ISBN: 82-577-4197-3

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder.

Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

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

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

Oppdragsgivere er:
Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo

Direktoratet for naturforvaltning
Tungasletta 2
7485 Trondheim

Landbruksdepartementet
Postboks 8007 Dep.
0030 Oslo

Utførende institusjoner er:
Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2027 Kjeller

Norsk institutt for naturforskning
Tungasletta 2
7485 Trondheim

Norsk institutt for skogforskning
Høgskoleveien 12
1432 Ås

Norsk institutt for vannforskning
Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Norsk institutt for jord- og skogkartlegging
Postboks 115
1431 Ås

Universitetet i Bergen
LFI, Zoologisk institutt
Allégt. 41
5007 Bergen

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

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

Bestilling: http://www.sft.no/skjema.html

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2001 – Sammendragsrapport – 850/2002 - (TA-1887/2002)

Design: Enzo Finger Design. Opplag: xxx. Produksjon: www.kursiv.no

Statlig program for forurensningsovervåking
TA-1887/2002

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2001

850 / 2002

Sammendragsrapport

Direktoratet for naturforvaltning

LANDBRUKSDEPARTEMENTET

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2001
Sammendragsrapport

Rapporten baserer seg på resultater fra de tre statlige overvåkingsprogrammene:

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør
Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)
Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)

TA-1887/2002

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2001 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord, skog og annen vegetasjon og akvatisk og terrestrisk fauna. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre. Vi presenterer her en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne Sammendragsrapporten baserer seg på.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av årsrapporten har vært:

"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", OPS, TOV

Atmosfærisk tilførsel: Wenche Aas, Kjetil Tørseth, Stein Manø, Torunn Berg og Sverre Solberg (NILU)

"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"

Vannkjemi: Brit Lisa Skjelkvåle, Tor Traaen og Liv Bente Skancke (NIVA)
Bunndyr: Arne Fjellheim og Gunnar G. Raddum (LFI, UiB)
Krepsdyr: Ann Kristin Schartau, Bjørn Walseng, Gunnar Halvorsen (NINA) og Terje Nøst (Trondheim kommune)
Fisk: Randi Saksgård og Trygve Hesthagen (NINA)
Jord: Ingvald Røsberg (Skogforsk)

OPS **Samlet redigering:** Dan Aamlid (Skogforsk)
Landsrepresentative flater: Gro Hylen og John Y. Larsson (NIJOS)
Intensive og fylkesvise flater: Svein Solberg, Nicholas Clarke og Dan Aamlid (Skogforsk)

TOV **Samlet redigering:** Erik Framstad (NINA)
Markvegetasjon: Rune Halvorsen Økland (NIJOS) (vegetasjon i Solhomfjell), Vegar Bakkestuen og Odd Egil Stabbetorp (NINA) (vegetasjon i bjørkeskog)
Epifyttisk vegetasjon: Inga Elise Bruteig (NINA)
Fauna: John Atle Kålås (NINA)

Redaktør for rapporten har vært Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA.

Oslo, 17. juni 2002

Ola Glesne	Tor Johannessen
seksjonssjef	senioringeniør

Innhold

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2001 **4**

Acidification status in Norway 2001 **8**

1. Innledning **11**
1.1 Presentasjon av programmene 11
1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv 12
1.3 Referanser til rapporter 14

2. Luft og nedbør **15**
2.1 Utslipp 15
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger 15
2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger 20
2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør 21
2.5 Bakkenær ozon 22
2.6 Sporelementer og organiske forbindelser 25

3. Det akvatiske miljøet **27**
3.1 Effekter på vannkjemi 30
3.2 Effekter på akvatisk fauna 38
3.2.1 Effekter på bunndyr 40
3.2.2 Effekter på krepsdyr 46
3.2.3 Effekter på fisk 52
Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer 54

4. Det terrestriske miljøet **62**
4.1 Effekter på jord 66
4.2 Effekter på skog 68
4.3 Effekter på markvegetasjon 70
4.4 Effekter på epifyttisk vegetasjon 75
4.5 Effekter på fauna 78

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2001

Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 52-74 % fra 1980 til 2001. Dette har resultert i nedgang av sulfat i vann og vassdrag med 30-60% i samme periode. Følgen av dette er bedret vannkvalitet med økning i pH og ANC og nedgang i uorganisk (giftig) aluminium.

Nedgangen i sulfat er nå også målbar i jord.

Videre ser vi en bedring i det akvatiske miljøet med begynnende restituering av bunndyr- og krepsdyrsamfunn og bedret rekruttering hos fisk.

Skogtilstanden har totalt sett bedret seg noe i de siste årene. Den negative trenden for skog i perioden 1989-1997 ser dermed ut til å være snudd, men årsaken til endringen er usikker. Bedrede vekstbetingelser som følge av klimavariasjoner kan spille en rolle. Luftforurensninger generelt antas å svekke trærne slik at de lettere blir påvirket av andre skadelige forhold.

Det er registrert endringer i vegetasjon som kan skyldes luftforurensninger, samtidig ser vi en framvekst av forurensningsfølsom lav og kraftig økning av algevekst på trær i sør. Det er ikke registrert tilbakegang i rovfugl- eller spurvefuglbestander i Sør-Norge.

Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsuringssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringsproblemet i Norge er løst. Problemet er avtagende, men fremdeles mottar store deler av Sør-Norge mer forsurende komponenter i nedbør enn naturen greier å ta hånd om. Resultatet av dette er fortsatt forsuring og dertil store skader på biologiske samfunn.

Utslipp, luft og nedbør

Utslippene av svoveldioksid i Europa er redusert med omlag 59% fra 1980 til 1999 (EMEP, 2001). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 1999 har vært på 47%. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 1999 har utslippet vært redusert med 23%. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 1999 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med ca 16%.

Endringene av svovel- og nitrogenkomponenter i luft og nedbør er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. Fra 1980 til 2001 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 52 og 74%. Reduksjonene for svoveldioksid for tilsvarende periode er mellom 72% og 97%, og for sulfat i luft mellom 63% og 72%. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986. For de oksiderte nitrogenkomponentene har det imidlertid vært en relativt tydelig nedgang etter 1990.

Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2001 var 144 $\mu g/m^3$ målt på Prestebakke 16. august. Dette var den nest laveste årsmaksimumet sammenlignet med de foregående ti årene. Antall episodedøgn og antall datoer med overskridelser av EU-direktivet for 8-timers middel var også lavt i 2001 sammenlignet med den tidligere tiårs perioden. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster ble overskredet på Prestebakke, men tålegrensen for skog ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

Vannkjemi

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 40-60 % fra 1980-2001. 2001 viser de laveste sulfatnivåene i vann som er registrert så langt innen overvåkingen. Som en følge av dette, har forsuringssituasjonen i vann og vassdrag vist en klar forbedring gjennom hele 90-tallet. I 2001 finner vi de høyeste verdiene av ANC og de laveste verdiene av uorganisk aluminium ("giftig aluminium") som er registret i overvåkingen. Forbedringene i forsuringssituasjonen er mest markert i de sterkest forsurede områdene på Sørlandet og noe mindre markert på Vestlandet og Østlandet. Selv Midt-Norge og Nord-Norge som har svært lav forurensningsbelastning, viser tendenser til redusert forsuring. Øst-Finnmark, som er påvirket av industri-utslipp på Kola, viser en mindre entydig utvikling. Nitrat varierer generelt en del fra år til år og det er ingen tydelige nedadgående trender. Likevel ser vi at for mange av regionene er de laveste konsentrasjonene av nitrat registrert de siste tre til fire årene. Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert gjennom en del år på 90-tallet, har nå flatet ut eller avtatt slik at det ikke lenger er klart at det er en økende trend.

Akvatisk fauna

Invertebrater

De regionale bunndyrundersøkelsene viser at skadene på bunndyrfaunaen har avtatt i flere av vassdragene. Totalt sett er situasjonen i 2001 den beste som er registrert etter at det regionale overvåkingsprogrammet startet i første halvdel av 1980-tallet. De ulike vassdragene viser imidlertid store forskjeller med hensyn til skadeomfang. Generelt har vassdragene på Sørlandet og Sør-Vestlandet størst skader. Vassdragene lenger nord på Vestlandet har en mindre skadet bunndyrfauna.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - meget sterkt forsuringsskadet). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitene moderat til lite skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de flest tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også en del innsjøer som vurderes til moderat forsuringsskadet. År til år variasjoner i artsrikdom og dominansforhold er vist for de fleste innsjøene. Endringene over de seks årene overvåkingen har pågått, er imidlertid små og gir ikke grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringssituasjonen. For enkeltlokaliteter, der det fins eldre data (1980- og 1990-tallet), er det imidlertid indikasjoner på endringer i positiv retning. En positiv utvikling, med reetablering av forsuringssensitive arter i de siste 5-10 år, er først og fremst registrert for region III, IV og V.

For åtte innsjøer er krepsdyrfaunaen rekonstruert for perioden før forsuringen startet og fram til i dag. Dette er gjort ved å studere skallrester og hvileegg av vannlopper funnet på ulike sjikt i sedimentet. Forekomsten av forsuringssensitive vannlopper og vurdering av tidspunkt for når disse eventuelt forsvant fra innsjøen samvarierer med graden av forsuringsskader på den eksisterende faunaen. Disse artene forsvant tidligere fra innsjøer som i dag vurderes som sterkt forsuringsskadet sammenlignet med mindre forsuringsskadete innsjøer. Resultatene viser også at enkelte forsuringssensitive arter antagelig alltid har manglet, eller kun vært til stede med tynne bestander, i de mest sure innsjøene, også i perioden før forsuringen startet.

Fisk

Forsuringen har forårsaket store skader på fiskebestander her i landet, med henholdsvis rundt 9.600 tapte og 5.400 skadede bestander. Aure er den arten som er påført størst skade, med rundt 8.200 tapte og 3.900 skadede bestander. Videre er nærmere 1.000 abborbestander tapt pga forsuring, mens antallet samlet for røye, mort, ørekyte og gjedde ligger på rundt 500. Agderfylkene har de største skadene med rundt 62% av alle tapte aurebestander, men også Rogaland har betydelige tap med rundt 1.300 aurebestander. Undersøkelsene av fisk i innsjøer viser en positiv utvikling i flere regioner, men fiskebestander i enkelte av lokalitetene på Sør- og Vestlandet har hatt en negativ utvikling. I tillegg er det en del tapte fiskebestander i de utvalgte lokalitetene i denne delen av landet. Forsuringssituasjonen er derfor fortsatt alvorlig i de mest utsatte områdene. I Midt-Norge og nordover i landet er situasjonen stort sett uendret, eller det har vært en økning i fisketettheten i enkelte lokaliteter. Den positive utviklingen i tettheten av aureunger i gytebekker i Vikedal og Bjerkreim i Rogaland fortsetter, mens det ikke har vært noen slike endringer i Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane.

Jord

Alle jordovervåkingsfeltene er prøvetatt 2 ganger med 8-9 års mellomrom og 4 felt er prøvetatt 3 ganger over 19 år. Resultatene viser noe forskjellig utvikling i humusrike profiler og i jord med synlig E- og B-sjikt. På sistnevnte minker Ca-konsentrasjonen mens vannløslig sulfat øker. Samtidig øker også basemetningen og pH i de øvre, organiske lag i jorda.

Skog

Trærnes kronetilstand har vært rimelig stabil de siste årene. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sjukdommer (for eksempel ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse forholdene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. I fremtiden vil trolig eventuelle utslag av et endret klima spille en større rolle. I 2001 ble det over store områder i Sør-Norge registrert sterke angrep av knopp- og greintørkesopp på furu. Dette forårsaker misfarging av nålene som seinere faller av og medfører redusert kronetetthet. Noen trær må også forventes å dø. Årsaken til angrepet var trolig unormale værforhold høsten 2000 og vinteren 2000/2001.

Resultater fra skogøkologiske undersøkelser på intensivflater viste at skogøkosystemet var stabilt, og som vanlig med betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger, trolig innenfor den variasjon som er normalt i slike barskogsystemer.

Terrestrisk flora og fauna

En sammenfattende analyse av endringer i markvegetasjonen i barskog og dels også i bjørkeskog i ulike overvåkingsområder i Sørøst-Norge (både i regi av TOV og NIJOS) tyder på at endringer i karplantenes sammensetning kan skyldes effekter av lang tids forurensningsbelastning. Endringer i mosefloraen synes relatert til klimaendringer. I andre overvåkingsområder nord for ca 60°N er det også delvis påvist endringer i markvegetasjonen, men det er ikke sannsynlig at disse skyldes langtransporterte forurensninger.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Det er registrert noe forbedring i disse parameterne ved gjenkartlegging etter 5 og 10 år. Det er registrert en kraftig økning av algevekst på trestammer i Lund i Rogaland.

Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastede områder enn i nord, men svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene.

Acidification status in Norway 2001

About the monitoring programmes
This report covers the main result for 2001 from three national monitoring programmes "Monitoring of long-range transported air-pollution", "Monitoring programme for forest damage" (OPS) and "Programme for terrestrial ecosystem monitoring" (TOV). These three programmes organise extensive monitoring on air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

Air
Emissions of SO2 in Europe have decreased by about 59% since 1980, 47% since 1990. The emissions of nitrogen oxides and ammonia increased up to 1990 but have decreased since then by about 23 and 16% respectively (EMEP, 2001). The observed reductions in concentration levels are in agreement with these reported downwards trends in pollutant emissions in Europe. The wet deposition of sulphate was in 2001 one of the lowest measured since the monitoring started in 1973. Since 1980 the content of sulphate in precipitation at the various sites decreased by 52-74%. Similar reductions in airborne concentrations were between 72- 97% and 63-72% for sulphur dioxide and sulphate, respectively. There are generally not that significant trends in nitrogen concentrations in precipitation, but the nitrate concentrations have decreased somewhat at a few sites. In air there is a clear decrease in the oxidised nitrogen species the last 10 years.

Water
The decrease in sulphate in deposition has caused a decrease in sulphate in lakes and rivers of 40-60% from 1980-2001. 2001 in general shows the lowest sulphate content in lakes and rivers measured during the monitoring programme (since 1980). As a consequence, the acidification situation in lakes and rivers has shown a clear improvement in the 1990ies with increases in pH and ANC (acid neutralising capacity) and decrease in inorganic (toxic) aluminium. There is no systematic long-term change in nitrate, although the last four to five years, 1997 to 2001, in many sites show lower values than previously observed. The slight increase in TOC during the 90's has now leveled off.

Aquatic fauna
Invertebrates
The invertebrate monitoring demonstrated decreased damages to the benthic invertebrate communities in most of the monitored watersheds, a trend which have been prominent since 1990. The improved conditions is reflected by increased biodiversity and distribution of acid-sensitive invertebrates in several of the areas which earlier were damaged. Regional differences are, however, still evident. Generally watersheds in southernmost Norway are more damaged than those further north.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2001) confirm the general trend that watersheds in southernmost Norway are more damaged than those situated further north and in the central mountain areas of Southern Norway. The species richness and composition does not indicate clear improvements with regard to acidification during the six years of study. However, additional data from the 1980-

ties and 1990-ties from some lakes might indicate positive changes in the invertebrate communities in the southernmost Norway, with recolonisation of sensitive taxa during the last 5-10 years.

Studies of cladocerans from lake sediments have been carried out for some of the lakes. The occurrence and eventually time of disappearance of sensitive taxa based on the paleolimnological studies show high correlation with the degree of acidification damages based on the present fauna. Some of the acid sensitive species may never have occurred in the most acidic lakes, not even prior to acidification.

Fish

The status on fish populations in Norwegian lakes was based on questionnaires in early 1990s. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish in Norwegian lakes greater than 3.0 ha in acidic areas were estimated to be about 9.600 and 5.400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total of about 8200 lost stocks. Lakes in southernmost Norway, i.e. the counties Aust-Agder and Vest-Agder have suffered the highest damage with nearly 6.000 lost stocks. Test-fishing with gill nets in lakes in southern and south-western Norway, indicate improvement in the fish populations. However, some fish populations have also decreased in density. The density of young brown trout in tributary streams to lakes was assessed by means of electrofishing. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway have increased significantly in recent years, and these populations have to some extent recovered. However, streams in Gaular watershed in western Norway no corresponding positive response for young brown trout has so far been registered.

Soil

Over the last 8 years pH has shown a small increase in the uppermost organic layer. This was accompanied by an increase in base saturation. In organic soils there were a decrease in water-extractable sulphate, but an increase in mineral soils. However, water-extractable sulphate have decreased on most plots since 1994.

Forest

Crown conditions have been rather stable the last few years. The condition of a tree's crown depends on a number of factors such as aging, diseases (e.g. fungi), growth conditions and climatic stress (drought and frost). When trees languish it is often caused by a combination of such natural influences. Air pollution comes in addition to natural factors and acts in combination with them. The influence from air pollution is difficult to assess, as its effects are rather small compared to that of other affecting factors. Changes in climatic conditions are expected to become more important in the future. Severe attacks of *Gremmeniella abietina* fungi on pines were recorded in Southern Norway in 2001. This causes discoloration of needles and later needle losses and hence decreased crown density. Furthermore some mortality has to be expected. The infections can most likely be traced to abnormal weather conditions in the fall of 2000 and during the winter of 2000/2001. The findings from forest ecological investigations on intensive monitoring plots showed a stable forest eco-system with large fluctuations from year to year in some measurements. Such fluctuations are as expected and they are most likely normal for coniferous forest eco-systems.

Terrestrial flora and fauna

A comprehensive analysis of changes in ground vegetation in coniferous forest and partly also in birch forest in various monitoring areas in Southeast Norway (run by both TOV and NIJOS) indicates that changes in the species composition of vascular plants may be linked to effects of accumulated pollution loads. Changes in the bryophyte flora appear related to inter-annual climate variation. In other monitoring areas north of about 60°N, changes in ground vegetation are also partly recorded, but these changes are unlikely to be related to effects of long-range pollution.

Inventories of epiphytic lichens on trunks of birch in the monitoring areas (pine in Solhomfjell), show a clear relationship between lichen coverage and damage and deposition patterns of pollutants, with lowest coverage and highest damage frequency in the southernmost areas. Repeated inventories after 5 and 10 years indicate generally improved coverage and damage status in the southern areas. There is a marked increase in the growth of algae on tree trunks in the southernmost area Lund.

Monitoring of golden eagles and gyrfalcons in the monitoring areas indicate good production also in the most polluted areas of South Norway. There is no indication that population variations in passerine birds are significantly different in southern compared to northern areas. However, hatching success of pied flycatchers in the southernmost areas has been somewhat lower for some of the early years of the monitoring.

1. Innledning

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

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

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

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

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

"Arbeide for at naturens tålegrense for forsuring og bakkenært ozon ikke overskrides".

1.1 Presentasjon av programmene

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

(bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet.

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)
Landbruksdepartementet og SFT er oppdragsgivere og finansierer "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) som ble opprettet i 1985. Formålet til OPS er blant annet å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Programmet blir utført av NILU (tilførsel av luftforurensing), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) (representative undersøkelser av skogtilstand), skogoppsynet (skogtilstand i produksjonsskog) og Skogforsk (skogøkologiske undersøkelser på "intensivflater") som også koordinerer programmet. OPS har en egen styringsgruppe.

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)
Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) ble startet av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i 1990 for å belyse effektene av langtransporterte forurensninger på representative terrestriske økosystemer i norsk natur. Programmet omfatter studier av effekter av forsuring, nitrogengjødsling, metaller og organiske miljøgifter. Det foregår dels som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder og dels i form av landsomfattende og regionale kartlegginger av status for noen biologiske forurensningsindikatorer. DN står for finansiering og styring av TOV, og har støttet seg til et fagråd i utviklingen og gjennomføringen av programmet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er lagt til NINA (markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon, fauna, miljøgifter i næringskjeder, radioøkologiske undersøkelser) og NIJOS (vegetasjon i barskog). Fra og med 2001 er TOV under omlegging med en sterkere konsentrasjon om effekter på biologisk mangfold, snarere enn tilførsler og nivå av forurensningsstoffer. Jord og jordvann er tatt ut av TOV, og Skogforsk deltar derfor ikke lenger i programmet.

1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv

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

1. **Nitrogenprotokollen (1988)** forplikter landene til å redusere sine NO_x-utslipp til 1987-nivå.
2. **VOC-protokollen (1991)** forplikter landene til å redusere utslippene av flyktige organiske komponenter (VOC) med 30% relatert til 1988 (eller et valgfritt år mellom 1984 og 1990).
3. **Svovelprotokollen (1985)** forplikter landene til å redusere utslippene av svovel med 30%

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

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

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

1.3 Referanser til rapporter

Referer til denne rapporten som:
SFT, 2002. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2001- Sammendragsrapport. SFT-rapport 850/2002, TA 1887/2002.

Luft og nedbør:
SFT, 2002. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2001. W.Aas, K. Tørseth, S. Solberg, T. Berg, S. Manø og K.E. Yttri. SFT rapport 847/02.

Vannkjemi, vannbiologi og jord:
SFT, 2002. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 2001. SFT-rapport under utarbeidelse. Vil bli tilgjengelig fra ca. 1 oktober 2002.

Skog og jord:
Hylen, G. og Larsson, J. Y. 2002. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2001. NIJOS rapport 1/2002:1-64.

Solberg, S. 2001. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2001. Rapport fra skogforskningen 9/01:1-20.

Solberg et al. 2002. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 2001. Aktuelt fra skogforskningen X/02:1-x. Under utarbeidelse.

Terrestrisk flora og fauna
Bakkestuen, V., Stabbetorp, O.E., Erikstad,L., Brattbakk, I. og Sørlie, 2002. Vegetasjonsøkologiske undersøkelser av boreal bjørkeskog i Lund og Åmotsdalen – reanalyser 2001. NINA Oppdragsmelding (i trykk).

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

Kålås, J.A. og Framstad, E., 2002. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene 2001. NINA Oppdragsmelding (i trykk).

Økland, T., Bakkestuen, V., Økland, R.H. og Eilertsen, O. 2001. Vegetasjonsendringer i nasjonalt nettverk av flater for intensiv overvåking i skog. NIJOS-rapport 08/01: 1-46.

2. Luft og nedbør

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

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2001 utført døgnlig ved 9 stasjoner og på ukebasis ved 16 stasjoner (**Figur 1**). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 7 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 10 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 14 stasjoner inklusive tre stasjoner drevet av SFTs kontrollseksjon i Nedre Telemark. Tungmetaller i luft måles på to stasjoner, det samme gjelder for organiske luftkomponenter.

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 som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet er utslippene av svoveldioksid redusert med omlag 59% fra 1980 til 1999 (EMEP, 2001). Utslippsreduksjonen fra 1990 frem til 1999 har vært på 47%. Reduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30% fra 1980. Utslippene av nitrogenoksider var ganske stabilt på åttitallet, men fra 1990 til 1999 har utslippet vært redusert med 23% (EMEP, 2001). Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. I perioden 1990 til 1999 avtok imidlertid utslippene av ammoniakk med ca 16%.

Høsten 1999 ble den foreløpig siste internasjonale avtalen for reduksjon av utslipp av luftforurensninger undertegnet. Dette er en multikomponent protokoll og målsetningen er å redusere svovelutslippene i Europa med 63% innen år 2010 sammenlignet med 1990. Utslippene av nitrogenoksider og ammoniakk skal reduseres med henholdsvis 41% og 17%.

2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat ble i 2001 registrert på Svanvik i Finmark, mens de høyeste årsmidlene av sterk syre (H^+), nitrat og ammonium var på stasjonene Søgne, Lista, Lardal og Birkenes. For ammonium er som tidligere enkelte målestasjoner lokalt påvirket av landbruksaktivitet. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre var

størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i **Figur 2**.

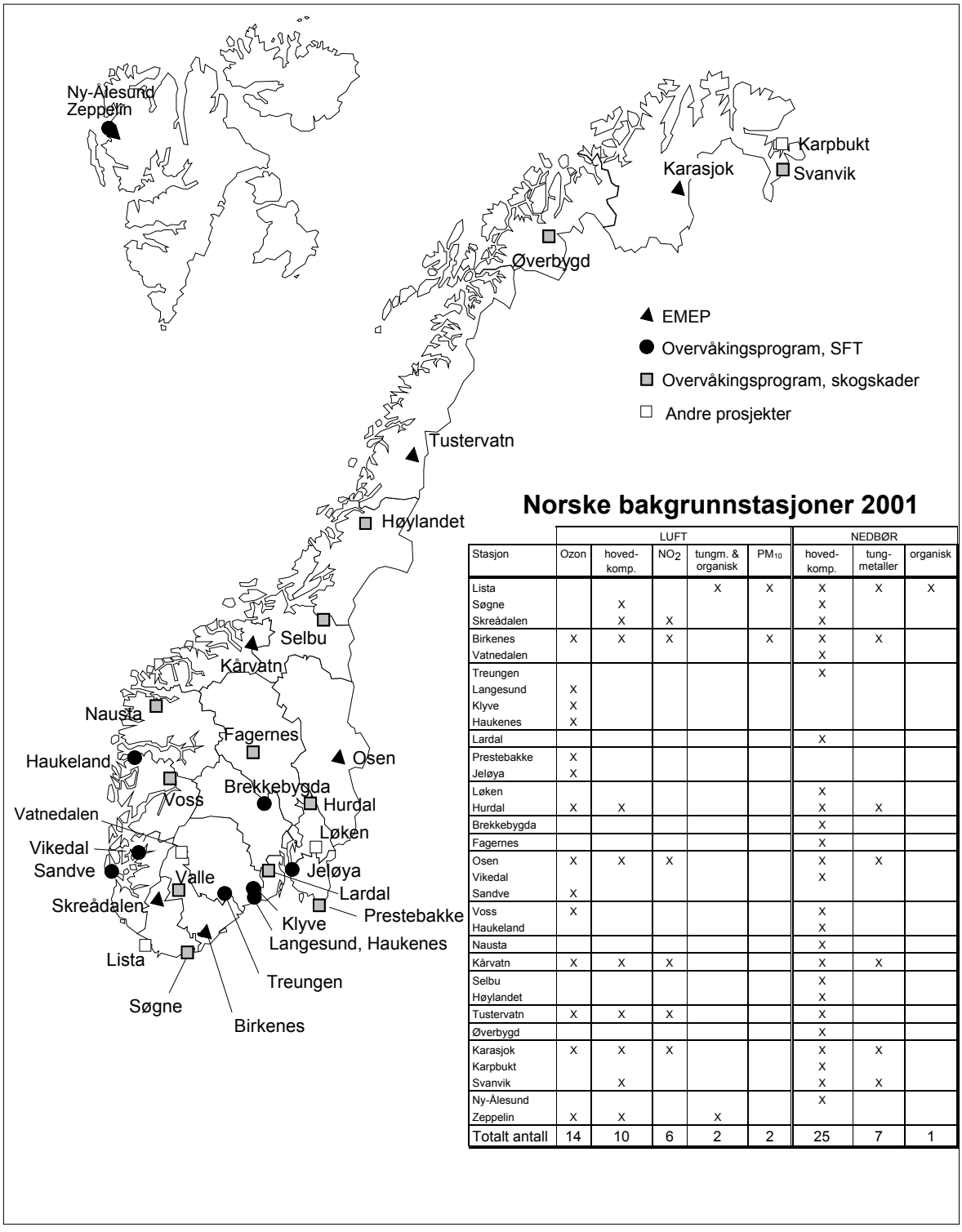
Ved de fleste målesteder var konsentrasjonene av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2001 ganske likt sammenlignet med 2000. Noen stasjoner viser svak nedgang, mens på enkelte stasjoner øker konsentrasjonene noe. Avsetningen av disse komponentene er derimot redusert på alle stasjonen da nedbørmengden var meget høy i 2000. Våtavsetningen i 2001 er noe av det laveste registrert siden målingene startet på begynnelsen av syttitallet.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre økte stort sett fram til slutten av 1970-årene, og har deretter avtatt. Konsentrasjonene har avtatt mest i Sør-Norge, men de relative reduksjonene øker noe mot nord.

Figur 3 viser veide gjennomsnittsverdier for 7 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold, mens innholdet av nitrat og ammonium har gjennomgående vært på samme nivå.

I perioden 1980–2001 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 52 og 74%. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 ved tre av målestasjonene, Birkenes, Brekkebygda og Løken. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved fire målestasjoner, mens det har vært en økning ved Tustervatn. Endringer i konsentrasjonene av ammonium antas å være påvirket av endring i bidraget fra lokale kilder. Innholdet av basekationet kalsium er redusert ved de fleste stasjoner. Sjøsaltinnholdet i nedbøren viser signifikant økning i perioden på kyststasjonen Lista. Innholdet av sjøsalter i nedbøren påvirkes sterkt av de meteorologiske forhold og varierer av den grunn mye fra år til år. Høyt sjøsaltinnhold i nedbøren skyldes som regel sterk pålandsvind.

