

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 3/09

INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2008. RESULTATER FRA ICP FORESTS LEVEL 2 FLATER I NORGE

Intensive forest monitoring in 2008.
Results from ICP Forests Level 2 plots
in Norway

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Ingvald Røsberg,
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:

Juni 2009

Trykk:

07 Gruppen AS

Opplag:

1000

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 978-82-311-0089-8

ISSN 1890-1662

Omslagsbilde:

Jordvannsanlegg med oppsamlingsflasker med folie for å skjerme mot sollys. Jordvann suges opp fra 5, 15 og 40 cm jorddybde gjennom nedgravde lysimetre. Lysimetrene er tilkoblet vakuumslinger som driftes av en pumpe tilkoblet et 12 volts batteri som lades via solcellepanel eller hjemme hos observatøren. Fra Hurdal. Foto V. Timmermann.

Forskning fra Skog og landskap - 3/09

INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2008. RESULTATER FRA ICP FORESTS LEVEL 2 FLATER I NORGE

Intensive forest monitoring in 2008. Results from ICP
Forests Level 2 plots in Norway

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Ingvald Røsberg, Volkmar Timmermann
og Wenche Aas

INNHold

Sammendrag	4
Summary	5
Oversikt over flatene og måleprogrammet	7
Forurensninger i luft	8
Nedbør og kronedrypp	11
Jordvann	14
Vegetasjon	17
Trærnes kronetilstand	19
Kronetetthet	19
Kronefarge	22
Skader og avdøying	23
Diskusjon	25
Litteratur	26

SAMMENDRAG

Andreassen, K. *, Clarke, N. *, Røsberg, I. *, Timmermann, V. *, Aas, W. # Intensiv skogovervåking i 2008. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2008. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. Forskning fra Skog og landskap 3/2009. 26 s.*

* Norsk institutt for skog og landskap

Norsk institutt for luftforskning, NILU

I 2008 inngikk åtte flater i den intensive skogovervåkingen som følger utviklingen av skogøkosystemet i Norge. Disse flatene inngår i det nasjonale «Overvåkingsprogram for skogskader», og de er også en del av det europeiske nettverket av intensive skogovervåkingsflater, der 37 land deltar med mer enn 800 flater (ICP Forests). Intensiv skogovervåking er utført her i landet siden midten av 1980-tallet, med tidsserier som beskriver endringer i skogøkosystemet. Hovedformålet er å beskrive skogens helsetilstand og belyse virkninger av langtransporterte forurensninger på skogøkosystemet. Observasjonene fra 2008 presenteres i denne rapporten.

Vi finner fortsatt de høyeste avsetningene av syre, svovel- og uorganiske nitrogenforbindelser i frittfallende nedbør og i kronedrypp lengst sør i landet. Konsentrasjonen av svovelforbindelser i luft og nedbør har avtatt med mer enn 60 % de siste 20 årene, og dette samsvarer med reduksjonen av utslipp i Europa. Mengden av uorganiske nitrogenforbindelser i nedbør er også redusert de siste ti åra, men nå ser det ut til at reduksjonen kan ha stoppet opp.

I 2008 var det betydelige overskridelser av grenseverdier for ozoneksponering av vegetasjon i vekstsesongen. 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 om det er økt eller redusert ozoneksponering i Norge.

Utbredelsen av grasarten smyle har økt i mengde etter 1998 på de tre feltene som ble vegetasjonsregistrert i 2008. Moser og lav har også økt i løpet av de 17 årene vegetasjonen er observert, men det er litt opp og ned enkelte år. Unntaket er flaten på Voss der det hele overvåkingsperioden har vært mye moser og lav med 85–90 % dekning.

Gjennomsnittlig kronetetthet for gran økte med nesten 1 % til 81 % på de intensive overvåkingsflatene i 2008. Gjennomsnittet for granflatene har vært stabilt på rundt 80 % siden 2005 etter til dels store svingninger i kronetettheten før dette. Det var en trend til en økende andel misfarging på de intensive overvåkingsflatene, men de aller fleste av de undersøkte gran- og furutrærne kunne klassifiseres til å ha normalt grønn farge i 2008.

