

Intensiv skogovervåking i 2004. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge

*Intensive forest monitoring in 2004.
Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*

Kjell Andreassen,

Nicholas Clarke,

Ingvald Røsberg,

Volkmar Timmermann,

Wenche Aas

Sammendrag

Andreassen, K.* , Clarke, N.* , Røsberg, I.* , Timmermann, V.* , Aas, W.# Intensiv skogovervåking i 2004. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2004. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Aktuelt fra skogforskningen 8/05: 1–19.

* Norsk institutt for skogforskning, Skogforsk

Norsk institutt for luftforskning, NILU

I 2004 ble 8 flater i Norge intensivt overvåket for å følge utviklingen av skogøkosystemet. Disse flatene inngår i det nasjonale «Overvåkingsprogram for skogskader», og er også en del av det europeiske nettverket av intensive skogovervåkingsflater i 37 land med til sammen 800 flater. Intensiv skogovervåking er utført her i landet siden midten av 1980-tallet, med verdifulle tidsserier som kan beskrive endringer i skogøkosystemet. Hovedformålet er å beskrive skogens helsetilstand og belyse virkninger av langtransporterte forurensninger på skogøkosystemet. Resultater fra overvåkingen i 2004 presenteres i denne rapporten.

Trærnes kronetetthet avtok noe på flatene på Sørvestlandet mens den økte i Nord-Norge. Gjennomsnittet viste derfor ingen endring i kronetetthet for Level 2 flatene. Kronefarge for gran er imidlertid blitt noe dårligere over hele landet siden 2003 med en større andel misfargede trær. Med unntak av Hurdal og Osen ser det ut til at grantrærne på flatene i Sør-Norge har noe redusert helsetilstand. Denne tendensen ble bare observert for Østlandet på skogoppsynets flater. De høyeste avsetningene av syre, svovel- og nitrogenforbindelser er fortsatt lengst sør i landet. Konsentrasjonen av svovelforbindelser i luft og nedbør har avtatt med 60–90 % de siste 20 årene, og dette samsvarer med endringer av utslipp i Europa. Mengden av nitrogenforbindelser i nedbør har ikke endret seg like tydelig, men også her er det en nedgang de siste ti åra. Ozonkonsentrasjonene påvirkes antagelig mest av meteorologiske forhold, og her har vi ikke klart å påvise noen klare trender. Det ble ikke observert overskridelser av grenseverdien for ozonspenning av vegetasjonen i 2004. Graset smyle har økt i mengde på alle tre overvåkingsfeltene på Østlandet de siste fem åra. På Kårvatn i Møre og Romsdal var det en tilbakegang. Smylemengden øker vanligvis med økt nitrogendeposisjon, og er derfor en viktig indikatorart.

Vi har ikke klare beviser på at skogen i Norge er direkte eller indirekte skadet av langtransporterte luftforurensninger. I Norge er luftforurensninger og aluminiumsforbindelser i jordvann observert med lavere konsentrasjoner enn grenseverdier for skadelige effekter. Sulfat konsentrasjoner i jordvann er betydelig påvirket av langtransportert svoveltilførsel, men foreløpig tyder det ikke på at skogen er blitt merkbart skadet. Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i skog i Norge mens redusert tilvekst grunnet sulfatdeposisjon er vanskelig å påvise i Norge. Virkningen av Nitrogen- og Sulfatdeposisjon på trærns tilvekst motvirker hverandre, slik at en negativ effekt av sulfatdeposisjon på tilvekst likevel ikke kan utelukkes. Det er likevel betydelige forskjeller i observerte målinger mellom flatene, og disse forskjellene kan også tilskrives geologiske, klimatiske, topografiske og skoglige forhold i tillegg til de langtransporterte forurensninger.

Nøkkelord: Skogskader, overvåking, luftforurensninger, nedbør, jordvann, vegetasjon, vitalitet, tilvekst.

Summary

Andreassen, K.* , Clarke, N.* , Røsberg, I.* , Timmermann, V.* , Aas, W.# Intensive forest monitoring in 2004. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Aktuelt fra skogforskningen* 8/05: 1–19.

* Norwegian Forest Research Institute

Norwegian Institute for Air Research

In 2004 intensive monitoring was carried out at 8 plots in Norway in order to observe the development of the forest ecosystems. These plots are a part of the Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage and are also a part of the European network of intensive forest monitoring in 37 countries with a total of about 800 plots. This intensive forest monitoring has been carried out since the middle of the 1980s in Norway, and we have valuable time series that can describe changes in the forest ecosystems. The aim is to describe the forest condition and to study effects of long-range transboundary air pollution on the forest ecosystems. The results of the monitoring in 2004 are presented in this report.

Crown density has decreased slightly at the plots in southwestern Norway and increased in northern Norway, while it remained stable for all the Level 2 plots in average. Crown colour has become poorer since 2003 due to an increase in discolouration in the whole country. Except for Hurdal and Osen, poorer tree vitality was observed at the spruce plots in southern Norway. This trend was only observed in eastern Norway at the Forest Officers' plots. The highest deposition of strong acids, sulphur and nitrogen, was still in southern Norway. The average concentration of sulphate in precipitation and of sulphur dioxide and sulphate in air has declined by 60–90 % in the last 20 years. This is in agreement with changes in emissions in Europe. The amount of nitrogen compounds in precipitation has not changed so clearly, but for these too there has been a small reduction over the last ten years. Ozone exposure probably depends mostly on meteorological effects, and no trends have been proven. No exceedance of threshold values for ozone exposure has been observed. The amount of wavy hair-grass (*Deschampsia flexuosa*) increased slightly on the plots in southeastern Norway the last five years, while it decreased at Kårvatn further north. Increased nitrogen deposition often corresponds with increased wavy hair-grass and consequently this is an important indicator.

We have no significant indications that the Norwegian forest is directly or indirectly damaged from long-range transboundary pollutants. In Norway the concentrations of air pollutants and of potentially toxic aluminium in soil water have generally been lower than the threshold values for damage. Sulphate concentrations in soil water have clearly been influenced by deposition of long-range transboundary sulphur, but there is no indication of forest damage as a result. Probably nitrogen deposition has increased forest growth in Norway, while reduced growth due to sulphate deposition is difficult to indicate in Norway. Consequently the effect of nitrogen and sulphate deposition on forest growth is counteracted. However, a negative effect of sulphate deposition cannot be excluded. There were considerable differences in the measured values between the plots, which can be attributed to natural differences in climate, geology, topography, and forest condition in addition to long-range transboundary air pollution.

Innhold

Innledning.....	5
Oversikt over flatene og måleprogrammet	5
Forurensninger i luft	6
Nedbør og kronedrypp	9
Jordvann	11
Vegetasjon	13
Trærnes vitalitet	15
Tilvekst	17
Diskusjon	18
Litteratur	19

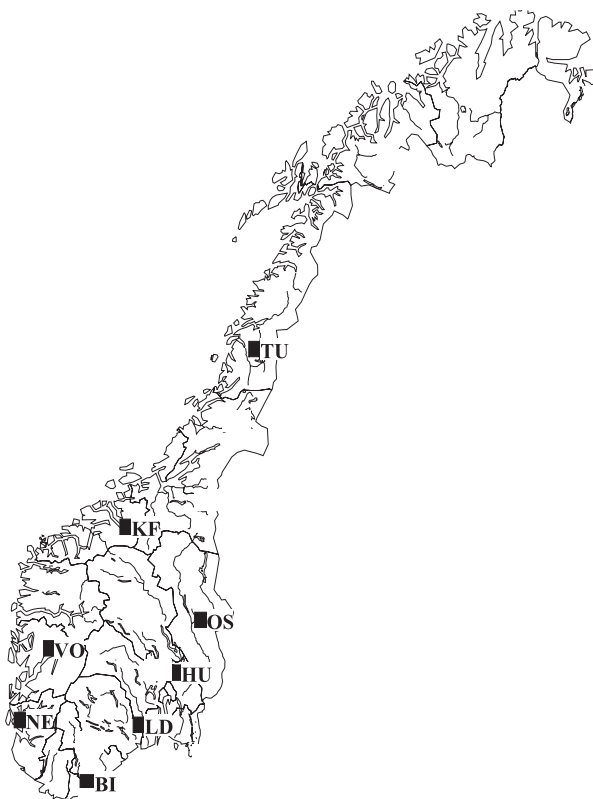
Innledning

Intensiv overvåking av skog blir utført på 8 flater i Norge og disse målingene inngår i Overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Dette programmet ble opprettet i 1984/85 (Horntvedt & al. 1992). Målsettingen for OPS er å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Det er særlig sterk syre, svovel- og nitrogenforbindelser og bakkenært ozon som er av stor interesse i denne sammenheng. Videre skal OPS foreta kritisk vurdering og utvikling av eksisterende og eventuelt nye metoder for overvåking av endringer i skogens vekst og vitalitet, samt jordsmonnets egenskaper.

Bakgrunnen for at skogovervåkingen ble igangsatt var en økende bekymring for at luftforurensninger kunne skade skog. Tidlig på 1980-tallet ble det også rapportert om økende omfang av skogskader i Europa. Særlig oppmerksomhet var det omkring misfarging av barnåler og utglisning av trekroner (Schütt & Cowling 1985).

Formålet med denne rapporten er å presentere resultater fra registreringene som ble gjort på de intensive flatene i 2004 og utviklingen over flere år for et utvalg av flater.

De intensive overvåkingsflatene inngår i det europeiske nettverket av slike flater (Level II-flater) i overvåkingsopplegget ICP-Forests, International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (Lorenz 1995, EC 1996). I 2004 deltok 37 land i dette arbeidet, og i Europa er det ca 800 intensivt overvåkede flater (UNECE/EC 2004). Ved siden av de intensive overvåkingsflatene har deltakerlandene et nett av systematisk utlagte flater for representative registreringer av trærnes helsetilstand (Level I-flater), og i Norge har vi i tillegg skogoppsynets overvåkingsflater (Horntvedt et al. 1992). To av Level II-flatene (Birkenes og Kårvatn) inngår også i Integrated Monitoring-overvåkingen (ICP Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems – IM). Både ICP-Forests og ICP-IM er underlagt FN-konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger (LRTAP).



Figur 1. Intensivt overvåkede flater i Norge (Level II).

Oversikt over flatene og måleprogrammet

Av de åtte gjenværende overvåkingsflatene er seks spredt over Sør-Norge, mens én ligger på Nordvestlandet (Kårvatn) og én i Nord-Norge (Tustervatn) (Fig. 1). Tabell 1 gir en oversikt over flatene. De aller fleste av flatene ble anlagt i 1986–88. Hver flate har et areal på omkring ett daa, og er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på de fleste flatene er dominert av gran. Kårvatn er imidlertid i ren furuskog. Innblanding av furu forekommer på mange av de øvrige flatene, og er størst på Osen. I figurer og tabeller er flatene sortert fra sør til nord, noe som omtrentlig gjenspeiler tilførselsmønstre for langtransporterte luftforurensninger.