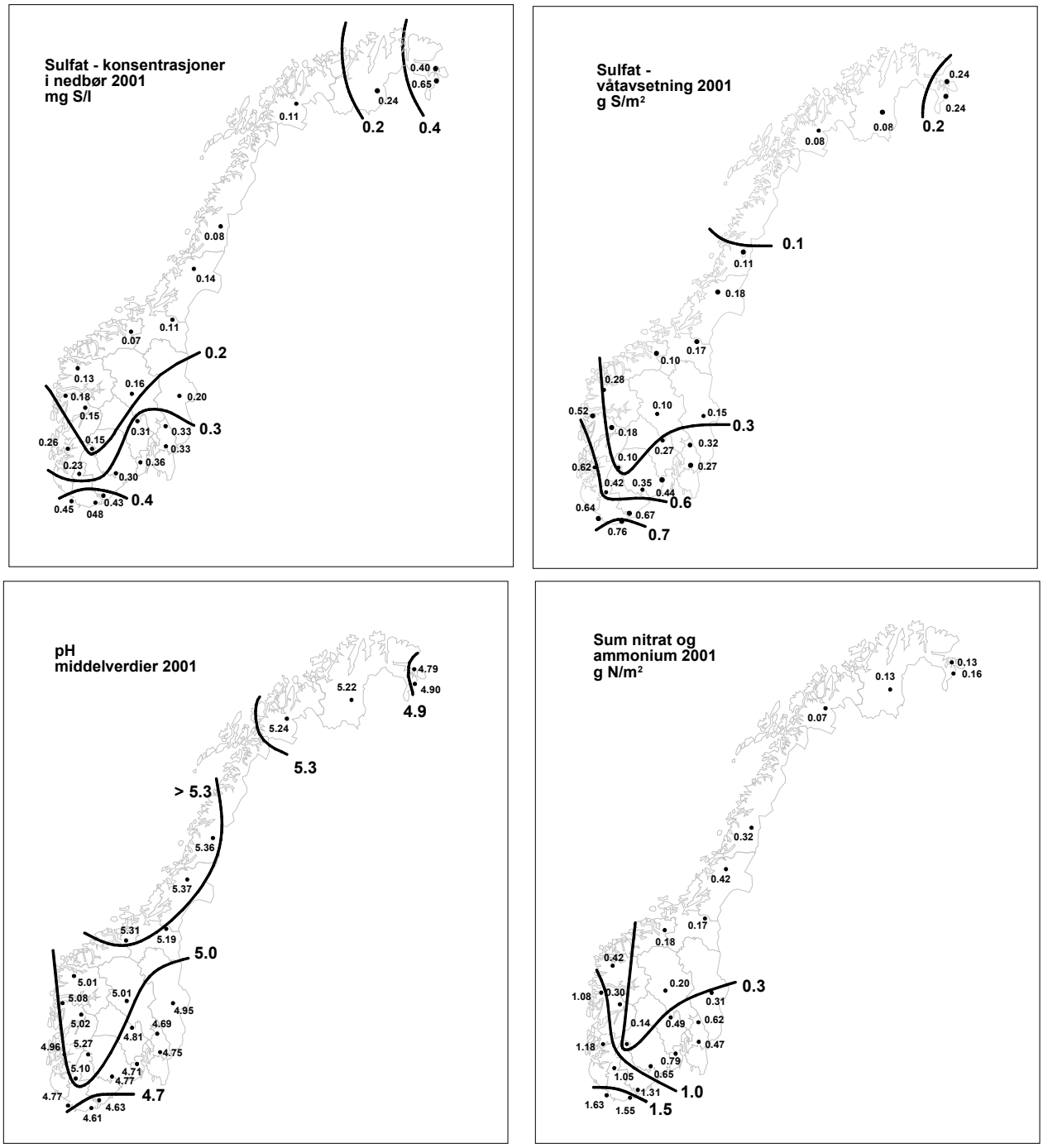
Disse observasjonene samsvarer godt med de rapporterte endringer i utslipp, se kapittel 2.1.



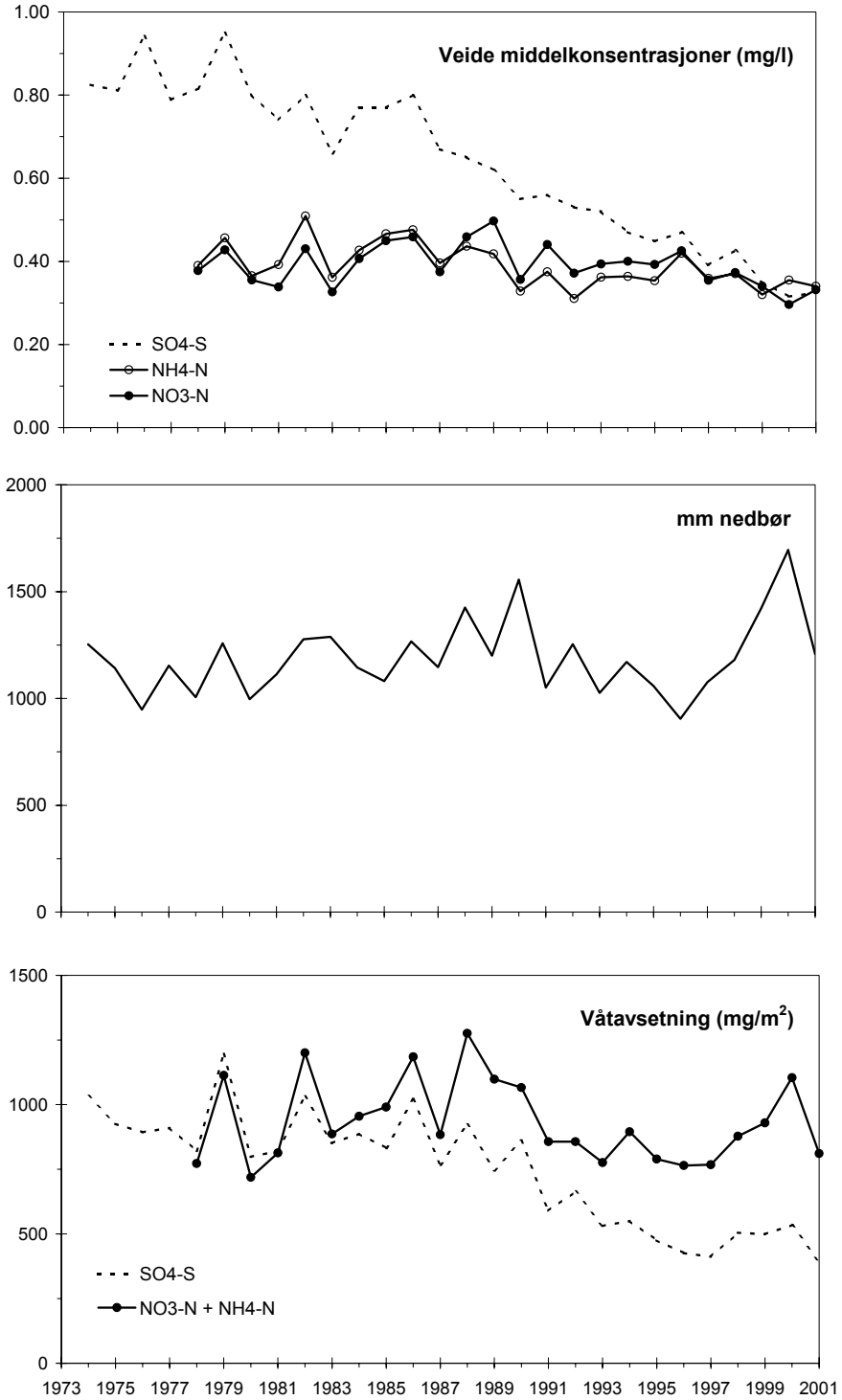
Norske bakgrunnstasjoner 2001

	LUFT					NEDBØR		
Stasjon	Ozon	hoved-komp.	NO_2	tungm. & organisk	PM_{10}	hoved-komp.	tung-metaller	organisk
Lista				X	X	X	X	X
Søgne		X				X		
Skreådalen		X	X			X		
Birkenes	X	X	X		X	X	X	
Vatnedalen						X		
Treungen						X		
Langesund	X							
Klyve	X							
Haukenes	X							
Lardal						X		
Prestebakke	X							
Jeløya	X							
Løken						X		
Hurdal	X	X				X	X	
Brekkebygda						X		
Fagernes						X		
Osen	X	X	X			X	X	
Vikedal						X		
Sandve	X							
Voss	X					X		
Haukeland						X		
Nausta						X		
Kårvatn	X	X	X			X	X	
Selbu						X		
Høylandet						X		
Tustervatn	X	X	X			X		
Øverbygd						X		
Karasjok	X	X	X			X	X	
Karpbukt						X		
Svanvik		X				X	X	
Ny-Ålesund						X		
Zeppelin	X	X		X				
Totalt antall	14	10	6	2	2	25	7	1

***Figur 1**. Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2001.*
***Figure 1.** Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2001.*

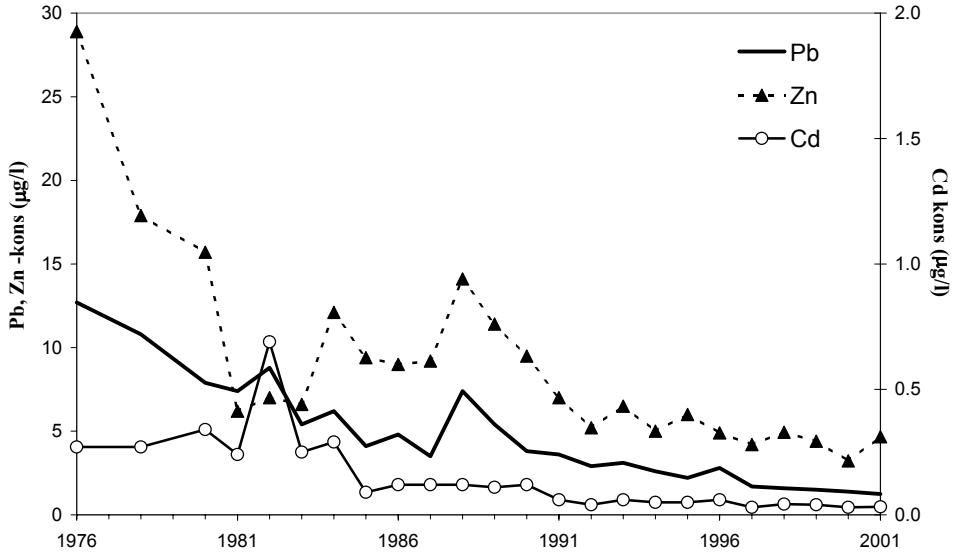


Figur 2. *Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2001.*
Figure 2*. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2001.*



Figur 3. *Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter 1973-2001 for 7 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.*
Figure 3. *Annual mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen based on 7 representative sites in Southern Norway.*

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly i nedbør ble målt på Svanvik med 2,56 µg/l. Svanvik i Sør-Varanger hadde også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av kadmium og bly i 2001 var størst på Birkenes, mens sink hadde størst avsetning på Lista. Våtavsetningene av nikkel, arsen, kopper og kobolt var størst i Øst-Finnmark. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant, utenom på Svanvik der det derimot har vært en viss økning i blykonsentrasjonen de siste par årene. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes, **Figur 4**.



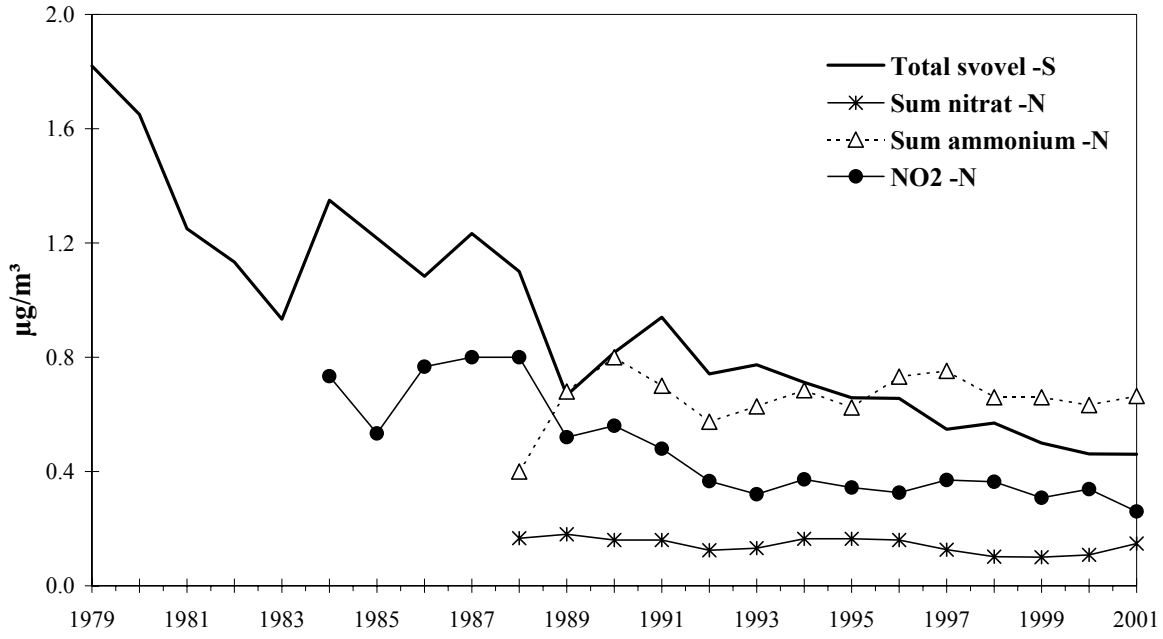
Figur 4. *Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2001.*
Figure 4. *Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2001.*

2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark. Den markert høyeste årsmiddelverdien av svoveldioksid i 2001 og den høyeste maksimumsverdien (41,9 µg $S \cdot m^{-3}$ midlet over to døgn) ble registrert på Svanvik i Sør-Varanger. Dette skyldes utslippskilder på Kolahalvøya i Russland. Til sammenligning ble den høyeste maksimumsverdien av svoveldioksid i Sør-Norge målt til 2,40 µg $S \cdot m^{-3}$ (døgn-middel) på Birkenes. Den høyeste maksimumsverdien av partikulært sulfat (4,98 µg $S \cdot m^{-3}$) ble også målt i Svanvik, mens det høyeste årsmiddelet (0,58 µg $S \cdot m^{-3}$) var i 2001 i Søgne. Søgne antas å påvirkes både av tilførsel fra Kristiansandområdet og lokale kilder i tillegg til langtransportert forurensning.

De høyeste døgnmiddelverdier av NO_2 ble målt på Birkenes (2.65 µg $N \cdot m^{-3}$) og Skreådalen (2,43 µg $N \cdot m^{-3}$). Årsmiddel- og prosentilkonsentrasjonene viser at stasjonene i Sør- og Øst-Norge har de høyeste nitrogendioksidnivåene. Månedsverdiene for NO_2 var høyest i vintermånedene. Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne (0,31 µg $N \cdot m^{-3}$), mens høyeste årsmiddelverdier for "sum ammonium" hadde Skreådalen, Tustervatn og Svanvik (hhv. 1,30; 0,95 og 0,90 µg $N \cdot m^{-3}$) Dette skyldes bl.a. påvirkning fra lokal landbruksaktivitet.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 72% og 97%, og for sulfat mellom 63% og 72%. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ ammoniakk i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986. Imidlertid har det vært en relativt tydelig nedgang for de oksiderte nitrogenkomponentene etter 1990 spesielt for Birkenes, Osen og Skreådalen, **Figur 5**.

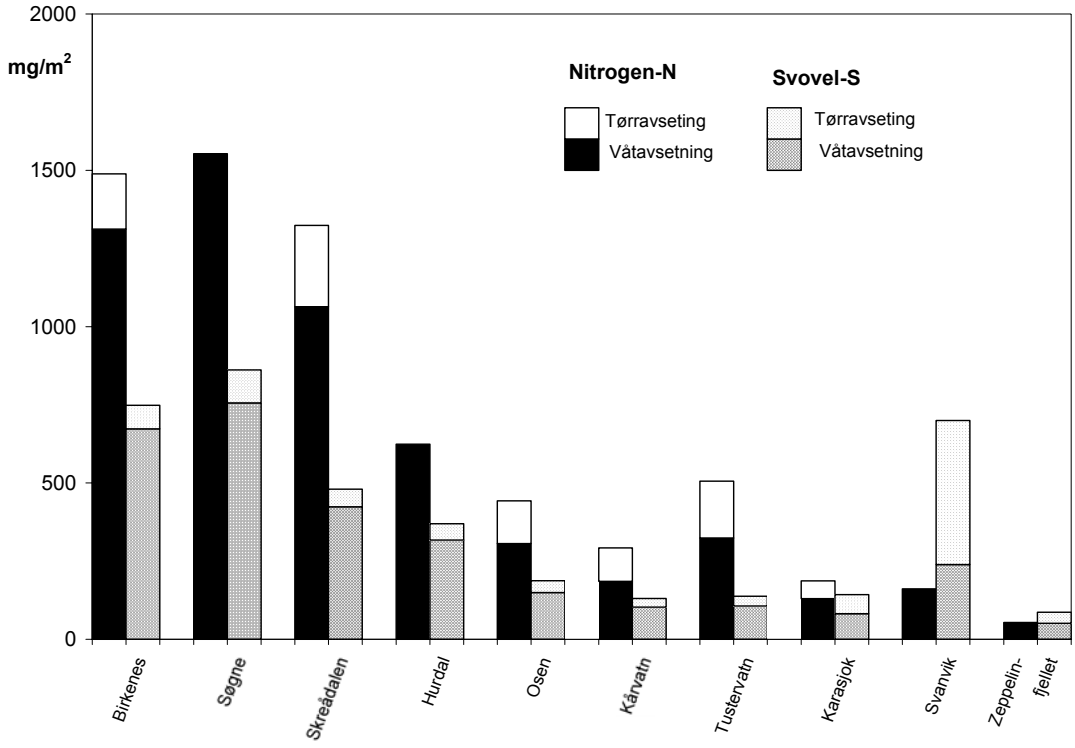


Figur 5. *Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel (SO_2+SO_4^-), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen (NH_3+NH_4) og NO_2 på fem norske bakgrunnstasjoner.*
Figure 5. *Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at five Norwegian background sites, 2001.*

2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

Figur *6* viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark. Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn, Skreådalen og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Tørravsetningen av svovel- og nitrogenkomponenter er beregnet til å være markert større om sommeren enn om vinteren i alle landsdelene. Bidraget

av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 14–27% om sommeren og 4–21% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt særlig på Svanvik på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør (hhv. 38–65% om sommeren og 53–67% om vinteren). Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.



Figur 6. *Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakrunnstasjoner i 2001.*
Figure 6. *Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites.*

2.5 Bakkenær ozon

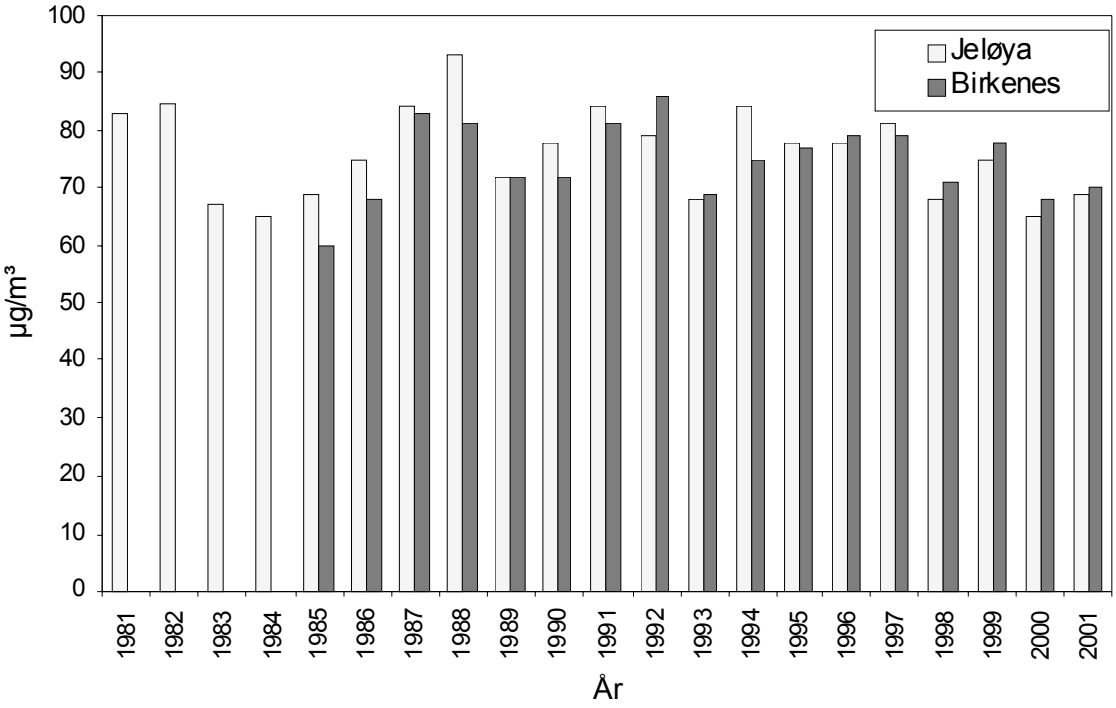
Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2001 var 144 µg/m^3 målt på Prestebakke 16. august, **Tabell 1**. Dette var den nest laveste årsmaksimumet sammenlignet med de foregående ti årene. Antall episodedøgn og antall datoer med overskridelser av EU-direktivet for 8-timers middel var lavt i 2001 sammenlignet med den tidligere tiårs perioden. Grenseverdiene for helse med 8-timers middel på 80 µg/m3 (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene, mens det var få overskridelser av grenseverdiene på 110 (EUs grenseverdi) og 120 µg/m^3 (WHOs grenseverdi).

Grenseverdien for vegetasjon på 50 µg/m3 som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2001. **Figur *7*** viser 7-timers middelverdien for Jeløya og Birkenes i perioden 1981-2001. Figuren viser en del variasjon fra år til år og at

det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Middelverdien var størst på Prestebakke med 78 µg/m3. SFTs tålegrense på 60 µg/m^3 (8-timers middel) og EUs grenseverdien på 65 µg/m^3 (24-timers middel) ble også overskredet på samtlige stasjoner. Tålegrensen for akkumulert ozoneksponering av landbruksvekster (3 måneders AOT40) på 3000 ppb-timer ble overskredet på Prestebakke. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog (6 måneders AOT40) ble ikke overskredet på noen av stasjonene.

***Tabell 1**. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100 µg m^{-3}, 2001.*
***Table 1.** Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100 µg m^{-3} in 2001.*

Målested	Totalt antall		100 µg/m^3		Høyeste timemiddelverdi	
	Timer	Døgn	h	d	µg/m^3	Dato
Prestebakke	8630	362	239	43	144	2001-08-16
Jeløya	8569	358	135	27	120	2001-07-07
Hurdal	8474	357	152	27	129	2001-07-06
Osen	8656	365	249	40	119	2001-04-22
Langesund	8687	365	187	34	126	2001-07-07
Klyve	8687	365	62	20	130	2001-07-08
Haukenes	3434	149	235	44	132	2001-07-07
Birkenes	8705	365	123	24	124	2001-05-18
Sandve	8736	365	243	39	139	2001-08-16
Voss	8707	364	339	44	118	2001-04-22, 2001-05-12,15
Kårvatn	8709	365	453	44	127	2001-04-25
Tustervatn	8756	365	295	29	124	2001-05-03
Karasjok	8750	365	76	14	118	2001-04-29
Zeppelinfjellet	8470	359	96	10	106	2001-04-17
Sum datoer		365		102		



Figur 7. *Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved stasjonene Jeløya og Birkenes i perioden 1981-2001.*
Figure 7. *Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Jeløya and Birkenes, 1981-2001.*

2.6 Sporelementer og organiske forbindelser

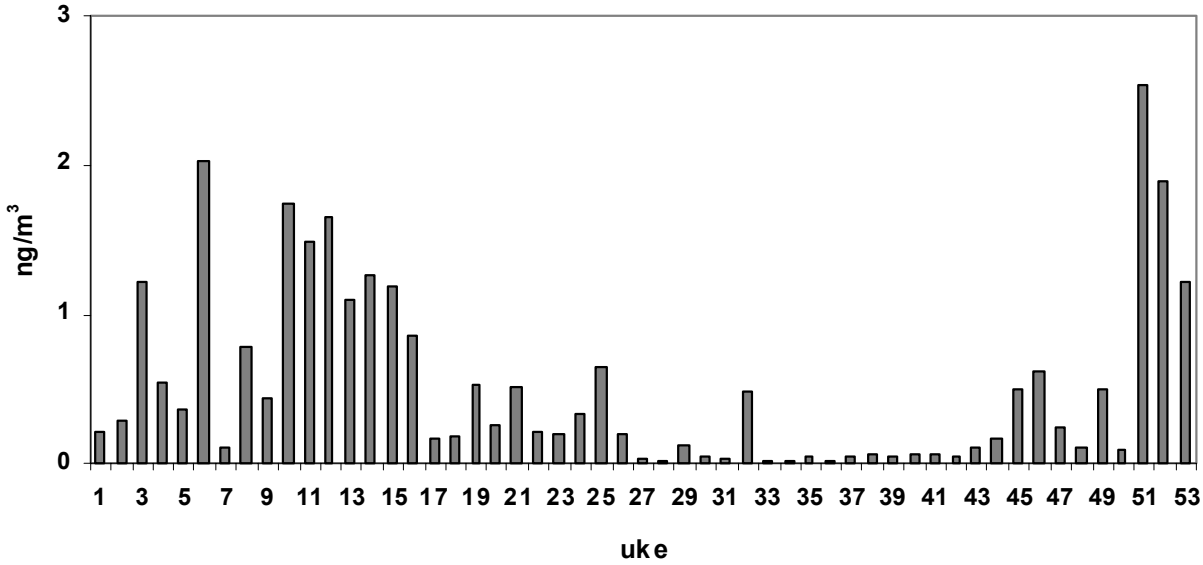
Sporelementer og organiske forbindelser måles ved Lista i CAMP og Ny-Ålesund i AMAP.

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

CAMP, Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme er en av aktivitetene innen Oslo og Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurening til havområdene i tilknytning til OSPAR-landene. Det er 17 forureningskomponenter i måleprogrammet under CAMP og målingene utføres ved 28 stasjoner i 10 OSPAR-land.

Konsentrasjoner av tungmetaller i luft er målt på Lista siden 1991. Konsentrasjonene viser ingen spesiell trend i løpet av denne perioden i motsetning til hva som er observert i nedbør, **Figur 4**.

Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner av Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, V, As og Hg i luft på Zeppelinfjellet er ca 5-50% av det som måles ved Lista, med unntak for Hg som viser omtrent samme konsentrasjoner på de to stasjonene. Forskjellen mellom Hg og de andre tungmetallene skyldes at Hg eksisterer i atmosfæren hovedsakelig i elementær form, mens andre tungmetaller er knyttet til partikler. Kvikksølvet får dermed en bedre spredning enn andre tungmetaller. De fleste elementene har høyest konsentrasjon om vinteren og lavest konsentrasjon om sommeren, (**Figur 8**). Dette skyldes trolig at betingelsene for langtransport med luft fra kontinentet er gunstigst om vinteren. Konsentrasjonene av tungmetaller på Zeppelinfjellet viser heller ikke noen trend i luftkonsentrasjonen for den perioden det er utført målinger.

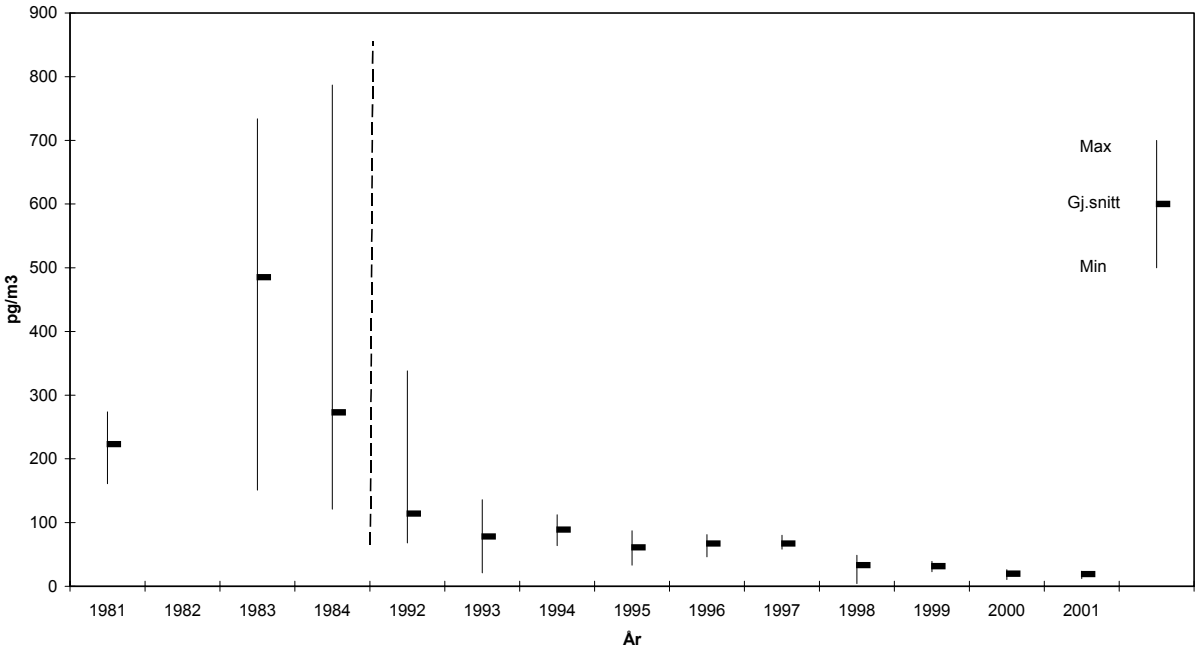


Figur 8. *Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2001.*
Figure 8. *Weekley measurements of Pb at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2001.*

NILU utfører målinger α- og γ-heksaklorsykloheksan (HCH) og heksaklorbenzen (HCB) i prøver fra luft og nedbør, innsamlet ukentlig ved Lista. I perioden april-juni observeres hvert år en økning av nivået til γ-HCH. Dette skyldes bruk av pesticidet Lindan som består av minst 99 % γ-HCH. Konsentrasjonen av α-HCH og HCB viser ingen sesongvariasjon. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen for summen av α- og γ-HCH i både luft og nedbør på Lista i år 2001 var den laveste observert siden målingene ble startet i 1992.

På Zeppelinfjellet ved Ny-Ålesund utføres målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft, innsamlet ukentlig i den nye målestasjonen.

Konsentrasjonen på Lista er generelt ca 1.5 ganger høyere enn på Zeppelinfjellet. Med unntak av gruppen klordaner, ble det på Zeppelin observert lavere årsmidler for alle komponenter i år 2001 enn i 1999. Klordaner økte med 23 % i forhold til i fjor. Det er observert en nedgang i konsentrasjonen av α-HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund siden begynnelsen av 80-årene (**Figur 9**), som gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av dette sprøytemiddelet.



Figur 9. *α-HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.*
Figure 9. *α-HCH in air in the period March-April at Zeppelin, Ny-Ålesund, Spitsbergen.*

Referanser

EMEP (2001) Transboundary Acid Deposition in Europe. EMEP Summary Report 2001. Oslo, Norwegian Meteorological Institute (EMEP/CCC and MSC-W Report 1/2001).