I Norge har vi ikke beviser på at skogen er direkte eller indirekte skadet av langtransporterte luftforurensninger. 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 svoveltilførsel, men foreløpig tyder det ikke på at skogen er blitt skadet. Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i skog i Norge mens redusert tilvekst grunnet deposisjon av sulfat har vært vanskelig å påvise. Det er betydelige forskjeller i observerte måleverdier mellom flatene, og disse forskjellene kan også tilskrives geologiske, klimatiske, topografiske og skoglige forhold.

Nøkkelord: Skogskader, overvåking, luftforurensninger, nedbør, jordvann, kronetilstand.

SUMMARY

Andreassen, K.* , Clarke, N.* , Røsberg, I.* , Timmermann, V.* , Aas, W.# Intensive forest monitoring in 2008. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Forskning fra Skog og landskap* 3/2009. 26 s.

* Norwegian Forest and Landscape Institute

Norwegian Institute for Air Research

In 2008, intensive forest monitoring describing the development of forest ecosystems was carried out on eight plots. These plots are included in the Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage, and are also a part of the European intensive forest monitoring network (ICP Forests) where 37 countries participate with more than 800 plots. This intensive forest monitoring has been carried out since the middle of the 1980s in Norway, and we have time series that describe changes in the forest ecosystems. The aim is to describe the forest condition and to study effects of long-range trans-boundary air pollution on the forest ecosystems. The observations in 2008 are presented in this report.

We still observe the highest deposition of strong acids, sulphur and inorganic nitrogen in southern Norway. The average concentration of sulphate in precipitation and of sulphur dioxide and sulphate in air has declined by more than 60 % in the last 20 years. This is the result of reduced emissions in Europe. The amount of inorganic nitrogen compounds in precipitation is also reduced the last ten years, but this decline may have stopped.

In 2008, no threshold values for ozone exposure were exceeded. This is in contrast to 2006 when ozone threshold values were exceeded several times. Ozone exposure probably depends mostly on meteorological effects, and no increasing or decreasing trend has been proven.

The amount of wavy hair-grass (*Avenella flexuosa*) has increased slightly from 1998 on three monitoring plots. The amount of mosses and lichens has also increased during the 17 year monitoring period, except at Voss where the cover of these vegetation groups has been continuously high with 85–90 %.

Mean crown density for Norway spruce at the intensive monitoring plots in 2008 increased with almost 1 %, to 81 %. The mean crown density has been stable at about 80 % since 2005 after a period with large variations. On average, crown colour for Norway spruce declined at the intensive monitoring plots. However, most of the monitored trees were classified as normal green trees in 2008.

We have no significant indications that the Norwegian forest is directly or indirectly damaged from long-range trans-boundary 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 influence of 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 trans-boundary sulphur, but there is no indication that this has caused forest damage. In Norway, nitrogen deposition has probably led to increased forest growth, while reduced growth due to sulphate deposition is difficult to establish. 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 trans-boundary air pollutants.

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

INNLEDNING

Intensiv overvåking av skog blir utført på åtte 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 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. 2008, Lorenz 1995, EC 1996). I Europa deltar 37 land i dette arbeidet med 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) (Timmermann et al. 2009). 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 2008 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 (Figur 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 i hht til EMEP (1996).

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	Bærlyngskog 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	Bærlyngskog morene
KF	Kårvatn-furu	furu	8,1	134	naturlig	Røsslyng- skinntryteskog morene
TU	Tustervatn	gran	5,6	156	naturlig	Småbregneskog morene

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

FORURENSNINGER I LUFT

Svovel og nitrogenforbindelser i luft ble målt på seks stasjoner i 2008, hvorav fem er tilknyttet OPS flater. I tillegg ble innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft også bestemt (Figur 2). Prøver ble tatt døgnlig eller ukentlig (Søgne). De

sesongmessige variasjoner ved måling av luftkvalitet gjør det vanskelig å beregne variansen, men deteksjonsgrener og variasjoner i målingene er mer omtalt i hovedrapporten om overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør (Aas et al. 2009)

Tabell 2. Årsmiddelkonsentrasjoner av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner, 2008.

