

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 5/08

**INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2007.
RESULTATER FRA ICP FORESTS
LEVEL 2 FLATER I NORGE**

Intensive forest monitoring in 2007.
Results from ICP Forests Level 2 plots in
Norway

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke,
Volkmar Timmermann og Wenche Aas

Forskning fra Skog og landskap

«Forskning fra Skog og landskap» er en serie for publisering av originale vitenskapelige resultater innenfor Skog og landskaps faglige områder. Serien er åpen for relevante manuskripter, også fra forfattere som ikke er ansatt ved Norsk institutt for skog og landskap

Utgiver:

Norsk institutt for skog og landskap

Redaktør:

Bjørn Langerud

Dato:

Mai 2008

Trykk:

07 Gruppen AS

Opplag:

900

Bestilling:

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

www.skogoglandskap.no

ISBN 978-82-311-0056-0

ISSN 1890-1662

Omslagsfoto:

Klatring til tretoppen ca 20 meter over bakken for å ta ned prøvegrener fra 7. og 15. greinkrans for kjemisk analyse av barnåler. Prøvene hentes fra fem utvalgte trær rett utenfor flata for ikke å påvirke trærne på flata. Fra Birkenes 6. september 2007.
Foto V. Timmermann.

Forskning fra Skog og landskap - 5/08

**INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2007. RESULTATER
FRA ICP FORESTS LEVEL 2 FLATER I NORGE**

Intensive forest monitoring in 2007. Results from ICP
Forests Level 2 plots in Norway

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Volkmar Timmermann og Wenche Aas

INNHOOLD

Sammendrag	3
Summary	4
Innledning	5
Oversikt over flatene og måleprogrammet	5
Forurensninger i luft	6
Nedbør og kronedrypp	9
Jordvann	11
Trærnes kronetilstand	14
Nålekjemi	16
Diskusjon	19
Litteratur	21

SAMMENDRAG

Andreassen, K. *, Clarke, N. *, Timmermann, V. *, Aas, W. # Intensiv skogovervåking i 2007. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2007. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. Forskning fra Skog og landskap 5/2008. 22 s.*

* Norsk institutt for skog og landskap

Norsk institutt for luftforskning, NILU

I Norge inngår åtte intensivt overvåkede flater i det nasjonale «Overvåkingsprogram for skogskader» for å følge utviklingen av skogøkosystemet. Disse flatene er også en del av det europeiske nettverket av intensive skogovervåkingsflater i 37 land med til sammen 800 flater (ICP Forests). 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 2007 presenteres i denne rapporten.

Fortsatt finner vi de høyeste avsetningene av syre, svovel- og uorganiske nitrogenforbindelser i frittfallende nedbør og i kronedrypp lengst sør i landet, unntatt hydrogeniondeposisjon i kronedrypp. 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 uorganiske nitrogenforbindelser i nedbør har ikke endret seg like tydelig, men også her er det en nedgang de siste ti åra, særlig av NO₂.

Mens det i 2006 var betydelige overskridelser av grenseverdier for ozoneksponering av vegetasjonen, ble det ikke observert overskridelser i 2007. Ozonkonsentrasjonene påvirkes mye av meteorologiske forhold, særlig av høytrykksepisoder, men også av varierende transport av forurensede luftmasser sydfra mot Skandinavia. Vi har ikke påvist klare trender for ozoneksponeringen i Norge.

Kronetettheten for gran endret seg lite totalt sett på de intensive overvåkingsflatene. På flata i Lardal var det en økning, mens Voss i vest og Tustervatn i nord hadde en nedgang i kronetetthet. Kronetetthet for furu økte på begge furuflatene. Kronefargen hos gran og furu forbedret seg i 2007 på de fleste intensive overvåkingsflatene unntatt i Hurdal, som også hadde mest misfarging. Nesten alle de undersøkte gran- og furutrærne hadde normal grønn farge i 2007.

Kjemisk analyse av barnåler viser mindre endringer i konsentrasjoner av makronæringsstoffene i årets nåler fra 2005 til 2007. Med unntak av fosfor på flaten i Hurdal, lå innholdet av kalsium, magnesium, fosfor, svovel og kalium i området innenfor normal til optimal næringskonsentrasjon. Konsentrasjonen av nitrogen i barnålene økte på alle flager unntatt Nedstrand, men var fortsatt ved eller under mangelgrensa på de fleste flatene. Konsentrasjonen av svovel i barnåler var innenfor normal næringskonsentrasjon på alle flatene, men hadde høyest konsentrasjon lengst sør i landet på arealer som er mest utsatt for langtransporterte forurensninger.

Vi har ikke klare beviser på at skogen er direkte eller indirekte skadet av langtransporterte luftforurensninger i Norge. Her i landet er luftforurensninger og aluminiumsforbindelser i jordvann observert med normalt lavere konsentrasjoner enn grenseverdier for skadelige effekter, selv om høyere aluminiumkonsentrasjoner kan forekomme som et resultat av sjøsalttilførsel etter stormer. Sulfatkonsentrasjoner i jordvann er betydelig påvirket av langtransportert tilførsel av svovelforbindelser, men foreløpig tyder det ikke på at skogen er blitt merkbart skadet. Nitrogendeponisjon har trolig ført til økt tilvekst i skog i Norge mens redusert tilvekst grunnet deponisjon av sulfat har vært vanskelig å påvise her i landet. Det er 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, kronetilstand,.

SUMMARY

Andreassen, K. *, Clarke, N. *, Timmermann, V. *, Aas, W. # Intensive forest monitoring in 2007. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Forskning fra Skog og landskap 5/2008. 22 s.*

* Norwegian Forest and Landscape Institute

Norwegian Institute for Air Research

In Norway, eight intensive monitoring plots cover the Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage in order to observe the development of the forest ecosystems. These plots are part of the European intensive forest monitoring network (ICP Forests) including 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 2007 are presented in this report.

The highest deposition of strong acids, sulphate and inorganic nitrogen was still observed in southern Norway, with the exception of hydrogen ion deposition in throughfall. 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 inorganic nitrogen compounds in precipitation has not changed significantly, but there has been a small reduction over the last ten years.

In 2007, no exceedance of threshold values for ozone exposure was observed. This is in contrast to 2006 where several ozone exceedances were observed. Ozone exposure probably depends mostly on meteorological effects, and no trends have been proven.

Minor changes in mean crown density were observed for Norway spruce at the intensive monitoring plots. Crown density for Scots pine increased at both pine plots. Crown colour for Norway spruce and Scots pine improved in 2007, except at the plot in Hurdal.

Chemical analyses of conifer needles indicated some minor changes in concentrations of macronutrients from 2005 to 2007. Except for phosphorus observations at the Hurdal plot, the contents of calcium, magnesium, potassium, phosphorus and sulphur were within normal to optimal concentrations of nutrients. The concentration of nitrogen in conifer needles was increasing at all plots except Nedstrand, and was still close to or below deficiency level at all plots. The concentrations of sulphur in conifer needles were higher than the deficiency level at all plots, but the highest concentrations were observed in the southernmost part of the country at areas most exposed to long-range transboundary pollutants.

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, although higher concentrations of aluminium can occur due to the effects of marine sea salts after storms. The effects of nitrogen and sulphate deposition on forest growth counteract each other. Sulphate concentrations in soil water have clearly been influenced by deposition of long-range transboundary sulphur-containing compounds, but there is no indication of forest damage as a result. Nitrogen deposition has probably led to increased forest growth in Norway, while reduced growth due to sulphate deposition is difficult to indicate in Norway. 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.

Key words: Forest damage, monitoring, air pollution, precipitation, soil water, crown condition.

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 et 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 trærnes tilstand, 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).

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 et al. 2007, Lorenz 1995, EC 1996). I 2007 deltok 37 land i dette arbeidet, og i Europa er det ca 800 intensivt overvåkede flater (UNECE/EC 2006). Ved siden av de intensive overvåkingsflatene har deltakerlandene et nett av systematisk utlagte flater for representative registreringer av trærnes helsetilstand (Level I-flater) (Hysten og Larsson 2008). 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).

Formålet med denne rapporten er å presentere resultater fra registreringene som ble gjort på de intensive flatene i 2007 og oppsummere utviklingen over flere år.



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

Figure 1. Intensive forest monitoring plots in Norway (Level II).

OVERSIKT OVER FLATENE OG MÅLEPROGRAMMET

I Sør-Norge er det seks intensive skogovervåkingsflater, mens én ligger på Nordvestlandet ved Kårvatn og én i Nord-Norge ved Tustervatn, til sammen åtte flater (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 dekar, 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 siden oppstarten. 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 Skog og landskaps 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.

Table 1. Characteristics of the plots, ordered from south to north.

Flate Plot	Treslag Tree species	Bonitet Site index (H40)	Alder Age 2005	Etablering Establishm.	Vegetasjonstype Vegetation type	Kvartærgeologi Quaternary geology	
BI	Birkenes	gran	12,9	119	naturlig	Bærlingskog	morene
NE	Nedstrand	gran	17,5	71	plantet	Blåbærskog	morene
PR	Prestebakke *	gran	20,1	101	plantet	Blåbærskog	havavsetning
LD	Lardal	gran	13,2	131	naturlig	Blåbærskog	bunnmorene
HU	Hurdal	gran	17,0	77	naturlig	Blåbærskog	morene
VO	Voss	gran	9,6	153	naturlig	Blåbærskog	morene
OS	Osen	gran+furu	12,4	151	naturlig	Bærlingskog	morene
KF	Kårvatn-furu	furu	8,1	134	naturlig	Røsslyng-skinstryteskog	morene
TU	Tustervatn	gran	5,6	156	naturlig	Småbregneskog	morene

* Prestebakke har kun ozonmålinger. *Prestebakke has only ozone measurements.*

FORURENSNINGER I LUFT

I 2007 ble svovel og nitrogenforbindelser i luft målt på 6 stasjoner på fastlands-Norge, hvorav fem er tilknyttet OPS flater. Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble i tillegg også bestemt (). Prøver ble tatt døgnetlig eller ukentlig (Søgne). Med sesongmessige variasjoner ved

måling av luftkvalitet er det vanskelig å beregne variansen. Deteksjonsgrener og variasjoner i mållinene er mer omtalt i hovedrapporten om overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør (Aas et al. 2008)

Tabell 2. Årsmiddelkonsentrasjoner av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner, 2007.

Table 2. Annual average concentrations of components in air at Norwegian monitoring stations, 2007.