Med unntak for luftmålinger, har alle flatene identisk måleprogram, og det har stort sett vært uforandret. De siste årene er imidlertid intensiteten betydelig redusert, noe som gjør det vanskeligere å oppdage endringer. Et annet unntak er jordvannsinnsamlingen som på de fleste flatene kom i gang noen år etter opprettelse. Kjemiske analyser er utført ved Skogforsks kjemiske laboratorier etter metoder beskrevet av Ogner et al. (1999). Luftmålinger og kjemiske analyser av luft er utført ved NILU.

Tabell 1. Oversikt over flatene, ordnet fra sør til nord.

Flate	Treslag	Bonitet (H40)	Alder 2002	Etablering	Vegetasjonstype	Kvartærgeologi	
BI	Birkenes	gran	12,9	116	naturlig	Bærlyngskog	morene
NE	Nedstrand	gran	17,5	68	plantet	Blåbærskog	morene
PR	Prestebakke*	gran	20,1	98	plantet	Blåbærskog	havavsetning
LD	Lardal	gran	13,2	128	naturlig	Blåbærskog	bunmorene
HU	Hurdal	gran	17,0	74	naturlig	Blåbærskog	morene
VO	Voss	gran	9,6	150	naturlig	Blåbærskog	morene
OS	Osen	gran+furu	12,4	148	naturlig	Bærlyngskog	morene
KF	Kårvatn-furu	furu	8,1	131	naturlig	Røsslyng-skinstryteskog	morene
TU	Tustervatn	gran	5,6	153	naturlig	Småbregneskog	morene

* Prestebakke har kun ozonmålinger.

Forurensninger i luft

Hovedkomponenter. I 2004 ble svovel og nitrogenforbindelser i luft målt på 7 stasjoner på fastlands-Norge, hvorav fem er tilknyttet OPS flater (BI, SØ, HU, KF og TU), Tabell 2. Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble i tillegg også bestemt. Prøver ble tatt døgnlig eller ukentlig (Søgne).

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på $0,29 \mu\text{g S} \cdot \text{m}^{-3}$ og Karasjok med $0,32 \mu\text{g S} \cdot \text{m}^{-3}$. Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS-programmet, men er representativ for regionen. Sulfatkonsentrasjonen er høyest i Sør-Norge. Månedsmiddelet av SO_2 og SO_4^{2-} var gjennomgående høyest i vintermånedene, med maksimum mars-april. Alle stasjonene i Sør-Norge, fra Søgne til Kårvatn og til dels Tustervatn, har fanget opp en stor episode med høye SO_2 - og SO_4 -konsentrasjoner i perioden 15.–20. april. Også høye konsentrasjoner er

observert i nedbør i denne perioden. Man ser i tillegg høye NH_4 - og NO_3 -konsentrasjoner, dvs. langtransport av $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ og NH_4NO_3 fra kontinentet. De høyeste døgnmiddelverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av NO_2 observeres på stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med $0,31 \mu\text{g N} \cdot \text{m}^{-3}$, mens høyeste årsmiddelverdier for «sum ammonium» hadde Skreådalen med $1,01 \mu\text{g N} \cdot \text{m}^{-3}$. Dette skyldes bl.a. påvirkning fra lokal landbruksaktivitet.

Den totale avsetningen av nitrogen og svovel er summen av det som avsettes i form av nedbør (våtavsetning) og avsetningen av gasser og partikler (tørravsetning). Tørravsetningen av svovel- og nitrogenkomponenter er markert større om sommeren enn om vinteren i alle landsdelene unntatt i Finnmark. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetningen var 16–45 % om sommeren og 3–23 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt hele året på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør (h.h.v. 39 % tørravsetning om sommeren og 60 % om vinteren). Tørravsetningen for nitrogenkomponentene bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

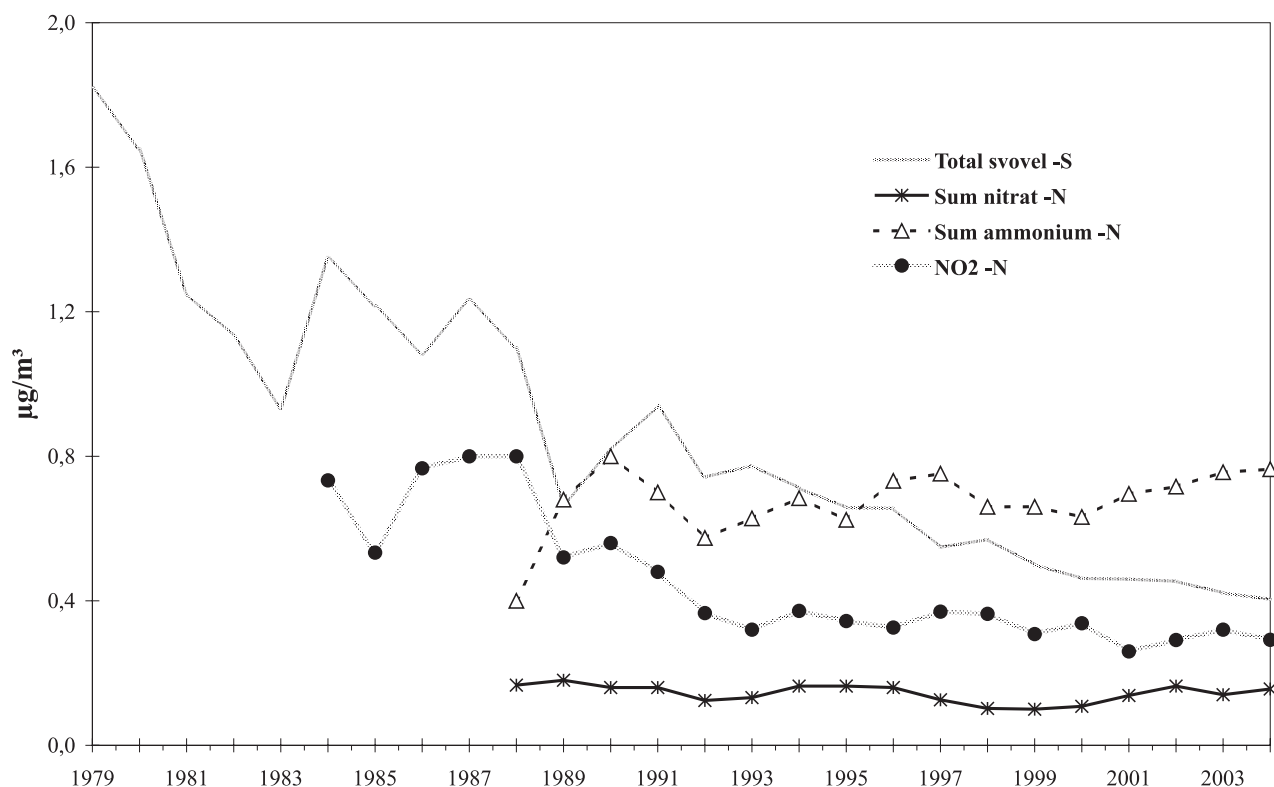
Tabell 2. Årsmiddelkonsentrasjoner av hovedkomponenter i luft, 2004.

STASJON	Årsmiddelkonsentrasjoner									
	SO_2 $\mu\text{g-S}/\text{m}^3$	NO_2 $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	SO_4^{2-} $\mu\text{g-S}/\text{m}^3$	Sum NO_3 $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	Sum NH_4 $\mu\text{g-N}/\text{m}^3$	Ca^{2+} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	K^+ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mg^{2+} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Na^+ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cl^- $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Birkenes (BI)	0,13	0,46	0,35	0,26	0,53	0,05	0,04	0,05	0,37	0,35
Søgne (SØ)	0,29		0,44	0,31	0,69	0,08	0,07	0,09	0,67	0,71
Skreådalen	0,09	0,43	0,30	0,24	1,01	0,09	0,04	0,05	0,36	0,41
Hurdal (HU)	0,11	0,59	0,31	0,18	0,51	0,05	0,04	0,02	0,15	0,08
Kårvatn (KF)	0,07	0,21	0,20	0,08	0,48	0,05	0,02	0,03	0,21	0,21
Tustervatn (TU)	0,09	0,17	0,21	0,09	0,93	0,04	0,02	0,04	0,30	0,37
Karasjok	0,32	0,19	0,26	0,11	0,15 ¹⁾	0,03	0,02	0,03	0,19	0,18

¹⁾ kun NH_4^+ .

Endringer i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer rimelig med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP 2004). Siden 1980 har den gjen-

nomsnittlige observerte reduksjonen av SO_2 konsentrasjonen i Norge vært mellom 81 % og 94 % og for sulfatpartikler mellom 66 % og 75 %. Årsmiddelkonsentrasjonen av



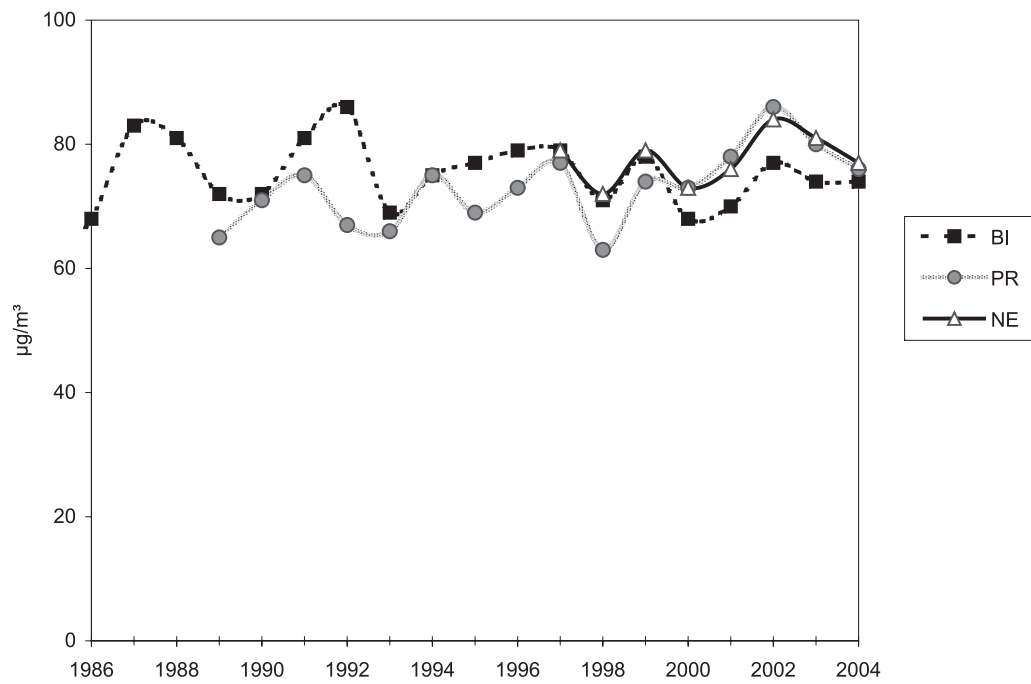
Figur 2. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$), oksidert nitrogen ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$), redusert nitrogen ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) og NO_2 på fem norske bakgrunnstasjoner.

nitrogenforbindelsene i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, utenom en relativt tydelig nedgang for NO_2 etter 1990 (Figur 2).