Table 2. Annual average concentrations of components in air at Norwegian monitoring stations, 2008.

STASJON	Årsmiddelkonsentrasjoner									
	SO ₂ µg-S/m ³	SO ₄ ²⁻ µg-S/ m ³	NO ₂ µg-N/m ³	sum NO ₃ µg-N/m ³	sum NH ₄ µg-N/m ³	Mg ²⁺ µg/m ³	Ca ²⁺ µg/m ³	K ⁺ µg/m ³	Cl ⁻ µg/m ³	Na ⁺ µg/m ³
Birkenes	0,07	0,28	0,34	0,19	0,49	0,07	0,08	0,04	0,50	0,48
Søgne	0,15	0,32		0,26	0,42	0,13	0,09	0,07	1,03	1,08
Hurdal	0,04	0,21	0,73	0,16	0,44	0,03	0,09	0,03	0,12	0,17
Kårvatn	0,03	0,14	0,20	0,07	0,70	0,03	0,08	0,02	0,26	0,18
Tustervatn	0,03	0,15	0,14	0,09	0,98	0,05	0,10	0,02	0,40	0,29
Karasjok*	0,35	0,22	0,19	0,07	0,10*	0,03	0,05	0,02	0,26	0,21

*For Karasjok er kun NH₄ brukt pga lokal NH₃ påvirkning / *Only the NH₄ concentration is included due to local disturbances.*

Konsentrasjonene av svoveldioksid var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, med Søgne på 0,15 og µg S·m⁻³ og Karasjok med 0,35 µg S·m⁻³. Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS programmet, men er viktig som eneste stasjon i Troms/Finnmark for hovedkomponenter i luft. Sulfatkonsentrasjonen er høyest i Sør-Norge, men de var også høye i Karasjok etter flere utslippsepisoder fra Russland. Månedsmiddelet av SO₂ og SO₄²⁻ var gjennomgående høyest i vinter og vårmånedene. De høyeste døgnmiddelverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av NO₂ observeres på stasjonene i Sør-

og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med 0,26 µg NO₃-N·m⁻³. «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.

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 p.g.a høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 21–28 % om sommeren og 2–13 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Karasjok er det hhv. 36 % tørravsetning om sommeren og 44 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter utgjør vanligvis en større andel av totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren

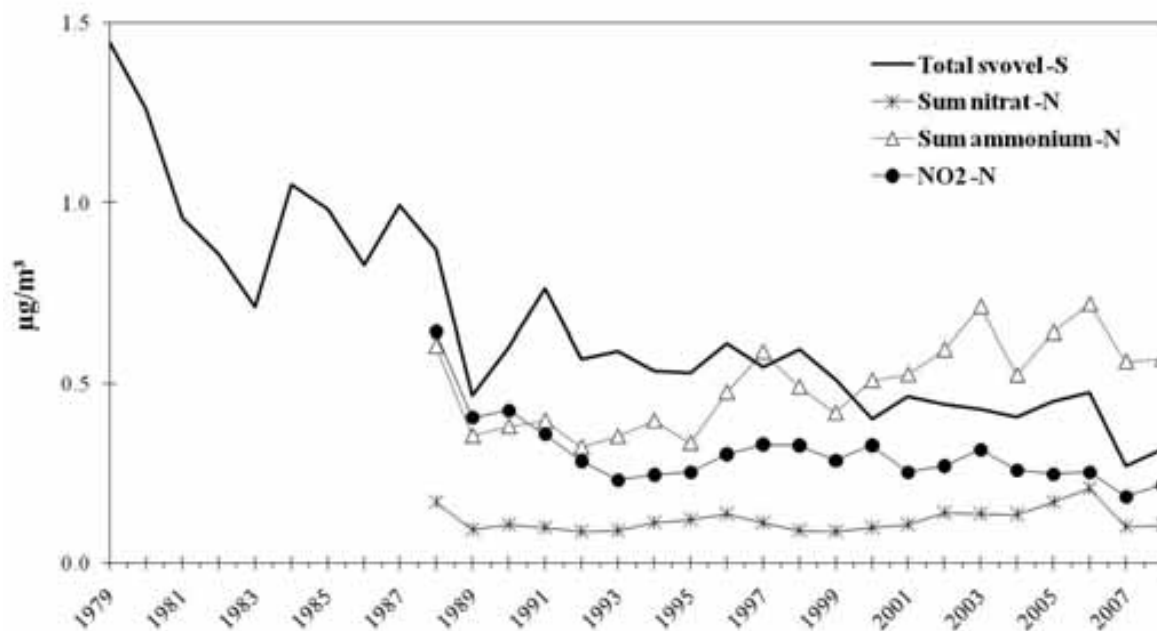
Endringer i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP 2008). Fra 1980 var den gjennomsnittlige observerte reduksjonen av SO₂ konsentrasjonen i Norge mellom 85 % og 93 % og for sulfatpartikler mellom 71 % og 80 %. Årsmiddelskonsentrasjonen av nitrogenforbindelsene i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, utenom en relativt tydelig nedgang for NO₂ etter 1990 (Figur 2).