Flate / Plot	Årsmiddelkonsentrasjoner									
	SO ₂ µg-S/m ³	NO ₂ µg-N/m ³	SO ₄ ²⁻ µg-S/m ³	sum NO ₃ µg-N/m ³	sum NH ₄ µg-N/m ³	Ca ²⁺ µg/m ³	K ⁺ µg/m ³	Mg ²⁺ µg/m ³	Na ⁺ µg/m ³	Cl ⁻ µg/m ³
Birkenes	0,06	0,32	0,28	0,17	0,43	0,06	0,04	0,05	0,35	0,37
Søgne	0,21		0,37	0,23	0,61	0,06	0,06	0,09	0,78	1,00
Hurdal	0,06	0,78	0,22	0,17	0,45	0,04	0,04	0,02	0,13	0,07
Kårvatn	0,03	0,17	0,13	0,06	0,76	0,04	0,02	0,03	0,17	0,20
Tustervatn	0,06	0,11	0,14	0,09	0,94	0,05	0,03	0,04	0,29	0,42
Karasjok*	0,19	0,14	0,19	0,08	0,11*	0,05	0,02	0,04	0,22	0,27

* Kun NH₄-konsentrasjonen som er inkludert for sum NH₄ / *Only the NH₄ concentration is included in sum NH₄.*

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, der Søgne og Karasjok hadde hhv. 0,21 og 0,19 µg S/m³. Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS programmet, men er representativ for regionen. Sulfat-konsentrasjonen er høyest i Sør-Norge, og månedsmiddelet av SO₂ og SO₄²⁻ var noe høyere i vinter og vårmånedene. De høyeste døgnetligverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av NO₂ observeres på stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med 0,23 µg-N/m³. «Sum ammonium» var

høyest på Tustervatn, men denne stasjonen er noe påvirket av lokal landbruksaktivitet. Årstidsvariasjonen av «sum nitrat» (HNO₃+NO₃⁻) var liten de fleste steder, men de høyeste månedsmidlene observeres i februar-april. «Sum ammonium» (NH₃+NH₄⁺) viste høyeste nivå i vår- og sommermånedene.

Totalavsetningen av nitrogen og svovel er summen av det som avsettes i form av nedbør (våttavsetning) og det som avsettes av gasser og partikler (tørravsetning). Tørravsetningen av svovel- og nitrogen-

komponenter er markert større om sommeren enn om vinteren i alle landsdelene unntatt i Finnmark p.g.a høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 12–29 % om sommeren og 5–11 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. På Karasjok er det hhv. 31 % tørravsetning om sommeren og 40 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovel-forbindelser, især om sommeren.

De endringene som er observert i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer godt med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP Status Report 1/2007). Siden 1980 er den gjennomsnittlige observerte reduksjonen av SO₂ konsentrasjonen i Norge mellom 82 % og 99 % og for sulfatpartikler mellom 71 % og 78 %. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogenforbindelsene i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, med unntak av en relativt tydelig nedgang for NO₂ etter 1990 (Figur 2).

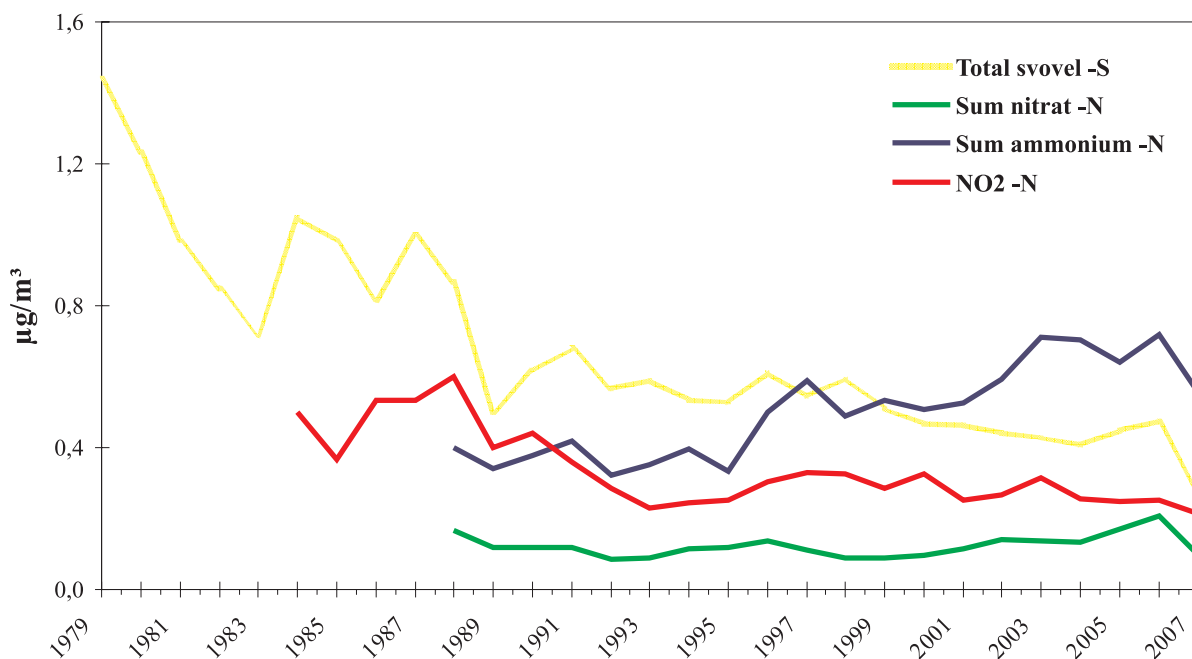
Ozonkonsentrasjonen er målt med UV monitor på åtte OPS flater inklusive Prestebakke som ikke lenger har skogobservasjoner. Det benyttes flere ulike kriterier for å vurdere mulige effekter av ozon på skog og vegetasjon. Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996). Tålegrensene tar utgangspunkt i vegetasjonens vekstsesong og grenseverdiene er derfor basert på målinger i denne perioden. 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 µg/m³) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, betegnes AOT40). I EUs ozondirektiv 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.

I 2007 var det ingen overskridelser av grenseverdien for ozoneksponering av vegetasjon på 200 µg/m³. Grenseverdien på 50 µg/m³ som 7-timers middel for kl. 09–16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2007. Middelerdien var størst på Birkenes, 76 µg/m³. Ozonkonsentrasjonene påvirkes i stor grad av

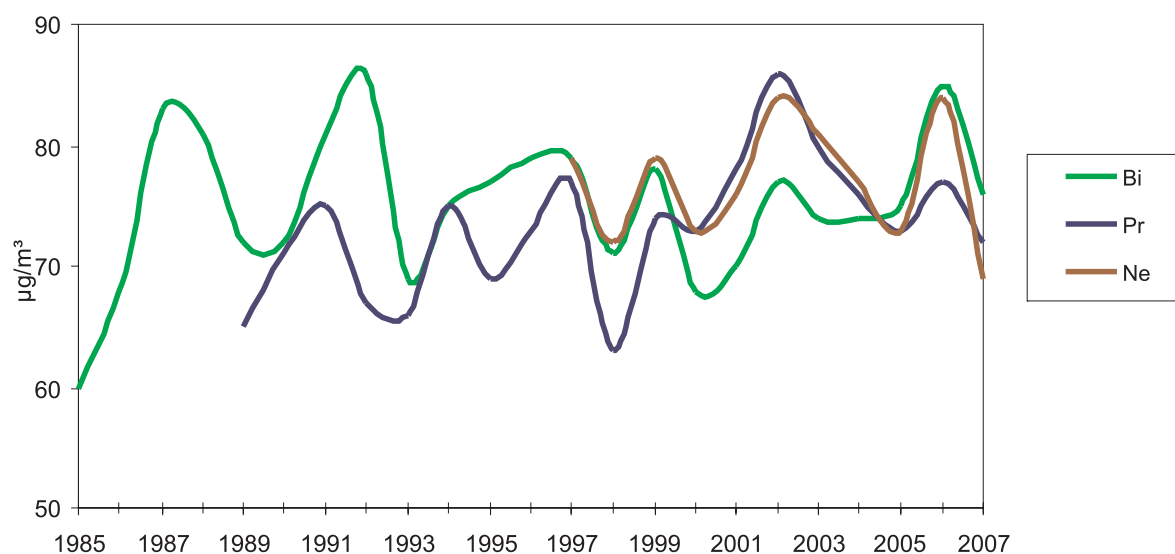
meteorologiske forhold og har variert betydelig fra år til år. Figur 3 viser 7-timers middelerdien på tre stasjoner for perioden 1985–2007. Det fremgår at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Grenseverdien på 8-timers middel over 60 µg/m³ ble overskredet gjennom hele 6-månedersperioden april-september. Sandve ved Nedstrand på Vestlandet hadde flest døgn med overskridelse, 139 døgn. Grenseverdien på 24-timers middel over 65 µg/m³ ble også overskredet på samtlige stasjoner.

For landbruksvekster er grenseverdien på 3000 ppb-timer ikke overskredet på noen av målestasjonene i 2007. Høyest var verdien på Prestebakkes med 2462 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble heller ikke overskredet på noen av stasjonene.

Generelt var forurensningsnivået av uorganiske forbindelser og ozon lavt i 2007 sammenlignet med 2006 og tidligere år.



Figur 2. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), sum nitrat (HNO_3+NO_3), sum ammonium ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) og nitrogendioksid (NO_2) på fire norske bakgrunnstasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).
 Figure 2. Average annual mean concentrations of total airborne sulphur ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), sum of nitrate (HNO_3+NO_3), sum of ammonium ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$), and nitrogen dioxide (NO_2) at four Norwegian background stations (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).



Figur 3. Middelskonsentrasjon av ozon for sju timer (kl 09-16) i vekstsesongen (1. april - 1. okt).
 Figure 3. 7 hr mean concentrations of ozone (09 AM-04 PM) in the growing season (1st Apr. - 1st Oct.)

NEDBØR OG KRONEDRYPP

Nedbør og kronedrypp er samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Nedbør er frittfallende nedbør innsamlet på en åpen flate nær skogen, mens kronedrypp er nedbør

samlet inn i skogen omtrent 50 cm over bakken. De ukentlige prøvene ble slått sammen til en fellesprøve for hver 4 ukers periode. Analysemetodene var som i tidligere år (jmf. Ogner et al. 1999).

Tabell 3. Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (mg/l) i nedbør og kronedrypp i 2007, der mm = nedbørsmengde, Led = lednings-
evne ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Tot-N = total N, DOC = løst organisk karbon, nm = ikke marint.

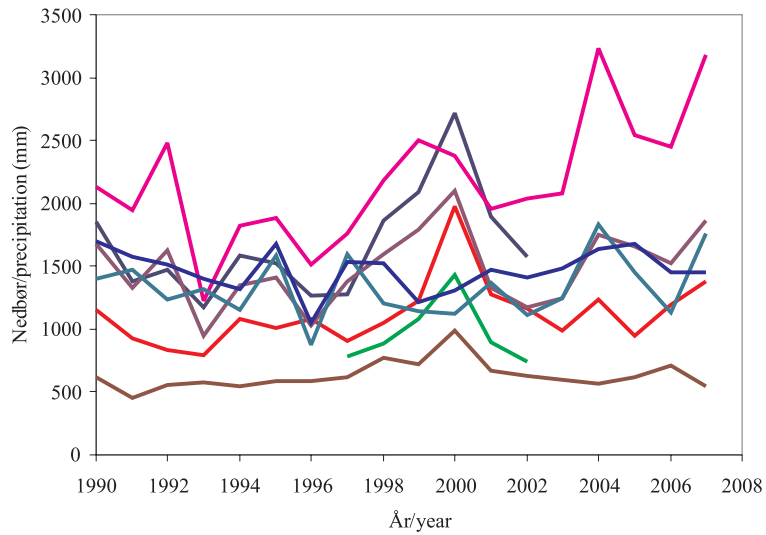
Table 3. Volume-weighted mean concentrations (mg/l) in bulk precipitation and throughfall in 2007, where mm = amount of precipi-
tation, Led = electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Tot-N = total N, DOC = dissolved organic carbon, nm = non-marine.