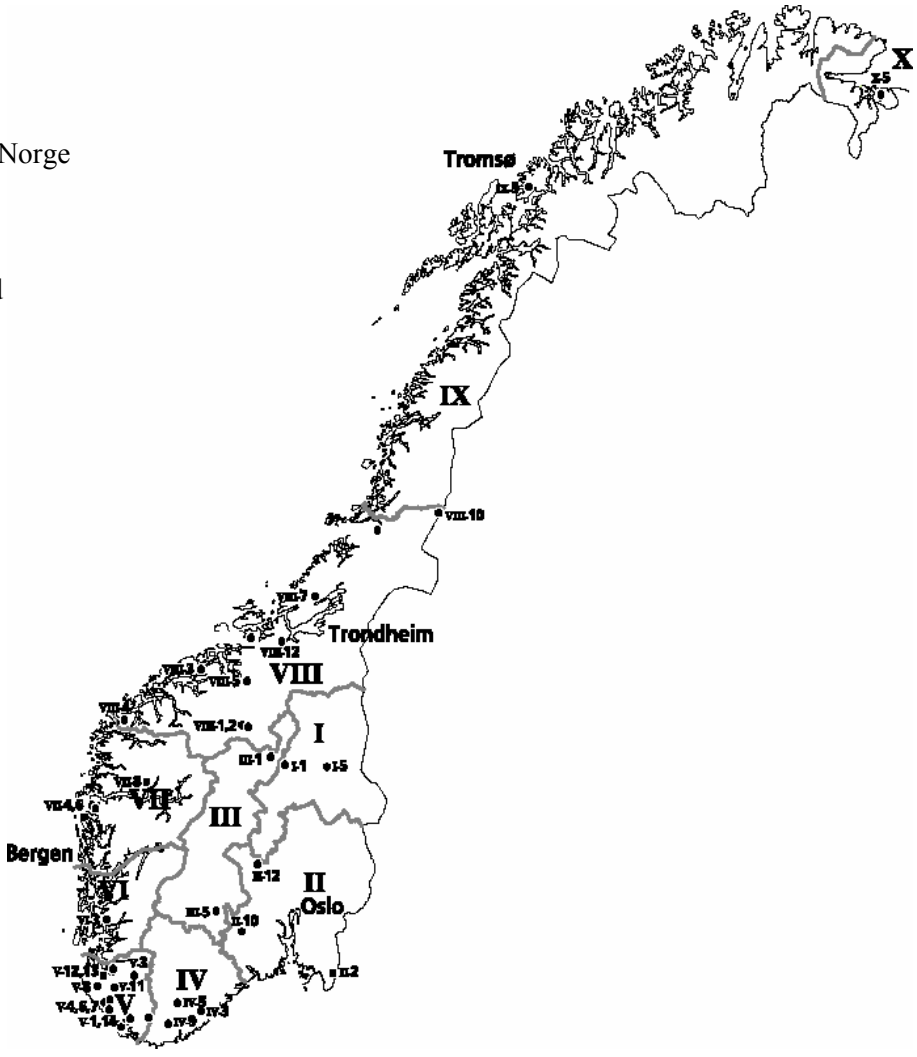
3. Det akvatiske miljøet

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

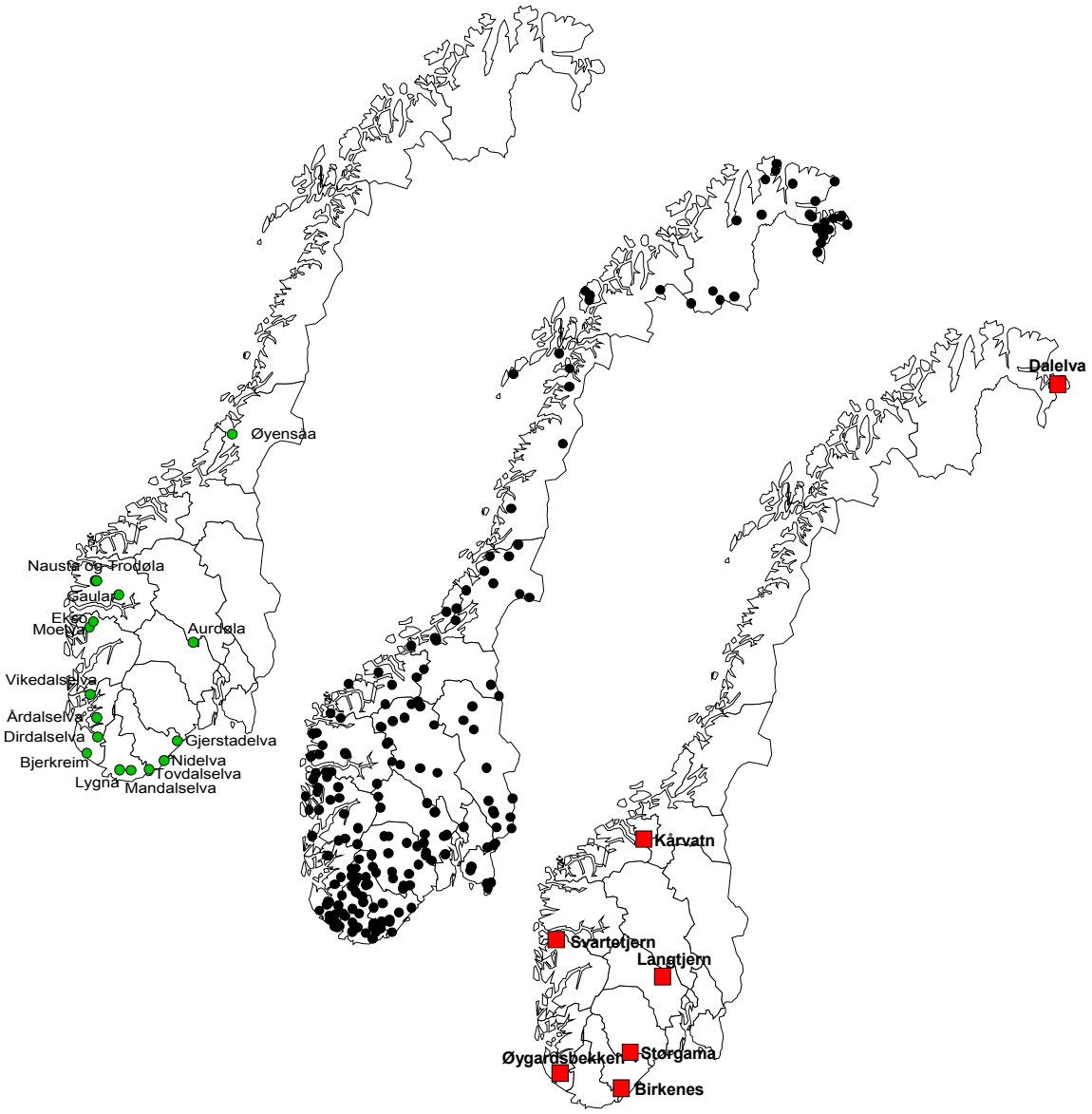
I overvåkingsprogrammet for effekter i vann er Norge delt inn i 10 regioner. Inndelingen er basert på en relativt lik forsuringsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forsuringssituasjonen i ulike deler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

, og er som følger:

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



Figur 10. *Oppdeling av Norge i 10 regioner basert på forureningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi, og biogeografi. Tallene refererer til biologiske overvåkingslokaliteter i 2001.*
Figure 10. *Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology, and biogeography. The nimbers refers to biological monitoring locations in 2001.*



Figur 11. *Lokaliteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2001.*
Figure 11. *Locations in the surface water monitoring programme 2001.*

Vannkjemisk overvåking

De kjemiske forholdene i vann og vassdrag overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i vann. Programmet omfatter undersøkelser i elver, innsjøer og feltforskningsområder (**Figur 11**). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger.

De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. Ca. 100 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986. I 1995 ble antallet økt til ca. 200 for å styrke innsjøovervåkingen.

Elveundersøkelsene er i hovedsak konsentrert om lakseførende elver. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter, og 16 av disse overvåkes fremdeles. I nedbørfeltet for åtte av elvene foregår det i dag kalkingsaktiviteter. Disse elvene blir overvåket på samme måte som tidligere for å se på endringene i sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking), og virkningene av kalkingen.

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

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

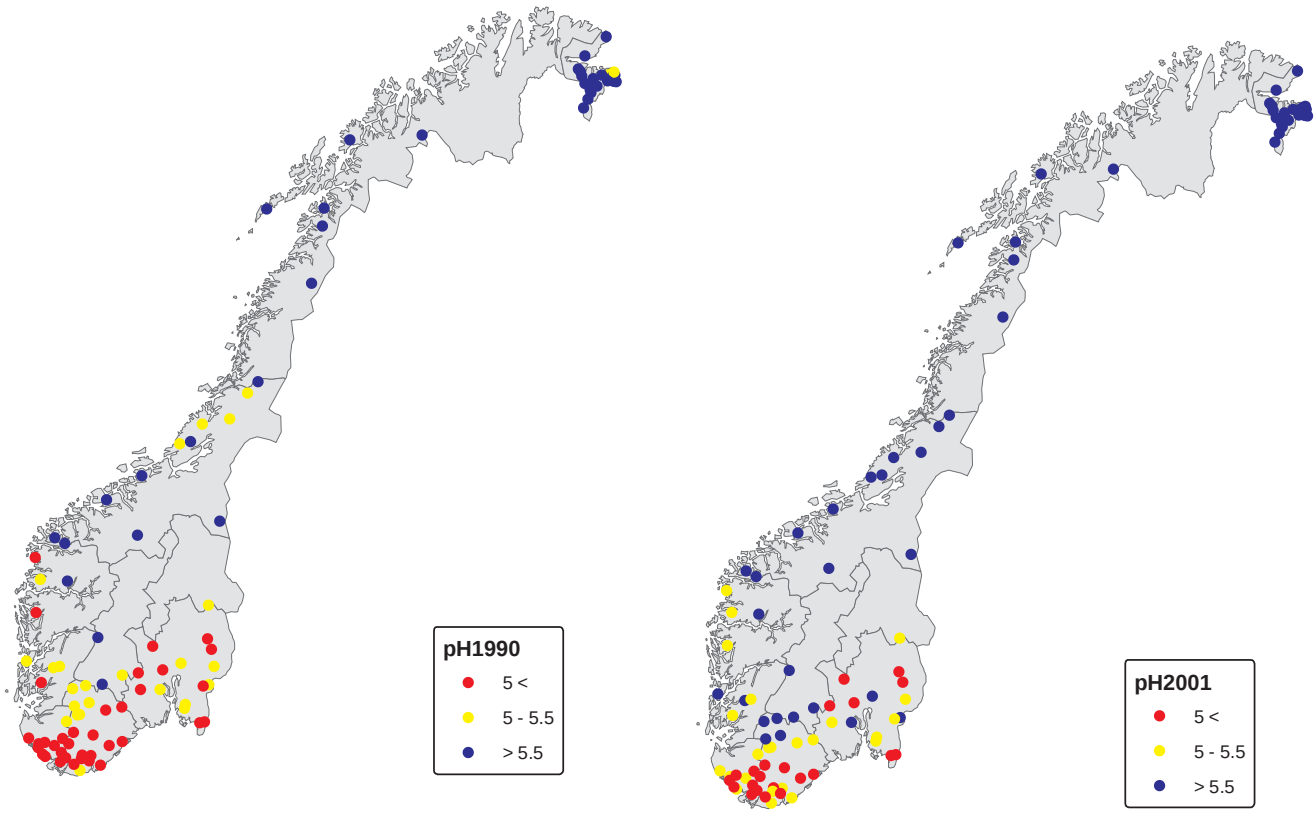
Innsjøprogrammet omfatter totalt 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. både bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige 80 sjøene undersøkes hvert 4. år; ca. 20 innsjøer per år (Gruppe 3-sjøer). Totalt ble 37 innsjøer undersøkt i 2001 (

), hvorav krepsdyrundersøkelser er inkludert for kun 26 av innsjøene. Hovedvekt ble lagt på region V (Sørlandet - Vest) og VIII (Midt-Norge) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige åtte regionene. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996 og for en del av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle seks årene. For de fleste innsjøene er datagrunnlaget fremdeles relativt tynt og betydningen av den biologiske overvåkingen, for vurdering av forsuringssituasjonen, vil øke etter som mer data legges til grunn. Det gjennomføres også bunndyrundersøkelser i fem vassdrag fordelt på regionene V – VII hvorav tre av vassdragene også undersøkes mhp. fiskebestander.

3.1 Effekter på vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i vann og vassdrag (**Tabell 2**). Nedgangen i sulfat varierer fra 34% for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 58% for innsjøer i region VI (Vestlandet-Sør) for perioden 1986-2001, mens enkeltlokaliteter i Sør-Norge viser reduksjoner på over 60% for perioden 1980-2001. Det har ikke vært noen systematiske endringer i deposisjon av nitrat og ammonium siden målingene av disse komponentene startet i 1974. Det er en tendens til nedgang i avrenningen fra 1980-1999, men ingen av trendene er statistisk signifikante med unntak av sjøene i region II (Østlandet-Sør). De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogen deposisjonen er høyest (region V Sørlandet-Vest).

Den markerte nedgangen i sulfat har hatt en tydelig innvirkning på vannkjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. pH viser en klar økning gjennom 90-tallet. Dette er illustrert i **Figur 12**. Trender for perioden fra 1986 til 2001 for de ulike regionene er framstilt i **Figur 13 - Figur 15**. Hvert punkt på kurvene representerer gjennomsnitt av et antall innsjøer (**Tabell 2**). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.



Figur 12. *pH i overvåkingsinnsjøene i 1990 og 2001. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen siden 1990.*
Figure 12. *pH in the monitoring lakes in 1990 and 2001. The figures clearley illustrate the imrovement in surface water acidification since 1990.*

Tabell 2. *Endring i ikke-marin sulfat pr.år i µekv L^{-1} for perioden 1980 til 2001 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2001 for innsjøene.*
Table 2. *Changes in non-marine sulphate per year in µeq L^{-1} for the periode 1980 to 2001 for rivers and calibrated catchments and for the periode 1986 to 2001 for lakes.*

Innsjøer

Region		Antall innsjøer	1986 SO4* µekv L^{-1}	2001 SO4* µekv L^{-1}	% endring fra 1986-2001(2000)
I.	Østlandet - Nord	2	44	27	37 (31)
II.	Østlandet - Sør	15	99	49	50 (44)
III.	Fjellregion - Sør-Norge	3	39	19	51 (48)
IV.	Sørlandet - Øst	13	75	41	45 (40)
V.	Sørlandet - Vest	10	63	32	49 (45)
VI.	Vestlandet - Sør	4	31	13	58 (51)
VII.	Vestlandet - Nord	4	19	11	43 (42)
VIII.	Midt-Norge	9	17	10	39 (38)
IX.	Nord-Norge	5	19	11	42 (41)
X.	Øst-Finnmark	11	72	55	24 (23)

Elver

	Region	1980 SO4* µekv L^{-1}	2001 SO4* µekv L^{-1}	% endring fra 1980-2001(2000)
Aurdøla	I	60	32	47 (36)
Gjerstadelva (kalket)	IV	112	49	56 (45)
Nideleva (kalket)	IV	81	41	49 (44)
Tovdalselva (kalket)	IV	86	37	57 (50)
Mandalselva (kalket)	IV	63	26	59 (53)
Lygna (kalket)	IV	73	33	55 (49)
Årdalselva (kalket)	VI	34	23	32 (40)
Vikedalselva	VI	41	26	37 (42)
Bjerkreimselva (kalket)	V	50	28	44 (39)
Dirdalselva	V	41	22	46 (45)
Nausta	VII	24	15	36 (46)
Trodøla /Nausta	VII	25	14	44 (47)
Ekso (kalket)	VII	33	20	39 (52)
Modalselva	VII	26	16	38 (45)
Eldalselva i Gaula	VII	26	16	38 (48)
Øyensåa	VIII	21	6	71 (81)

Feltforskningsstasjoner

Langtjern	II	75	31	55 (52)
Storgama	II	80	29	64 (59)
Birkenes	IV	137	61	55 (53)
Kårvatn	VIII	12	7	41 (39)

Østlandet – Nord (region I)

Regionen Østlandet-Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til mere trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år til år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp forsuring. Gjennomsnittsverdien for pH var under 5.5 fram til 1994. Fra 1994 til 2001 har gjennomsnittlig pH vært over 5.5 med

unntak av høsten 2000 som var sterkt preget av flom. ANC, som er et mål på vannets syrenøtraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne regionen. Fram til 1997 var gjennomsnitts ANC alltid under 20 µekv L^{-1}. Siden 1997 har verdien vært over 40 µekv L^{-1}, og i 2001 finner vi den høyst registrerte gjennomsnittsverdien så langt (48 µekv L^{-1}). Gjennomsnittsverdien av labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden 1987-1990 mellom 16 og 21 µg L^{-1}, men har siden 1992 ligget under 7 µg L^{-1}, dette gjelder også for 2001. Nitrat viser ingen systematiske endringer i perioden, og heller ikke TOC.

Østlandet - Sør (region II)
Region Østlandet-Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av organisk karbon (TOC) av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til 20 mg C L^{-1}. I denne regionen finner vi også det høyeste sulfatnivået. Dette skyldes en kombinasjon av høy belastning og relativt lite nedbør og lange oppholdstider i sjøene. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forsuringssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Sulfat er redusert med gjennomsittlig 50% fra 1986 til 2001 i de 15 sjøene som representerer denne regionen. Gjennomsnittsverdien for pH var under 5.0 fram til 1993 og fra 1994 til 2001 har pH vært høyere enn 5.0 med unntak av høsten 2000 (pH 4.88) som var preget av flom. ANC er relativt høy i denne regionen. Fra 1986 til 1991 var ANC ca. 0 µekv L^{-1}, i perioden 1992-1997 15-20 µekv L^{-1}, mens i de tre siste årene har ANC vært over 25 µekv L^{-1}. Registreringen i 2001 (31 µekv L^{-1}) er den høyeste så langt i overvåkingen. Innsjøene, som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1990. Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp, og alkaliteten var i 1999 på 10 µekv L^{-1}. Høsten 2000 ble det igjen registrert veldig lav alkalitet, mest sannsynlig som en følge av flommen. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 på > 100 µg L^{-1}, men har siden avtatt markert, og i 2001 finner vi den laveste registreringen av labilt Al så langt i overvåkingen på 51µg L^{-1}. Det er ingen markert trend i nitrat, men gjennomsnittet for de fem siste årene (< 59 µg N L^{-1}) er lavere enn alle de foregående årene. De høyeste TOC konsentrasjonene er registrert de fire siste årene med gjennomsnittsverdier > 9 mg C L^{-1}.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
Alle lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa og regionen er dominert av fjellområder med skrinn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene (< 1 mg C L^{-1}). Forurensningsbelastningen er relativ lav og sulfatnivået i innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat med det laveste registrerte gjennomsnittsnivået for de tre sjøene som representerer dette regionen i 2001. Innsjøene i denne regionen har generelt lavt innhold av basekationer (Ca < 0.5 mg L^{-1}). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10 µekv L^{-1} fram til 1995 og > 20 µekv L^{-1} siden 1997. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser en kraftig nedgang; fra et gjennomsnittsnivå på > 35 µg L^{-1} i perioden 1986 - 1990 til konsentrasjoner < 10 µg L^{-1} etter 1997. Nitrat viser ingen klar trend, men tendens til nedgang. Gjennomsnittlige nitratkonsentrasjoner for 2000 og 2001 er de laveste som er registrert så langt i overvåkingen (44 µg N L^{-1} i 2001).

Sørlandet – Øst (region IV)
Regionen Sørlandet-Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til heiområdene. Forurensningsbelastningen er høy og sulfat-nivået i innsjøene i denne regionen er høyt. Det er bare region II som har høyere sulfatnivå. Nedgangen i sulfat i innsjøene i denne regionen har vært 45% fra 1986-2001 for de 13 innsjøene som representerer denne regionen, og nivået i 2000 og 2001 er det laveste som er registrert. Regionen må karakteriseres som sterkt forsuret, men det er klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har ligget under 5 fram til 1996 og over 5 fra 1997, med unntak av høsten 2000 (pH 4.95) som var preget av flom. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner < -20 µekv L^{-1} fram til 1994. Siden 1998 har gjennomsnittsnivået vært > 0 µekv L^{-1}. Tilsvarende gjelder for alkaliteten som fram til 1993 var 0 µekv L^{-1}. Fra 1994 til 2001 har alkaliteten økt gradvis til 3 µekv L^{-1}, med unntak av høsten 2000. Labilt Al har avtatt dramatisk fra nivåer > 100 µg L^{-1} fra 1986-1995 ned til 50 µg L^{-1} i 2001. Det er ingen tydelige trender i nitrat, men konsentrasjonene fra 1998 til 2001 er lavere enn fra 1986-1997. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå < 3.3 mg C L^{-1} fra 1986-1995 til > 4 mg C L^{-1} siden 1996. 2001 viser den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen så langt for denne regionen (4.5 mg C L^{-1}).

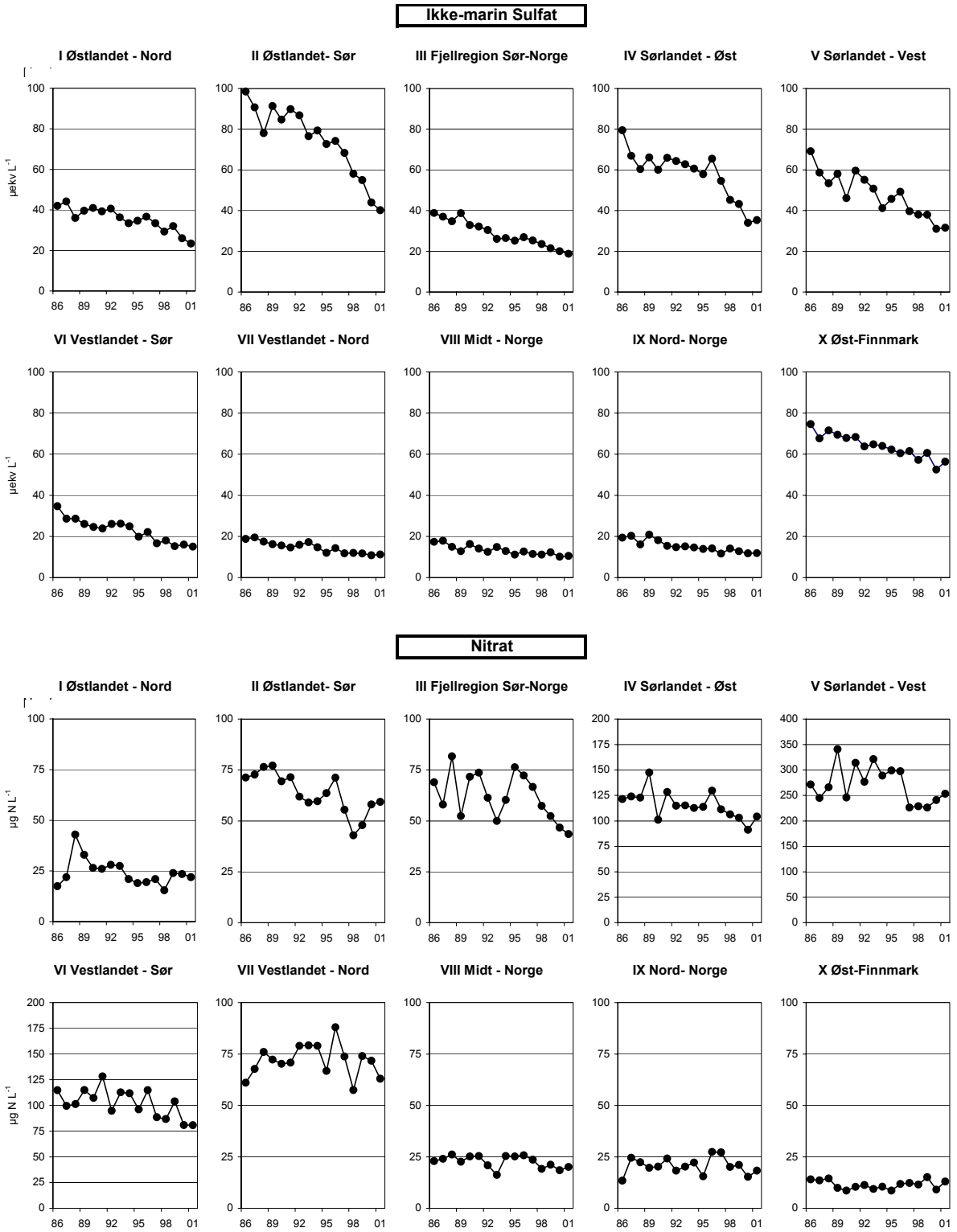
Sørlandet – Vest (region V)
Regionen Sørlandet-Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene i Norge. De 10 innsjøene, som representerer denne regionen, har i 2001 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (4.87) og ANC (-18 µekv L^{-1}) og de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al (76 µg L^{-1}) av alle de ti regionene. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige nitrat-konsentrasjonen (253 µg N L^{-1}) som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må karakteriseres som betydelig forsuret, men situasjonen er også her i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene ser vi en kraftig nedgang i sulfat (49%) fra 1986 til 2001, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. Nitrat viser ingen tydelig trend, men også i denne regionen finner vi de laveste nitrat-nivåene i de siste årene fra 1997 til 2001, samtidig som vi finner høyere TOC i disse årene enn tidligere.

Vestlandet – Sør (region VI)
Regionen Vestlandet-Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca 0.4 mg L^{-1}) og TOC (1 mg C L^{-1}). Sulfat-nivået i innsjøene i regionen er lavt og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de fire innsjøene, som representerer denne regionen, er 58% fra 1986 til 2001. Det har bare vært små endringer i sulfatkonsentrasjonen siden 1997. I 2001 er gjennomsnittlig sulfat 15 µekv L^{-1}, noe som er det laveste som er registrert så langt. Denne regionen viste for første gang i 1998 en gjennomsnittlig positiv ANC. I 2001 var ANC 4 µekv L^{-1}. Siden 1996 har pH vært > 5.35, og i 2001 var gjennomsnittlig pH 5.51, som er den høyeste verdien registrert så langt. Sammenfallende med dette viser labilt Al en positiv utvikling. Gjennomsnittsverdien på 11 µg L^{-1} i 2001 er den laveste som er registrert så langt. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig 81 µg N L^{-1} i 2001 som er det samme som i 1986) av samme grunn som i regionen Vestlandet-Sør (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon). Det er ingen signifikante trender i nitrat, men nitrat-konsentrasjonene siden 1997 er lavere enn perioden 1986 til 1996. TOC viser ingen endringer i denne regionen.

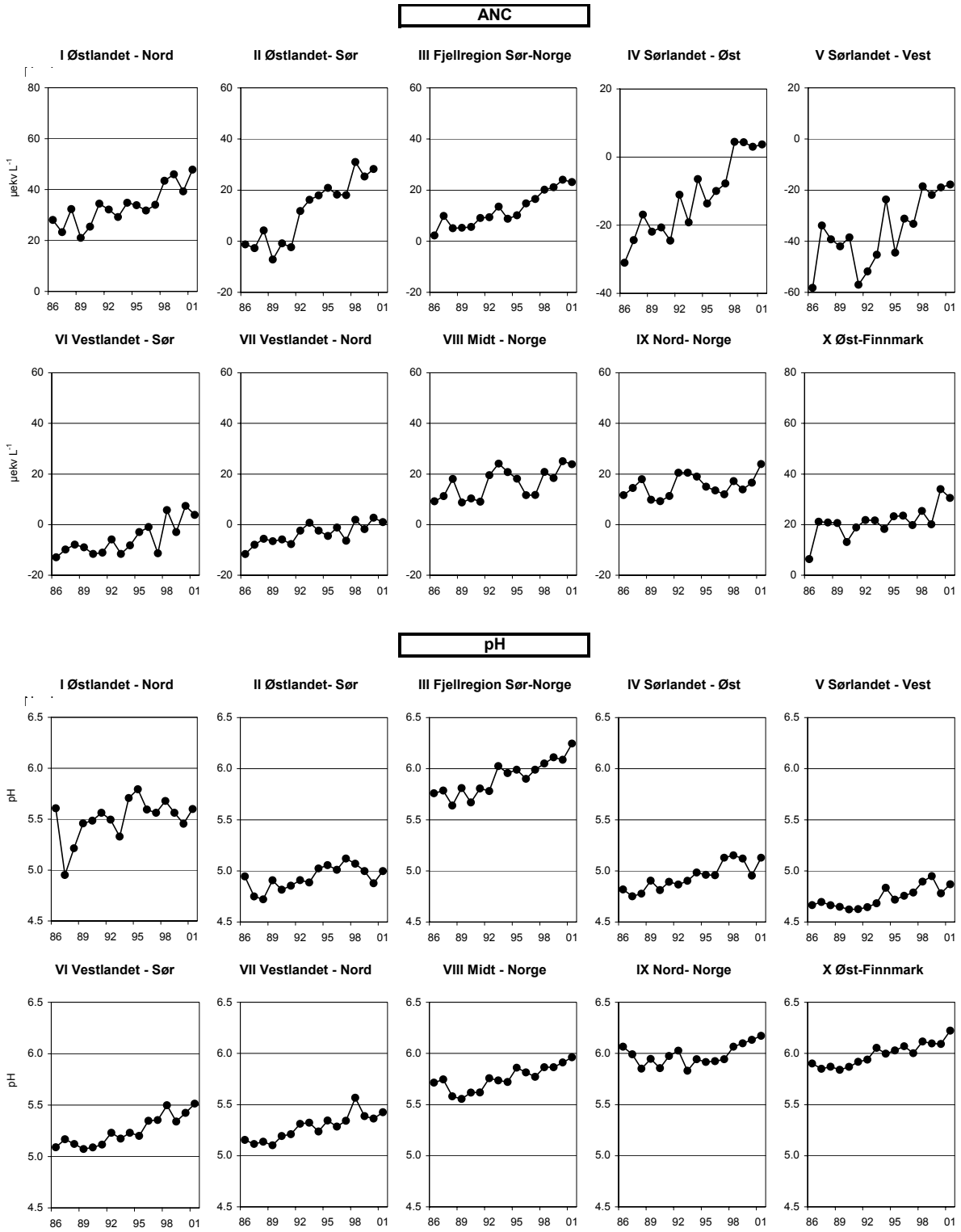
Vestlandet – Nord (region VII)
Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene (gjennomsnittlig Ca 0.3 mg L^{-1}). Felles for begge Vestlandsregionene er at på tross av en markert nedgang i sulfat gjennom overvåkingsperioden (43%, fra ca 20 µekv L^{-1}til ca 10µekv L^{-1}), ser vi ikke den samme markerte endringen i forsuringsparametre som i de andre regionene. I regionen Vestlandet Nord har ANC økt fra ca -10 til 1 µekv L^{-1}, mens pH har økt fra 5.1 til 5.4 og labilt Al avtatt fra ca 30 til 15 µg L^{-1} i løpet av de siste 10 årene.

Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)
Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfat-nivået i innsjøene i disse regionene er nå 10-12 µekv L^{-1} og er laveste av alle regionene. Dette begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 14 innsjøene, som representerer disse regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. ANC er lav (15-30 µekv L^{-1}), og pH er ca 6. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat og økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al.