I 2008 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 UN ECE (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

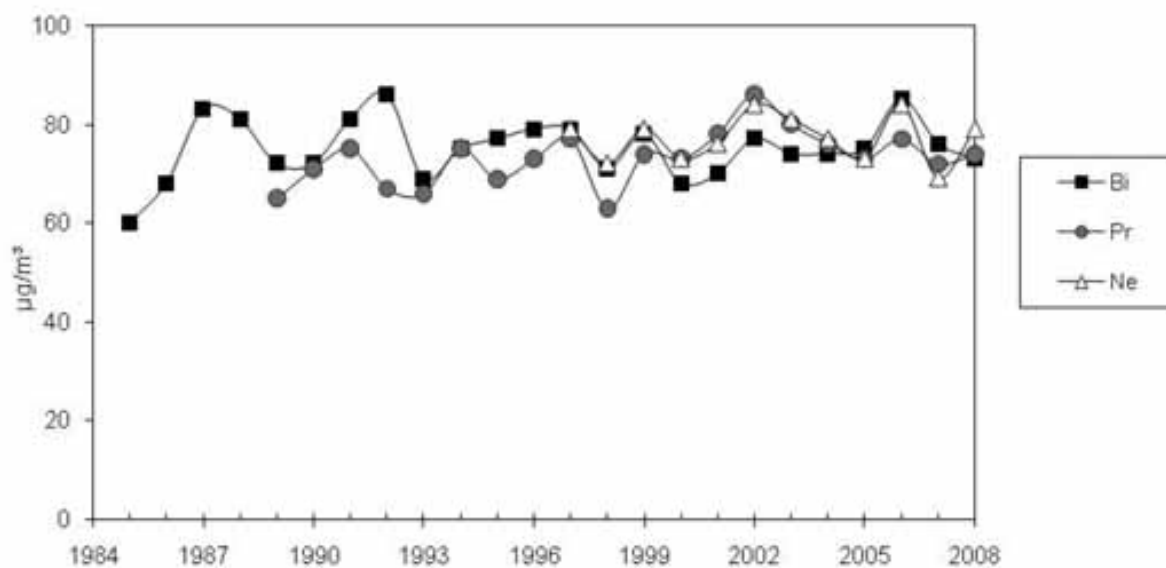
beskyttelse av plantevekst. I tillegg er det under UN ECE er utarbeidet kriterier basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb (80 µg/m³) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, betegnes AOT40). I EUs ozondirektiv benyttes også grenseverdier for vegetasjon basert på AOT40. AOT40 beregnes som summen av differansen mellom timemiddelskonsentrasjonen og 40 ppb for hver time der ozonkonsentrasjonen overskrider denne verdien.

