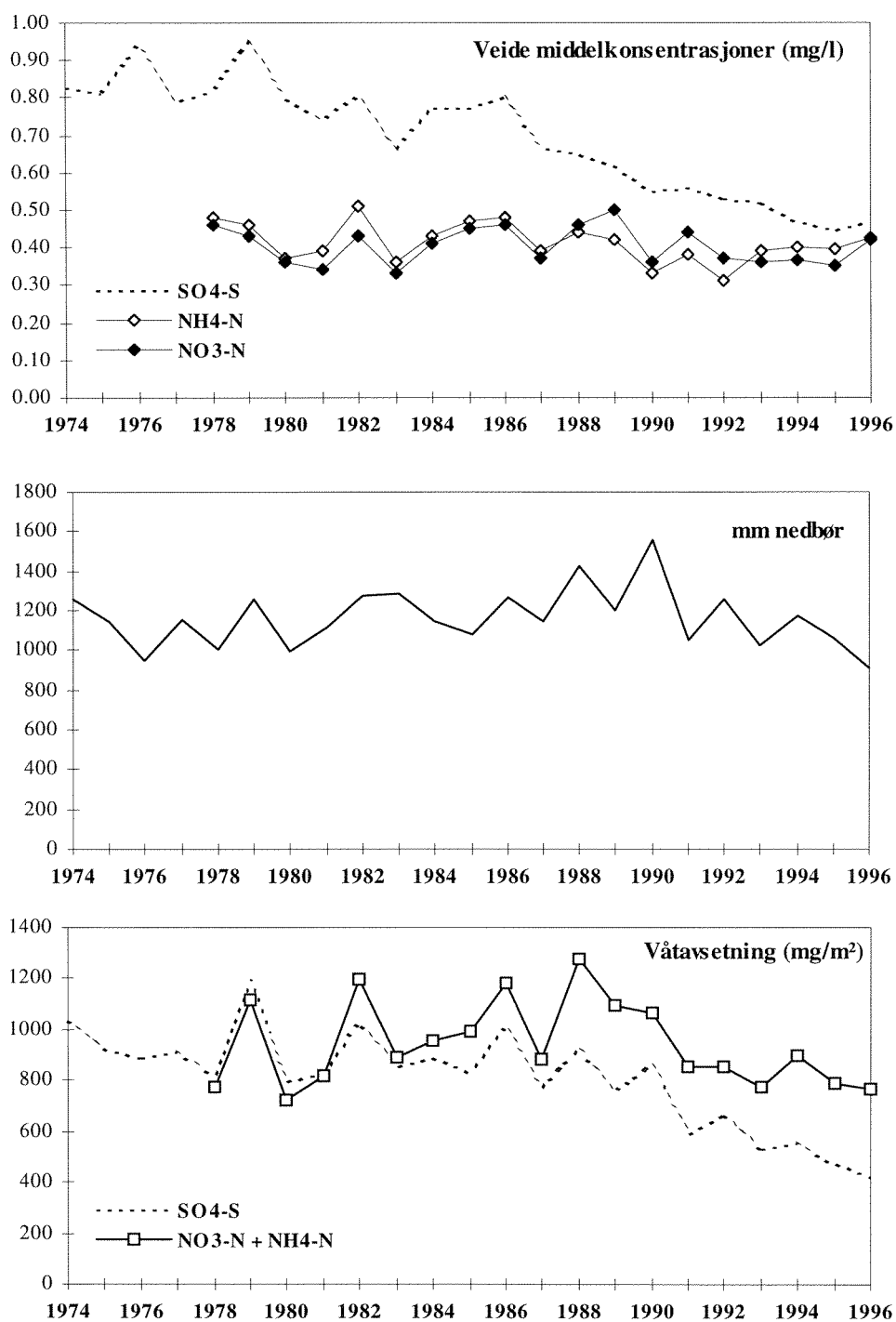
### 2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

I 1996 ble de høyeste årsmiddelkonsentrasjonene av sterk syre, svovel- og nitrogenkomponenter i nedbøren registrert langs kysten på Sørøstlandet og Sørlandet. Verdiene var høyest ved Søgne, Lista, Birkenes, Solomfjell og Prestebakke. De laveste verdier ble målt fra Møre og Romsdal og nordover til Troms, med minimum på Kårvatn. Våtavsetningen av sulfat, sterk syre og nitrogen (nitrat og ammonium) var størst langs kysten fra Aust-

Agder til Hordaland. Tilførselene av sjøsalter var i 1994 til 1996 lavere enn i de foregående 4-5 årene. Både i Sør- og Nord-Norge var middel-konsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør generelt noe høyere i 1996 sammenlignet med 1995.

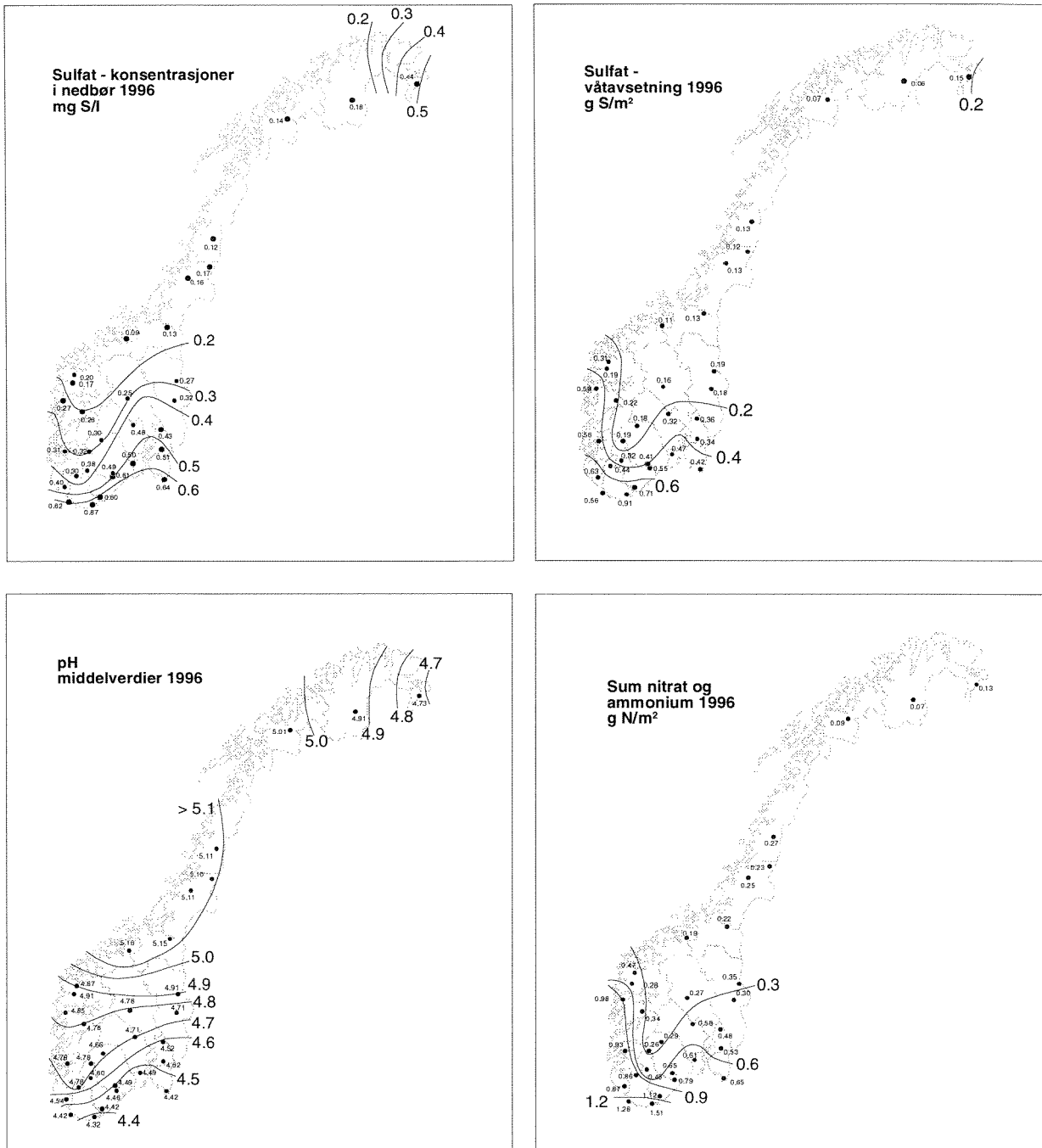
Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid var den gjennomsnittlige reduksjon i sulfatkonsentrasjoner på fastlandsstasjonene mellom 39 og 58% siden 1980. Årsmiddel-konsentrasjonene av nitrat og ammonium i nedbør viser ingen markert tendens i perioden 1980 - 1996. Våtavsetningen av sulfat i Sør-Norge var i 1996 omtrent på samme nivå som i 1993. Ved de fleste stasjoner og mange steder på Sørlandet og Vestlandet var avsetningen de lavest målte siden NILU startet overvåking av luft og nedbørkvalitet tidlig på 70-tallet. Dette skyldes lave konsentrasjoner og små nedbørmengder. Våtavsetningen av nitrogenforbindelser var omtrent på samme nivå som i 1994.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly, kadmium og sink i nedbør ble målt i Sør-Norge. Konsentrasjonene har avtatt med 60 til 80% siden slutten av 1970-årene. Det ble imidlertid målt et maksimum for innholdet av bly og sink i Sør-Norge i 1988, men deretter har konsentrasjonene avtatt på alle målstedene. I 1995 og 1996 var sink-innholdet for de fleste lokaliteter noe høyere enn i de foregående år. Det høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av arsen, nikkel, kopper og kobolt ble imidlertid målt i Øst-Finnmark (Svanvik) grunnet nærliggende utslippskilder i Russland (Kola-halvøya).



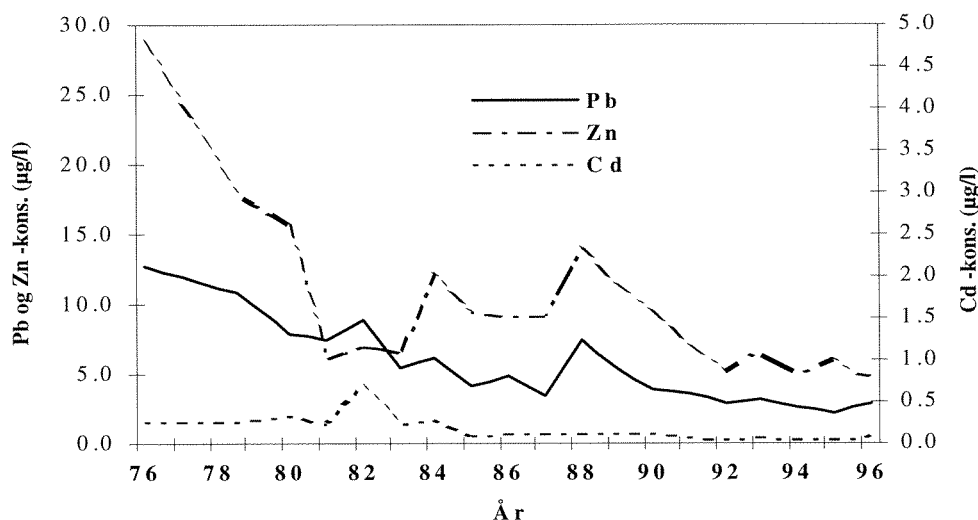
**Figur 4.** Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter 1974-1996 for 7 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik og Løken.

**Figure 4.** Annual weighted mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen based on 7 representative sites in Southern Norway.



**Figur 5.** Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 1996.

*Figure 5.* Annual weighted mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 1996.



**Figur 6.** Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-1996.

*Figure 6.* Annual weighted mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-1996.

### 2.3 Luftas innhold av forurensninger - tørravsetninger

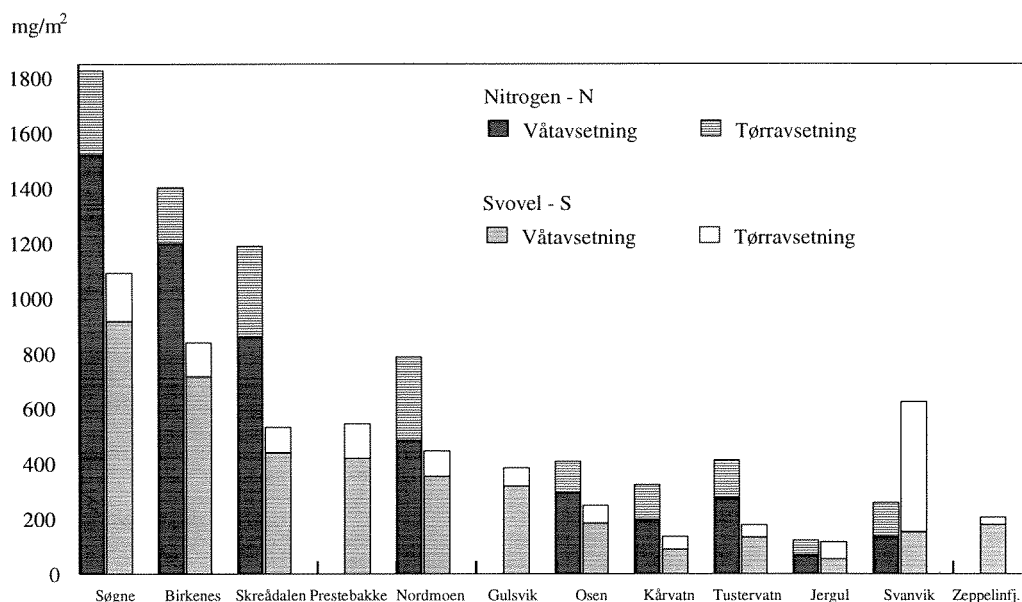
Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark. Den markert høyeste maksimumverdien av svoveldioksid ble registrert i Sør-Varanger (Svanvik) på grunn av utslippskilder på Kola-halvøya. Det var for de fleste målesteder i Sør- og Vestlandet noe høyere konsentrasjonsnivåer av svoveldioksid og sulfat, mens det i de øvrige landsdeler var lavere nivåer sammenlignet med 1995. De høye verdiene av nitrogendioksid ved Nordmoen og Søgne, især midtvinters, skyldes sannsynligvis lokale utslipp, spesielt fra biltrafikk. Innholdet av nitrogendioksid, nitrat+salpetersyre og ammonium+ammoniakk i luft er størst i Sør-Norge og viser ingen markerte tendenser siden målingene startet i 1984. Det ble målt enkelte høye døgnmiddelkonsentrasjoner av "sum ammonium" ved de fleste stasjoner grunnet lokal påvirkning fra landbruksaktivitetet.

Beregnet tørravsetning av svovel utgjorde i hele landet, unntatt Finnmark, 8-30% av de totale avsetningene om vinteren og 17-36% i sommeren 1996. I Finnmark er tørravsetningsandelen av svovel dominerende med 60-65% av den totale avsetningen om vinteren og 50-80% i vekstsesongen. Dette skyldes høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På alle stasjonene (unntatt Svanvik) bidrar tørravsetningen for nitrogenforbindelser relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

Luftens innhold av sulfat har avtatt med 44-56% fra 1980 til 1996. For svoveldioksid har reduksjonen vært 57-85% i Sør-Norge og over 69% i Nordland og Finnmark. Ved Ny-Ålesund har konsentrasjonene av sulfat og svoveldioksid i luft avtatt med hhv. 59 og 55%.

