



LL1

# Statlig program for forurensningsovervåking

OK-5488

---

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn  
Direktoratet for naturforvaltning  
Landbruksdepartementet

---

## Rapport 660/96

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

---

# Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

## Overvåkingsprogram for skogskader

Sammendrag av årsrapporter 1995



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

### Overvåkingsprogram for skogskader

### **Sammendrag av årsrapporter 1995**

Redaktør: Brit Lisa Skjelkvåle

Forfattere:

Kjetil Tørseth (NILU): atmosfærisk tilførsel

Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA): vannkjemisk overvåking

Trygve Hesthagen, Randi Saksgård, (NINA): vannbiologisk overvåking/fisk

Ann Kristin Lien Schartau (NINA): vannbiologisk overvåking/krepsdyr

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

Svein Solberg, Ingrid Ann Berg (NISK): skog

Christian nellemann (NIJOS): skog

# Forord

Rapporten presenterer resultatene for 1995 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) (vannkemi), 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.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av årsrapporten har vært:

Kjetil Tørseth (NILU): *atmosfærisk tilførsel*

Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA): *vannkjemisk overvåking*

Trygve Hesthagen, Randi Saksgård og Ann Kristin Lien Schartau (NINA): *vannbiologisk overvåking/fisk, krepsdyr*

Arne Fjellheim og Gunnar Raddum (UiB): *vannbiologisk overvåking/ bunndyr*  
Svein Solberg, Ingrid Ann Berg (NISK): *skog/intensivstudier og vitalitetsundersøkelser*

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

I tillegg til har følgende bidratt til årsrapporten:

NILU: Jørgen Schjoldager, K. Arnesen, (ozondata), Mona Johnsrud, O. Hermansen, (databehandling) Jan Erik Hanssen og Arne Semb

Redaktør for rapporten har vært Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA.

Oslo, 15 juni 1996

Ola Glesne

Tor Johannessen

# Innhold

<b>Forsuringsstatus i 1995</b>	<b>5</b>
<b>Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>5</b>
<b>Summary in English</b>	<b>8</b>
<b>1. Overvåkingsprogrammene</b>	<b>13</b>
1.1 Tilførsler	13
1.2 Effekter	13
<b>2. Overvåking av luft og nedbør</b>	<b>19</b>
2.1 Utslipp	19
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger	19
2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger	22
2.4 Bakkenært ozon	24
<b>3. Vannkjemisk overvåking</b>	<b>25</b>
3.1 Tidsutvikling i vannkjemi	25
3.2 Overvåkingselvene	25
3.3 "100-sjøer"	27
3.4 Feltforskningsstasjonene	27
<b>4. Vannbiologisk overvåking</b>	<b>31</b>
4.1 Fisk	31
4.1.1 Bestandsundersøkelser i innsjøer	31
4.1.2 Ungfiskregistrering hos aure i gytebekker	37
4.1.3 Ungfiskundersøkelser i lakseførende elver	39
4.2 Planktoniske og litorale krepsdyr	40
4.3 Regionale bunndyrundersøkelser	41
<b>5. Skogovervåking</b>	<b>44</b>
5.1 Trærs vitalitet	44
5.2 Barnålkjemi	49
5.3 Jordvann	51
<b>6. Rapport oversikt</b>	<b>56</b>

---

## Forsuringsstatus i 1995

Svovelprotokollen, som i 1986 ble undertegnet av 20 land i Europa, vedtok at svovelutslippene i 1993 skulle være 30% lavere enn i 1980. Virkningen av avtalen har medført at utslippene i Vest-Europa er redusert med ca. 50%, og i Øst-Europa med ca. 30%, fra 1980 til 1995. Som en følge av dette har surheten og svovelinnholdet i nedbøren avtatt med omlag 35-50% i Sør-Norge og 50-60% i Nord-Norge fra 1980-1995, og dette har igjen medført en nedgang i sulfatinnhold på 30-50% i elver, sjøer og avrenning fra feltforskningsstasjoner i samme periode. Nedgangen i sulfat i vann faller sammen med en økning i ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH og en nedgang i labilt (giftig) aluminium, som viser at vannkvaliteten blir bedre m.h.p. forsurening og forhold for fisk og andre vannlevende organismer. Bedringen i vannkvalitet er imidlertid ikke like klar i områder som er utsatt for sjøsaltepisoder som f.eks. vestlandselvene. Både fiske- og bunndyrundersøkelser viser at forurensningstilstanden er i ferd med å bedres.

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 1980-1995 og på regional basis er nitratnivået uendret.

Det er ingen tegn til masseavdøing av skog i Norge i dag. Resultatene fra "Overvåkingsprogram for skogskader" viser at den mest skrantende skogen finnes i Sørøst-Norge og i Midt-Norge. Vurdert ut fra overvåkingsdataene er virkningen av langtransporterte luftforurensninger på skog i Norge i dag usikker, men enkelte resultater indikerer en effekt. Kronetettheten for gran har gått ned med 5.7% i perioden 1989-95, noe mindre markant for furu og bjørk. Det kan forventes økte effekter og skader på skogen på sikt med det nåværende deponisjonsmønster.

## Sammendrag og konklusjoner

### Tilførsler

#### *Atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon*

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat, sterk syre (pH), bly, kadmium og sink i nedbør samt luftens svovelinnhold har avtatt siden slutten av 1970-årene, mens middelkonsentrasjonene av nitrat og ammonium har endret seg lite. Både i Sør- og Nord-Norge var middelkonsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør omtrent på samme lave nivå i 1995 som i 1994. Konsentrasjonene av sulfat i nedbør var i 1995 blant de laveste som er målt ved de fleste stasjoner. Nedbørmengdene var i 1995 nær normale i hele landet, og dette medførte at våtavsetningen av sulfat var omtrent på samme nivå som i 1993 og mange steder den laveste hittil. Våtavsetningen av nitrat og ammonium var i 1995 noe lavere eller omtrent på samme nivå som i 1994.

Innholdet av svovelkomponenter i luft var i 1995 markert lavere enn i de foregående år ved de fleste målesteder i Sør-Norge. De observerte endringer i innholdet av svovel- og nitrogenkomponenter både i luft og nedbør er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Antall "ozonepisoder" (dvs. døgn med maksimal timeverdi over 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på ett sted eller over 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på flere steder) var 15 døgn i 1995. Dette var færre enn gjennomsnittet for de 10 siste årene (18,9 døgn). Det ble målt timemiddelverdier over 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på to steder (Haukenes og Birkenes). Høyeste timemiddelverdi var 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Birkenes, 5. mai 1995 kl. 10). Ingen målesteder hadde timemiddelverdier over 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , som er EUs grenseverdi for melding til befolkningen.



## Effekter

### Vannkjemi

Nedgangen i konsentrasjonen av sulfat i elver, sjøer og feltforskningsstasjoner som startet i begynnelsen av 80-årene fortsatte også i 1995. Nedgangen i sulfat har medført en bedring i forsuringstilstanden i 90-årene ved at det har vært en oppgang i pH og syrenøytraliserende kapasitet (ANC), samtidig som det har vært en klar nedgang i uorganisk bundet (giftig) aluminium. Nedgangen i uorganisk bundet aluminium, er kompensert ved en økning i organisk bundet aluminium, slik at total reaktiv aluminium er uendret. Den stabile nedgangen i sulfat sammen med en bedring i vannkvaliteten forstyrres av sjøsaltepisoder. Under de milde vintrene på begynnelsen av 90-årene, var det endel kraftige stormer som ga sjøsaltepisoder som medførte at store mengder sjøsalter ble tilført nedbørfeltene. En sjøsaltepisode gir en episodisk forsuring av vann og vassdrag, mens langtidseffektene av disse episodene er at både klorid og natrium er høye i avrenningsvannet i lang tid etterpå. Både virkningen på kort og lang sikt påvirker den syrenøytraliserende kapasiteten (ANC). Dette medfører at kystnære områder som er påvirket av sjøsaltepisoder, slik som elver og innsjøer på Sørvest- og Vestlandet, har mer ustabile trender i ANC, og ikke så klar forbedring i vannkvalitet som f.eks på Østlandet. Nitratinnholdet i innsjøer, elver og feltforskningsområder viser ingen klare trender. På tross av dette finnes de høyeste nitrat konsentrasjonene i de områdene av Norge der nitrogen-deposisjonen er høyest.

### Vannbiologi

#### Fisk

Noen av de undersøkte områdene har marginal vannkvalitet når det gjelder overlevelse av aure og røye, men vannprøver som er tatt samtidig med prøvefiske kan ikke alltid forklare bestandtetthetene av aure og røye i de forskjellige innsjøene. Det var stor variasjon i fangstutbyttet av aure i Lierne, mens det var små forskjeller i alderssammensetningen. Prøvefiske i Naustavassdraget viser en klar økning i fangstutbyttet av røye siden 1985, og rekrutteringen er stor. Fangstutbyttet av aure var imidlertid noe mindre i to av vatna og større i to

andre vatn i forhold til i 1985. Aurebestanden i Svånåvatn og Fisketjern i Lesja består bare av utsatt fisk og det var mest eldre individer i disse bestandene. I Svartdalsvatn er det derimot en naturlig rekruttering og flere yngre individer i aurebestanden. I Kvennavassdraget var det til dels stor variasjon i alderssammensetningen i de enkelte vatna, mens bestandtettheten ikke var særlig stor i noen av lokalitetene. Røyrvatn i Vikedal har vært prøvefisket flere ganger siden 1982, og fangstutbytte av aure i 1995 er betydelig høyere enn det var tidlig i 1980-åra. Røyebestanden gikk tapt på 1970-tallet, mens aurebestanden blir opprettholdt fordi Røyrvatn drenerer flere bekker med god vannkvalitet hvor auren gyter.

Elfiske i bekker til innsjøer i Vikedalsvassdraget viser store årlige variasjoner i rekrutteringen hos aure. Tettheten av aureyngel var noe mindre i 1995 enn i 1994, men var allikevel større enn i enkelte tidligere år. Dette indikerer at vannkvaliteten i gytebekker til auren i Vikedalsfjellet har store årlige variasjoner og at den i enkelte år kan være marginal for overlevelsen av aureyngel. Det var en økning i tettheten av aureyngel i bekker i Bjerkreims- og Gaulavassdraget fra 1993 til 1995. Det har vært en positiv utvikling i ungfiskbestanden av aure i Bjerkreimsvassdraget siden 1986, mens utviklingen i Gaularfjell ikke har vært like positiv. I Rødneelva (Rogaland) har det vært overvåking av ungfiskbestanden av laks og aure siden 1985. Tettheten av lakseunger har vært lav, mens tettheten av aureunger har vært betydelig høyere og har endret seg lite i forsøksperioden.

#### Krepsdyr

Planktoniske og litorale krepsdyr er undersøkt i innsjøer hvor det er gjennomført bestandsundersøkelser av fisk. Alle registrerte arter er relativt vanlig forekommende i Norge og typiske for høyfjellssjøer. Artsantallet er bestemt av bl.a. høyde over havet og av pH men også tetthet og sammensetning av fiskepopulasjonene er avgjørende for sammensetning av krepsdyrsamfunnene. Sammenligning av data fra 1995 med tidligere undersøkelser i 1978 (Kvennavassdraget) og 1980 (Joravassdraget) gir ingen klare indikasjoner på at det har skjedd noen endring av vannkvaliteten i disse områdene.

*Andre bunndyr*

De regionale bunndyrundersøkelsene viste i 1995 at Vikedalsvassdraget og de undersøkte feltene ved Farsund fremdeles må karakteriseres sterkt forsuret. Farsundområdet viste imidlertid en betydelig forbedring sammenlignet med tidligere år, og den sterkt forsuringssensitive døgnfluen *Baetis rhodani* ble registrert for første gang siden overvåkingen startet i 1981. Foreløpig er det bare gjort tre funn av arten, og det er ennå usikkert om den er i stand til å danne levedyktige populasjoner i området. Ogna, Rødneelv og Gaular må på basis av de registrerte bunndyrsamfunn karakteriseres moderat forsuringsskadet, men alle disse tre vassdragene har lokaliteter med stabile populasjoner av sensitive bunndyrarter. Situasjonen i Nausta har bedret seg betydelig i de senere år. I 1995 ble det ikke registrert skader i vassdraget om høsten.

*Skog*

Vitalitetsregistreringer i gran, furu og bjørkeskog er gjennomført på ca 900 landsrepresentative flater (ca 8000 trær), ca 700 fylkesvise flater (41.000 trær), årlig siden 1987. For 17 intensive flater rapporteres jordvanns- og barnålkjemi.

Kronettheten for gran har gått ned med 5.7% i perioden 1989-95, noe mindre markant for furu og bjørk. Nedgangen omfatter store deler av Sørøst-Norge og Midt-Norge. Det er ingen tegn til masseavdøing i norsk skog. I eldre granskog har gulningen økt på de landsrepresentative flatene i perioden 1989-95, men har samtidig vært svært variabelt på de fylkesvise flatene. Den årlige andel av trær med misfarging har variert både i omfang og geografisk utbredelse. Dette

skyldes sannsynligvis ulik variasjon i klima- og nedbørsforholdene. Ca. 10% av de grandominerte flatene på det landsrepresentative rutenettet har hatt kontinuerlig misfarging i de siste 7 årene, hvilket kan skyldes f.eks. næringsmangel. Dette var først og fremst utpreget i Sør-Norge. Samtidig har gulningen vært størst på flater med lav pH i humus. Det var en tendens til høye nitrogen-konsentrasjoner i barnåler og lite kalsium og fosfor i områder med høy deposisjon, men dette kan være relatert til forskjeller i voksestedsforholdene på de intensive flatene. Det har vært en nedgang i kalsium og magnesium i jordvann, samt en økning i total-Al i perioden 1986-95, men det var liten forskjell mellom flater med stor og liten deposisjon. Konsentrasjonstopper av Al, såvel som de andre ionene, forekommer gjennom vekstsesongen. Innholdet av nitrogen i jordvannet var generelt lavt.

Store deler av den lave og nedadgående vitalitet er trolig relatert til naturlige årsaker, spesielt klimatiske forhold. Tendensen til økende nitrogen-innhold i humus og barnåler med økende deposisjon kan indikere en effekt av langtransportert sur nedbør. Tilsvarende kan tendenser til lavere magnesium i humus og lavere kalsium i barnåler indikere det samme. Vurdert ut fra overvåkingsdataene er effekten av langtransporterte luftforurensninger på skogen idag usikker. Det kan forventes økte effekter og skader på skogen på sikt med det nåværende deposisjonsmønster. Utfra de registrerte ozonkonsentrasjoner og de gjeldende tålegrenser for ozon (AOT40) kan effekter på barskog forventes, men dette er pr. idag ikke undersøkt i overvåkingsprogrammet.

# Summary in English

## Annual Report for 1995

### 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 Ramnes, Lista, Lardal 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 approximately at the same level in 1995 as in 1994 in the whole of Norway. For most sites the annual mean sulphate concentrations were among the lowest recorded for the period 1973-1995.

In 1995, the annual precipitation amounts were close to the normal at most places in Norway. However, there were strong variations in precipitation amounts over the year for the different regions.

The wet deposition of sulphate were in 1995, due to low concentrations and normal precipitation amounts, among the lowest ever measured at most stations in Southern Norway. In the central and northern part of Norway the amounts deposited were about the same level as the previous years.

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 35 - 50% in southern Norway, and by about 50 - 60% in northern Norway. For the nitrogen components no obvious 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. In January 1993 a winter storm led to the highest depositions of sea-salt ever recorded at the Norwegian sites. However, sea-salt deposition were less in 1994 and 1995 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 40-60% lower than those measured in 1980. At Spitsbergen, annual mean concentrations of sulphur dioxide have decreased by 58%. The mean concentrations has similar trends in all parts of Norway since the late 1970's, with a strong decrease till 1983, increase until 1987, and thereafter a dramatic decrease. The latter



decrease is mainly due to reduced emissions. In addition, mild and unstable winter seasons with prevailing winds from westerly directions the previous years has led to relatively few episodes with transport of stagnated, cold air from Europe, normally causing the strongest pollution episodes.

The dry deposition of sulphur compounds in 1995 is estimated to be 4-20% of the total deposition during the winter and 17-31% during the growing season in all counties except Finnmark. In Finnmark, the contribution of sulphur dry deposition to the total deposition were in about 61-78% in winter and 42-70% 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 have decreased by about 60-80% from 1978 to 1995. 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. However, the levels of zinc were in 1995 higher than during the last 3-4 years at most sites. In Sør-Varanger (Svanvik and Karpdalen) the levels of arsenic, copper, nickel and cobalt were relatively high due to emissions in Russia.

In 1995, ozone was measured at 14 sites in Norway. There was 15 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 less than the last 10 year average (18,9 days). The highest hourly concentration was  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Birkenes, 5. May, 1995). The ECE critical level of  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  as one-hour average was exceeded at two sites (Haukenes and Birkenes). 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 but Svanvik in Finnmark county, with the largest excess in the southern part of the country. The monthly mean values of ozone varied over the year, with most maximum concentrations in April-May.

### 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 5 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 1994 the catchment Svartetjernet 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 1995, 73 of the original lakes were left; the others had been limed.

At all sites samples are collected by local people and analysed by standard methods at the Norwegian Institute for Water Research (NIVA) for pH, base cations Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, alkalinity, Al, total N and total organic carbon (TOC).

Long-term monitoring of acidification in surface water clearly show relationship to changes in deposition. Concentrations of sulphate have decreased by about 30-50% in surface waters in southern Norway from 1980-1995. This parallels the 30-50% reduction in sulphate concentration in precipitation during the same time period. 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. The positive

development of ANC, pH and labile aluminium has been counteracted by severe seasalt episodes in the coastal catchments such as Birkenes and the rivers in western Norway. Many of these catchments show either no or even negative change in ANC since 1980.

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.

## **Biology**

### *Fish*

Test-fishing were conducted by using standard gill net series (SNSF) and multi-mesh gill nets at five different catchment areas in Norway. Nausta area was formerly analyzed in 1985, whereas Røyrvatn in the Vikedal watercourse has been analyzed several times since 1982. Several of the study lakes have a marginal water quality in terms of survival for brown trout and Arctic charr. However, in Nausta area there has been an increase in CPUE for Arctic charr, and the recruitment is large. In the Lesja area brown trout are stocked into two of the study lakes and the populations consist mainly of older individuals. In the third lake which has a natural population of brown trout, the stock consist of much younger fish. The densities of brown trout in the Kvenna watercourse was relatively small, but there were differences in age-frequency distribution among the four lakes. In Røyrvatn in Vikedal area CPUE of brown trout was much larger than it was in the early 1980's. Arctic charr was due to acidification lost in the 1970's, while the population of brown trout was maintained because the lake has several streams with good water quality where brown trout may spawn. In the fifth catchment area (Lierne) test-fishing in five different lakes showed large differences in CPUE among the lakes, and in one of the lakes we only caught burbot.

Electrofishing have been conducted in inlets and outlets to lakes in Vikedal (1987-1995), Bjerkreim and Gaula watercourses, 1986-1995. Densities of juvenile brown trout in Vikedal area exhibit large annual fluctuations. There was a

minor decrease in both fry and parr densities from 1994 to 1995. However, the density in 1994 was one of the highest ever recorded in this area. There was an increase in the density of juvenile brown trout in both Bjerkreim and Gaula watercourse from 1993 to 1995. In Bjerkreim area the densities of fry and parr of brown trout has developed positively since 1986, and 1995 was the highest ever recorded. Densities of juvenile brown trout in Gaula watercourse have exhibit large annual fluctuations.

Juvenile stocks of Atlantic salmon and brown trout have been assessed by means of electrofishing in the river Rødneelva in Rogaland county during the period 1985-1995. This river is highly acidic with pH values below 5.0 during periods of snow smelt in the spring. Densities of Atlantic salmon fry has been low during our study and this stock is apparently threatend by acidification. However, densities of brown trout in the river Rødneelva is relatively high and no significant changes has been recorded in recent years.

### *Crustaceans*

Planktonic and littoral species of crustaceans are investigated in the same lakes as the test-fishing were conducted. All recorded species of crustaceans are common in Norway and typical of alpine lakes. The number of species are to some degree related to altitude and pH. Densities of fish and structure of the fishpopulations are decisive for the composition of the crustacean communities. When comparing the results from 1995 with investigations performed in 1978 (The Kvenna watercourse) and 1980 (The Jora watercourse), there are no unambiguous indications of deterioration of the water quality in this areas.

### *Other 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, a large number of field observations and CCA-analysis, the tolerance

levels of many invertebrates are known. 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 indicates potential damage to salmonid populations.

The monitoring in the Farsund area showed an improvement of the fauna with respect to acid-sensitive invertebrates. In addition to presence of moderately acid-sensitive species, some individuals of a highly sensitive mayfly, *Baetis rhodani*, were recorded in two of the samples. This is the first record of the species since the monitoring started in 1981, giving the highest acidification scores ever recorded in the watersheds. The record strenghtens a significant trend towards an improvement of the acidification score since 1989.

In River Oгна a new network of monitoring was established in 1991, due to liming of the main river. The monitoring in 1995 showed a slight reduction of the acidification score both in the spring and the autumn. The watershed is on the average characterized as moderately damaged. The unlimed parts of River Oгна is very heterogenous ranging from highly damaged localities to stable, unacidified localities containing a high diversity of sensitive animals.

The unlimed parts of River Vikedal is still highly impacted with respect to acidification. During the last years the damage on the benthic communities has been more pronounced in spring, showing an unstable situation. The presence of small refuges of unacidified water in the catchment has great importance regarding recolonization of sensitive animals in damaged areas.

River Rødneelv showed less damage with respect to acidification during spring 1995 while the autumn situation seems stable during the last years. The upper part of the main river is still highly acidified. Supply of water from unacidified tributaries in the lower part of the watershed 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. The benthic animal community in this part of the river is diverse and contains a rich variety of acid-sensitive animals.

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 autumn situation has been very good during the last years, reaching a mean acidification score of 1.0 both in 1994 and in 1995. This means that highly acid-sensitive animals were found at all sampling sites at this time of the year.

#### **Forest**

A main part of The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage is extensive assesments of forest tree health, given as crown condition. Crown density and colour have annually been assessed since 1987 on 900 plots (approx. 8000 trees) in a national representative 9\*9 km grid covering Norway (ICP-forests, level 1). A similar survey is additionally performed on 700 subjectively selected plots (appr. 41000 conifers) during the same period (countywise plots). Crown density in Norway spruce has decreased by 5-7% in the period 1989-95 on level 1 plots. A smaller decrease is recorded for Scots pine and birch. The decrease covered large areas of southeast and mid Norway. There is no decline in Norwegian forests in terms of high death rates. Yellowing has increased in Norway spruce, especially in elderly stands at the level 1 plots. 10% of the plots have had some yellowing all years, mainly in southern Norway. Yellowing was higher on plots with low pH in humus layer. On the countywise plots yellowing was rather variable during the period.