Det var ingen overskridelser av ozongrenseverdien for vegetasjon på 200 µg/m³ i 2008. Grenseverdien på 50 µg/m³ som syv-timers middel for kl. 09–16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2008. Middelveidien var størst på Sandve ved Nedstrand (79 µg/m³). Ozonkonsentrasjonene påvirkes i stor grad av meteorologiske forhold og har variert betydelig fra år til år. Figur 3 viser syv-timers middelveidien på tre stasjoner for perioden 1985–2008. Figuren viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren gjennom perioden. Grenseverdien på åtte -timers middel over 60 µg/m³ ble overskredet gjennom hele seks-månedersperioden april-september. Sandve hadde flest døgn med overskridelse, 172 døgn. Grenseverdien på 24-timers middel over 65 µg/m³ ble også overskredet på samtlige stasjoner. Prestebakke hadde flest dager med overskridelse av denne grenseverdien.

Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble overskredet på Prestebakke, Birkenes og Sandve. Høyest var verdien på Sandve med 4571 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble ikke overskredet på noen stasjoner i 2008.



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 bakgrunnsstasjoner (Birkesnes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).
 Figure 2. Average annual concentration of total sulphur ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), nitrogen dioxide (NO_2), sum of nitrate (HNO_3+NO_3), and sum of ammonium ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) in air at four Norwegian background stations (Birkesnes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).



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

NEDBØR OG KRONEDRYPP

Som i tidligere år er nedbør og kronedrypp samlet inn annenhver 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 inne i skogen omtrent 50 cm over bakken. I 2008 ble de ukentlige prøvene slått sammen til en fellesprøve for hver fireukers periode. Analysemetodene var som i tidligere år (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. Sulfatutslipp fra menneskelig aktivitet (antropogent sulfat) er beregnet ut fra sjøsaltkorrigerede konsentrasjoner av svovel i sulfat (ikke marint sulfat-S, nmSO₄-S) etter formelen: nmSO₄-S = total SO₄-S – (0,054 * klorid), med konsentrasjoner i mg/l. Beregnet deposisjon (årlige mengder per kvadratmeter) 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 frittfallende nedbør og kronedrypp.

Tabell 3 Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (mg/l) i nedbør og kronedrypp i 2008, der mm = nedbørmengde, Led = lednings-
evne (µS/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 2008, where mm = amount of precipi-
tation, Led = electrical conductivity (µS/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	2858	35	5,0	0,20	0,17	0,46	4,26	0,16	0,16	0,39	0,49	0,06	8,3	0,9
LD	1360	13	4,9	0,08	0,06	0,04	0,59	0,27	0,29	0,63	0,24	0,19	1,0	0,8
VO	1634	11	5,3	0,09	0,06	0,07	0,99	0,06	0,06	0,15	0,14	0,05	1,8	0,7
OS	666	9	5,0	0,07	0,08	0,01	0,20	0,11	0,13	0,35	0,13	0,12	0,3	1,4
KF	1242	12	5,3	0,10	0,06	0,08	1,10	0,08	0,04	0,19	0,15	0,05	1,9	1,0
TU	1345	13	5,4	0,10	0,13	0,12	1,50	0,12	0,06	0,30	0,19	0,04	2,8	1,0
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>														
BI	1648	30	5,0	0,31	1,17	0,22	2,10	0,17	0,19	0,57	0,42	0,20	4,1	8,0
NE	1823	114	5,0	0,90	1,77	1,83	15,21	0,18	0,30	0,67	1,59	0,05	30,1	6,7
LD	1234	16	5,1	0,18	1,00	0,07	0,72	0,16	0,18	0,47	0,25	0,17	1,4	6,1
HU	775	14	5,3	0,12	0,93	0,03	0,50	0,24	0,14	0,65	0,20	0,15	0,9	5,8
VO	2211	16	5,4	0,17	0,73	0,10	1,11	0,05	0,03	0,22	0,14	0,04	2,0	6,0
OS	545	12	5,0	0,15	0,95	0,04	0,32	0,07	0,08	0,30	0,13	0,10	0,5	9,2
KF	1250	15	5,3	0,11	0,23	0,09	1,31	0,09	0,04	0,22	0,16	0,04	2,4	2,7
TU	1097	32	5,0	0,34	1,16	0,40	4,05	0,07	0,05	0,25	0,41	0,03	7,8	9,3