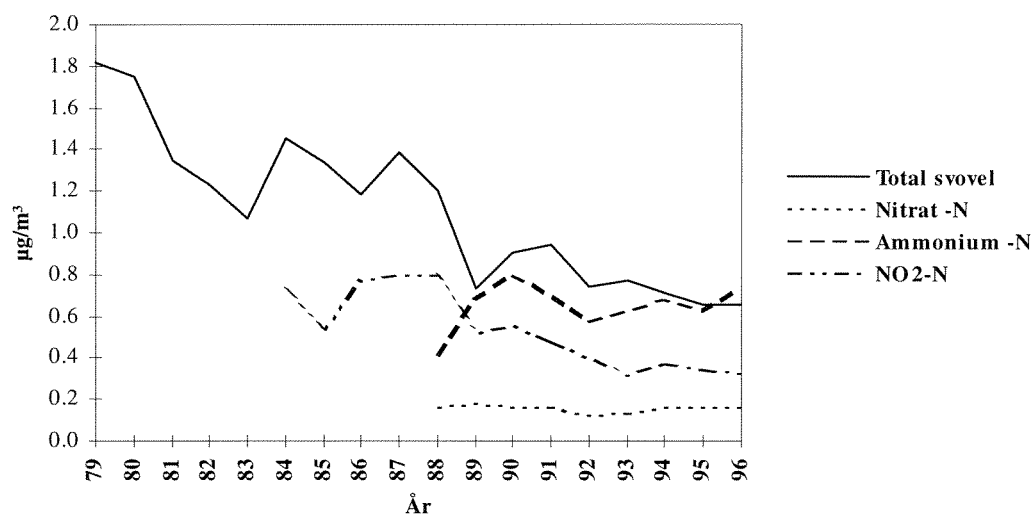
Det har ikke vært noen tendens i luftens innhold av sum nitrat+salpetersyre, sum ammonium+ammoniakk og nitrogendioksid, siden disse målingene startet i 1984.





**Figur 7.** Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 1996.

*Figure 7. Estimated total deposition (dry deposition plus wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background sites, 1996.*



**Figur 8.** Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^-$ ), "sum nitrat" ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$ ), "sum ammonium" ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) og  $\text{NO}_2$  på norske EMEP-stasjoner (se figur 1).

*Figure 8. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at Norwegian EMEP monitoring sites (see figure 1).*

## 2.4 Bakkenært ozon

Ozon og andre fotokjemiske oksidanter dannes ved kjemiske reaksjoner mellom flyktige organiske forbindelser og nitrogenoksider under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av oksidantene og forekommer i størst mengde. Ozon har negative virkninger på helse, vegetasjon og materialer. Helsevirkningene gjelder særlig for astmatikere og andre med kroniske luftveislidelser. Virkninger på vegetasjon gjelder særlig for nyttevekster som grønnsaker og korn. Ved langvarig eksponering er det påvist negative virkninger på skog.

Månedsmiddelverdiene av ozon varierer betydelig over året og viser oftest et maksimum i april eller mai. Konsentrasjonene overskrider ofte "kritiske belastningsgrenser" eller tålegrenser, som er utarbeidet av FNs økonomiske kommisjon for Europa (ECE).

Tålegrensen på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som middelvei for 7 timer kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet. Det var i 1996 flere "episodedøgn" (26 døgn) enn gjennomsnittlig for 10-årsperioden 1986-1995 (19,1 døgn). Med episodedøgn menes døgn med maksimal timemiddelvei på minst  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på ett sted eller minst  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på flere steder.

Høyeste timemiddelvei var  $172 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Osen, 24. juli 1996 kl. 12). Det ble målt timemiddelveier over  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på alle målstedene, og verdier over  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på åtte steder (Prestebakke, Nordmoen, Osen, Langesund, Haukenes, Birkenes, Sandve og Tustervatn). Ingen målesteder hadde timemiddelveier over  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som er EUs grenseverdi for melding til befolkningen.

Målested	Totalt antall		100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Høyeste timemiddelvei	
	Timer	Døgn	h	d	h	d	h	d	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dato
Prestebakke	8746	366	339	43	4	2			158	96-04-22, 96-06-08
Jeløya	8768	366	277	52					146	96-08-22
Nordmoen	8767	366	175	36	2	1			154	96-08-21
Osen	8782	366	447	63	9	2			172	96-07-24
Langesund	8505	357	562	83	1	1			152	96-04-22
Klyve	8726	366	419	65					143	96-06-08
Haukenes	4647	195	420	71	3	2			154	96-07-23
Birkenes	8482	357	386	60	3	2			166	96-07-23
Sandve	4684	196	197	19	1	1			154	96-08-18
Voss	8776	366	456	51					146	96-08-22
Kårvatn	8765	366	521	60					134	96-04-18
Tustervatn	8744	366	255	25	1	1			156	96-08-20
Jergul	8207	354							100	96-03-24
Svanvik	5619	235							100	96-03-27
Zeppelinfjellet	8782	366	14	2					104	96-03-24
Sum datoer		366		112		10				

**Tabell 1.** Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelveier av ozon større enn 100, 150 og 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1996.

**Table 1.** Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100, 150 and 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 1996.

### 3. Vannkjemisk overvåking

Virkningene av tilførsler av forurenset luft og nedbør på vannkvalitet følges gjennom rutinemessig prøvetaking i elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner. Målet for overvåking av vann og vassdrag er å registrere eventuelle endringer i forureningsforhold over tid.

Direktoratet for Naturforvaltning (tidligere DVF) startet i 1965 rutinemessig innsamling og analyse av vannprøver fra fire elver på Sørlandet, og antallet ble etterhvert utvidet. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. I 1996 ble 16 elver overvåket. I nedbørfeltet for 6 av overvåkingselvene foregår det kalkingsaktiviteter. I 1992 ble Lygna kalket, og 1996 ble det kalket i Nidelva, Tovdalselva, Mandalselva, Bjerke-reimselva og Ekso. I Gjerstadelva er det endel kalking i nedbørfeltet, som ser ut til å ha innvirkning på vannkjemien. Elevene som nå blir kalket vil bli overvåket på samme måte som før, for å se på endringene i bl.a sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking). Av de resterende 10 elvene er 5 elver valgt ut for å illustrere den vannkjemiske utviklingen i fylket (uthevet i tabell 2a).

**Tabell 2a** Elver som ikke blir kalket

	Navn	Dataserier
<b>Rogaland</b>	<b>Dirdalselva</b>	<b>80-96</b>
Rogaland	Årdalselva	80-96
Rogaland	Vikedalselva	82-83, 86-96
<b>Hordaland</b>	<b>Modalselva</b>	<b>80-96</b>
Sogn og Fjordane	Trodøla	84-96
<b>Sogn og Fjordane</b>	<b>Nausta</b>	<b>80-96</b>
Sogn og Fjordane	Gaula	86-96
<b>Nord Trøndelag</b>	<b>Øyensåa</b>	<b>80-82, 86-96</b>
<b>Buskerud</b>	<b>Aurdøla</b>	<b>86-96</b>

**Tabell 2b** Elver som blir kalket

	Navn	Dataserier
Aust-Agder	Gjerstadelva	80-96
Aust-Agder	Nidelva	80-96
Aust-Agder	Tovdalselva	80-96
Vest-Agder	Mandalselva	80-96
Vest-Agder	Lygna	80-96
Hordaland	Ekso	80-96
Rogaland	Bjerkreimselva	80-96

Med bakgrunn i "1000-sjøers undersøkelsen 1986" er ca. 100 innsjøer fordelt over hele landet fulgt opp med årlig prøvetaking for en videre dokumentasjon av eventuelle effekter av endringer i tilførsler av langtransporterte luftforurensninger. Hvert år har endel sjøer blitt byttet ut med nye fordi de var blitt kalket siden forrige prøvetaking. Tilsammen har ca. 28 sjøer blitt tatt ut av programmet i perioden 1988-1996. I 1996 var det igjen 80 innsjøer som hadde sammenliknbare data for alle år fra og med 1986.

Kjemiske utviklingstrender for "100-sjøene" er presentert som gjennomsnitt av et antall sjøer i hver landsdel etter følgende tabell:

**Tabell 3** Antall innsjøer i hver region.

"Region"	Kommunenr.	Antall sjøer
Østlandet	100-699	17
Sørlandet	800-1099	24
Vestlandet	1100-1499	13
Midt-Norge	1500-1799	9
Nord-Norge	1800-2099	17

Overvåkingsundersøkelser foregår i 7 feltforskningsområder for å gi et detaljert bilde av vannkjemiske forhold i små nedbørfelt.

**Tabell 4** Feltforskningsstasjoner

Fylke		Dataserier
Buskerud	Langtjern	78-83, 86-96
Telemark	Storgama	75-78, 80-96
Vest-Agder	Birkenes	73-78, 80-83, 85-96
Rogaland	Øygardsbekken	93-96
Hordaland	Svarttjernet	95-96
Møre og Romsdal	Kårvatn	78-84, 86-96
Finnmark	Dalelva	89-96

Hensikten med overvåkingen i feltforskningsområdene er å:

- (i) registrere endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet i små nedbørfelter med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon og
- (ii) beregne materialbalanse for de enkelte kjemiske komponenter.

### 3.1 Endringer i vannkjemi fra 1980 - 1996

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i elver, innsjøer og avrenningsvann fra feltforskningsstasjoner (tabell 5). Den prosentvise nedgangen i ikke-marin sulfat for elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner er beregnet ved lineær regresjon og viser en klar nedgang i ikke-marin sulfat på mellom 30-40% i

perioden 1980-1996 Dette faller klart sammen med nedgangen i konsentrasjonen av sulfat i nedbør.

Det har ikke vært noen systematiske endringer i deponisjon av nitrat og ammonium siden målingene av disse komponentene startet i 1974. Det er heller ingen endring i nitrat i avrenningen fra 1980-1996. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles imidlertid i de områdene av Norge der nitrogen deponisjonen er høyest.

**Tabell 5.** Endring i ikke-marin sulfat pr.år i  $\mu\text{ekv/l}$  for perioden 1980 til 1996 og for 1986 til 1996 er beregnet ved enkel lineær regresjon. Verdier for ikke-marin sulfat for 1980, 1986 og 1996 i  $\mu\text{eq/l}$  og %-vis nedgang fra 1980-1996 og 1986-1996 er beregnet.

*Table 5. Changes in non-marine sulphate pr. year in  $\mu\text{eq/l}$  for the period 1980 to 1996 and for 1986 to 1996 calculated by linear regression. Values for non-marine sulphate in 1980, 1986 and 1996 in  $\mu\text{eq/l}$  and % decline from 1980-1996 and 1986-1996 are calculated.*

	Fylke	Elv	Vassdr.	1980 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv/l}$	1986 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv/l}$	1996 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv/l}$	endring pr år. 80-96	% endring fra 86-96	% endring fra 80-96	
<b>Elver</b>	Aust-Agder	3 1	Gjerstadelva	018.3Z	109	97	76	-2.0	21	30
	Aust-Agder	5 1	Nidelva	019.Z	82	72	55	-1.6	23	32
	Aust-Agder	7 1	Tovdalselva	020.Z	85	74	55	-1.9	25	35
	Vest-Agder	11 1	Mandalselva	022.Z	62	53	38	-1.5	28	39
	Vest-Agder	13 1	Lygna	024.Z	71	62	46	-1.5	25	34
	Rogaland	19 1	Bjerkreimselva	027.Z	50	45	35	-0.9	20	29
	Rogaland	23 1	Dirdalselva	030.2Z	40	36	29	-0.7	20	28
	Rogaland	26 1	Årdalselva	033.Z	35	31	24	-0.6	21	29
	Rogaland	32 9	Vikedalselva	038.Z	41	37	30	-0.7	19	28
	Sogn og Fjordane	34 1	Nausta	084.7Z	24	21	16	-0.5	24	34
	Sogn og Fjordane	34 5	Trodøla	084.7C	24	21	14	-0.6	30	40
	Hordaland	45 1	Ekso	063.Z	33	28	20	-0.8	28	39
	Hordaland	46 1	Modalselva	064.Z	25	22	17	-0.5	24	34
	Sogn og Fjordane	57 3	Gaula	083.Z	25	22	16	-0.6	25	35
	Nord-Trøndelag	77 2	Øyensåa	138.B	23	17	7	-1.0	59	70
	Buskerud	90 1	Aurdøla	012.GD	59	53	43	-1.0	18	26
<b>Innsjøer</b>	Hele Norge	80	innsjøer		57	45	-1.2	21		
	Østlandet	17	innsjøer		83	66	-1.7	21		
	Sørlandet	24	innsjøer		64	51	-1.3	21		
	Vestlandet	13	innsjøer		40	29	-1.1	28		
	Midt-Norge	9	innsjøer		17	13	-0.4	25		
	Nord-Norge	17	innsjøer		56	46	-1.0	18		
<b>Feltforsk. stasjoner</b>	Buskerud		Langtjern	LAE01	71	62	47	-1.5	24	34
	Telemark		Storgama	STE01	76	65	47	-1.8	28	39
	Vest-Agder		Birkenes	BIE01	133	115	87	-2.9	25	35
	Møre og Romsdal		Kårvatn	KAE01	11	10	8	-0.2	18	26
	Finnmark		Dalelv	DALELV	141	117	77	-4.0	34	

### 3.1.1 Elver

Den jevne nedgangen i konsentrasjonen av ikke-marin sulfat som vi kan se i nesten alle elvene siden 1985, ser ut til å ha flatet ut i årene fra 1993-1996. Enkelte elver på Vestlandet viser økning i ikke-marin sulfat fra 1995 til 1996. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha innvirkning på den positive trenden vi har sett de siste årene i ANC (syre nøytraliserende kapasitet) og pH. Spesielt har pH vist en markert økning i mange elver fra 1995 til 1996.

Fra 1990 viser alle elvene en klar nedgang i labilt (uorganisk) aluminium, mens ikke-labilt (organisk) aluminium øker, slik at reaktivt aluminium (labilt+ikke-labilt) er konstant. Årsaken til dette skiftet i bindingsforhold for aluminium er ikke kjent, men den er gunstig for vannkvaliteten. Nedgangen i labilt aluminium er spesielt tydelig i elvene med høye konsentrasjoner av labilt Al. Dirdalselva i Rogaland og Modalselva i Hordaland viser at den svært markerte nedgangen i labilt Al som startet i 1994 har fortsatt i 1996.

Konsentrasjonen av nitrat viser små endringer i måleperioden, med unntak av Gaula og Trodøla som har mer enn doblet nivået av nitrat fra 1984 til 1996. Det ser imidlertid ut til at endel av Vestlandselvene viser noe høyere nitratverdier i 1996 enn i 1995.

Lygna ble fullkalket i 1992 og 1993. Etter kalkingen ble det en klar økning i pH, basekationer og ANC. Sulfat viser den samme nedgangen som de andre Sørlandselvene, mens nitrat ikke viser noen endring.