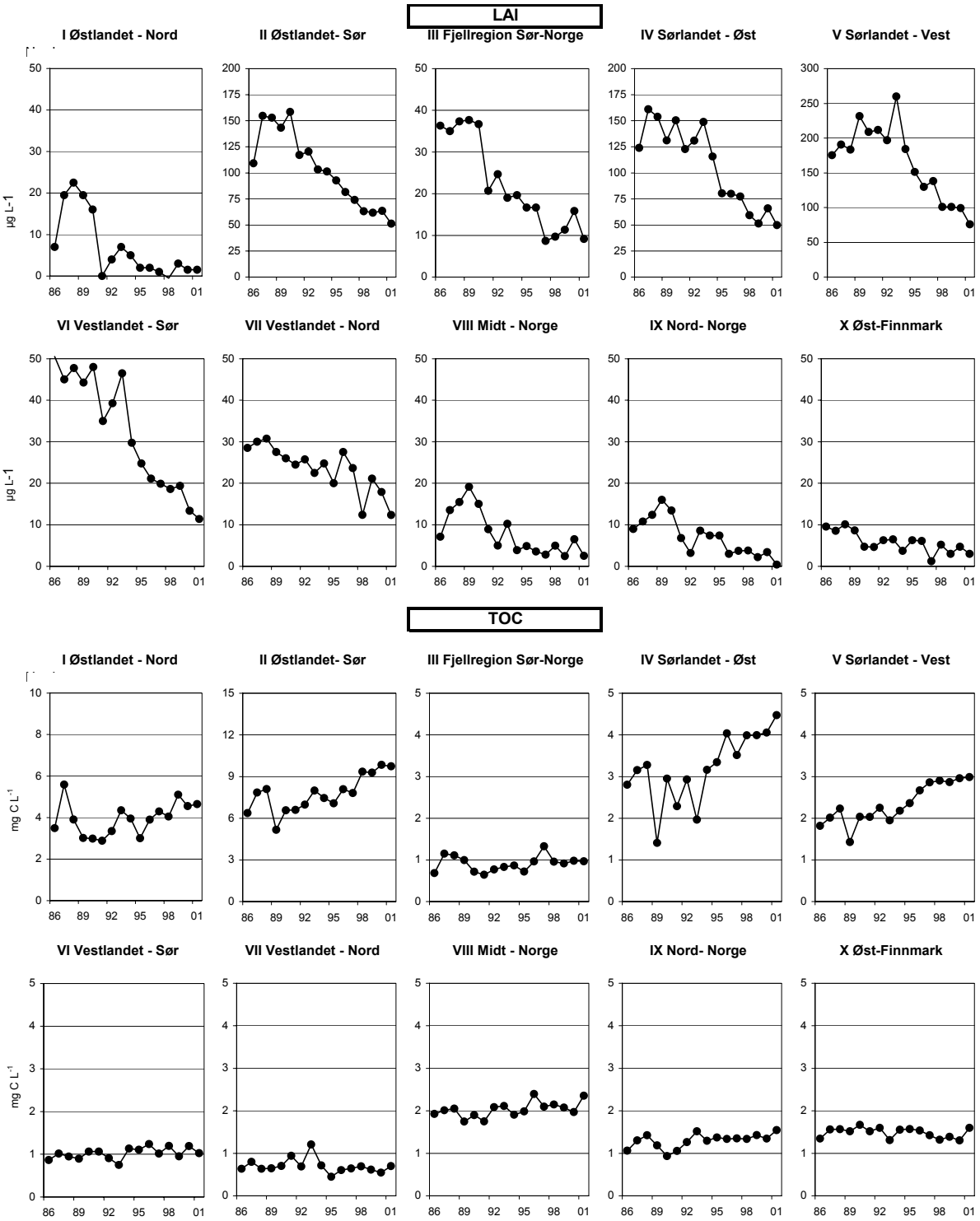
Øst-Finnmark (region X)
Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya og er påvirket av smelteverksindustrien som gir utslipp av svovel, kobber og nikkel. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Forurensningsbelastningen i dette området er mye mere variabel fra år til år enn i Sør-Norge, noe som reflekteres i de vannkjemiske trendene gjennom overvåkingen fra 1986 til 2001. Undersøkelser i 1986 viste at for innsjøene i Øst-Finnmark var konsentrasjonene av sulfat i innsjøene mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsuring. Undersøkelser i 1987-1989 viste at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kola-halvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Og siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært > 6. Sulfat har viste en jevn nedgang på 24% fra 1986 til 2001. I 2000 var gjennomsnittsverdien den laveste som er registrert så langt (53 µekv L^{-1}), mens den øket noe i 2001 (56 µekv L^{-1}).



Figur 13*. Trender fra 1986-2001 for ikke-marin sulfat og nitrat i innsjøer for de 10 regionene.* NB! *Forskjellige y-akser på figurene.*
Figure 13. *Trends for 1986-2001 in non-marin sulphate and nitrate in lakes in the 10 regions.* Note! *Diffrent sclae on the y-axis.*



Figur 14. *Trender fra 1986-2001 ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH i innsjøer for de 10 regionene.* NB! *Forskjellige y-akser på ANC-figuren.*
Figure 14. *Trends for 1986-2001 in ANC (acid neutralizing capacity) and pH in lakes in the 10 regions.* Note! *Diffrent scale on the y-axis for the ANC-figure.*



Figur 15. *Trender i LAl (labilt (uorganisk bundet) aluminium) og TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2001 for innsjøer i de 10 regionene.* NB! *Forskjellige y-akser på LAl-figuren.*
Figure 15. *Trends for 1986-2001 in labile Al and TOC in lakes in the 10 regions.* Note! *Diffrent scale on the y-axis for the LAl-figure.*

3.2 Effekter på akvatisk fauna

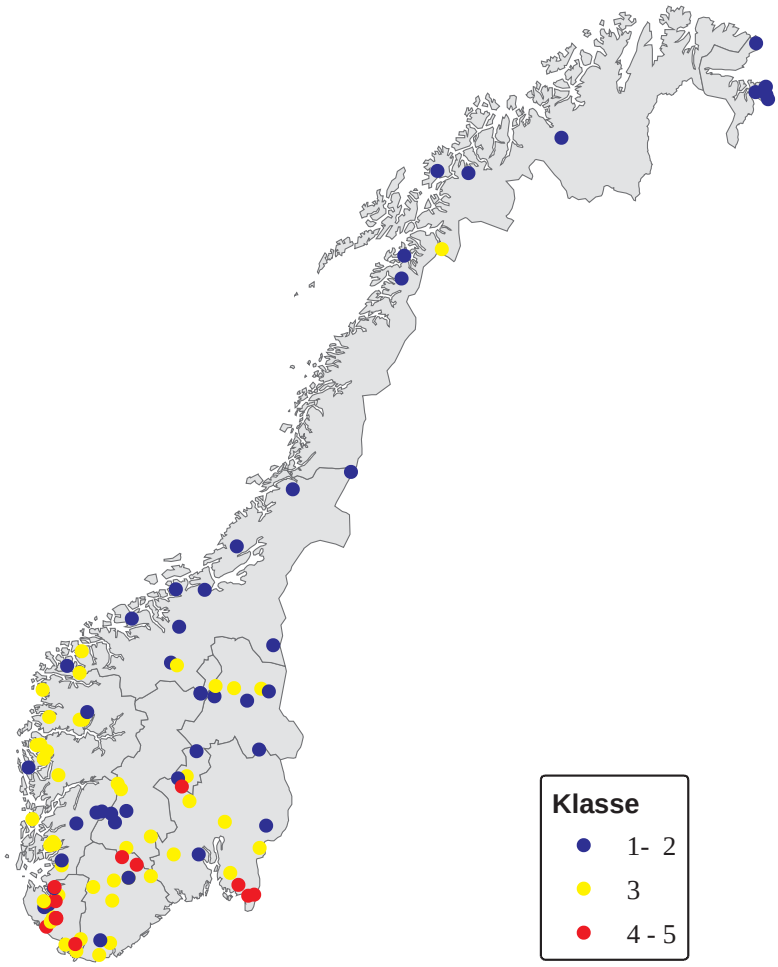
Under effekter på akvatisk fauna inngår undersøkelser av bunndyr, småkreps og fisk.

For bunndyr og krepsdyr er det gjort en vurdering av tilstand mht. forsuring/forsuringsskader. Forsuringstilstanden er inndelt i følgende klasser: ubetydelig/lite (klasse 1), moderat (klasse 2), markert (klasse 3), sterkt (klasse 4), meget sterkt (klasse 5) forsuret/forsuringsskadet. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden er kunnskap om naturgitte kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Slike kunnskaper er i mange tilfeller mangelfulle og vår klassifisering vil derfor kun i begrenset grad kunne skille mellom naturlig sure og forsurede lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsuring er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsuringstilstanden i Norge.

For bunndyr bestemmes forsuringsstatus ut fra den registrerte bunndyrsammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsuringsfølsomme arter beregnes en forsuringsindeks (verdi: 0-1) for hver lokalitet. Når det gjelder krepsdyrene er det en total vurdering av samfunnene, basert på artsinventar, artsrikdom og mengdefordelinger (dominansforhold) som ligger til grunn for å klassifisere lokalitetene. Den totale invertebratfaunaen (bunndyr og krepsdyr samlet) gir i mange tilfeller et bedre grunnlag for å vurdere forsuringsskadene enn en vurdering basert på bunndyrene eller krepsdyrene alene. **Figur 16** presenterer en slik samlet vurdering. Mulige responsforskjeller mellom krepsdyrene og bunndyrene vil imidlertid kunne bli kamuflert.

Eventuelle forsuringsskader vil være avhengig av en kombinasjon av ulike kjemiske, fysiske og biologiske forhold. Den kjemiske overvåkingen kan derfor kun gi indikasjoner om biologiske skader. En tidsforskyvning mellom kjemisk restituering og biologisk restituering i tidligere forsurede lokaliteter må dessuten forventes. Den biologiske overvåkingen gir informasjon om korttidseffekter og akkumulerte effekter av forsuring på vannlevende organismer, og er dessuten nødvendig for å kunne evaluere effekten av forsuringsreduserende tiltak.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - meget sterkt forsuringsskadet) (**Figur 16**). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitene ubetydelig til moderat skadet, men det finnes også lokaliteter som er markert skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de flest tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også en del innsjøer som vurderes til moderat forsuringsskadet.



Figur 16. *Kart med angivelse av forsuringsskader basert på resultater fra undersøkelse av bunndyr og planktoniske og litorale krepsdyr (innsjøer). Klasse 1-2: ingen/lite til moderat forsuringsskadet, klasse 3: markert forsuringsskadet, klasse 4-5: sterkt til meget sterkt forsuringsskadet.*

Figure 16. *Classification of acidification damanges based on macroinvertebrates as well as pelagic and littoral microcrustaceans (lakes). Class 1-2: non/slightly – moderately damaged, 3: markedly damaged; 4-5: severely – very severely damanged.*

3.2.1 Effekter på bunndyr

Regionale bunndyrundersøkelser i elver
De regionale bunndyrundersøkelsene viste at skadene på bunndyrfaunaen hadde avtatt i flere av vassdragene. Totalt sett var situasjonen i 2001 den beste som er registrert etter at de regionale overvåkingsprogrammet startet i første halvdel av 1980-tallet. De ulike vassdrag viser imidlertid store forskjeller med hensyn til skadeomfang. Generelt har vassdragene på Sørlandet og Sør-vestlandet størst skader. Vassdragene lenger nord på Vestlandet hadde en mindre skadet bunndyrfauna.

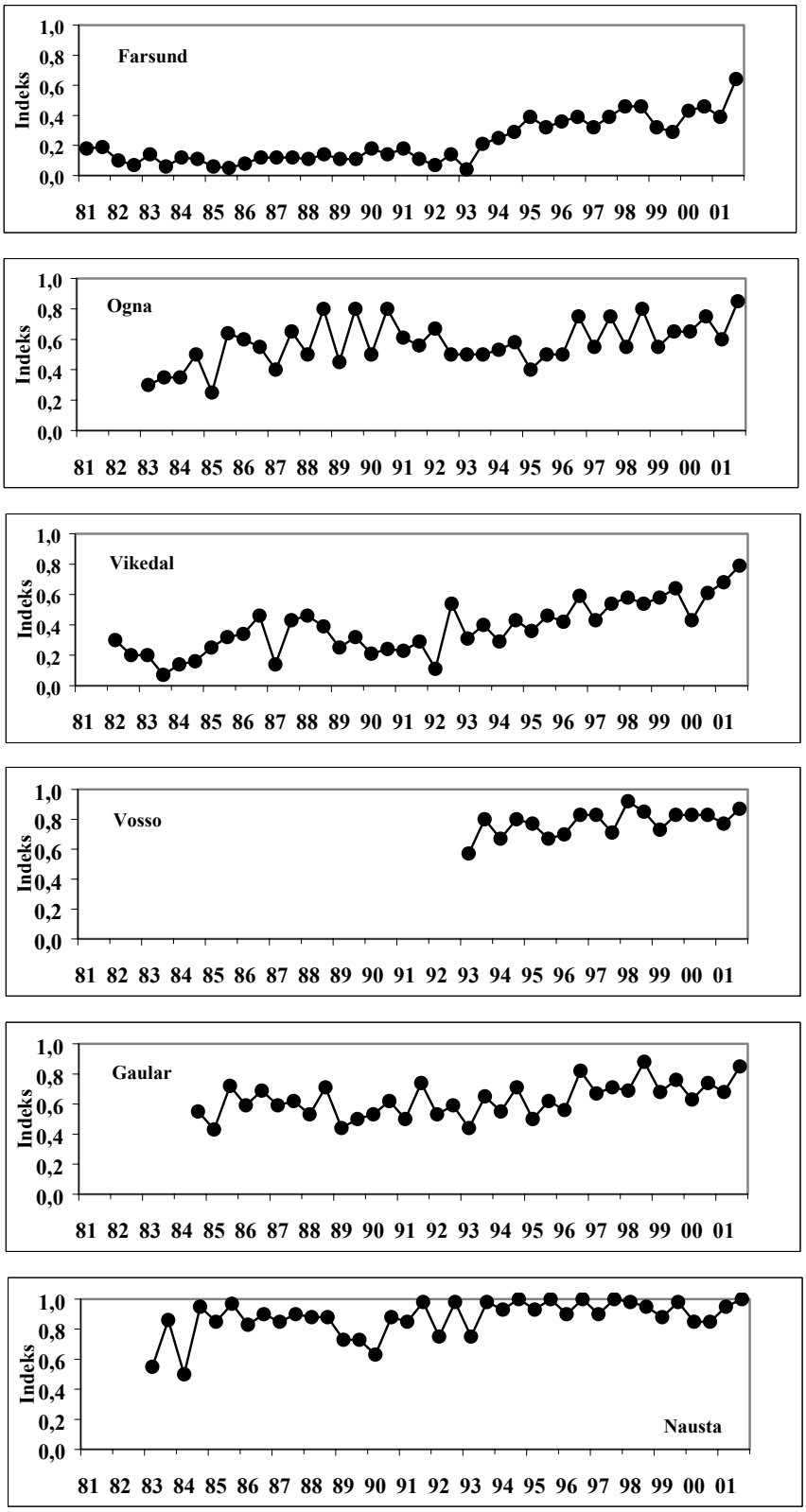
Sørlandet - Vest (region V)
Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsuringsskadd i perioden 1981 – 1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men området må fortsatt karakteriseres skadet. Undersøkelsene ved Farsund i 2001 viste en ytterligere forbedret situasjon med hensyn til skadeomfang og diversitet av forsuringssensitive bunndyrarter (**Figur 17**). Den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani*, som er funnet sporadisk i de senere år, ble høsten 2001 registrert i relativt høye tettheter i innløpsbekken til Gjærvollstadvatnet. Flere moderat sensitive arter har etablert stabile populasjoner. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant øking av forsuringsindeksen i Farsundområdet fra 1989.

I Ognavassdraget ble det opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking i 1991, da en del av det opprinnelige stasjonsnettet ble kalket. Undersøkelsene i 2001 viste en ustabil vårsituasjon. Forsuringsindeksen om høsten var den beste som er målt i vassdraget (**Figur 17**). Vassdraget som helhet kan karakteriseres moderat forsuringsskadet. De ukalkete delene av Ogna er svært heterogene med hensyn til forsuring. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet. Mange av tilløpene fra vest er sure.

Vestlandet - Sør (region VI)
Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at skadene på faunaen hadde avtatt betydelig. Forsuringsindeksene vår og høst var de beste som er registrert i vassdraget. Dette forsterker en positiv utvikling som er observert i de siste 10 år (**Figur 17**). I Vikedal finnes 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.

Vestlandet - Nord (region VII)
Vossovassdraget er kalket i den nedre delen, og stasjonsnettet i overvåkingsprogrammet omfatter 15 stasjoner i den ukalkede delen av vassdraget. Her er det tatt bunnprøver vår og høst fra 1993. I Vosso viste prøvetakingen i 2001 en uendret situasjon sammenlignet med de foregående år (**Figur 17**). De største skadene finnes i øvre del av Raundalselva, som må betegnes moderat til sterkt skadet.

Gaularvassdraget har fortsatt tydelige forsuringsskader i deler av nedbørfeltet. I 2001 var skadene på bunndyrsamfunnene noe mindre enn de to foregående år (**Figur 17**). Av delfeltene var Eldalen fortsatt sterkest skadet, men også noen sideelver i Haukedalen og i vassdragets nedre deler bærer preg av skade. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsamfunn, med gode innslag av forsuringssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god



Figur 17. *Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.*
Figure 17*. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is explained in the main report.*

Naustavassdraget har hatt en tilfredsstillende utvikling med hensyn på forsuringsskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983, og kan betegnes som det minst forsurete av overvåkingsvassdragene (**Figur 17**). Bunndyrsamfunnene i de nedre, lakseførende deler av vassdraget hadde en normal sammensetning uten tegn på forsuringsskade.

Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer
Østlandet – Nord (region I)
I region I ble Atnsjøen og Stortjørna undersøkt. I Atnsjøen ble det registrert 11 sensitive taksa hvorav 8 var insekter. Dette er et høyt antall, men noen færre enn året før. Av døgnfluene, steinfluene og vårfluene som ble registrert om høsten regnes 50 % av taksaene som sensitive. Resultatet er i så måte på linje med tidligere års resultater. En har ingen forventninger om at arter mangler grunnet forsuring. Variasjonene i antall sensitive taksa mellom år skyldes mer tilfeldigheter og naturlige svingninger. Innsjøen vurderes derfor som lite - eller ikke skadet av forsuring. I Stortjørna ble det ikke registrert *B. rhodani* i 2001, en art som var sporadisk tilstede i 2000. Sammenlignet med Atnsjøen er forekomstene av sensitive taksa markert lavere i Stortjørna. Dette kan skyldes at innsjøen er utsatt for forsuring og kan raskt skifte karakter fra lite til tydelig påvirket, henholdsvis forsuringsklasse 2 til 3. De andre innsjøene i regionen ble ikke undersøkt i 2001, men inngår i vurderingen av tilstanden i regionen. Samlet bedømmes regionen til å være moderat forsuringsskadet.

Østlandet – Sør (region II)
I region II ble Ø. Jerpetjern, Langvatn og Bredtjern undersøkt. Bunndyrfaunaen ble vurdert til moderat/tydelig forsuringsskadet i Ø. Jerpetjern, mens tilstanden i Langvatn ble satt til sterkt skadet. Bunnfaunaen i Bredtjern indikerte også en sterkt forsuringsskadet fauna. I Ø. Jerpetjern ble det registrert moderat følsomme døgnfluer av slekten *Siphlonurus* sp. og småmuslinger. Dette er på linje med registreringene i 2000 og indikerer moderat til markert forsuring. Siden forekomstene av de moderat følsomme individene er lave, vurderer vi tilstanden til markert skadet. Situasjonen i intensivsjøene er uendret fra tidligere år, men det er en underliggende negativ tendens i materialet. Legger vi til grunn prøvene fra alle innsjøene samlet inn tidligere vil regionen få betegnelsen markert skadet.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Rondvatn forekom det 8 sensitive taksa av bunndyr, to mer enn i 2000. I Heddersvatn ble funnet 3 følsomme taksa som tidligere år. For Heddersvatn ble det bare funnet moderat sensitiv steinfluer, mens Rondvatn også inneholder meget sensitive døgnfluer og mange følsomme steinfluearter. Litoralsonen i Rondvatn har færrest følsomme taksa, mens hovedinnløpsbekk til innsjøen har flest følsomme taksa. Registreringene viser at svært ionefattig vann kan inneholde en rekke følsomme insektarter dersom vannet ikke er påvirket av forsuring. Bunndyrene indikerer liten eller ingen forsuringsskade i 6 av de 11 innsjøene undersøkt i overvåkingsperioden. En innsjø har fortsatt en sterkt skadet fauna, mens de øvrige lokalitetene fremstår som moderat skadet.

Sørlandet - Øst (region IV)
I region IV ble Bjorvatn, Lille Hovvatn og Sognevatn undersøkt. I førstnevnte lokalitet ble det bare påvist taksa som er tolerante for surt vatn og indikerer derfor meget sterk forsuring. Faunaen i Lille Hovvatn ga en tilsvarende status for 2001, men tidligere er det påvist småmuslinger i lokaliteten. Det har også på nittitallet vært funnet en larve av den markerte

forsuringsfølsomme slekten *Siphlonurus*. Den gang indikerte de nevnte registreringene en begynnende bedring. Bunndyrene samlet i 2001 besto imidlertid bare av meget tolerante arter og ga et tydelig signal om sterk forsuringsskade. Utviklingen det siste året peker derfor i negativ retning i motsetning til 2000. I Sognevatn ble det funnet 5 følsomme taksa om høsten med *B. rhodani,* og *Hydropsyche sp* som de viktigste. Registreringene ble gjort i utløpet og indikerer lav forsuring i perioden. Situasjonen er lik den som ble påvist i 2000. Indeks 2 i utløpet ble beregnet til 0,95 og indikerer at innsjøen trolig har stabilisert seg på et moderat til lite skadet nivå. Listen over påviste taksa er forholdsvis lang, det kan fortsatt forventes etablering av flere følsomme arter. De øvrige innsjøene i regionen er undersøkt tidligere under innsjøovervåkingen. Av disse var faunaen i Kleivsetvatn svakt til moderat skadet. De øvrige hadde en moderat til markert forsuringsskadet bunnfauna. Sammenlignet med situasjonen i 2000 er det ingen tydelig endring i regionen.

Sørlandet - Vest (region V)
I region V ble alle innsjøene undersøkt i 2001. Bunndyrene samlet i de årlige innsjøene i regionen; Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjørni indikerte ingen forandring sammenlignet med foregående år. I Saudlandsvatn har moderat følsomme taksa av steinfluer og vårluer etablert seg de siste årene og viste i 2001 en ytterligere økning. I Ljosvatn ble det derimot ikke registrert følsomme bunndyrtaksa. Dette indikerer fortsatt en sterk forsuringsskadet fauna. I Lomstjørni ble *B. rhodani* registrert både i innløp og utløp sammen med flere andre følsomme taksa. Forsuringsindeks 2 var 1 og indikerer liten skadet. Antall følsomme taksa er imidlertid forholdsvis lavt og vi har forventning om registrering av flere slike i fremtiden. De øvrige innsjøene har vært undersøkt tidligere under innsjøovervåkingen. Blant disse har I. Espelandsvatn hatt en tydelig forbedring. Tidligere var det bare påvist tolerante taksa, mens det i 2001 ble registrert moderat følsomme steinfluer og 1 larve av døgnfluen *B. rhodani*. Andre innsjøer hvor faunaen indikerer en positiv utvikling er Djupingsvatn og Kringlevatn hvor antall følsomme taksa og individ har økt. For de øvrige lokalitetene er det små eller ingen endringer i forsuringsstatusen. Lokalitetene i regionen varierer betydelig i forsuringsstatus. Basert på bunndyrene vil 8 lokaliteter få betegnelsen sterkt forsuringsskadet, 8 vil være markert skadet, mens 3 vil bli betegnet som lite skadet. Enkeltlokaliteter har vist store variasjoner i overvåkingsperioden noe som antas å indikere en begynnende bedring. Tilstanden samlet for regionen vurderes fortsatt som markert til sterkt forsuringsskadet.

Vestlandet - Sør (region VI)
I region VI ble bare Røyravatn undersøkt i 2001. Tidligere har det vært registrert moderat følsomme arter i denne lokaliteten, men ingen slike ble påvist i siste års undersøkelser. Utviklingen i innsjøen har således gått i motsatt retning sammenlignet med utviklingen i andre deler av vassdraget (se Vikedalsvassdraget). Dette er overraskende siden Røyravatn ligger i et område hvor vi forventer å finne forbedringer først.

Vestlandet - Nord (region VII)
I region VII ble innsjøene Markusdalsvatn, Nystølvatn og Svartjern undersøkt. Disse lokalitetene er undersøkt årlig siden 1996. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn har indikert en sterkt forsuringsskadet bunnfauna frem til år 1999 hvor en følsom steinflue ble registrert om høsten. Disse forsvant igjen i 2000, men ble registrert igjen i 2001. Dette indikerer starten på en positiv utvikling av faunaen i Markusdalsvatn. I Svarttjern ble det bare registrert sterkt forsuringstolerante taksa en situasjon som har vært uendret i perioden. Nystølvatn har også hatt en stabil tilstand siden overvåkingen startet i Gaularvassdraget. Det var derfor en uventet

endring som skjedde i 2000 da tilstanden sank fra markert til sterkt forsuringsskade. I 2001 ble det heller ikke påvist noen sensitive arter. Dette forsterker den negative tendensen. Siden innsjøen ligger i et område med marginal vannkvalitet og har hatt svært tynne bestander av følsomme arter, gir bunndyranalysene svake signaler om tilstanden. Det knytter seg derfor fortsatt usikkerhet til endringen i status, men når dette påvises to år på rad forsterkes den negative trenden. I år 2000 fikk hele 5 innsjøer i regionen betegnelsen sterkt forsuringsskadet. To av innsjøene i regionen oppnådde betegnelsen lite skadet, mens en var moderat skadet og 4 markert skadet. Samlet sett vurderes regionen til å være markert skadet.

Midt-Norge (region VIII)
I region VIII ble alle 10 innsjøene undersøkt i 2001. Svartdalsvatn og Ø. Neådalsvatn undersøkes årlig. Svartdalsvatn ble første gang undersøkt i 2000 og viste da en lite eller uskadet bunnfauna. Situasjonen i 2001 viste ingen endring i denne statusen. I Ø. Neådalsvatn foreligger det en lang rekke undersøkelser (SNSF-prosjektet på syttitallet og diverse EU-prosjekt på nittitallet). Tilstanden i Ø. Neådalsvatn har variert, men innenfor en tilstand som betegner lite eller ikke skadet av forsuring. I 2001 var det en meget høy andel følsomme taksa. Forsuringsindeks 2 var 1 og indikerer lav eller ingen forsuringsskade. De fleste innsjøene i regionen VIII hadde en bunnfauna som indikerte liten eller ingen forsuringsskade. I Skardvatn ble det derimot ikke registrert følsomme arter med konsekvens at lokaliteten får betegnelsen sterkt skadet. Bedømmelsen er svært usikker grunnet meget lavt antall individ i prøvene. I denne innsjøen indikerer derimot krepsdyrfaunaen liten skade. I Mjogsjøen og Blæjevatn manglet også de mest følsomme bunndyrene, men begge innsjøene inneholdt moderat følsomme taksa. I Blæjevatn tilsier krepsdyrfaunaen at tilstanden kan settes til liten skade, mens slik informasjon mangler for Mjogsjøen. Sjøene med tilstand bedømt til liten eller ingen skade er forholdsvis sikker da dette bygger på registreringer av følsom fauna.

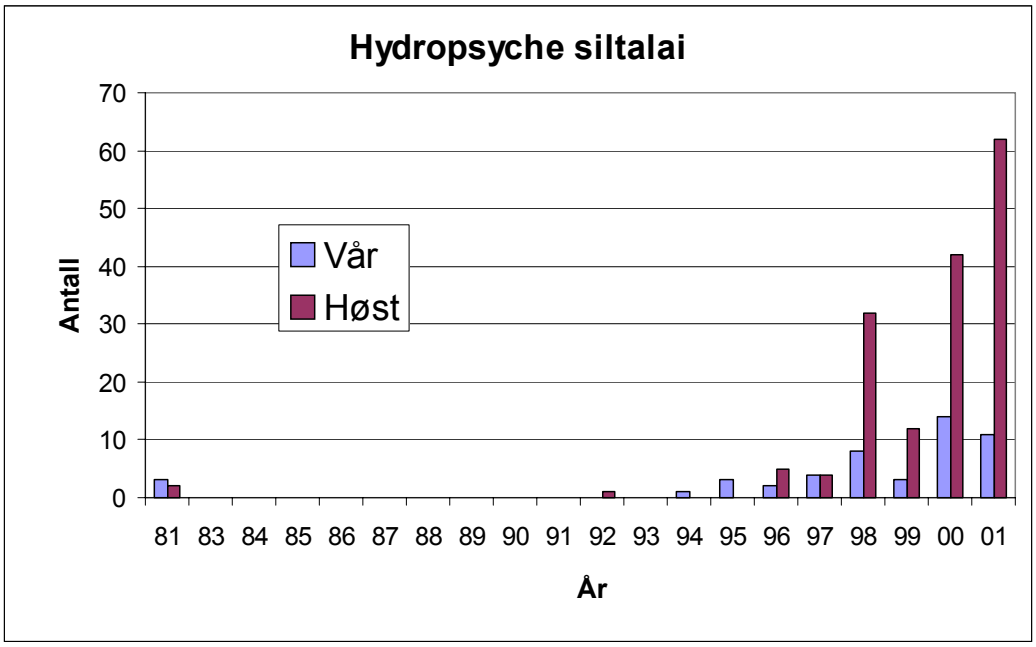
Nord-Norge (region IX)
I region IX ble Kapervatn undersøkt i 2000 og 2001. Innsjøen hadde moderat følsomme insekter og blir vurdert som moderat/markert skadet i 2000. I 2001 ble det derimot registrert mange individ av døgnfluen *Baetis* sp. og Indeks 2 ble beregnet til 1. Tilstanden var således betydelig bedre i 2001 sammenlignet med året før. Forskjellen skyldes sannsynligvis tilfeldigheter og viser viktigheten av flere observasjoner. Kapervatn får betegnelsen lite eller ikke skadet i 2001. De andre innsjøene i regionen er undersøkt tidligere. Tre av innsjøen fikk da betegnelsen lite skadet, mens en ble vurdert til moderat/markert skadet. Observasjonene i Kapervatn og i de andre innsjøene indikerer liten skade i regionen.