Tabell 4. Deposisjon (mg/m²) i 2008. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon

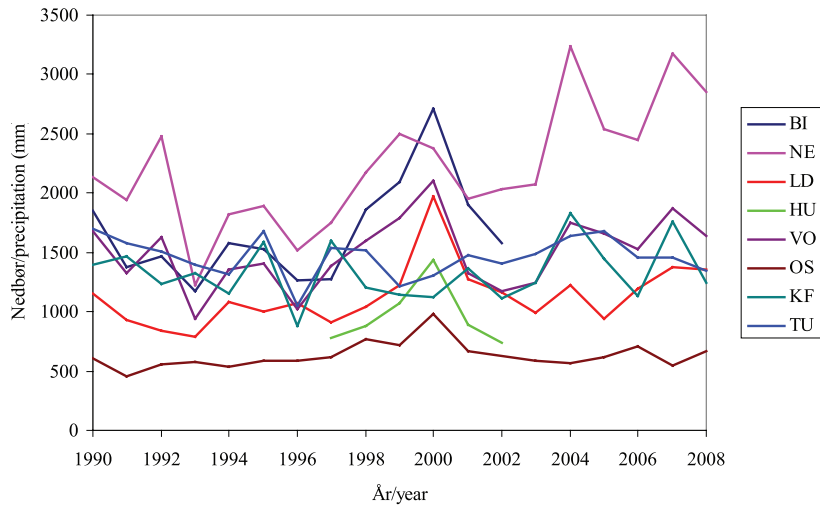
Table 4. Deposition (mg/m²) in 2008. Tot-N = total N, nm= non-marine, DOC = dissolved organic carbon

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	0,026	572	479	1307	12165	449	460	1101	1412	179	23835	2509
LD	0,016	108	77	60	800	363	388	852	331	260	1312	1093
VO	0,008	139	101	116	1621	94	93	245	235	79	2950	1148
OS	0,006	46	56	6	131	71	90	230	87	77	187	952
KF	0,006	118	75	96	1371	100	52	242	191	64	2418	1259
TU	0,006	139	168	168	2015	163	86	401	258	58	3793	1284
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>												
BI	0,018	509	1926	365	3462	275	312	943	686	321	6741	13219
NE	0,019	1637	3223	3330	27716	327	545	1216	2896	87	54901	12207
LD	0,011	228	1235	91	886	194	228	575	304	212	1708	7494
HU	0,004	94	724	24	386	182	112	507	154	117	662	4464
VO	0,009	367	1613	218	2445	114	75	486	314	91	4337	13209
OS	0,005	80	518	20	174	38	43	164	69	55	260	4996
KF	0,006	135	293	118	1640	114	54	271	202	48	2945	3416
TU	0,010	378	1271	439	4438	80	50	274	446	29	8542	10207

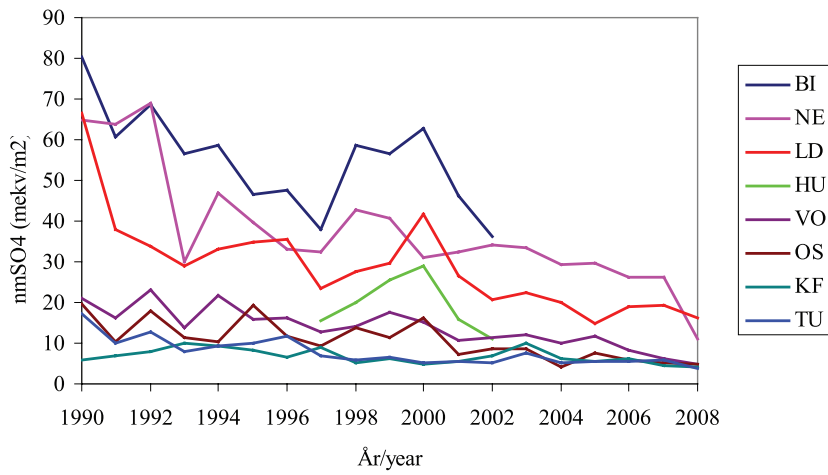
Som i tidligere år, var pH i nedbør, spesielt frittfallende nedbør, generelt litt lavere på flatene sør i landet. For kronedrypp er det ikke et like entydig geografisk mønster for pH i frittfallende nedbør. Både konsentrasjoner og deposisjon av NO₃, NH₄ og antropogent SO₄ i frittfallende nedbør og kronedrypp var generelt høyest sør i landet.