Felt	mm	Led	pH	Ca	K	Mg	Na	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Tot- N	SO ₄ - S	nmSO ₄ - S	Cl	DOC
<i>Nedbør/ bulk precipitation</i>														
NE	3178	30	5,0	0,19	0,20	0,41	3,88	0,19	0,16	0,42	0,52	0,13	7,2	0,8
LD	1376	11	5,0	0,09	0,15	0,02	0,30	0,19	0,18	0,47	0,25	0,22	0,5	1,2
VO	1868	8	5,2	0,07	0,06	0,04	0,66	0,06	0,06	0,16	0,14	0,05	1,6	0,6
OS	544	8	5,0	0,09	0,14	0,01	0,21	0,09	0,12	0,32	0,17	0,15	0,3	1,8
KF	1762	12	5,4	0,09	0,07	0,10	1,31	0,07	0,03	0,10	0,17	0,04	2,3	0,8
TU	1454	13	5,3	0,13	0,09	0,13	1,55	0,09	0,05	0,20	0,21	0,06	2,7	1,2
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>														
BI	1282	27	5,1	0,30	1,31	0,20	1,60	0,45	0,16	0,88	0,46	0,30	2,9	8,7
NE	2183	84	5,0	0,70	1,65	1,40	11,35	0,20	0,30	0,66	1,34	0,14	22,3	5,0
LD	1178	14	5,1	0,18	1,16	0,06	0,44	0,13	0,11	0,44	0,25	0,21	0,8	7,1
HU	762	17	5,4	0,17	1,00	0,04	0,52	0,41	0,17	0,84	0,27	0,23	0,8	6,3
VO	1653	11	5,3	0,12	0,52	0,07	0,95	0,06	0,04	0,19	0,15	0,06	1,6	3,7
OS	444	13	5,1	0,16	1,16	0,05	0,34	0,09	0,06	0,33	0,14	0,11	0,5	9,4
KF	1498	13	5,4	0,10	0,25	0,10	1,36	0,10	0,03	0,16	0,17	0,04	2,4	1,9
TU	1096	40	5,0	0,39	1,30	0,49	5,00	0,09	0,04	0,25	0,51	0,01	9,2	8,8

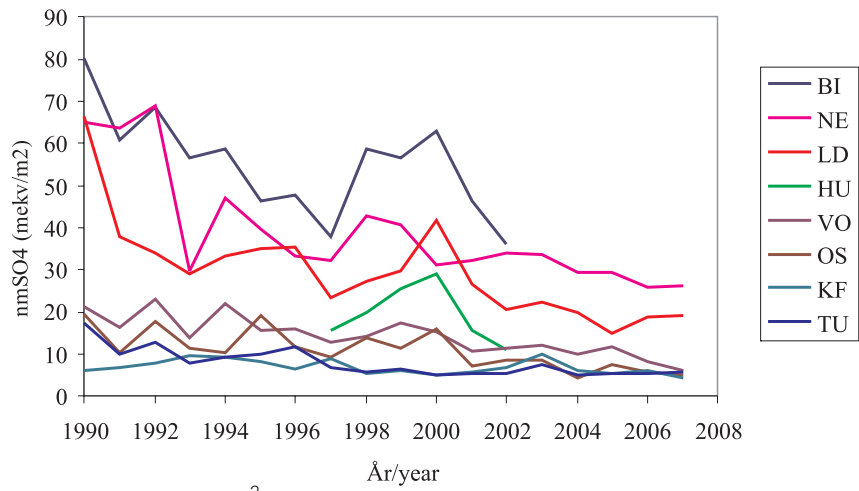
Tabell 4. Deposisjon (mg/m²) i 2007. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon

Table 4. Deposition (mg/m²) in 2007. Tot-N = total N, nm = non-marine, DOC = dissolved organic carbon

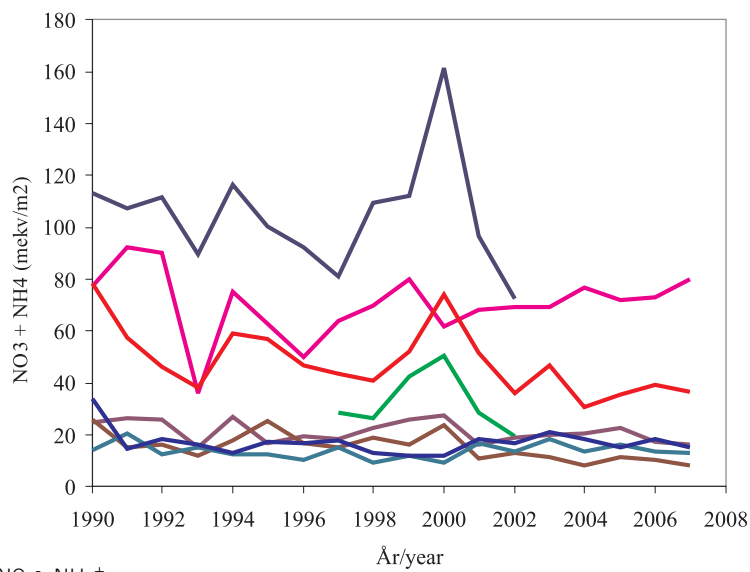
Felt	H	Ca	K	Mg	Na	NH ₄ - N	NO ₃ - N	Tot- N	SO ₄ - S	nmSO ₄ - S	Cl	DOC
<i>Nedbør/ bulk precipitation</i>												
NE	0,032	594	620	1288	12343	618	501	1343	1657	421	22814	2455
LD	0,014	127	212	31	414	266	249	648	343	309	653	1686
VO	0,011	133	119	79	1236	115	114	307	266	101	3062	1209
OS	0,005	46	78	7	115	49	66	173	93	84	149	1004
KF	0,007	162	125	177	2300	120	56	179	295	78	4037	1441
TU	0,008	187	134	193	2254	129	79	290	306	94	3917	1722
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>												
BI	0,011	384	1683	252	2053	576	200	1130	587	390	3685	11106
NE	0,020	1520	3598	3063	24777	446	659	1432	2930	302	48688	10816
LD	0,009	217	1364	75	517	157	131	519	296	249	888	8386
HU	0,003	132	760	33	399	314	128	640	209	175	626	4809
VO	0,009	197	855	112	1563	106	68	307	251	106	2700	6185
OS	0,003	71	513	21	150	38	26	146	61	48	238	4182
KF	0,006	150	376	143	2044	143	49	245	259	64	3647	2916
TU	0,011	429	1422	537	5476	94	40	279	554	11	10041	9640



a. Nedbør/bulk precipitation



b. Ikke-marint/non-marine SO_4^{2-}



c. $NO_3^- + NH_4^+$

Figur 4. Langtidstrender i nedbørsmængde, ikke-marint SO_4^{2-} og $(NO_3^- + NH_4^+)$ i frittfallende nedbør.
 Figure 4. Long-term trends in bulk precipitation amount, in non-marine SO_4^{2-} and $(NO_3^- + NH_4^+)$ in bulk precipitation.

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. Med bare en prøve pr måned og betydelige sesongmessige variasjoner av elementkonsentrasjoner i nedbør og kronedrypp, er det vanskelig å beregne varians og usikkerhet ved målingene. I tillegg er det også stor forskjell i konsentrasjon i prøvene grunnet variasjon i nedbørmengde. Sulfat fra menneskeskapte utslipp er beregnet ut fra sjøsaltkorrigerede konsentrasjoner av ikke marint sulfat-S («*non marine*», $nmSO_4-S$) etter formelen: $nmSO_4-S = SO_4-S - (0,054 * Cl)$. Deposisjon er beregnet som årlig mengde per kvadratmeter, dvs. konsentrasjon ganget med vannmengde (Tabell 4). Deposisjon består hovedsakelig av våtavsetning fra nedbør, men inneholder også tørravsetning fra gasser og partikler. Siden trærnes kroner fanger opp en del av denne tørravsetningen, bidrar dette 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.

Som i tidligere år var pH i frittfallende nedbør generelt lavere på flatene sør i landet, men denne geografiske gradienten ble ikke observert for kronedrypp. Både konsentrasjoner og deposisjon av NO_3 , NH_4 og antropogent SO_4 i frittfallende nedbør og kronedrypp var høyest sør i landet.

Langtidstrender i deposisjon av ikke-marint SO_4^{2-} og ($NO_3^- + NH_4^+$) i frittfallende nedbør er vist for alle feltene i perioden 1990 til 2007 (Figur 4). Årlige fluktuasjoner i deposisjon beror i stor grad på vari-

asjoner i nedbørmengde (Fig. 4a), men det finns også langtidstrender. Deposisjon av antropogent sulfat fortsetter å vise en generell svak nedgang (Fig. 4b). Deposisjon av uorganiske nitrogenforbindelser virker også vise en svak nedgang, unntatt på Nedstrand (Fig. 4c).

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). På de fleste overvåkingsfeltene er det montert sylindrerformede tensjonslysimitre (lysimitre med sug), 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. Platelysimetrene suger vann bare fra området over lysimeteret. Metoden og lysimeteranlegget er nærmere beskrevet av Kvaalen et al. (2002). I 2007 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 som i tidligere år 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. Sjøsaltkorrigerede konsentrasjoner av ikke marint sulfat-S («*non marine*», $nmSO_4-S$) er beregnet ut fra formelen: $nmSO_4-S = SO_4-S - (0,054 * Cl)$.

Tabell 5. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2007, der Led = ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, * = platelysimeter, M = manglende verdi.

Table 5. Volume-weighted mean concentrations (mg/l) in soil solutions in 2007, where Led = electrical conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Tot = total, Lab = labile, nm = non-marine, DOC = dissolved organic carbon, * = plate lysimeters, M = missing value.