Øst-Finnmark (region X)
I region X ble Dalvatn undersøkt. Antall følsomme arter har vært lite endret gjennom de siste årene. I 2001 fikk lokaliteten en Indeks 2 verdi på 1, dvs. liten eller ingen skade. Denne situasjonen har vært mer eller mindre stabil de siste årene. De øvrige innsjøene i regionen er undersøkt tidligere. De flest innsjøene oppnådde tilstandsklassen lite forsuringsskadet, men en innsjø, Oksvatn, fikk betegnelsen moderat skadet. Foreløpig har vi lite materiale fra Øst-Finnmark og vurderingen av tilstanden er derfor beheftet med noe usikkerhet, men den forholdsvis stabile tilstanden i Dalvatn tilsier at tilstanden i regionen er lite forsuringsskadet.

Trender
En del av innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt tidligere. I region IV ble Risvatn undersøkt under SNSF-prosjektet i perioden 1977 til 1980 og skulle da representere en lite forsuret lokalitet. Faunasammensetningen den gang ville trolig gitt

tilstandsklassen moderat forsuret. I 1999 hadde innsjøen 5 følsomme taksa hvor døgnfluene indikerte liten forsuringsskade, en forbedring på en tilstandsklasse. I den samme regionen ligger Lille Hovvatn som har vært undersøkt over 12 år (referanse til det kalkede Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I de siste årene har det vært sporadisk registrering av småmuslinger og døgnfluen *Siphlonurus* sp. Sistnevnte taksa har blitt tallrik i S. Hovvatn etter kalking. At arten forsøker å etablere seg i L. Hovvatn tyder på en bedring gjennom de siste 20 årene, men situasjonen i år 2001 indikerte en tilbakegang. Det er derfor ingen stabil bedring i lokaliteten.

Saudlandsvatn som ligger i region V har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har økt fra lite følsomme småmuslinger (tidlig på åttitallet) til forekomst av flere moderat følsomme insekter på slutten av nittitallet. Vårfluen *H. siltalai* er et eksempel på en slik art og viser at rekoloniseringen kom i siste halvdel av nittitallet (**Figur 18**). Faunaen i Saudlandsvatn har derfor endret seg fra sterkt til markert forsuringsskadet. Forbedringen er sammenfallende med den generelle bedringen i området, se vassdragsovervåkingen.



Figur 18. *Forekomst av H. siltalai i Saudlandsvatn (Farsund) i perioden 1981-2001.*
Figure 18. *Incidence of H. siltalai in Saudlandsvatn (Farsund) in the periode 1981-2001.*

I region VI har utløpselva fra Røyravatn og Flotavatn inngått i overvåkingen siden 1982. Røyravatn har indikert markert til sterk forsuring i mesteparten av perioden uten noen klar trend. Situasjonen i 2001 indikerte en negativ tendens. De andre innsjøene i regionen indikerer derimot uendret eller en klar bedring av forholdene. Mest markert blant disse var Flotvatn som hadde sporadisk forekomst av moderat følsomme taksa i starten på overvåkingen. Disse ble helt borte fra lokaliteten i perioden 1989 til 1996. Deretter har de

vært tilstede i alle år unntatt 1998. I 2001 ble også *B. rhodani* registrert for første gang i utløpselva noe som understreker bedringen.

I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forsuringsskadet i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat forsuringsfølsomme taksa. Disse var imidlertid borte fra prøvene i 2000, men kom igjen i 2001. Dette indikerer ustabil vannkjemi, men at det er en positiv tendens i utviklingen. Nystølvatn viser derimot en negativ trend de siste to årene slik at utviklingen ikke er entydig positiv.

For de andre regionene, er det bare Ø. Neådalsvatn i region VIII som har en lang prøveserie. Innsjøen ble undersøkt under SNSF-prosjektet hvor den representerte en uforsuret lokalitet med dårlig bufferkapasitet. Forekomstene av følsomme taksa har variert i mengde, men de har hele tiden gitt tilstandsklassen lite forsuret. Situasjonen i 2001 var imidlertid en av de beste som er registrert med hensyn på antall følsomme taksa.

3.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2001 registrert 56 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 35 arter vannlopper (Cladocera) og 21 arter hoppekreps (Copepoda). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forsuring. Eksempler på forsuringsfølsomme arter er *D. longiremis, D. longispina, Eucyclops macrurus* og *E. speratus.* Arter innen slekten *Daphnia* spp. har en sentral funksjon som surhetsindikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner artene å opptre med avtagende frekvens og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,4.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte mellom 7 og 41. Antall arter i en lokalitet er avhengig av vannkvaliteten, geografisk beliggenhet, klimaforhold og biologiske forhold for øvrig. Ser man alle lokalitetene under ett er det ingen god samvariasjon mellom pH, eller andre forsuringsrelaterte vannkjemiske parametre, og total artsrikdom. Lavest artsrikdom finnes imidlertid i sure lokaliteter og da spesielt i kombinasjon med ugunstige klimatiske forhold (kort vekstsesong og lave sommertemperaturer), og hvor innholdet av TOC er lavt. I de mest forsuringsskadete lokalitetene vil det være få forsuringssensitive arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsuring, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longsipina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) vil dermed ofte kunne endres med endringer i forsuringssituasjonen.

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

Østlandet – Nord (region I)
Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen ble innsjøene i regionen klassifisert som ubetydelig/moderat forsuret til sterkt forsuret. I en totalvurdering er krepsdyrfaunaen i regionen angitt som markert forsuret (klasse 3). To av lokalitetene i region I blir undersøkt årlig. Atnsjøen er en lite forsuret referansesjø mens Stortjørna er karakterisert som sterkt forsuret med dominans av moderat og svært forsuringstolerante arter. Det er registrert mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen men undersøkelsene gir så langt ingen indikasjoner på endringer i forsuringssituasjonen i region I.

Østlandet – Sør (region II)
Region II ble, i likhet med region I, undersøkt i 1998 og totalt 50 arter av krepsdyr ble registrert i til sammen 12 innsjøer. Status for enkeltlokaliteter varierte fra moderat til meget sterkt forsuret. Basert på en samlet vurdering av krepsdyrfaunaen ble regionen klassifisert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4). For fire av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra fire til seks år i løpet av perioden 1996-2001. Med unntak av Langvatn, som viser en positiv utvikling i den perioden innsjøen ble undersøkt (1996-99), er det ingen indikasjoner på endring i forsuringssituasjonen. Fra Langtjern fins det også planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forsuringssensitive arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere i 1977 sammenlignet med perioden 1998-2001. Til tross for en gradvis bedring av vannkvaliteten siden midten av 1970-tallet er de vannkjemiske forholdene for dårlige og ustabile for permanent etablering av de mest forsuringssensitive krepsdyrartene.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
Region III ble undersøkt i 2000 og det ble her registrert 33 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 høyfjellslokaliteter. Innsjøene ble klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt forsuret. Samlet er region III vurdert som moderat til markert forsuret (klasse 2-3). Fra to av lokalitetene i region III fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2001. Heddersvatn er i tillegg undersøkt i 1978. År til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er liten og indikerer ingen eller kun en svak positiv endring i forsuringssituasjonen. I Heddersvatn ble *Cyclops scutifer* registrert for første gang i 1999 med økende andel i årene som følger. Det ser ut til at arten gradvis har erstattet den mer forsuringstolerante *Acanthocyclops vernalis* og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Fire av lokalitetene i Kvennavassdraget (Hardangervidda) ble undersøkt i 1978 og 1995 i tillegg til 2000. Innsjøene vurderes ikke som forsuringsskadet og en økning i andelen forsuringssensitive arter mellom 1978 og 1995/2000 skyldes høyst sannsynlig variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel klima.

Sørlandet - Øst (region IV)
Region IV ble undersøkt i 1999 og totalt ble det registrert 55 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Krepsdyrfaunaen i til sammen 10 innsjøer viste stor variasjon og innsjøene ble klassifisert som ubetydelig/moderat til meget sterkt forsuret. Samlet er region IV vurdert som markert til sterkt forsuret (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Fra syv av lokalitetene i region IV fins det krepsdyrdata fra flere år i perioden 1996-2001. År til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er liten og indikerer ingen generell endring i forsuringssituasjonen. En av lokalitetene (Sognevatn) ble i tillegg undersøkt i 1989. Andelen forsuringssensitive

krepsdyrarter er mer enn fordoblet i 1997-2001 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet. Datagrunnlaget fra 1989 er imidlertid noe mangelfult. To av de øvrige innsjøene er også undersøkt tidligere, hhv. i 1978 og 1987. Disse viser en svak positiv endring i krepsdyrfaunaen i 1999 sammenlignet med tidligere undersøkelser. I Risvatn har andelen *Daphnia longispina* økt i planktonet. I Sandvatn har andelen forsuringssensitive arter økt men daphnier er ennå ikke blitt registrert.

Sørlandet - Vest (region V)
Region V ble undersøkt i 1997 og syv av sjøene ble i tillegg undersøkt i 2001. Det fins krepsdyrdata fra totalt 13 innsjøer og disse er klassifisert som moderat til meget sterkt forsuret. Regionen er samlet vurdert som sterkt forsuret (klasse 4). I region V blir tre innsjøer undersøkt årlig og sammenlignet med tidligere år er det ingen endring i forsuringssituasjonen i 2001. For de øvrige fire lokalitetene som ble undersøkt både i 1997 og i 2001 har artsantallet økt for alle innsjøene. Økningen gjelder i like stor grad forsuringstolerante arter som forsuringssensitive arter og indikerer ingen generell bedring i forsuringssituasjonen i region V.

Vestlandet - Sør (region VI)
Region VI ble undersøkt i 2000. Det fins krepsdyrdata fra syv innsjøer og totalt ble det registrert 32 arter. Innsjøene er alle klassifisert som markert til sterkt forsuret og regionen er samlet vurdert som markert forsuret (klasse 3). Kun en av lokalitetene i region VI (Røyravatn) blir undersøkt årlig. Sammenlignet med tidligere år er det ingen endring i forsurings-situasjonen i 2001. I forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 ble det imidlertid registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva og dette tyder på at arten fins i lave tettheter i planktonet og evt. er i ferd med å reetablere seg i innsjøen. En av lokalitetene (Litlevikvatn) ble undersøkt i 1992 og 1997 i tillegg til 2000. Materialet gir ingen indikasjon på endringer i forsuringssituasjonen i denne perioden.

Vestlandet - Nord (region VII)
Region VII ble undersøkt i 1999 og totalt ble det registrert 35 krepsdyrarter. Krepsdyrfaunaen i de 12 innsjøene viste stor variasjon og innsjøene ble klassifisert som ubetydelig/moderat til sterkt/meget sterkt forsuret. Samlet er region VII vurdert som markert forsuret (klasse 3). De fleste av lokalitetene i regionen er svært ionesvake med Ca-konsentrasjoner <0,5 mg L^{-1} og andel forsuringssensitive arter forventes derfor å være naturlig lav. For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata. År til år variasjoner er registrert for disse innsjøene men det er ingen generell trend mhp. forsuringsskader for region VII.

Midt-Norge (region VIII)
Region VIII ble undersøkt i 2001. Det fins imidlertid krepsdyrdata fra kun tre av innsjøene og totalt 22 arter ble registrert. Innsjøene er karakterisert som lite til moderat forsuringsskadet. Årlige undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn i Lesja viser kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen.

Nord-Norge (region IX)
Region IX ble undersøkt i 1999. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Det fins data fra seks innsjøer og situasjonen i disse varierer fra ubetydelig/moderat

forsuret til sterkt forsuret, med hovedvekt på moderat forsuret (klasse 2). Felles for lokalitetene som ble vurdert som sterkt forsuret er at disse var svært ionesvake med Ca-konsentrasjoner <0,5 mg L^{-1} og dessuten at de hadde en god aurebestand. Det er derfor sannsynlig at en artsfattig krepsdyrfauna dominert av forsuringstolerante arter skyldes lave Ca-konsentrasjoner i kombinasjon med høy predasjon, begge deler kan være en begrensende faktor for forekomsten til forsuringssensitive arter som for eksempel daphnier. En lokalitet (Kapervatn) er undersøkt årlig siden 1999. Krepsdyrfaunanen er artsfattig med dominans av forsuringstolerante arter. Artsinventaret varierer lite mellom år men det er registrert relativt store variasjoner i dominansforhold.

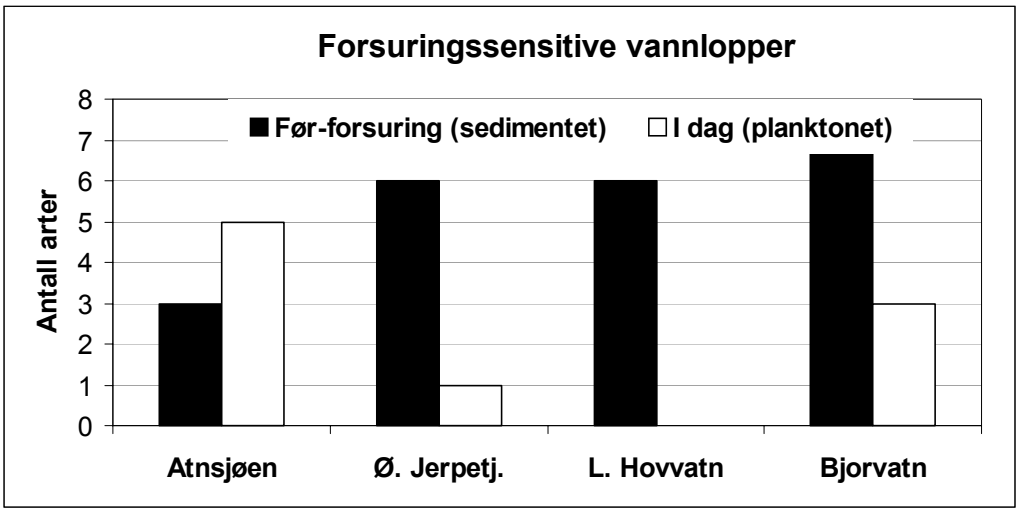
Øst-Finnmark (region X)
Region X ble undersøkt i 2000. Det fins krepsdyrdata fra kun seks innsjøer og totalt ble det registrert 31 arter. Innsjøene er klassifisert som moderat/markert til sterkt forsuret. Samlet er region X vurdert som markert forsuret (klasse 3). Store Skardvatn ble i tillegg til undersøkelsene i 2000 også undersøkt i perioden 1991-1996. Litorale krepsdyr ble imidlertid først inkludert fra 1995. I St. Skardvatn er andelen av sensitive arter samt prosentvis forekomst av forsuringssensitive daphnier i planktonet noe redusert i 2000 sammenlignet med 1995-1996. Basert på krepsdyrfaunaen alene er datagrunnlaget for dårlig til å kunne si noe sikkert om utvikling i forsuringssituasjonen. Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokalitetene fins det data fra de fleste år i perioden 1991-2001. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten. Andelen av den forsuringssensitive *Daphnia longiremis* i planktonet synes imidlertid å øke og Dalvatn vurderes som mindre forsuringsskadet i 2001 sammenlignet med tidligere år.

Trender
Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2001 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer). En av disse var ny i 1999, mens to lokaliteter er undersøkt siden 1998, tolv siden 1997 og fem siden 1996. For et flertall av innsjøene ble det registrert flest arter i 1999. Det er imidlertid en relativt dårlig samvariasjon mellom artsantall og pH for de enkelte innsjøene. Variasjoner i artsrikdom kan skyldes variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel år til år variasjoner i klima. En total vurdering av krepsdyrsamfunnene, basert på artsinventar og mengdefordelinger (dominansforhold), tyder ikke på noen generell endring i forsuringssituasjonen i perioden 1996-2001. For enkeltlokaliteter der det fins eldre data er det imidlertid indikasjoner på endringer i positiv retning. Dette gjelder noen få innsjøer i region III, IV og X.

Paleolimnologiske studier
For åtte Gruppe 1-sjøer (Atnsjøen, Øvre Jerpetjern, Bjorvatn, Lille Hovvatn, Saudlandsvatn, Ljosvatn, Markusdalsvatn og Nystølvatn) er krepsdyrfaunaen rekonstruert for perioden fra før forsuringen startet (ca. 1900) og fram til i dag. Dette er gjort ved å studere skallrester og hvileegg av vannlopper funnet i ulike sjikt nedover i sedimentet. Alle sedimentsjikt er undersøkt mht. forekomst av hvileegg av *Daphnia*. Totalfaunaen av vannlopper er, så langt, kun undersøkt i topp- (0,5-1 cm) og bunnsjiktet for fire av innsjøene.

I de forsuringsskadete innsjøene var andelen forsuringssensitive arter alltid størst i det dypeste sjiktet, det vil si før forsuringen startet, sammenlignet med dagens fauna (**Figur 19**). Forholdet var, ikke uventet, omvendt for referansesjøen (Atnsjøen), noe som skyldes at det metodisk er vanskelig å fange opp alle de tilstedeværende artene i sedimentprøvene. Øvre

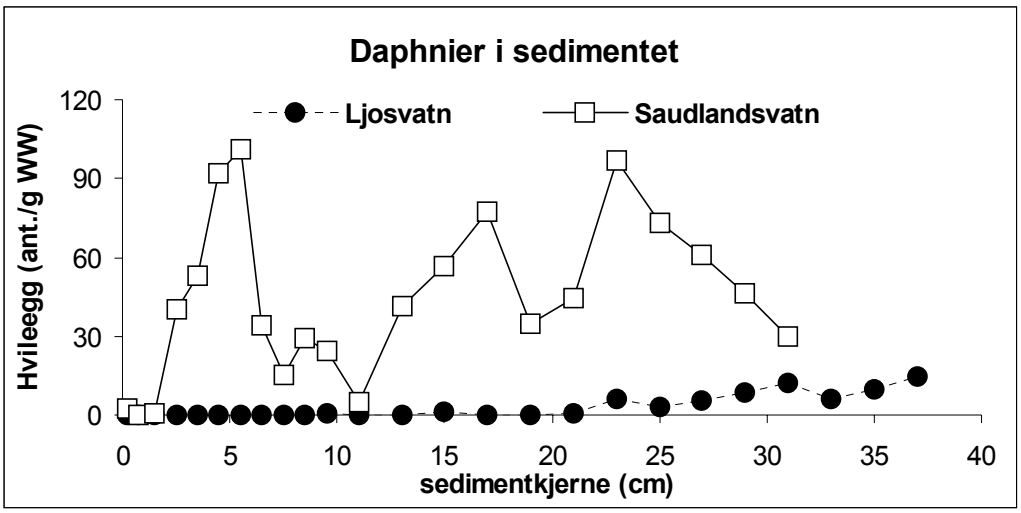
Jerpetjern og Lille Hovvatn, som også er de sterkest forsuringsskadete innsjøene, mangler flest forsuringssensitive arter.



Figur 19. *Antall forsuringssensitive vannlopper registrert i dagens krepsdyrsamfunn i Atnsjøen (Østlandet – Nord), Øvre Jerpetjern (Østlandet – Sør), Lille Hovvatn og Bjorvatn (Sørlandet – Øst) sammenlignet med arter som er funnet i sedimenter som representerer tiden før forsuringen startet (sedimentsjikt >15 cm dyp). Sensitive arter: arter som er mer enn dobbelt så vanlig ved pH>6,0 enn ved pH<5,0. Arter som vanskelig lar seg artsbestemme fra sedimentprøvene er ikke inkludert.*
Figure 19. *Numbers of acid sensitive cladocerans found in the present microcrustacean community in Lakes Atnsjøen (Eastern Norway – North), Øvre Jerpetjern (Eastern Norway - South), Lille Hovvatn og Bjorvatn (South coast of Norway – East) compared with species found in the deeper parts of the sediments (>15 cm depths) representative for the pre-acidification period. Sensitive species: species which are more than twice as common when pH>6,0 compared with pH<5,0. Fragments, which are difficult to identify to species level from the sediment samples, are not included.*

Den eneste av lokalitetene som i dag har en bestand av *Daphnia* er Atnsjøen og her er tettheten av hvileegg relativt stor i de øverste sedimentlagene (presentert i årsrapporten for 2000). I Bjorvatn og Øvre Jerpetjern finnes også hvileegg av daphnier i sedimentet og disse innsjøene har antagelig hatt en *Daphnia*-bestand fram til hhv. 1990- og 1950-tallet. I Saudlandsvatn er det registrert små mengder hvileegg av *Daphnia* i det øverste sedimentsjiktet, 0-0,5 cm, (**Figur 20**), noe som viser at daphnier er til stede i planktonet selv om arten ikke er registrert i overvåkingen av dagens krepsdyrfauna. Manglende funn eller svært lave tettheter av hvileegg i de øverste centimeterene av sedimentet viser videre at miljøforholdene har vært ugunstige i Saudlandsvatn i de siste 10-20 år. I Ljosvatn finner vi de første hvileeggene av *Daphnia* omkring 10 cm ned i sedimentet og tettheten er generelt svært lav i alle sedimentsjikt. Disse resultatene indikerer at daphniene forsvant fra Ljosvatn tidlig i forsuringsfasen (begynnelsen av 1900-tallet), og forholdene har antagelig alltid vært så ugunstige (naturlig surt vann med svært lavt ioneinnhold) at denne forsuringssensitive arten aldri har hatt en tett bestand i innsjøen. I Markusdalsvatn og Nystølvatn ble det ikke registrert

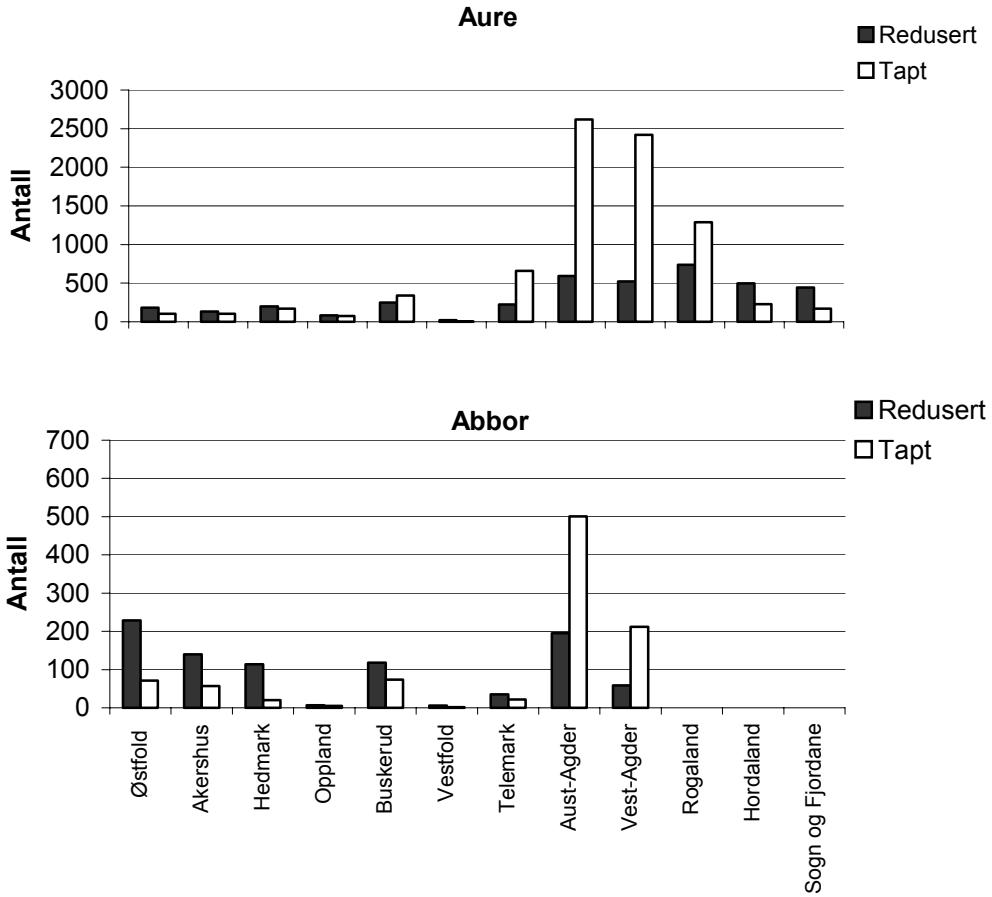
hvileegg av daphnier i noen av sedimentsjiktene, heller ikke i lag som representerer tiden før innsjøene ble forsuret. Innsjøene er svært ionefattige med kalsium-verdier på ca 0,25 mg L^{-1}. Tilsvarende resultat er tidligere også funnet for ionefattige Lille Hovvatn. Under slike forhold vil vi vanligvis ikke finne daphnier i planktonet.



Figur 20. *Antall Daphnia-ephippier (hvileegg) per gram våtvekt (ww) i ulike sjikt av sedimentet fra Ljosvatn og Saudlandsvatn (Sørlandet – Vest). Markusdalsvatn og Nystølvatn (Vestlandet – Nord) ble også undersøkt men ingen hvileegg ble funnet i sedimentet.*
Figure 20. *Number of Daphnia-ephippia per gram wet weight in different layers of sediments from Lakes Ljosvatn and Saudlandsvatn (South coast of Norway – West). In Lakes Markusdalsvatn and Nystølvatn (Western Norway – North), no ephippia was found in the sediments.*

3.2.3 Effekter på fisk

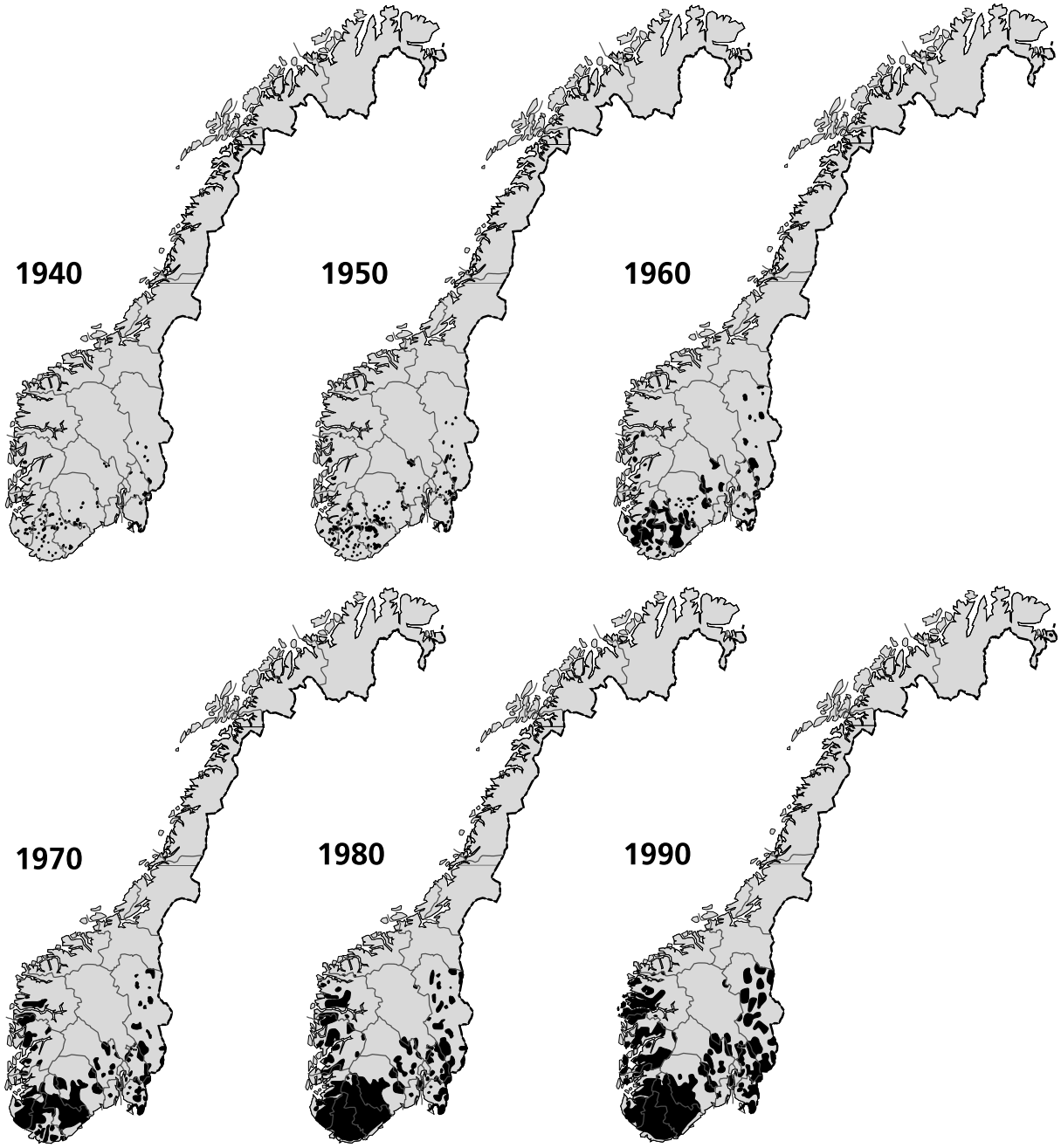
Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadde bestander
Rundt 8.200 aurebestander er tapt som følge av forsuring her i landet. Skadene har vært størst i Agderfylkene, med til sammen rundt 5.000 tapte aurebestander (**Figur 21**). Også i Telemark og Rogaland har tapene vært betydelige, med henholdsvis 700 og 1.300 utrydda aurebestander. I tillegg har det vært en merkbar reduksjon i nærmere 3.900 aurebestander. I tillegg til Agderfylkene, med over 1.100 av disse bestandene, hadde også Rogaland en betydelig andel med 700 bestander. Videre er nærmere 1.000 abborbestander gått tapt pga forsuring, hovedsakelig i Aust-Agder (500) og Vest-Agder (210). I tillegg er rundt 140 abborbestander utryddet i Østfold og Buskerud. Nærmere 500 bestander av røye, mort, ørekyte og gjedde har også gått tapt, mens antall skadde bestander for disse fire artene er over 600. Disse forsuringsskadene ble spesielt tydelige på 1960 - og 70-tallet, og på begynnelsen av 1990-tallet utgjorde landarealet med tapte og skadde fiskebestander rundt 84.000 km^2 (**Figur 22**).



Figur 21. *Antall tapte og reduserte bestander av aure og abbor pga forsuring fordelt på enkelte fylker.*
Figure 21*. Number of lost and damaged populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.*

Disse tallene bygger på data som ble samlet inn fram til tidlig på 1990-tallet, og begrenset til innsjøer over 3 ha (Hesthagen, T., Sevaldrud, I.H. & Berger, H.M. 1999. Assessment of damage to

fish populations in Norwegian lakes due to acidification. Ambio 28: 112-117). Reetableringer og gjenhentingen av bestander som skyldes bedret vannkvalitet gjennom kalking eller reduserte utslipp, samt ved utsettinger, er ikke vurdert. Dagens skadeomfang er derfor mindre enn det de presenterte tallene viser.