Figur 4 viser langtidstrender i deposisjon av ikke-marint SO₄²⁻ og (NO₃⁻ + NH₄⁺) i frittfallende

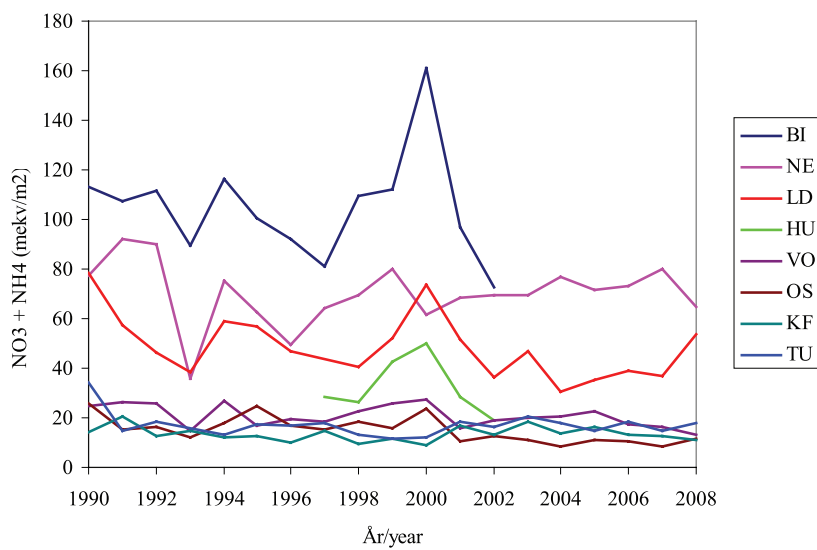
nedbør på alle feltene. Årlige fluktuasjoner i deposisjon beror i stor grad på variasjoner i nedbørmengde (Figur 4a), men det finnes også langtidstrender for SO₄²⁻ og (NO₃⁻ + NH₄⁺). Det fremgår at deposisjon av antropogent sulfat fortsetter å vise en generell svak nedgang (Figur 4b). Nedgangen i deposisjon av uorganiske nitrogenforbindelser ser ut til å ha stoppet opp (Figur 4c).



a. Nedbør/bulk precipitation.



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



c. $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$.

Figur 4. Langtidstrender i nedbørsmenge, ikke-marint SO_4^{2-} og $(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$ i frittfallende nedbør.
 Figure 4. Long-term trends in bulk precipitation amount, and in non-marine SO_4^{2-} and $(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$ in bulk precipitation.

JORDVANN

Jordvannprøver fra lysimeteranlegg er innsamlet på samme måte som i tidligere år og metoden er beskrevet av Kvaalen et al. (2002). Lysimetrene er plassert slik at de suger vann fra omkring 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 sylindereformede tensjonslysometre, oftest tre i hvert sjikt. Disse vil suge vann fra et område både over og under dybden der de er plasserte. Overvåkingsflaten på Birkenes har tensjonsplatelysometre i 15 cm-sjiktet. Platelysimetrene suger vann bare fra området over lysimeteret. I 2008 ble jordvannet samlet

inn hver uke i den frostfrie og telefrie delen av året, og slått sammen til en prøve for hver fireukers periode, på samme måte som i tidligere år. Analysemetodene var som i tidligere år i h.h.t. Ogner et al. (1999).