### 3.1.2 "100-sjøer"

Til tross for store variasjoner i årlige nedbørmengder og i nedbørmønster viser dataene fra de årlige prøvetakingene generelt god overensstem-

melse fra år til år. 100-sjøers dataene bekrefter det regionale bildet og konsentrasjonsnivåene i innsjøene som er kommet fra gjennom de regionale innsjøundersøkelsene i 1986 og 1995. Lavest pH i innsjøene finner vi i Sør-Norge der de sure sjøene har høye konsentrasjoner av sulfat i forhold til basekationer og høyt innhold av uorganisk aluminium og nitrat. Innsjøene i Midt-Norge og Nord-Norge har høyere pH, lavere sulfatkonsentrasjoner og lavere innhold av aluminium og nitrat. Det er klare variasjoner fra år til år, men den samme type vannkjemi viser seg hvert år.

Middelverdien av ikke-marin sulfat i innsjøene fordelt på regioner viser en jevn nedgang fra 1986 til 1996. Nedgangen er på 21% for alle sjøene sett under ett og varierer fra 18% for innsjøer i Nord-Norge til 28% for innsjøer på Vestlandet. Innsjøer i alle regioner med unntak av Nord-Norge viser en svak økning i ikke-marin sulfat fra 1995 til 1996. Totalt sett ser det ut til å være en utflating av nedgangen i sulfat de siste tre årene.

Østlandssjøene har vist en generell bedring i vannkvaliteten m.h.p. forsuring ved en jevn økning i pH fra 1989 og i ANC fra 1990. Fra 1995 til 1996 har det imidlertid vært en liten nedgang i både pH og ANC.

Innsjøene på Sør- og Vestlandet viste en markert nedgang i ANC fra 1994 til 1995, mens hele perioden 1986 til 1995 sett under ett viser ingen trender i ANC. 1996 viser imidlertid en klar økning i ANC, slik at ANC-verdien for Vestlandsinnsjøene i 1996 er den høyeste som er registrert i måleperioden. pH har vist en svak tendens til økning gjennom hele måleperioden, men fra 1994-1996 har pH-verdiene ligget på omtrent samme nivå. Den markerte nedgangen i labilt Al som startet for fullt i 1994 fortsetter også i 1996.

**ANC: Acid Neutralizing Capacity - syrenøytraliserende kapasitet**, er et mål på vannets evne til å motstå forsuring. Høye positive verdier angir god vannkvalitet m.h.p. forsuring, mens lave og negative verdier indikerer dårlig vannkvalitet.

Innsjøer i Midt- og Nord-Norge viser ingen endringer i ANC fra 1987-1996 (1986 hadde noe laver verdier), mens det har vært en jevn økning i pH siden 1990, selvom det har vært en liten nedgang fra 1995 til 1996. Nedgangen i labilt Al som vi ser i innsjøer i Sør-Norge, finnes også i Midt- og Nord-Norge. Her er imidlertid konsentrasjonene av labilt Al veldig lave.

Det har ikke vært noen systematiske endringer i deposisjon av nitrat og ammonium siden målingene av disse komponentene startet i 1974. Fra 1986 til 1996 har det bare vært små endringer i nitratkonsentrasjonene i overvåkings-innsjøene. Etter spesielt høye nitratnivå i 1989 og 1991 og et lavt nivå i 1990 har nitrat-konsentrasjonene vært stabile i alle landsdeler fra 1992 til 1996. Det kan imidlertid se ut til å være en svak tendens til økning for innsjøer på Øst- Sør- og Vestlandet. En av de viktigste resultatene fra "1000-sjøers undersøkelsen 1986" var doblingen av nitratkonsentrasjonene i innsjøene på Sørlandet fra 1974-75 til 1986. Nitrat-konsentrasjonene er fortsatt på et høyt nivå i forhold til 1974-75. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i innsjøer finnes imidlertid i de områdene av Norge der N-deposisjonen er høyest.

I 1995 ble det utført en ny regional innsjøundersøkelse i Norge - "Regional innsjøundersøkelse 1995". Fra denne undersøkelsen er det plukket ut ca. 100 innsjøer som vil bli overvåket årlig i de kommende årene. En gjennomgang av kjemien for disse innsjøene og utviklingen fra 1995 til 1996 sammenlignet med utviklingen for "100-sjøene" vil bli detaljert behandlet i hovedrapporten for overvåkingen.

### 3.1.3 Feltforskningsstasjoner

Materialtransporten inn og ut av feltforskningsområdene viser at det er et klart skifte i ionesammensetningen fra nedbør til avrenning. Nitrat og ammonium og tildels kalium fra nedbøren holdes tilbake i feltene, mens  $H^+$  nøytraliseres (forbrukes) og magnesium, kalsium, og tildels  $HCO_3^-$  (Kårvatn) frigjøres i feltene ved forvitring, og aluminium ved ionebytte.

Svarttjernet har størst ionetransport og er mest påvirket av sjøsalter. Birkenes er det feltet som er mest påvirket av sulfat og nitrat, og er samtidig det feltet som avgir mest aluminium og minst basekationer og lekker mest nitrogen. Dette viser at Birkenes er mest påvirket av sur nedbør. Deretter kommer Svarttjernet, Storgama, Langtjern og Dalelva mens Kårvatn er lite påvirket av sur nedbør, og forbruker tilført  $H^+$  og produserer bikarbonat.

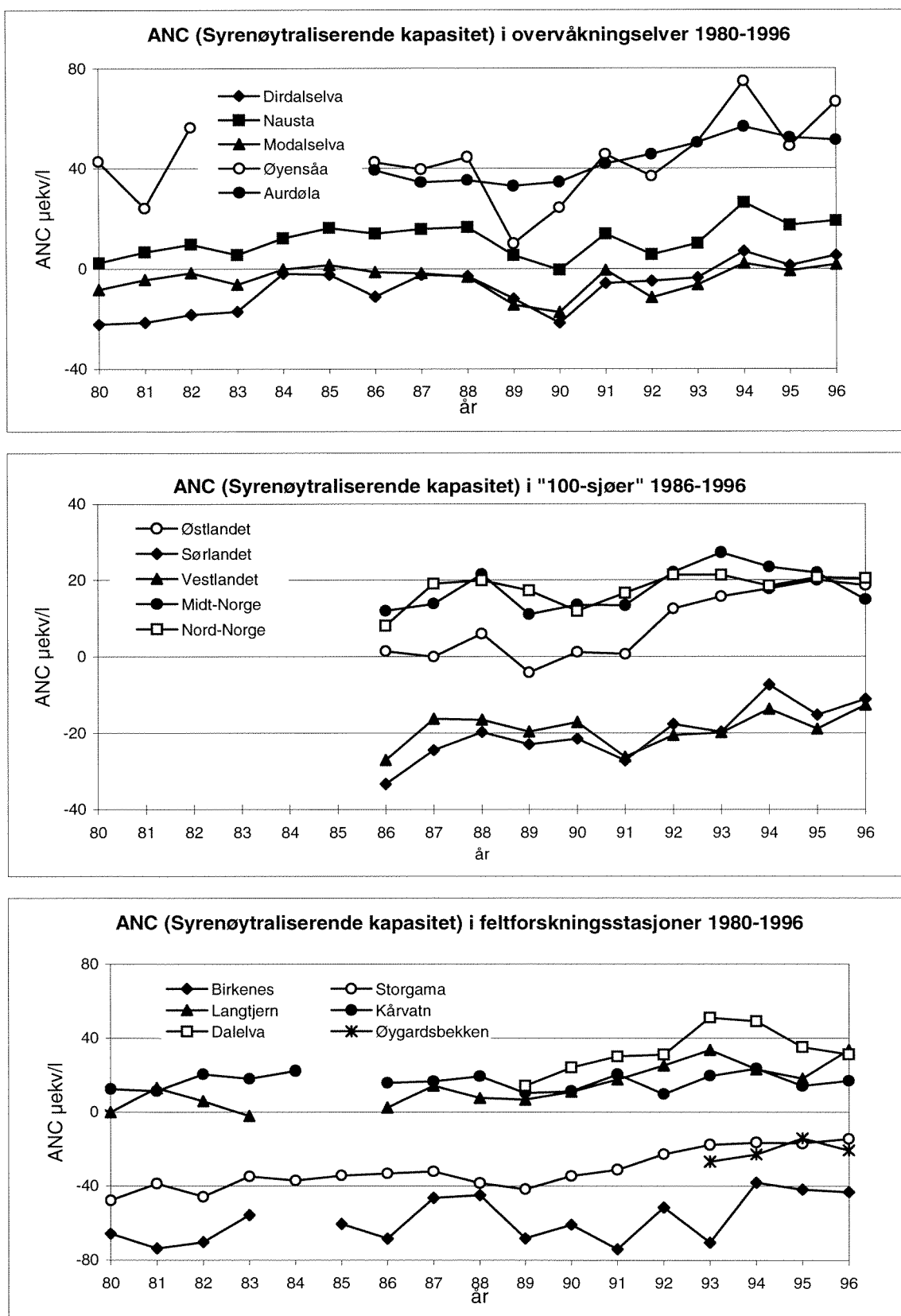
Det var gjennomgående tørt og kjølig i 1996. Vannkjemien viser imidlertid i store trekk samme variasjoner i kjemi gjennom året som i 1995, på tross av store forskjeller i hydrologi mellom de to årene.

Alle feltene viser klar nedgang i sulfat i perioden 1980-1993, men på samme måte som for elvene og innsjøene kan det se ut til at den nedadgående trenden har flatet ut de siste tre årene.

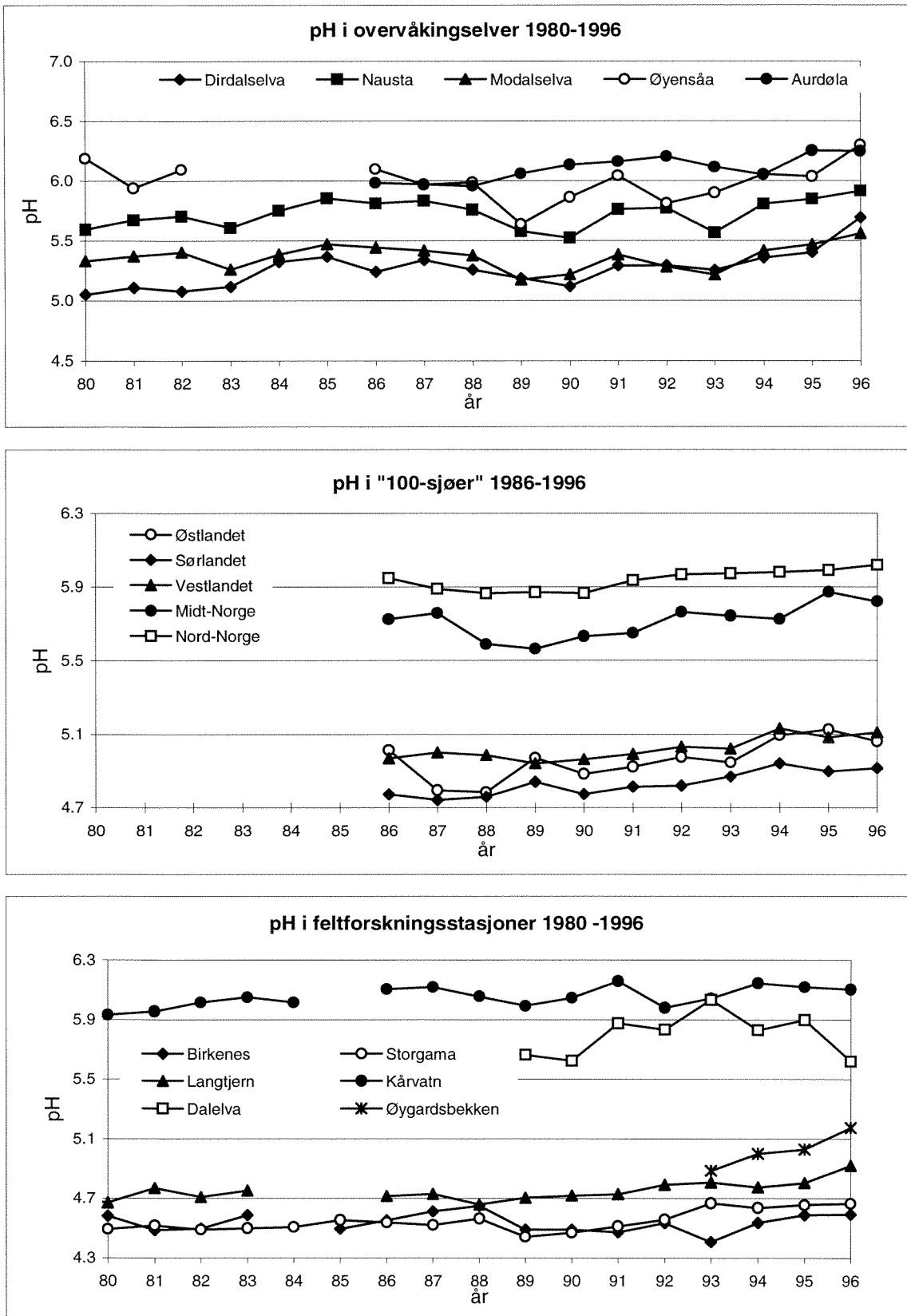
I Birkenes har ANC variert endel i måleperioden, som følge av sjøsaltepisoder, men verdien for 1994-1996 er de høyeste som er registrert så langt. Det er ingen tendenser i pH for perioden 1980-1996, selvom det har vært en økning i pH fra 1994-1996. Storgama og Langtjern viser økning i ANC som fortsetter i 1996. Det har vært lite endringer i pH i perioden, men Storgama viser stabilt høyere pH fra 1993-1996 enn alle de foregående årene. For Øygardsbekken i Rogaland har vi bare data fra 1993-1996. I denne eperioden har det vært en økning i sulfat, samtidig som det har vært økning i ANC og pH. Dalelv i Finnmark har stabilt nedadgående verdier for sulfat. Dette feltet viser imidlertid en nedgang i ANC og pH for 1996.

Birkenes har de høyeste verdiene av labilt aluminium (ca 300  $\mu\text{g/l}$ ), mens de andre stasjonene ligger under 50  $\mu\text{g/l}$ . Ingen av stasjonene med unntak av Øygardsbekken viser den samme nedgangen i labilt Al som vi finner i noen av elvene og innsjøene.

Det er ingen trender i nitrat i noen av feltforskningsstasjonene. Det er høyest nitratnivå i Birkenes og Storgama som er de to feltene som ligger i områder med høyest nitrogendeposisjon.