Beside, 17 plots with intensive monitoring (ICP-forests, level 2) are included in the programme. These plots provide data for deposition, throughfall, soil water, soil, tree crown condition, foliar nutrition and increment. Here we present soil water and foliar data from the

1995 season. There was a tendency of increasing nitrogen, and decreasing calcium and phosphorus concentration in current needles of Norway spruce, with increasing acid deposition. However, this may be attributable to general differences in growing conditions and forest types. Kjeldahl nitrogen ranged from 9.5 to 15 mg/g dry weight, which may be characterized as suboptimal, but still as normal for norwegian conifers. Soil water is sampled weekly by lysimeters at three depths (5, 15 and 40 cm) since 1986. During this period there has been a tendency of increasing concentration of total aluminium, and a decrease of calcium and magnesium. This could be explained by lower content of exchangeable cations in the soil. Temporal changes in the lysimeters themselves over time could also have influenced the results. These trends did not differ between the plots, despite their large differences in acid deposition. Soil water consisted of negligible amounts of nitrogen.

The low tree vitality, and its negative trend over time, are likely related to natural factors, with special regard to climatic conditions. The tendency of increasing nitrogen concentration in the humus layer and in spruce needles with increasing deposition may indicate an effect of long range transported air pollution. Similarly, the tendency of decreasing concentration of magnesium in humus and calcium in needles, may indicate the same. Some studies have demonstrated relatively lower growth rates and crown density in areas of southern Norway with high deposition, but cause effect relationships are not established. On the basis of results from this monitoring programme, the effect of long range transported air pollution is uncertain. However, increasing effects and damage to forests may be expected in future with present loads of deposition. On the basis of results of ozone measurements and given the present critical loads for ozone (AOT40), effects may be expected on forests, but this is not studied within this programme.

# 1. Overvåkingsprogrammene

## 1.1 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.

NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlige nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnett og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet. 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). I 1995 omfattet dette programmet 11 stasjoner fordelt på alle landsdeler. Syv av disse stasjonene inngår i måleprogrammet for EMEP-prosjektet (European Monitoring and Evaluation Programme). I 1985 ble det opprettet et eget "Overvåkingsprogram for skogskader", drevet med midler fra Landbruksdepartementet og Miljøverndepartementet. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er prosjektansvarlig, og NILU utfører luft- og nedbørmålinger for prosjektet. Noen stasjoner i SFTs overvåkingsprogram er tilknyttet skogovervåkingsflater (Birkenes, Gulsvik (Langtjern), Treungen (Fyresdal), Osen, Vikedal (Nedstrand), Kårvatn og Tustervatn). Fra 1987 er midlene til disse målingene tildelt gjennom SFT, og NILUs måledata publiseres i denne rapportserien. I "Program for terrestrisk naturovervåking i Norge" utfører NILU på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning overvåking av nedbørkjemi ved overvåkingfelter i Solhomfjell, Møsvatn, Børgfjell (Namsvatn), Lund (Ualand), Dividalen (Øverbygd) og Gutulia (Valdalen). 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 1995:

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 1995 utført døgnlige ved 9 stasjoner og på ukebasis ved 26 stasjoner. I ukentlige og månedlige nedbørprøver fra 14 stasjoner er konsentrasjonene av sporelementene bly, kadmium og sink bestemt, og for 7 av disse stasjonene også innholdet av arsen, nikkel, kopper, krom og kobolt. Luftprøvetaking av svovel- og nitrogenkomponenter er utført døgnlige eller tre ganger hver uke (2, 2 og 3 døgnprøvetaking) 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 14 stasjoner, inklusive stasjonene Langesund, Klyve og Haukenes, drevet av SFT's 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 overvåkingfelter over hele landet. Disse aktivitetene inngår i programmet "Overvåkingsprogram for skogskader".

### Vannkjemisk overvåking

Den vannkjemiske overvåkingen startet i 1980, og lokalitetene ble valgt ut fra 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, 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 6 feltforskningsområder, to på Sørlandet, ett på Østlandet, ett på Nord-Vestlandet og ett i Finnmark. På disse 6 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 1995 ble det vidre utført en lansomfattende innsjøundersøkelse i 1500 innsjøer over hele landet, som vil danne grunnlag for vidre overvåking av innsjøer.

### Biologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter undersøkelser av krepsdyr (planktoniske og littorale), bunndyr og fiskebestander i innsjøer og bekker, samt ett lakseførende vassdrag (figur 3).

I 1995 ble tre røye- og fire aurebestander i Naustavassdraget (Sogn og Fjordane), en aurebestand i Lesja (Oppland) og en aurebestand i Vikedalsvassdraget (Rogaland) reanalysert ved prøvefiske. De forrige undersøkelsene i disse vassdraga ble foretatt i henholdsvis 1985, 1987 og 1993. I tillegg ble det i 1995 prøvefisket i fem innsjøer i Lierne (Nord-Trøndelag), to andre innsjøer i Lesja kommune (Oppland) og fire innsjøer i Kvennavassdraget (Hordaland og Telemark). 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 prøvefisket med SNSF serier blir det fisket parallelt med begge typer garn. Registreringene av forsureningskader 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.

Ungfiskundersøkelsene i lakseførende elver ble gjennomført i Rødneelva, Rogaland første gang i 1985, og siden i 1987, 1988 og 1991-1995. I 1995 ble det elfisket tre ganger på 12 faste stasjoner i elva, tilsammen 1287 m<sup>2</sup>.

Zooplanktonet, inkludert littorale krepsdyr, samles inn i de samme innsjøene hvor det er gjennomført prøvefiske. I tillegg er det samlet inn prøver fra ytterligere 6 lokaliteter i Kvennavassdraget. De tilsammen 10 lokalitetene i Kvennavassdraget er tidligere overvåket i 1978 og data fra 1978 og 1995 er sammenlignet.

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

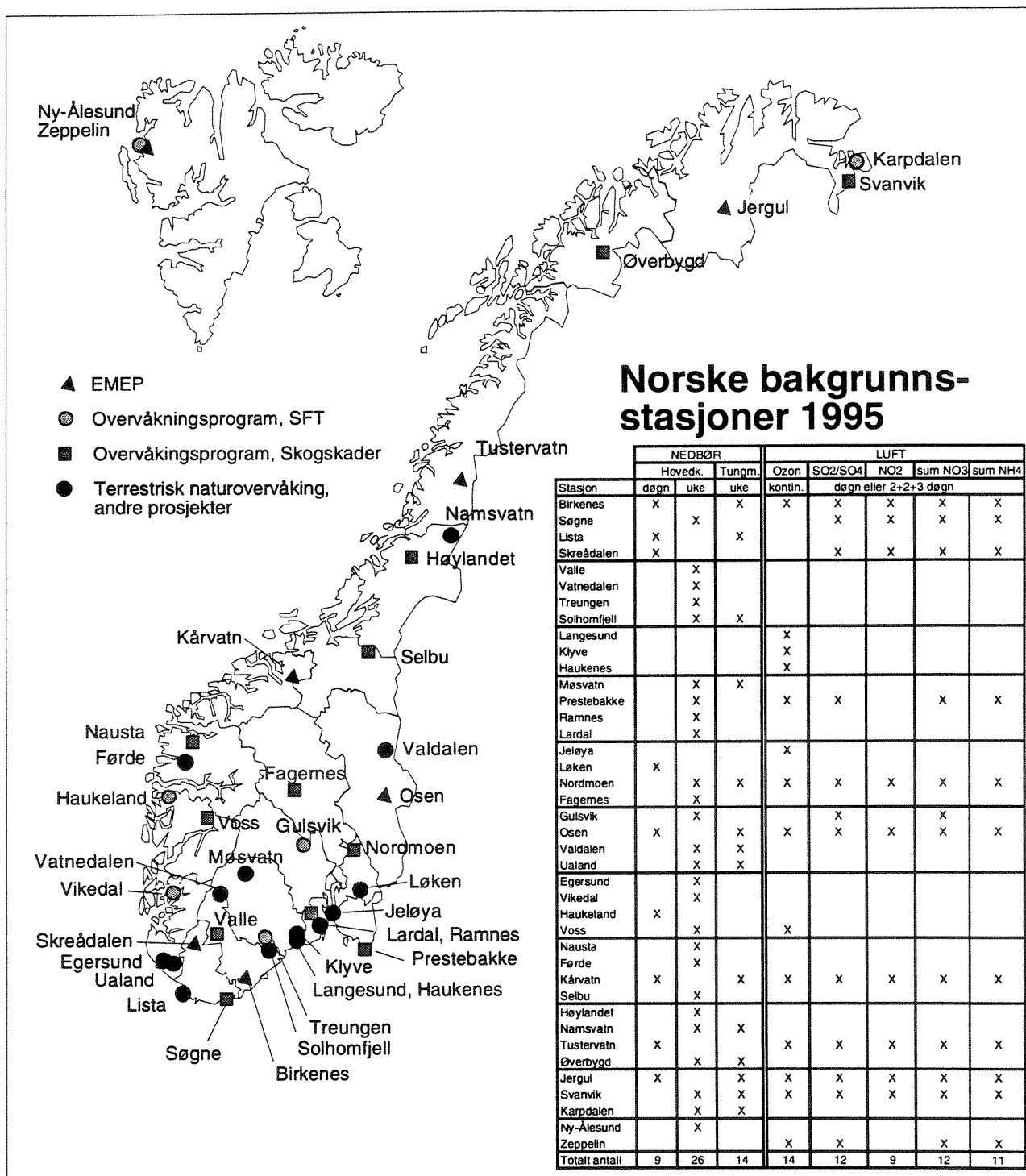
### Skog

Kronetetthet og kronefarge har årlig blitt registrert på ca 900 landsrepresentative flater i et 9x9 km rutenett (ca. 8000 trær). Tilsvarende registreringer utføres på et landsdekkende sett av 750 subjektivt utvalgte fylkesvise flater (ca. 40.000 trær). 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.

Intensive undersøkelser blir foretatt på 17 flater spredt over hele landet. Her rapporteres jordvann og nålekjemi for flatene.

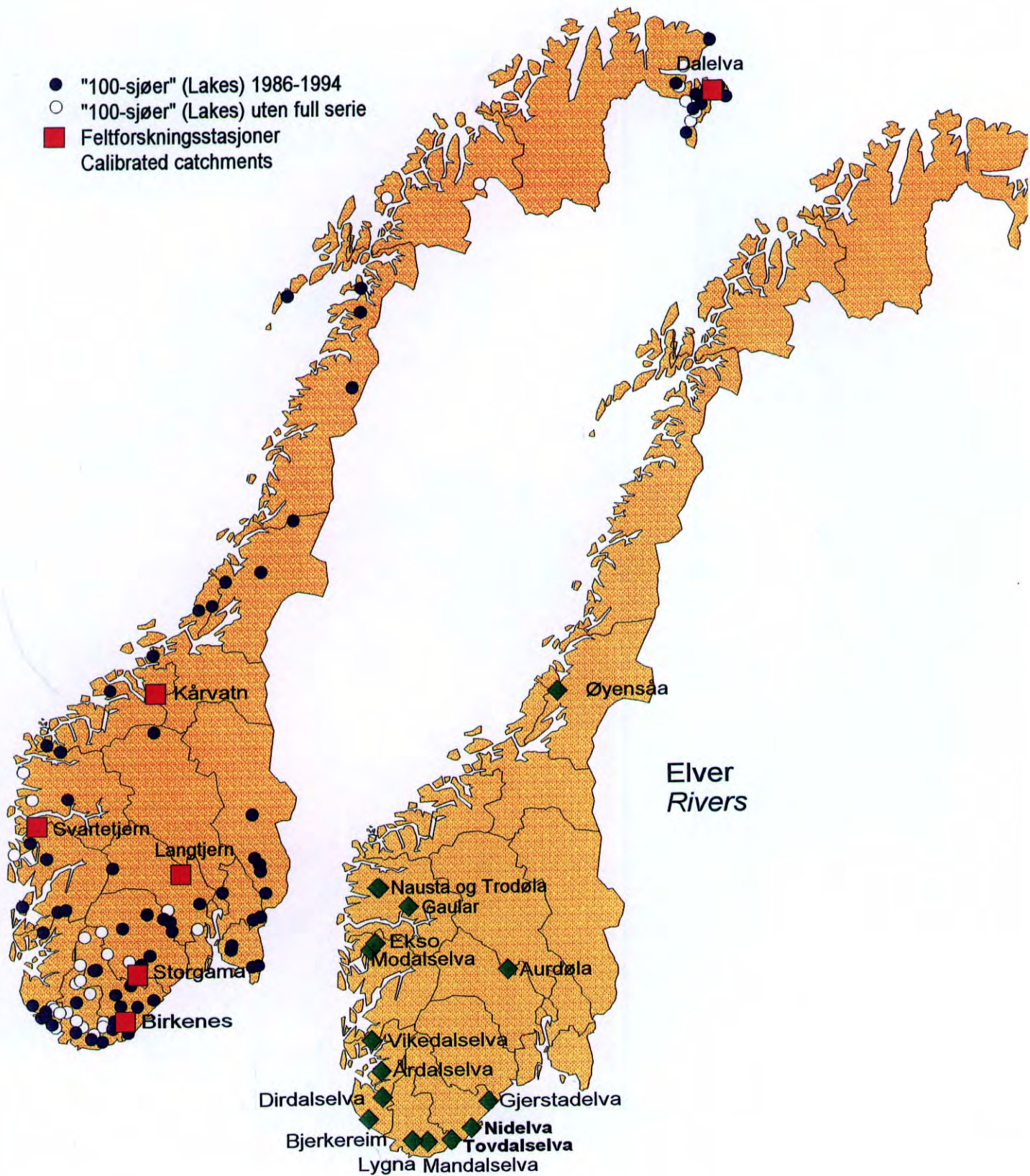
Lokalitetene er vist i figur 4.





**Figur 1.** Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 1995.

**Figure 1.** Norwegian background stations and monitoring programme in 1995



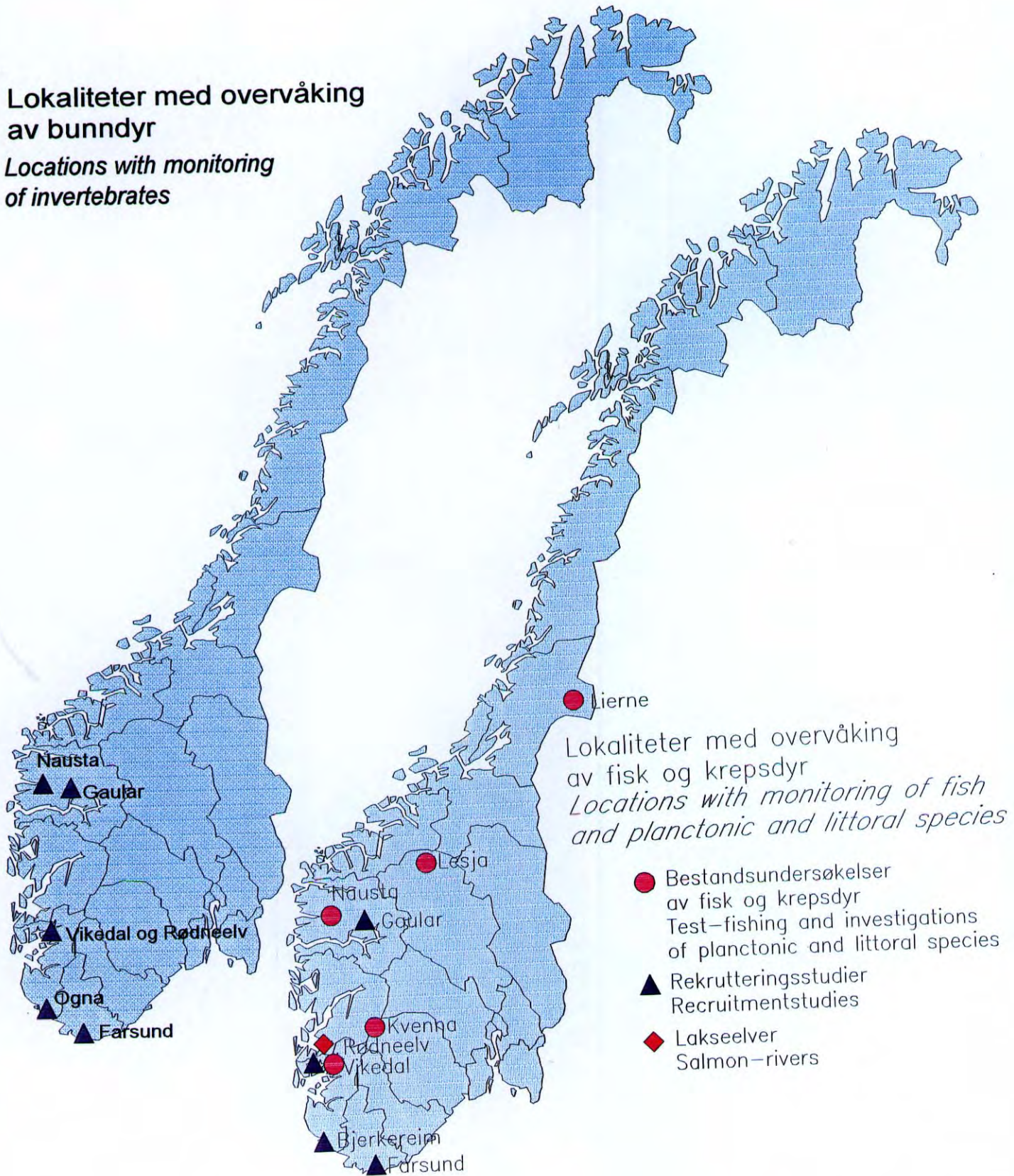
Figur 2.  
 Figure 2.

Lokaliteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 1995.  
 Monitoring network for surface water, 1995.



### Lokaliteter med overvåking av bunndyr

*Locations with monitoring  
of invertebrates*



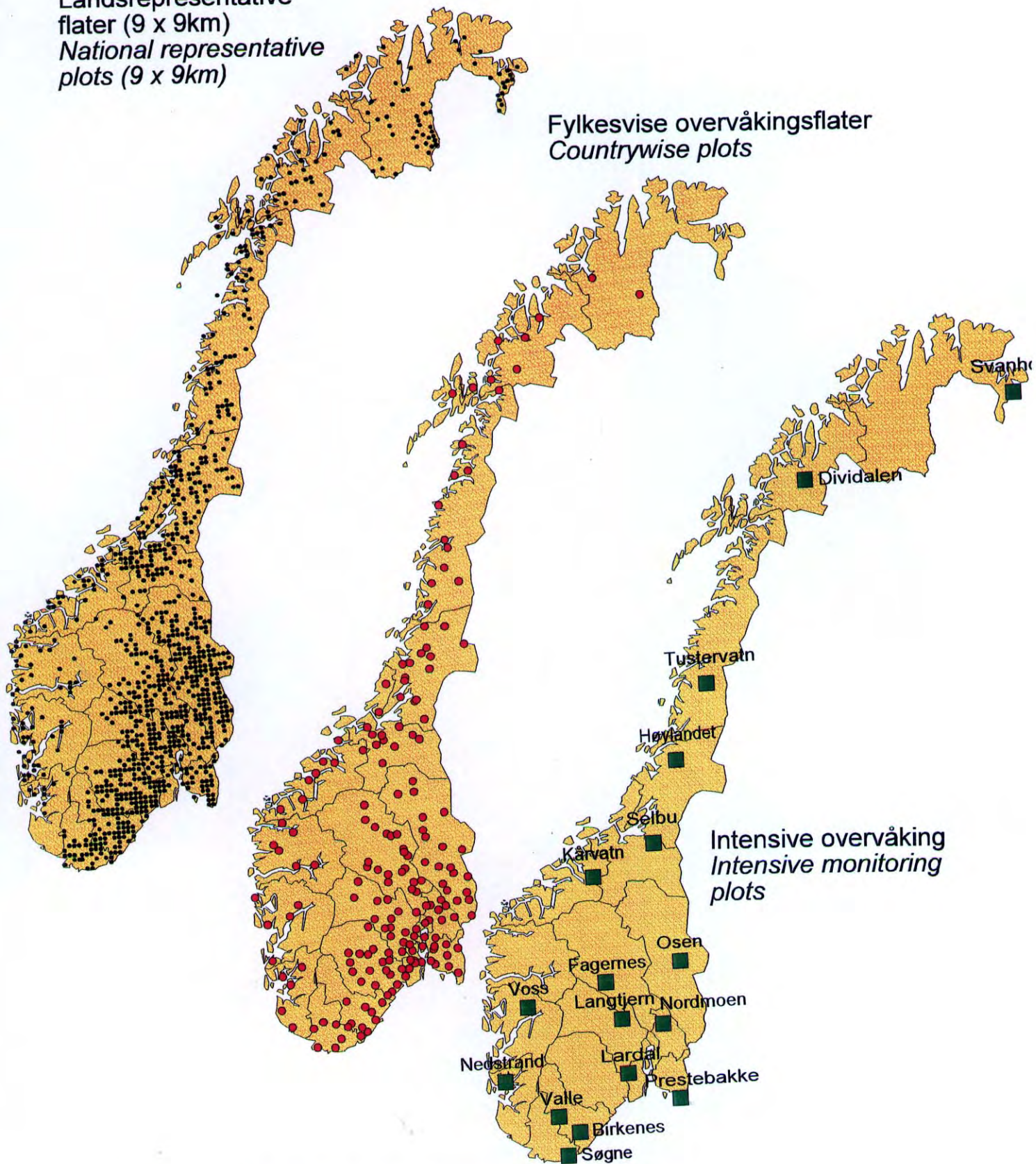
**Figur 3.**  
*Figure 3.*

Lokaliteter som inngår i det vannbiologiske overvåkingsprogrammet i 1995.  
*Catchments with monitoring of zooplankton and invertebrates and fish 1995.*



Landsrepresentative  
flater (9 x 9km)  
*National representative  
plots (9 x 9km)*

Fylkesvise overvåkingsflater  
*Countrywise plots*



Intensive overvåking  
*Intensive monitoring  
plots*

**Figur 4.**  
*Figure 4.*

Lokaliteter som inngår i skogovervåkingsprogrammet 1995.  
*Locations in the forest monitoring programme 1995.*

## 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.

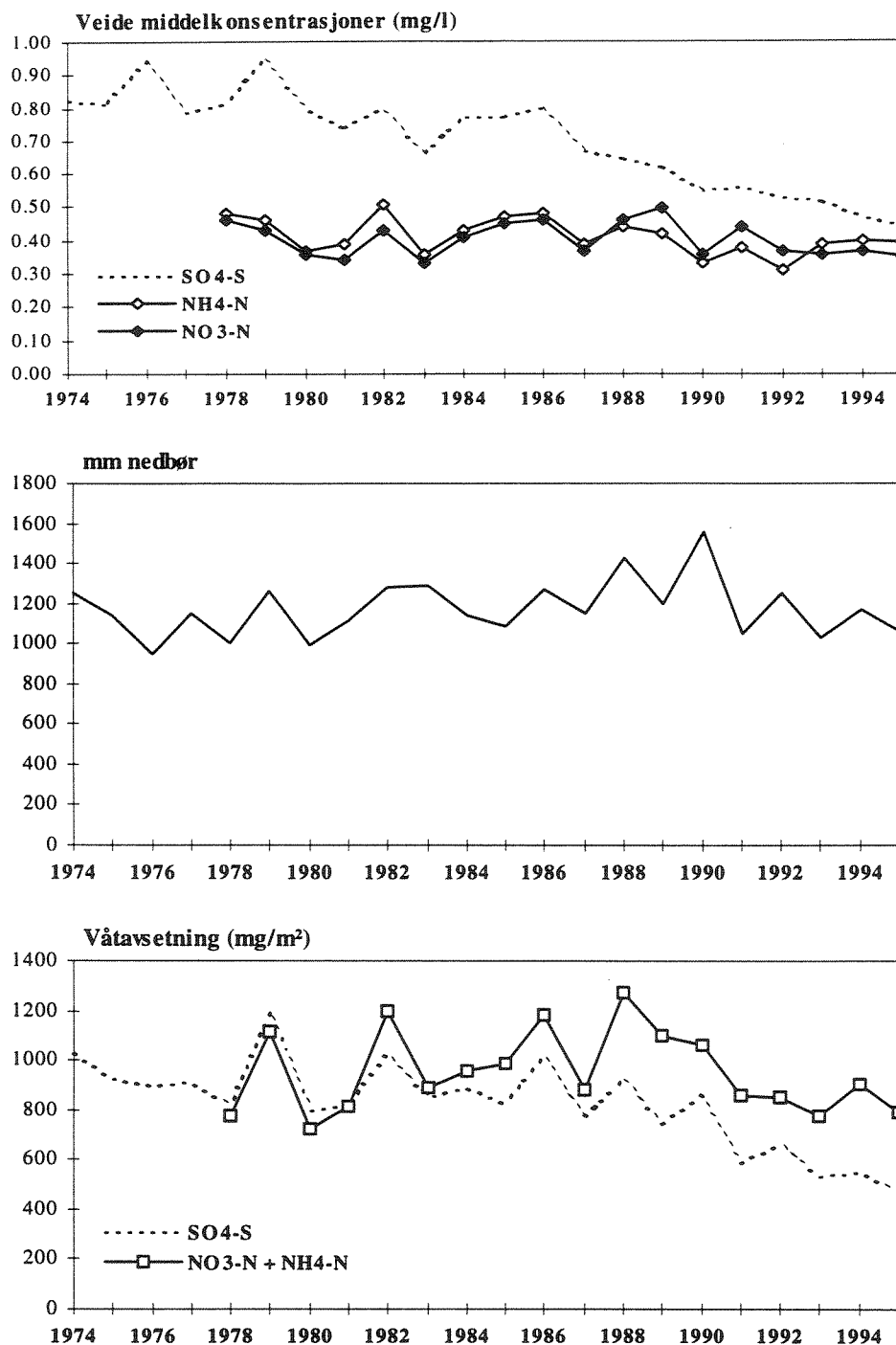
### 2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av sterk syre, svovel- og nitrogenkomponenter i nedbøren var høyest langs kysten på Sørøstlandet og Sørlandet med høyeste verdier ved Ramnes, Lista, Lardal 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, med høyeste verdier ved stasjonen Egersund. Milde

vintre tidlig på 1990-tallet har medført perioder med sterk vestlig vind på Vestlandet og på Sørlandet. Dette har medført episoder med høyt sjøsaltinnhold i nedbøren. Tilførslene av sjøsalter var imidlertid mindre i 1994 og 1995 enn i de foregående årene. Både i Sør- og Nord-Norge var middelkonsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør omtrent på samme lave nivå i 1995 som i 1994. Konsentrasjonene av sulfat i nedbør var i 1995 blant de laveste som er målt for de fleste stasjoner.