Ozon. I 2004 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV-monitor på åtte OPS-flater inklusive Prestebakke som ikke lenger har skogobservasjoner. Det benyttes flere ulike kriterier for å vurdere mulige effekter av ozon på skog og vegetasjon. Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Vekstsesongens lengde varierer med planteslag og breddegrad, og 6-månedersperioden april-september er valgt som vekstsesong. EUs ozondirektiv fastsetter også grenseverdier for beskyttelse av plantevekst. I tillegg er det under UN ECE utarbeidet kriterier basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, betegnes AOT40). I EUs nye ozondirektiv (EU 2002) benyttes også grenseverdier for vegetasjon basert på AOT40. AOT40 beregnes som summen av differansen mellom timemiddelkonsentrasjonen og 40 ppb for hver time der ozonkonsentrasjonen overskrider 40 ppb.

Det var ingen overskridelser av grenseverdien for vegetasjon på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i 2004. Grenseverdien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 7-timers middel for kl. 09–16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2004. Middelver-

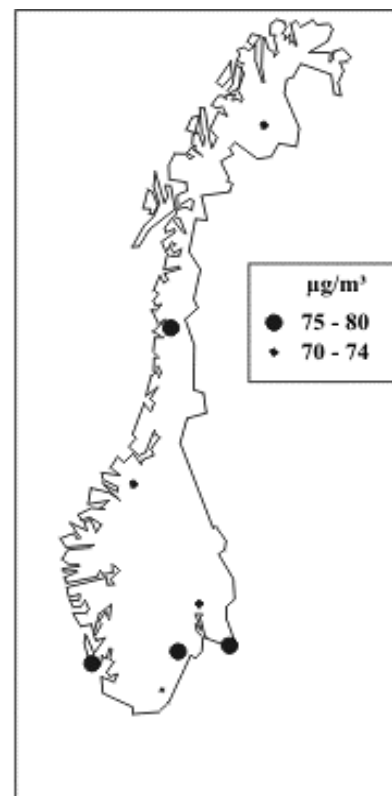
dien var størst på Sandve ved Nedstrand med $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, men det er generelt liten variasjon i denne parameteren over landet. Ozonkonsentrasjonene påvirkes i stor grad av meteorologiske forhold og har variert betydelig fra år til år. Figur 3 viser 7-timers middelveidien på tre stasjoner for perioden 1985–2004. Figuren viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Grenseverdien på 8-timers middel over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble overskredet på alle stasjoner gjennom hele 6-månedersperioden april-september. Sandve hadde flest døgn med overskridelse, 178, dvs nesten samtlige dager i denne 6-måneders perioden. Grenseverdien for landbruksvekster (AOT40 = 3000 ppb-timer fra 15. mai – 15. aug) og grenseverdien på skog (10.000 ppb-timer beregnet for dagslystimer i perioden 1. april – 1. oktober), ble derimot ikke overskredet på noen av stasjonene. Figur 4 viser regional fordeling av antall døgn med 8-timers middelveidien over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Regional fordeling av 7-timers middelveidene i 2004 er vist i Figur 5



Figur 3. Middelkonsentrasjon av ozon for sju timer (kl 09–16) i vekstsesongen (1. april – 1. okt.) fra 1986 til 2004. Birkenes (BI), Prestebakke (PR), Nedstrand (NE).



Figur 4. Antall døgn med 8-timers middelverdier av ozon over $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, april–september 2004.



Figur 5. Midlere 7-timers konsentrasjon av ozon (mg/m^3) kl. 09–16, april–september 2004.

Nedbør og kronedrypp

Som tidligere år er nedbør og kronedrypp samlet inn annen- hver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Med nedbør menes her frittfallende nedbør innsamlet på ei åpen flate nær skogen, mens kronedrypp er nedbør samlet inn i skogen omtrent 50 cm over bakken. I 2004 ble de ukentlige prøvene slått sammen til en fellesprøve for hver 4 ukers periode. Analysemetodene var som i 2003 (jmf. Ogner et al. 1999).

Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen viktige elementer og forbindelser, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av H^+ -aktivitet (Tabell 3). Ved konsentrasjoner under analysemetodens deteksjonsgrense, er verdien satt lik halve deteksjonsgrensen. Sulfat fra menneskeskapt utslipp er beregnet ut fra sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, $nmSO_4-S = SO_4-S - (0,054 * Cl)$). Beregnet deposisjon (årlige mengder per kvadratmeter, dvs konsentrasjon ganget med vannmengde) er vist i Tabell 4. Deposisjon består hovedsakelig av våtavsetning fra nedbør, men inneholder også tørravsetning. Trærnes kroner fanger opp en del av denne tørravsetningen, hvilket bidrar til at deposisjon og konsentrasjoner i kronedrypp under trekronene ofte er høyere enn i nedbør. I tillegg forekommer det prosesser i kronen, for eksempel utvasking fra

barnåler, og det bidrar også til forskjell i konsentrasjon og deposisjon mellom nedbør og kronedrypp.

I nedbør og kronedrypp var pH lavest og konsentrasjonene av NO_3 , NH_4 og antropogent SO_4 høyest på flatene i Sør-Norge. Dette er i overensstemmelse med målinger og analyser i tidligere år.

Fra 1996 til 2001, ble total SO_4-S -deposisjon i skog redusert med 40 % i gjennomsnitt, fra 1610 til 950 $mg/m^2/$ år, på de europeiske Level II-flater (E. Ulrich, pers. medd.). Det er uklart hvor mye av denne deposisjonen som var antropogen (menneskeskapt). Deposisjon av uorganisk N i frittfallende nedbør var omtrent 1000 $mg/m^2/$ år i samme tidsperiode (E. Ulrich, pers. medd.). Deposisjon av antropogent sulfat i Norge er relativt lavt sammenlignet med det europeiske gjennomsnittet, mens deposisjon av uorganisk nitrogen er på europeisk gjennomsnittsnivå enkelte steder i Sør-Norge, men betydelig lavere i Nord-Norge.

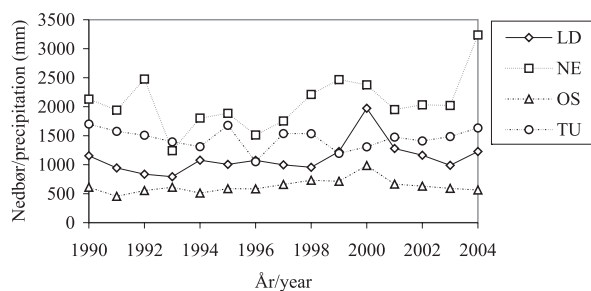
Langtidstrender i deposisjon av ikke-marint SO_4^{2-} og ($NO_3^- + NH_4^+$) i frittfallende nedbør på 4 av feltene (Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn) er vist i Fig. 6. Deposisjon av antropogent sulfat har holdt seg relativt konstant de siste 10 årene, sammenlignet med den store nedgangen vi hadde på flatene i Sør-Norge tidlig på 1990-tallet. Deposisjon av nitrogenforbindelser ser også ut til å holde seg relativt konstant.

Tabell 3. Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (mg/l) i nedbør og kronedrypp i 2004, der mm = nedbørsmengde, Led = ledningsevne ($\mu S/cm$), Tot-N = total N, DOC = løst organisk karbon, nm = ikke marint

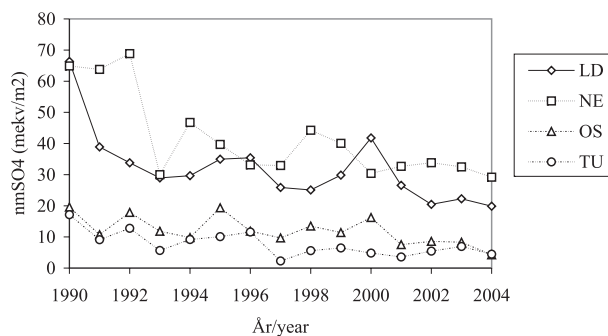
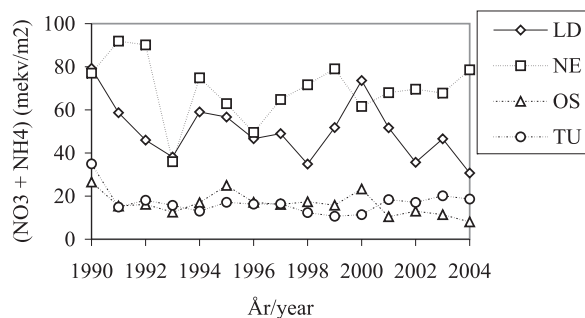
Felt	mm	Led	pH	Ca	K	Mg	Na	NH_4-N	NO_3-N	Tot-N	SO_4-S	Cl	$nmSO_4-S$	DOC
Nedbør														
NE	3238	25	5,0	0,15	0,10	0,26	2,75	0,17	0,17	0,39	0,42	5,1	0,14	1,0
LD	1228	11	5,0	0,11	0,14	0,03	0,40	0,18	0,17	0,43	0,29	0,6	0,26	1,5
VO	1746	9	5,2	0,07	0,05	0,03	0,55	0,08	0,09	0,20	0,14	0,9	0,09	1,2
OS	563	8	5,1	0,07	0,24	0,01	0,31	0,12	0,08	0,38	0,14	0,4	0,12	2,4
KF	1828	14	5,3	0,11	0,06	0,10	1,23	0,06	0,04	0,15	0,17	2,1	0,05	1,1
TU	1634	15	5,4	0,12	0,13	0,15	1,82	0,11	0,05	0,24	0,22	3,3	0,04	0,9
Kronedrypp														
BI	1750	25	4,9	0,31	1,15	0,21	1,64	0,24	0,26	0,70	0,53	3,1	0,36	7,0
NE	2217	74	4,9	0,63	1,58	1,03	9,00	0,29	0,47	0,93	1,16	17,0	0,24	5,5
LD	1162	15	5,0	0,17	1,08	0,06	0,53	0,16	0,15	0,46	0,34	0,9	0,29	6,1
HU	762	16	5,1	0,14	1,06	0,04	0,59	0,19	0,15	0,55	0,29	1,0	0,24	7,1
VO	1377	12	5,4	0,12	0,61	0,05	0,80	0,09	0,06	0,25	0,17	1,4	0,09	3,6
OS	489	12	5,0	0,10	1,00	0,02	0,40	0,06	0,07	0,23	0,13	0,5	0,10	12,4
KF	1670	16	5,4	0,11	0,20	0,09	1,40	0,09	0,04	0,20	0,17	2,5	0,03	2,0
TU	1338	40	5,1	0,36	1,24	0,46	4,76	0,09	0,03	0,26	0,46	8,9	0,00	8,4

Tabell 4. Deposisjon (mg/m²) i 2004. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon, M = manglende verdi