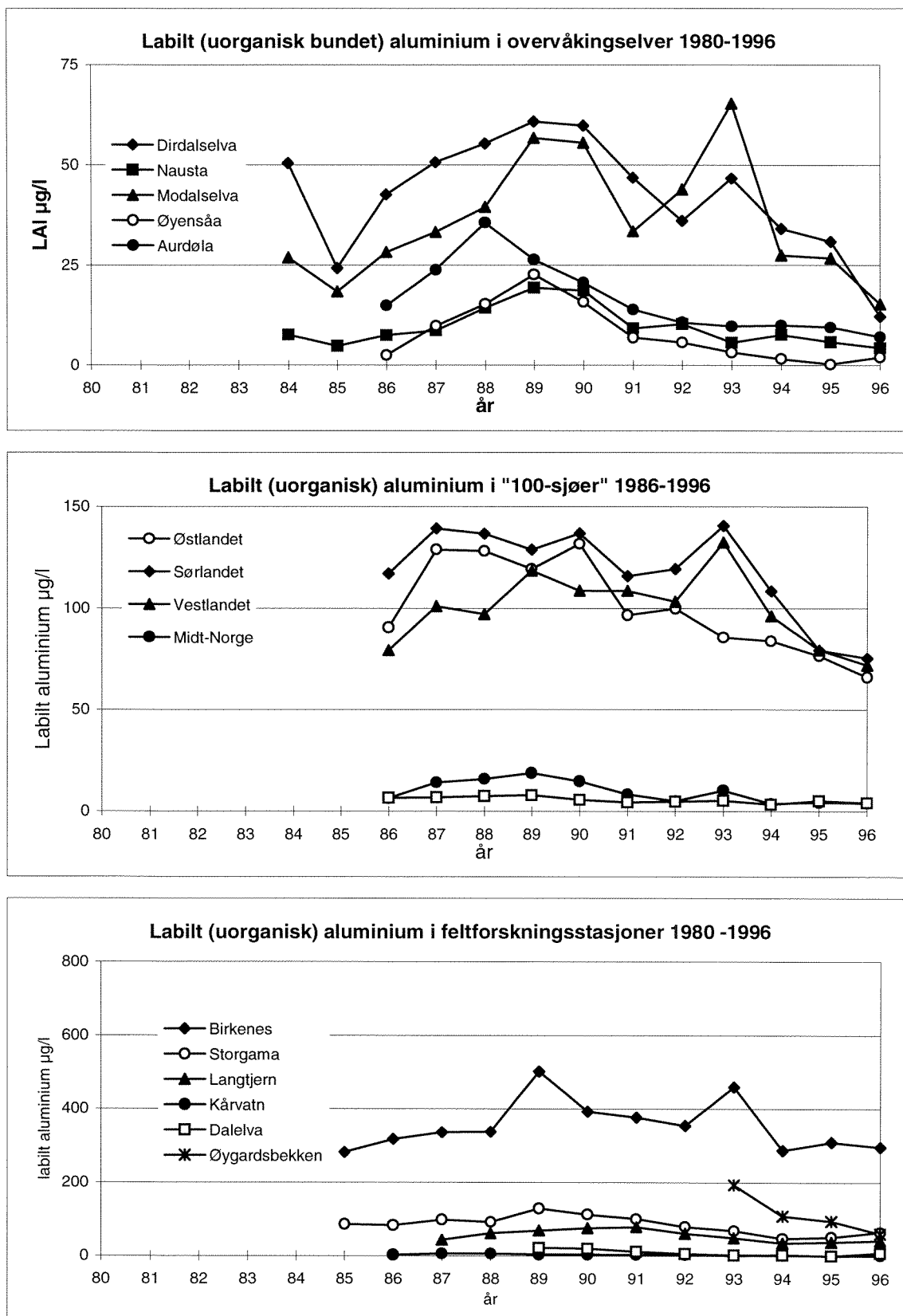


**Figur 10.** ANC (syren. kapasitet) i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1996.  
**Figure 10.** ANC (Acid neutralizing capacity) in rivers, lakes and calibrated catchments 1980-1996.



**Figur 11.** pH i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1996.  
*Figure 11.* pH in rivers, lake and calibrated catchments 1980-1996.





**Figur 12.** Labilt aluminium i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1996.  
*Figure 12.* Labile aluminium in rivers, lakes and calibrated catchments 1980-1996.

## 4. Vannbiologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:

- undersøkelser av fiskebestander i innsjøer og bekker
- regionale bunndyrundersøkelser

### 4.1 Fisk

#### 4.1.1 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

Hensikten med bestandsundersøkelser i innsjøer er å

- dokumentere bestandseffekter forårsaket av forsurening,
- forsuringens innvirkning på ulike fiskearter og fiskesamfunn,
- relatere fangstutbytte til ulike vannkjemiske parametre og
- teste holdbarheten av opplysninger om fiskestatus gitt ved intervjuundersøkelser.

I 1996 ble 22 lokaliteter prøvefisket fordelt på ni fylker (se figur 3).

Undersøkelsen har i de siste åra vesentlig vært foretatt i innsjøer valgt ut blant 100-sjøers lokalitetene (se kap. 3). I perioden 1987-92 ble 86 av disse innsjøene prøvefisket, og i 1996 ble en del av disse lokalitetene igjen undersøkt. Ved prøvefiske ble det opprinnelig bare benyttet SNSF garnserier, mens oversiktsgarn ble tatt i bruk tidlig på 1990 tallet. En SNSF garnserie består av 8 enkeltgarn som er 27 x 1,5 meter med maskevidder fra 10-45 mm. På et oversiktsgarn er ulike maskevidder representert på samme garn. De er 30 m lange og 1,5 meter dype og ett garn består av 12 ulike maskevidder fra 5-55 mm. I 1996 ble det bare fisket med oversiktsgarn.

I Nystølsvatn (lok. 1) i Gaulavassdraget i Sogn og Fjordane fortsetter aurebestanden å avta, og i 1996 ble det bare fanget ett individ.

Storavatn i Hordaland (lok. 2) ble prøvefisket første gang i 1990 og fangstutbyttet av aure hadde økt noe fram til 1996. Røyebestanden i Storavatn er fortsatt lav.

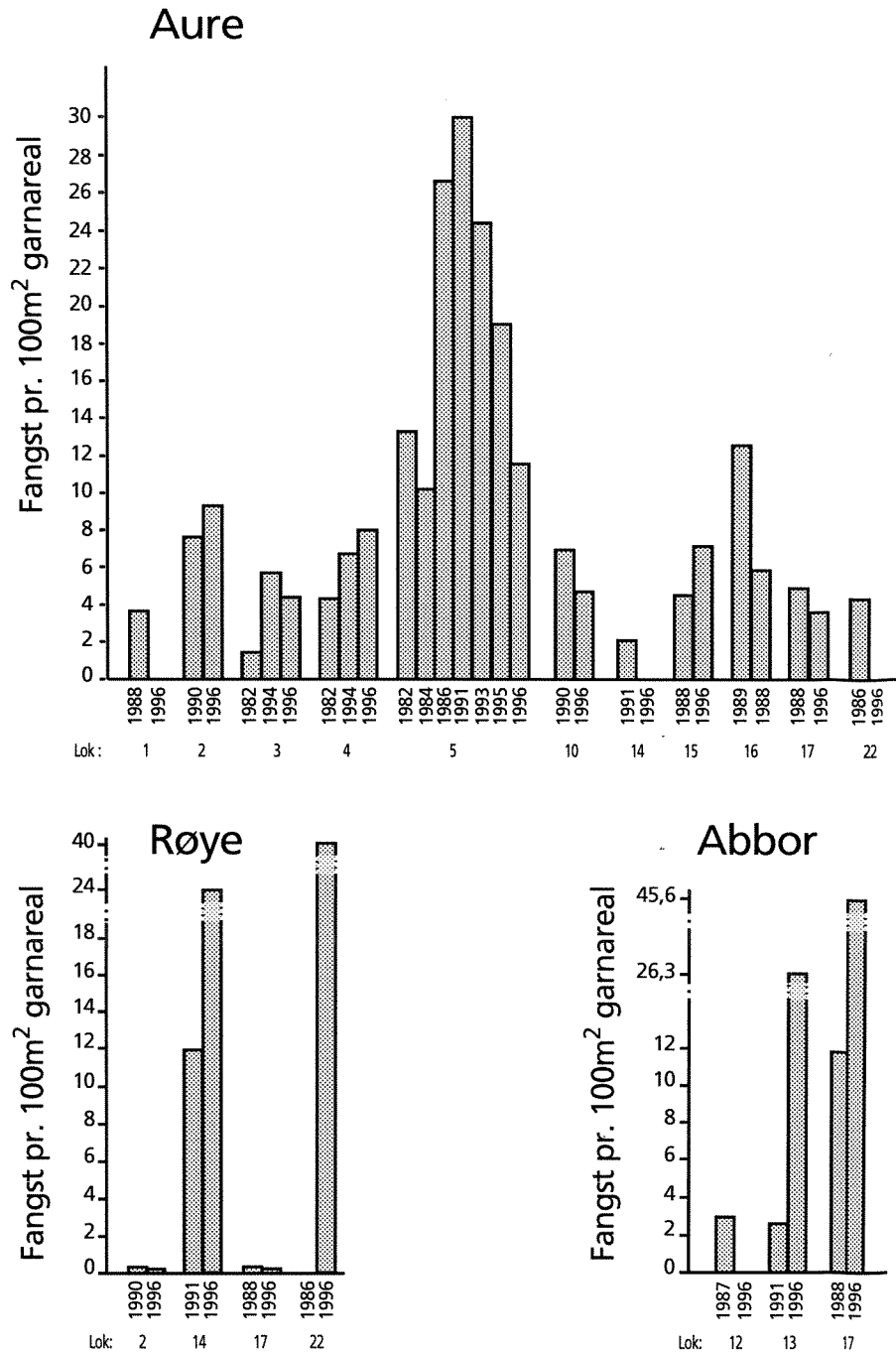
I Vikedalsvassdraget i Rogaland ble tre innsjøer prøvefisket; Risvatn, Flotavatn og Røyrvatn (lok. 3, 4 og 5). I Risvatn og Flotavatn har aurebestandene økt siden begynnelsen av 1980-tallet (figur 13). I Røyrvatn var det en økning i fangstutbyttet av aure fram til og med 1991, men siden har bestanden avtatt.

I Kleivsetvatn i Vest Agder (lok. 10) har det vært en bestandsreduksjon hos aure i de siste åra. I Grunnevatn (lok. 11) i Aust-Agder synes aurebestanden å ha gått tapt.

I Telemark ble fire innsjøer prøvefisket i 1996 (lok. 12-15). Abbor var eneste fiskeart i to av lokalitetene; N. Furuvatn og Tveitvatn (lok. 12 og 13). I 1996 ble ikke tatt abbor i N. Furuvatn, men bestanden her var også tynn i 1987. Fangstutbyttet av abbor i Tveitvatn hadde derimot økt kraftig siden 1991. I Heddersvatn (lok. 14) ble det fanget både røye og aure i 1991. Fangstutbyttet av røye hadde økt til det dobbelte fra 1991 til 1996, mens auren nå trolig har gått tapt. Imidlertid var aurebestanden i Heddersvatn også liten i 1991. I Stavvatn (lok. 15) ble det bare fanget aure, og fangstutbyttet hadde økt noe siden 1988.

Store Kreckja i Buskerud (lok. 16) hadde en relativt tett aurebestand i 1989, og fangstutbyttet i 1996 hadde gått ned til det halve.

Langvatn i Nordmarka (Oslo) ble prøvefisket for første gang i 1988 (lok. 17). Innsjøen har bestander av aure, røye og abbor. Det har vært en kraftig økning abborbestanden siden slutten av 1980-tallet. Fangstutbyttet av røye var svært lavt ved begge anledningene, mens det ble fanget noe mindre aure i 1996 enn i 1988.



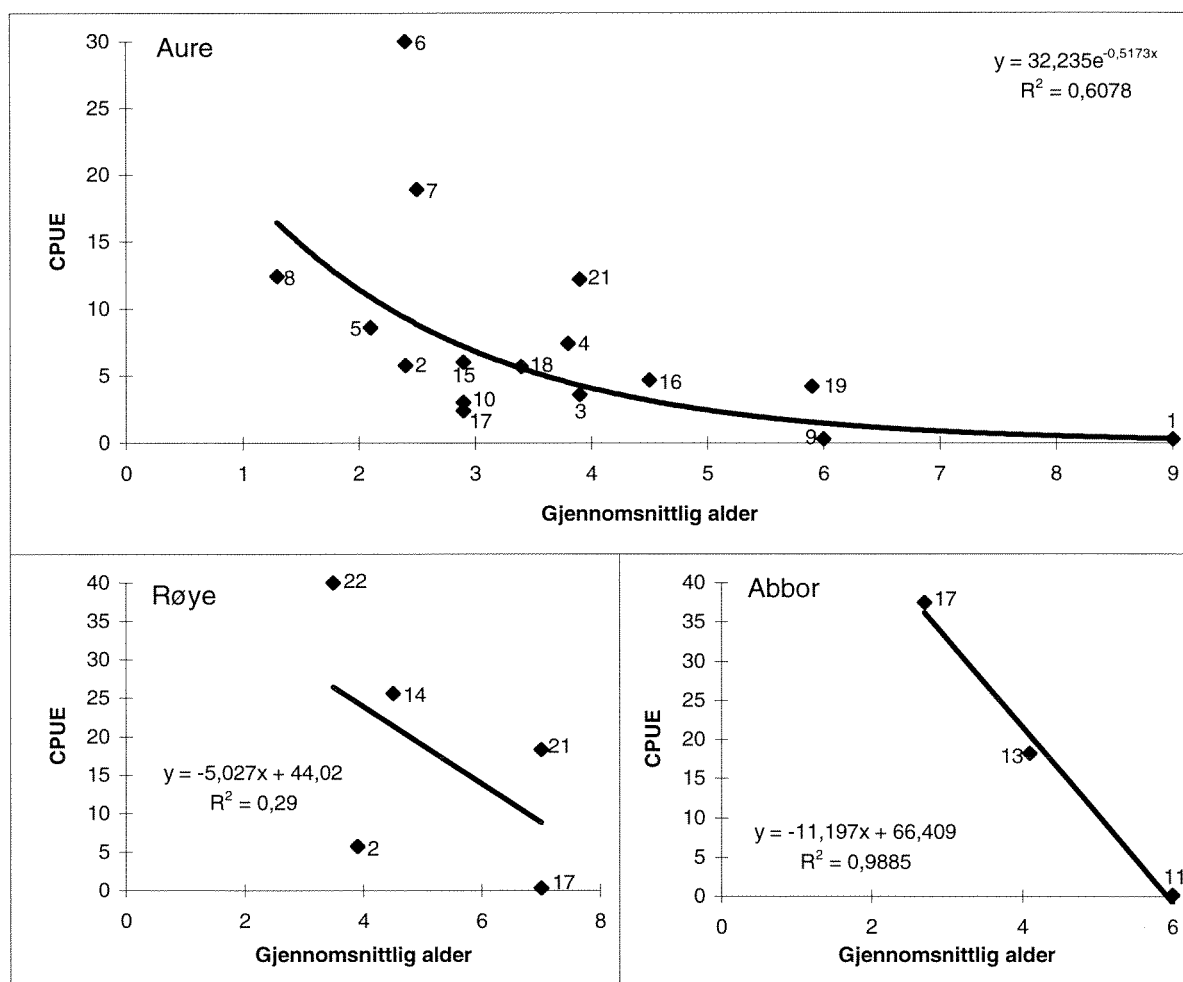
**Figur 13.** Fangst pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (CPUE) av aure, røye og abbor i ulike lokaliteter i forskjellige år.  
**Figure 13.** The relative abundance (CPUE= number of fish caught per 100 m<sup>2</sup>/12 hours of fishing) of brown trout, Arctic charr and perch for the same lakes in different years.