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid er konsentrasjonen av sulfat i nedbør redusert med 35-50% i Sør-Norge og 50-60% i Nord-Norge siden 1980. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat og ammonium i nedbør viser ingen markert tendens siden 1980. Våtavsetningen av sulfat har avtatt siden 1980. Våtavsetningen av sulfat i Sør-Norge var i 1995 omtrent på samme nivå som i 1993 ved de fleste stasjoner og mange steder den laveste hittil grunnet lave konsentrasjoner og normale nedbørmengder. Våtavsetningen av nitrogenforbindelser var i 1995 noe lavere eller omtrent på samme nivå som i 1994.

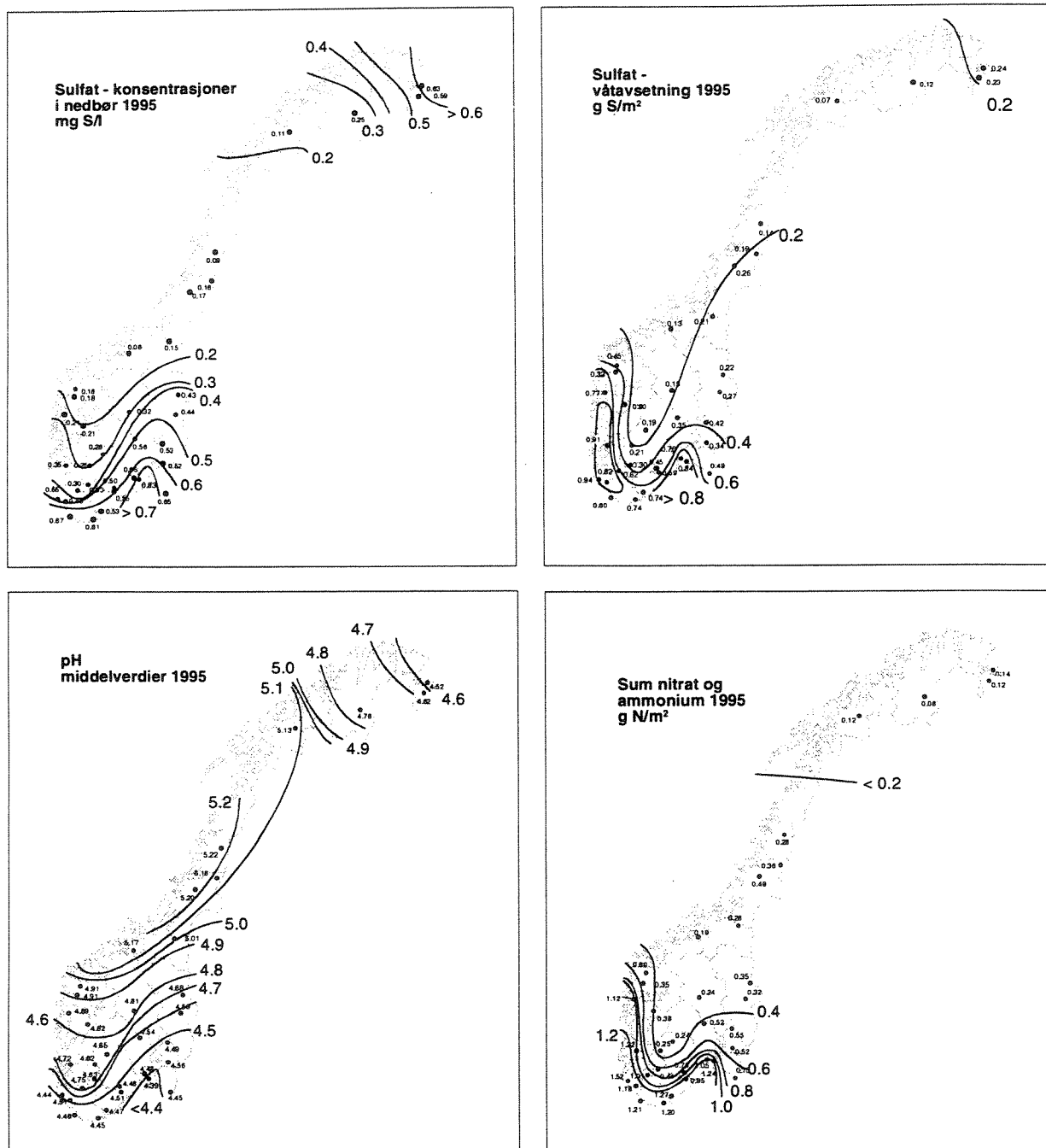
Innholdet av bly, kadmium og sink i nedbør er markert størst i Sør-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonene har avtatt med 60 til 80% siden slutten av 1970-årene. Det ble imidlertid målt et maksimum for innholdet av bly og sink i Sør-Norge i 1988, men deretter har det vært en markert reduksjon. Det høyeste innholdet av arsen, nikkel, kopper og kobolt måles i Sør-Varanger på grunn av utslipp i Russland.



**Figur 5.** Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter 1974-1995 for 7 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik og Løken.

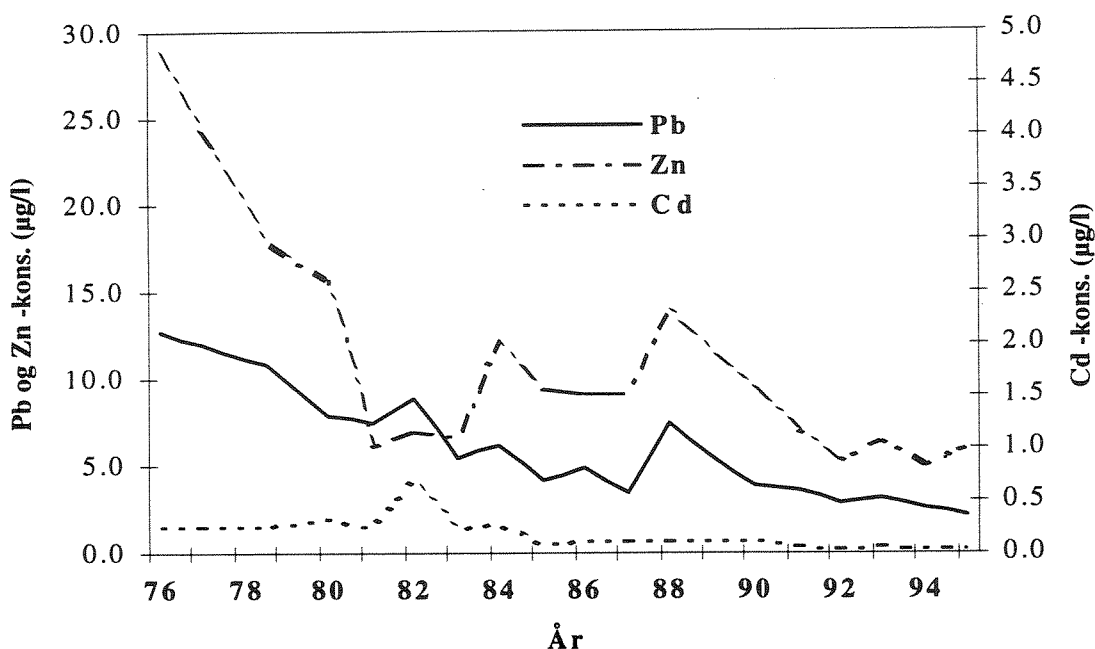
**Figure 5.** Annual weighted mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen based on 7 representative sites in Southern Norway.





**Figur 6.** Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 1995.

**Figure 6.** Annual weighted mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 1995.



**Figur 7.** Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-1995.

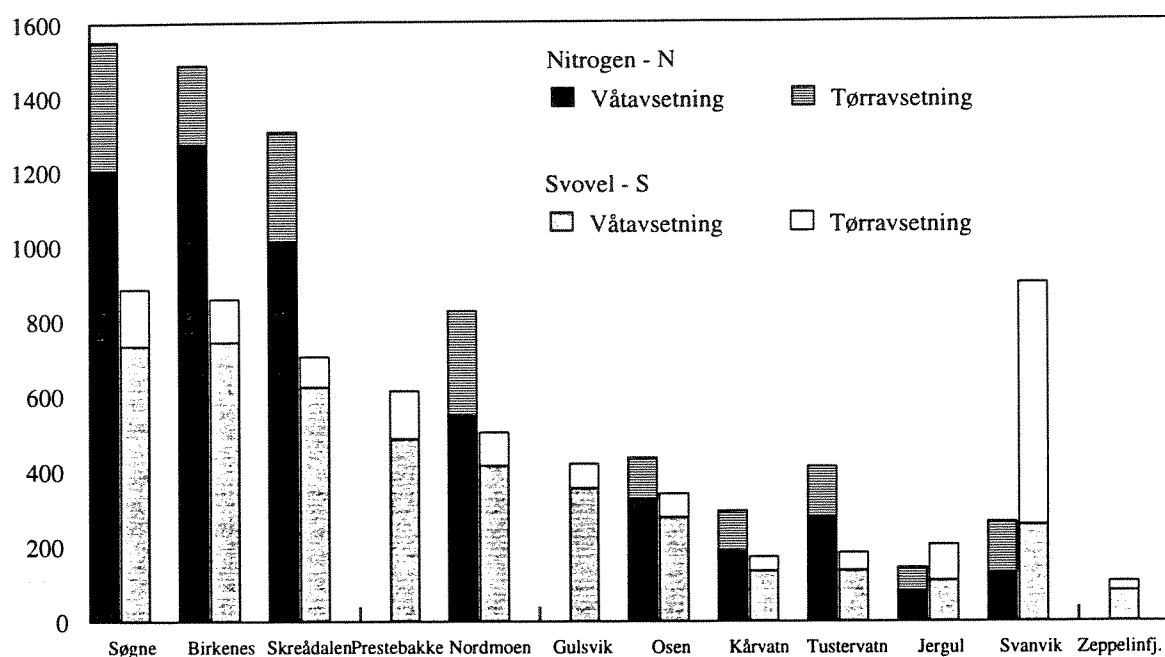
**Figure 7.** Annual weighted mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-1995.

### 2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark. De markert høyeste verdiene av svoveldioksid ble målt i Sør-Varanger på grunn av svovelutslippene på Kola-halvøya. Det var for de fleste målesteder i Sør-Norge en markert nedgang i konsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat sammenlignet med 1994. Innholdet av nitrogendioksid, nitrat+salpetersyre og ammonium+ammoniakk i luft er størst i Sør-Norge. Målingene viser at på en rekke målesteder kan lokale utslipp av ammoniakk ha innvirkning. Søgne utpeker seg med høye årsverdier for alle luftkomponenter, men bidrag fra lokale kilder har betydning, og særlig for ammoniakk. Det høye innholdet av nitrogendioksid ved Nordmoen og Søgne, især midtvinters, antas også delvis å skyldes lokale kilder (biltrafikk).

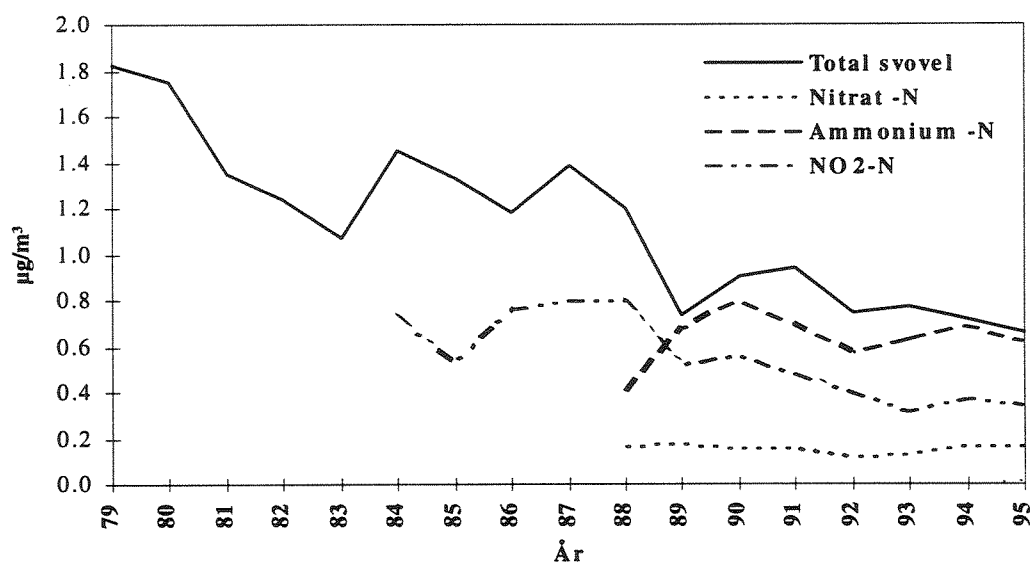
Beregnet tørravsetning av svovel utgjorde i hele landet, unntatt Finnmark, 4-20% av de totale avsetningene om vinteren og 17-31% i vekstsesongen 1995. I Finnmark er tørravsetningsandelen av svovel dominerende med 61-78% av den totale avsetningen om vinteren og 42-70% i vekstsesongen. Dette skyldes høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. Tørravsetningen bidrar for nitrogenforbindelser relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

Luftens innhold av sulfat har avtatt med 40-60% fra 1980 til 1995. For svoveldioksid har reduksjonen vært 58-85% i Sør-Norge og over 65% i Nordland og Finnmark. Ved Ny-Ålesund har konsentrasjonene av sulfat og svoveldioksid i luft avtatt med hhv. 58 og 50%. Det har ikke vært noen klar tendens i luftens innhold av nitrogendioksid, sum nitrat + salpetersyre og sum ammonium + ammoniakk siden disse målingene startet i 1984



**Figur 8.** Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 1995.

**Figure 8.** Estimated total deposition (dry deposition plus wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background sites, 1995.



**Figur 9.** Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2 + \text{SO}_4^-$ ), oksidert nitrogen ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$ ), redusert nitrogen ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$ ) og  $\text{NO}_2$  på norske EMEP-stasjoner (se figur 1).

**Figure 9.** 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 middelværdi over 7 timer kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet på alle målestedene unntatt Svanvik, med de største overskridelsene i de sørlige delene av landet. Det var i 1995 færre "episodedøgn" (15 døgn) enn gjennomsnittlig de siste 10 åra (18,9 døgn). Med episodedøgn menes døgn med maksimal timemiddelværdi 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 timemiddelværdi var  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Birkenes, 5. mai 1995 kl. 10). Det ble målt timemiddelværdier over  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på to steder (Haukenes og Birkenes). Ingen målesteder hadde timemiddelværdier 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 timemiddelværdi	
	Timer	Døgn	h	d	h	d	h	d	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Dato
Prestebakke	8655	365	167	25					134	95-05-05
Jeløya	8729	365	278	46					148	95-07-31
Nordmoen	8608	360	37	10					122	95-07-14
Osen	8757	365	177	34					144	95-08-13
Langesund	8359	357	113	22					138	95-05-05
Klyve	8387	354	127	21					141	95-07-31
Haukenes	4466	191	147	25	3	1			155	95-08-22
Birkenes	7952	340	199	27	2	1			160	95-05-05
Voss	8673	363	206	22					142	95-08-22
Kårvatn	8469	361	123	22					136	95-05-25
Tustervatn	8131	345	37	8					120	95-05-03
Jergul	8739	365							98	95-04-18
Svanvik	8702	365							90	95-04-17, 95-05-20
Zeppelinfjellet	8722	365							94	95-06-01
Sum datoer		365		71		2				

**Tabell 1.** Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelværdier av ozon større enn 100, 150 og 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1995.

**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 1995.

### 3. Vannkjemisk overvåking

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 1995 ble 16 elver overvåket.

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. I 1995 var det igjen 73 innsjøer som hadde sammenliknbare data for alle år fra og med 1986. For 12 av innsjøene på Sørlandet finnes det også data fra 1974.

Overvåkingsundersøkelser foregår i seks feltforskningsområder for å gi et detaljert bilde av vannkemiske forhold i små nedbørfelt. De seks feltene er: Birkenes og Storgama på Sørlandet, Langtjern på Østlandet, Kårvatn på Nordvestlandet, Dalelv i Finnmark og Svartetjernet i Hordaland. Svartetjernet ble opprettet juli 1994. 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.

I feltforskningsområdene måles tilført mengde forurensninger fra atmosfæren via nedbør og tørravsetninger, og transporten av stoffer ut av nedbørfeltet. På den måten kan en beregne om og hvor mye av de tilførte stoffene som holdes igjen i jorda, og hvilke stoffer og hvor mye av disse som utløses av nedbøren når den passerer nedbørfeltet.

Målet for overvåking av vann og vassdrag er å registrere eventuelle endringer i forsuringsforhold over tid.

#### 3.1 Tidsutvikling i 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. Den prosentvise nedgangen i ikke-marin sulfat for elver og feltforskningsstasjoner er beregnet ved lineær regresjon og viser en klar nedgang i ikke-marin sulfat på mellom 30-45% i perioden 1980-1995 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 1980-1995. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles imidlertid i de områdene av Norge der nitrogen deponisjonen er høyest.

#### 3.2 Overvåkingselvene

Resultatene for elvene presenteres som et gjennomsnitt av et antall elver i en region etter tabellen til under:

	Navn	Tidsperiode for overvåking
<b>Sørlandselver</b>	Gjerstadelva	80-95
	Nidelva	80-95
	Tovdalselva	80-95
	Mandalselva	80-95
<b>Kalket</b>	Lygna	80-95
<b>Sørvestlandet</b>	Bjerkreimselva	80-95
	Dirdalselva	80-95
	Årdalselva	80-95
Ufullst. dataserie	Vikedalselva	82-83, 86-95
Ufullst. dataserie	Trodøla	84-95
<b>Vestlandet</b>	Nausta	80-95
	Ekso	80-95
	Moelva	80-95
Ufullst. dataserie	Gaula	86-95
<b>Midt-Norge</b>	Øyensåa	80-82, 86-95
<b>Østlandet</b>	Aurdøla	86-95

				Beregnet kons. av ikke-marine SO <sub>4</sub> (µekv/l) i:		% endring fra 1980-1995		
				1980	1995			
	n	r						
Østlandet			Langtjern utløp	708	-0.44	71	50	30
			Langtjern innløp	687	-0.45	79	47	41
Sørlandet			Birkenes	721	-0.55	132	78	40
			Storgama	793	-0.45	81	49	41
	3	1	Gjerstadelva	318	-0.68	110	75	32
	5	1	Nidelva	240	-0.58	82	56	32
	7	1	Tovdalselva	217	-0.73	86	54	37
	11	1	Mandalselva	340	-0.63	63	38	40
Sørvestlandet	13	1	Lygna	224	-0.59	72	46	36
	19	1	Bjerkreimselva	309	-0.67	51	35	32
	23	1	Dirdalselva	236	-0.43	41	27	35
	26	1	Årdalselva	318	-0.49	35	23	35
Vestlandet	32	9	Vikedalselva	208	-0.61	43	29	32
	34	1	Nausta	334	-0.43	24	15	36
	45	1	Ekso	270	-0.50	34	19	44
	46	1	Moelva	280	-0.53	26	16	43
Midt-Norge	57	3	Gaula	243	-0.38	27	15	45
	77	2	Kårvatn	761	-0.26	16	11	31
			Øyensåa	208	-0.43	19	9	54

**Tabell 2.** Endring i ikke-marine sulfat for overvåkingselver og feltforskningsstasjoner for perioden 1980-1995. n- antall observasjoner, r-korrelasjonskoeffisienten. Den prosentvise endringen er i forhold til beregnet 1980-nivå.

*Table 2.* Changes in non-marine sulphate from monitoring rivers and calibrated catchments for the period 1980-1995. n-number of observations, r-correlation coefficient. The change in % is calculated relatively to 1980-level.

Fra og med 1985 viser sulfatkonsentrasjonene en klar tendens til nedgang i alle overvåkingselvene. Nedgangen i sulfat har de fire siste årene resultert i en økning i ANC (syre nøytraliserende kapasitet) (figur 10) og økning i pH (figur 11). Elvene på Sørvestlandet, Vestlandet og Midt-Norge er sterkt påvirket av episoder med høyt innhold av sjøsalter og ANC har variert mye i måleperioden, men også her er ANC-verdien jevnt stigende, selvom den i 1995 er noe lavere enn i 1994. Fra 1990 viser alle elvene en klar nedgang i labilt (uorganisk) aluminium (figur 12), 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. Sørlandselvene har de høyeste konsentrasjonene av labilt aluminium som under gitte forutsetninger kan være giftig for fisk. Fra 1988 til 1995 har konsentrasjonen av labilt aluminium gått fra 130 µg/l til 61 µg/l, og alle elvene har de laveste konsentrasjonene av labilt aluminium som er registrert i måleperioden.