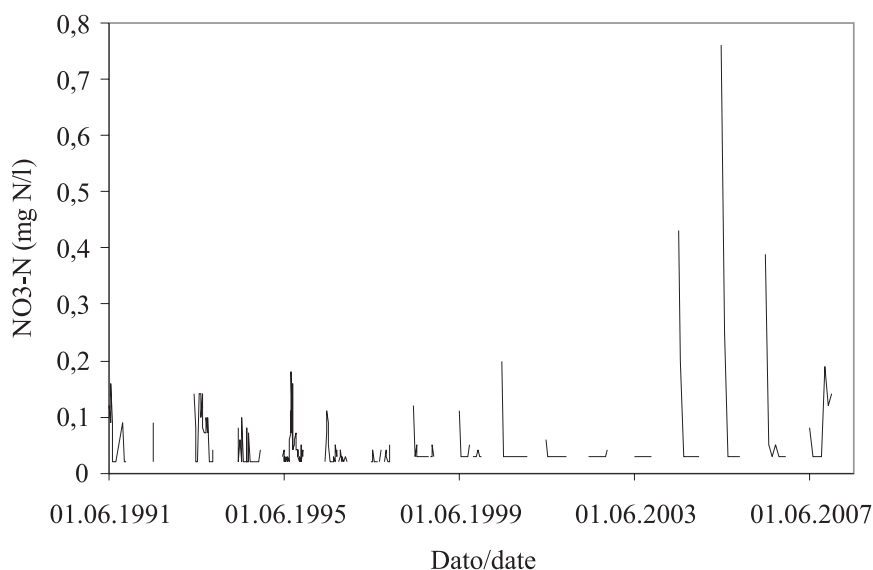
Felt	Sjikt	Led	pH	Tot-Al	Lab-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot-N	SO ₄ -S	nmSO ₄ -S	Cl	DOC
BI	15*	28	4,4	0,91	0,34	0,18	0,15	0,04	0,10	0,001	2,13	0,05	0,03	0,34	0,53	0,43	1,7	20,8
BI	40	31	4,6	0,60	0,49	0,28	0,03	0,05	0,22	0,003	2,95	0,03	0,03	0,13	1,26	1,02	4,4	4,5
NE	5	67	4,4	1,07	0,33	1,01	0,21	0,43	0,64	0,006	7,57	0,15	0,03	0,43	0,84	0,05	14,6	16,1
NE	15	116	4,2	0,94	0,53	0,60	0,14	0,95	1,18	0,046	11,80	0,12	0,03	0,42	1,40	0,23	21,8	16,7
NE	40	87	4,7	0,65	0,63	0,18	0,01	0,64	1,14	0,104	11,60	0,05	0,03	0,10	1,71	0,54	21,8	1,3
LD	5	16	5,0	0,52	0,21	0,26	0,43	0,25	0,16	0,017	1,61	0,24	0,03	0,51	0,58	0,50	1,5	8,5
LD	15	16	6,0	0,07	0,03	0,52	0,09	0,14	0,28	0,020	1,58	0,17	0,09	0,38	0,78	0,71	1,3	3,4
LD	40	17	6,4	0,03	0,01	0,96	0,09	0,04	0,27	0,005	1,61	0,07	0,06	0,17	0,97	0,91	1,3	2,0
HU	5	29	4,3	0,59	0,18	0,19	0,11	0,18	0,05	0,023	1,23	0,08	0,03	0,35	0,41	0,38	0,7	24,3
HU	15	17	4,8	0,53	0,42	0,11	0,06	0,06	0,05	0,010	1,42	0,06	0,03	0,14	0,82	0,75	1,3	4,9
HU	40	12	5,2	0,09	0,08	0,13	0,00	0,10	0,04	0,023	1,16	0,05	0,03	0,07	0,78	0,73	0,8	0,8
VO	5	16	4,8	0,36	0,19	0,11	0,04	0,01	0,17	0,046	1,54	0,06	0,03	0,15	0,38	0,28	1,8	7,0
VO	15	13	5,1	0,19	0,11	0,15	0,02	0,01	0,17	0,062	1,30	0,06	0,03	0,13	0,35	0,25	1,8	4,2
VO	40	13	5,4	0,21	0,15	0,18	0,02	0,01	0,17	0,072	1,40	0,05	0,03	0,10	0,41	0,30	1,9	3,0
OS	5	24	4,5	0,88	0,38	0,89	0,66	0,89	0,28	0,090	0,78	0,07	0,03	0,46	0,21	0,18	0,7	31,6
OS	15	18	4,7	0,53	0,19	0,68	0,50	0,27	0,37	0,013	0,77	0,07	0,03	0,34	0,17	0,15	0,4	23,6
OS	40	10	5,2	0,34	0,20	0,28	0,06	0,64	0,11	0,016	0,59	0,04	0,03	0,17	0,42	0,40	0,4	7,6
KF	5	M	4,7	0,77	0,00	0,31	0,34	0,17	0,22	0,004	2,50	0,10	0,03	0,39	0,21	0,09	2,3	0,0
KF	15	18	5,4	0,39	0,23	0,14	0,06	0,13	0,22	0,001	2,42	0,06	0,03	0,16	0,23	0,05	3,3	6,4
KF	40	20	5,0	0,78	0,44	0,17	0,16	0,10	0,32	0,000	2,23	0,05	0,03	0,22	0,12	0,00	3,3	12,1
TU	5	15	6,1	0,20	0,04	0,23	0,04	0,35	0,14	0,001	2,16	0,10	0,03	0,22	0,26	0,14	2,2	5,8
TU	15	25	6,3	0,05	0,03	0,30	0,01	0,25	0,27	0,001	3,67	0,04	0,03	0,10	1,06	0,89	3,2	2,3
TU	40	32	6,2	0,01	0,01	0,45	0,00	0,46	0,44	0,002	4,36	0,03	0,03	0,07	0,83	0,48	6,5	0,9

Som i tidligere år, var pH i jordvann generelt lavere på flatene i Sør-Norge. Ikke-marint sulfat var relativt høyt ikke bare på flatene i sør, men også på Tuster-

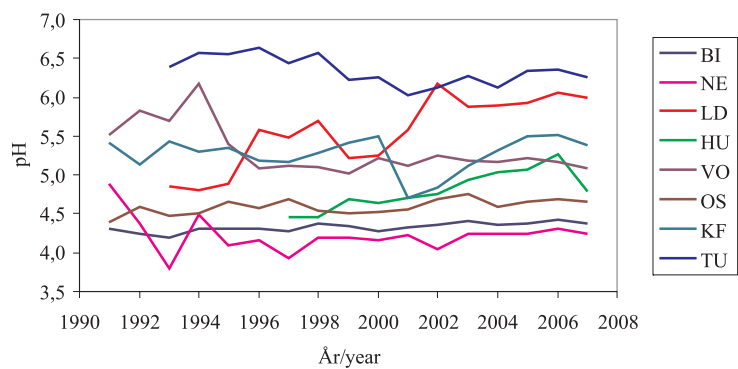
vatn. Årsaken til de høye konsentrasjoner av ikke-marint sulfat på Tustervatn er ukjent.

To prøver hadde total aluminiumkonsentrasjon over 2,70 mg/l, dvs. konsentrasjoner som kan gi redu-

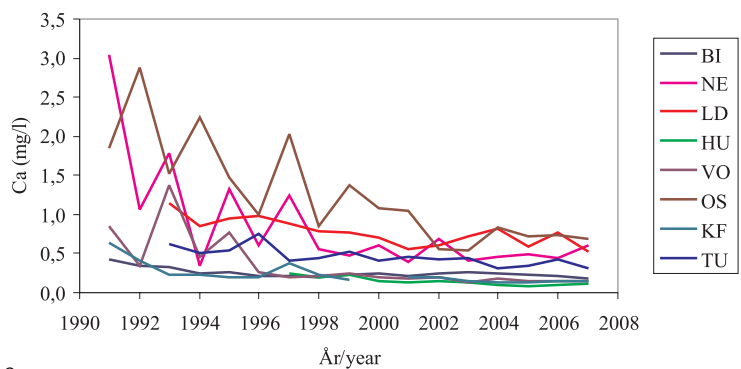
sert rottilvekst hos små granplanter dersom pH ligger i intervallet 4,0–5,0 (Godbold et al. 1995). Disse prøvene var begge fra Nedstrand i januar og februar, mens pH var under 4. Ved denne pH foreligger mesteparten av Al i den fytotoksiske formen Al^{3+} , og skader til røtter kan ikke utelukkes. De høye aluminiumkonsentrasjoner beror sannsynligvis på høy sjøsaltdeposisjon i forbindelse med vinterstormer, og slike sjøsaltepisoder er de viktigste årsakene til



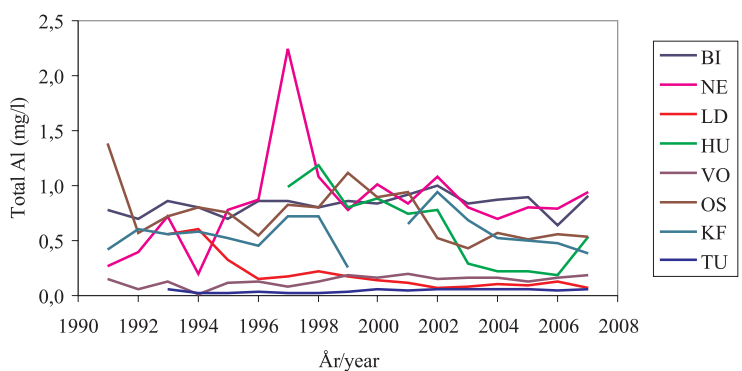
Figur 5. Endringer over tid i nitratkonsentrasjoner ved 40 cm jorddybde på Lardal.
Figure 5. Changes with time in nitrate concentrations at 40 cm soil depth at Lardal.



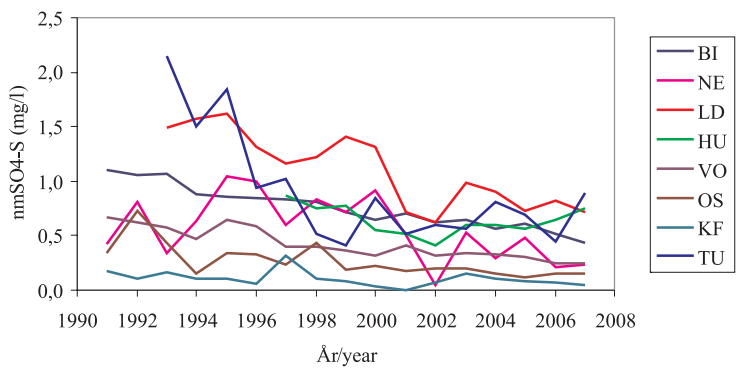
a. pH.



b. Ca.



c. Total Al.



d. Ikke-marint SO₄-S.

Figur 6. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO₄-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.
 Figure 6. Long-term trends in pH, Ca, total Al and non-marine SO₄-S in soil water from 15 cm depth.

høye aluminiumkonsentrasjoner i norske skogøkosystem (Lange et al. 2006).

Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær deteksjonsgrensen på alle flater unntatt Lardal, der gjennomsnittskonsentrasjonen var 0,09 mg N/l ved 15 cm dybde og 0,06 mg N/l ved 40 cm dybde. Etter flere år med unormalt høye nitratkonsentrasjoner på Lardal om våren, virker konsentrasjonen nå å være på vei tilbake til mer normale nivåer (Fig. 5).

Langtidstrender for pH, Ca, total Al og ikke-marint sulfat i 15 cm dybde på alle flater er vist i Fig. 6. Det fremgår at langtidstrenden for pH varierer: Den har økt på Østlandet i Lardal, Hurdal og Osen, minket på Voss og er noenlunde stabil på Nedstrand, Birkenes, Kårvatn og Tustervatn (Fig. 6a). Konsentrasjonene av kalsium, aluminium og antropogent sulfat viser ingen store endringer de siste årene (Fig. 6b-d).

TRÆRNES KRONETILSTAND

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av det enkelte treets tilstand (vitalitet) målt i form av kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde samt en del andre variabler. Metodikken er nærmere beskrevet av Müller-Edzards et al. (1997). 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 poten-

sial på voksestedet og dets sosiale status.. For å bestemme kronefarge, fastslås andelen misfarget bar (og til dels intensiteten av misfarging) 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.. Kronebedømmelse utføres ikke på trær som er undertrykte, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Feltarbeidet i 2007 ble utført mellom 4. og 16. september. Flata i Osen er et barblandingsbestand og har også et større areal med flere trær enn de andre overvåkingsflatene, og presenteres derfor både som en granflate og som en furuflate i resultatoversikten for kronetilstand. Rundt flata i Osen ble det før feltesongen 2007 utført slutthogst på sør- og vestsida inntil en trelengdes avstand fra flata. Dette vil på sikt kunne påvirke kronetilstanden på deler av flata pga uttørring og økt vindpress.