Felt	H	Ca	K	Mg	Na	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	SO ₄ -S	Cl	nmSO ₄ -S	DOC
Nedbør												
NE	0,037	486	324	842	8904	550	550	1263	1360	16512	468	3238
LD	0,013	135	173	34	489	221	209	528	356	725	319	1842
VO	0,011	122	91	47	951	140	157	349	244	1501	157	2095
OS	0,004	39	135	3	175	68	45	214	79	208	68	1352
KF	0,008	201	117	175	2246	110	73	274	311	3893	95	2010
TU	0,006	196	217	239	2968	180	82	392	360	5361	72	1471
Kronedrypp												
BI	0,020	543	2009	366	2876	420	455	1225	928	5356	635	12252
NE	0,029	1397	3503	2279	19950	643	1042	2062	2572	37715	541	12195
LD	0,012	198	1256	70	617	186	174	535	395	1069	342	7088
HU	0,006	107	810	30	446	145	114	419	221	724	181	5411
VO	0,006	165	839	70	1099	124	83	344	234	1887	128	4958
OS	0,005	49	488	10	195	29	34	112	64	259	48	6061
KF	0,006	184	337	142	2334	150	67	334	284	4107	54	3339
TU	0,010	482	1659	610	6363	120	40	348	616	11964	M	11241



a. Nedbør.

b. Ikke-marint SO₄²⁻.c. NO₃⁻ + NH₄⁺.Figur 6. Langtidstrender i nedbørsmengde, ikke-marint SO₄²⁻ og (NO₃⁻ + NH₄⁺) i frittfallende nedbør på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Jordvann

Jordvannprøver fra lysimeteranlegg er innsamlet på samme måte som i tidligere år. Lysimetrene er plassert slik at de suger vann fra den nedre grensen av humussjiktet (5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (15 og 40 cm jorddybde). For det meste har feltene sylindrerformede tensjonslysimitre (lysimitre med sug) av varemerket Prenart, oftest tre i hvert sjikt. Disse vil suge vann fra et område både over og under den teoretiske dybden. Overvåkingsflaten på Birkenes har tensjonsplatelysimitre i 15 cm-sjiktet. Platelysimitre samler vann bare fra området over lysimeteret. I 2004 ble jordvannet samlet inn hver uke i den frostfrie og telefrie delen av året, og slått sammen til en prøve for hver 4 ukers periode. Analysemetodene var for øvrig som i 2003 i h.h.t. Ogner et al. (1999).

Tabell 5 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier for H⁺-aktivitet. Der konsentrasjonen har vært under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO₄-S) er beregnet ut fra formelen: nmSO₄-S = SO₄-S - (0,054 * Cl). Der denne beregning ga negative verdier, på grunn av usikkerhet i målingene, er disse satt lik null.

Resultatene av jordvannsanalysene for 2004 viser at pH i jordvann var generelt lavest på flatene i Sør-Norge. Det er usikkert om dette skyldes sur nedbør eller om det beror på et naturlig surere jordsmonn sør i landet.

Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær eller under deteksjonsgrensen på alle flater, unntatt i Lardal. Ved Lardal var konsentrasjonene av NO₃-N i

mineraljorda relativt høye i mai og juni, men ble redusert seinere på sommeren. Risikoen for uakseptabel lekkasje av nitrat i vannavrenning fra våre andre flater ser ut til å være liten. Nitratlekkasje kan dog være alminnelig under visse betingelser. For eksempel om våren under snøsmeltingen, eller ved høststormer, når vannfluksene er store og biologisk opptak er relativt liten, er det normalt med nitratlekkasjer. Ammoniumkonsentrasjoner var generelt noe høyere enn nitratkonsentrasjoner, mens organisk nitrogen (regnet som Tot-N - (NO₃-N + NH₄-N)) var ofte den kvantitativt viktigste nitrogenfraksjonen. Lekkasje av organisk nitrogen er vanlig og forekommer helt naturlig.

Konsentrasjoner av både totalt og labilt aluminium, der det siste er et estimat på de toksiske forbindelsene, var i 2004 langt under de toksiske grensene i hele landet, og ingen totalaluminiumkonsentrasjon over 1,4 mg/l ble målt. Konsentrasjonen av labilt aluminium var dog generelt høyest i Sør-Norge). Det kan likevel ha forekommet høyere konsentrasjoner under kortere tidsintervaller. Disse vil vi ikke kunne fange opp lenger, grunnet sammenslåing av prøver til 4 ukersperioder som vi startet med i 2003.

Tidligere ble aluminium fraksjonert med en kationbytte-metode (Wickstrøm et al. 2000, metode E). Denne metoden måler fraksjonen labilt aluminium som består mest av kationforbindelser av aluminium. Disse fraksjonene er sannsynligvis de mest toksiske for trær og planter (Kinraide 1991). I 2004 har vi i tillegg brukt en annen metode, der aluminiumforbindelser reagerer med 8-hydroksykinolin under 2,3 s (Clarke et al. 1992). Denne metode måler fraksjonen, 'quickly reacting' aluminium (Al_{qr}), og gir som oftest en lavere verdi enn labilt aluminium (Wickstrøm et al. 2000).

Tabell 5 Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2004, der Led = ledningsevne (µS/cm), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, * = platelysimeter, M = manglende verdi

Felt	Sjikt	Led	pH	Tot-Al	Lab-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	SO ₄ -S	Cl	DOC	nmSO ₄ -S
BI	15*	30	4,4	0,87	0,39	0,25	0,13	0,05	0,13	0,002	1,98	0,05	0,03	0,37	0,66	1,8	16,3	0,56
BI	40	33	4,6	0,56	0,48	0,22	0,03	0,03	0,23	0,003	3,14	0,05	0,03	0,16	1,42	4,5	4,5	1,18
NE	5	114	4,4	0,90	M	1,36	0,14	0,22	0,74	0,008	6,46	0,07	0,03	0,28	0,66	14,2	10,1	0,00
NE	15	86	4,3	0,70	0,33	0,45	0,13	0,54	0,87	0,053	10,16	0,12	0,03	0,48	1,15	17,6	14,6	0,20
NE	40	60	4,8	0,50	0,47	0,17	0,01	0,40	0,75	0,088	8,90	0,05	0,03	0,11	1,70	15,0	1,5	0,89
LD	5	15	5,2	0,37	0,15	0,31	0,20	0,14	0,16	0,039	1,49	0,14	0,03	0,37	0,54	1,3	8,5	0,47
LD	15	18	5,9	0,10	0,04	0,82	0,05	0,06	0,31	0,032	1,67	0,11	0,04	0,30	0,98	1,5	4,9	0,90
LD	40	21	6,3	0,04	0,02	1,17	0,04	0,01	0,34	0,009	1,97	0,04	0,09	0,18	1,16	1,8	1,7	1,06
HU	5	32	4,4	0,62	0,29	0,15	0,10	0,26	0,05	0,014	1,40	0,06	0,03	0,33	0,57	0,6	18,2	0,53
HU	15	13	5,0	0,22	0,18	0,10	0,02	0,11	0,04	0,007	1,10	0,03	0,03	0,10	0,63	0,6	2,4	0,60
HU	40	12	5,3	0,15	0,14	0,18	0,01	0,16	0,06	0,021	1,28	0,03	0,03	0,09	0,79	0,6	1,4	0,76
VO	5	M	5,0	0,17	M	0,14	0,01	0,10	0,10	0,019	1,07	0,08	0,03	0,21	0,41	1,1	4,3	0,35
VO	15	12	5,2	0,16	0,09	0,18	0,01	0,03	0,18	0,057	1,19	0,05	0,03	0,16	0,41	1,4	3,6	0,33
VO	40	12	5,3	0,12	0,08	0,20	0,01	0,01	0,16	0,027	1,18	0,04	0,03	0,14	0,47	1,4	2,8	0,39
OS	5	26	4,3	0,58	0,19	0,57	0,61	0,30	0,32	0,077	0,64	0,06	0,03	0,46	0,18	0,5	28,1	0,15
OS	15	20	4,6	0,56	0,18	0,83	0,56	0,35	0,45	0,016	0,64	0,05	0,03	0,41	0,18	0,4	27,0	0,15
OS	40	9	5,1	0,22	0,14	0,16	0,02	0,37	0,09	0,003	0,53	0,03	0,03	0,16	0,49	0,2	4,6	0,48
KF	5	18	4,9	0,54	M	0,16	0,21	0,08	0,14	0,001	1,95	0,08	0,03	0,43	0,15	1,4	9,4	0,07
KF	15	16	5,3	0,52	0,28	0,13	0,11	0,13	0,19	0,001	2,12	0,03	0,03	0,15	0,23	2,3	7,9	0,10
KF	40	18	5,1	0,71	0,39	0,14	0,16	0,59	0,21	0,000	1,97	0,05	0,03	0,23	0,22	2,4	14,2	0,10
TU	5	16	6,1	0,23	0,11	0,25	0,05	0,25	0,17	0,002	2,27	0,05	0,03	0,20	0,44	1,6	6,8	0,35
TU	15	23	6,1	0,06	0,05	0,30	0,00	0,32	0,26	0,001	3,39	0,03	0,03	0,10	0,98	3,0	2,0	0,81
TU	40	28	6,2	0,02	0,02	0,32	0,00	0,48	0,31	0,002	4,04	0,04	0,03	0,07	1,13	4,3	1,1	0,89

Vi har sammenlignet resultatene for Ca/Al-forholdet, der både labilt Al og Al_{qr} har blitt brukt. Det molare forholdet Ca/Al og (Ca + Mg + K)/Al er ofte brukt for å evaluere risiko for skader på røtter, der grenseverdien vanligvis er satt til 1,0. Andre grenseverdier, for eksempel 0,2, er også brukt (Jentshcke et al. 2001). Al-verdiene som benyttes bør ikke representere totalaluminiumkonsentrasjon, siden ikke-toksiske aluminiumforbindelser er inkludert i totalaluminium. Isteden har vi brukt fraksjonene labilt Al og Al_{qr}. Begge disse fraksjonene ekskluderer ikke-toksiske forbindelser. Antall prøver på våre felt der forholdene Ca/labilt Al og (Ca + Mg + K)/labilt Al var over og under grenseverdiene 1,0 og 0,2 er vist i Tabell 6. I Tabell 7, er antall prøver der forholdene Ca/Al_{qr} og (Ca + Mg + K)/Al_{qr} var over og under disse grenseverdier vist. Resultatene er forskjellige og beror på hvilken analysemetode og hvilken grenseverdi som er brukt og viser vanskeligheten med å bedømme risikoen for skader på røtter. Man bør derfor være kritisk til resultater der Ca/Al-forholdet er benyttet (Løkke et al. 1996).