Kalkings-aktiviteter foregår i 11 av overvåkingselvenes nedbørfelt. Lygna ble totalkalket 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.



### 3.3 "100-sjøer"

Til tross for store variasjoner i årlige nedbørmengder og i nedbørmønster viser dataene fra de årlige prøvetakingene generelt god overensstemmelse med dataene fra 1986. 100-sjøers dataene bekrefter det regionale bildet og konsentrasjonsnivåene i innsjøene. 100-sjøene er presentert som gjennomsnitt av et antall sjøer i en landsdel etter følgende tabell:

"Region"	Kommenenr.	Antall sjøer
Østlandet	100-699	18
Sørlandet	800-1099	22
Vestlandet	1100-1499	14
Midt-Norge	1500-1799	8
Nord-Norge	1800-2099	16

Lavest pH 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 alle sjøene viser nedgang i sulfat og en økning i ANC (figur 10) og pH (figur 11) de siste 5-7 årene. Denne tendensen er mest markert på Østlandet, men også tydelig på Sørlandet og midt- og nord-Norge. Sjøene på Vestlandet viser markert nedgang i ANC fra 1994 til 1995, og hele perioden 1986 til 1995 sett under ett viser ingen trender i ANC. pH viser klart økende trender i alle deler av landet. Labilt aluminium viser en radikal nedgang for både Sørlandet og Vestlandet i 1994 og 1995 mens Østlandet viser en mer jevn nedgang i labilt aluminium fra 1990 (figur 12). Selv midt- og nord-Norge som i utgangspunktet har veldig lave konsentrasjoner av labilt aluminium viser nedgang.

En av de viktigste resultatene fra "1000-sjøers undersøkelsen 1986" var fordoblingen av nitratkonsentrasjonene i innsjøene på Sørlandet. Nitratkonsentrasjonene er fortsatt på et høyt nivå i forhold til 1974-75. Etter et spesielt høyt nitratnivå i 1989 og et lavere nivå i 1990 er

nitratkonsentrasjonene nå på samme nivå som i 1986.

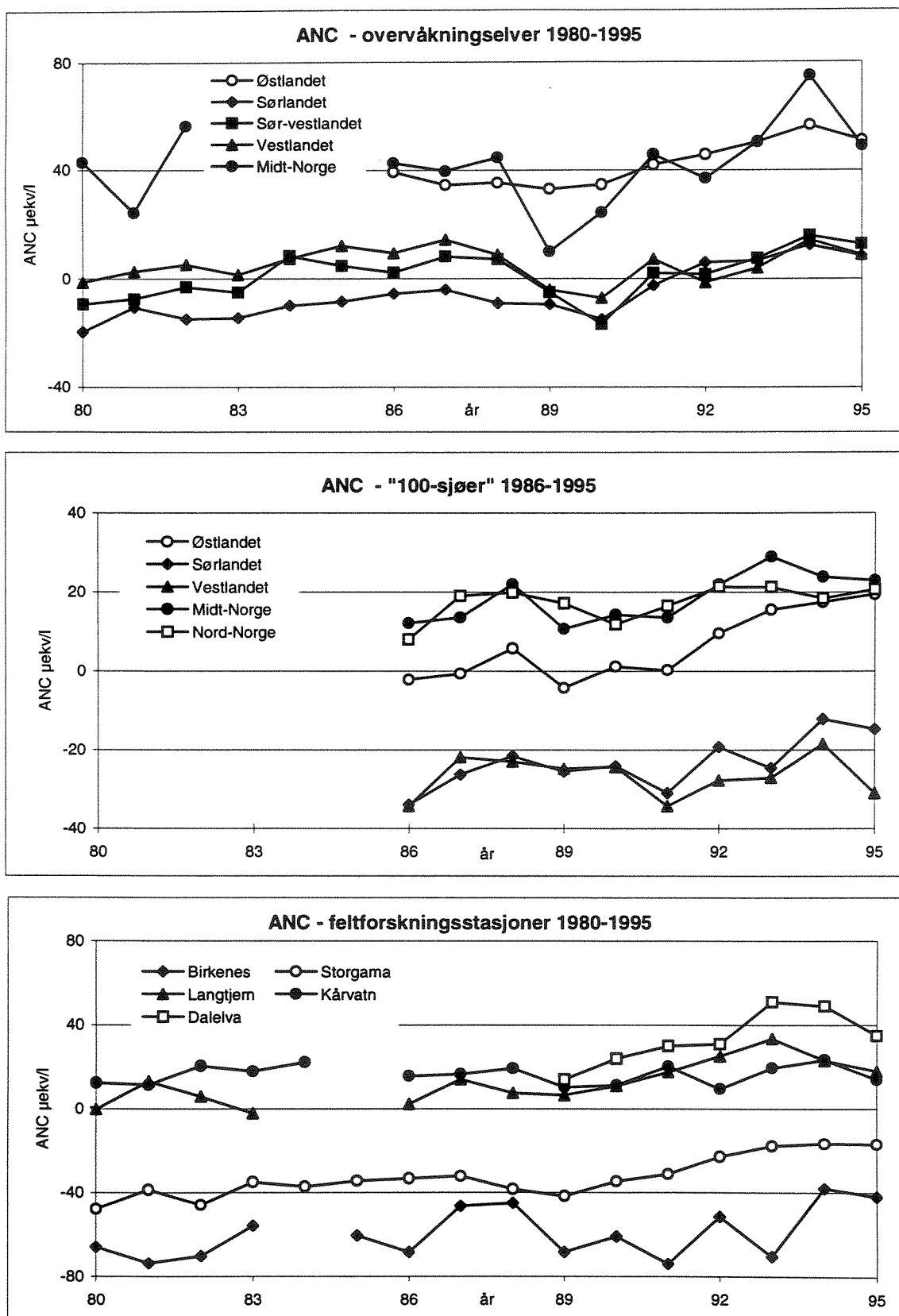
### 3.4 Feltforskningsstasjonene

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,  $H^+$  nøytraliseres (forbrukes) og kalsium, magnesium, og tildels  $HCO_3^-$  (Kårvatn) frigjøres i feltene ved forvitring, og aluminium ved ionebytte. Birkenes har størst ionetransport og er mest påvirket av sjøsalter og sulfat. Det er samtidig det feltet som frigjør mest aluminium og minst basekationer. Dette viser at Birkenes er mest utarmet på grunn av påvirkning av sur nedbør. Deretter kommer Storgama og Langtjern, mens Kårvatn er lite påvirket av sur nedbør, og forbruker all tilført  $H^+$  og frigjør bikarbonat.

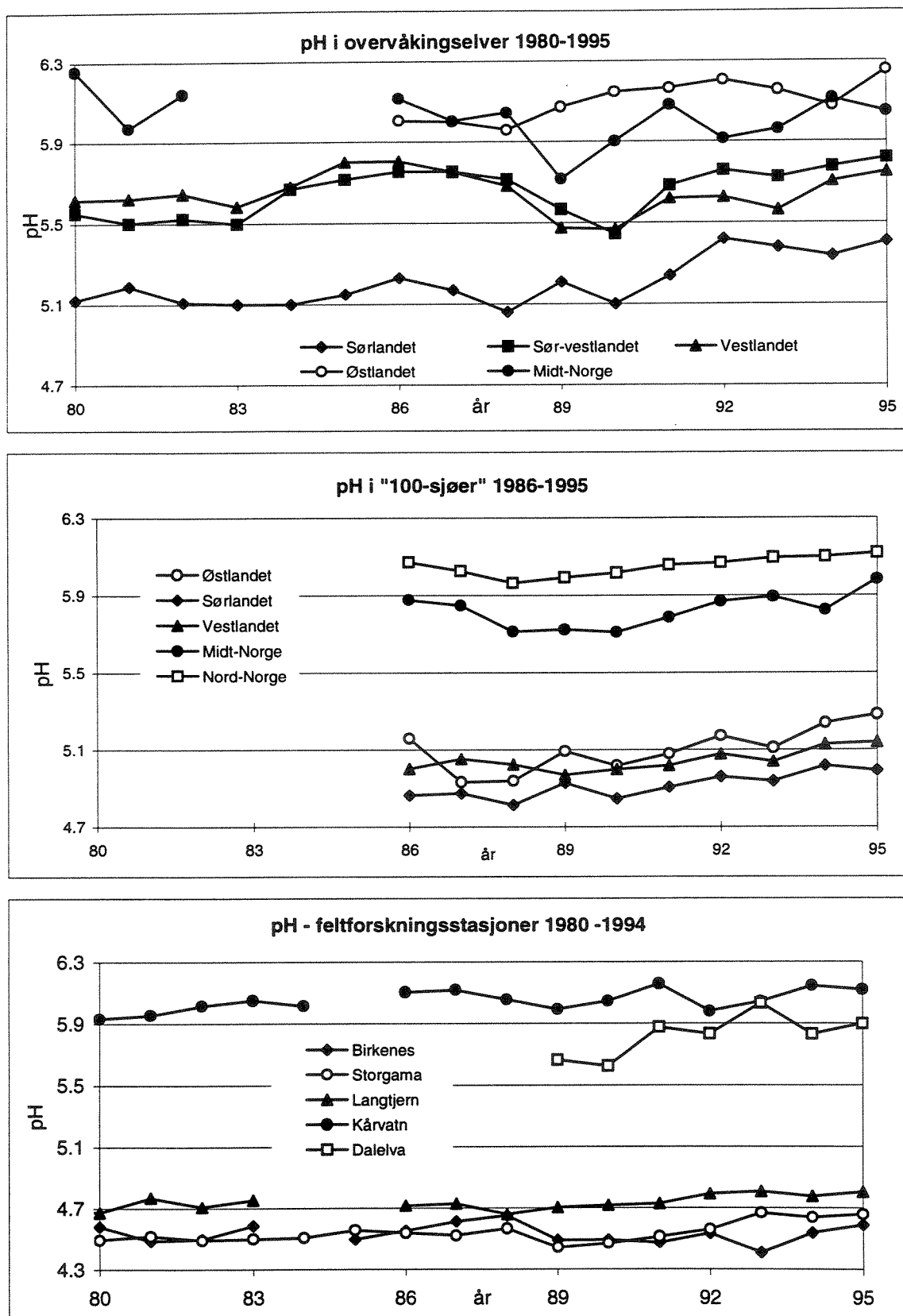
Hydrologien i Birkenes, Storgama og Langtjern var i 1995 preget av en normal vinter med en markert vårmelting og deretter en tørr sommer. Kjemien i avrenningsvannet er preget av dette mønsteret, med lave pH-verdier og kalsiumkonsentrasjoner under vårmeltingen, og økende pH og kalsium utover sommeren. Sulfat har lave verdier under tørken om sommeren, men øker kraftig gjennom de første perioden med avrenning etter dette.

Alle feltene viser klar nedgang i sulfat i perioden 1980-1995. I perioden 1980-1995 viser Storgama og Langtjern en økning i ANC, og samtidig en økning i pH og nedgang i labilt aluminium. I Birkenes har ANC variert endel i måleperioden, som følge av sjøsaltepisoder, men verdien for 1994 og 1995 er de høyeste som er registrert så langt (figur 10). Birkenes viser heller ingen endringer i pH. Birkenes har de høyeste verdiene av labilt aluminium (ca 300  $\mu g/l$ ), mens de andre stasjonene ligger under 50  $\mu g/l$ . Birkenes viser heller ingen nedgang i labilt aluminium.

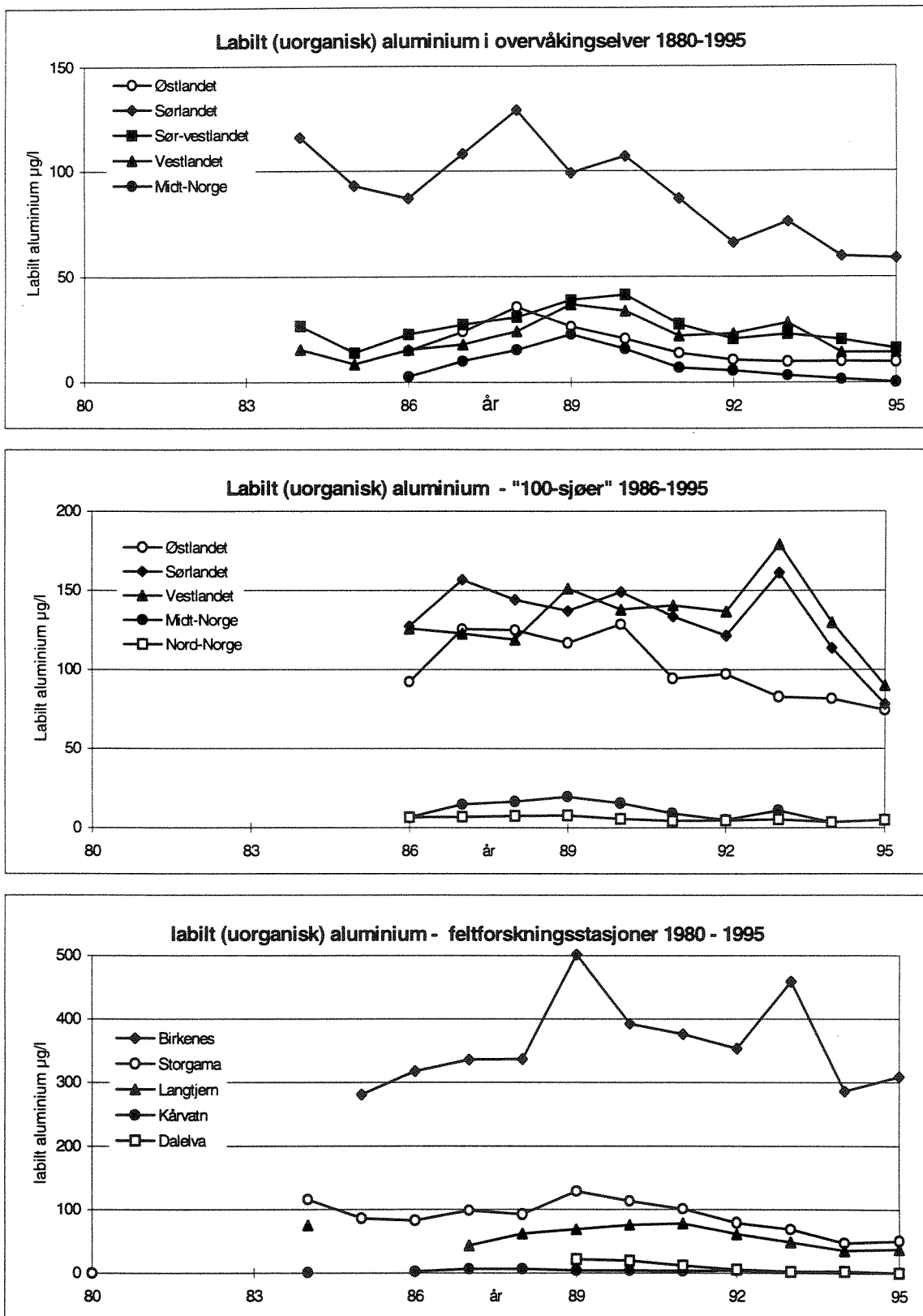
Det er ingen trender i nitrat i noen av feltforskningsstasjonene. Det er høyest nitratnivå i Birkenes og Storgama som er de to feltene som ligger i områder med høyest nitrogen-deposisjon.



**Figur 10.** ANC (syren. kapasitet) i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1994.  
**Figure 10.** ANC (Acid neutralizing capacity) in rivers, lakes and calibrated catchments 1980-1995.



**Figur 11.** pH i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1995.  
**Figure 11.** pH in rivers, lake and calibrated catchments 1980-1995.



**Figur 12.** Labilt aluminium i overvåkingselver, "100-sjøer" og feltforskningsstasjoner 1980-1995.  
**Figure 12.** Labile aluminium in rivers, lakes and calibrated catchments 1980-1995.

## 4. Vannbiologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:

- undersøkelser av fiskebestander i innsjøer og bekker, og ett lakseførende vassdrag,
- undersøkelser av krepsdyr (planktoniske og litorale)
- regionale bunndyrundersøkelser.

### 4.1 Fisk

Hensikten med kartlegging av fiskestatus i innsjøer er å dokumentere:

- (i) det totale skadeomfanget i form av antall skadede og tapte bestander for ulike fiskearter,
- (ii) hvor stort areal som er berørt,
- (iii) geografisk fordeling av skadede områder,
- (iv) angi eventuelle endringer i skadegraden for ulike fiskearter.

Opplysninger om bestandsstatus blir samlet inn ved å intervju enkeltpersoner med god lokalkunnskap om fiskeforholdene. Innen hvert fylke blir det samlet inn opplysninger om hver art i et flertall av innsjøer over ca. 50 dekar. Nåværende status blir vurdert som enten uendret, redusert eller tapt. Bestander som er naturlig tynne blir slått sammen med uendrede bestander. Naturlig tynne bestander kan blant annet skyldes konkurranse fra andre fiskearter, dårlig gyteforhold etc. For bestander med endringer i status blir det også spurt om når dette skjedde (ti-års perioder).

De første omfattende kartleggingene av forursagsskade på fiskebestander i Norge ble gjort på 1970-tallet. Dataene er senere oppdatert hvert 10-år. I denne undersøkelsen er det fra databasen gjort et tilfeldig utvalg av innsjøer i hvert fylke. Det er totalt valgt ut henholdsvis 5642, 1008 og 2029 bestander av aure, røye og abbor fordelt på uendret,

reduserte eller tapte bestander. Agderfylkene og Rogaland har det største antallet av reduserte eller tapte bestander av aure og røye. Av abborbestandene er antall tapte og reduserte bestander størst i Østfold og Akershus, i tillegg til Agderfylkene. I fylkene fra og med Møre og Romsdal og nord til Finnmark er det ikke registrert noen reduserte eller tapte bestander av noen av disse artene, bortsett fra et mindre antall i Finnmark.

#### 4.1.1 Bestandsundersøkelser i innsjøer

Undersøkelsen har i de siste åra vesentlig vært foretatt i innsjøer valgt ut blant 100-sjøers lokalitetene. I perioden 1987-92 ble det prøvofisket i 86 av disse innsjøene. Prøvofiske er gjennomført med SNSF garnserier og med Nordisk oversiktsgarn. En SNSF serie består av 8 enkeltgarn som er 27 x 1.5 meter med maskevidder fra 10-45 mm. Oversiktsgarna er 30 m lange og 1.5 m dype og ett garn består av 12 ulike maskevidder fra 5-55 mm. Hensikten med disse undersøkelsene er å:

- (i) Studere virkningen av forureningen på ulike fiskearter og fiskesamfunn med hensyn til fangst pr. innsats, aldersfordeling, ernæring og vekst.
- (ii) Teste hvilke vannkvaliteter som er kritiske for ulike fiskearter ved å relatere fangstutbytte og ulike vannkjemiske parametre.
- (iii) Teste holdbarheten av opplysninger om fiskestatus (uendret, redusert og tapt) oppgitt ved intervju-undersøkelser.

Resultatene hittil viser at forekomsten av innsjølevende aure er best korrelert til pH og labilt (uorganisk) aluminium. Rekrutteringsvikt synes å være den vanligste årsaken til bestandsreduksjoner hos aure i forursingsområder.

Lokalitet		Nordisk oversiktsgarn						SNSF				Vannkvalitet		
		Aure		Røye		Lake		Aure		Røye		pH	Ca mg/l	Al <sub>i</sub> µg/l
Nr.	Vatn	CPUE	N	CPUE	N	CPUE	N	CPUE	N	CPUE	N			
1	Holmtjern 496					0.6	3					5.93	0.39	<10
2	Holmtjern 497	7.0	19			0.4	1					5.99	0.38	<10
3	Holmtjern 499	4.8	13									5.90	0.38	<10
4	Holmtjern 500	24.7	89									6.21	0.45	<10
5	Holmtjern 503	13.3	36									6.31	0.66	<10
6	Vonavatn	1.5	8	34.1	184			1.1	7	47.4	307	5.60	0.27	<10
7	Y. Langvatn	2.2	18					7.7	25			5.22	0.30	15
8	S. Gotdalsvatn			44.2	159			0.6	2	25.9	84	5.63	0.22	<10
9	N. Gotdalsvatn	1.2	8	22.7	153			4.3	14	34.9	113	5.55	0.30	<10
10	Svånåvatn	6.9	31									5.59	0.23	13
11	Fisketjern	49.7	179									5.65	0.22	17
12	Svartdalsvatn	4.4	47					10.6	69					
15	Vesle Meinsvatn	1.1	6									6.05	0.46	<10
16	Urdevatn	3.4	17									6.00	0.44	<10
18	Dargesjá	10.4	56									6.30	0.67	<10
19	Kringlesjá	0.9	5									6.31	0.64	<10
24	Røyrvatn	7.6	55	0.1	1			22.2	72			5.33	0.38-0.43	15-21

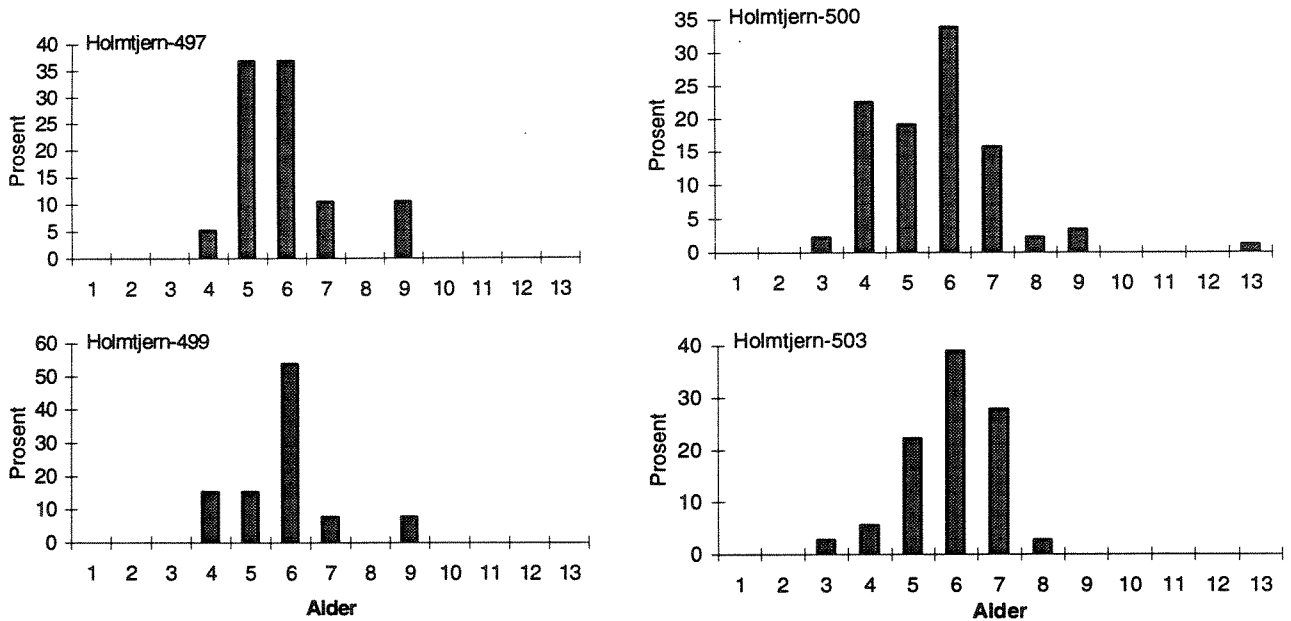
**Tabell 3.** Fangstutbyttet av aure, røye og lake (CPUE= antall individer pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal) på Nordisk oversiktsgarn og SNSF garnserier, samt pH, kalsium (Ca) og labilt aluminium (Al<sub>i</sub>) fra 17 lokaliteter. N= antall fisk.