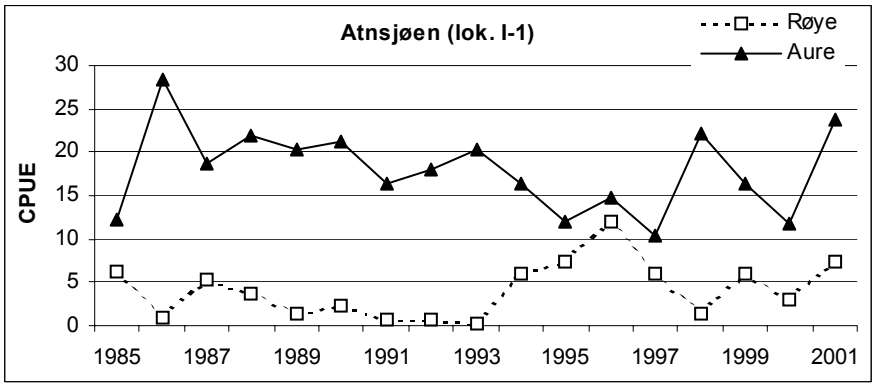


Figur 22. *Utviklingen av arealer med tapte og skadde fiskebestander som skyldes forsuring fra 1940-tallet og fram til 1990-tallet.*
Figure 22*. Development of areas with damaged fish populations in Norway from the 1940s to 1990s, due to acidification.*

Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer
Hensikten med bestandsundersøkelsene i innsjøer er å (i) dokumentere effekter forårsaket av forsuring, (ii) hvordan forsuringen virker på ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2001 ble 15 lokaliteter fordelt på fire regioner prøvefisket (**Figur 10**).

Ved starten av overvåkingsprogrammet på 1980-tallet ble det bare prøvefiske med SNSF garnserier, mens oversiktsgarn ble først tatt i bruk tidlig på 1990 tallet. En SNSF garnserie består av 8 enkeltgarn som er 27 x 1,5 m, med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garna ble satt enkeltvis fra land, vanligvis i dyp på 0-6 m. Ett oversiktsgarn, som er 30 m langt og 1,5 m dypt, har 12 ulike maskevidder, fra 5 til 55 mm. I 2001 ble det bare fisket med oversiktsgarn, fordelt på ulike dybdeintervall (0-3,3-6, 6-12, 12-20 m). Ved sammenligning av fangst per innsats (CPUE) på de to garnseriene, er det på oversiktsgarna bare inkludert fisk tatt på maskeviddene 10-45 mm og på 0-3 og 3-6 m dyp.

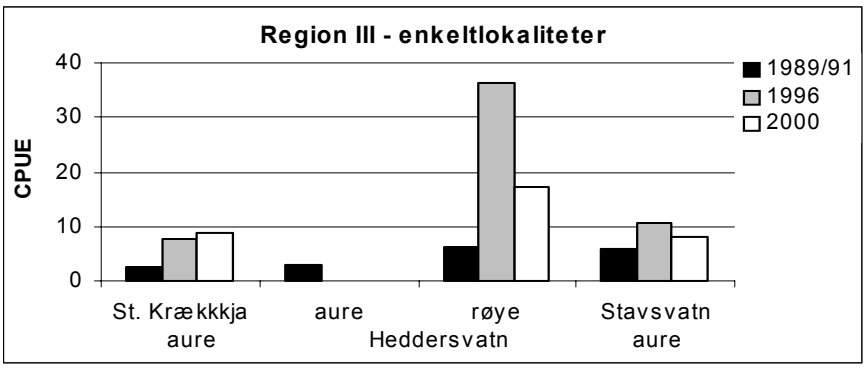
Østlandet – Nord (region I)
De fleste innsjøene i Region I er bare undersøkt en gang mht. fisk, og grunnlaget for å vurdere utviklingen i disse bestandene er derfor tynn. Andelen av henholdsvis tapte og uendrede bestander i denne regionen er 17 % (**Figur 29**). Halvparten av innsjøene hvor det bare er prøvefisket en gang hadde tette abborbestander, mens 38 % hadde tynne aurebestander. De fleste lokalitetene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, abbor, ørekyte og gjedde finnes i enkelte innsjøer. Atnsjøen var den eneste innsjøen i Region I som ble prøvefisket i 2001. Denne lokaliteten blir prøvefisket hvert år som en del av det tidligere "Forskref", nå "Nettverk av vassdrag for overvåking av biologisk mangfold". mangfold. Innsjøen har gode bestander av aure og røye og er ikke påvirket av forsuring. I perioden 1985-2001 har fangstutbyttet i bunnære områder (0-12 m dyp) av aure og røye variert mellom henholdsvis 10-28 og 1-12 individ per 100 m^2 garnareal (**Figur 23**). For røye er fangstene i dypere områder av sjøen (12-35 m) noe større, og har dessuten vist en klar positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden.



Figur 23. *Fangst av aure og røye per 100 m^2 garnareal (CPUE) i bunnære områder (0-12 m dyp) av Atnsjøen (lok I-1) i perioden 1985-2001.*
Figure 23. *Catches of brown trout and Arctic char in the epibenthic zone of lake Atnsjøen between 1985 and 2001. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 12 metres.*

Østlandet – Sør (region II)
I Region II har det vært en positiv utvikling i 45 % av de lokalitetene som har vært undersøkt mer enn en gang, 18 % er uendret, mens 27 % er tapte bestander (**Figur 29**) De fleste lokalitetene i denne regionen har eller har hatt bestander av abbor, mens aure, røye og ørekyte finnes i enkelte av de utvalgte innsjøene.

Fjellregionen – Sør-Norge (region III)
I Region III har det vært en positiv utvikling i 36 % av i de fiskebestandene som har vært undersøkt mer enn en gang, mens 9 % har hatt en negativ utvikling og 9 % av bestandene er tapte (**Figur 29**). De fleste lokalitetene i denne regionen har rene aurebestander. I de innsjøene som kun er undersøkt en gang var det forholdsvis tette aurebestander. Selv om fiskebestandene har utviklet seg positivt i denne regionen, er mange av aurebestandene forholdsvis tynne og økningen i fangstutbyttet har vært svært lite (**Figur 24**). I Heddersvatn (Lok. III-5) har imidlertid røyebestanden økt betydelig i løpet av det siste ti-året.

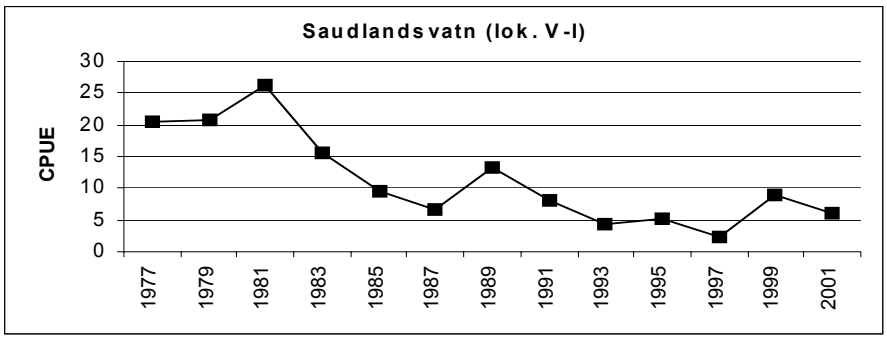


Figur 24. *Fangst av aure i Store Krækkja og Stavsvatn og av aure og røye i Heddersvatn per 100 m^2 garnareal i bunnære områder (0-6 m dyp) i tre ulike perioder.*
Figure 24. *Catches of brown trout in the epibenthic zone of lakes Store Krækkja and Stavsvatn and that of brown trout and Arctic char in lake Heddersvatn in three different periods between 1989 and 2000. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 6 metres.*

Sørlandet – Øst (region IV)
Fiskebestandene i de fleste lokalitetene i region IV er bare undersøkt en gang, slik at grunnlaget for å si noe om utviklingen i denne regionen er tynn (**Figur 29**). Andelen uendrede og tapte, samt de med positiv eller negativ utvikling i fiskestatus lå på 10 % for hver kategori. Av de lokalitetene som bare er undersøkt en gang, var 33 % tynne aurebestander, 17 % middels tette aurebestander, mens 33 % hadde tette abborbestander.

Sørlandet – Vest (region V)
I region V er det ingen entydig utvikling i fiskebestandene (**Figur 29**). Atten prosent av lokalitetene som har vært undersøkt mer enn en gang hadde uendrede fiskebestander, 27 % har hatt en positiv utvikling, 9 % har hatt en negativ utvikling, mens 27 % er tapte bestander.

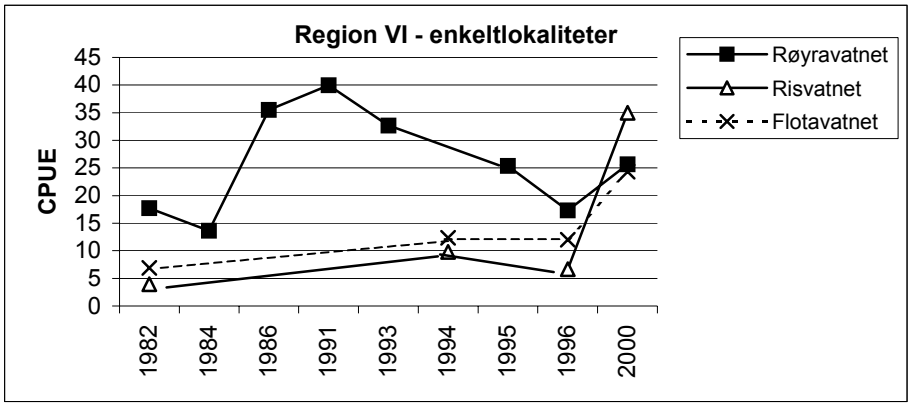
Alle innsjøene i regionen har eller har hatt aure. Aurebestanden i Saudlandsvatn, som har vært undersøkt annet hvert år siden 1977, viser en klar reduksjon i begynnelsen av 1980-tallet (**Figur 25**). Etter dette har fangstutbyttet, med ett unntak, vært mindre enn 10 individ per 100 m^2 garnareal.



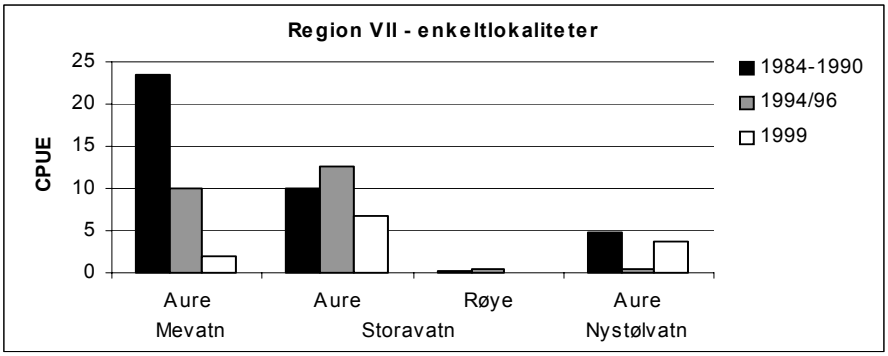
Figur 25. *Fangst av aure per 100 m^2 garnareal i Saudlandsvatn i perioden 1977-2001.*
Figure 25*. Catches of brown trout in the epibenthic zone of lake Saudlands, 1977-2001. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 6 metres.*

Vestlandet – Sør (region VI)
Alle fiskebestandene i Region VI som har vært undersøkt mer enn en gang, har hatt en positiv utvikling (**Figur 29**). Fangstutbyttet i de enkelte lokalitetene har økt forholdsvis mye i siste fireårsperiode (**Figur 26**). Utviklingen har vært spesielt positivt i Risvatnet (lok VI-4) og Flotavatnet (lok. VI-5) i Vikedalsvassdraget. I Røyravatnet (lok. VI-3) lokalisert i samme vassdrag, gikk imidlertid fangstene av aure ned i løpet av 1990-tallet, til samme nivå som på begynnelsen av 1980-tallet. Men i likhet med de to andre lokalitetene har bestandstettheten økt i siste fireårsperiode.

Vestlandet – Nord (region VII)
De fleste fiskebestandene i Region VII som har vært undersøkt mer enn en gang, har uendret status (42 %) (**Figur 29**). Andelen tapte fiskebestander og de med en klar negativ utvikling er 17 % for begge grupper. Resultatene for tre av lokalitetene i regionen viser en klar nedgang i fangstutbyttet av aure i en innsjø (Mevatn, lok. VII-11), mens det har vært en mindre nedgang i fangstene av aure i to andre innsjøer (Storavatn-lok. VII-2 og Nystølvatn-lok. VII-8) (**Figur 27**). Aurebestanden i Nystølvatn og røyebestanden i Storavatn har vært tynne i hele undersøkelsesperioden.



Figur 26. *Fangst av aure per 100 m^2 garnareal i Røyravatnet, Risvatnet og Flotavatnet i perioden 1982-2000. Merk at skalaen på X-aksen ikke er kontinuerlig.*
Figure 26*. Catches of brown trout in the epibenthic zone of lakes Røyravatnet, Risvatnet and Flotavatnet. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 6 metres. Note that the scale on the X-axis is not continuous.*



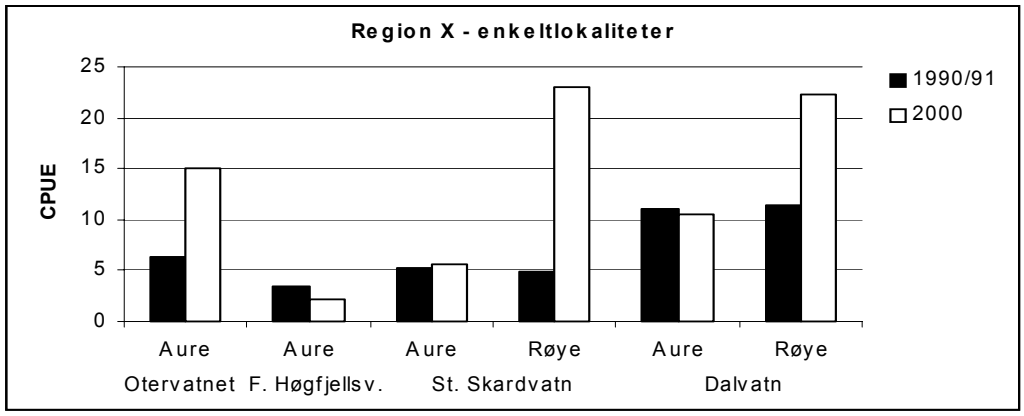
Figur 27. *Fangst av aure i Mevatn og Nystølsvatn og av aure og røye i Storavatn per 100 m^2 garnareal i bunnære områder (0-6 m dyp) i tre ulike perioder.*
Figure 27*. Catches of brown trout in lakes Mevatn and Nystølsvatn and that of brown trout and Arctic char in lake Storavatn in three different periods between 1984 and 1999. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 6 metres.*

Midt – Norge (region VIII)
Fiskebestandene i de fleste lokalitetene i Region VIII som har vært undersøkt mer enn en gang, har uendret status (40 %), mens 10 % har hatt en positiv utvikling (**Figur 29**). Rundt 60 % av lokalitetene som kun har vært prøvefisket én gang, har forholdsvis tette aurebestander, mens 20 % har tette røyebestander og 20 % tynne aurebestander.

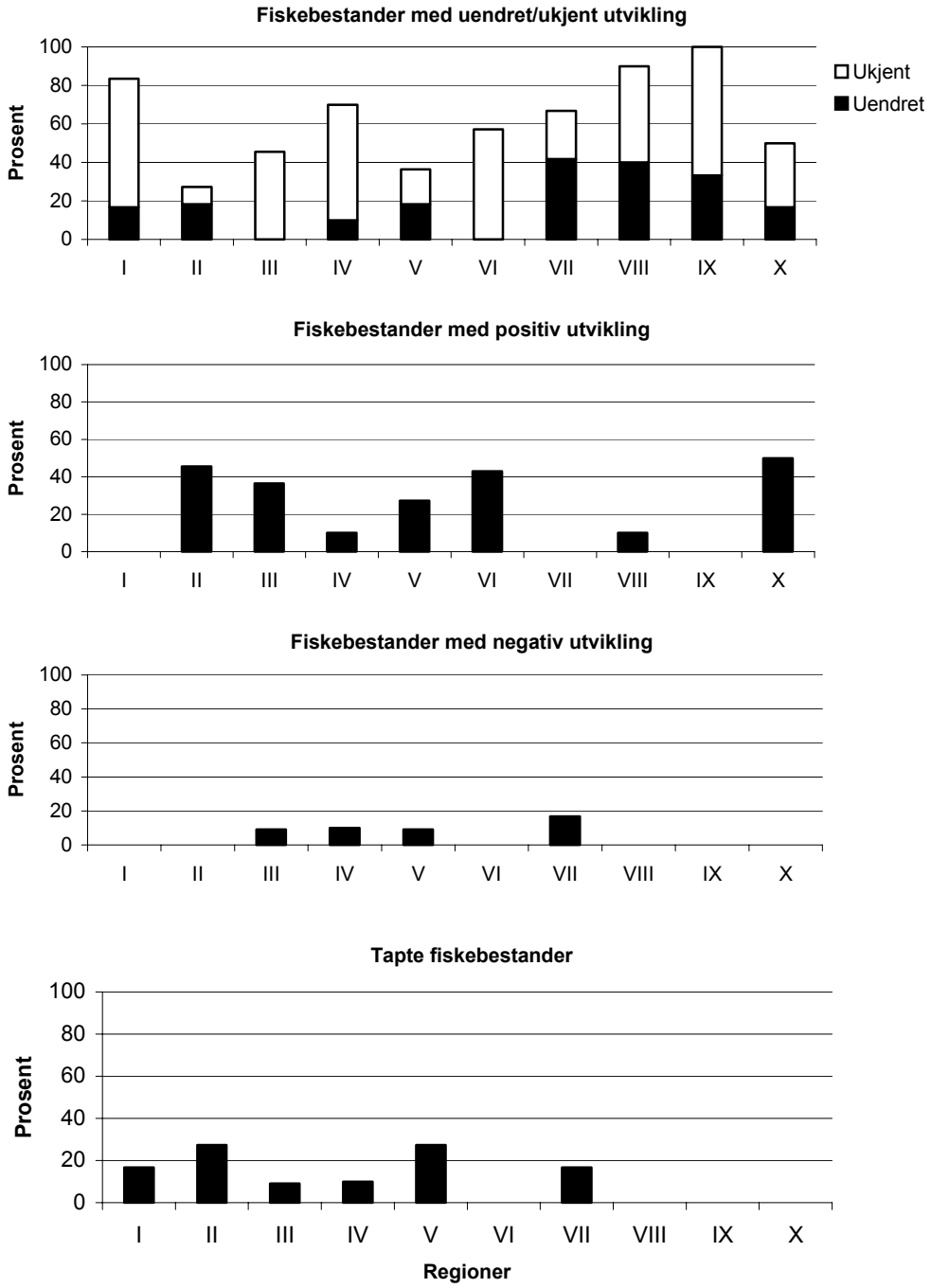
Nord-Norge (region IX)
Blant alle lokalitetene i Region IX som har vært undersøkt mer enn en gang, har 33 % uendra fiskebestander (**Figur 29**). Alle disse innsjøene har middels tette aurebestander, med et

gjennomsnittlig fangstutbytte (CPUE) på 16 individ per 100 m^2 garnareal. Aure finnes i alle utvalgte innsjøer, med unntak av en lokalitet som har middels tett røyebestand, samt tynne bestander av ørekyte og gjedde (lok. IX-6). De undersøkte aurebestandene i regionen var fra middels til forholdsvis tette (CPUE: 15-28 individ per 100 m^2 garnareal).

Øst-Finnmark (region X)
Rundt halvparten av fiskebestandene i Region X som har vært undersøkt mer enn en gang, har hatt en positiv utvikling, mens 17 % har uendret status (**Figur 29**). I to av lokalitetene har det vært en bestandsøkning hos røye, mens tettheten av aure fortsatt er lav og uendret (**Figur 28**). Otervatn (lok. X-2) med aure som eneste fiskeart, har hatt en positiv utvikling i perioden 1990-2000, idet fangstutbyttet har økt fra 6 til 15 individ per 100 m^2 garnareal.



Figur 28. *Fangst av aure i Otervatnet og Fremre Høgfjellsvatn og av aure og røye i Store Skardvatn og Dalvatn per 100 m^2 garnareal i bunnære områder (0-6 m dyp) i to ulike perioder.*
Figure 28*. Catches of brown trout in lakes Otervatnet and Fremre Høgfjellsvatn and that of brown trout and Arctic char in lakes Store Skardvatn and Dalvatn in two different periods (1990/91 and 2000). The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area at depths between 0 and 6 metres.*



Figur 29. *Andelen (prosent) av fiskebestander med uendret, positiv eller negativ utvikling, samt tapte bestander i ulike regioner. Kategorien "ukjente" er lokaliteter som ikke er prøvefisket eller som bare har vært undersøkt én gang.*
Figure 29*. Frequencies of fish populations with unchanged, positive or negative development and lost populations in different regions. The category "unknown" includes lakes which have been test-fished either once or not testfished at all.*

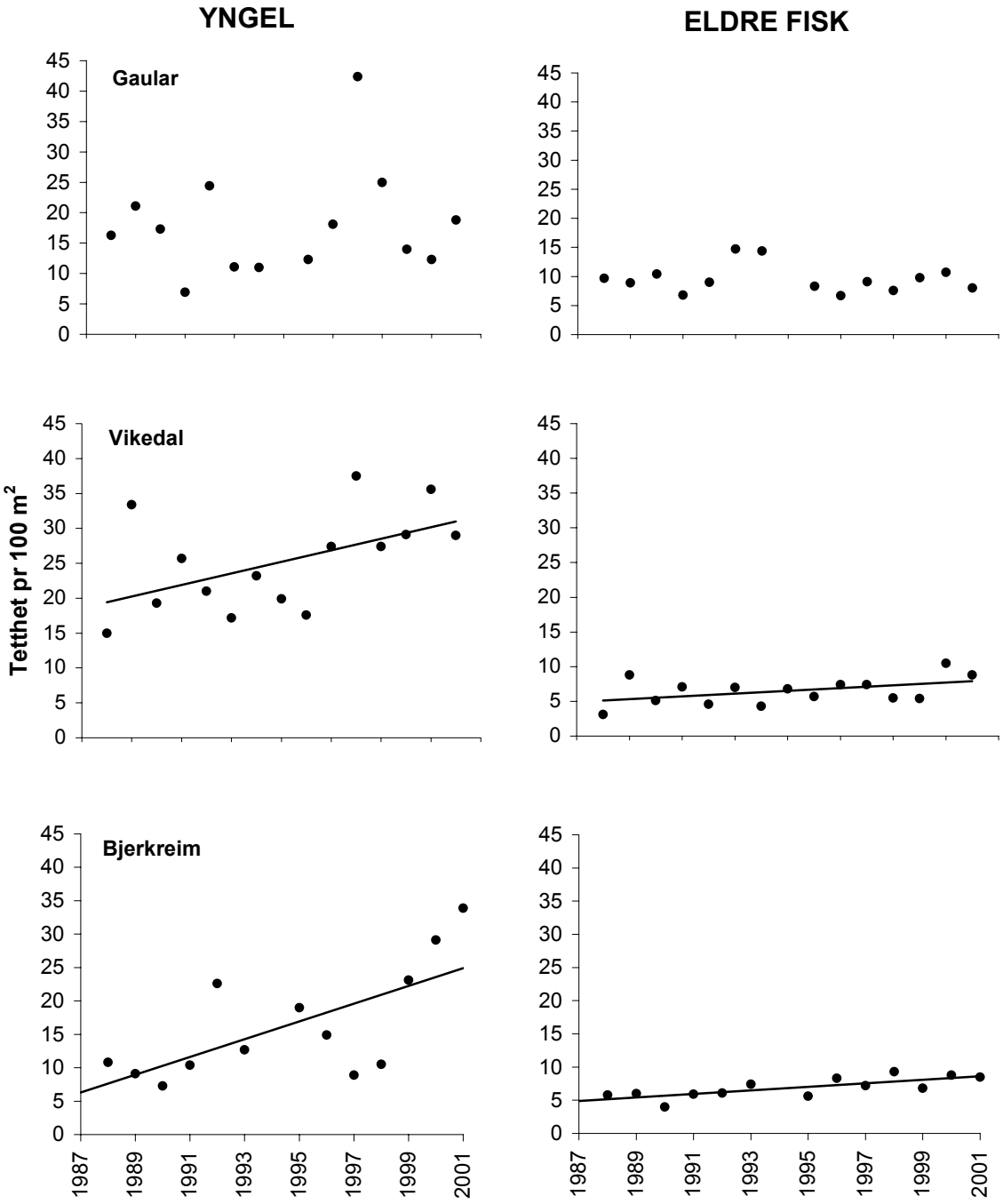
Ungfiskregistreringer hos aure i gytebekker

Hensikten med ungfiskregistreringer av aure i rennende vann er å påvise eventuelle endringer i rekruttering i regioner med forsuringsfølsom vannkvalitet, samt analysere hvilke vannkjemiske parametre som er av størst betydning for tettheten av aureunger. Disse undersøkelser vil vise om det skjer endringer i rekrutteringen på et tidlig stadium. Ungfisken blir samlet inn med elektrisk fiskeapparat, samtidig som det tas vannprøver fra hver lokalitet.

Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker, hvor yngelen oppholder seg i ei periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til reduksjon og eventuelle seinere tap av aurebestander i forsuringsområder. Dette gjør at en bestand avtar, samtidig som eldre og større individ dominerer. Rekrutteringen i gytebekker til et utvalg innsjøer i vassdragene Gaular (Sogn og Fjordane) i sidegreina Eldalen samt i Vikedal og Bjerkreim (Rogaland) har vært undersøkt hvert år siden 1987/88. I 2001 ble 72 bekker elfisket. Disse vassdragene har en forsuringsfølsom vannkvalitet, med fiskeskader i flere innsjøer.

Faste strekninger i hver bekk blir avfisket med elektrisk fiskeapparat i tre påfølgende omganger, og tettheten av fisk blir beregnet på bakgrunn av avtakende fangster. All fisk blir lengdemålt etter hver omgang, og etter endt fiske blir den satt tilbake i bekken. På basis av lengdefordelingen kan en skille mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder ≥1+). Før 1993 ble de faste strekningene i hver bekk avfisket bare én gang, og tettheten av yngel og eldre individ har i ettertid blitt beregnes ut fra gjennomsnittlig fangstsannsynlighet for seinere år. Tetthetstallene er justert i forhold til vannføringen under elfisket, som varierer fra år til år og påvirker fangsteffektiviteten.

I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling i mengden aureyngel i de siste årene, og en statistisk analyse viste at tid (år) forklarte 53 % av variasjonen i tetthet (**Figur 30**). Vannføringen bidrar med ytterligere 19 %, slik at samlet forklarer de to faktorene 72 % av variasjonen i tettheten av aureyngel. Tettheten av eldre aureunger har også økt noe i forsøksperioden (statistisk analyse: p=0,09). I bekker i Bjerkreimsvassdraget har det også vært en positiv utvikling i tettheten av både yngel og eldre individ, og tid (år) forklarte henholdsvis 46 og 58 % av variasjonen i tettheten hos de to aldersgruppene. I bekker i Gaularvassdraget har det vært store årlige variasjoner i tettheten av aureunger siden undersøkelsen startet i 1987, uten at det har vært noen bestandsøkning verken for yngel eller eldre individ.



Figur 30. *Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger per 100 m^2 i bekker i vassdragene Gaular, Vikedal og Bjerkreim i perioden 1987/88-2001. Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).*

Figure 30*. Estimated mean density per 100 m^2 stream area of young-of–the-year (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular, Vikedal and Bjerkreim catchments from 1987/88 to 2001. Numbers is adjusted according to a mean waterflow during electro-fishing. Lines are given in cases of a positive statistical relationship between density and time (year).*

4. Det terrestriske miljøet

Overvåking av det terrestriske miljøet er en del av alle tre overvåkingsprogrammene. I overvåkingsprogram for skogskader (OPS) inngår overvåking av jord for å belyse endringer i skog og skogøkosystemer, i TOV for å belyse endringer i annen vegetasjon og fauna, i "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" inngår overvåking av jord for å belyse endringene i vannkjemi.

Overvåking av jord
I programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" er det siden prøvetaking startet i 1981 hvert år, med unntak av 1995, tatt jordprøver hvert åttende år i Vikedalsvassdraget, Gaularvassdraget, Naustavassdraget, Birkenes, Langtjern, Dalelva, Kårvatn og Storgama (se **Figur 31**). Kårvatn (i 1998), Storgama (i 1999), Langtjern (i 2000) og Birkenes (i 2001) er nå prøvetatt for 3. gang. Jordprøver blir tatt fra fem nivåer: 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 8-10 cm, 12-14 cm. Det blir tatt 200 stikk per delfelt, og for hvert nivå er det fire serier.

I alle intensivflatene i OPS undersøkes jordvann i fra humussjiktet (5 cm dyp), humusblandet mineraljord (15 cm dyp) og mineraljord (40 cm dyp) ved hjelp av lysimetre. For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå ca 15 år. I tillegg blir det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter.