Rondvatn i Rondane nasjonalpark i Oppland er fortsatt fisketomt (lok. 20). Innsjøen hadde opprinnelig både aure og røye, men begge artene gikk tapt på 1970/1980-tallet pga forsurening. Derimot er det nå en relativt tett

bestand av røye i et lite tjern ved utløpet av Rondvatn (Loni, lok. 22). I 1986 ble det fanget noen få aure her, men ikke røye. Loni har en betydelig bedre vannkvalitet enn Rondvatn pga tilløpet fra Illmannsdalen. Elfiske på innløpet

av Loni, dvs i tilløpet fra Illmannsdalen, viste bra tetthet av aureunger. Ved prøvefiske i Fremre Illmannstjern ble det fanget både aure og røye. Det blir tatt vannprøver ved utløpet av Rondvatn, innløpet av Loni fra Illmannsdalen og nedstrøms deres samløp (Ula) i forbindelse med det vannkjemiske måleprogrammet til NINA (Elveserien). Det har vært en svak bedring av vannkvaliteten i området på 1990-tallet.

Det er et inverst forhold mellom gjennomsnittlig alder og fangstutbytte hos aure og abbor i ulike lokaliteter (figur 14). Lavere gjennomsnittlig alder innebærer større andel yngre individ, dvs høyere rekruttering. For røye er det ingen slik signifikant statistisk sammenheng ( $R^2=0,29$ ), men datagrunnlaget er lite med bare fem bestander.

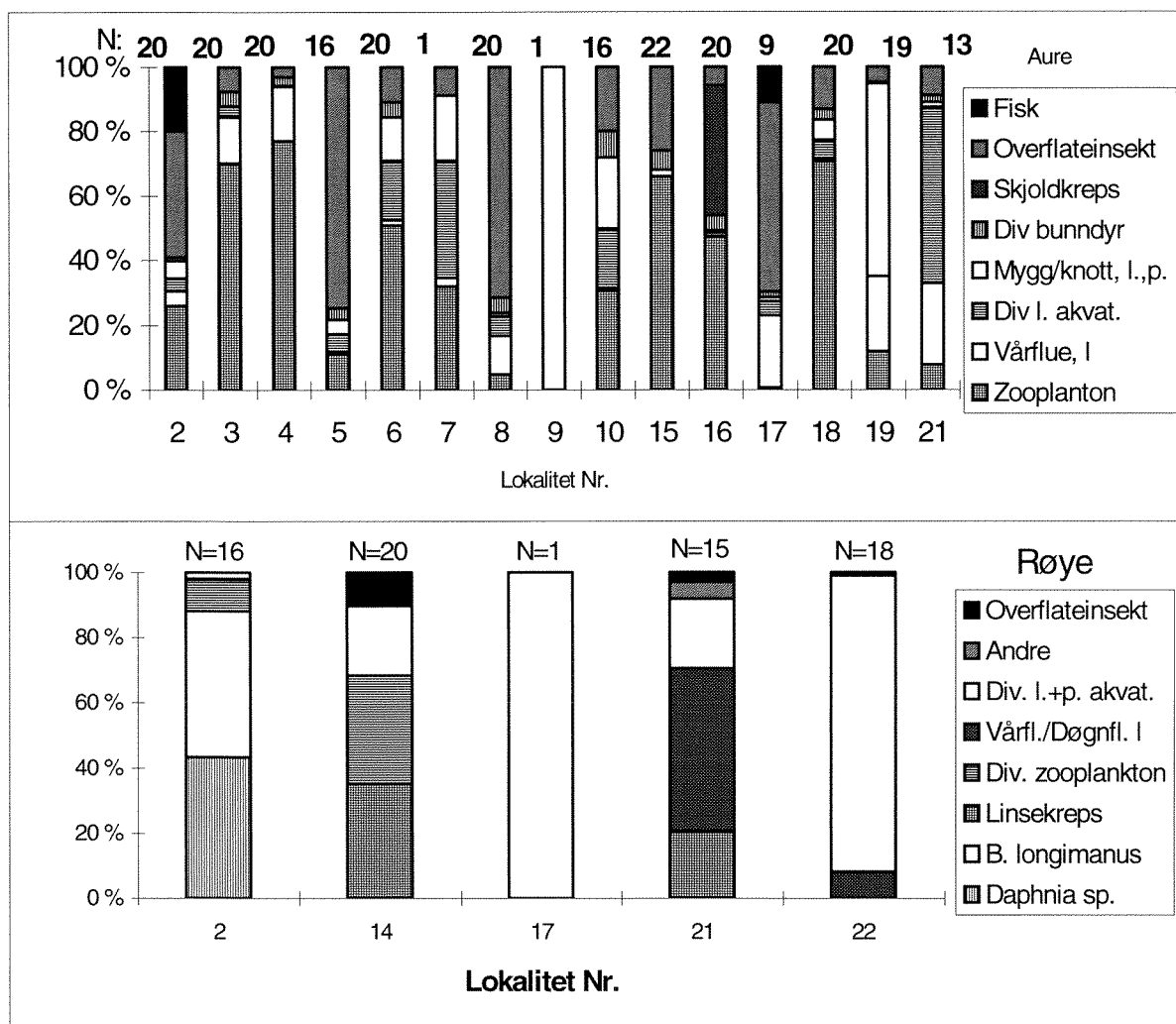


**Figur 14.** Gjennomsnittlig alder hos aure, røye og abbor i forhold til fangst pr. innsats (CPUE) i forskjellige innsjøer i 1996. Tallene ved hvert punkt referer til deres lokalitetsnummer (cf. figur 3). Likningen mellom CPUE ( $y$ ) og gjennomsnittlig alder ( $x$ ), samt regresjonskoeffisient er angitt.

**Figure 14.** Mean age of brown trout, Arctic charr and perch in relation to CPUE in different lakes that were test-fished in 1996. Numbers refer to different localities (see figure 3). The equation between CPUE ( $y$ ) and mean age ( $x$ ) with regression coefficient ( $R^2$ ) is indicated.

Det var stor variasjon i dietten hos aure og røye i forskjellige lokaliteter (figur 15). Dette skyldes både ulikt næringstilbud i de enkelte lokalitetene, tidspunktet for prøvafiske og ulik næringspreferanse hos de to artene. Fisk i dietten ble bare registrert hos aure i Storavatn (lok. 2) og Langvatn (lok. 17). Skjoldkreps ble bare funnet i mageinnholdet hos aure i Store Krekka (lok. 16).

Generelt sett var overflateinsekter og ulike zooplanktonarter, spesielt *Bythotrephes longimanus* og linsekreps, viktige næringsdyr for aure. Røya spiste i de fleste tilfeller mest zooplankton, men ulike akvatiske larver som vårfluer i Fremre Illmannstjern (lok. 21) og fjærmygg i Loni (lok. 22) var også viktige næringsdyr for røya.



**Figur 15.** Mageinnholdet (vekt-%) hos aure og røye fanget i forskjellige innsjøer i 1996. L= larver. p= pupper, akvat.= akvatiske. Tallene over hver søyle angir antall analyserte mageprøver.

**Figure 15.** The stomach content (weight-%) for brown trout and Arctic charr in different lakes investigated in 1996. Figures above each column indicate number of stomachs analyzed.

#### 4.1.2 Ungfiskregistreringer hos aure i gytebekker

Hensikten med disse undersøkelsene er å:

(i) påvise eventuelle endringer i rekruttering hos aure i ulike regioner med forsuringfølsom vannkvalitet, og (ii) analysere hvilke vannkjemiske parametre som er av betydning for tettheten av aureunger.

Disse undersøkelsene viser om det skjer reproduksjonssvikt hos aure, og vil derfor avdekke eventuelle endringer i rekrutteringen på et tidlig stadium. Ungfisken blir samlet inn med elektrisk fiskeapparat, samtidig som det blir tatt vannprøver fra hver lokalitet.

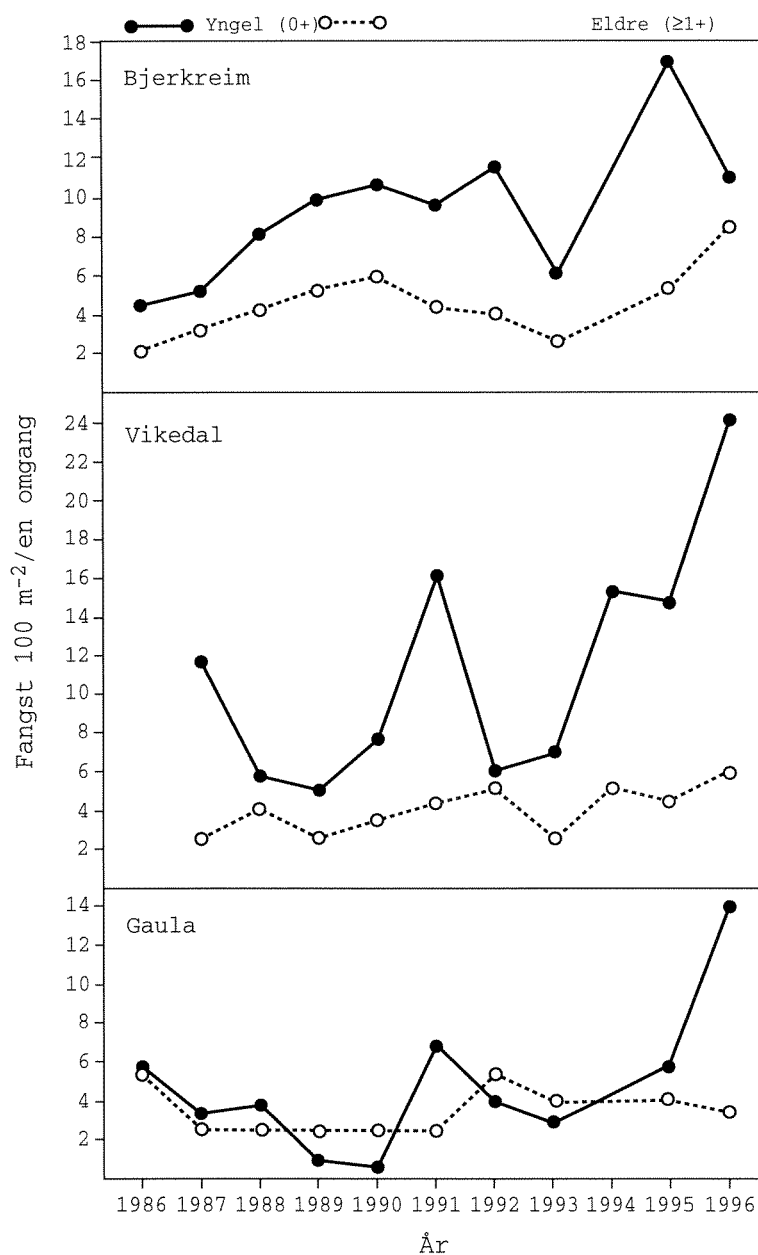
Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker hvor yngelen oppholder seg i en periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til reduksjon og tap av aurebestander i forsuringssoner. Følgelig fører dette til at slike bestander får en dominans av eldre individ. Faste strekninger i gytebekker til et utvalg innsjøer i hvert vassdrag blir avfisket tre ganger. Antall årsyngel og eldre individ blir registrert og lengdemålt, og tettheten beregnes etter standard metoder. Før 1993 ble hver stasjon avfisket en gang, og for å kunne sammenligne dataene før og etter 1993 er tettheten framstilt som antall individ fanget pr. 100 m<sup>2</sup> i første elfiskeomgang.

I undersøkelsen inngår elfiske i innløp/utløp av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) og ca 75 lokaliteter i vassdragene Bjerkreim og Vikedal i Rogaland og Gaula i Sogn og Fjordane. Undersøkelsen har vært foretatt siden 1986 i Bjerkreim og Gaula og siden 1987 i Vikedal. Det er påvist forsuringsskader på fiskebestander i både Saudlandsvatn og i innsjøer i de tre vassdragene. I 1994 ble det bare foretatt slike undersøkelser i Vikedal. Alle de tre vassdragene har marginal vannkvalitet med hensyn til overlevelse av aureunger.

Det har vært relativt store årlige variasjoner i tettheten av aureunger i bekker i Vikedalsvassdraget siden 1987 (figur 16). I 1996 var det gjennomsnittlig 24 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>/en omgang elfiske, noe som var en stor økning i tettheten fra tidligere år. Tettheten av eldre aureunger hadde også økt noe i forhold til tidligere år. Tetthetene av aureunger i 1996 er de høyeste som har vært registrert i vassdraget.

I Bjerkreimsvassdraget var det en nedgang i tettheten av yngel fra 1995 til 1996, men likevel høyere enn i de fleste år før 1995. Tettheten av eldre aureunger var imidlertid en del større i 1996 enn tidligere, noe som må sees i sammenheng med høy yngeltetthet året før.

I Gaulavassdraget var det også en kraftig økning i tettheten av aureyngel i forhold til tidligere år. I Nystølsvatn i øvre deler av vassdraget ble det fanget flere yngel enn noen gang tidligere. Derimot var det ingen økning i tettheten av eldre aureunger i vassdraget.



**Figur 16.** Tettheten pr. 100 m<sup>2</sup>/en omgang elfiske av yngel og eldre aureunger i vassdragene Bjerkreim, Vikedal og Gaula, 1986-1996.

**Figure 16.** The density per 100 m<sup>2</sup> stream area/one electrofishing run of brown trout (young-of-the-year fish and parr) in different streams in Bjerkreim, Vikedal and Gaula watersheds, 1986-1996.

## 4.2 Regionale bunndyrundersøkelser.

De regionale bunndyrundersøkelsene gjennomføres i Saudlandsvatn og Gjervoldstadvatn (Farsund kommune, Vest-Agder), i Ognavassdraget, Vikedalselva og Rødneelva (Rogaland) og i Gaular- og Naustavasdraget (Sogn og Fjordane). Forsuringsstatusen for en lokalitet eller et vassdrag bestemmes ut fra den registrerte bunndyrsammensetningen. Bunndyrene (invertebratene) samles inn kvalitativt vår og høst etter rotemetoden på et bestemt antall steder i vassdragene. Forekomstene av bunndyr varierer med lokalitetstypen innen et vassdrag, med høyde over havet og geografisk region. Gjennom forsøk og et stort erfaringsmateriale fra feltobservasjoner er det fastsatt tålegrenser for de viktigste artene av evertebrater med hensyn på forsuring. Basert på faunasammenstningen og tålegrensene er det utarbeidet en enkel modell som gir en tallverdi på forsuringen, forsuringstall. Denne verdien kan sammenliknes direkte fra forskjellige steder og tider uavhengig av naturlige variasjoner i faunaen. Forsuringstallet er en verdi mellom 0 og 1. Verdien 0 indikerer sterk forsuring og at laksefisk ikke kan leve i lokaliteten. Verdier mellom 0,25 og 0,5 tilsier at henholdsvis innlandsaure og laks er skadet eller truet. Et forsuringstall mellom 0,5 og 1 indikerer mindre skade, mens verdien 1 betyr at det ikke kan påvises forsuringsskader.