**Table 3.** Catch per unit effort of brown trout, Arctic charr and burbot (CPUE= number of fish per 100 m<sup>2</sup> net area) on bottom gill nets, and pH and concentrations of Ca and Al (Al<sub>i</sub>) at 17 different localities. N= number of fish.

Variasjoner i pH og konsentrasjonen av kalsium og labilt aluminium i Naustavassdraget var henholdsvis 5,2-5,6, 0,22-0,30 mg/l og <10-15 µg/l. I Røyrvatn i Vikedalsvassdraget var pH på 5,3 i både utløps- og innløpselva, mens kalsium ble målt til henholdsvis 0,38 og 0,43 mg/l. Labilt aluminium var 21 µg/l i utløpselva og 15 µg/l i innløpet av Røyrvatn. I Lierne ble de samme parametrene målt til henholdsvis 5,9-6,3, 0,31-0,66 mg/l og < 10 µg/l, mens i de tre innsjøene i Lesja ble de målt til 5,6-5,7, 0,22-0,23 mg/l og 13-17 µg/l. I Kvennavassdraget ble de målt til henholdsvis 6,0-6,6, 0,44-0,67 mg/l og < 10 µg/l.

I Lierne ble det fisket med Nordisk oversiktsgarn i fem innsjøer, henholdsvis Holmtjern 496, 497, 499, 500 og 503. Det ble fanget både aure og lake i ett av disse vatna, mens det i Holmtjern 496 bare ble tatt lake. Fangstutbyttet av aure varierte fra 4.8-24.7 fisk pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (tabell 1). Det var små variasjoner i alderssammensetningen hos de forskjellige aurebestandene i Holmtjernene (497, 499-503). De fleste individene som ble fanget var 4-8 år gamle, og med en dominans av 6-åring i alle vatna (figur 13).



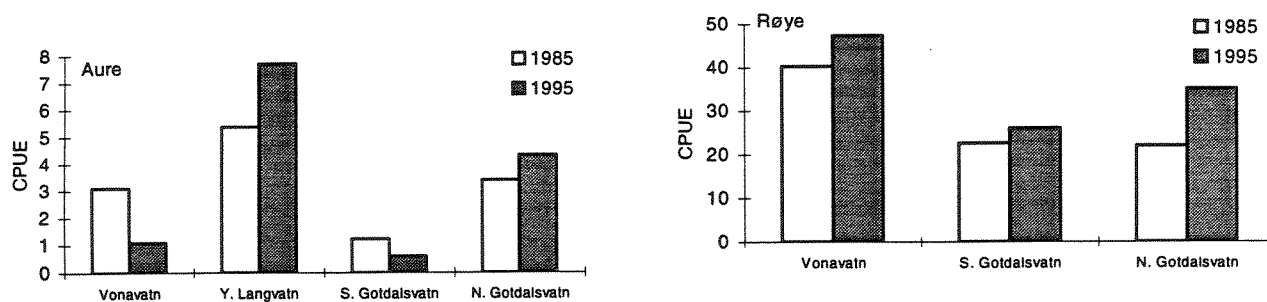


**Figur 13.** Aldersfordeling hos aure i fire innsjøer i Lierne (Nord-Trøndelag) i 1995.  
**Figure 13.** Age-frequency distribution of brown trout in four lakes in Lierne catchment area (in Nord-Trøndelag county) in 1995.

I Naustavassdraget ble følgende innsjøer prøvefisket: Vonavatn, Ytre Langvatn og Søndre og Nordre Goddalsvatn. I Ytre Langvatn er det bare aure, mens det er både aure og røye i de tre andre vatna. I Vonavatn og Søndre Goddalsvatn var fangstutbyttet av aure på SNSF serier lavere i 1995 enn 10 år tidligere, mens bestanden av røye synes å ha økt og tettheten er svært stor (figur 14). I Nordre Goddalsvatn var fangstutbyttet av både aure og røye større i 1995 enn i 1985. Fangstene av aure i Ytre Langvatn var også høyere i 1995 enn i 1985. Vannkvaliteten har endret seg lite fra midten av 1970-åra, og vannkvaliteten synes å være relativt god i store

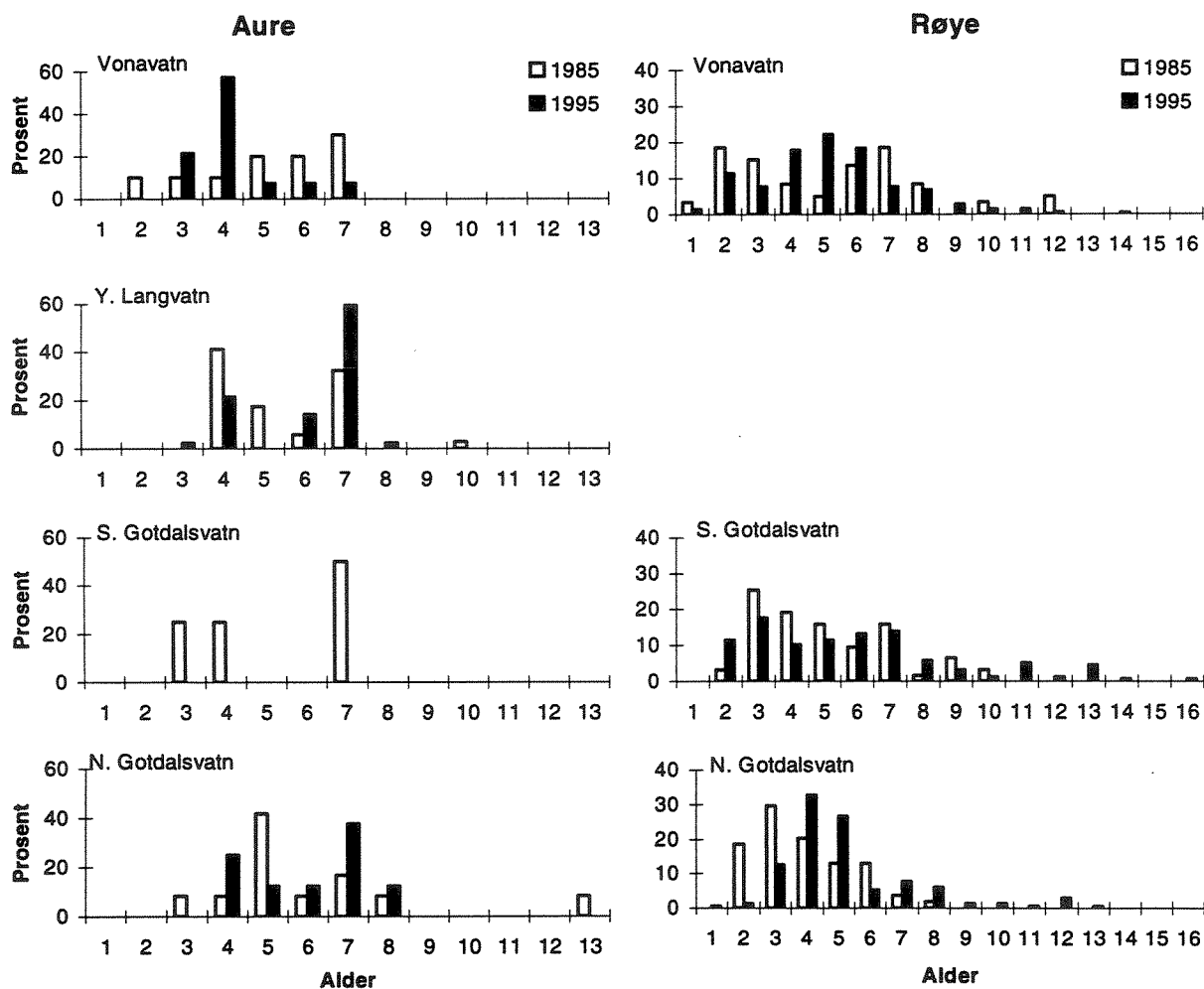
del av området. Imidlertid kan episoder med surt vann gjøre skade på fisken, og spesielt i de øvre deler av vassdraget hvor alkaliteten er ned mot 0  $\mu\text{ekv/l}$ .

Det er bare foretatt aldersbestemmelse av fisken tatt på Nordisk oversiktsgarn, og det var bare små forskjeller i alderssammensetningen fra 1985 til 1995 hos både aure og røye (figur 15). Røyebestanden i disse innsjøene har stor rekruttering. I Nordre Goddalsvatn var andelen av 2 og 3 åringer noe mindre i 1995 enn i 1985, derimot hadde antallet eldre individ (4-5 år gamle) økt.



**Figur 14.** Fangstutbyttet av aure og røye (CPUE= antall individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal) i fire vatn i Naustasvassdraget.

**Figure 14.** Catch per unit effort of brown trout on bottom gill nets (CPUE= number of fish per 100 m<sup>2</sup> net area) in four different lakes in Nausta watercourse.



**Figur 15.** Aldersfordeling hos aure og røye i fire vatn i Naustasvassdraget i 1985 og 1995.

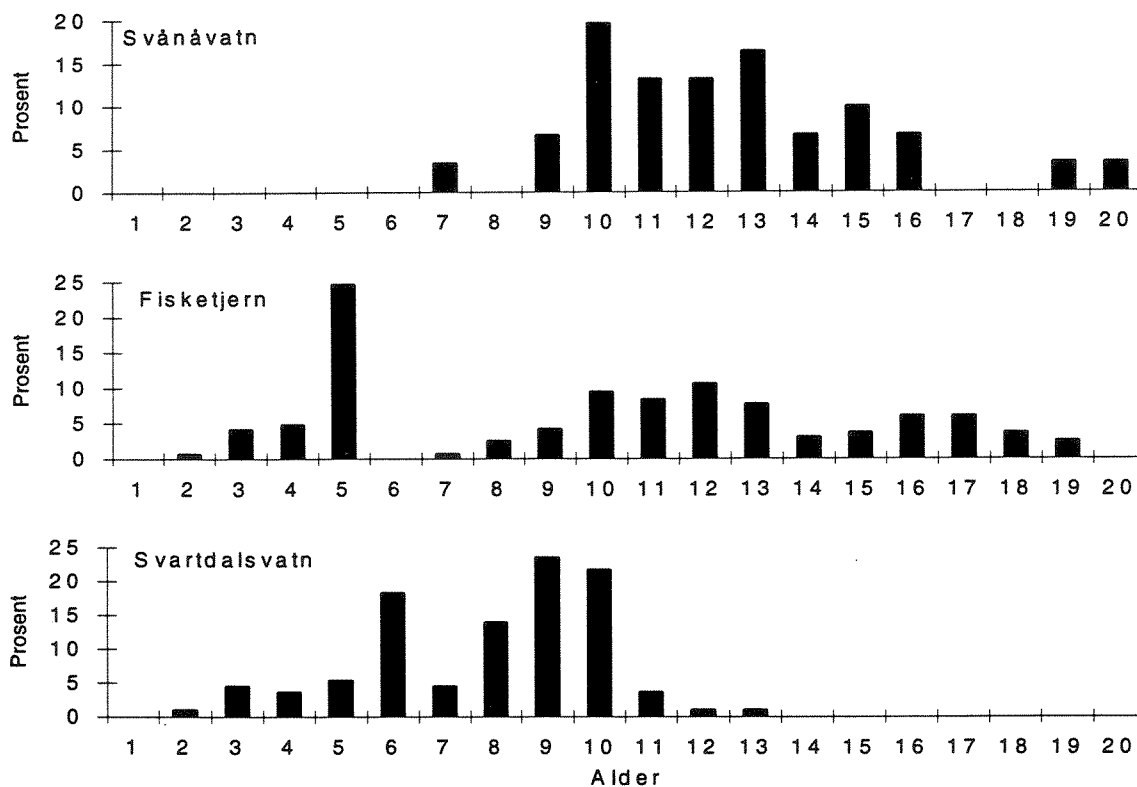
**Figure 15.** Age-frequency of brown trout and Arctic charr in four lakes in Nausta watercourse in 1985 and 1995.

I Lesja kommune ble disse innsjøene prøvefisket: Svartdalsvatn, Fisketjern og Svånåvatn. Svartdalsvatn er en 100- sjøers lokalitet som ble prøvefisket i 1987. Fangstutbyttet i de tre innsjøene varierte fra 4.4-49.7 fisk pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (tabell 1). I Svartdalsvatn var fangstutbyttet noe lavere i 1987 enn i 1995, henholdsvis 6,8 og 10,6. Aurebestanden i Svånåvatn består bare av utsatt fisk, og det er ingen naturlig rekruttering i disse vatna. Det var stor variasjon i alderssammensetningen i de tre innsjøene. I Svånåvatn og Fisketjern var mye av fisken svært gammel, og det eldste individet var 20 år (figur 16). I Svartdalsvatn og Fisketjern var det også en del yngre individ, men rekrutteringen er ujevn. Aldersfordelingen av aure i Svartdalsvatn i 1987 var ikke vesentlig forskjellig fra 1995.

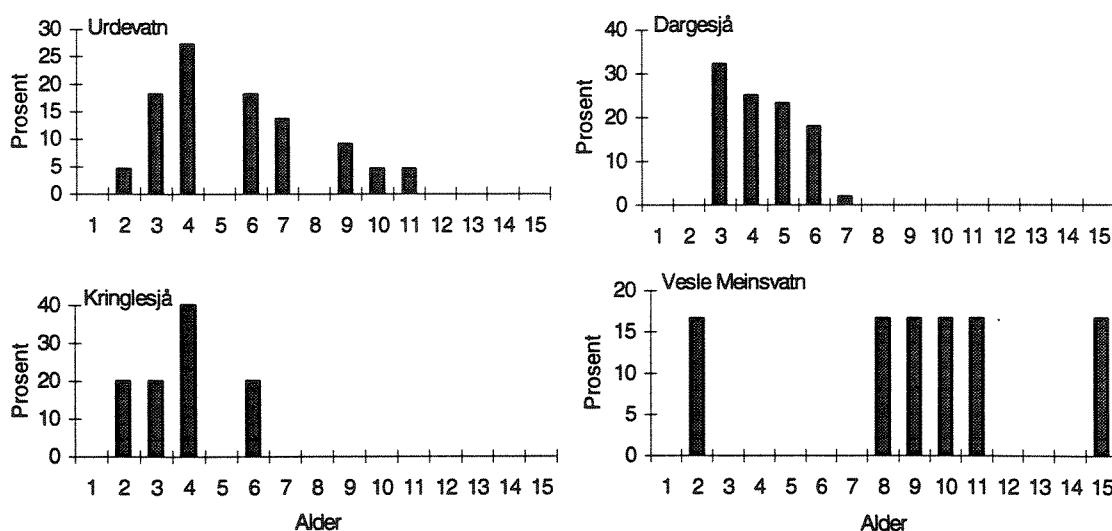
I Kvennavssdraget varierte tettheten av aure fra 0.9-10.4 fisk pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (tabell 1). Det var til dels store variasjoner i alderssammensetningen i de enkelte vatna. Aurebestanden i Vesle Meinsvatn besto stort sett av eldre individ, mens det i Kringlesjø ikke ble fanget fisk som var over 6 år gammel

(figur 17). I begge disse vatna ble det imidlertid fanget få fisk, henholdsvis 6 og 5 individ. I Urdevatn dominerte 4- åringer, mens aldersgruppene 5 og 8 år ikke ble registrert. I Dargesjø manglet ett- og toåringer, mens treåringene var dominerende.

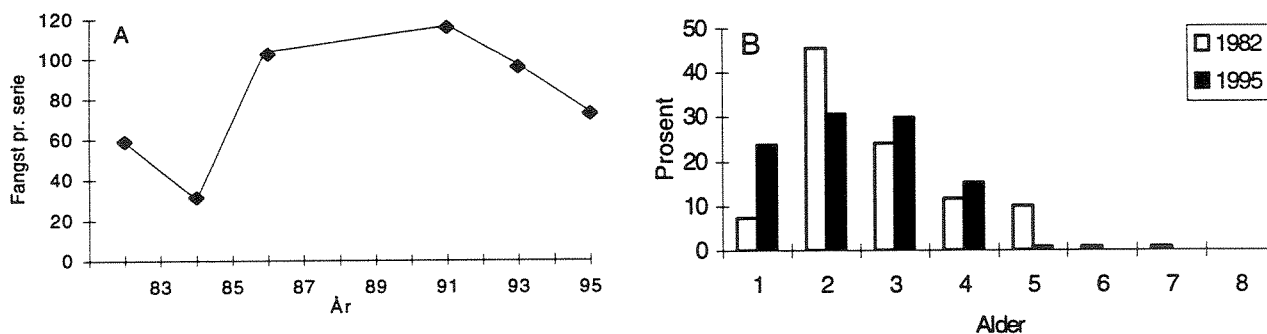
Røyrvatn ligger i Vikedalsvassdraget hvor det er registrert betydelig forsureningsskader på fiskebestander. Innsjøen ble første gang prøvefisket i 1982. Røyebestanden gikk tapt på 1970- tallet, men det ble satt ut en del røye på 1990-tallet og i 1995 ble ett individ gjenfanget. I løpet av 1980- tallet økte aurebestanden i Røyrvatn, mens den har gått tilbake på 1990-tallet (figur 18 A). Imidlertid er fangstutbyttet i 1995 betydelig høyere enn tidlig i 1980- åra. Aldersfordelingen i 1995 var ikke vesentlig forskjellig fra den i 1982, bortsett fra at andelen av ett-åringer hadde økt, og andelen to-åringer avtatt (figur 18 B). Selv om Røyrvatn er kronisk sur med lave tettheter av ungfisk på inn- og utløpselva, har innsjøen en god aurebestand som blir opprettholdt fordi innsjøen drenerer flere bekker med god vannkvalitet hvor auren gyter.



**Figur 16.** Aldersfordeling hos aure i tre innsjøer i Lesja kommune (Oppland) i 1995.  
**Figure 16.** Age-frequency distribution of brown trout in three lakes in Lesja catchment area (Oppland county) in 1995.



**Figur 17.** Aldersfordeling hos aure i fire innsjøer i Kvennavassdraget i 1995.  
**Figure 17.** Age-frequency distribution of brown trout in four lakes in Kvenna watercourse in 1995.



**Figur 18.** Antall aure fanget pr. garnserie i Røyrvatn i perioden 1982-1995 (A), og aldersfordelingen i 1982 og 1995 (B).

**Figure 18.** Number of brown trout caught per bottom gill net series in Lake Røyrvatn from 1982-1995 (A), and age-frequency distribution in 1982 and 1995 (B).

#### 4.1.2 Ungfiskregistrering hos aure i gytebekker

Hensikten med undersøkelsene er å:

- (i) Påvise eventuelle endringer i rekrutteringen hos aure i ulike regioner med en forsuringsfølsom vannkvalitet.
- (ii) Analysere hvilke vannkjemiske parametre som er av betydning for tettheten av aureunger.

Undersøkelsene vil vise 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 innsjøen. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til reduksjon og tap av aurebestander i forsuringsområder. Følgelig fører dette til at slike bestander får en dominans av eldre individ. Faste strekninger i gytebekker til et utvalg innsjøer i et 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 beregnet for første elfiskeomgang og framstilt som antall individ fanget pr. 100m<sup>2</sup>.

Det blir tatt en vannprøve i hver lokalitet hvor det fiskes. Det er tidligere vist at pH og vannets innhold av kalsium og alkalitet har stor betydning for overlevelse hos aureunger i surt vann.

I undersøkelsen 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. Undersøkelsen har vært foretatt siden 1987. Det er påvist forsuringskader på fiskebestander i både Saudlandsvatn og i innsjøer i de tre vassdragene. I 1994 ble det ikke foretatt slike undersøkelser i Bjerkreim og på Gaularfjell. Alle de tre vassdraga har marginal vannkvalitet med hensyn til overlevelse av aureunger.

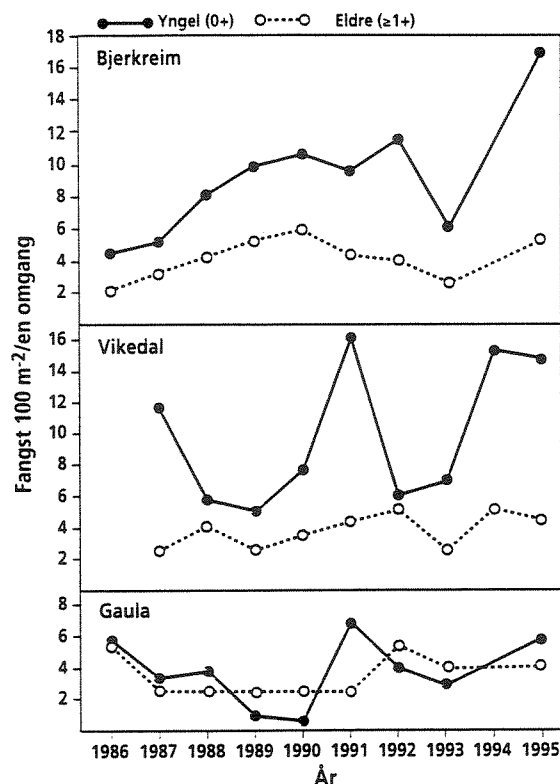
I 1995 ble det elfisket i 25 bekker fordelt på 8 innsjøer i Vikedalsvassdraget, totalt 2284 m<sup>2</sup>. Det har vært relativt store årlige variasjoner i tettheten av aureunger i vassdraget siden 1987 (figur 19). I 1995 var det gjennomsnittlig 14.8 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>, og dette var noe lavere enn i 1994. Dersom beregningene baseres på avfisking

av hver stasjon tre ganger, blir tettheten 23.4 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Tettheten av eldre aureunger i 1995 var 4.1 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Dette var en liten nedgang fra 1994 som hadde den høyeste tettheten som er registrert i vassdraget. Vannkvaliteten i bekkene i Vikedalsfjellet i 1995 var noe bedre enn i 1994 som forøvrig var et av de bedre åra. Gjennomsnittlig pH og konsentrasjonen av kalsium og labilt aluminium var henholdsvis 5.75, 0.74 mg/l og < 10 µg/l. Kalsium er den parameteren som har forklart mest av variasjonen i tettheten av aureunger i bekker i Vikedalsfjellet.