Kronetetthet

Gran:

Det var noen flatevise endringer i kronetetthet for gran fra 2006 til 2007, men betraktes gjennomsnittet for alle flatene var endringen ikke signifikant (Tabell 6 – jmf. Tabell 1 for flatekoder). På flata i Lardal var det en signifikant økning i kronetetthet, mens Voss i vest og Tustervatn i nord hadde en signifikant nedgang i kronetetthet (Tabell 6). Det var flata i Nedstrand som hadde høyest kronetetthet (85 %), sammen med Birkenes (84 %), mens Tustervatn og Voss hadde lavest (hhv. 72 og 74 %), som i tidligere år (Figur 7 og 8). Voss hadde den

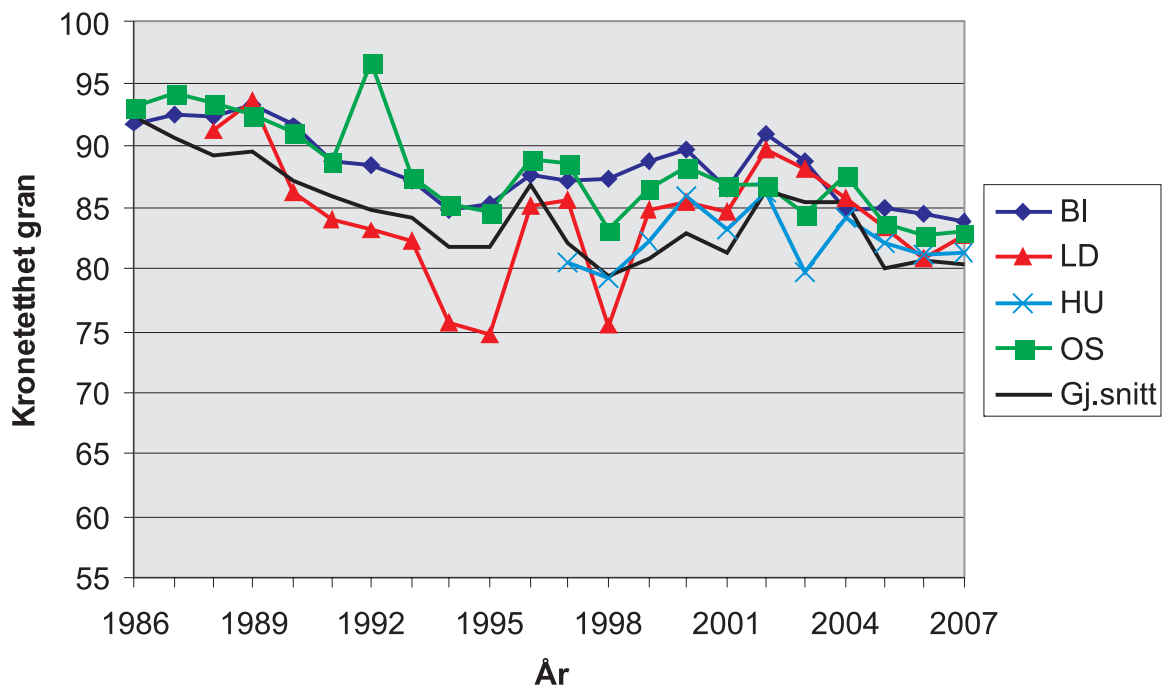
Tabell 6. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2007 og endringer fra 2006 i parentes (*=signifikante endringer). Gjennomsnittstall for granflatene. Antall bedømte trær pr. flate (totalantallet i parentes).

Table 6. Crown density (%) and crown colour (% normal green trees) for main tree species in 2007 and changes from 2006 in parenthesis (*=significant changes). Gj.snitt=Mean of the Norway spruce plots. Bedømt=No. of trees monitored.

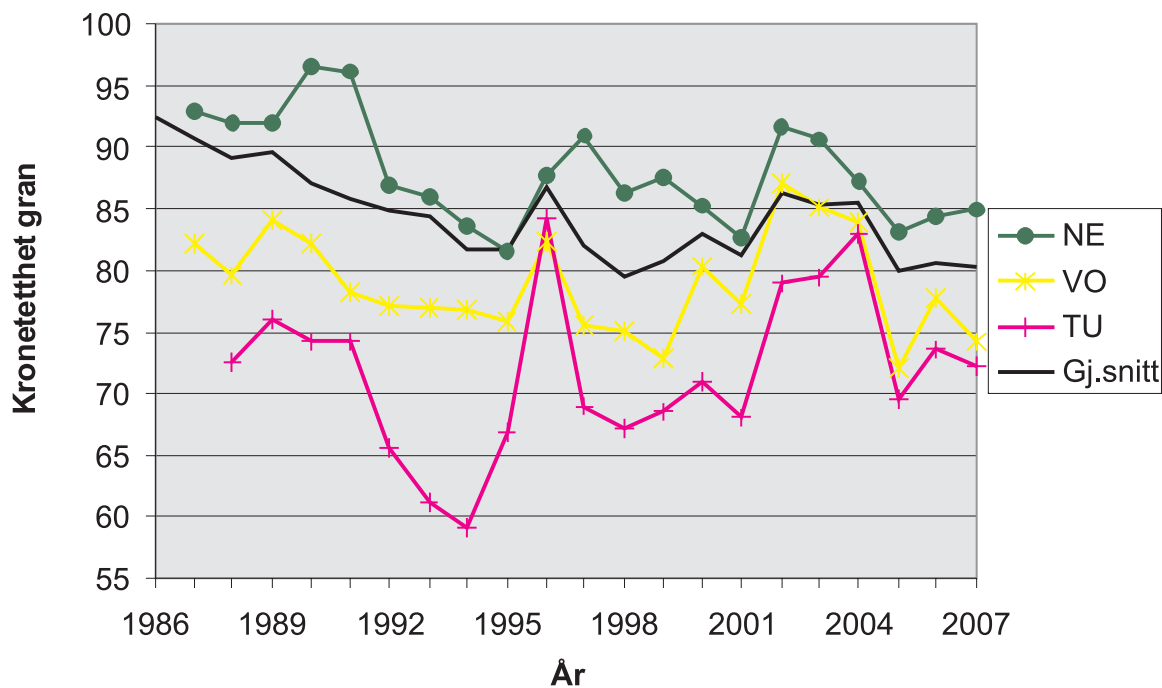
Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge	Trær bedømt (totalt)
BI	Gran	83,9 (-0,6)	100 (4)	51 (170)
HU	Gran	81,2 (0,1)	86 (-8*)	70 (94)
LD	Gran	82,7 (1,8*)	98 (13*)	60 (122)
NE	Gran	85,0 (0,6)	100 (2)	52 (139)
OS	Gran	82,9 (0,3)	100 (8*)	128 (332)
TU	Gran	72,2 (-1,4*)	100 (17*)	68 (141)
VO	Gran	74,2 (-3,6*)	92 (15*)	65 (146)
KF	Furu	83,7 (3,6*)	100 (21*)	68 (127)
OS	Furu	88,2 (3,3*)	99 (13*)	67 (79)
Gj.snitt	Gran	80,3 (-0,4)	97 (7*)	71 (163)
Totalt	Gran+furu			629 (1350)

største nedgangen i kronetetthet med nesten 4 %. Forskjellene mellom flatene økte igjen i 2007, og det var mer enn 10 % som skilte flata med høyest kronetetthet fra den med lavest. Alle flatene hadde kronetetthet lavere enn eller lik 85 %, og gjennomsnittet for alle granflatene lå i 2007 på 80,3 %

(Tabell 6). Dette er lavere enn gjennomsnittet for gran på de regionale overvåkingsflatene i 2007 (83,8 %, Timmermann 2008) og på de landsrepresentative flatene (82,6 %, Hysten & Larsson 2008), og noe lavere enn kronetettheten for gran i ICP Forests' europeiske Level I-nettverk (81,5 % i



Figur 7. Utvikling av kronetetthet (%) på granflatene i Birkenes, Lardal, Hurdal og Osen. Gj.snitt= Gjennomsnitt.
Figure 7. Crown density at the Norway spruce plots Birkenes, Lardal, Hurdal and Osen. Gj.snitt=Mean.

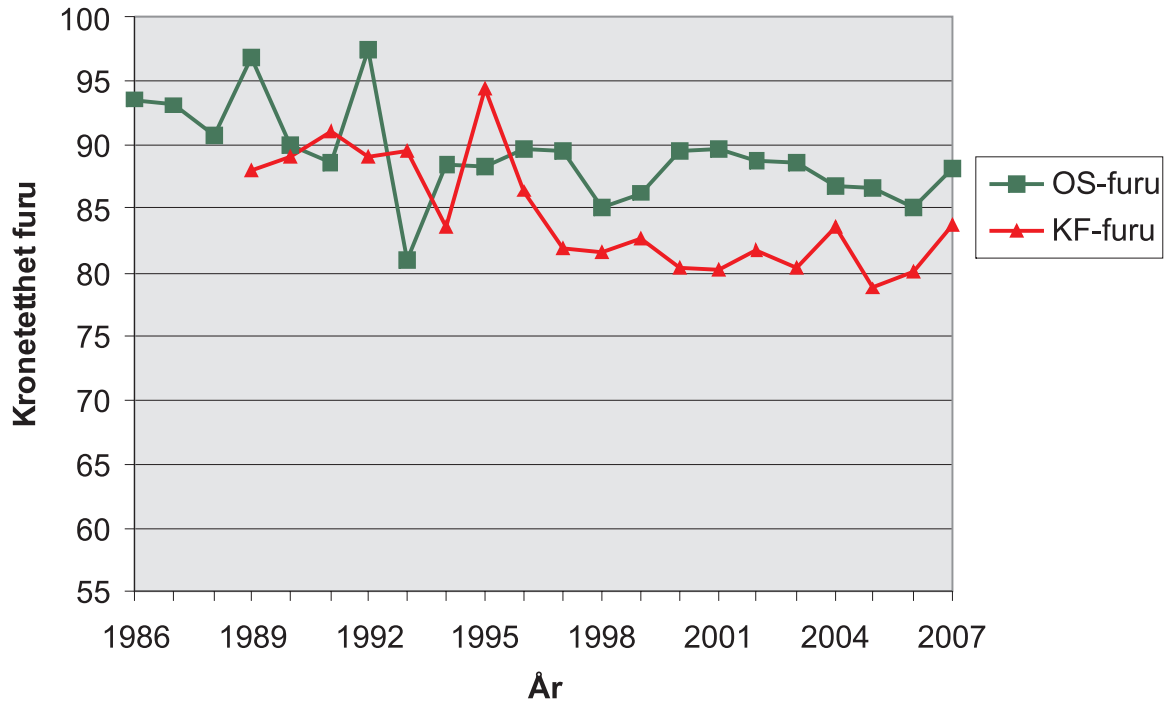


Figur 8. Utvikling av kronetetthet (%) på granflatene i Nedstrand, Voss og Tustervatn. Gj.snitt= Gjennomsnitt.
Figure 8. Crown density at the Norway spruce plots Nedstrand, Voss and Tustervatn. Gj.snitt=Mean.