Undersøkelsene ved Farsund viste i 1995 en endring i faunabildet med hensyn til forsuringssensitive arter. Det skal bemerkes at den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* som ble registrert på to stasjoner i 1995, bare ble funnet med ett individ på en stasjon i 1996. Det var forventet en ytterligere rekolonisering av arten i 1996. Dette viser at området fortsatt er meget følsomt og ustabil med hensyn til forsuring og at de mest følsomme bunndyrene fortsatt har store problemer med å etablere permanente levedyktige populasjoner. De moderat sensitive artene ble imidlertid funnet regelmessig og synes å ha etablert mer stabile

populasjoner. Registreringene resulterte i en svak nedgang av forsuringindeksen om våren, mens det motsatte var tilfellet om høsten. Samlet sett kan utviklingen i 1996 vurderes som nær uendret sammenliknet med 1995 (figur 1). Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant øking av forsuringindeksen fra 1989. Utviklingen i 1996 ga ingen signaler om videre utvikling.

I Ognavassdraget ble det i 1991 opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking da en del stasjoner i det opprinnelige nettet ble kalket. Undersøkelsene i 1996 viste en bedring sammenliknet med tidligere år, som hadde en negativ utvikling av forsuringindeksen (figur 1). Vassdraget som helhet kan karakteriseres moderat forsuringsskadet. De ukalkete delene av Ognavassdraget er svært heterogene med hensyn til forsuring. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet, mens mange av tilløpene fra vest er stabilt sure. Det var tegn til forbedringer i den sureste delen, spesielt om høsten, men områdene betraktes som tydelig skadet med svært ustabile forhold. Dette kommer blant annet til uttrykk ved forskjellen i indeksen mellom vår og høst.

De ukalkete delene av Vikedalsvassdraget har fortsatt store forsuringsskader, men viste en økning av forsuringindeksen også i 1996. Vårsituasjonen har gjennomgående vært verre enn om høsten (figur 1). Dette var også situasjonen i 1996 og viser at vassdraget fortsatt er ustabil med hensyn på forsuring. I Vikedal finnes noen refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuringssensitive bunndyr og har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder.

I Rødneelva var det liten skade på bunndyrsamfunnet om høsten. Også vårprøven viste i overveiende grad liten skade. Vassdraget ga derfor inntrykk av å være lite skadet totalt sett i 1996 (figur 1). Rødneelva



har under overvåkingsperioden vist meget stor variasjon i forsuringindeksen fra 0 til 1. Selv om forholdene i 1996 var gode er dette ingen garanti for at situasjonen er stabilisert, siden dette området har vist de største svingningene.

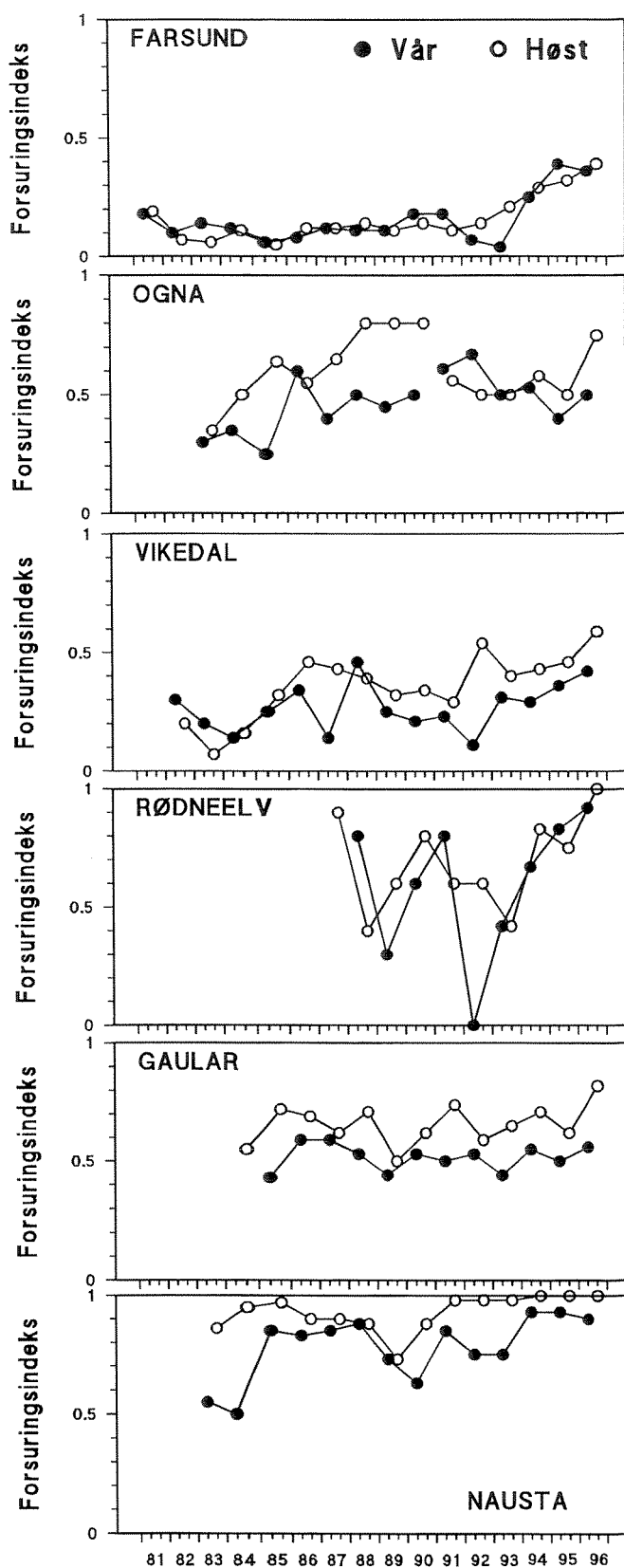
Gaularvassdraget har fortsatt tydelige forsuringsskader i deler av nedbørfeltet. Den gjennomsnittlige forsuringindeksen økte i 1996, spesielt for høstsituasjonen hvor indeksen ble beregnet til 0,82. Dette er den høyeste registrerte verdien for vassdraget siden overvåkingen startet. Av delfeltene var Eldalen fortsatt sterkest skadet, men også noen sideelver i Haukedalen og i vassdragets nedre deler bærer fortsatt preg av skade. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsamfunn, med gode innslag av forsuringssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i denne delen av vassdraget er tilfredsstillende.

Forsuringen av Nausta har, siden overvåkingen startet i 1983, vært den laveste blant de undersøkte vassdragene. I 1996 ble det registrert moderate skader på invertebratsamfunnet i noen få lokaliteter om våren (indeks 0,90, figur 1). Høstsituasjonen hadde en forsuringssverdi på 1.00 slik situasjonen har vært de siste årene. Dette betyr at det ble funnet sterkt forsuringssensitive arter i alle undersøkte lokaliteter. Så lenge

vårverdiene skiller seg fra høstsituasjonen kan vassdraget karakteriseres som ustabil. Det er derfor fortsatt litt igjen før vassdraget kan betraktes som uskadet av sur nedbør.

Undersøkelse i Kvennavassdraget viste varierende forhold. Det totale antall forsuringfølsomme arter i vassdraget var 20. Det ble funnet 10 i den vestlige delen og 18 i den østlige. Av de mest følsomme artene ble det bare registrert 2 i den vestlige, mens den østlige hadde 7. Undersøkelsene indikerte derfor liten skade i de østre og midtre, mens faunaen i de vestligste områdene indikerte skade. Sammenlignet med undersøkelser utført i 1978, var det en tydelig nedgang i forekomsten av de mest følsomme bunndyrene som snegl og marflo. Dette er organismer som også er meget følsomme for fiskepredasjon, men siden fiskebestandene snarere har avtatt enn økt, indikerer den reduserte forekomsten at det kan ha vært en økende forsuringsskade i vassdraget de siste 17 årene.

Et fjellområde i Lierne som ble undersøkt i 1995 viste lav forekomst av sensitive invertebrater. Sammensetningen indikerte fra lite til tydelig forsuringsskade i enkelte deler. Materialet er foreløpig enkeltstående og kan ikke sammenlignes med tidligere undersøkelser. På svensk side av området er det også påvist forsuringsskader.



**Figur 17.** Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. Indeksen er vist separat for vår (●) og høst (○).

**Figure 17.** Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The score is shown separately for spring (●) and autumn (○).

## 5. Skogovervåking

Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater, med registreringer fra 1986;

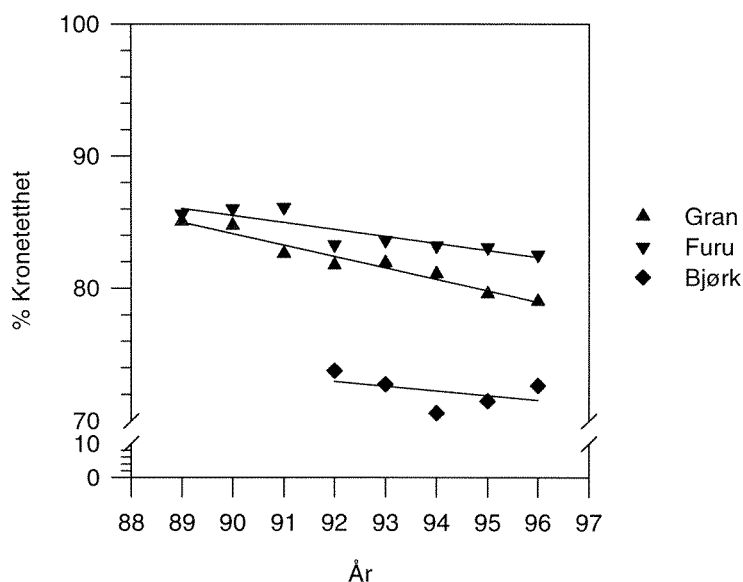
- landsrepresentative overvåkingsflater
- intensive skogovervåkingsflater
- fylkesvise lokale overvåkingsflater

### 5.1 Landsrepresentative overvåkingsflater

Vitalitetsregistreringene i gran, furu og bjørkeskog er gjennomført på ca. 900 landsrepresentative flater (ca. 8000 trær) årlig siden 1989.

Kronettheten har gått ned med 6.1% for gran i perioden 1989-1996 (figur 18). Nedgangen har vært svært jevn i hele perioden. Nedgangen har vært noe mindre markant for furu og bjørk. Nedgangen i denne perioden ser ut til å omfatte spesielt Sør- og Midt-Norge. Kronettheten er generelt lav over store deler av Sør- og Midt-Norge.

Nedgangen er klart større enn det som kan forventes utfra naturlige aldringsprosesser eller tilfeldige observatørfeil. Den årlige avdøing på landsbasis er ca. 0.1%.

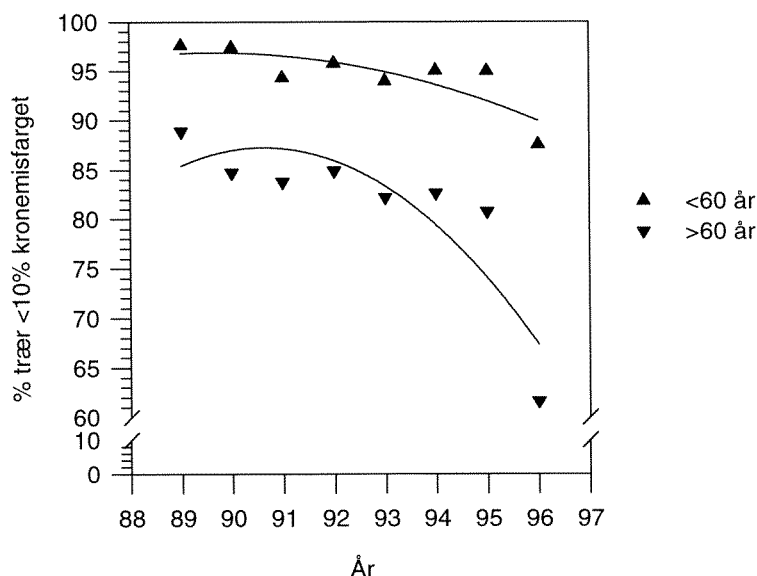


**Figur 18.** Gjennomsnittlig kronetthet i prosent for gran, furu og bjørk 1989-96.

**Figure 18.** Mean crown density for Norway spruce, Scots pine and Birch 1989-96.

Antall grantrær med misfarget krone har blitt fordoblet siden 1991 til dagens nivå på 24.2% av alle trær (figur 19 og 20). Misfargingen hos furu og bjørk har variert årlig uten klare trender geografisk eller over tid. Misfargingen er mest markant i eldre granskog (>60 år), hvor 38.4% av trærne er klassifisert som misfarget (figur 19).

Den årlige misfarging varierer noe, sannsynligvis etter tørkeforhold, men misfargingen forekommer over store deler av Sør- og Midt-Norge. Deler av misfargingen i Sørøst-Norge har imidlertid preg av mer langvarig karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse.



**Figur 19.** Prosentandel grantrær over og under 60 år med <10% kronemisfarging for årene 1989-96.

**Figure 19.** Percentage Norway spruce trees older and younger than 60 years with <10% crown discoloration for individual years 1989-96.