I Bjerkreimsvassdraget i 1995 ble det elfisket tre omganger på 24 stasjoner i tilsammen 12 innsjøer, totalt 3048 m<sup>2</sup>. Det har vært en positiv utvikling i ungfiskbestanden av aure i vassdraget bortsett fra en nedgang i 1993. Årsaken til denne nedgangen kan være ugunstig vannkvalitet på

grunn av en sjøsaltepisode som rammet deler av Vestlandet dette året. Tettheten av eldre individ økte fram til 1990, men avtok fram til 1993. I 1995 var imidlertid tettheten på nivå med 1990 (figur 19). Det ble ikke elfisket i Bjerkreims- og Gaularvassdraget i 1994.

I Gaularvassdraget ble det i 1995 elfisket tre omganger på 26 stasjoner i 9 innsjøer, totalt 3458 m<sup>2</sup>. Det har vært store årlige variasjoner i tettheten av aureyngel i Gaularfjell, og tettheten var spesielt lav i 1989 og 1990. Bestanden av eldre individ har vært mere stabil, og de største tetthetene var i 1986 og 1992. Vannprøver som er tatt samtidig med elfiske kan vanskelig forklare de årlige variasjonene i ungfisktetthetene fordi episoder med eventuell kritisk vannkvalitet ikke fanges opp.



**Figur 19.** Tettheten pr. 100 m<sup>2</sup>/en omgang elfiske av yngel og eldre aureunger i bekker i Bjerkreim-, Vikedal- og Gaularvassdraget 1987-1995.

**Figure 19.** Densities 100 m<sup>2</sup>/one electrofishing run of fry (age 0+) and parr (age ≥ 1+) in streams in Bjerkreim, Vikedal and Gaular watercourses from 1987-1995.

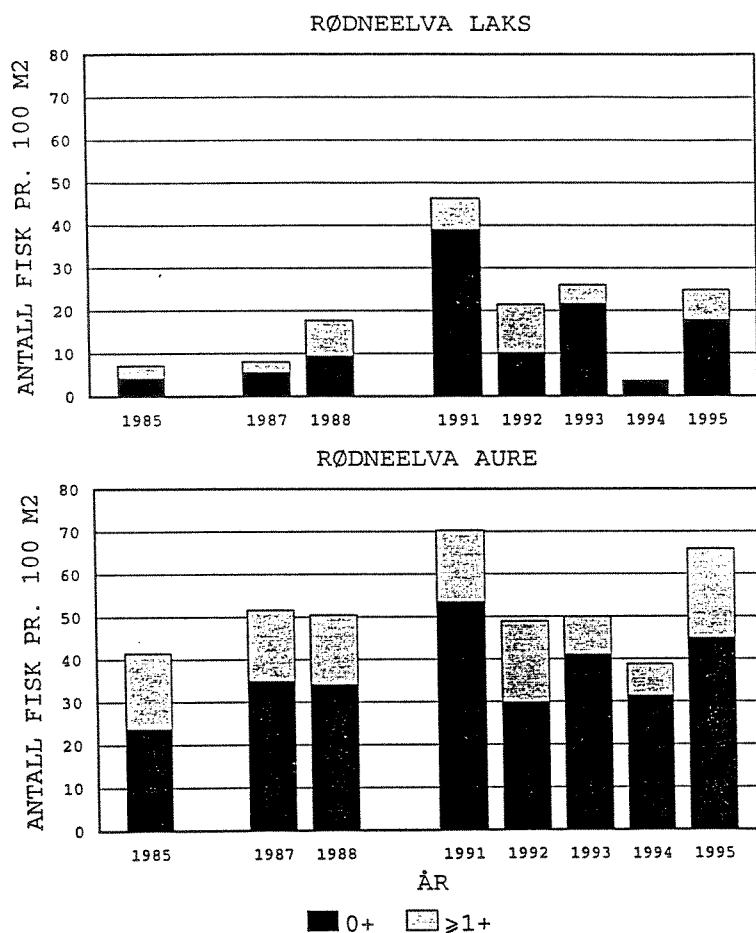
### 4.1.3 Ungfiskundersøkelser i lakseførende elver

Denne undersøkelsen omfatter bare overvåking av ungfiskbestandene av laks og aure i Rødneelva, Rogaland. Etter at Vikedalselva ble kalket i 1987, ble Rødneelva i samme område valgt til ny referanselokalitet. Rødneelva ligger i et forsuringutsatt område, og er derfor godt egnet som overvåkingslokalitet for ungfisk av laks og aure.

Det har foregått vannkjemisk overvåking i Rødneelva siden 1976. Hovedstrengen har en marginal vannkvalitet hvor pH i perioder er under 5.0 og med lave konsentrasjoner av kalsium (ca 0.7 mg/l). To relativt store sideelver

med god vannkvalitet drenerer imidlertid til Rødneelva.

Ungfiskundersøkelsene i Rødneelva ble gjennomført første gang i 1985, og siden i 1987, 1988 og 1991-1995. I 1995 ble det elfisket tre ganger på 12 faste stasjoner i elva, tilsammen 1287 m<sup>2</sup>. Tettheten av lakseyngel i elva har vært svært lav, bortsett fra i 1991 (figur 20), og forsuringssituasjonen i hovedstrengen gjør at laksebestanden er truet. Forekomsten av aureunger har vært relativt stabil, og tettheten i 1995 var en av de største som er registrert (figur 20). At de to sideelvene som drenerer til Rødneelva har en bedre vannkvalitet kan være årsaken til at tettheten av aure i vassdraget er relativt god og stabil.



**Figur 20.** Gjennomsnittlig tetthet pr. 100 m<sup>2</sup> av laks- og aureunger i Rødneelva med sideelver i 1985, 1987, 1988 og 1991-1995.

**Figure 20.** Mean densities 100 m<sup>2</sup> of juvenile Atlantic salmon and brown trout (0+ and ≥1+ age groups) caught in the river Rødneelva in 1985, 1987, 1988 and 1991-1995.

## 4.2 Planktoniske og litorale krepsdyr

Undersøkelser av planktoniske og littorale krepsdyr er tatt med for første gang i 1995. Hensikten med disse undersøkelsene er å :

- (i) studere virkningen av sur nedbør på sammensetningen av krepsdyrsamfunn og
- (ii) bidra til en helhetlig forståelse av biologiske interaksjoner i innsjøer med ulik vannkvalitet.

Krepsdyr samles inn ved hjelp av rør (å 5 l) og/eller håvprøver, og prøvene er tatt i de samme innsjøene hvor det er gjennomført prøvefiske (se tabell 3). Zooplanktonet, inkludert littorale krepsdyr, er godt egnet for overvåking av forsureffekter på biologiske samfunn. Til denne gruppen hører mange forsureffekt sensitive arter.

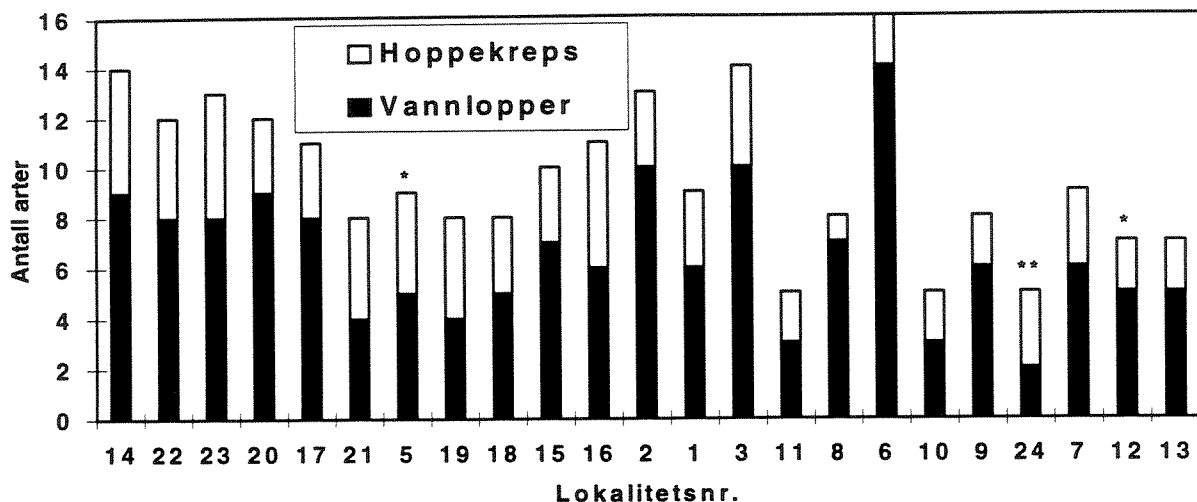
I undersøkelsene som er gjort i 1995 er det totalt funnet 21 arter av vannlopper og 7 arter av hoppekreps, dvs. tilsammen 28 arter av krepsdyr. Alle registrerte arter er relativt vanlig forekommende i Norge. Artsantallet er generelt lavt og i samsvar med at de fleste lokalitetene er høyfjellssjøer. Holmtjern 497 (2), Holmtjern 499 (3), Vonavatn (6), Gunnleikbuvatn (14) og Litlosvatn (23) er mest artsrike med henholdsvis 13, 14, 16, 14 og 13 arter registrert. Artsantallet avtar bl.a. med høyde over havet og avtagende pH (tabell 3, figur 21) . Mens antall planktoniske arter varierer lite mellom lokaliteter er det store forskjeller mht. antall litorale arter. De mest artsrike lokalitetene har relativt rik vannvegetasjon. Mest utbredt blant vannloppene er den litorale arten *Alonopsis elongata* som ble registrert i 21 av i alt 23 undersøkte innsjøer. En annen vanlig forekommende litoral art er *Chydorus sphaericus* som ble registrert i 16

lokaliteter. De planktoniske artene *Bosmina longispina* og *Holopedium gibberum* ble funnet i henholdsvis 18 og 16 lokaliteter. Av hoppekrepsene ble *Cyclops scutifer* funnet i alle lokaliteter, mens *Mixodiaptomus laciniatus* og *Heterocope saliens* ble registrert i henholdsvis 15 og 13 lokaliteter.

Blant vannloppene er daphniene mest følsomme for lav pH. Det ble registrert daphnier (*Daphnia longispina*, *D. galeata*) i ni av lokalitetene, hvorav en kun i mageprøver fra aure. De utgjorde imidlertid aldri mer enn 10 % av planktonet. Mens *D. galeata* sjelden blir registrert ved pH<5,5 er *D. longispina* relativt vanlig helt ned mot pH 5,0. Vannkvaliteten kan være en medvirkende årsak til at daphniene mangler i enkelte av de sureste innsjøene. I våre undersøkelser ble imidlertid *D. galeata* funnet i to av innsjøene med lavest pH (lokalitet 8 og 9). Daphniene er et ettertraktet byttedyr for planktonspisende fisk, og tetthet og sammensetning av fiskepopulasjonene vil derfor være av avgjørende betydning for tilstedeværelsen av daphnier.

Sammenligning av resultatene fra 1995 med tidligere data fra Kvennavassdraget på Hardangervidda (lokalitet 14-23, 1978) og Joravassdraget i Lesja kommune, Oppland (lokalitet 10-11, 1980) viser mange likhetstrekk mht. krepsdyrsamfunnenes sammensetning. En lokalitet (11) viste imidlertid en kraftig reduksjon i antall arter av krepsdyr. Dette kan delvis skyldes redusert prøvetakingsinnsats i 1995 sammenlignet med 1980. Hvorvidt manglende registrering av *D. longispina* i 1995 skyldes prøvetakingen eller at arten var forsvunnet pga. endringer i vannkvaliteten eller predasjon, er det vanskelig å ha noen formening om.





**Figur 21.** Planktoniske og litorale krepsdyr i undersøkte innsjøer i 1995, antall arter av vannlopper (Cladocera) og hoppekreps (Copepoda). Lokalitetene er angitt med lokalitetsnummer og sortert etter avtagende pH. pH-registreringer mangler for lokalitet 12 og 13. \* Kun litorale prøver, \*\* Kun planktoniske prøver.

**Figure 21.** Planktonic and littoral crustaceans from surveyed lakes in 1995, number of species of cladoceran and copepods. The localities are indicated by locality number and sorted according to descending pH. pH values are missing from locality 12 and 13. \* Planktonic samples are missing. \*\* Littoral samples are missing.

### 4.3 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). Forsuringstatusen 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 faunasammensetningen 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 fiskepopulasjonene er skadet eller truet, spesielt laks og sjøørret. Et forsuringstall mellom 0,5 og 1 indikerer mindre skade, mens verdien 1 betyr at det ikke er påvist skade.

Undersøkelsene ved Farsund viste i 1995 en betydelig forbedring av faunabildet med hensyn til forsuringssensitive arter. I tillegg til funn av moderat sensitive arter ble det for første gang siden overvåkingen startet i 1981 gjort funn av den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani*. Denne arten ble registrert i utløpet av Saudlandsvatnet om våren og i innløpet til Gjervoldstadvatnet om høsten. Foreløpig er det bare registrert få eksemplarer, og det er ennå usikkert om arten er i stand til å frembringe levedyktige populasjoner i lokalitetene. Disse

registreringene resulterte i en økning av forsuringindeksen til 0,39 og 0,32 henholdsvis vår og høst (figur 22). Disse verdiene forsterker tendensen de senere år, der regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant øking av forsuringindeksen fra 1989. Lokalitetene må imidlertid fortsatt karakteriseres sure.

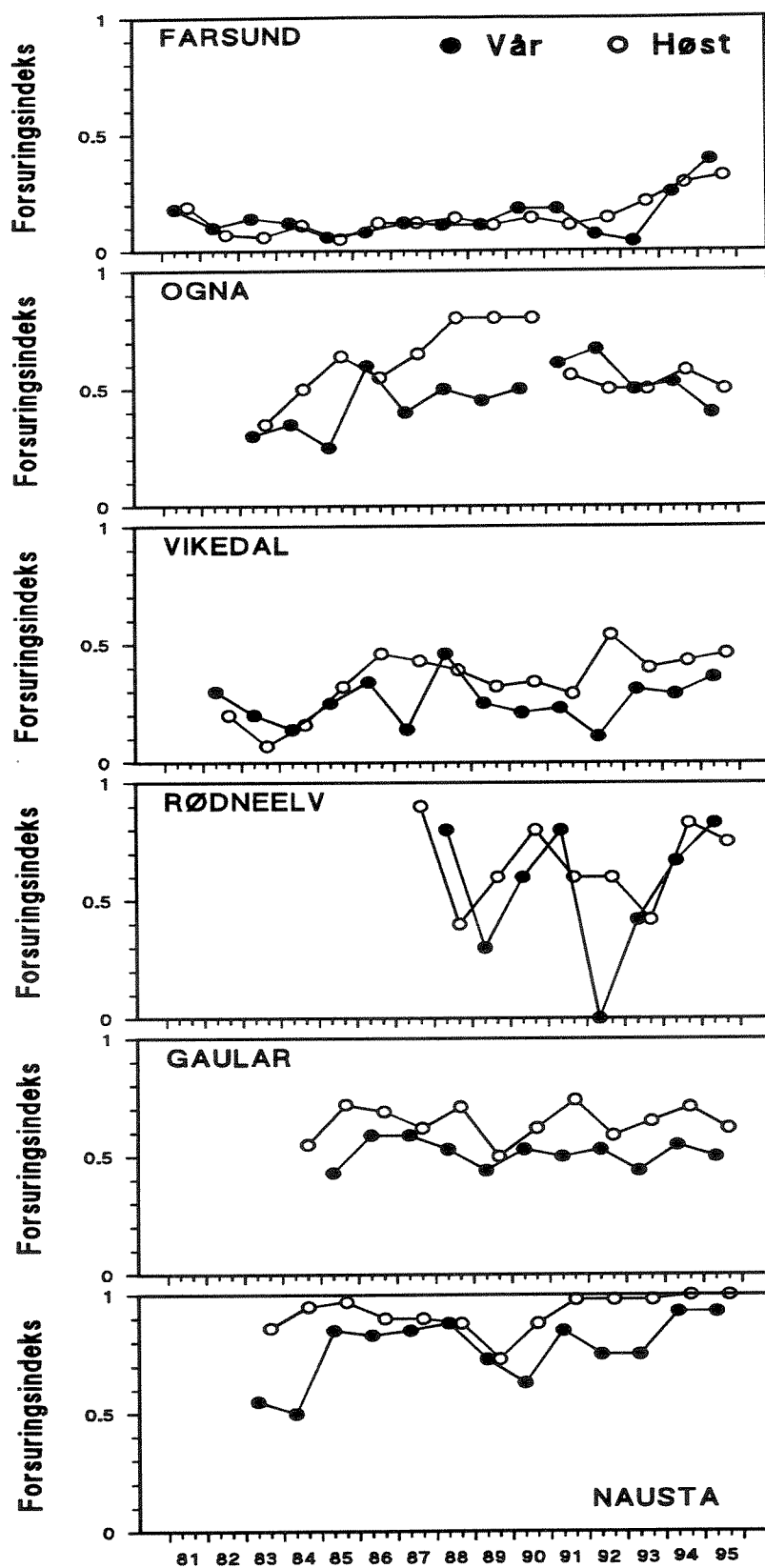
I Ognavassdraget ble det i 1991 opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking da en del stasjoner i det opprinnelige nettet ble kalket. Undersøkelsene i 1995 viste en svak forverring av forsuringbildet til begge prøvetakings-tidspunkt (figur 22). Vassdraget som helhet kan karakteriseres moderat forsuringsskadet. De ukalkete delene av Ognå 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.

De ukalkede delene av Vikedalsvassdraget har fortsatt store forsuringsskader og har i så måte forandret seg lite i de senere år. Vårsituasjonen har gjennomgående vært verre enn om høsten (figur 22). Dette viser at vassdraget er ustabil med hensyn på forsuring. I vassdraget 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 er det en tendens til mindre skader på bunndyrsamfunnet om våren i løpet av de siste fire år (figur 22). Høstsituasjonen i 1995 var omtrent som foregående år. De øvre deler av hovedelva må karakteriseres sterkt forsuret. Tilførsel av bufrende vann fra sideelver i vassdragets nedre del bedrer vannkvaliteten betydelig.

Gaularvassdraget har fortsatt betydelige forsuringsskader i deler av nedbørfeltet. Gjennomsnittsforsuringindeks var 0,50 og 0,62 henholdsvis vår og høst (figur 22). Av delfeltene var Eldalen er sterkest skadet, men også noen sideelver i Haukedalen og i vassdragets nedre deler må karakteriseres skadet. 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 1995 ble det registrert moderate skader på invertebratsamfunnet i noen få lokaliteter om våren (indeks 0,93, figur 22). Høstsituasjonen var, i likhet med 1994, den beste som noensinne er registrert, med en forsuringssverdi på 1.00. Dette betyr at det ble funnet sterkt forsuringssensitive arter i alle undersøkte lokaliteter.



Figur 22. Forsuringsindekser for bunndyr i overvåkingsvassdragene. Indeksen er vist separat for vår (●) og høst (○).

Figur 22. Acidification score for invertebrates in the monitoring rivers. The score is shown separately for spring (●) and autumn (○).

## 5. Skogovervåking

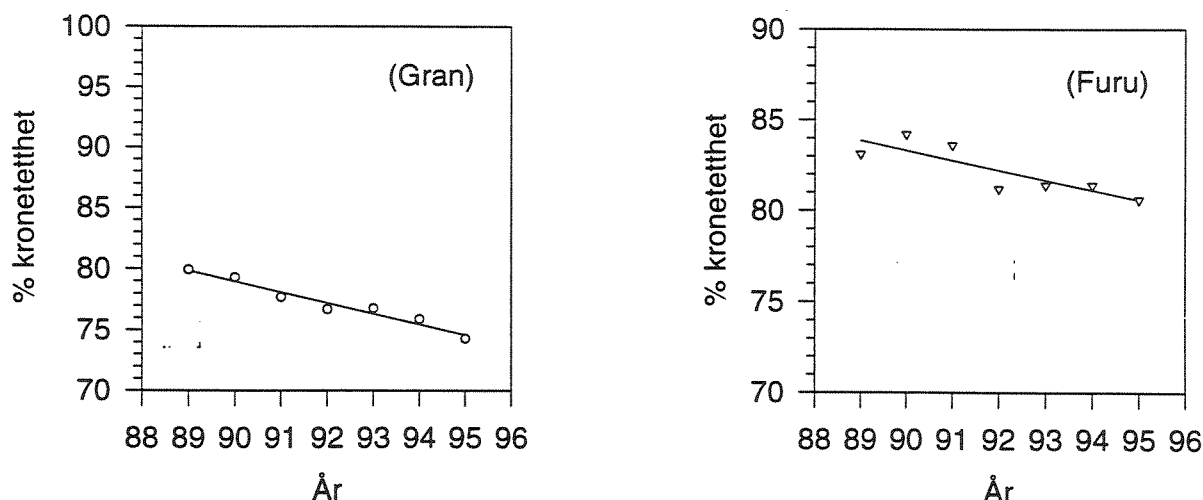
### 5.1 Trærs vitalitet

Registreringene på de landsrepresentative flatene viste i 1995 en gjennomsnittlig kronetetthet for gran på 74.3%. Kronetetthet for gran har gått signifikant ned med 5.7% i perioden 1989-95, 1.6% nedgang siste år (Fig 23). Nedgangen i kronetetthet for gran ser ut til å omfatte store deler av Midt- og Sørøst-Norge (Figur 25). For furu og bjørk har trenden vært noe mer usikker, men trenden er likeledes negativ. Den årlige avdøying for landet som helhet er lav, ca. 0.1% i året, slik at det ikke er tegn til masseavdøying av gran, furu eller bjørk i norsk skog.

Resultatene fra de fylkesvise flatene var relativt sammenfallende med dette (Figur 25). Flatene i gammel granskog (hkl V) i Sørøst-Norge og i Trøndelag hadde lavest kronetetthet. Gjennomsnitt for fylkene der varierte fra 77 til 89%. Som i tidligere år var kronetettheten lavere på lav bonitet, svakere vegetasjonstyper og mot større høydelag.

Kronetettheten gikk gjennomgående noe ned siste år, og da vesentlig på Østlandet og nordafjells. Kronetettheten på furuflatene har endret seg lite det siste året. Avdøyingen siste år var på 0.3%. Den var størst i Vestfold, Telemark og Østfold.