Tabell 6 Antall prøver fra 5, 15 og 40 cm-sjiktene med molar Ca/labilt Al- og (Ca + K + Mg)/labilt Al-forhold over og under grenseverdiene 1,0 og 0,2

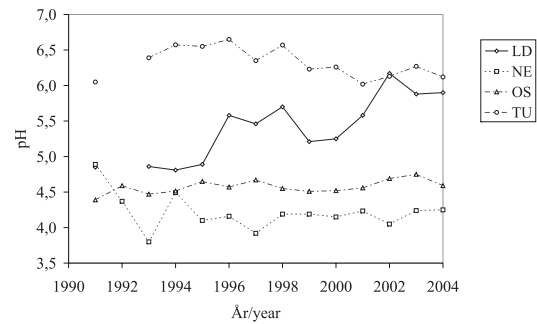
Dybde (cm)	Ca/Lab Al				(Ca + K + Mg)/Lab Al			
	< 1,0	≥ 1,0	< 0,2	≥ 0,2	< 1,0	≥ 1,0	< 0,2	≥ 0,2
5	8	12	0	20	2	18	0	20
15	27	21	0	48	6	42	0	48
40	29	26	2	53	3	52	0	55

Tabell 7 Antall prøver fra 5, 15 og 40 cm-sjiktene med molar Ca/Al_{qr}- og (Ca + K + Mg)/Al_{qr}-forhold over og under grenseverdiene 1,0 og 0,2

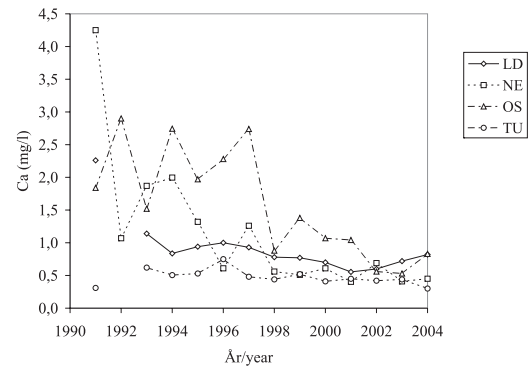
Dybde (cm)	Ca/Al _{qr}				(Ca + K + Mg)/Al _{qr}			
	< 1,0	≥ 1,0	< 0,2	≥ 0,2	< 1,0	≥ 1,0	< 0,2	≥ 0,2
5	0	18	0	18	0	18	0	18
15	0	44	0	44	0	44	0	44
40	9	38	0	47	0	47	0	47

Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO₄-S i 15 cm dybde på fire av feltene (Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn) er vist i Fig. 7. Det har vært visse endringer i lysimeteroppleggene gjennom årene, og dette kan ha påvirket resultatene noe.

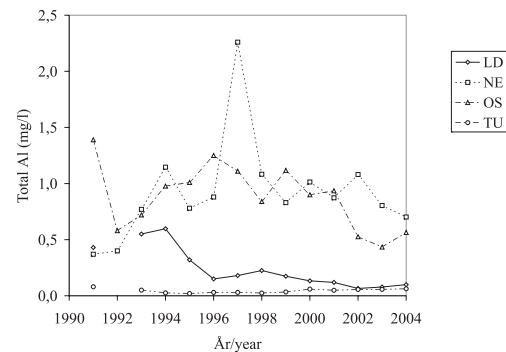
Fig. 7 viser en tydelig økning av pH på Lardal de siste 10 årene og en svak reduksjon på Tustervatn, mens på de andre flatene er pH ganske stabil. Kalsiumkonsentrasjonene er redusert spesielt på flatene i sør. Lardal og Osen viser en klar trend i aluminiumkonsentrasjoner, med lavere verdi nå enn tidlig på 1990-tallet. Aluminiumtoppen på Nedstrand i 1997 er naturlig og skyldes en sjøsaltepisode. Konsentrasjoner av ikke-marint (antropogent) sulfat er redusert siden tidlig på 1990-tallet.



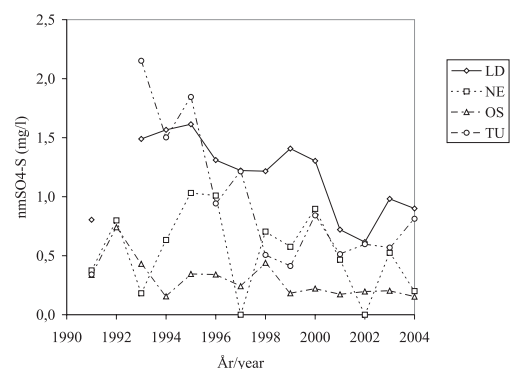
a. pH.



b. Ca.



c. Total Al.



d. Ikke-marint SO₄-S.

Figur 7. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO₄-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Vegetasjon

Vegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene er blitt fulgt siden etableringen i 1986 (OPS 1989), og de første registreringene ble gjort i løpet av 1986–89. Det ble da utlagt 10 ruter å 1×1 m langs ytterkanten av hver overvåkingsflate. Disse registreringene er utført som frekvensanalyser ved at ei ramme inndelt i 25 småruter ble lagt over ruta på 1 m^2 (OPS 1989), og deretter ble antall småruter med forekomster av hver planteart telt opp. Ved andre gangs registrering i 1991–93 ble antall ruter å 1 m^2 utvidet til 50 pr flate (Solberg et al. 1999). Utvidingen skjedde primært i ei 5 m randsone, men med visse tilpasninger til terrengforhold. Det store antallet ruter antas å dekke variasjonen i felt- og bunnvegetasjonen på flatene. Fra 2003 ble det lagt ut 5 ekstra storruiter å 70 m^2 (7×10 m) i området som OPS-flaten ligger i i h.h.t. en oppgradering av ICP-Forestsmanualen. På storrutene er det foretatt de samme registreringene som er gjort på 1×1 m rutene. Storrutene er foreløpig ikke rapportert her siden bare førstegangsregistrering er utført, men fins i databasen til OPS.

I 2004 ble det foretatt registreringer av frekvens (rute 1–10) og dekning (rute 1–50) av enkeltarter på de fire flatene Lardal, Hurdal, Osen og Kårvatn. I tillegg kommer arbeid i samband med oppretting av 5 storruiter og registrering av dekning av enkeltarter på disse. I 1999 ble også Fagernes og Selbu undersøkt (Solberg et al. 2000), men disse felte er siden blitt stilt i bero. Sammenlikningene med de tidligere undersøkelsene, skjer derfor på grunnlag av flatene som ble reanalysert i 2003 og 2004. Kårvatn ble dessuten også undersøkt i 1991.

På de rutene som ble reanalysert i 2003 og 2004 har det ikke skjedd noen grunnleggende endring i mengde eller frekvens av artene sammenlignet med registreringer i 1999.

Tre av flatene ligger i blåbærgranskog og har en dominans av blåbær på alle flater. Den gjennomsnittlige dekning av blåbær på disse tre flatene, varierer mellom 36% (Osen) og 47% (Lardal) (Tabell 8). Vegetasjonen på flaten på Kårvatn er en kystutforming av røsslyng-blokkebærskog (*Bazzanio-Pinetum*), med en normalt lavere dekning av blåbær (17%).

Det er noe variasjon i artsantallet mellom flatene. De færreste arter forekommer på alle flatene. Eksempelvis forekommer blåbær, tyttebær, smyle, linnea, skogstjerne, etasjemose, furumose og fjørmose på alle flatene. Moseslektene sigdmoser (*Dicranum spp.*), torvmoser (*Sphagnum spp.*) og skjeggmoser (*Barbilophozia spp.*) er også representert på alle flater. Utenom lyngarter er det de store mosene som dominerer i de skogtypene som OPS-flatene ligger i.

Floristisk skiller Kårvatn seg noe ut fra de andre flatene da den er grunnlendt og ligger i furuskog. På flata er det f. eks. både skrubbær og bjønnekam som har et vestlig tyngdepunkt i sin utbredning.

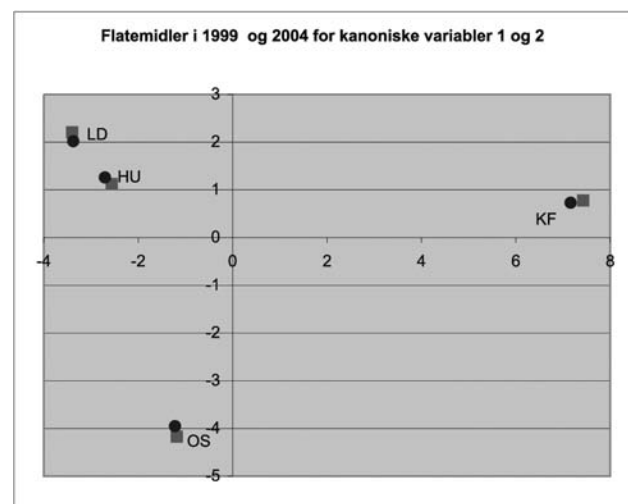
I Tabell 8 er de viktigste artene på flatene listet opp. Tabellen viser at endringene i dekningsprosent for den enkelte art er relativt liten mellom registreringene i 1999 og 2004. I tabellen vil for eksempel den minste registrerbare endring av dekningsgraden være 0,02% og tilsvare at

dekningen er endret med 1% på kun en av de 50 rutene. Slike små endringer er ikke signifikant sikre.

På Hurdalflaten viser registreringene av blåbær en sterk økning, fra ca 25% dekning i 1999 til 41% i 2004. Dette skyldes at soppen blåbærstjerne (*Valdensia heterodoxa*) hadde forårsaket stort bladfall i 1999. I 2004 var forholda for soppen langt mindre gunstig, i allefall fram til registreringstidspunktet i dette området. I Lardal var det motsatte tilfellet. Der var det gunstige forhold for *Valdensinia* skrivefeil f i 2004 før registreringer, som altså viste nedgang i dekningsprosent i forhold til 1999.

Smyle som er blant de vanligste grasartene i granskog hadde en svak økning i dekningsprosenten på de tre granflatene på Østlandet. Derimot gikk den svakt tilbake på Kårvatn. Det samme gjorde graset blåtopp som bare fantes på Kårvatn. Økningen av smyle var ikke signifikant. Økning av mengden smyle har blitt satt i sammenheng med økt nitrogen nedfall. Ut fra talla i 2004, og fra reanalysen utført i 2003 (Birkenes, Voss, Høylandet og Tustervatnet) (Andreassen et al. 2004a) finner vi størst økning i sør (Birkenes) og i vest (Voss) enn lenger nord og på Østlandet.