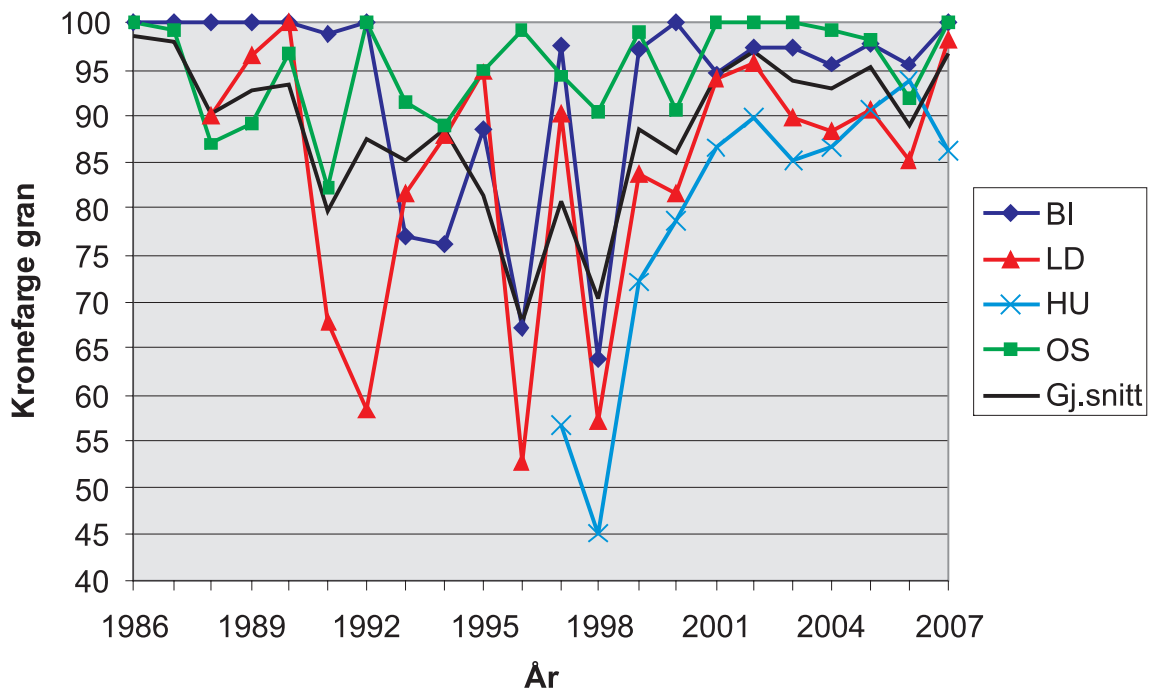
2006, Lorenz et al. 2007; data for 2007 er ikke tilgjengelige før i slutten av 2008).

De sørøstlige flatene (Bikenes, Lardal, Hurdal, Osen) samt flata i Nedstrand har i nesten hele overvåkingsperioden ligget over eller rundt gjen-

nomsnittet (med unntak av Lardal på deler av 1990-tallet), mens Voss og Tustervatn har i hele perioden ligget under gjennomsnittet (Figur 7 og 8).



Figur 9. Utvikling av kronetetthet (%) på furuflatene i Osen og Kårvatn.
Figure 9. Crown density at the Scots pine plots at Osen and Kårvatn.



Figur 10. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Birkenes, Lardal, Hurdal og Osen. Gj.snitt=Gjennomsnitt.
Figure 10. Crown colour at the Norway spruce plots Birkenes, Lardal, Hurdal and Osen. Gj.snitt=Mean

Furu:

Kronetetthet for furu på flatene i Osen og Kårvatn i 2007 økte signifikant med mer enn 3 % på begge flatene sammenlignet med året før. Kronetetthet blant furutrærne på Osen-flata i 2007 var 88,2 %, mens den i Kårvatn var 83,7 % (Tabell 6). Kronetetthet på de to furuflatene har vært relativt stabil de siste ti årene (Figur 9). Blant furutrærne på Osen-flata har den holdt seg mellom 85 og 90 %, og i Kårvatn mellom 80 og 85 %.

Tettheten for furu i Kårvatn var på det laveste i 2005 (78,7 %), mens den blant furutrærne på Osen-flata hadde sitt minimum i 1993 med 81 %.

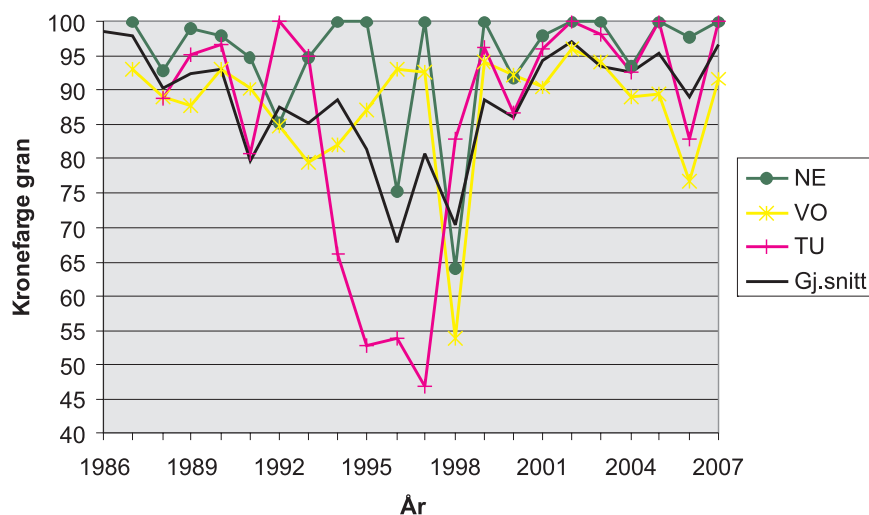
Kronefarge

Gran:

Det var en signifikant økning i andelen normalt grønne grantrær fra 2006 til 2007 på nesten alle flater, med unntak av Hurdal, som hadde en nedgang og som også hadde mest misfarging av alle flater (Tabell 6). Nesten alle grantrærne var normalt grønne i 2007, og gjennomsnittsverdien for alle granflatene (97 %) er sammen med 2002 den høyeste som er registrert siden prosjektstarten. Siden

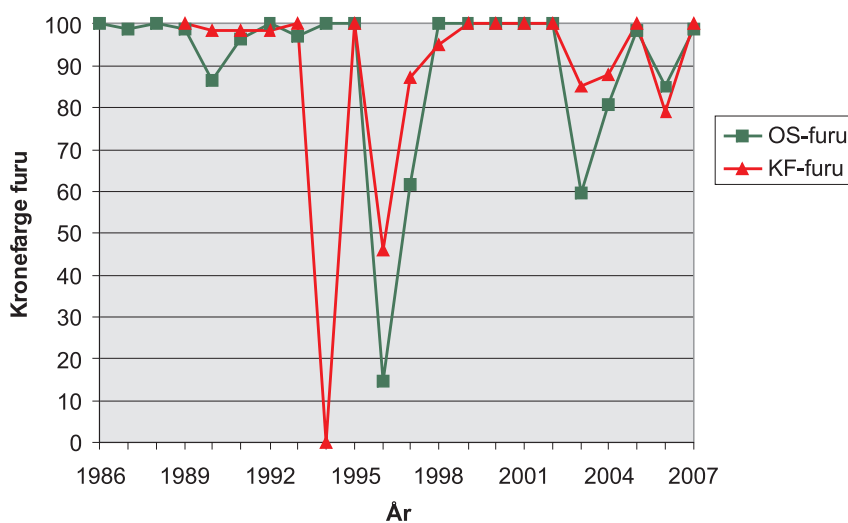
2001 har andelen normalt grønne grantrær vært høyt, over eller rundt 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging (Figur 10 og 11), sannsynligvis relatert til tørkeperiodene som forekom hyppig i 1990-åra.

Også på de regionale overvåkingsflatene ble det observert få misfargete grantrær. Resultatene viste at 92 % av grantrærne på det regionale flatesettet var normalt grønne i 2007, som er det samme som ble observert året før (Timmermann 2008). På de landsrepresentative flatene var det en økning i andelen misfargete grantrær i samme tidsperiode, men andelen grantrær med normal grønn farge var likevel høy også her (92 %, Hylén & Larsson 2008).



Figur 11. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Nedstrand, Voss og Tustervatn. Gj.snitt=Gjennomsnitt..

Figure 11. Crown colour at the Norway spruce plots Nedstrand, Voss and Tustervatn. Gj.snitt=Mean.



Figur 12. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på furuflatene i Osen og Kårvatn.

Figure 12. Crown colour at the Scots pine plots Osen and Kårvatn.

Furu:

Andelen normalt grønne furutrær økte signifikant både i Osen og Kårvatn (Tabell 6), og det var nesten ingen misfarging på furutrærne på disse flatene i 2007. Det har vært store svingninger i kronefarge gjennom overvåkingsperioden, særlig på midten av 1990-tallet (Figur 12). Andelen normalt grønne furutrær har i disse årene svingt helt fra 0 det ene til 100 % det neste året. Sannsynligvis

skyldes disse ekstreme svingningene skifte i observatørstaben og ulike tolkninger av hvorvidt den naturlige høstgulingen hos furu skal regnes som misfarging eller ikke. I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.

ble det valgt ut et nytt prøvetre siden et av de opprinnelige prøvetrærne samt flere reservetrær hadde blåst ned vinteren 2006/2007. Det ble ikke tatt nåleprøver av trærne i Kårvatn og Tustervatn i 2007. Fra hvert prøvetre på de andre flatene ble det tatt to prøvegveiner fra den øvre del av krona, én fra omtrent

Tabell 7. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff i årets grannåler 2007 (endringer fra 2005 i parentes). Gj.snitt: Gjennomsnittet for alle flatene. Stdav: Standardavvik. Normalen: Området mellom mangel- og optimumsgrense med normale/tilstrekkelige konsentrasjoner av makronæringsstoffer for gran (beregnet etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997), *: Brække (1994)).

Table 7. Concentrations of macronutrients in mg/g dry weight in current-year needles in 2007 (changes from 2005 in parentheses). Gj.snitt: Mean for all plots. Stdav: Standard deviation. Normalen: Range between deficiency and optimum limits with normal/sufficient concentrations of nutrients for spruce (after Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997), *: Brække (1994)).

Flate	Ca	K	Mg	N	P	S
BI	3,1 (0,4)	7,8 (-0,3)	1,2 (-0,2)	14,2 (0,9)	1,6 (0,1)	0,89 (0)
HU	3,2 (0,6)	5,3 (0,3)	0,8 (-0,2)	12,1 (1,4)	1,2 (0)	0,74 (0,06)
LD	3,7 (0,9)	7,7 (-0,2)	1,2 (0,1)	13,3 (1,7)	1,5 (0,2)	0,87 (0,06)
NE	3,2 (-0,6)	6,3 (-1,4)	1,2 (-0,2)	13,0 (-0,6)	1,3 (-0,1)	0,90 (-0,02)
OS	5,4 (2)	6,5 (-0,9)	1,2 (0,1)	12,7 (1,8)	1,8 (-0,1)	0,79 (0,03)
VO	4,0 (1,2)	5,7 (-1,1)	0,8 (0)	12,2 (1,1)	1,3 (0)	0,83 (-0,01)
Gj.snitt	3,8 (0,7)	6,6 (-0,6)	1,1 (-0,1)	12,9 (1)	1,5 (0)	0,84 (0,02)
Stdav	1,4	1,2	0,3	1,1	0,3	0,08
Normalen	1,4–3,2	4,5–7,3	0,7–1,1	13,0–17,0	1,2–1,8	0,70–0,90*