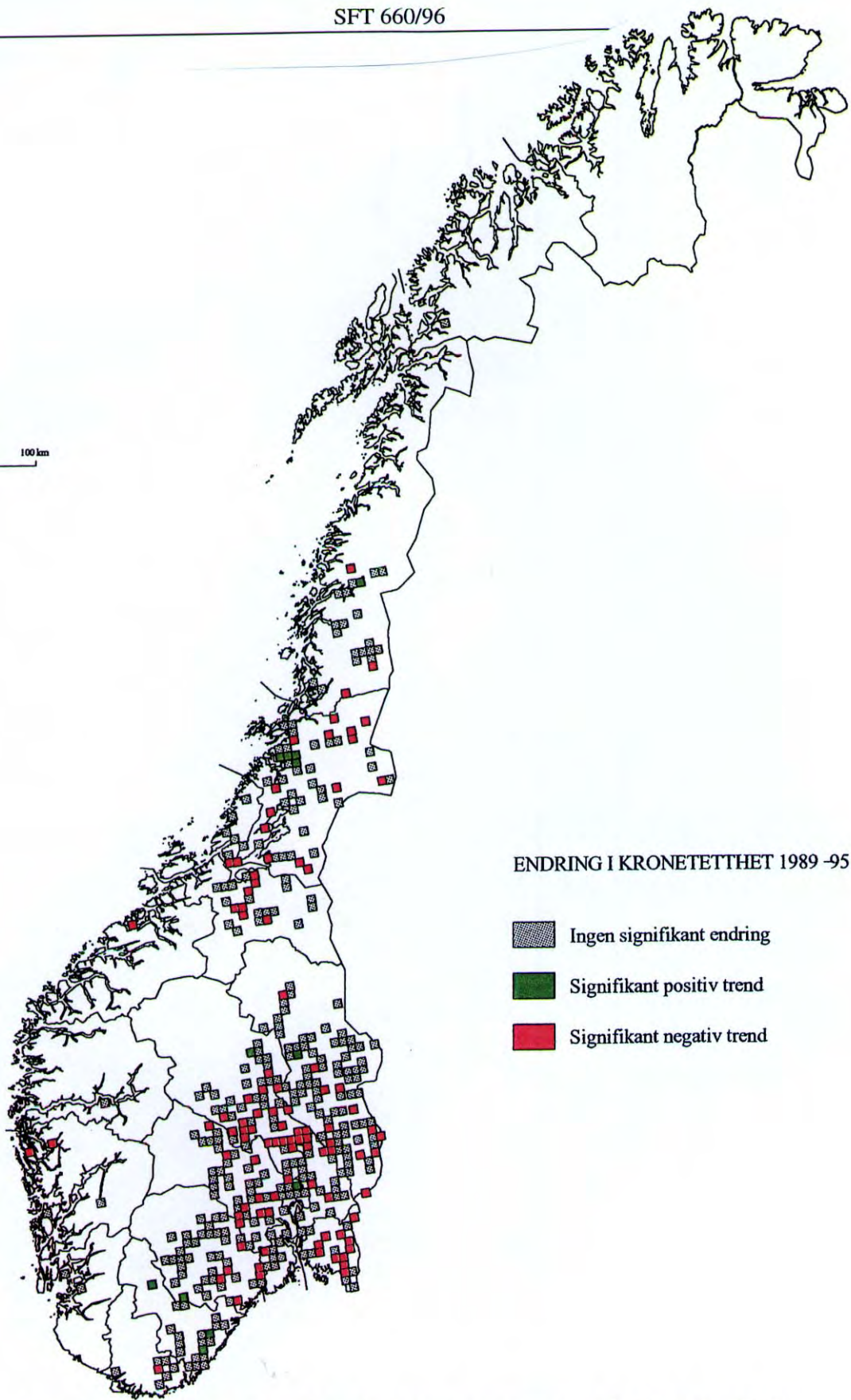
På de landsrepresentative flatene hadde 11.7% av alle grantrær i 1995 mer enn 10% kronemisfarging. Andel trær med misfarget krone har økt i hele perioden for granskog eldre enn 60 år (Figur 26). Trær med misfarget krone forekommer på 41% av granflatene, primært i Sør-Norge. Det har ikke vært signifikante endringer for de andre treslagene eller i ulike aldersklasser i perioden. Den årlige andel av trær med misfarging har variert både i omfang og geografisk utbredelse. Dette skyldes sannsynligvis ulik variasjon i klima- og nedbørsforholdene. Det har samtidig vært en signifikant høyere forekomst av trær med misfarget krone på grandominerte flater med lav pH i humus i Sør-Norge (Figur 27).



**Figur 23.** Landsgjennomsnittlig kronetetthet for gran og furu basert på flategjennomsnitt for perioden 1989 - 95.

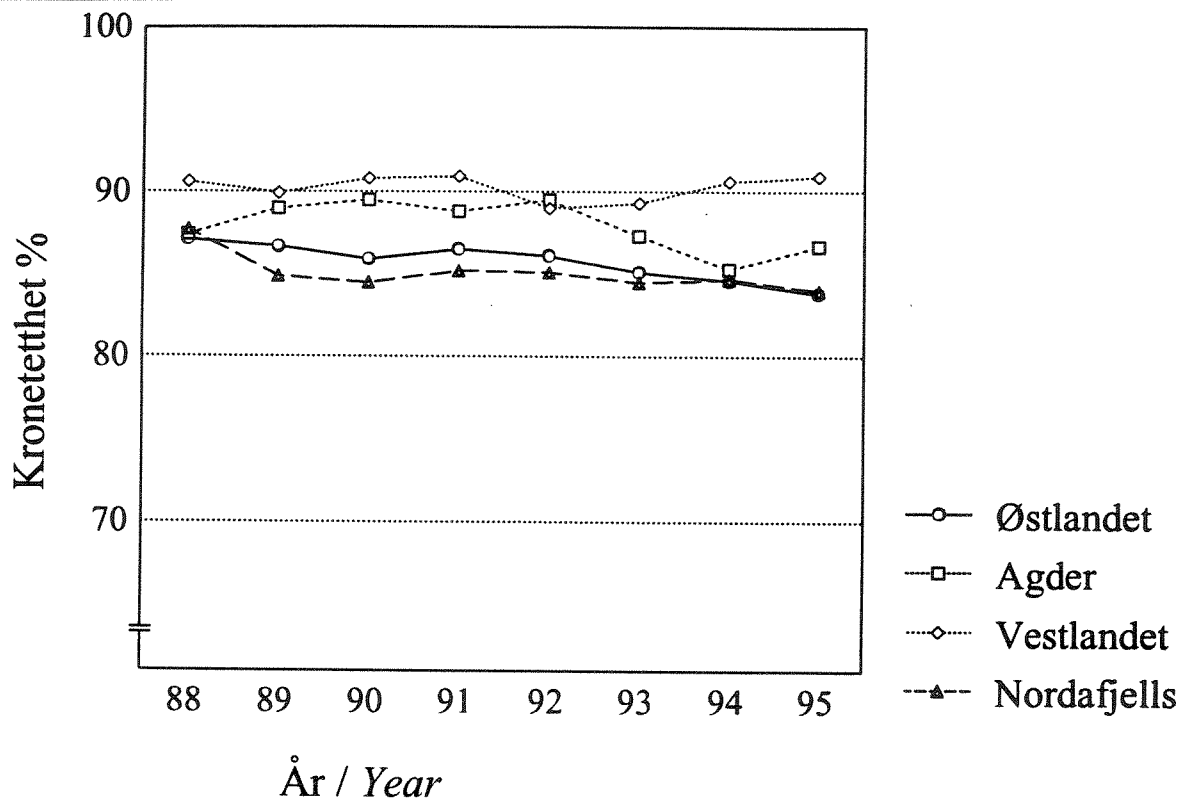
**Figure 23.** National mean crown density for Norway spruce and Scots pine given as a mean based on plot means.

0 50 100 km

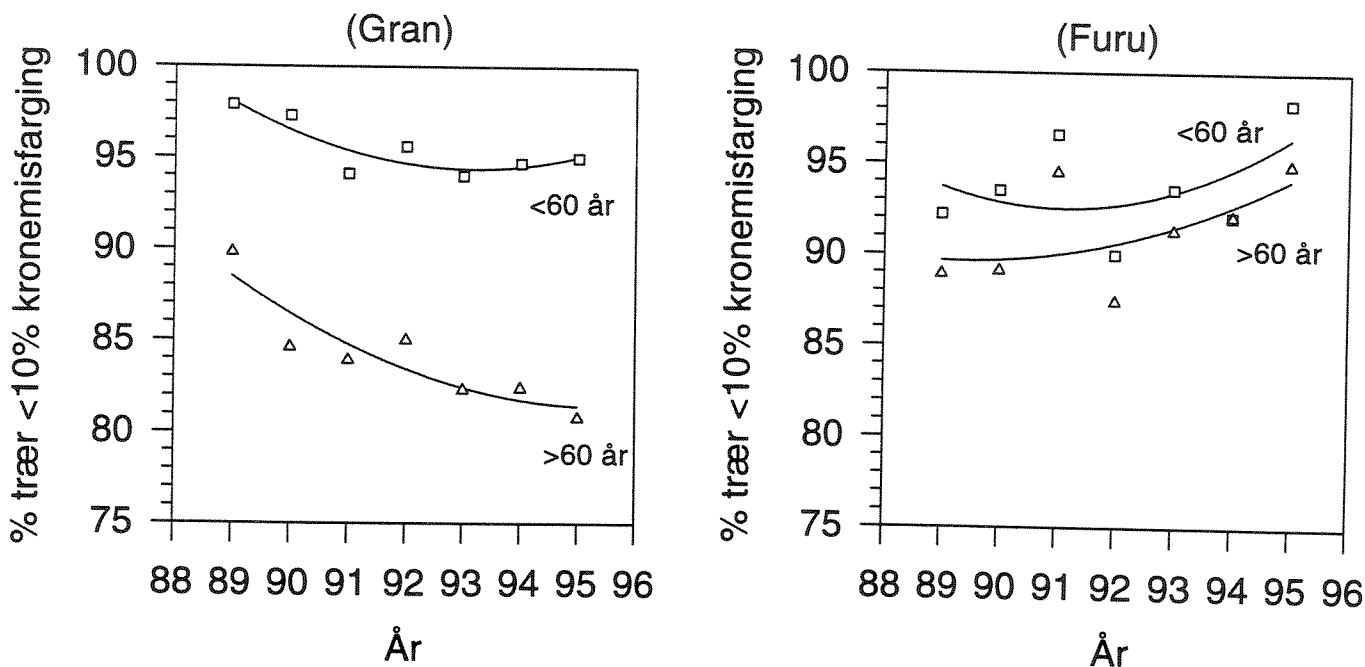


**Figur 24.** Endringer i kronetetthet for gran basert på lineær regresjonsanalyse for flater på et 9\*9 km rutenett i Norge for alle år i perioden 1989-95

**Figure 24.** Changes in crown density 1988-94 given by linear regression analysis for crown density of Norway spruce from plots on a 9 by 9 km grid in Norway 1989-95.

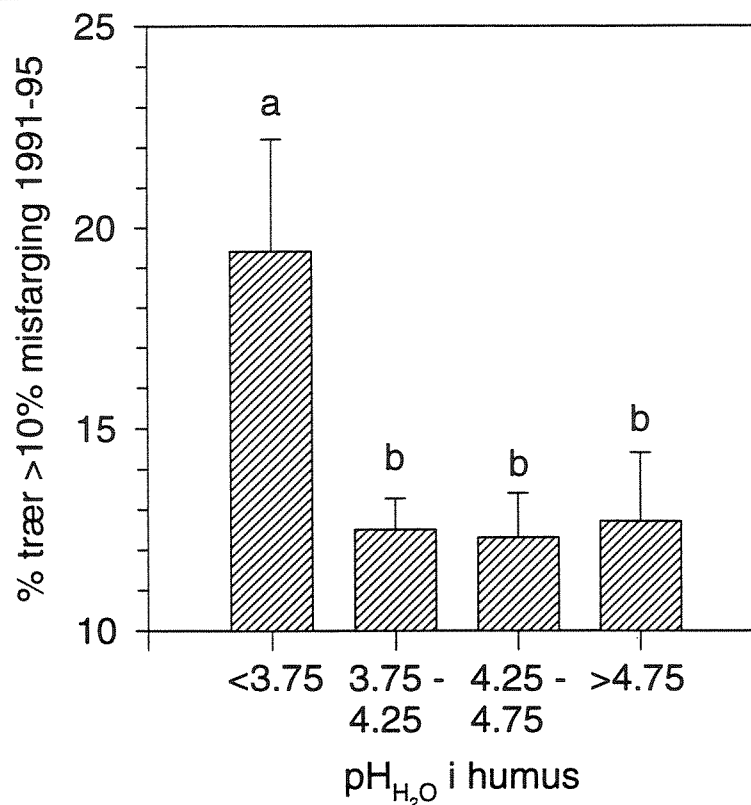


**Figur 25.** Utvikling av kronetetthet 1988-94 på de fylkesvise flatene med gran, fordelt på landsdel.  
**Figure 25.** Development of crown density 1988-94 at local county monitoring plots of Norway spruce plots distributed on region.



**Figur 26.** Prosentandel trær med <10% kronemisfarging for individuelle år 1989-95 for gran og furu eldre og yngre enn 60 år i Norge.

**Figure 26.** Percent trees with <10% crown discoloration for individual years 1989-95 for Norway spruce and Scots pine younger and older than 60 years.

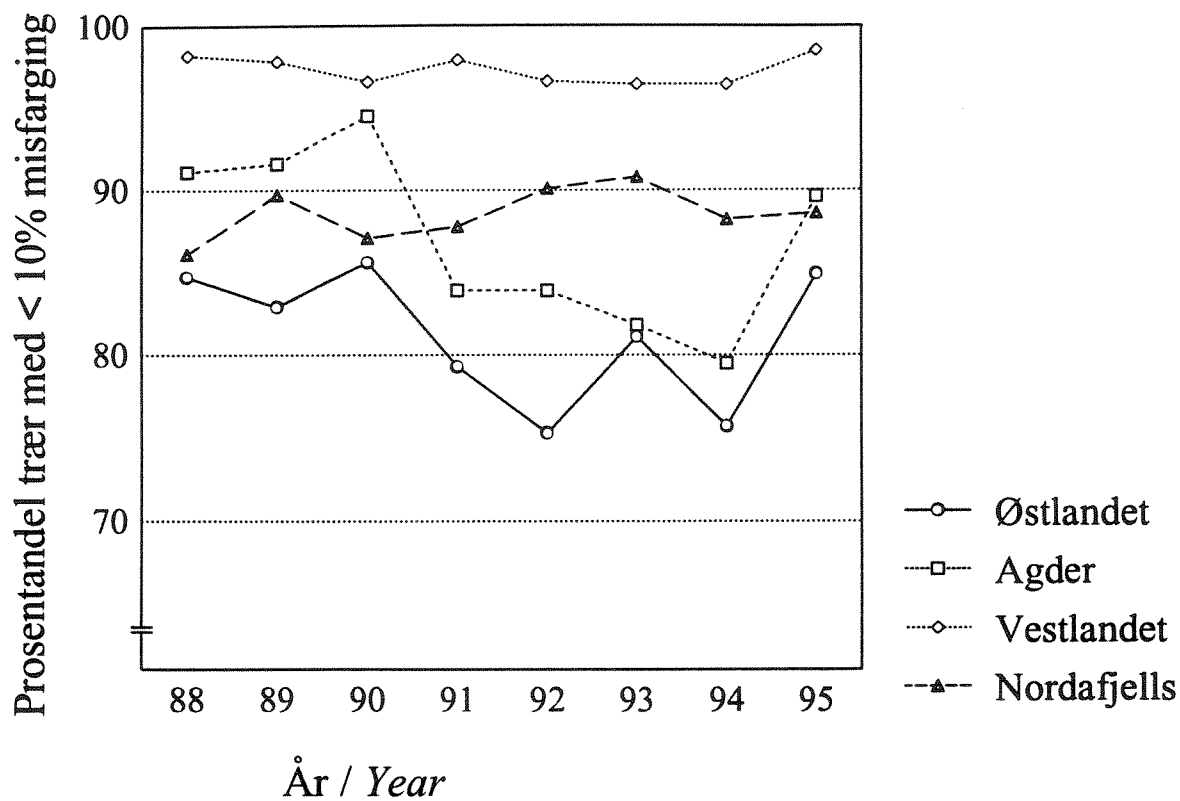


**Figur 27.** Gjennomsnittlig prosentandel grantrær >10% kronemisfarging 1991-95 for granflater (granbonitet) i Norge fordelt på 4 pH-klasser i humus. Forskjellige bokstaver viser signifikante forskjeller ( $p < 0.05$ ) ved en One-way ANOVA med Student-Newman-Keuls tester for multiple sammenligninger.

**Figure 27.** Mean percentage Norway spruce trees >10% crown discoloration 1991-95 for spruce plots in Norway on four different classes of pH measured in humus. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) using One-way ANOVA with Student-Newman-Keuls tests for multiple comparisons.

For ca. 10% av de grandominerte flatene har det vært observert kontinuerlig forekomst av misfargede trær i perioden 1989-95. Disse granflatene hadde et signifikant lavere magnesium-innhold i humus ( $2.2 \pm 0.2$  mmol(c)/100g) enn skogen forøvrig ( $3.6 \pm 0.2$  mmol(c)/100g), men vi vet ikke om magnesium-mangel er årsaken til misfargingen idag. Det er tidligere vist at det er en tendens til at nitrogeninnholdet i humus øker og magnesium-innholdet avtar med økende deposisjon på de landsrepresentative data.

På de fylkesvise flatene var andelen trær med misfarging i samme størrelsesorden som på de landsrepresentative flatene, men har vært svært variabel fra år til år (Figur 28). Mest gulfarging var det i år, som i tidligere år, på ekstremflatene og i hkl V i Sørøst-Norge med unntak av Østfold og Vest-Agder, og i Sør-Trøndelag. 108 av granflatene hadde mer enn en fjerdedel av trærne misfarget, og fire flater hadde mer enn 90% gule trær. Kronefargen ble betydelig grønnere siden året før (6,3 prosentenheter). Også på furuflatene skjedde det en tilsvarende, sterk forbedring av fargen.



**Figure 28.** Utvikling av kronefarge (prosentandel trær med under 10% misfarging) 1988-94 på de fylkesvise flatene med gran fordelt på landsdel.

**Figure 28.** *Development of percentage trees with less than 10% discolouration at local county monitoring plots of Norway spruce distributed on region.*



## 5.2 Barnålkjemi

Ti trær på hver intensive flate ble prøvetatt høsten 1995. De ti trærne stod rundt periferien av flata, og ble objektivt utvalgt. Fra hvert tre ble det tatt en greinprøve fra ca. 15 greinkrans. Her rapporteres konsentrasjonene av de seks viktigste næringsstoffene i årnsålene. Resultatene er vist figur 8, hvor flatene er sortert etter den målte deposisjon av H<sup>+</sup> i 1995, for å anskueliggjøre eventuelle effekter av sur nedbør. Kjemisk innhold i barnålene varierte klart mellom flatene for alle stoffene. Dette ble testet ved variansanalyser. Særlig var det klare forskjeller mellom flatene for nitrogen, kalsium og fosfor. For kalium og magnesium var det relativt store forskjeller mellom trærne innen hver flate. Med optimal menes her at trærnes tilvekst ikke er redusert på grunn av lav tilgang på vedkommende element. Ved næringmangel kan tilveksten være betydelig redusert, og mangelsymptomer kan være til stede.

Nitrogeninnholdet varierte fra 9,5 mg/g på Langtjern til noe over 15 på Birkenes. Langtjern-flata er en typisk fjellskogflate, og næringssituasjonen er også preget av det. Nitrogen innhold under 10 mg/g regnes som mangel, men det opptrer ikke så sjelden i granskog under marginale forhold. De høyeste verdiene, rundt 15 mg/g på Birkenes og Kårvatn, er i overkant av det man vanligvis finner i norsk granskog. På Kårvatn kan gode jordbunnsforhold forklare den høye verdien, og noe av det samme kan gjelde for Søgne, Nedstrand og Prestebakke. Birkenes, derimot, er en flate som befinner seg på en svakere marktype (bærlyngbarblandingskog), slik at her kan den høye nitrogen-verdien være influert av den høye nitrogen-deposisjonen. Nitrogen-innholdet var sterkt, positivt korrelert med svovel-innholdet, og for øvrig korrelert positivt til magnesium og negativt til kalsium, alt regnet på flategjennomsnitt.

Svovelkonsentrasjonen i barnålene varierte lite mellom flatene (fra 0,7-0,9 mg/g), selv om en variansanalyse viste signifikans. Som nevnt over varierte svovel i takt med nitrogen, og vi har derfor en svak tendens til mer svovel på de sørligste flatene. Svovelinnholdet var, i tillegg

til det som er nevnt under nitrogen, negativt korrelert til kalsium.

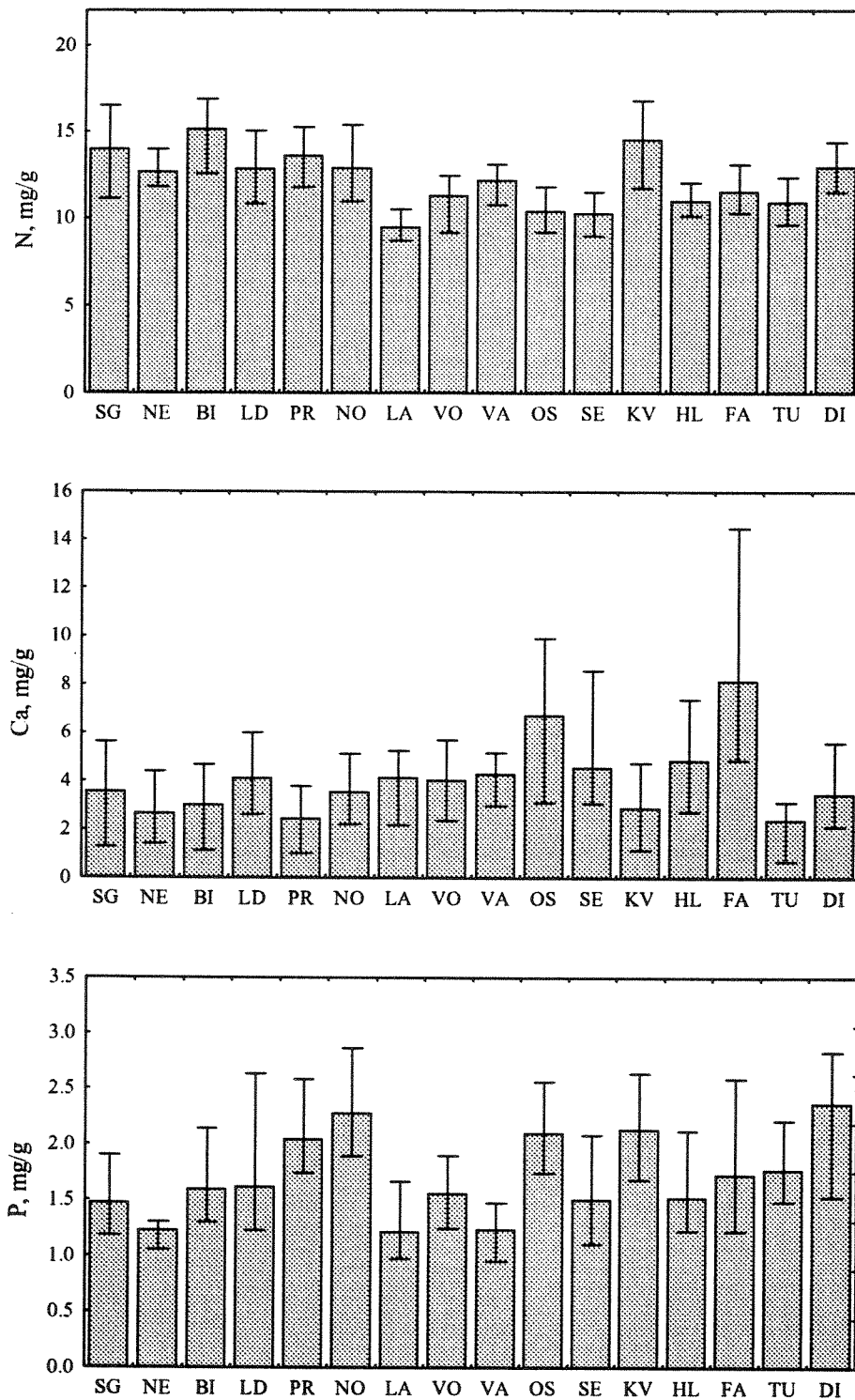
Fosfor-innholdet varierte sterkt mellom flatene, fra 1,2 mg/g på Nedstrand, Langtjern og Valle, til godt over 2,0 på Nordmoen, Osen, Kårvatn og Dividal. De laveste verdiene kan karakteriseres som mangel, eller i det minste på grensen til mangel. Spesielt gjelder dette tatt i betraktning at verdiene bygger på gjennomsnitt av ti trær.