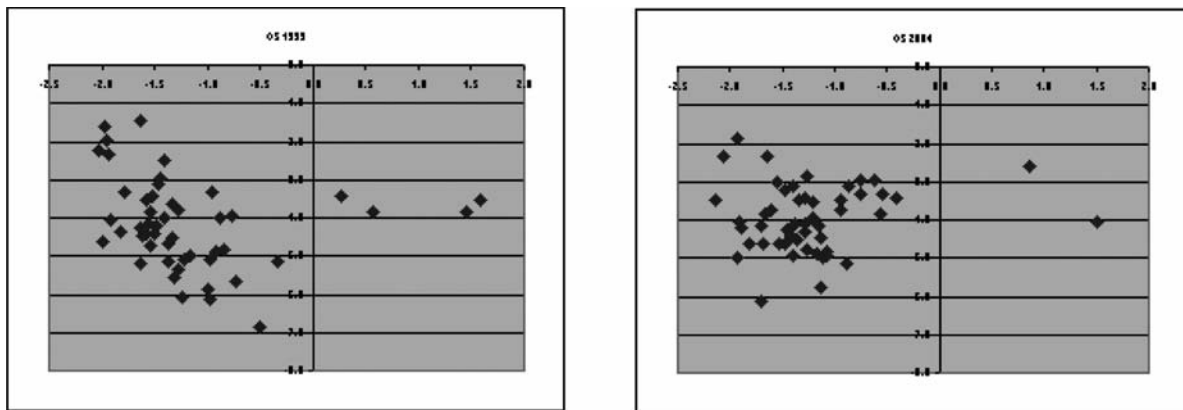
Det ble totalt registrert 6 nye arter som var nye for flata i 2004 sammenlignet med 1999, mens 3 arter gikk ut. Blant de mer sjeldne artene ble *Carex nigra*, som er uvanlig på flatene, registrert i Lardal og i Hurdal (ikke oppført i Tabell 8). I Lardal ble også linnea registrert i rutene, mens dunbjørk og rogn ble registrert i busksjiktet. På Osen ble orkideen knerot registrert i 2 ruter. På Hurdal-flata ble en kransmoseart (*Rhytidadelphus sp.*) funnet, og på Kårvatn-flata ble kystjammemose (*Plagiothecium undulatum*) og duskull (*Eriophorum angustifolium*) registrert i rutene for første gang. På Kårvatn flata gikk mjuk kråkefot (*Lycopodium clavatum*) og tågebær (*Rubus saxatilis*) ut. På Osen ble tornemoser (*Mnium spp.*) registrert i rutene i 1999, men ikke i 2004.



Figur 8. Flatemidler for de kanoniske variabler 1 (langs «x-aksen») og 2 (langs «y-aksen») for Lardal, Hurdal, Osen og Kårvatn i 1999 (■) og 2004 (●) etter kanonisk diskriminantanalyse.

Tabell 8. Utvalg av de vanligste artene med deknningen i % på flatene i 2004. Diff = differanse i % dekning fra 1999 til 2004. Minus betyr tilbakegang i dekning fra 1999. Blank betyr at arten enten mangler eller at det ikke har vært endring i dekningsprosent.

ART		Lardal		Hurdal		Osen		Kårvatn	
		2004	Diff.	2004	Diff.	2004	Diff.	2004	Diff.
Dunbjørk	Betula pubescens	5.20	-0.20					1.10	-0.60
Dunbjørk, feltsjikt	Betula pubescens juv felt			0.06	-0.04			0.02	-0.04
Gran	Picea abies	32.82	-2.12	28.00	-1.80	17.70	2.02		0.00
Gran, feltsjikt	Picea abies frø	0.22	0.20	0.26	-0.48	0.04	-0.08		
Furu	Pinus sylvestris					17.42	0.80	18.14	-0.26
Rogn, feltsjikt	Sorbus aucuparia juv frø	0.04	0.04	0.02	0.02			0.12	0.12
Røsslyng	Calluna vulgaris							16.68	0.38
Krekling	Empetrum nigrum							2.18	-0.44
Einer	Juniperus communis							1.04	-0.08
Blåbær	Vaccinium myrtillus	47.30	-4.22	40.96	16.92	36.16	-3.44	16.86	3.38
Blokkebær	Vaccinium uliginosum							8.40	
Tyttebær	Vaccinium vitis-idaea	1.46	-0.36	4.02	0.12	6.86	-1.06	17.48	0.22
Smyle	Deschampsia flexuosa	1.86	0.38	1.62	0.26	3.38	0.82	1.18	-0.14
Hårfrytle	Luzula pilosa					0.20	0.04		
Blåtopp	Molinia caerulea							4.06	-0.38
Bjønnskjegg	Trichophorum cespitosum							0.50	
Kvitveis	Anemone nemorosa			0.04				0.02	-0.02
Bjønnekam	Blechnum spicant							8.92	-0.68
Skrubbær	Chamaepericlymenum suecica							3.76	0.34
Flekkmarihand	Dactylorhiza maculata							0.16	0.02
Sauetelg	Dryopteris expansa			1.66	-0.04	0.04	0.02		
Knerot	Goodyera repens					0.04	0.04		
Fugletelg	Gymnocarpium dryopteris	0.10	0.06	0.74	-0.08	1.38	-0.28		
Sveve	Hieracium sp							0.02	
Linnea	Linnaea borealis	0.04	0.04	3.06	0.60	4.80	0.28	1.10	0.24
Stri kråkefot	Lycopodium annotinum			0.32	-0.08	0.10	0.06		
Maiblom	Maianthemum bifolium	0.74	0.14	4.64	0.66	4.28	1.98		
Stormarimjelle	Melampyrum pratense	0.14	-0.04			0.16	-0.14	1.10	-0.90
Småmarimjelle	Melampyrum sylvaticum					0.16	-0.08	0.04	0.02
Rome	Narthecium ossifragum							0.28	-0.12
Nikkevintergrønn	Orthilia secunda	0.20	0.18	0.04	-0.22			0.08	0.02
Gaukesyre	Oxalis acetosella			0.10	0.06	0.80	0.20		
Hengeving	Phegopteris connectilis			0.04	-0.06				
Tepperot	Potentilla erecta			0.02				0.92	-0.16
Einstape	Pteridium aquilinum							1.14	0.16
Gullris	Solidago virgaurea					0.08	0.02	0.04	-0.06
Skogstjerne	Trientalis europaea	0.10	-0.04	0.14	0.06	0.48	0.18	0.66	-0.02
Myrfiltmose	Aulacomnium palustre							0.24	-0.26
Etasjemose	Hylocomium splendens	13.32	1.16	16.32	-0.94	50.30	-7.20	18.54	0.48
Flikmoser	Lophozia spp	0.12		0.24		0.02	-0.04	0.06	0.02
Prakthinnemose	Plagiochila asplenioides	0.72	0.22	1.42	0.10				
Furumose	Pleurozium schreberi	7.56	-1.94	7.16	-4.32	10.32	-1.26	15.96	-2.90
Bakkefrynse	Ptilidium ciliare	0.12				0.06		0.30	
Fjormose	Ptilium crista-castrensis.	1.60	0.34	1.06	0.04	20.70	1.60	2.66	-0.36
Kystkransemose	Rhytidiadelphus loreus							0.10	-0.24
Kransemose	Rhytidiadelphus sp	0.34		0.10	0.10				
Lys reinlaav	Cladonia arbuscula							3.16	-0.04
Grå reinlav	Cladonia rangiferina							3.72	-0.18
Skjeggmose	Barbilophozia spp	1.20	0.12	0.84	-0.16	1.12	-0.32	0.38	-0.04
Sigdmose	Dicranum spp	26.80	-4.74	20.14	-8.32	3.92	0.10	5.34	-2.22
Bjørnemose	Polytrichum/-iastrum	0.88	0.12	4.10	-0.32			0.76	0.10
Torvmose	Sphagnum spp	31.60	2.06	23.80	4.50	1.28	-0.08	3.64	-0.04



Figur 9. Plot av de kanoniske skårene for de kanoniske variable 1 og 2 av vegetasjonen på de analyserte rutene i 1999 og 2004 på Osen etter kanonisk diskriminantanalyse.

Endringene i artsdekning ble undersøkt med test for parvise prøver (tosidig Wilcoxon ettutvalgstest) er knapt signifikante (Tabell 9). Bare for et fåtall arter og på ett eller flere, er dette tilfelle (Tabell 8), deriblant for blåbær (se ovenfor) som gikk fram i Hurdal i 2004. Det er nærliggende å anta at blåbærfremgangen har resultert i at furumose og sigdmoser har hatt en sikker tilbakegang på den samme flaten, men dette kan ikke utledes av vårt materiale.

Registreringene i 1999 og 2004 ble også sammenliknet med kanonisk diskriminantanalyse (SAS Institute 1999). De fleste artene i Tabell 8 inngikk i denne analysen i tillegg til noen mindre vanlige arter. Heller ikke i denne analysen kunne vi fremvise statistisk sikre endringer. Dette framgår også tydelig i de to figurene (Fig. 8 og 9). Figur 8 viser middelet av de kanoniske variablene 1 og 2 for hvert år, og vi ser tydelig at hver flate ligger svært nær hverandre. Derimot er flatene signifikant langt fra hverandre både langs akse 1 og akse 2. Og som tidligere nevnt, avviker Kårvatn fra de 3 øvrige flatene meget tydelig langs akse 1. I Figur 9 ser vi fordelingen av enkeltrutene på Osenflata. Endringene består særlig i at rutene ligger mer sammenklemt langs akse 2 (y-aksen), men det er ikke signifikant.

De fire flatene som ble undersøkt i 1999 og i 2004 preges altså av stabilitet i vegetasjonsdekket. Det er registrert få nye arter som har kommet til eller som er gått ut. Det er endringer i dekningsprosenten for mange arter, men de er som regel små. For blåbær kan endringene på flatene Lardal og Hurdal forklares med bladsoppen blåbærstjerne, mens tilbakegangen av sigdmoser og furumose i Hurdal kan kanskje settes i samband med at blåbær har regenerert på denne flaten. Graset smyle som kan fungere som indikator for nitrogennedfall, viste ingen statistisk sikker endring i perioden. Likevel var det en tydelig økning (1,8 % i 1999 og 2,3 % i 2004, Tabell 8) på de tre østlandsfeltene. På Kårvatn i Møre og Romsdal med lite nitrogennedfall, var det derimot en svak tilbakegang av smyle.

Tabell 9. Wilcoxon rang test for arter med sikre endringer fra 1999 til 2004 unntatt for smyle. N = antall prøver. WRZ er z-verdien som resultat av den tosidige Wilcoxon ettutvalgstests for parvise prøver. $pr > Z$ er sannsynlighet for at fordelinga av variabelen har samme plassering i forhold til 1999 og 2004.