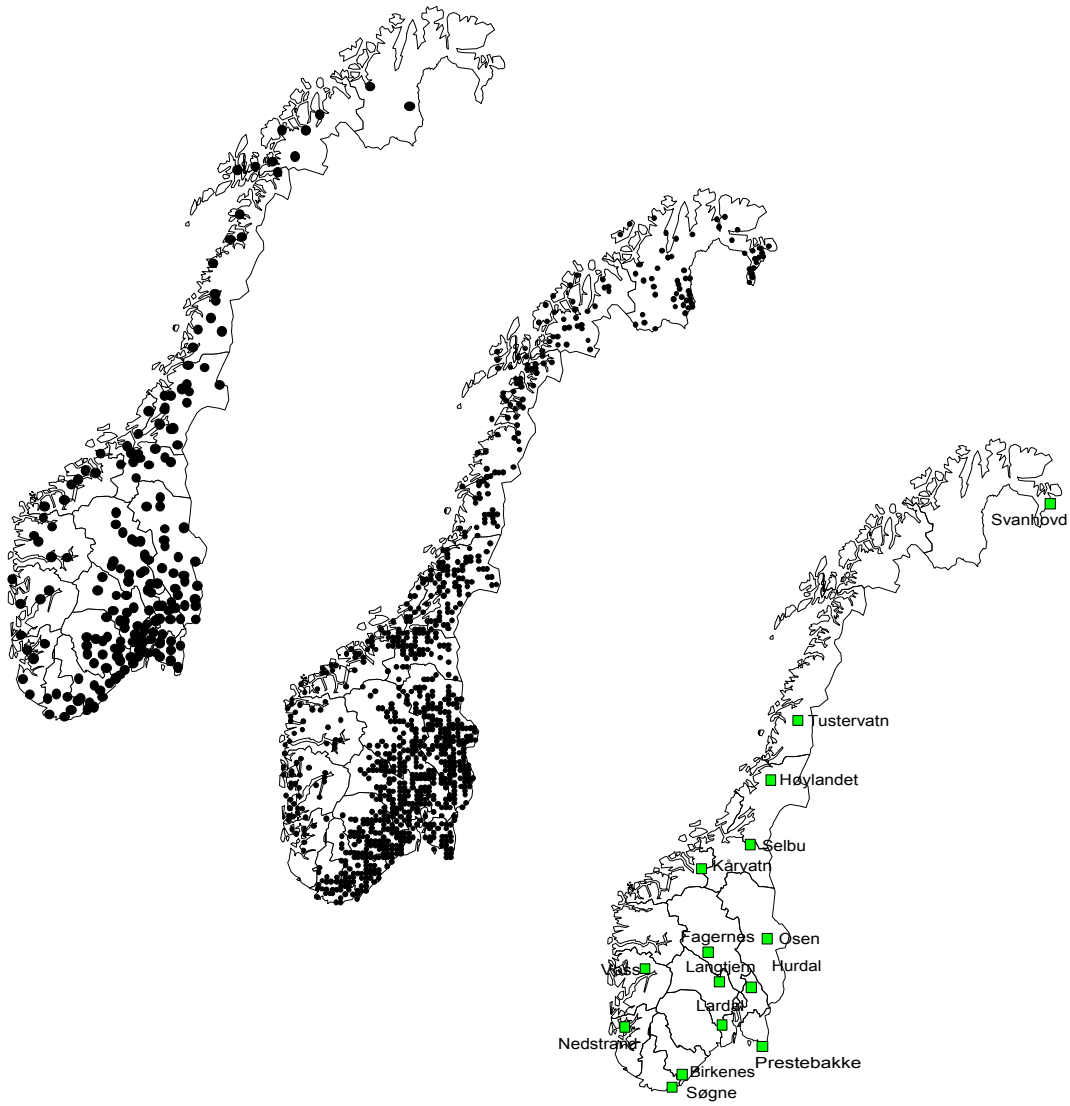
Overvåking av skog
OPS har tre sett av permanente flater (**Figur 31**). Overvåkingen startet på midten av 1980-tallet.

Opplegget for den landsrepresentativ datainnsamling av skogens helsetilstand (Level 1) ble forandret i 2001. I perioden 1989 - 2000 ble kronevurderinger utført på alle gran- og furutrær på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Fra og med 2001 inngår detaljerte kronevurderinger av trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet og registreringer av kronetetthet- og farge for prøvetrærne i landskogtakseringens nett (3x3 km). Registreringsopplegget for bjørk i flatenettet på 18x18 km er som tidligere. Overvåkingen på skogoppsynets flater har pågått siden 1988, med skogoppsynet som observatører.

På 15 flater i eldre barskog utføres detaljerte målinger av kjemisk innhold i nedbør, kronedrypp, jordvann og næringsinnhold i nåler og strøfall. I tillegg vurderes trærnes kronetilstand og markvegetasjonens dekning. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning.

De årlige registreringene fra de *Landsrepresentative flatene* og registreringene fra de *Intensive overvåkingsflatene* rapporteres henholdsvis til ICP Forests og ICP IM.
Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i håndboka som brukes av alle de deltagende landene i det internasjonale skogskadesamarbeidet (ICP Forests). Kronetetthet og kronefarge vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert barmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge hos bartrær angir graden (% misfarging) av gule, gulgrønne eller brune nåler i kronen og for bjørk ulike gulnyanser på bladene. Kroneregistreringen reflekterer påvirkningen av biotiske-,

abiotiske- og antropogene stressfaktorer, kombinasjoner og gjensidige påvirkninger av disse på trekronene.



Figur 31. *Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS).*
Figure 31. *Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).*

Overvåking av markvegetasjon, epifyttiske vegetasjon og fauna
Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder på fastlandet etablert i 1988-93 (henholdsvis ett i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se **Figur 32**). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i

overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon.

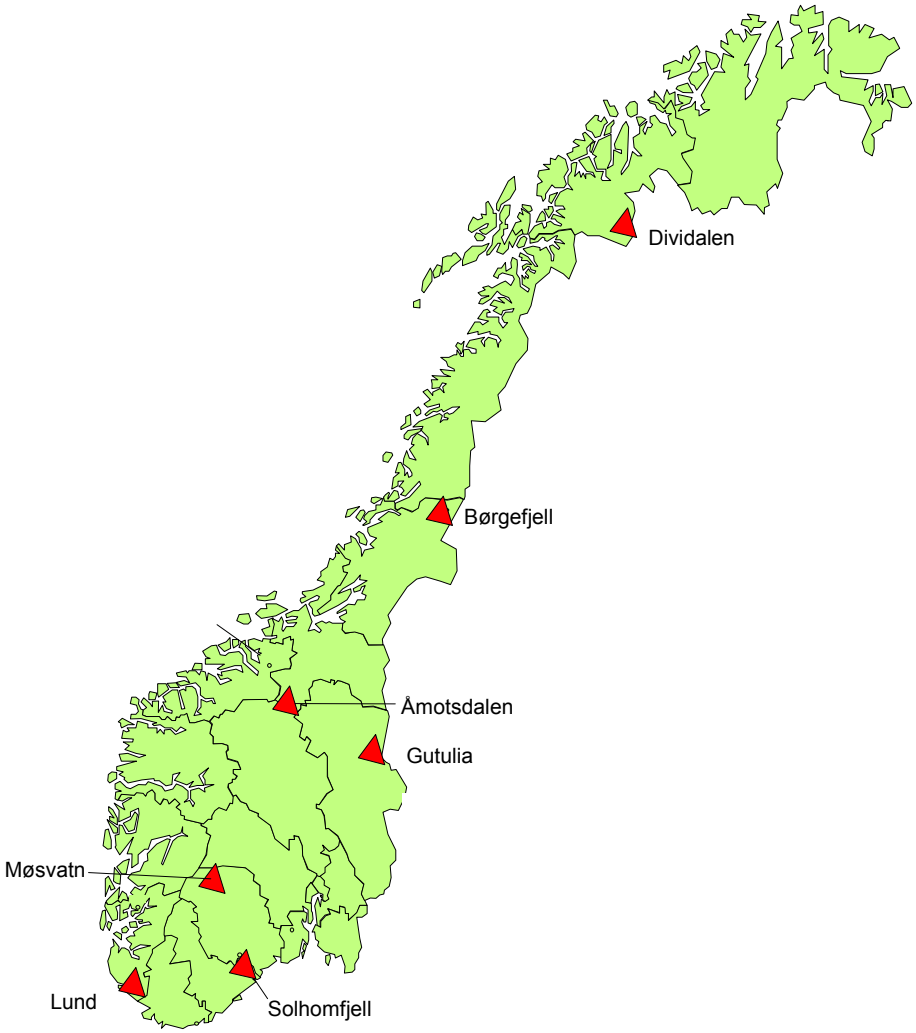
For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til samlerapporten DN (1997, kap. 3.1) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

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

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

Spurvefugler omfatter en rekke arter med ulike krav til habitat og næring. Som gruppe vil de kunne gi variert respons på ulike endringer i miljøet, inklusive forurensninger. Slike responser vil bl.a. kunne uttrykkes ved endringer i reproduksjon eller bestandsnivåer. I TOV-områdene undersøkes bl.a. endringer i hekkebestanden av spurvefugl ved hjelp av årlige takseringer i 200 faste punkter lagt ut i forhold til hovedgradienter i miljøforholdene i hvert overvåkingsområde. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (ikke i Dividalen, Børgefjell og Møsvatn-Austfjell i 2001).

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



Figur 32. *Lokaliteter på fastlandet som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV).*
Figure 32. *Sites on the Norwegian mainland where terrestrial monitoring of natural ecosystems is conducted.*

4.1 Effekter på jord

Jordundersøkelser i programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"

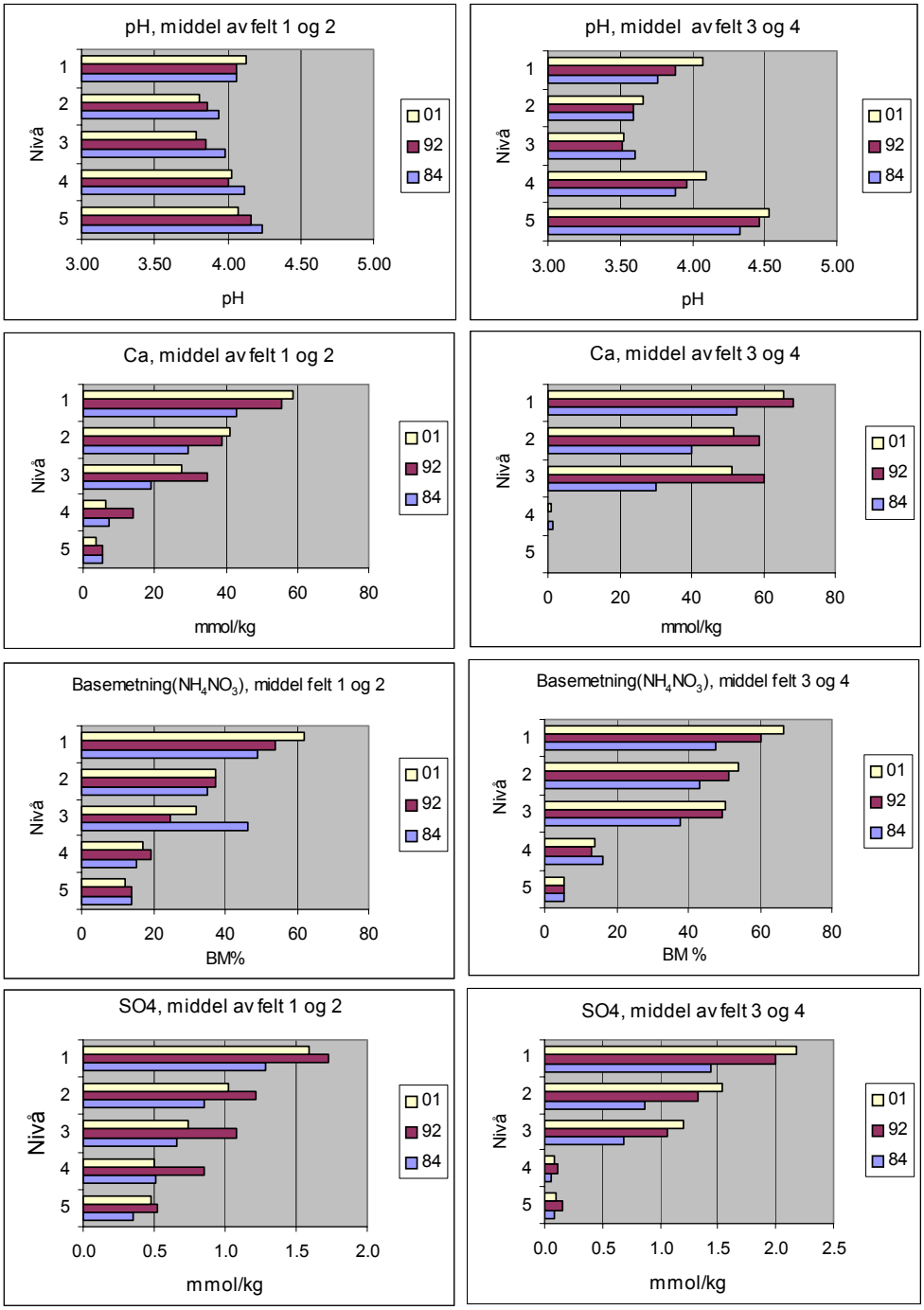
Alle jordovervåkingsfeltene er prøvetatt 2 ganger med 8-9 års mellomrom og 4 felt er prøvetatt 3 ganger over 19 år (Kårvatn i 1998, Storgama i 1999, Langtjern i 2000 og Birkenes i 2001). Resultatene viser noe forskjellig utvikling i humusrike profiler og i jord med synlig E- og B-sjikt. På sistnevnte minker Ca-konsentrasjonen mens vannløslig sulfat øker. Samtidig øker også basemetningen og pH i de øvre, organiske lag i jorda.

I 2001 ble de 4 forsøksflatene på Birkenes i Aust-Agder undersøkt (**Figur 33**). Resultatene viser at pH i vannsuspensjon i gjennomsnitt har avtatt jevnt i de 4 delfeltene ned til 2 cm, mens situasjonen i de dypere nivå ikke er entydig da pH synker i organisk jord (felt 1 og 2), mens den stiger i minerogen jord (felt 3 og 4)**.**

Konsentrasjonene av Ca øker i de to øvre nivå i felt 1 og 2 i 2001 i forhold til 1992 og 1984, mens den på felt 3 og 4 synker. Konsentrasjonene i nivå 4 og 5 og i E- og B-sjiktet er omtrent uforandret siden 1984.

Basemetningsgraden, BM, som ble målt både ved jord-pH (ekstraksjon med 1 M ammoniumnitrat), har økt i 2000 i forhold til 1992 og 1983, i organisk jord (felt 1 og 2) i nivåene 1-3 som 0-6 cm. I de to dypeste nivåene som inkluderer utvasking- og utfellingssjikt på delfelt , har BM vært stabil siden 1984. Økningen i BM kan settes i sammenheng med den tilsvarende økning av utbyttbar mengde K, Mg og Ca i nivå 1–3 eller en nedgang i aciditet. Al konsentrasjonen har også i stor grad vært stabil eller synkende siden 1984. Dette kombinert med svakt synkende eller stigende mengder av Ca, påvirker Ca/Al forholdet slik at dette har økt siden 1984 i nivået 0-2 cm. I de dypeste nivå er det derimot små endringer, vesentlig pga den lave og noe synkende Ca-konsentrasjon.

Konsentrasjonen av vannløselig sulfat har sunket i alle nivå på felt 1 og 2 i forhold til 1992, men ligger fortsatt over konsentrasjonene som ble målt i 1984. På felt 3 og 4 har utviklingen vært motsatt, med en økende konsentrasjon av vannløselig sulfat siden 1984 i nivå 1-3. I E- og B-sjiktet er konsentrasjonen av vannløslig sulfat liten og stabil. I 1999 ble det i forsøksfeltet Storgama, ca 70 km mot NØ fra Birkenes, målt sulfatverdier som var noe lavere enn i felt 1 og 2 på Birkenes, men samme utviklingsforløp over tid. Ytterligere 130 km mot NØ ligger Langtjern. Her ble i 2000 målt økning i konsentrasjonen av sulfat i alle nivå i forhold til undersøkelsen fra 1983, tilsvarende det som er vist for felt 3 og 4 på Birkenes.

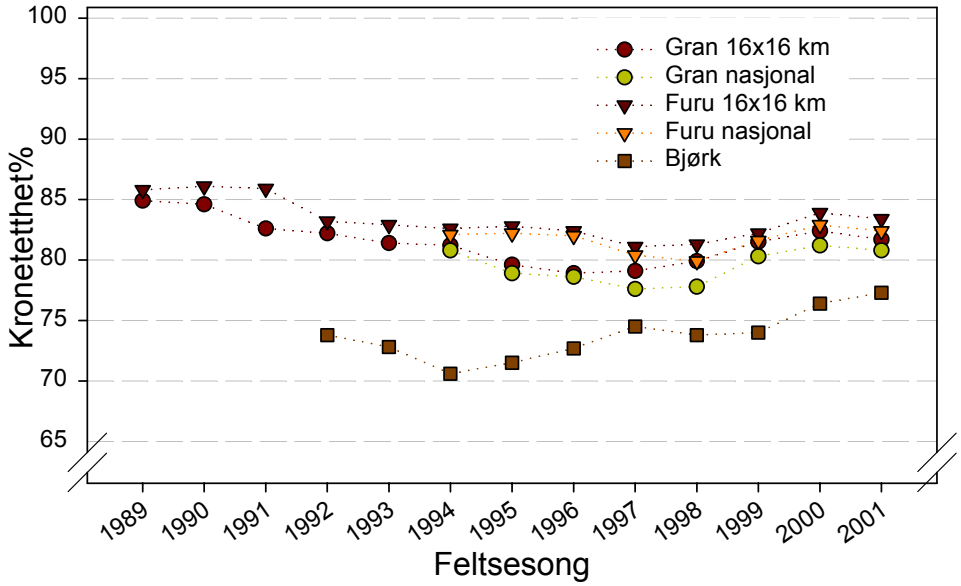


Figur 33. *Basemetningsgrad (=BM %) ved jord-pH, pH(H_2O), Ca, vannekstraherbart SO_4-S, for felta på Birkenes i 1984, 1992 og 2001. Nivå: 1: 0-2 cm , 2: 2-4 cm, 3: 4-6 cm, 4: 8-10 cm, 5: 12-14 cm Figurene er delt: felt 1-2 har ikke et sjiktet profil, mens felt 3-4 er delt inn i et utvaskings- og utfelningssjikt, som ca. tilsvarer nivå 4 og 5 i jorddybde.*
Figure 33*. Base saturation (=BM %) at soil pH, pH (H_2O), water extractable of SO_4-S, Ca, (mmolkg^{-1} dry matter) for plot 1 and 2 and 3 and 4 at field station Birkenes in 1984, 1992 and 2001. Depth=Nivå: 1: 0-2 cm , 2: 2-4 cm, 3: 4-6 cm, 4: 8-10 cm, 5: 12-14 cm. The E and B layer on plot 3 and 4 equals soil depth 4 and. 5.*

4.2 Effekter på skog

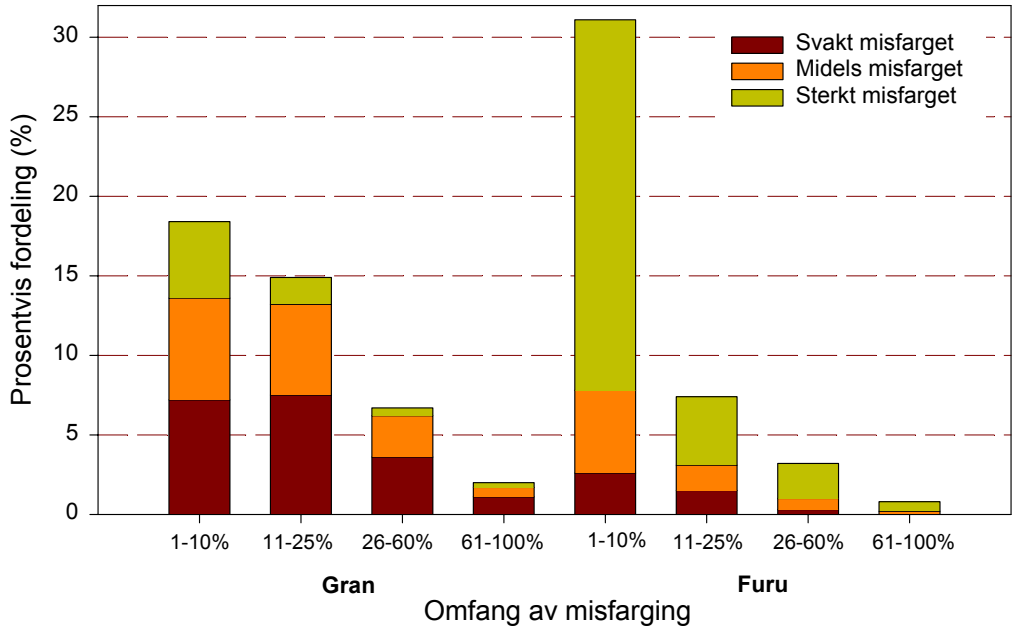
Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2001 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er lite endret fra foregående år (2000).

Kronevurderinger på landsomfattende flatenett
I 2001 ble 5935 bartrær og 1864 bjørketrær overvåket i det landsrepresentative flatenettet (Level 1). Disse trærne var fordelt på 1616 flater i hele landet skogareal. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2001 var for gran 80,8%, furu 82,4.% og for bjørk 77,3%. For gran og furu representerte dette en nedgang på henholdsvis 0,4 og 0,5% **(Figur 34)** og en liten økning for bjørk. Eldre trær har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Andelen trær med fulltette kroner var for gran 42,6%, for furu 29,2 som representerer en nedgang sammenlignet med året før, mens for bjørk er andelen 17,8% som representerer en økning sammenlignet 2000. På skogoppsynets overvåkingsflater, 618 stykker med til sammen 36000 trær, var det også en liten nedgang i kronetettheten (0,1%), og som i foregående år ble lav kronetetthet særlig funnet i gammel granskog i Trøndelag og på indre, nordlige deler av Østlandet.



Figur 34. *Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk (se kap.4)*
Figure 34. *Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.*

Andelen grantrær med frisk grønn kronefarge var 57,7% i 2001, som er en nedgang sammenlignet med året før **(Figur 35)**. Tilsvarende ble registrert i 1996. Det er hovedsakelig eldre trær som er misfarget. For furu er det en nedgang på hele 14,5 prosentpoeng til 57,6% i klassen for grønn kronefarge sett i forhold til registreringene i 2000. Det var en økning på hele 11,7 prosentpoeng i klassen sterkt misfarget. Det var størst økning i andel trær med omfang 1-10%. For bjørk var det en liten økning i andelen friske, grønne trær sammenlignet med resultatene i 2000. På skogoppsynets flater ble kronefargen jevnt over grønnere, særlig i gammel granskog på Østlandet og i Trøndelag.



Figur 35. *Kronemisfarging for gran og furu, landsrepresentative flater. Prosentfordeling på grad og omfang av misfarging.*
Figure 35*. Percentage of Norway spruce and Scots pine in discoloration classes for the national representative plots.*

Skader
På landsbasis ble det registrert 0,2% døde bartrær og 0,3% løvtrær siste år. Dette er et normalt nivå.Over store områder i Sør-Norge var furu sterkt utsatt for angrep av furuas knopp- og greintørkesopp (*Gremmeniella abietina*). Soppen forårsaker misfarging av nålene før de faller av. Noen av de mest angrepne trærne vil sannsynligvis dø.

Skogøkologiske undersøkelser på intensive overvåkingsflater (ICP Forests Level II).
Skogens tilstand (kronetetthet, kronefarge, strøfall og skader) på de intensive flatene har som på de øvrige flatene vært stabil. I 2001 var det mindre nedbør på flatene (kronedrypp og frittfallende nedbør) i Sør-Norge enn i 1999 og 2000, derfor var tilførselen av forsurende stoffer stort sett lavere i 2001 enn årene forut. Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deposisjon enn feltene i nord. Ett unntak var Svanhovd (som ligger nær den russiske industribyen Nikel) der ikke-marint nedfall av sulfat var relativt høy. Generelt har trendene i sulfatnedfallet vært avtakende sør i landet, og noenlunde konstant i nord siden 1990. Tidsrekkeanalyse har vist at sulfatkonsentrasjoner i nedbør og kronedrypp har blitt mindre. pH i jordvann har som i tidligere år vært lavere sør i landet enn i nord. Det er uklart om dette skyldes sur nedbør eller naturlig surere jordsmonn i Sør-Norge. Konsentrasjoner av ikke-marint sulfat i jordvann var generelt høyere i Sør-Norge enn i Nord-Norge, unntatt Svanhovd. Dette er i overensstemmelse med tidligere resultat og er sannsynligvis en effekt av sur nedbør. Nitratkonsentrasjoner var generelt lave, ofte nær deteksjonsgrensen. Ammonium-konsentrasjonene i jordvann var generelt høyere enn nitratkonsentrasjonene, men fremdeles lave i dyptliggende sjikt. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumtoksisitet synes å være lav.

4.3 Effekter på markvegetasjon

I undersøkelsene av markvegetasjonen i bjørkeskog i Lund-området ble det påvist signifikante endringer som kan skyldes effekter av et mildere og fuktigere klima, kanskje også langsiktige effekter av forurensning. I overvåkingsområdet i Åmotsdalen ble det ikke påvist signifikante endringer i markvegetasjonen. Studier av populasjonsøkologien til etasjemose i Solhomfjellområdet og flere av NIJOS sine overvåkingsområder i granskog i Sør-Norge viser fortsatt vekst for moser. En sammenfattende analyse av resultater fra alle overvåkingsområdene i regi av TOV og NIJOS viser endringer i markvegetasjonen med tilbakegang for karplanter knyttet til rike skogtyper, og generelt sterkt framgang for moser. Slike endringer kan knyttes til effekter av mildere og fuktigere klima for moser og mulige langsiktige effekter av forsuring for karplanter.

Vegetasjon i bjørkeskog
Ved utgangen av 2001 var markvegetasjonen i 5 av de 6 overvåkingsområdene i bjørkeskog reanalysert for første gang etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993. Det nye designet gjør at vi kan følge og beskrive endringer i et bredere spekter av vegetasjonstyper enn opprinnelig planlagt. Resultatene fra reanalysene i områdene Gutulia, Børgefjell og Dividalen er presentert i tidligere sammendragsrapporter. Her presenteres resultatene for vegetasjonsundersøkelsene i Lund og Åmotsdalen som omhandler tidsperioden 1996–2001. Lund ligger i et område som er mye påvirket av langtransportert forurensning, mens Åmotsdalen er lite påvirket.

I de 50 reanalyserte rutene fra Lund i 2001 ble 76 arter registrert: 35 karplanter, 22 bladmoser, 18 levermoser og 1 lav. Dette er totalt noen flere arter enn i 1996 da 69 arter ble funnet. Det ble funnet signifikant mengdereduksjon hos 2 karplanter (maiblom *Maianthemum bifolium* og stormarimjelle *Melampyrum pratense*) og 1 moseart (*Cephalozia* sp.). Osp (*Populus tremula*) og 7 mosearter viste signifikant framgang. Antall mosearter med signifikant mengdeøkning var større enn forventet.

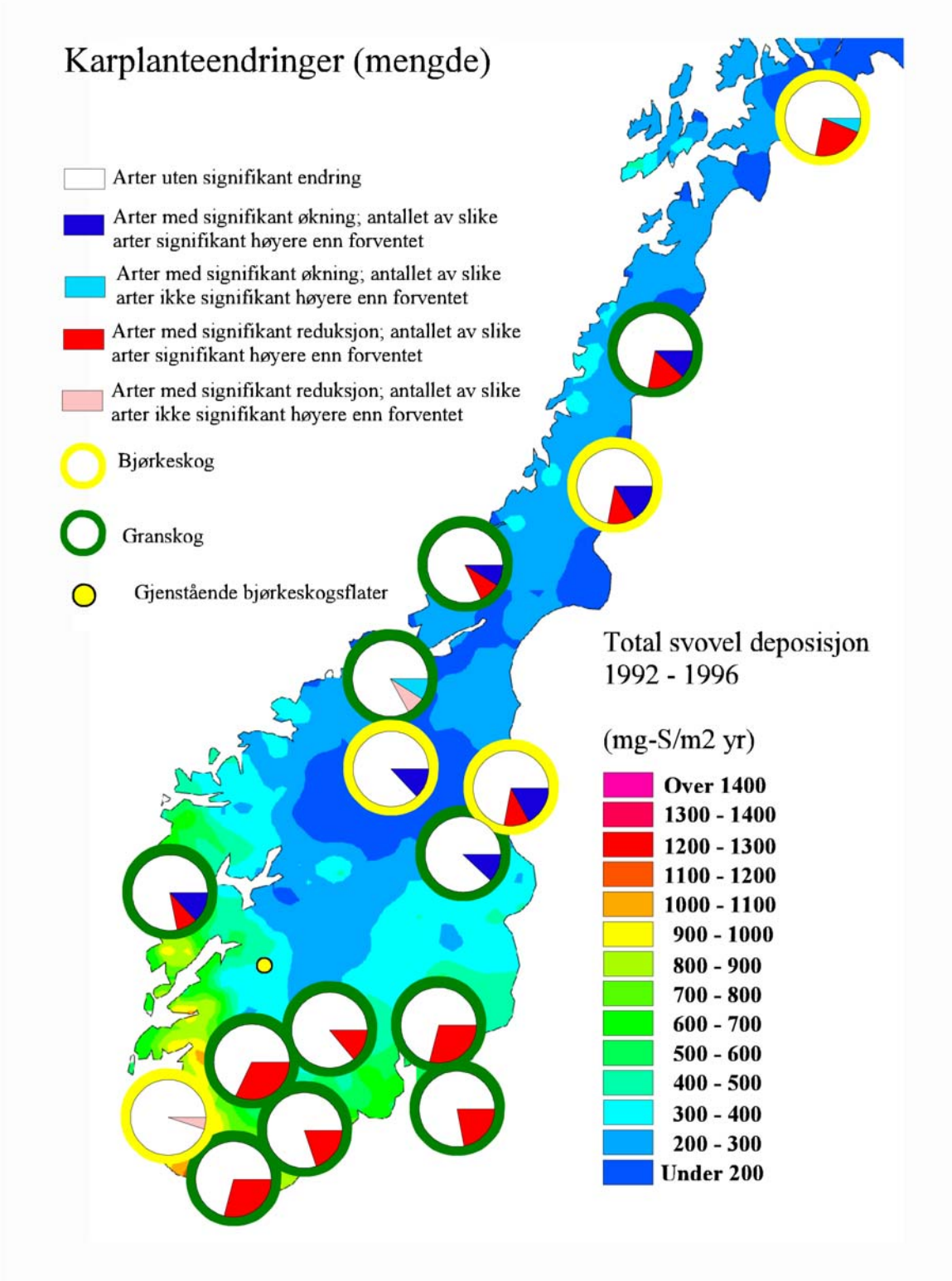
I analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) var det en generell trend at analyserutene hadde beveget seg mot høyere verdier langs akse 1 i diagrammet, dvs i retning fra fuktigere/rikere til tørrere/fattigere vegetasjonstyper. Endringene synes særlig knyttet til økningen i mosemengden og tilbakegangen i mer næringskrevende karplantearter. Dette kan dels skyldes et noe varmere, fuktigere klima i perioden, men også langsiktige effekter av forsuring (jf nedenfor).

I overvåkingsområdet i Åmotsdalen ble det i 2001 registrert i alt 94 arter: 55 karplanter, 16 bladmoser, 9 levermoser og 14 lav. Dette er en liten økningen sammenlignet med i 1996 da i alt 90 arter ble registrert. Det ble kun funnet signifikant mengdereduksjon hos 1 ett-årig karplante (stormarimjelle), mens det var signifikant framgang for 4 karplanter (dvergbjørk *Betula nana*, engkvein *Agrostis capillaris*, smyle *Deschampsia flexuosa*, engfrytle *Luzula multiflora*) og 2 moser (*Brachytecium salebrosum, Lophozia obtusa*). Økningen i antall mosearter og antall karplantearter i analyseflatene var større enn forventet. I Åmotsdalen var det imidlertid ingen signifikante endringer i artssammensetningen i analyseflatene langs de viktigste hovedstrukturene i vegetasjonsmaterialet slik dette framkom ved ordinasjon. Dette tyder på at vegetasjonens sammensetning er formet av naturlige endringer i den aktuelle perioden, ikke av større, rettete miljøpåvirkninger.