NÅLEKJEMI

Kjemisk analyse av barnåler blir gjennomført annet hvert år. Prøvetrærne har vært de samme siden 1995, da de ble valgt ut ved systematisk sampling i randsona rundt hver flate. Prøvetrærne skulle ha sosial status dominant, kodominant eller subdominant (Krafts klasse 1–3, UNECE/EC 2007b), dvs. at de ikke skulle være undertrykte. I september 2007 ble det på fem flater tatt prøver av fem trær for nåleanalyse, og av fire trær på en flate (Voss). I Birkenes

den 7. og én fra omtrent den 15. greinkrans fra toppen. Prøvegveinene var upåvirket av nabotrær, slik at de fikk direkte lys og ikke var pisket, og ble tatt fra ulike himmelretninger mellom trærne innen samme flate. På forsøksflata ble prøvegveinene ristet fri for vann før de ble veid og målt i felt (lengde, diameter, antall nåleårganger m.m.). Greinene fra den 7. greinkrans brukes til nåletaking, og av disse ble det klippet prøver av årets og fjorårets nåler. Omtrent like store mengder, sju til ti skudd, ble tatt av hver prøvegvein og hver nåleårgang, altså 10 prøver totalt pr. flate. Metodikken er nærmere omtalt av UNECE/

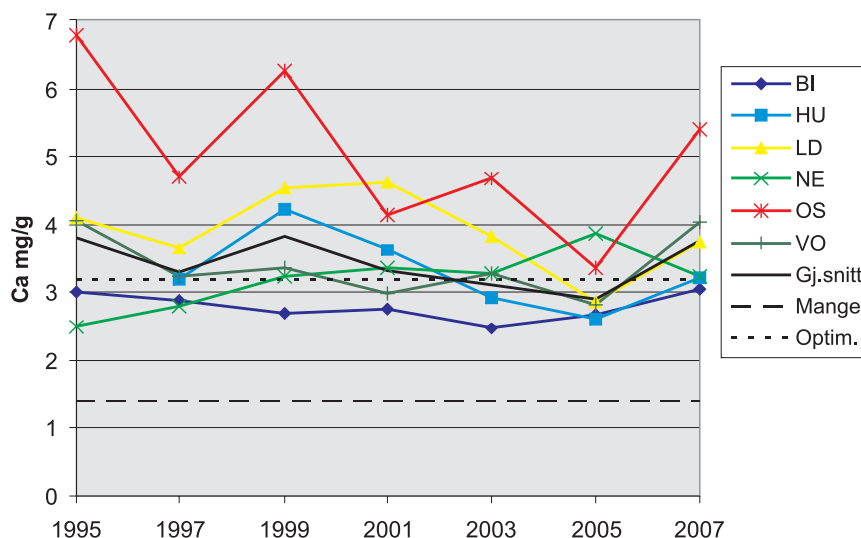
Tabell 8. Forholdet mellom N og de andre makronæringsstoffer, årets grannåler 2007. Gj.snitt: Gjennomsnittet for alle flatene. Normalen: Området der næringsstoffenes forhold til hverandre er «harmonisk», dvs. at de fins i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til hverandre (beregnet etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997)).

Table 8. The proportions of N and other elements in current-year needles in 2007. Gj.snitt: Mean for all plots. Normalen: Range where nutrient ratios are «harmonious», i.e. in sufficient concentrations in proportion to each other (after Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997)).

Flate	N/Ca	N/K	N/Mg	N/P	N/S
BI	4,6	1,8	11,8	8,9	16,0
HU	3,8	2,3	15,1	10,1	16,4
LD	3,6	1,7	11,1	8,9	15,3
NE	4,1	2,1	10,8	10,0	14,4
OS	2,4	2,0	10,6	7,1	16,1
VO	3,1	2,1	15,3	9,4	14,7
Gj.snitt	3,4	2,0	12,9	8,6	15,4
Normalen	2–16	1–4	8–29	7–14	11–21

EC 2007b. Nålenes farge (jf. metodeomtalen i avsnittet om trærnes kronetilstand) og evt. skader ble notert i felt. Prøvene ble lufttørket enkeltvis i åpne papirposer og i løpet av få dager fraktet til Skog og landskapslaboratorium for tørking ved 70 grader, oppmåling og kjemisk analyse. Både makro- og mikro-næringsstoffer samt andre elementer ble målt med standard analysemetoder (FIA for Kjeldahl nitrogen og ICP-AES for alle andre elementer, se Ogner et al. 1999) i både årets og fjorårets nåler. I resultatdelen presenteres tall for makronæringsstoffer i årets nåler.

Siden forrige nåleanalyse i 2005 har konsentrasjonen av makronæringsstoffene i årets barnåler i gjennomsnitt forandret seg relativt lite i de fleste tilfeller (Tabell 7). Konsentrasjonen av næringsstoffer kan variere fra år til år (Figur 13–16). Temperatur og nedbør påvirker næringsstoffenes tilgjengelighet, og dette kan forklare noe av svingningene i næringsstoffenes konsentrasjon i barnålene



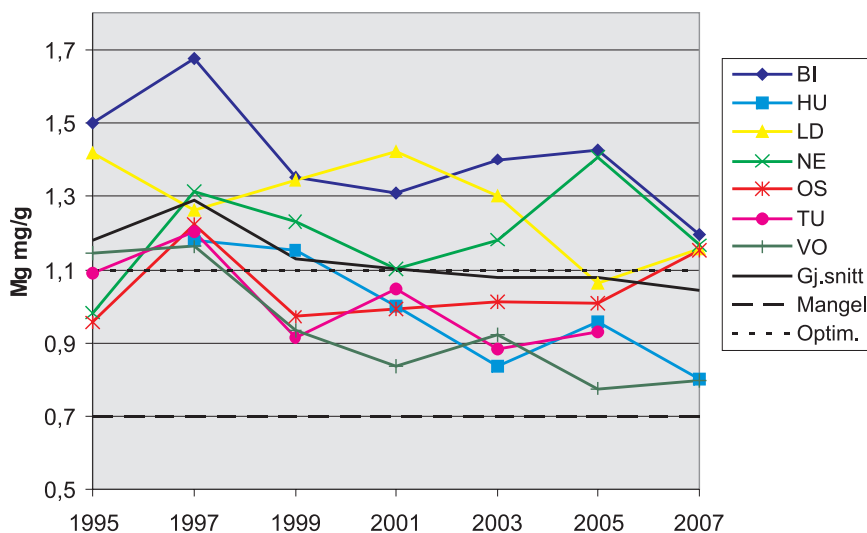
Figur 13. Endringer i kalsiumkonsentrasjon i barnålene (mg Ca/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen og Voss. Gj.snitt=Gjennomsnitt. Mangel- og optimumsgrenser etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Figure 13. Changes in calcium concentrations (mg Ca/g dry weight) in Norway spruce needles at Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen and Voss. Gj.snitt=Mean. Deficiency and optimum limits according to Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997).

mellom årene (Hüttl 1991). Tidspunktet for nåleprøvetaking (første halvdel av september) er antakelig for tidlig i forhold til trærnes hvileperiode, noe som også kan føre til svingninger i de målte næringskonsentrasjonene fra år til år.

Konsentrasjonen av kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), fosfor (P) og svovel (S) i barnålene lå i området for normal eller optimal næringskonsentrasjon på alle flater, med unntak av Hurdal som

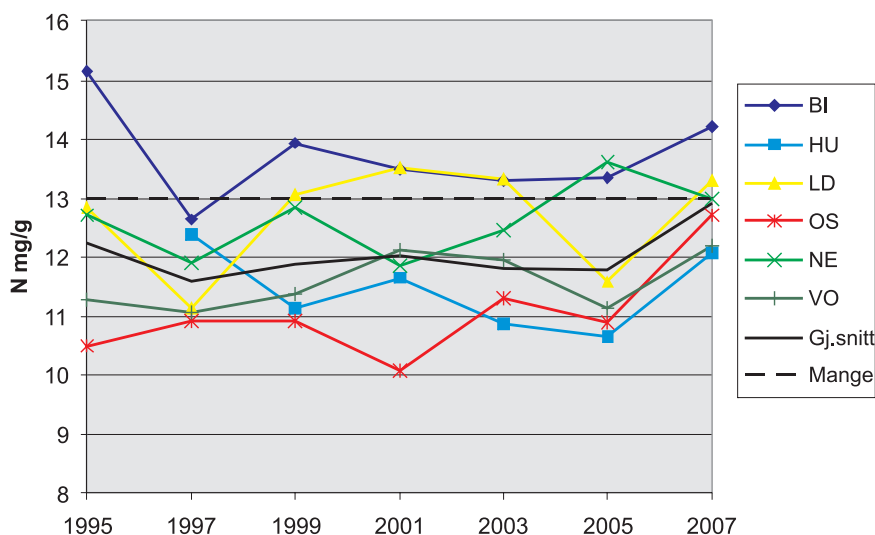
hadde en P-verdi rundt mangelgrensa (Tabell 7). Næringsmangel i barnåler defineres her som elementinnhold i nåler som sammenlignet med normale forhold fører til dårligere vekst, og til synlige mangelsymptomer ved enda lavere konsentrasjoner. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i området mellom mangel- og optimumsgrense anses for å være normale eller tilstrekkelige for gran, mens konsentrasjoner over optimumsgrensa ikke lenger fører til bedre vekst (UNECE/EC 2000). Kon-



Figur 14. Endringer i magnesiumkonsentrasjon i barnålene (mg Mg/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen og Voss 1995-2007. Gj.snitt=Gjennomsnitt. Mangel- og optimumsgrenser etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Figure 14. Changes in concentrations of magnesium (mg Mg/g dry weight) in Norway spruce needles at Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen and Voss. Gj.snitt=Mean. Deficiency and optimum limits according to Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997).

sentrasjonen av nitrogen (N) i barnålene økte på alle flater unntatt Nedstrand, men var fortsatt ved eller under mangelgrensa på de fleste flatene. Bare i Birkenes og Lardal ble det målt N-verdier som regnes som tilstrekkelige. N-mangel er imidlertid normalt i boreale barskoger, hvor dette er det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet (Binkley & Högberg 1997). Flata på Sørlandet (Birkenes) hadde den høyeste konsentrasjonen av N i barnålene, 14,2 mg/g (Tabell 7, Figur 15). Bare i 1995 er det målt høyere konsentrasjoner av N i barnålene i Birkenes. Lardal hadde høyere N-konsentrasjoner i nålene enn Nedstrand, som også var tilfelle i perioden 1999–2003. De to flatene på Sørvestlandet (Birkenes, Nedstrand), som er mest utsatt for langtransporterte forurensinger, hadde de høyeste S-verdier i barnålene av alle overvåkingsflater og var de eneste som hadde verdier rundt optimumsgrensa for S (Tabell 7, Figur 16).

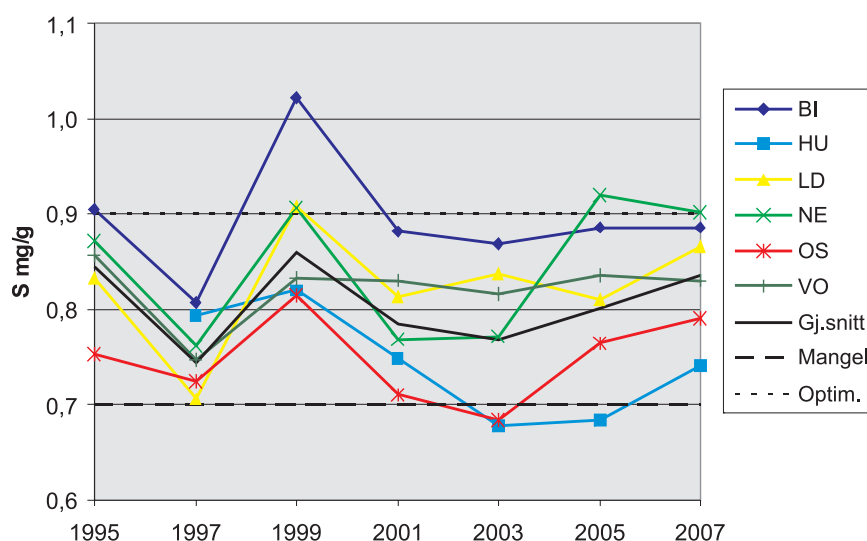


Figur 15. Endringer i nitrogenkonsentrasjon i barnålene (mg N/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen og Voss. Gj.snitt=Gjennomsnitt. Mangelgrense etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Figure 15. Changes in concentrations of nitrogen (mg N/g dry weight) in Norway spruce needles at Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen and Voss. Gj.snitt=Mean. Deficiency limit according to Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997).