Flate	N	Art	WRZ	pr < Z	retn
LD, HU, OS	150	Smyle Deschampsia flexuosa	-1,0111	0,1560	+
KF	50	Smyle Deschampsia flexuosa	0,7266	0,2337	-
LD	50	Blåbær Vaccinium myrtillus	1,6467	0,0498	-
HU	50	Blåbær Vaccinium myrtillus	-5,0120	<0,0001	+
KF	50	Blåbær Vaccinium myrtillus	-1,5030	0,0664	+
HU	50	Furumose Pleurozium schreberi	1,7624	0,0390	-
OS	50	Etasjemose Hylocomium splendens	1,8874	0,0296	-
HU	50	Sigdmose Dicranum spp	2,3470	0,0095	-

Trærnes vitalitet

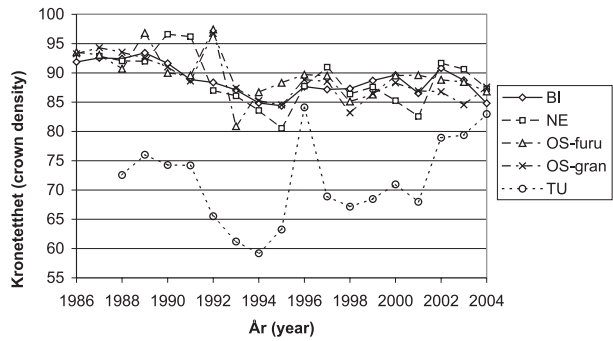
Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av det enkelte treets vitalitet målt i form av kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde samt en del andre variabler. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0–99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på vokseste-

det og dets sosiale status. Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær (sidetrykking og pisking), naturlig utskygging eller blomstring regnes ikke som kronetutglisning. For å bestemme kronefarge, fastslås andelen misfargete bar (og til dels intensiteten av misfargingen) og registreres som en verdi på en skala fra 1 til 4 (normal grønn: 0–10% gule nåler, svak gul: 11–25%, middels gul: 26–60%, sterk gul: > 60%). Hos gran vurderes kronas øvre halvdel, hos furu kronas øvre 2/3-del. Kronegrensa er definert som den nederste grønne greina som ikke er atskilt fra resten av krona med mer enn én død greinkrans. Treet vurderes fra flere sider der dette er mulig. Kronebedømmelse utføres ikke på trær som er undertrykte, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Bedømmelsen gjennomføres med kikkert av to observatører, uavhengig av tidligere års registreringer.

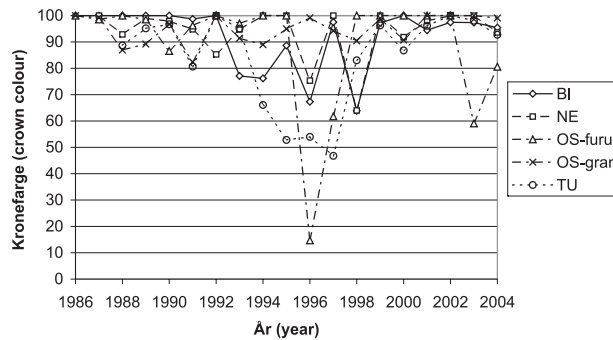
Kronetetthet: Fra 2003 til 2004 var det kun moderate forandringer i kronetetthet på de intensivt overvåkede flatene (Level II). Kronetetthet avtok mest på flatene på Sørvestlandet (Birkenes og Nedstrand), mens den økte mest i Hurdal. Kronetetthet var høyest blant grantrærne på flata i Osen (87,6%), mens den som i tidligere år var lavest i Tustervatn (83%, Tabell 10). Forskjellene mellom flatene har imidlertid avtatt betraktelig (Fig. 10), og i 2004 var det mindre enn 5% som skilte flata med høyest kronetetthet fra den med lavest tetthet. Gjennomsnittelig kronetetthet for de sju gjenværende granflatene var med 85,2% på omtrent samme nivå som året før, men i motsetning til 2003 var det ingen flater med kronetetthet over 90% eller under 80%. I 2004 var kronetetthet for gran på Level II tilnærmet lik kronetetthet på de landsrepresentative overvåkingsflatene (Level I), som etter en økning i forhold til året før også lå på 85% i 2004 (Hysten & Larsson 2005). På skogoppsynets granflater økte gjennomsnittelig kronetetthet svakt fra 2003 til 2004, men lå med 84% fortsatt noe under både Level I og II (Timmermann 2004). Grantrærne på de tre norske flatesettene som er tilknyttet OPS hadde i 2004 tydelig høyere gjennomsnittelig kronetetthet enn trærne på de europeiske Level I-granflatene i 2003 (80,4%) som inngår i ICP Forests' nettverk (UNECE/EC 2004).

Tabell 10. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2004 og endring fra året før

Flate	Kronetetthet	Endring	Kronefarge	Endring
BI	84,8	-4,3	95,5	-1,8
NE	87,3	-3,6	93,6	-6,4
LD	85,9	-2,0	88,5	-1,1
HU	84,2	4,0	86,6	1,3
VO	83,8	-1,4	89,1	-4,9
OS-furu	86,8	-1,8	80,6	21,5
OS-gran	87,6	3,1	99,1	-0,9
KF	83,6	2,8	88,0	0,8
TU	83,0	3,1	92,7	-5,3
Gjennomsnitt	85,2	0	90,4	0,3



Figur 10. Utvikling av kronetetthet i Birkenes, Nedstrand, Osen og Tustervatn 1986–2004.



Figur 11 Utvikling av kronefarge i Birkenes, Nedstrand, Osen og Tustervatn 1986–2004.

Kronefarge: Andelen normalt grønne grantrær minket over hele landet med unntak av flata i Hurdal, mens grønnfargen for furu forbedret seg sterkt i Osen og forble nesten uforandret i Kårvatn (Fig. 11, Tabell 10). Langtidstrender er vist for et utvalg av flatene (Fig. 11). Det var ingen flater helt uten misfargete trær i 2004, selv om nesten alle grantrær på Osen-flata var normalt grønne. Størst var andelen misfargete trær hos furu på flata i Osen, som likevel hadde en kraftig forbedring i forhold til året før, hvor nesten halvparten av furutrærne var misfarget. Omfanget av misfargingen på de norske Level II-flatene er fortsatt lav (klasse 0–1, normal grønn til svak gul, jf. ICP Forests manualen, UNECE/EC 1998). Andelen normalt grønne grantrær lå i 2004 på gjennomsnittelig 92,1%, som er litt høyere enn på skogoppsynets granflater (91,2%, Timmermann 2004) og betydelig høyere enn på de landsrepresentative overvåkingsflatene (82,1%, Hysten & Larsson 2005). På ICP Forests' Level I-flater lå andelen normalt grønne bartrær i 2003 på 93,2% (UNECE/EC 2004), altså noe høyere enn på de norske flatene. I dette tallet er likevel flere europeiske bartrearter inkludert, tall for graden av misfarging av gran aleine foreligger dessverre ikke fra ICP Forests.

Tabell 11. Utvikling av treantall, middeldimensjon, volum og tilvekst for levende trær.

	År	Antall trær (stems/ha)	Diameter (mm)	Høyde (dm)	Volum (m ³ /ha)	Tilvekst (m ³ /ha/yr)
BI	1986	1333	186	182	310	
	1995	1127	211	191	350	7,54
	1999	975	229	201	374	7,56
	2004	948	235	214	414	9,25
NE	1987	2024	188	176	485	
	1995	1752	207	192	556	11,45
	1999	1582	220	203	596	15,44
	2004	1599	225	208	645	12,05
HU	1996	717	231	207	304	
	1999	707	245	213	344	14,17
	2004	678	259	229	398	12,21
TU	1988	1921	190	142	347	
	1995	1460	211	151	342	4,28
	1999	1413	219	157	370	7,17
	2004	1413	221	162	390	4,58

Tilvekst

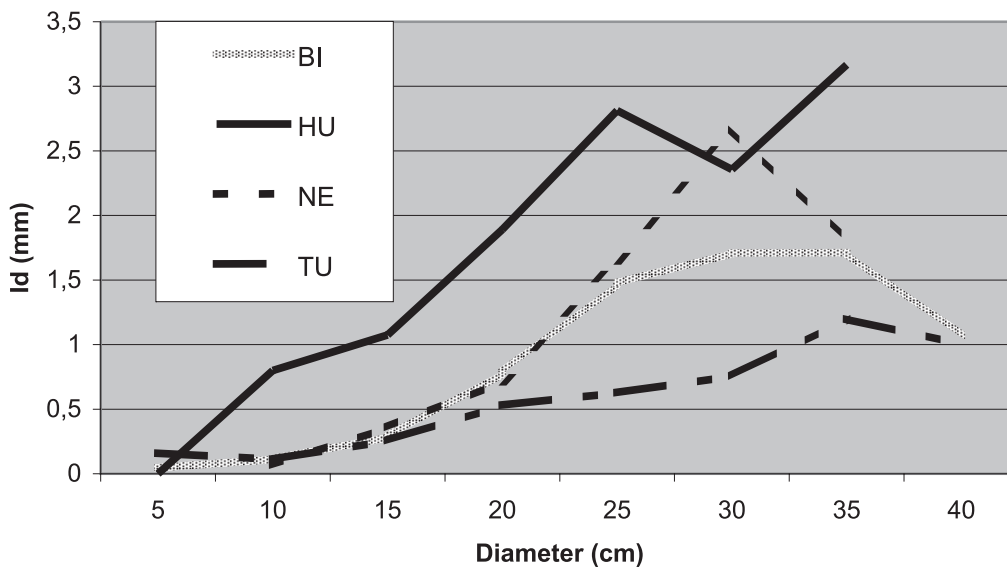
På de intensive overvåkingsflatene er diameter og høyde til trærne målt omtrent hvert femte år siden etableringen på 1980-tallet og frem til den siste målingen nå i 2004. Flatene som er fulgt lengst er derfor målt fem ganger. Tilvekst og noen sentrale bestandsparametre er beregnet fra etableringen og frem til 2004 på noen av feltene (Tabell 11). Volum er beregnet ut fra modeller etter Vestjordet (1967). På flere av flatene har det vært betydelig avgang av trær som har dødd av ulike årsaker (tørke, undertrykkelse, bilangrep, vindfall, hogst av enkelttrær etc.), der særlig de minste trærne oftest har gått ut. På Nedstrand, Hurdal og Tustervatn har tilveksten gått ned siste revisjonsperiode, mens den har økt på Birkenes (Tabell 11).

Den årlige tilveksten hos trær varierer mye og viser utover den normale tilveksten også naturens respons på eventuelle endringer i klima, forurensninger og andre forstyrrelser i skogbestanden. Markens produksjonsevne kan beregnes ut fra trærnes akkumulerte tilvekst, gjerne via bonitering der det tas årringprøver av et visst antall trær (4–10 av de grøvste trær pr dekar). Selv om tilveksten måles hvert år, eller enda hyppigere, tar det ofte lang tid før endringer i miljø virker inn på trærnes diameter- og høydevekst. Bestandene er dessuten i utvikling, de blir eldre og tettere og trær kan dø av naturlige årsaker eller på grunn av forurensninger, endringer i klima, eller menneskeskapt forstyrrelser. Før eventuelle endringer i tilvekst kan observeres, må normaltilstanden kartlegges slik at man har en referanse til bestanden. Erfaringer viser at det bør gå kanskje 20 år før man har oversikt over hva som er normal tilvekst for bestanden. Til hjelp for å kartlegge normaltilstanden kan tilveksten estimeres med empiriske modeller som bygger på målinger av trærnes vekst gjennom hele treets liv. En annen og viktig innfallsvinkel for å beskrive virkningen av

endringer i økosystemet er å undersøke hvordan andre parametre som luftforurensninger, klima, jordvann, trevitalitet, vegetasjon m.m. varierer med endringer i tilvekst. Sammenligninger mellom observert tilvekst og målt nitrogen deponisjon viser at økt nitrogen deponisjon trolig har ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al 2004). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon ved kunstig høy sulfat deponisjon (Abrahamsen et al 1994), mens dette kan ikke påvises i skog i Norge (Solberg et al 2004). Nellemann og Thomsen (2001) mener likevel at nitrogen- og sulfatdeponisjon har ført til redusert tilvekst i Norge. En medvirkende årsak til at det er vanskelig å påvise tilvekstreduksjon i Norge er både tilvekstøkningen etter nitrogendeponisjonen, som altså virker motsatt vei, og de geologiske forhold som til en viss grad nøytraliserer effekten av sulfatdeponisjonen.