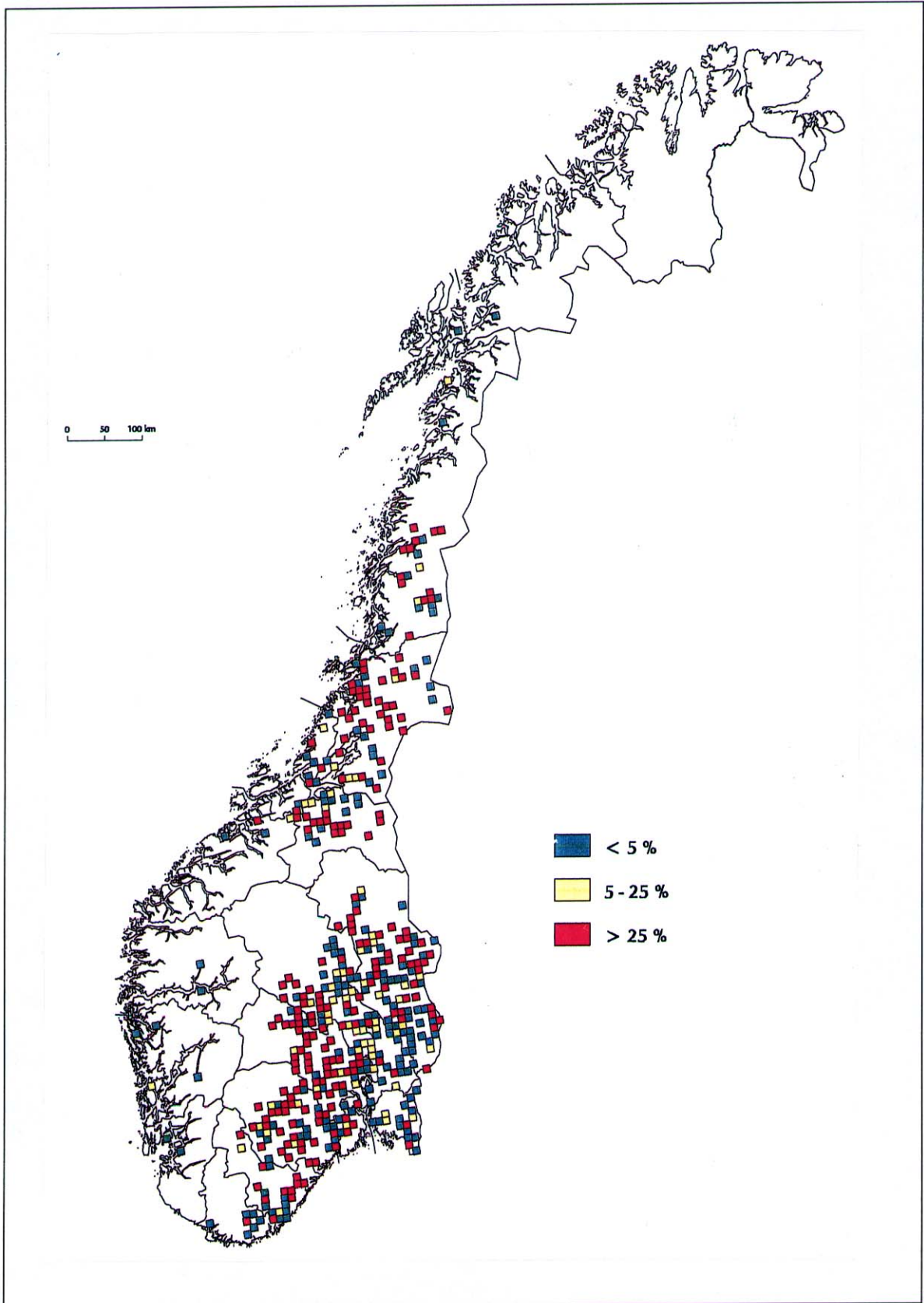
Det er betydelig mindre (20-40%) fosfor, kalsium og magnesium i skogsjord i de hardest belastede områdene i Sør-Norge (Agder og Telemark) enn i tilsvarende skog andre plasser i Norge, samtidig som at det er en tendens til at innholdet av nitrogen er høyere (Tabell 6). Det er et økende misforhold mellom N og Mg med økende grad av forurensningsbelastning, slik at Sørøst-Norge har relativt få basekationer tilgjengelige i forhold til nitrogen sammenlignet med andre deler av landet. På samme måte er det funnet tendenser til tilsvarende ubalanse i nåler hos gran mellom områder med henholdsvis stor og lav forurensningsbelastning.

**Tabell 6.** Jordkjemiske data for humussjikt for granskog i Sørøst-Norge (høy deposisjon) og i bakgrunnsområder (Sørsentrale og sentrale områder av Norge) (\* viser signifikant forskjell  $p < 0.05$ )

Parameter	Sørøst-Norge	Bakgrunnsområder
C (%)	38.8 ± 1.4	37.6 ± 0.7
N (tot)	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.2
Ca (mmol©/100g)	8.9 ± 0.8	14.1 ± 0.8*
P (PAL) (mg/kg)	10.4 ± 0.8	13.4 ± 0.5*
K (mmol©/100g)	1.4 ± 0.1	1.8 ± 0.1*

Det er også observert tildeles betydelige forekomster av alger på barnåler i det Sørøstlige Norge. Forekomstene kan danne et kraftig belegg på nålene både i yngre og eldre skog, og er sannsynligvis direkte relatert til den forholdsvis høye nitrogendeposisjon.

En rekke naturlige forhold, herunder klimatiske, påvirker skogens helsetilstand i Norge, og store deler av misfargingen og nåletapet er sannsynligvis forårsaket av naturlige årsaker. En del av misfargingen, spesielt i Sør-Norge, ser imidlertid ut til å være av mer langvarig karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse. Økende misforhold mellom nitrogen og andre næringsstoffer i jord og nåler kan være en effekt av langtransportert luftforurensning. Dagens deposisjonsmønster vil høyst sannsynlig forsterke slike negative trender, slik at næringsubalanse i granskog, med påfølgende reduksjon i tilvekst og annen vitalitet, kan forventes å øke i omfang i det Sørøstligste Norge på sikt.



**Figur 20.** Granflater med prosentandel av grantrær med > 10% kronemisfarging.  
**Figure 20.** Spruce plots with percentage of Norway spruce trees with >10% crown discoloration.

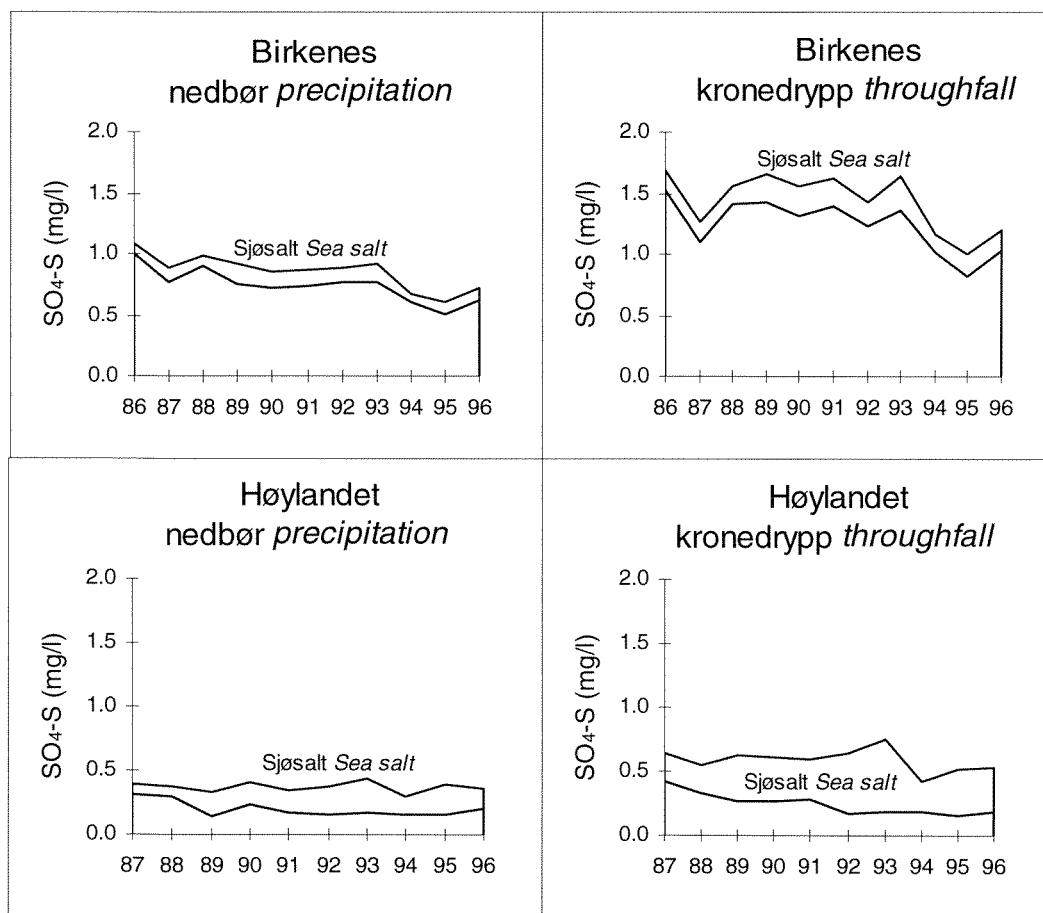
## 5.2 Intensive skogovervåkingsflater

Resultater av registreringene i 1996 føyer seg inn i tidligere års registreringer ved at tilstanden på flatene har utviklet seg svakt i negativ retning, men den har også variert fra år til år i stor grad ved variasjoner i værforhold

Resultatene tyder på at de tilførte gassformige forurensninger, ozon og svoveldioksid, har hatt for lave konsentrasjoner i luft til å gi direkte og akutte skader på trær.

Nedbør og kronedrypp samles inn ukentlig eller hver 14 dag og kjemisk innhold analyseres. Tilførslene av syre, svovel og

nitrogenforbindelser forplanter seg gjennom økosystemet med vannet (nedbør-kronedrypp-jordvann), og påvirker vegetasjonen dels over bakken og dels via jordvannet. Deposisjon av sulfat og nitrogenforbindelser har variert en del fra år til år. Samlet sett for alle flatene har det vært en svak, men tydelig nedgang i deposisjon av sulfat og ammonium, men ingen trend for nitrat. Figur 21 viser innhold av  $\text{SO}_4$  i nedbør og kronedrypp på Birkenes og Høylandet, for årene 1986-1996. De viktigste trekk er at Birkenes har større sulfatnedfall enn Høylandet, at sjøsaltbidraget er større på Høylandet enn på Birkenes, at mengdene begge steder er større i kronedrypp enn i nedbør, og at det på Birkenes har vært en tydelig nedgang over årene 1986-1996.

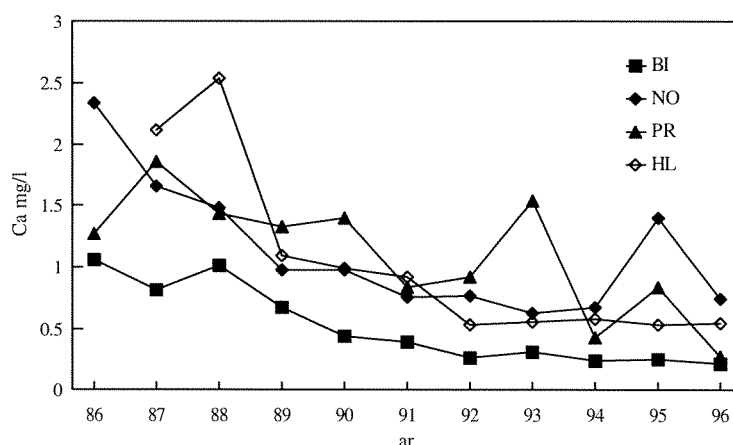


**Figur 21.** Gjennomsnittlige konsentrasjoner av sulfat i nedbør og kronedrypp på Birkenes og Høylandet for årene 1986/87-1996. Beregnet bidrag fra sjøsalt er skilt ut.

**Figure 21.** Average concentrations of sulfate in precipitation and throughfall at Birkenes and Høylandet for the years 1986/87-1996. The estimated contribution from sea salt is indicated.

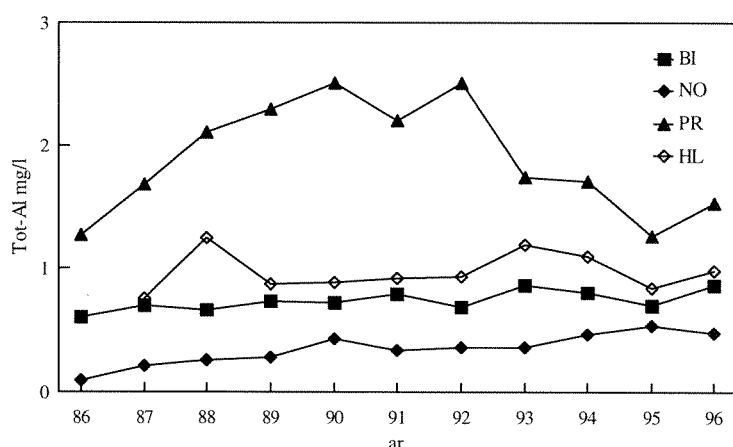
Prøver av jordvann samles inn med lysimetre fra tre jordsjikt hver 14. uke i den telefrie perioden av året og analyseres for kjemisk innhold. Jordvannets kjemiske egenskaper ser ut til å ha endret seg noe gjennom tiårsperioden, men det er usikkert om luftforurensninger har bidratt til dette. Konsentrasjonen av kalsium og magnesium har avtatt, mens konsentrasjonen av totalt aluminium har økt. Utviklingen av Ca og Tot-Al i E-sjiktet for de fire over-våkingsflatene med lengst periode med jordvanninnsamling er vist i figur 22 og 23. Endringene kan

forklares som jordforsuring, ved at en del av jordas utbyttable mengde av Ca og Mg er utvasket og at frigjøring av Al til jordvannet har økt. Det er imidlertid ingen tendens til at endringene er størst på flatene i den sørligste del av landet, som har hatt høyest deposisjon av syre, og endringene kan derfor skyldes en generell utvikling i skog med økende bestandsalder. Vi kan imidlertid ikke se bort fra at endringene over tid skyldes at lysimetrene har avgitt elementer, og at dette har påvirket vannprøvenes kjemiske sammensetning.



**Figur 22.** Konsentrasjon av kalsium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes, Nordmoen, Prestebakke og Høylandet 1986-1996.

**Figure 22.** Concentration of calcium in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1996.

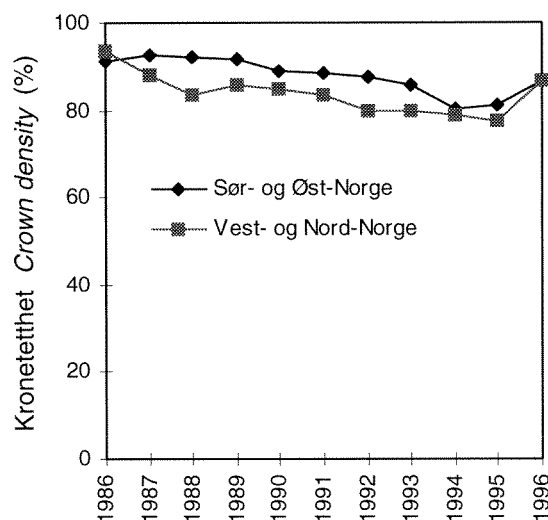


**Figur 23.** Konsentrasjon av totalt aluminium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes, Nordmoen, Prestebakke og Høylandet 1986-1996.

**Figure 23.** Concentration of total aluminium in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1996.

Trærnes vitalitet består av kronetetthet, kronefarge samt en del utfyllende registreringer, og er registrert årlig. Vitaliteten har hatt en svak nedadgående trend gjennom perioden 1986-96, men det har vært betydelige årlige variasjoner. Værforhold og biotiske skadegjørere har bidratt til de årlige variasjonene. Gjennomsnittlig kronetetthet økte fra 1995 til 1996 på de fleste flatene, slik at flatenes gjennomsnittstall for 1996 er tilbake på nivå med opprettelsesårene 1986-1993. Gjennomsnittlig kronetetthet for årene 1986-1996 for flater i Sør- og Øst-Norge sammenliknet med flater i Vest- og Nord-Norge (figur 24) viser at flater i Vest og Nord - som gjennomgående har hatt lavere

kronetetthet - hadde størst økning i 1996. I kronetetthetsregistreringer er det vanligvis systematiske forskjeller mellom observatører, og siste års endringer kan delvis tilskrives at det i 1996 var skifte av observatør på alle flatene. Samlet for alle flater har det skjedd en markert reduksjon i andelen av grønne trær fra 1995 til 1996. Men her er bildet for de enkelte flatene mer variert enn tilfellet for kronetetthet. Størst reduksjon hadde Langtjern, størst økning hadde Høylandet, Selbu og Tustervatn. Det er altså ingen sammenheng mellom stor reduksjon i gjennomsnittlig kronetetthet og stor reduksjon i andel av grønne trær.