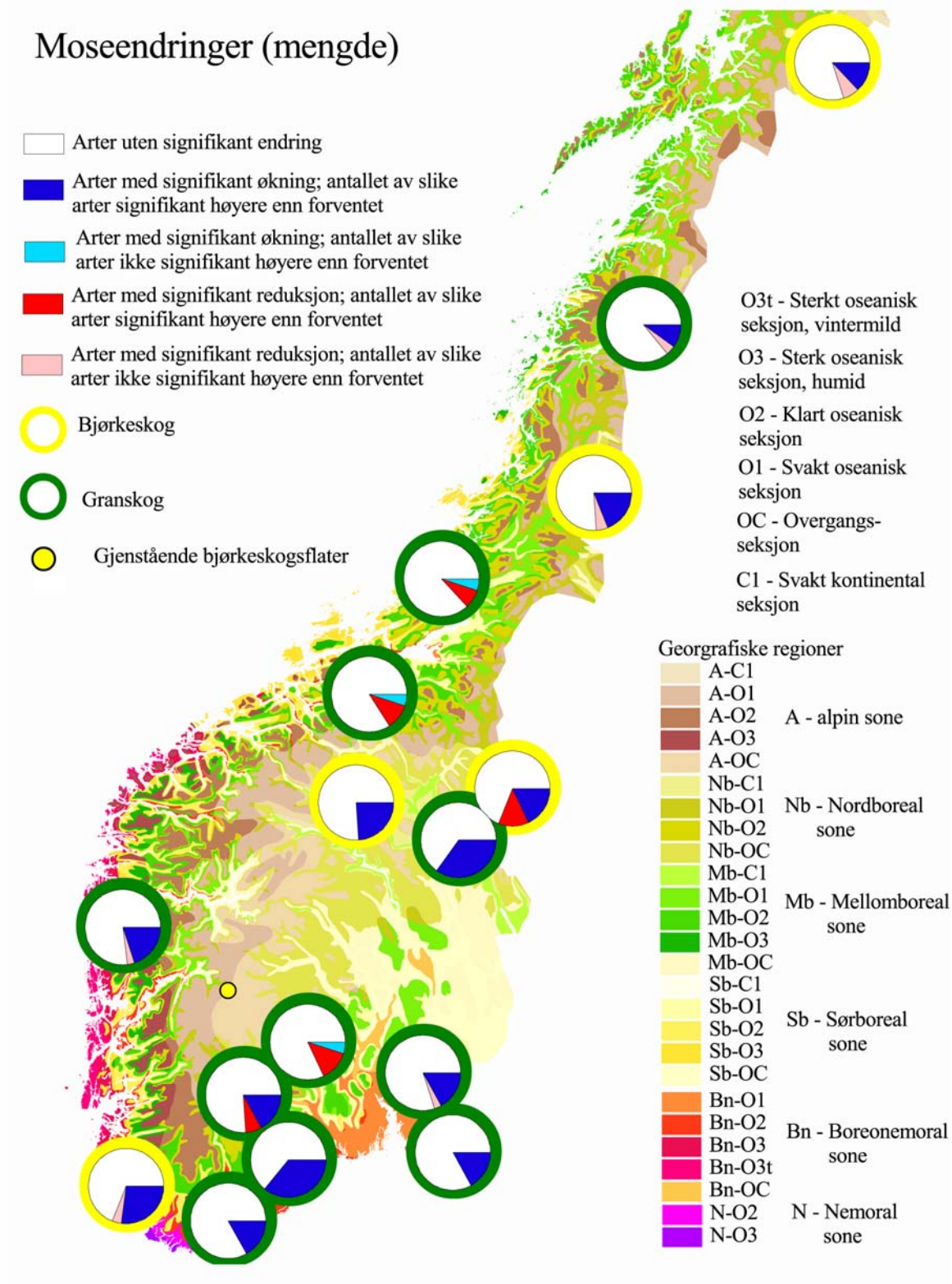
Vegetasjon i barskog
Det ble ikke foretatt reanalyse av vegetasjon i de permanente prøveflatene i overvåkingsområdet Solhomfjell i 2001, men de årlige populasjonsbiologiske undersøkelsene av etasjemose (*Hylocomium splendens*) ble videreført i dette området samt i 6 overvåkingsområder i granskog som inngår i NIJOS sin vegetasjonsøkologiske intensivovervåking. Den utviklingen som har pågått i Solhomfjell-området (liksom ellers i Sør-Norge) siden 1996, fortsatte fra 2000 til 2001. Det ble observert en økning på 7% i populasjonsstørrelsen for etasjemose, og enkeltskuddene var store (om lag som i 1999 og 2000). Fra det første året med data (1989) til 2001 har etasjemosepopulasjonen i Solhomfjell-området økt med 170%, mens enkeltskuddene i gjennomsnitt er nesten dobbelt så store. Utviklingen i siste femårsperiode tilskrives lange vekstsesonger, til dels med fuktig og mildt høstklima som har gitt grobunn for sterk mosevekst.

Sammenfattende analyser av endringer i markvegetasjonen i overvåkingsområder
I 2001 ble det gjort en første felles bearbeiding av re-analyserte overvåkingsflater i granskog (10 flater i regi av NIJOS sitt program "Overvåking av skogens sunnhetstilstand", 1 flate i regi av TOV) og bjørkeskog (6 flater i regi av TOV) (jf Økland et al. 2001). Disse flatene inngår i et nasjonalt nettverk av flater for intensiv overvåking av markvegetasjon i skog, med standardisert, sammenlignbar metodikk. Formålet med analysen var å avdekke vegetasjonsendringer som kan relateres til storskala påvirkningsfaktorer (langtransporterte luftforurensninger og klimaforhold) og som gir et rimelig detaljert bilde av endringenes geografiske mønster. Dessuten viser analysene at opplegget er egnet som grunnlag for bredere anlagt overvåking av biomangfold i skog.

Rapporten (Økland et al. 2001) oppsummerer data fra 14 områder med re-analysering fem år etter etablering. I tillegg ble i 2001 enda to bjørkeskogsområder re-analysert (jf over). Resultatene viste to endringsmønstre for biologisk mangfold som kan relateres til storskala påvirkningsfaktorer: Karplantearter i granskog, særlig på noe næringsrik grunn, har avtatt i mengde og antall i de sørligste delene av landet, noe som kan relateres til langvarig jordforsuring og tilførsler av langtransporterte luftforurensninger. I de sørligste/sørøstlige granskogsområdene Paulen, Solhomfjell, Grytdalen, Rausjømarka og Bringen ble det observert signifikant reduksjon ($p<0,05$) av mengden av flere karplantearter (ettårige arter og frøplanter/småplanter av trær ikke medregnet), mens ingen arter hadde økt i mengde (**Figur 36**). Reduksjonen var signifikant større enn man kunne forvente som resultat av tilfeldigheter alene. Eksempler på arter som fikk sine mengder redusert i flere av de sørligste/sørøstligste granskogsområdene er skogbunnsarter som fugletelg (*Gymno-carpium dryopteris*), gaukesyre (*Oxalis acetocella*), teiebær (*Rubus saxatilis*) og tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*). I granskogsområdene lenger nord økte disse artene enten signifikant i mengde (gaukesyre, fugletelg, tyttebær i enkelte områder) eller ingen signifikant endring ble observert.



Figur 36. *Andel av karplanteartene hvis mengde har endret / ikke endret seg signifikant mellom første og annen gangs analyse.*
Figure 36. *Proportion of vascular plants which show/do not show significant changes in amount between first and second census.*



Figur 37. *Andel av moseartene hvis mengde har endret / ikke endret seg signifikant mellom første og annen gangs analyse.*
Figure 37. *Proportion of bryophyte species which show/do not show significant changes in amount between first and second census.*

De fleste moseartene har gjennom 1990-tallet økt i mengde over det meste av Norge, noe som kan relateres til klimaforhold som har vært særlig gunstige for mosevekst (lang vekstsesong, milde, lange høster). I 11 av de 14 områdene (8 granskogs- og 3 bjørkeskogsområder) var antallet mosearter som økte signifikant i mengde, signifikant større enn statistisk forventet (**Figur 37**). Høyest antall mosearter med mengdeøkning ble observert i Solhomfjell (26 av 47 testede arter), i granskogsområdet i Gutulia (19 av 36 testede arter) og i Otterstadstølen (12 av 46 testede arter). Eksempler på arter med mengdeøkning i flere områder er store skogsmoser som *Dicranum fuscescens* (6 granskogsområder), *Dicranum scoparium* (8 granskogsområder), *Polytrichum formosum* (3 granskogsområder), *Plagiothecium undulatum* (2 granskogsområder) og *Pleurozium schreberi* (3 granskogsområder og 1 bjørkeskogsområde).

I rapporten ble det anbefalt at de 17 overvåkingsområdene i skog som inngår i dette nasjonale nettverket, bør utgjøre grunnstammen i intensivovervåkingen i det planlagte nasjonale overvåkingsprogrammet for biologisk mangfold. Nettverksflatene gir et meget godt grunnlag også for overvåking av andre indikatorer for biologisk mangfold, langsiktig økologisk forskning, og for utvikling av nasjonale nøkkeltall for biologisk mangfold. Samlet analyse av dataene fra flatene i gran- og bjørkeskog gir synergieffekter.

4.4 Effekter på epifyttisk vegetasjon

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

Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt artsmangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Målinger av pH i bark viser verdier rundt 3,5 i de fleste TOV-områdene, men er høyere i de områdene som har størst sjøsaltpåvirkning (pH 4,0 og over i Børgefjell og i Lund). Totalt ble 72 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene ved første kartlegging. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). Etter 2001 er epifyttvegetasjonen i Solhomfjell, Lund, Åmotsdalen og Børgefjell undersøkt 3 ganger, mens øvrige områder er undersøkt to ganger.

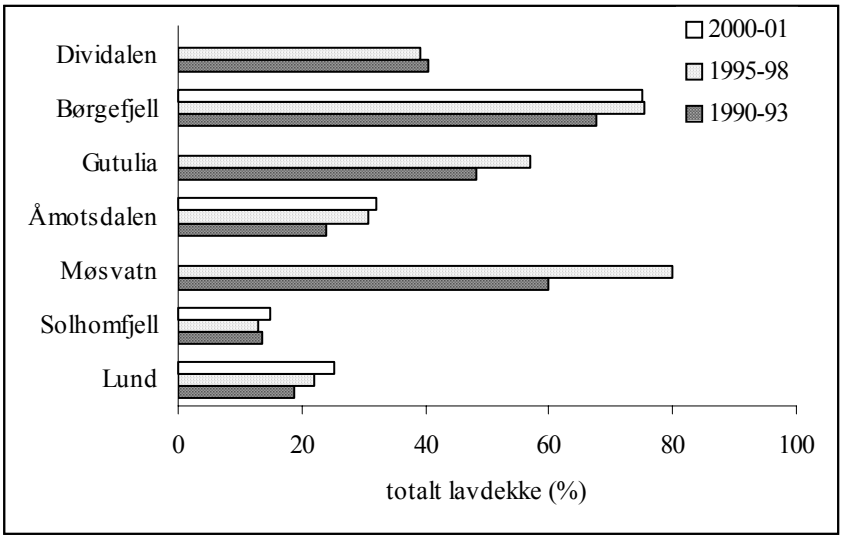
Til tross for at overvåkingsområdet Lund i Rogaland ligger nær kysten i et område som klimatisk er antatt gunstig for vekst av lav, er lavvegetasjonen på stammen av bjørk sparsom (**Figur 38**). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (**Figur 39**). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algepåvekst på undersøkelsestrærne; totalt 34 % av det kartlagte stammearealet hadde algevekst over lav og never i 1991. Dette økte til 38,5 % i 1996 og til 53,1% 2001 (**Figur 40**). Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av store nedbørsmengder, spesielt høsten 2000. Økt dekning av alger har ført til mindre naken bark, og trolig også til den registrerte nedgangen i dekning av bladlav (**Figur 40**).

Åmotsdalen og Dividalen representerer de mest typiske fjellbjørkeskogsamfunnene når det gjelder epifyttisk lav, med stor dominans av snømållav. Total lavdekning er relativt liten i Åmotsdalen og Dividalen, trolig først og fremst av klimatiske årsaker. Vind og snø kan hindre lavens etablering og vekst både direkte og ved å forårsake større avflaking av never. Det er liten endring i epifyttvegetasjonen i Åmotsdalen fra 1996 til 2001 (**Figur 38** og **Figur 39**).

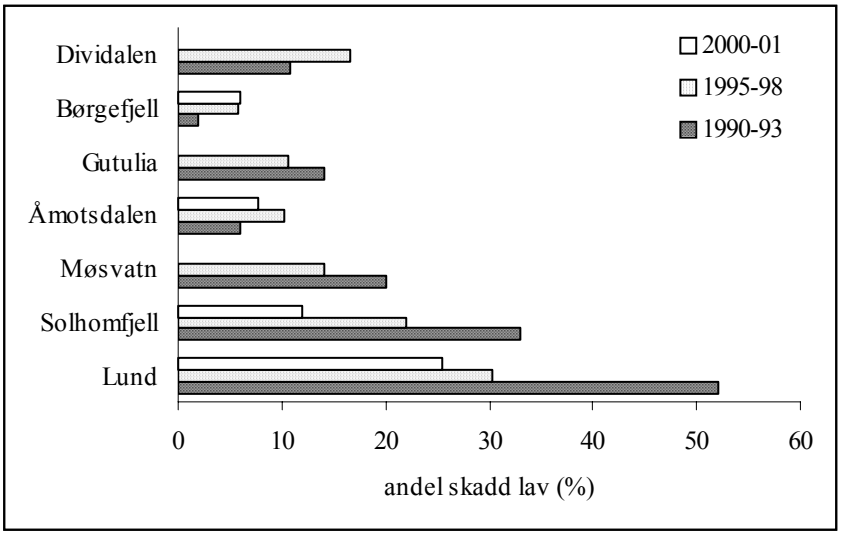
Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell. Det frodige inntrykket i Gutulia og Møsvatn blir også understreket av de store forekomstene av brunskjegg (*Bryoria* spp.), arter som er følsomme for forurensninger. Lang skoglig kontinuitet og beskyttet habitat, samt innslag av furuskog, kan være med på å forklare de store forekomstene av brunskjegg og det store artsmangfoldet.

Det er registrert høyere lavdekning på trærne ved andre og tredje gangs kartlegging i TOV-områdene. Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksesjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Mindre svovelinnhold og mer nitrogen kan virke positivt på epifyttvegetasjonen. Det er også framgang for brunskjegg. Særlig er framgangen i området ved Møsvatn markant. I Lund er det heller ikke ved tredje kartlegging registrert brunskjeggarter. Slik sett reflekterer gjentatte

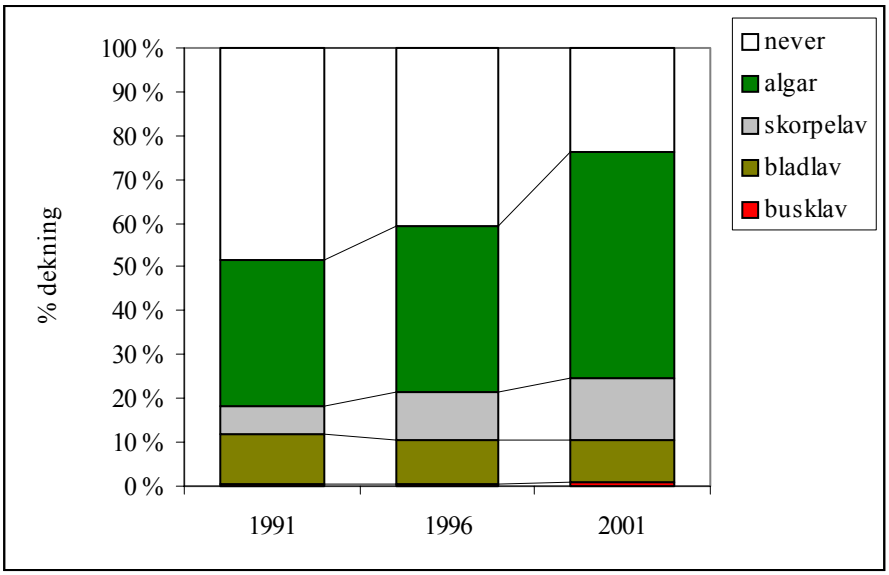
lavregistreringer en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid.



Figur 38. *Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-01), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal.*
Figure 38. *Cover of epiphytic lichens on sample trees in the monitoring areas for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-01), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area.*



Figur 39. *Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-01), angitt som prosent av total registrert lavdekning.*
Figure 39. *Proportion of damaged lichens on sample trees in the monitoring areas for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-01), given as per cent of total censused lichen cover.*



Figur 40. *Fordeling av naken bark og ulike epifyttgrupper på stammen av bjørk i Lund fra 1991-2001, gitt som prosentvis dekning.*
Figure 40. *Distribution of naked bark (never), aerophytic algae (algar), crustose lichens (skorpelav), foliose lichens (bladlav) and fruticose lichens (busklav) on Betula pubescens trunks in Lund from 1991 to 2001.*

4.5 Effekter på fauna

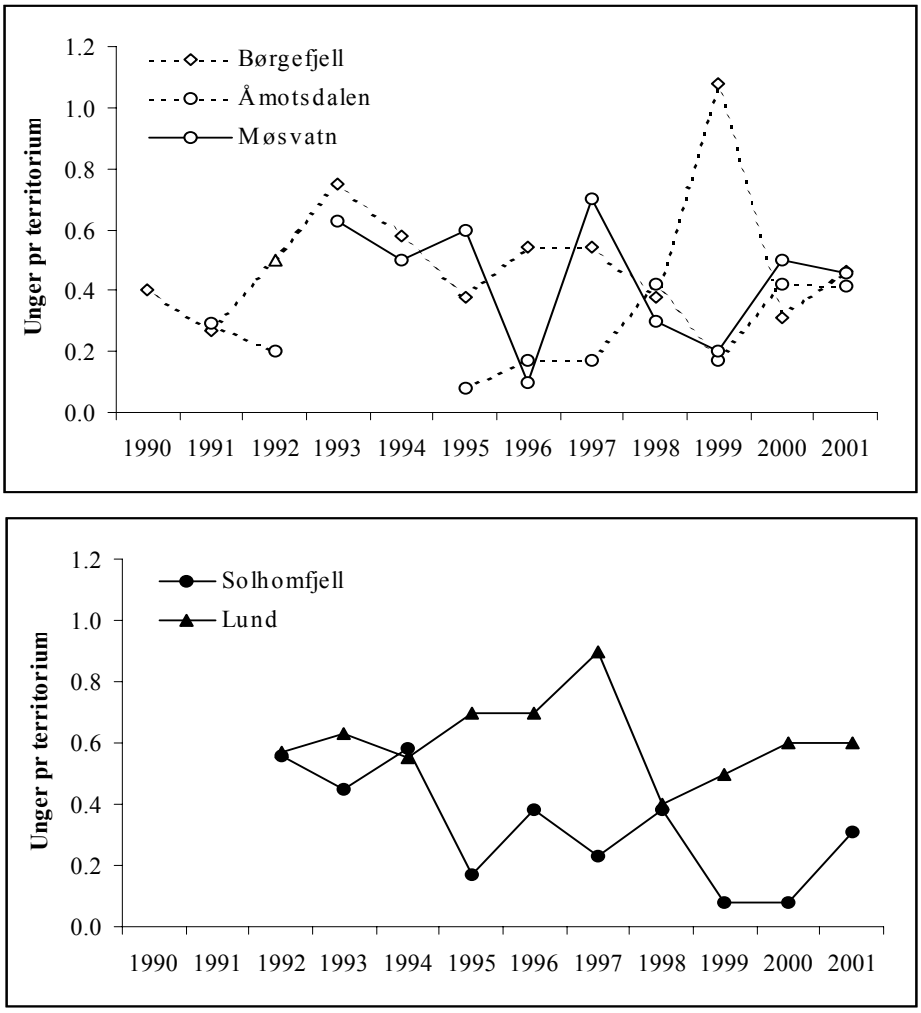
Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) viser god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. Det er ingen tegn til forurensningseffekter på spurvefugl. For spurvefugl er det heller ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i disse områdene enn i nord, men svarthvit fluesnapper har vist lavere reproduksjonssuksess enkelte tidligere år i områdene i Sør-Norge.

Rovfugl
Reproduksjonssuksess hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs. forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryper for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene viser betydelig variasjon fra år til år i reproduksjonssuksessen til kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2001 har vist ungeproduksjon innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastete overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (
Figur *41*). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell har ligget lavt de siste årene, er det i lengre perspektiv ingen indikasjoner på at dagens forurensningsbelastninger påvirker ungeproduksjonen for kongeørn.

Spurvefugler
Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2001-sesongen finnes tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på 8–12 år i de ulike områdene, noe som gir et grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvefuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor bestandsvariasjon mellom år og områder og har en 'invasjonspreget' forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvefugl enn de nordlige (
Figur *42*). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Sammenligning av bestandsendringene til slike mer 'stasjonære' arter over tid ser ikke ut til å gi grunnlag for å si at det er vesentlige forskjeller mellom sørlige og nordlige områder. Det er altså ikke noe som tyder på at høyere forurensningsbelastning i sørlige områder har påviselige effekter på bestandsnivåer av spurvefugl i boreal skog for perioden 1990–2001.

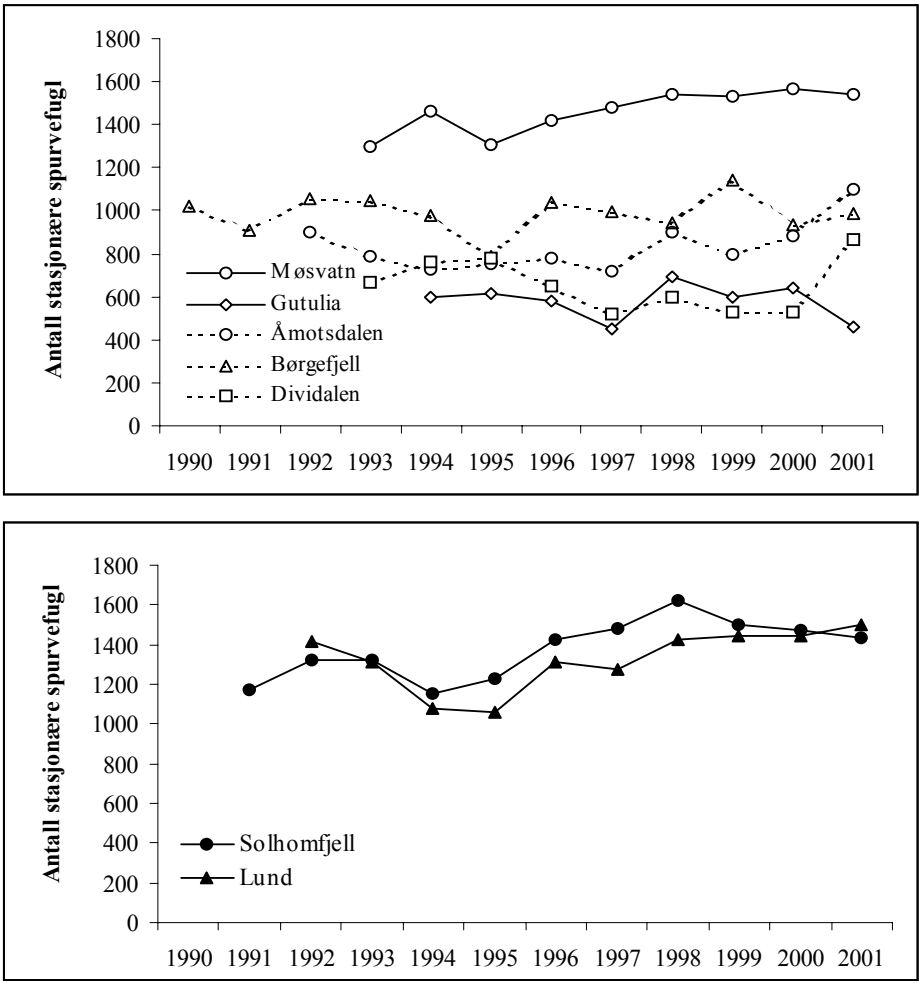
For reproduksjonsovervåkingen for svarthvit fluesnapper finnes det nå dataserier for flere år fra både sørlige (mye belastede) og nordlige (lite belastede) overvåkingsområder. Klekkesuksessen, målt ved andel klekte egg i forhold til lagte egg, viser noe variasjon fra år til år i de fleste områdene (
Figur *43*). I den første delen av overvåkingsperioden (1991-96) kan det se ut til at de sørlige områdene Lund og Solhomfjell hadde lavere klekkesuksess enn de nordlige. Siden 1997 har imidlertid klekkesuksessen ligget vel så høyt i sørlige som i nordlige områder. Overlevelsen

av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 92%) for alle år og områder.

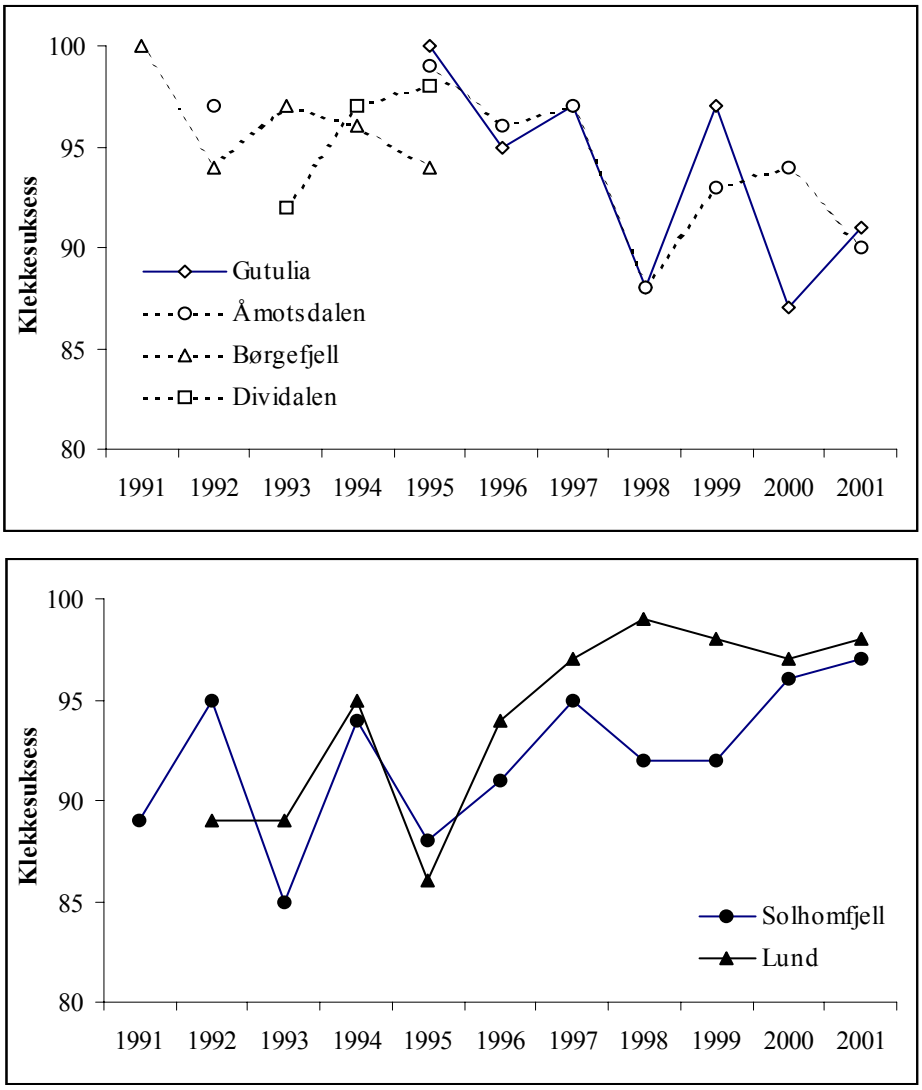


Figur 41. *Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990–2001.*

Figure 41. *Production of young per investigated territory of golden eagles in the monitoring areas 1990–2001.*



Figur 42. *Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990–2001.*
Figure 42. *Changes in the populations of regular, territorial passerine birds in the monitoring areas 1990–2001.*



Figur 43. *Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1990–2001, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke er helt ødelagt.*
Figure 43. *Hatching success of pied flycatchers in the monitoring areas 1990–2001, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches which have not been entirely destroyed.*

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen
Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen
Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen
Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel	Løpenr. (for bestilling)	Dato
Overvåking av langtransporterte forurensninger 2001 Sammendragsrapport		17.06.2002
	Prosjektnr. Undernr. TA 1887/2002 SFT 850/2002	Sider Pris 87

Forfatter(e)

Redaktør:
Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA)

Bidragsytere:
Ann Kristin Schartau (NINA)
Arne Fjellheim (LFI, UIB)
Bjørn Walseng (NINA)
Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA)
Dan Aamlid, (Skogforsk)
Erik Framstad (NINA)
Gro Hylen (NIJOS)
Gunnar Halvorsen (NINA)
Gunnar R. Raddum (LFI, UIB)
Inga Elise Bruteig (NINA)
Ingvald Røsberg (Skogforsk)
John Atle Kålås (NINA)
John Y. Larsson (NIJOS)
Kjetil Tørseth (NILU)
Nicholas Clarke (Skogforsk)
Odd Egil Stabbetorp (NINA)
Randi Saksgård (NINA)
Rune Halvorsen Økland (NIJOS)
Stein Manø (NILU)
Svein Solberg (Skogforsk)
Sverre Solberg (NILU)
Terje Nøst (Trondheim kommune)
Tor Traaen (NIVA)
Torunn Berg (NILU)
Trygve Hesthagen (NINA)
Vegar Bakkestuen (NINA)
Wenche Aas (NILU)

Fagområde	Geografisk område	Distribusjon	Trykket
Overvåking	Norge		NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Statens forurensningstilsyn Direktoratet for naturforvaltning Landbruksdepartementet	

Sammendrag

Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2001 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV).

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Overvåking	1. Monitoring
2. Forsuring	2. Acidification
3. Akvatisk miljø	3. Aquatic environment
4. Terrestrisk miljø	4. Terrestric environment

Brit Lisa Skjelkvåle
Prosjektleder

Nils Roar Sælthun
Forskningssjef

ISBN 82-577-4197-3