Figur 12 viser endringer i diameter-tilvekst for ulike diameterklasser. Det fremgår at tilveksten øker med økende diameter inntil den kulminerer og så avtar. En ser også at tilveksten varierer betydelig fra år til år uten at det er noe mønster som kan spores.

Tilvekst 1999-2004



Figur 12 Tilvekst (Id) i ulike diameterklasser.

Diskusjon

I Norge er tilstanden i skogøkosystemet intensivt overvåket på 8–20 flater over en periode på 18 år. Disse overvåkingsdata beskriver utviklingen over tid og utgjør en meget verdifull tidsserie, spesielt på de flatene som fortsatt er operative. De norske overvåkingsflatene inngår i et større europeisk nettverk, der 37 land deltar med til sammen ca 800 flater.

De siste 6–7 årene har innholdet av kjemiske elementer i kronedrypp og jordvann vært relativt stabilt i Norge. Tilførselene av langtransporterte forbindelser av svovel- og syreforbindelser til Norge har avtatt betydelig de 18 årene vi har overvåket skogtilstanden her i landet. Deposisjon av nitrogen derimot viser ingen tydelige trender, med unntak av NO₂ som har avtatt betraktelig de siste årene. Ozoneksponering varierer årlig uten noen tydelig trend, men påvirkes i stor grad av meteorologiske forhold. Det var ingen overskridelser av grenseverdien for ozoneksponering av vegetasjon i 2004. Tilstanden i skogøkosystemet må karakteriseres å være relativt stabil for de variablene vi måler, selv om vi registrerer betydelige årlige variasjoner. De registrerte endringene i luften i Norge samsvarer med utslippsendringer det rapporteres om i Europa. I Norge har vi observert noen av de høyeste konsentrasjoner og mengder av langtransporterte luftforurensninger (svovel, nitrogen, ozon), og laveste pH i nedbør i de sørvestligste delene av landet. Det må imidlertid bemerkes at de høyeste verdier av svovelskonsentrasjonene i luft i Norge er målt i Sør-Varanger i Øst-Finnmark, og disse skyldes utslipp fra russisk smelteverksindustri i nærheten (Andreassen et al. 2004a). Mange steder i Europa er det dokumentert skog-

skader som skyldes luftforurensninger, og i noen områder med økt industri har atmosfæriske luftforurensninger økt de siste årene (UNECE/EC 2003a & b). Dokumenterte skogskader som skyldes langtransporterte luftforurensninger i gassform har vi ikke kunnet entydig påvise i Norge, trolig fordi at vi ligger i ytterkanten av skadegradienten. Det er heller ikke påvist skadelige effekter på trær etter økt jordforsuring grunnet nedfall fra luftforurensningen. Siden konsentrasjonene av mulige toksiske Al-forbindelser er lave, særlig i humussjiktet hvor det er mest finrøtter, vil risikoen for aluminiumsforgiftning av skog i Norge også være lav (Eldhuset 1988, De Wit 2000).

Gjennomsnittelig kronetetthet for gran forandret seg lite fra 2003 til 2004 på de intensive flatene, mens andelen grønne grantrær minket noe. På skogoppsynets flater økte kronetetthet for gran og furu i landsgjennomsnitt. I dette datasettet må likevel de geografiske forskjellene med redusert kronetetthet for andre året på rad for gran på Østlandet bemerkes (Timmermann 2004). Det må legges til at denne tilbakegangen på Østlandet kan skyldes meteorologiske forhold eller biotiske skadegjørere som f.eks. granrust og trenger ikke vise noen trend som vi observert på 1980-tallet. En av årsakene til den dårlige vitaliteten som ble observert på 80- og 90-tallet kan ha vært tørkestress da forskning peker på at tilveksten ble tydelig redusert etter perioder med tørke på Sør-Østlandet (Solberg et al. 2003, Andreassen et al. 2004b). Langtransporterte forurensninger kan også virke inn og forstyrre bildet der nitrogendeposisjon virker positivt mens sulfatdeposisjon virker negativt på trærne.

Mengden av grasarten smyle viste en svak økning fra 1999 til 2004 på Østlandet, mens på Kårvatn i Møre og Romsdal, med lite nitrogennedfall, var det en tilbakegang.

Smyle samvarierer ofte med nitrogennedfall, og er derfor en viktig indikatorart.

Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al 2004). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon ved kunstig vanning med høye sulfat-konsentrasjoner (Abrahamsen et al 1994), mens tilvekstreduksjon grunnet sulfatdepesisjon kunne ikke påvises i skog i Norge (Solberg et al 2004). Virkningen av Nitrogen- og Sulfatdepesisjon på trærers tilvekst motvirker hverandre, slik at en negativ effekt av sulfatdepesisjon på tilvekst ikke kan utelukkes.

Litteratur

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O., Tveite, B. 1994. Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. *Ecological Studies* 104. Springer-Verlag. New York.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V., Aas, W. 2004a. Intensiv skogovervåking i 2003. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2003. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Aktuelt fra skogforskningen 6/2004: 1–23.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. and Lystad, S.L. 2004b: Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management*, submitted, 14 pp.
- Clarke, N., Danielsson, L.-G. & Sparén, A. 1992. The Determination of Quickly Reacting Aluminium in Natural Waters by Kinetic Discrimination in a Flow System, *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 48: 77–100.
- De Wit, H.A. 2000. Solubility controls and phyto-toxicity of aluminium in a mature Norway spruce forest. Doctoral Thesis 2000: 14. Agricultural University of Norway, Aas, Norway.
- EC (European Commission) 1996. European programme for the intensive monitoring of forest ecosystems. Protection of forests against atmospheric pollution. Regulation (EC) 3528/86 and its amendments. 40 pp. + annexes.
- ECE (1996) Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. Geneva, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
- Eldhuset, T.D. 1988. Virkninger av aluminium på høyere planter ved lav pH: En litteraturoversikt. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 40(8): 1–19.
- EMEP (2004) Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status Report 1/2004.
- EU (2002) Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 in relation to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L 067, 09/03/2002, 14–30.
- Horntvedt, R., Aamlid, D., Rørå, A. & Joranger, E. 1992. Monitoring programme for forest damage. An overview of the Norwegian programme. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 6: 1–17.
- Hylen, G., Larsson, J. Y. 2005. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989–2004. National monitoring of forest vitality in Norway 1989–2004. *NIJOS rapport* 1/05: 1–66.
- Jentschke, G., Drexhage, M., Fritz, H.-W., Fritz, E., Schella, B., Lee, D.-H., Gruber, F., Heimann, J., Kuhr, M., Schmidt, J., Schmidt, S., Zimmermann, R. & Godbold, D.L. 2001. Does soil acidity reduce subsoil rooting in Norway spruce (*Picea abies*)? *Plant Soil* 237: 91–108.
- Kinraide, T.B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species. *Plant Soil* 134: 167–178.
- Løkke, H., Bak, J., Falkengren-Grerup, U., Finlay, R.D., Ilvesniemi, H., Nygaard, P.H. & Starr, M. 1996. Critical loads of acidic deposition for forest soils: Is the current approach adequate? *Ambio* 25: 510–516.
- Lorenz, M. 1995. International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests – ICP forests. *Water Air and Soil Pollution* 85(3): 1221–1226.
- Nellemann, C., Thomsen, M.G. (2001) Long-term changes in forest growth: Potential effects of nitrogen deposition and acidification. *Water Air Soil Pollution* 128: 197–205.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.E., Olsen, M., Skretting, E. & Sørlie, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82–7169–917–2. 23 pp.
- OPS 1989 Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 1988. Norsk Institutt for Skogforskning. Ås, Norway. 52 pp.
- SAS Institute 1999. SAS/STAT Guide for personal computers. Version 8 Edition. Cary, NC: Sas Institute Inc., 1028 pp.
- Schütt, P. & Cowling, E.B. 1985. Waldsterben, a general decline of forests in Central Europe: Symptoms, development and possible causes. *Plant Disease* 69: 548–558.
- Solberg, S., Andreassen, K., Lystad, S. L. 2003. Norway spruce growth after the June 1992 drought. Submitted manuscript, 13 pp.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Tørseth, K., Tveito, O.E., Strand, G.H. & Tomter, S. 2004. The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 192: 241–249
- Solberg, S., Breivik, K., Clarke, N., Groeggen, T., Røsberg, I., Tørseth, K., Aamlid, D., Aas, W. 1999. Intensiv skogovervåkingsflater. Resultater fra 1998. Aktuelt fra skogforskningen 5/99: 1–24.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Tørseth, K., Aamlid, D., Aas, W. 2000. Intensiv skogovervåkingsflater. Resultater fra 1999. Aktuelt fra skogforskningen 5/2000: 1–23.
- Timmermann, V. 2004. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2004. Forest Officers' Monitoring Plots. Vitality survey 2004. Rapport fra skogforskningen 13/04: 1–22.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2004. Forest Condition in Europe. – 2004 Technical Report, Geneva. 96 pp. + annexes.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 1998. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part II: Visual assessment of crown condition. 4th edition, updated 2004. 15 pp. + annexes.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe -European Commission) 2003a. Forest Condition in Europe. – 2003 Technical Report, Geneva, Brussels. ISSN 1020–3729. 116 pp. + annekser.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe -European Commission) 2003b. The Condition of Forests in Europe. – 2003 Executive Report, Geneva, Brussels. ISSN 1020–587X. 39 pp. + annekser
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. *Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen.* 22: 539–574.
- Wickstrøm, T., Clarke, N., Derome, K., Derome, J. & Røgeberg, E. 2000. Comparison study of five analytical methods for the fractionation and subsequent determination of aluminium in natural water samples. *J. Environ. Monit.* 2: 171–181.

Aktuelt fra skogforskningen

Utkommet i 2005

- 1-05 *Vegard Gundersen og Kari Bentdal: Arealplaner for friluftsliv i skog*
- 2-05 *Tron Eid og Kåre Hobbelstad: Langsiktige investerings-, avvirknings- og inntektsanalyser for skog med Avvirk-2000*
- 3-05 *Bernt-Håvard Øyen: Foryngelse av gran og furu i den midtnorske barskogregionen – en litteraturoversikt*
- 4-05 *Christian E. Mong: Foryngelse hos lind *Tilia cordata* i Sør-Norge*
- 5-05 *Severin Woxholt: Kontaktkonferanse for skogbruk og skogforskning i Trøndelag*
- 6-05 *Åse Myklestad: Foryngelse av barlind på Vestlandet*
- 7-05 *Hans Nyeggen, Vegard Sverre Gundersen og Bernt-Håvard Øyen: Kombinerte skogs- og turveger i bynære områder*