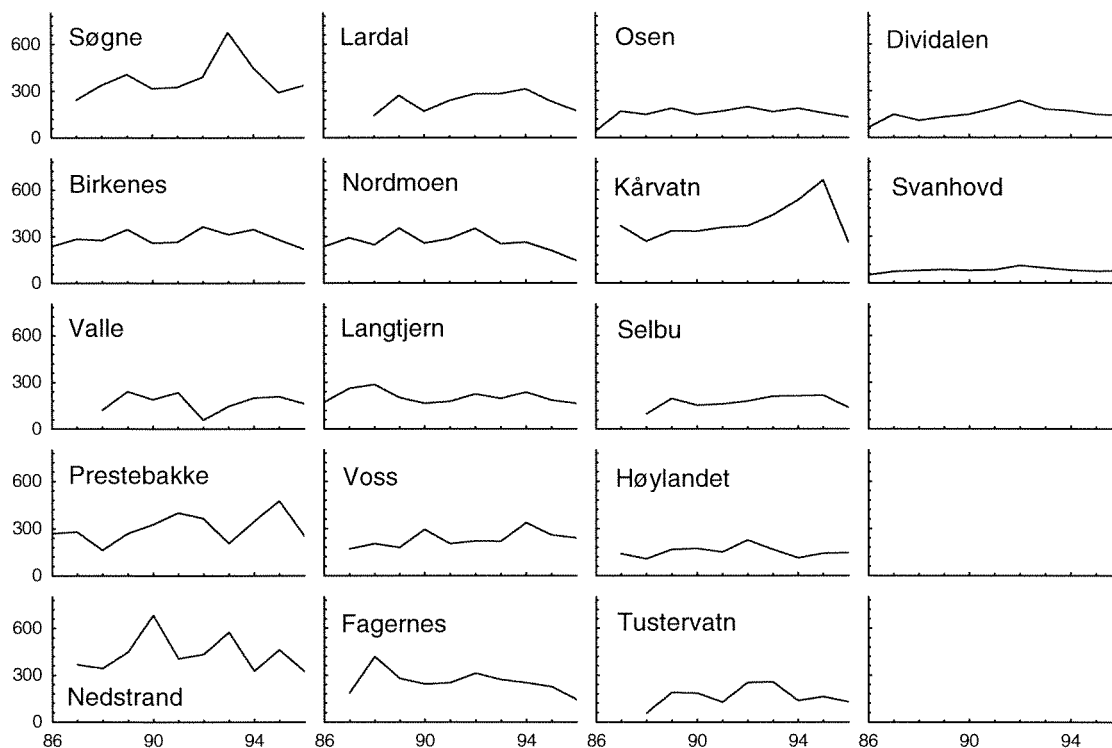
**Figur 24.** Utvikling av kronetetthet på flater i Sør- og Øst-Norge (gjennomsnitt av SG, BI, VA, PR, NE, LD, NO, LA, FA og OS) sammenliknet med flater i Vest- og Nord-Norge (gjennomsnitt av VO, KV, SE, HL, TU, DI og SH).

**Figure 24.** *Development of crown density at plots in South- and East-Norway compared with plots in West- and North-Norway.*



Strøfallet samles inn gjennom hele året, og innholdet analyseres kjemisk. Strøfallsmengde har variert mellom flater som en følge av ulike skoglige forhold, mens episodiske værforhold som vind og tørke har ført til variasjoner over tid på den enkelte flate (figur 25). Kårvatn i

1995 hadde et meget høyt strøfall, men betydelig lavere i 1996. Fagernes og Nedstrand har hatt et gradvis avtakende strøfall. Det er ikke påvist noen sammenheng mellom strøfall og kronetetthet.



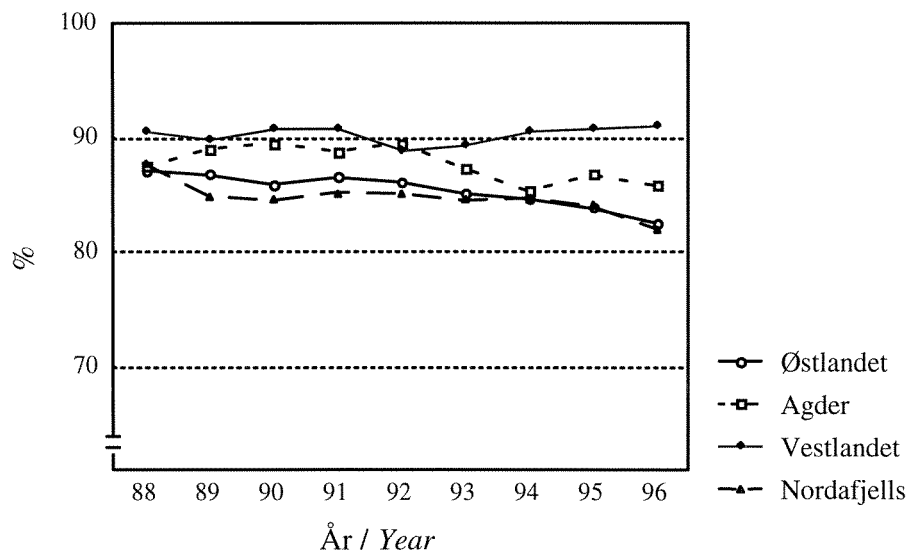
**Figur 25.** Strøfallets mengde i tidsrommet 1986-1996 (verdier i gram per kvadratmeter pr år).

**Figure 25.** Litterfall amount through ten years as gram per square meter per year.

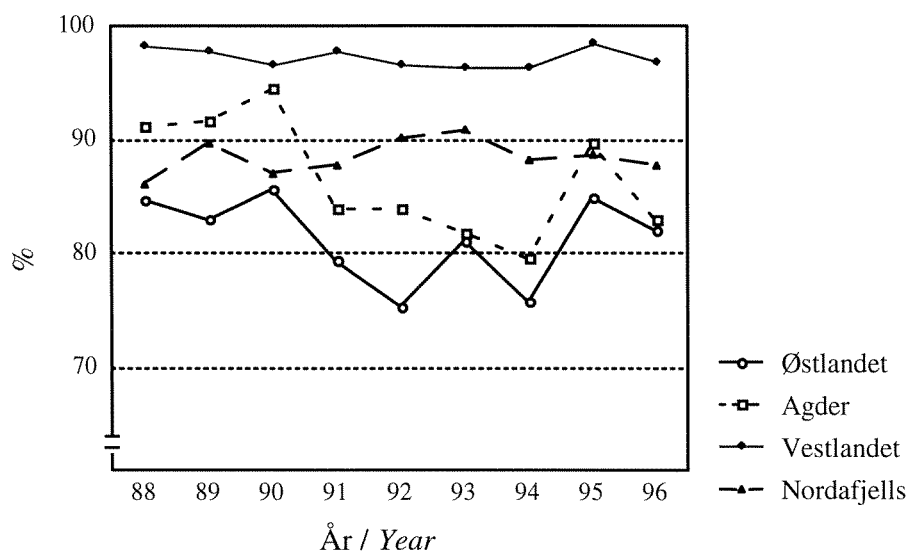
### 5.3 Fylkesvise lokale overvåkingsflater

Registreringene av kronetetthet, -farge og konglemengde på disse flatene er utført årlig av det lokale skogoppsyn, og resultatene bearbejdes av NISK. Samlet sett har de fylkesvise flatene vist en svak nedgang i trærnes vitalitet gjennom en periode på ni år. Kronefarge (og konglemengde) har først og fremst hatt årlige svingninger, mens kronetetthet har hatt et jevnt, og svakt nedadgående forløp. Den har avtatt med 0,45 prosentenheter pr. år, men klart mest i gammel

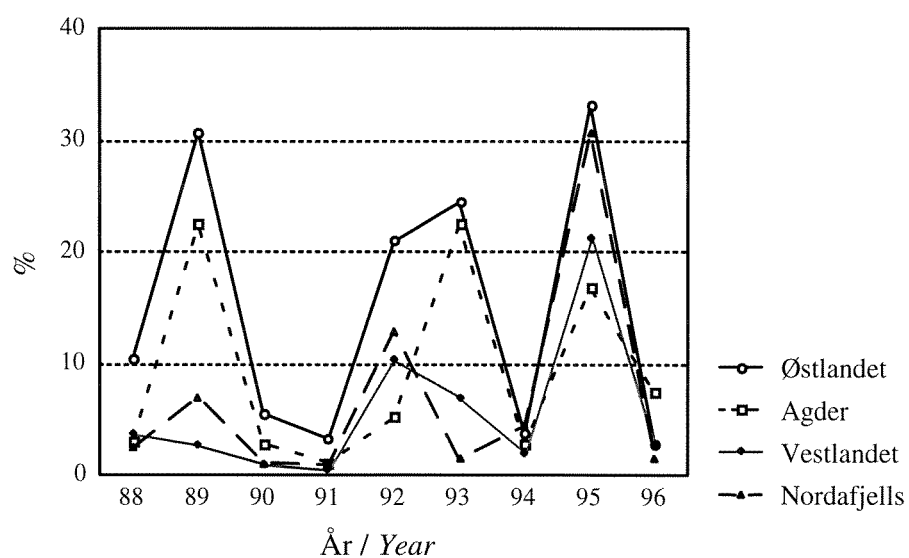
skog på lav bonitet. Sørøst-Norge er den landsdel som samlet har markert seg mest i negativ retning, med den laveste kronetettheten, den største nedgangen, store svingninger i kronefarge, hyppig konglesetting, og den høyeste avdøingsraten. Avdøingen har imidlertid vært lav og særlig forekommet etter barkbilleangrep på enkeltflater. Tørkestress, snø- og vindskader, og ulike biotiske skadegjørere ser ut til å ha vært av betydning for utviklingen over årene. Materialet domineres av granflater, og hovedresultatene er vist i figurene 27, 28 og 29.



**Figur 27.** Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for granflatene fordelt på landsdel.  
**Figure 27.** Development of mean crown density on the spruce plot distributed on region.



**Figur 28.** Utvikling av kronefarge (prosentandel grønne trær) for granflatene fordelt på landsdel.  
**Figure 28.** Development of crown colour (percentage green trees) on the spruce plots distributed on region.



**Figur 29.** Utvikling av konglemengde (prosentandel trær med middels eller stor konglemengde) for granflatene fordelt på landsdel.  
**Figure 29.** Development of amount of cones (percentage trees with intermediate or large amount of cones) on the spruce plots distributed on region.

## 6. Rapportoversikt

### Rapporter fra programmet Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør under Statlig program for forurensningsovervåking.

- 2/81.** Endringer i pH i perioden 1966-1979 for 38 norske elver. NIVA-rapport: O-80006-02.
- 24/81.** Forsuring av grunnvann. NIVA-rapport: O-80006-04.
- 26/81.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1980.
- 27/82.** Regionale vann- og snøundersøkelser 1981. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 64/82.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1981.
- 97/83.** Vikedalsvassdraget. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser i 1981-1982. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 106/83.** Årstidsvariasjoner og materialtransport i de fem feltforskningsområdene Birkenes, Storgama, Langtjern, Kårvatn og Jergul.
- 108/83.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1982.
- 123/84.** Vikedalsvassdraget. Nedbør-, vannkjemiske- og biologiske undersøkelser i 1981-1983. NIVA-rapport: O80006-03
- 162/84.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1983.
- 201/85.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1984
- 230/86.** The Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air pollutants. Results 1980-1984
- 248/86.** Gaularvassdraget. Nedbør-, vannkjemiske- og biologiske undersøkelser i 1984. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 255/86.** Tilførsler og virkninger av langtransporterte forurensninger. Status 1985 og utviklingstendenser.
- 256/86.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985.
- 282/87.** 1000-sjøers-undersøkelsen 1986.
- 283/87.** 1000-Lake Survey 1986.
- 295/87.** Forsuring av overflatevann i Norge - en "direkte respons" prosess? NIVA-rapport: O-84088.
- 296/87.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1986.
- 299/87.** Forsuring av innsjøer i Finnmark. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 313/88.** 1000-sjøers undersøkelsen 1986. Fiskestatus.
- 314/88.** 1000-Lake Survey 1986. Fish Status.
- 315/88.** Naustavassdraget. Nedbør-, vannkjemiske - og biologiske undersøkelser i 1985/86. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 333/88.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1987.
- 351/89.** Nitrogen som bidragsyter til forsuring.
- 352/89.** Landsomfattende grunnvannsnett (LGN). Grunnvannets kjemiske sammensetning. NIVA-rapport. O-86171.
- 375/89.** Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1988.
- 384/89.** 100-sjøers undersøkelsene i 1987 og 1988. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 408/90.** The Contribution of Nitrogen to Acidification.
- 401/90.** Sedimentundersøkelser i Pasvikelva i 1989.
- 402/90.** Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger i 1989.

- 411/90. Landsomfattende grunnvannnett (LGN). Kjemiske variasjoner i et grunnvannsmagasin i Evje, Aust-Agder. NIVA-rapport: O-80006-04.
- 437/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1989.
- 465/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1990.
- 466/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990.
- 481/92. Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport 1990.
- 486/92. Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: Prediction of future acidification using the MAGIC model
- 487/92. Trace Metal pollution in Eastern Finnmark, Norway as evidenced by Studies in Lake Sediments.
- 506/92. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991.
- 507/92. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1991.
- 532/93. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1992.
- 533/93. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992.
- 582/94. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1993.
- 583/94. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993.
- 628/95. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994.
- 629/95. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1994.
- 660/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1995.
- 663/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1995.
- 671/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1995.
- 677/96. Regional innsjøundersøkelse 1995. En regional vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer.
- 690/96. Regional innsjøundersøkelse 1995. Datarapport.
- 697/97. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1996.
- 703/97. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1996.

Nummeren referer til serienummer i rapportserien "Statlig Program for Forurensningsovervåking" som kan bestilles fra::

Statens Forurensingstilsyn  
PB. 8100 Dep.  
N-0032 Oslo

Deltagende institusjoner i programmene:  
**"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"**  
og **"Overvåkingsprogram for skogskader"**.

**Statens forurensingstilsyn**  
Pb. 8001 Dep.  
0032 Oslo

**Norsk institutt for vannforskning**  
Pb. 173 Kjelsås  
0411 Oslo

**Direktoratet for Naturforvaltning**  
Tungasletta  
7005 Trondheim

**Norsk institutt for naturforskning**  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim

**Landbruksdepartementet**  
Pb. 8007 Dep.  
0030 Oslo

**LFI, Zoologisk Institutt, Universitetet i Bergen**  
Allégt. 41  
5007 Bergen

**Norsk institutt for luftforskning**  
Pb. 100  
2007 Kjeller

**Norsk institutt for skogforskning**  
Høgskoleveien 12  
1432 Ås

**Norsk institutt for jord- og skogkartlegging**  
Rådhusplassen 29  
1430 Ås

---

**NIVA** 

**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3679-97

ISBN 82-577-3243-5