Innholdet av kalsium varierte mye både mellom flater og innen flater. Laveste verdier var det på Nedstrand, Birkenes, Prestebakke, Kårvatn og Tustervann, med 2,5 - 3 mg/g. Osen og Fagernes skilte seg klart ut ved høyt innhold, omkring 7-8mg/g. De laveste verdiene som nevnt over er i overkant av mangel, men underoptimalt. Enkeltrær på de nevnte flatene hadde klar kalsium-mangel. De nevnte fem flatene med lavest kalsium-innhold hadde også det laveste kalsium/N-forholdet, omkring 0,20 for alle. Det var en tendens til lavest kalsium-innhold på de flatene som har høyest deposisjon av sur nedbør.

Lavest magnesium-innhold var det på Nedstrand, Osen og Tustervann, med omkring 1,0 mg/g. Høyest var innholdet på Birkenes, Lardal og Kårvatn, med 1,4-1,6 mg/g. Alle magnesium-verdier er innenfor det optimale. Enkelte trær på Nedstrand og Osen hadde verdier ned mot 0,7 mg/g, og det er underoptimalt. Som nevnt under nitrogen, var det en korrelasjon mellom nitrogen og magnesium-innhold. Forholdet mellom magnesium og nitrogen varierte fra 0,08 til 0,13. Det er godt over det optimale som er rundt 0,04-0,05. Forhold under 0,09 var det på Nedstrand, Prestebakke og Tustervann. Dette materiale indikerer derfor ingen ubalanse mellom magnesium og nitrogen.

K-innholdet var omkring 8-10 mg/g på alle flatene. Dette er optimalt for dette elementet.

Det var en tendensen til at nitrogen-innholdet økte med økende deposisjon på disse flatene, og at fosfor- og kalsium-innholdet avtok. Samlet gjør imidlertid det lave flateantallet og den store naturlige variasjon i voksestedsforhold og skogtype, at vurdering av sur nedbørs betydning for nålekjemi blir vanskelig på dette materialet.



**Figur 29.** Innhold av nitrogen, kalsium og fosfor i årets barnåler hos gran på de intensive overvåkingsflatene i 1995. Gjennomsnitt og max/min er gitt for hver flate.

**Figure 29.** Content of nitrogen, calcium and phosphorus in current needles of Norway spruce at the intensive monitoring plots 1995. Mean and max/min is given for each plot.

### 5.3 Jordvann

Jordvann samles inn fra alle de 17 intensivt overvåkede flatene. De første flatene ble etablert i 1986/87 på Birkenes, Nordmoen, Prestebakke, Nausdal og Høylandet. De øvrige flatene ble etablert i 1990/91. Se figur 4. Ut fra flatenes geografiske plassering mottar de ulike mengder forurenset nedbør, og vi forventer at dette vil påvirke den kjemiske sammensetningen i jord og jordvann over tid. Jordvann samles inn fra alle flatene hver uke i den frostfrie delen av året. Det samles inn vann fra tre jorddyp, og det brukes forskjellige type lysimeter på flatene. De eldste flatene har tensjonsfrie lysimeter under humussjiktet, mens alundum-lysimeter er plassert under E-sjiktet og i B-sjiktet. De resterende flatene har Prenart-lysimeter i 5, 15 og 40 cm jorddyp. Både alundum- og Prenart-lysimetrene er plassert slik at de i prinsippet skal samle vann fra det organiske sjiktet og fra øvre og nedre del av mineraljorda.

På alle flatene økte pH med økt jorddyp. Svanhovd hadde høyest pH med 7,5 i 40 cm jorddyp. Fagernes hadde også pH over 6 i 5 og 40 cm jorddyp. Prestebakke og Nordmoen hadde lavest pH i humussjiktet med henholdsvis 3,7 og 4,0, mens Søgne og Birkenes totalt sett hadde lavest pH i jordvannet fra alle de tre sjiktene. Dette er også de flatene som hadde den største deposisjonen av  $H^+$  i 1995. I perioden 1986-95 er det ingen signifikant endring i pH i jordvannet (Figur 31)

Konsentrasjonen av kalsium, magnesium og kalium i jordvannet var vanligvis høyest i de øverste sjiktene og avtok så med økende jorddyp, og varierte mye mellom flatene. Konsentrasjonen av kalsium og magnesium i E-sjiktet for de fem overvåkingsflatene med lengst periode med jordvannsinnsamling er vist i figur 32 og 33. Konsentrasjonen varierer betydelig fra år til år for noen av flatene, men totalt sett viser disse flatene en nedgang i konsentrasjonen av kalsium og tildels Mg i jordvannet i perioden 1986-95. Dette kan forklares ved at jordas utbyttable mengde av kalsium og magnesium er redusert som følge av økt utvasking av næringsstoffer i denne perioden. Vi kan imidlertid ikke se bort fra at det kan foregå en forandring i selve

alundum-lysimetrene over tid, og at dette kan bidra til forandringen i jordvannets kjemiske sammensetning. Det var ingen tendens til at nedgangen var størst på de flatene som hadde høyest deposisjon av  $H^+$ .

Konsentrasjonen av jern og totalt aluminium var lav og avtok med økende jorddyp for alle flatene bortsett fra Søgne og Prestebakke. Disse to flatene hadde høyere konsentrasjon av totalt aluminium (labilt Al + ikke labilt Al) i jordvann fra 40 cm sjiktet enn fra humussjiktet. På Søgne var konsentrasjonen av tot-Al høyere enn 1,0 mg/l i alle sjikt, mens Dividalen hadde den høyeste konsentrasjonen med 2,1 mg/l i 15 cm sjiktet. Konsentrasjonen av totalt aluminium i E-sjiktet for de fem overvåkingsflatene med lengst periode med jordvannsinnsamling er vist i figur 34. Disse flatene viser en svak økning i konsentrasjonen av totalt aluminium i perioden fra 1986-95. Den økende konsentrasjonen av totalt aluminium i jordvannet kan forklares ut fra at basekationene i jorda vaskes ut slik at miljøet blir surere og frigjøringen av aluminium øker. Det var imidlertid heller ikke her noen tendens til at økningen var størst på flatene med høyest deposisjon av  $H^+$ .

Konsentrasjon av klorid var som forventet størst på de kystnære flatene, og avtok innover i landet. Nedstrand og Søgne hadde høyest konsentrasjoner av klorid med over 20 mg/l i jordvannet fra 15 og 40 cm jorddyp. Langtjern hadde lavest konsentrasjon med under 1,0 mg/l i alle sjikt. Konsentrasjonen av natrium var også størst på Nedstrand og Søgne, mens Langtjern og Osen hadde lavest konsentrasjon av natrium.

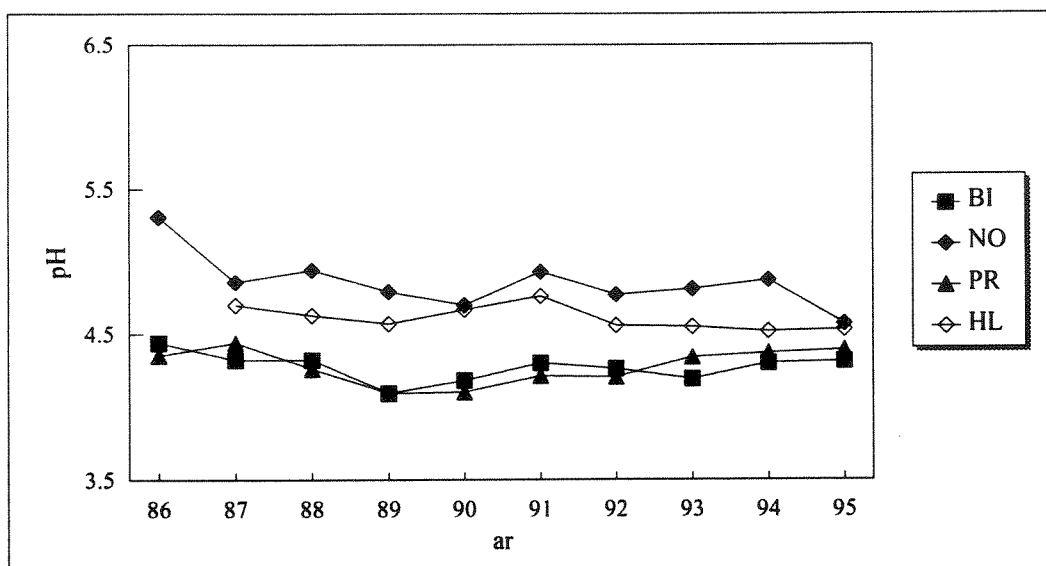
Prestebakke hadde den høyeste konsentrasjonen av sulfat-svovel med 3,4 og 3,1 mg/l i henholdsvis B- og E-sjiktet. Søgne, Nedstrand, Svanhovd og Tustervann hadde sulfat-svovel-konsentrasjoner på over 2,0 mg/l i jordvannet fra noen jordsjikt, mens Selbu hadde de laveste konsentrasjonene av sulfat-svovel i jordvannet. I perioden 1986-95 var det en økning i konsentrasjonen av sulfat-svovel i jordvann fra E-sjiktet på Prestebakke, en nedgang på Høylandet og ingen forandring på Birkenes og Nordmoen, Figur 35.

Konsentrasjonen av nitrogen i jordvannet avtar med økt jorddyp. Kårvatn hadde den høyeste

konsentrasjonen både av totalt nitrogen og nitrat-nitrogen i alle sjikt, fra 1,2-3,3 mg/l totalt nitrogen, og 0,6-2,5 mg/l nitrat-nitrogen. Disse forholdsvis høye nitrogen-konsentrasjonene i jordvannet sammenliknet med de andre flatene skyldes trolig at overvåkingsflaten på Kårvatn ligger i en plantet granskog i en tidligere gråorskog. Svanhovd hadde høyest konsentrasjon av ammonium-nitrogen i alle sjikt, fra 0,1-0,2 mg/l. Konsentrasjonen av nitrogen var likevel svært lav på alle flatene, tildels ubetydelig, og det er ingen synlige tegn på at konsentrasjonen av nitrat-nitrogen i jordvannet har økt som følge av deposisjon av nitrogen-forbindelser.

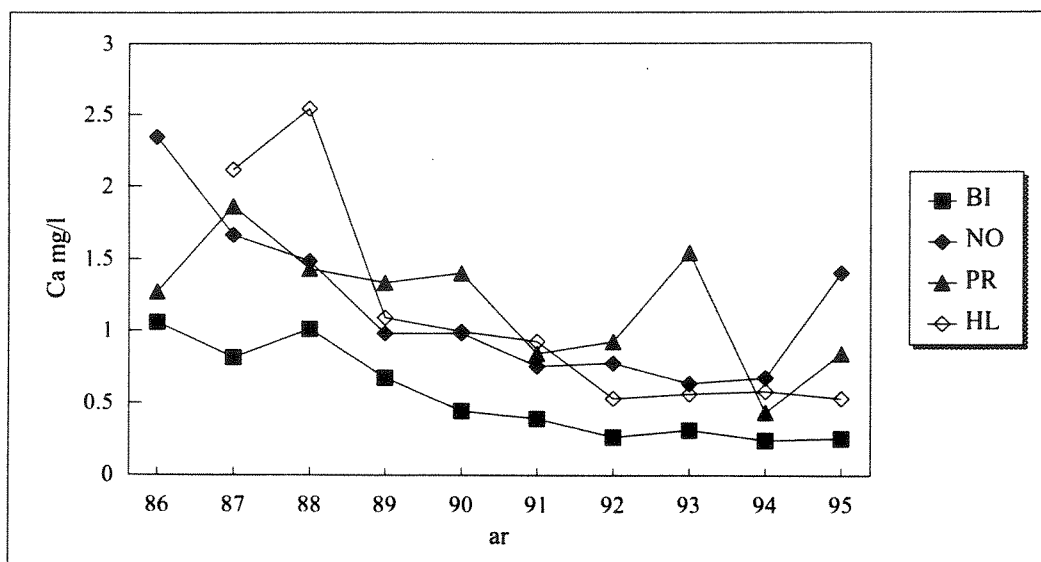
For å illustrere hvordan konsentrasjonen av elementene i jordvannet varierer gjennom året, er Birkenes valgt ut. De ukentlige svigningene

i konsentrasjonen av kalsium, magnesium og totalt aluminium i jordvann fra E-sjiktet i 1995 er vist i figur 36. Av figuren fremgår det at konsentrasjonen av elementene i jordvann kan variere betydelig fra uke til uke gjennom året. Konsentrasjonen av kalsium og magnesium var forholdsvis lav størstedelen av året, henholdsvis på rundt 0,2 og 0,1 mg/l, bortsett fra en periode med høyere konsentrasjon i juni-juli. Konsentrasjonen av totalt aluminium var omlag 0,6 mg/l i januar, og økte fra mars. Alle de tre elementene hadde høyest konsentrasjon samtidig. Variasjonen i kalsium og magnesium var korrelert med hverandre, men ikke med variasjonen i totalt aluminium. Dette viser av jordvannets konsentrasjon av viktige elementer kan variere betydelig både innen et år og mellom årene.



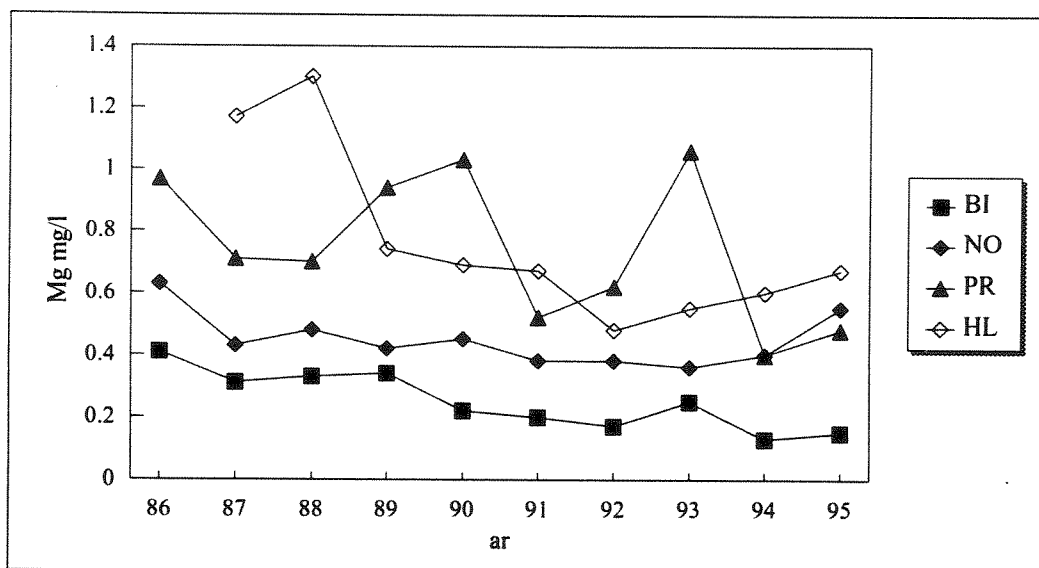
**Figur 31.** pH i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes (BI), Nordmoen (NO), Prestebakke (PR) og Høylandet (HL) fra 1986-1995.

*Figure 31. pH in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1995.*



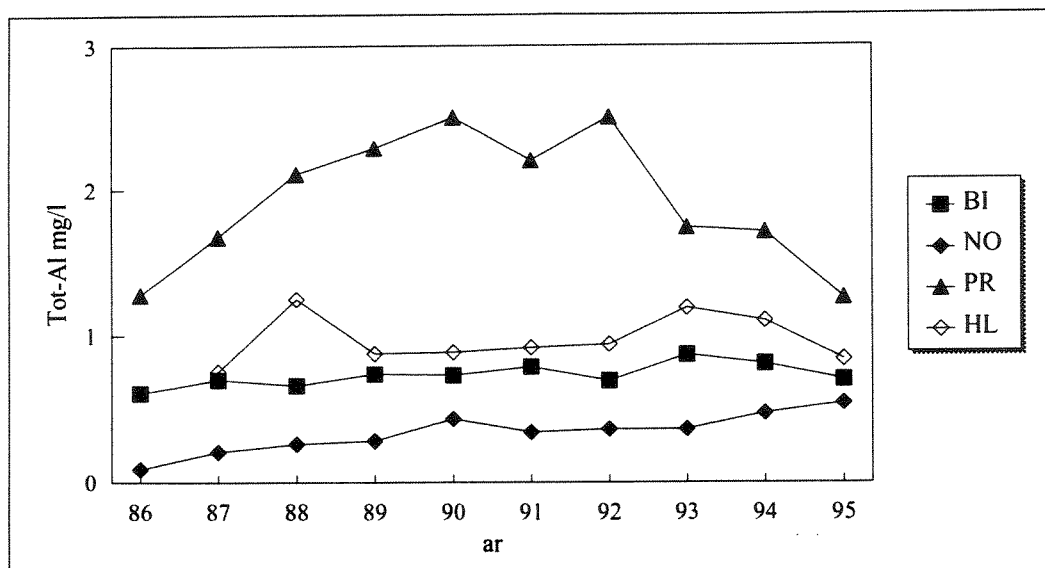
**Figur 32.** Konsentrasjon av kalsium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes (BI), Nordmoen (NO), Prestebakke (PR) og Høylandet (HL) fra 1986-1995.

**Figure 32.** Concentration of calcium in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1995.



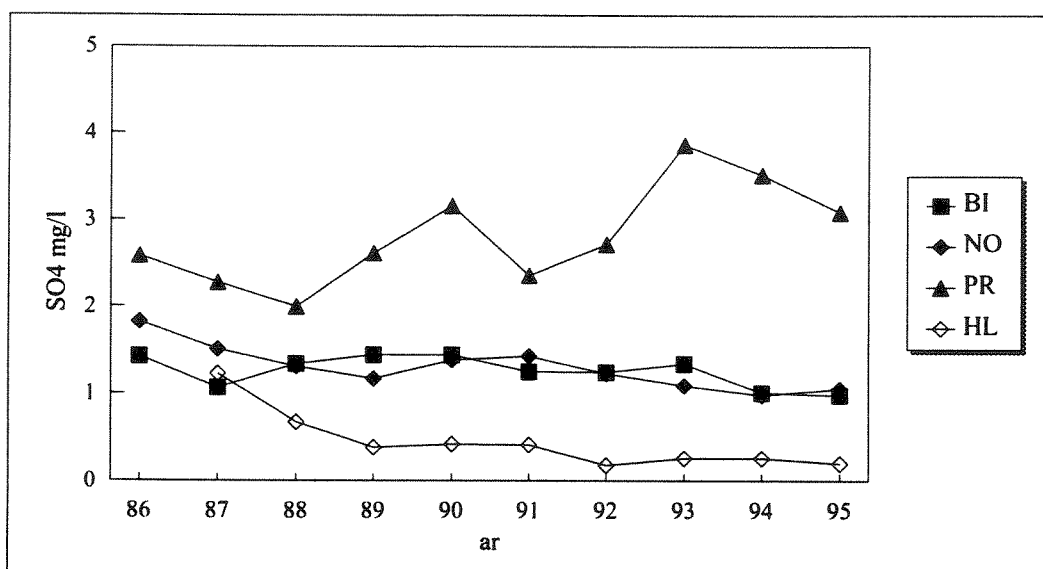
**Figur 33.** Konsentrasjon av magnesium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes (BI), Nordmoen (NO), Prestebakke (PR) og Høylandet (HL) fra 1986-1995.

**Figure 33.** Concentration of magnesium in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1995.



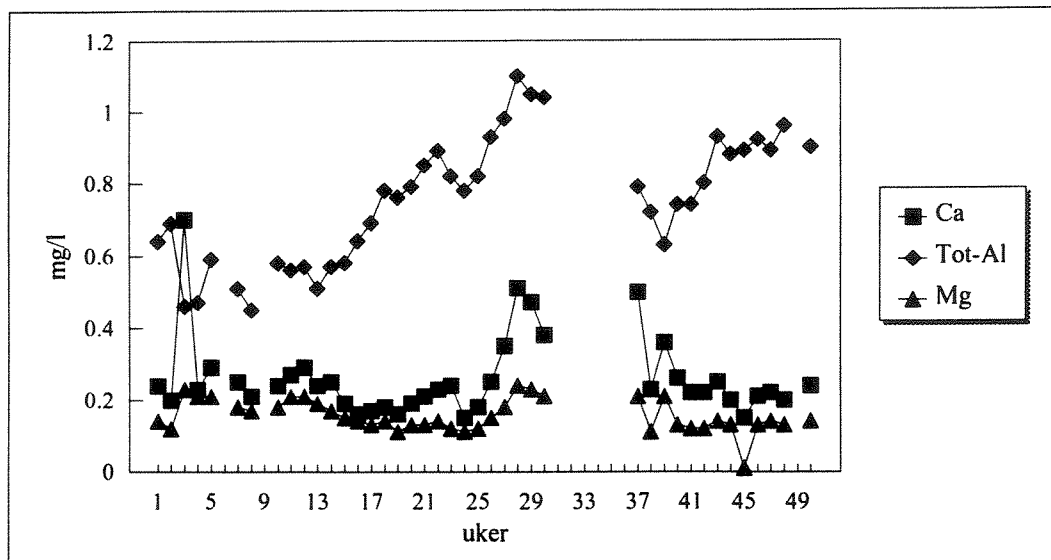
**Figur 34.** Konsentrasjon av totalt aluminium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes (BI), Nordmoen (NO), Prestebakke (PR) og Høylandet (HL) fra 1986-1995.

**Figure 34.** Concentration of total aluminum in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1995.



**Figur 35.** Konsentrasjon av sulfat-svovel i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes (BI), Nordmoen (NO), Prestebakke (PR) og Høylandet (HL) fra 1986-1995.

**Figure 35.** Concentration of sulphate-sulfur in soil water from the E-horizon from some of the monitoring plots in 1986-1995.



**Figur 36.** Konsentrasjon av kalsium, magnesium og totalt aluminium i jordvann fra E-sjiktet på Birkenes i 1995.

**Figure 36.** Concentration of calcium, magnesium and total aluminum in soil water from the E-horizon at Birkenes in 1995.

## 6. Rapport oversikt

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 undersøkelser 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.

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

Statens Forurensingstilsyn  
P.O.Box 8100 Dep  
N-0032 Oslo, Norway

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

Statens forurensningstilsyn  
Pb. 8001 Dep.  
0032 Oslo

Norsk institutt for vannforskning  
Pb. 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Direktoratet for Naturforvaltning  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim

Norsk institutt for naturforskning  
Tungasletta 2  
7005 Trondheim

Landbruksdepartementet  
Pb. 8007 Dep.  
0030 Oslo

Institutt for Zoologi, Universitetet i Bergen  
Allgt. 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 3488-96

ISBN 82-577-3028-9