Tabell 8 viser forholdet mellom konsentrasjonen av nitrogen og andre viktige elementer i barnålene, der tall lavere enn normalen indikerer for lite N i forhold til Ca, K, Mg, P eller S, mens høyere enn normalen indikerer for lite av de andre næringsstoffene i forhold til N. Isolert sett var også barnålenes P-konsentrasjoner lave på noen av flatene, men likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave N-konsentrasjonene (Tabell 8). De andre makronæringsstoffene fantes i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til N på alle flater (Tabell 8).

Osen hadde imidlertid lave verdier for forholdet mellom N og hhv. Ca, Mg og P, og som indikerer at det er lite nitrogen på denne flata i forhold til de andre næringsstoffene.



Figur 16. Endringer i svovelkonsentrasjon i barnålene (mg S/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen og Voss. Gj.snitt=Gjennomsnitt. Mangel- og optimumsgrenser etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Figure 16. Changes in concentrations of sulphur (mg S/g dry weight) in Norway spruce needles at Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen and Voss. Gj.snitt=Mean. Deficiency and optimum limits according to Brække (1994), Hüttl (1991) and Stefan et al. (1997).

DISKUSJON

I de 20 årene skogtilstanden er overvåket viser langtidstrenden at tilførselene av langtransporterte svovel- og syreforbindelser til Norge har avtatt betydelig. Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al 2004). Deposisjon av uorganiske nitrogenforbindelser viser relativt små endringer, med unntak av NO₂ som har avtatt en god del de siste årene. Et annet unntak er konsentrasjonen av nitrat på observasjonsflaten i Lardal, der det om våren fortsatt forekommer høyere konsentrasjoner enn normalt. Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon hos skogtrær ved kunstig vanning med høye sulfatkonsentrasjoner (Abrahamsen et al 1994), mens tilvekstreduksjon grunnet sulfatdeposisjon er ikke statistisk bekreftet i Norge (Solberg et al 2004). Siden vi har både nitrogendeposisjon og sulfatdeposisjon samtidig, og disse har henholdsvis positiv og negativ effekt på trærns tilvekst, er det vanskelig å påvise effekten av det enkelte element. Disse to effektene ser ut til å motvirke hverandre. Ser man på perioden etter år 2000 har innholdet av kjemiske elementer i krone-drypp og jordvann bare i liten grad endret seg her i landet. Ozoneksponeringer viser ingen tydelig trend, men de årlige variasjonene er sannsynligvis i stor grad påvirket av meteorologiske forhold. Det var noe overraskende ingen overskridelser av grenseverdien for ozoneksponering av vegetasjon i 2007, mens overskridelsene var betydelige året før. Selv om vi registrerer markerte årlige variasjoner synes det som om skogøkosystemet i Norge i hovedsak tåler ozoneksponeringen. De registrerte endringer av hovedkomponenter i luften i Norge samsvarer med utslippsendringer i Europa. Dette er tydeligst i de sørvestligste delene av landet, der vi har observert de høyeste konsentrasjoner og mengder av langtransporterte luftforurensninger (svovel, nitrogen, ozon) og laveste pH i nedbør. Det må imidlertid bemerkes at de høyeste verdier av svovelkonsentrasjonene i luft i Norge er målt i Sør-Varanger i Øst-Finnmark, og disse skyldes utslipp fra russisk smelteverksindustri i nærheten (Andreassen et al. 2004). Mange steder i Europa er det dokumentert skogskader 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 påvise i Norge, med unntak av skader i Sør-Varanger. Dette kommer trolig av at vi ligger i ytterkanten av skadegradienten og langt fra arealer i Mellomeuropa med høye konsentrasjoner

av forurensninger (UNECE/EC 2007a), der betydelige skogskader er påvist. Det er heller ikke påvist skadelige effekter på trær grunnet økt jordforsuring som følge av nedfall fra luftforurensningen. Siden konsentrasjonene av mulige toksiske Al-forbindelser er normalt lave, særlig i humussjiktet hvor det er mest finrøtter, er risikoen for aluminiumsforgiftning av skog i Norge fortsatt lav (Eldhuset 1988, De Wit 2000). Nåleprøvene er i vår analyse tatt bare en gang på høsten av fem trær pr. flate. Sannsynligvis ville vi fått et mer variert bilde dersom det hadde blitt tatt prøver flere ganger eller flere prøver pr. flate, eller til andre tider på året (Hüttl 1991). Siden hyppigere prøvetaking enn en gang annethvert år ikke inngår overvåkingsprogrammet, er det viktig å holde seg til samme tidspunkt på året. En prøvetaking i trærnes hvileperiode er anbefalt av ICP Forests (UNECE/EC 2007b), mens vi har valgt høstprøver av praktiske årsaker og for ikke å avbryte tidsserien.

På de regionale flatene og på de landsrepresentative Level 1 flatene ble det observert en nedgang i kronetetthet sør og øst i landet fra 2006 til 2007 (Timmermann 2008, Hylén og Larsson 2008). Kronetettheten for gran endret seg derimot lite totalt sett på de intensive overvåkingsflatene, mens andelen grønne grantrær gikk opp på alle flater unntatt i Hurdal. Tilbakegangen i kronetilstand på Østlandet kan skyldes meteorologiske forhold eller biotiske skadegjørere som f.eks. granrust og trenger ikke vise samme type negative trend som det vi observert på 1980-tallet. En av årsakene til den dårlige kronetetthet på Sør-Østlandet kan være tørkestress da forskning peker på at tilveksten ble tydelig redusert etter perioder med tørke på Sør-Østlandet på 1980 og 1990-tallet (Andreassen et al. 2006). Langtransporterte forurensninger kan også virke inn og forstyrre bildet, for eksempel økt vekst ved nitrogendeposisjon og redusert vekst etter sulfatdeposisjon som reduserer samtidig, (Solberg et al 2004).

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., Rødsberg, I., Timmermann, V., Aas, W. 2004. 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. 2006: Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 222: 211–221.
- Binkley, D. & Högberg, P. 1997. Does atmospheric deposition of nitrogen threaten Swedish forests? *For. Ecol. Manage.* 92: 119–152.
- Brække, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for næringsselementer i gran- og furunåler. Aktuelt fra skogforskningen 15/94: 1–11.
- 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 (2007) Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status Report 1/2007.
- Godbold, D.L., Jentschke, G., & Marschner, P. 1995. Solution pH modifies the response of Norway spruce seedlings to aluminium. *Plant Soil* 171: 175–178.
- Hornthvedt, 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.
- Hyllen, G. & Larsson, J. Y. 2008. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1988–2007. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 05/2008.
- Hüttl, R.F. 1991. Die Blattanalyse als Monitoring-Instrument im Waldökosystem. *In: Proceedings from IUFRO and ICP Forests Workshop on monitoring, Prachatice, CSFR.* 139–147.
- Kvaalen, H., Solberg, S., Clarke, N., Torp, T. and Aamlid, D. 2002. Time series study of concentrations of SO_4^{2-} and H^+ in precipitation and soil waters in Norway. *Environmental Pollution* 117: 215–224.
- Lange, H., Solberg, S., Clarke, N. 2006. Aluminum dynamics in forest soil waters in Norway. *Science of the Total Environment* 367: 942–957.
- 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.
- Lorenz, M., Fischer, R., Becher, G., Granke, O., Roskams, P., Nagel, H.-D., Kraft, P. 2007: Forest Condition in Europe. 2007 Technical Report of ICP Forests. Work report of the Institute for World Forestry 2007/1, Hamburg, 97 pp+Annexes.
- Müller-Edzards, C., De Vries, W., Erisman, J. W. 1997. Ten years of monitoring forest condition: Studies on temporal development, spatial distribution and impacts of natural and anthropogenic stress factors. Technical report. EC and UN/ECE, Brussels and Geneva. 350 pp.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.A., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, 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.
- 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., 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
- Stefan, K. A. Fürst, R. Hacker and U. Bartels, 1997. Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, 1997, Brussels, Geneva, 207 pp.
- Timmermann, V. 2008. Kronetilstandsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. Resultater 2007. Forskning fra Skog og landskap 02/2008.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2000. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe, 2000 Technical Report. EC, UN/ECE 2000, Brussels, Geneva. ISSN 1020–6078. 191 pp.
- 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
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission). 2006. Forest Condition in Europe. – 2006 Technical Report of ICP Forests. Institute for World Forestry, Hamburg. 113 s. + annekser.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2007a. Forest Condition in Europe 2007 Technical Report of ICP Forests, Work report of the Institute for World Forestry 2007 / 1, Hamburg. ISSN 1020–3729. 98 pp. + annekser.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2007b. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests Programme Coordinating Centres/UN ECE, ICP Forests. Hamburg/Geneve. Part I-XI. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. 2008. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2007. Statlig program for forureningsovervåking. SPFO-rapport 1033/2008. TA-2423/2008. ISBN 978–82–425–1867–5. 162 pp.

Forfatterinstruks for Forskning fra Skog og landskap

- Manus skrives i Word 12 punkt skrift med 1 ½ linjeavstand, ren tekst; uten bruk av stiltyper i word.
 - » Forord
 - » Sammendrag
 - » Innledning
 - » Materiale og metode
 - » Resultat
 - » Konklusjon/diskusjon
 - » Litteratur
- Titler skal identifiseres ved hjelp av nummerering; 1., 1.1., 1.2., 2., 2.1., osv.
- Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- Latinske navn skal skrives i kursiv.
- Som desimalskille i tall skal det brukes komma på norsk og punktum på engelsk.
- Alle tabeller og talloppsett som skrives i Word, skal være med tabellfunksjonen (ikke bruk tabulator), og plasseres i teksten der det skal stå.
- Alle tabeller, figurer og bilder som er laget i andre programmer enn Word, skal vedlegges i sitt originale filformat. Velg gode størrelser i fontene så figurene beholder sin lesbarhet når de skaleres/nedfotograferes.
- Merk i manuset hvor tabeller/bilder/figurer i annet format enn Word skal inn. Skriv også inn tabell/bilde/figuratekst her.
- Strektykkelsen i figurer og grafer må ikke være mindre enn 0,11 mm, det vil si ¾ punkt.
- Tenk lesbarhet i grafer. Farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart/hvit gjengivelse.
- Redaktøren tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien.

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

tlf.: +47 64 94 80 00
faks: +47 64 94 80 01

nett: www.skogoglandskap.no

REGIONKONTOR
NORD-NORGE

adr.: Skogbrukets hus
NO-9325 Bardufoss

REGIONKONTOR
MIDT-NORGE

adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