Tabell 5 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (unntatt ledningsevne, som ikke er volumveid). 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 sulfat-S (ikke marint, nmSO₄-S) er også her beregnet ut fra formelen: nmSO₄-S = total SO₄-S – (0,054 * klorid).

Tabell 5. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2008, der Led = ledningsevne (μS/cm), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, * = platelysimeter, M = manglende verdi

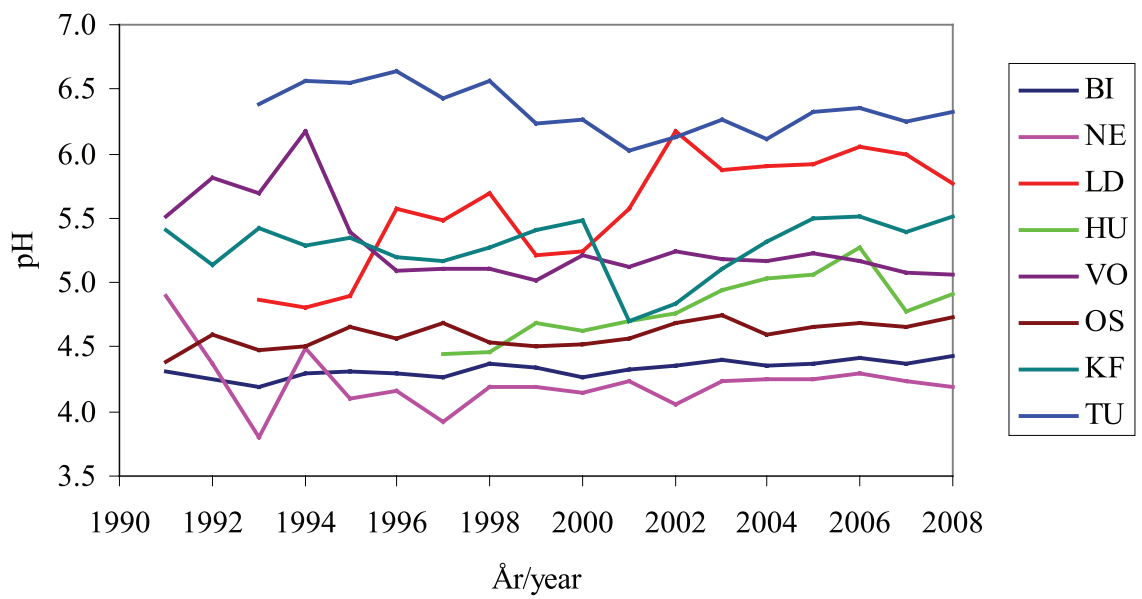
Table 5. Volume-weighted mean concentrations (mg/l) in soil solutions in 2008, where Led = electrical conductivity (μS/cm), Tot = total, Lab = labile, nm = non-marine, DOC = dissolved organic carbon, * = plate lysimeters, M = missing value

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	nmS O ₄ -S	Cl	DOC
BI	15*	29	4,4	0,66	0,28	0,18	0,10	0,12	0,09	0,001	2,02	0,03	0,03	0,27	0,45	0,32	2,4	14,9
BI	40	34	4,6	0,61	0,51	0,21	0,05	0,01	0,19	0,002	3,27	0,03	0,03	0,14	1,11	0,82	5,4	4,3
NE	5	61	4,3	1,10	0,25	1,18	0,16	0,31	0,75	0,006	8,25	0,12	0,03	0,44	0,76	0,04	18,9	10,7
NE	15	111	4,2	0,99	0,67	0,70	0,12	0,58	1,12	0,039	12,60	0,09	0,03	0,37	0,98	0,04	26,5	14,4
NE	40	80	4,7	0,64	0,62	0,16	0,01	0,53	0,94	0,075	11,22	0,04	0,03	0,09	1,49	0,36	22,1	1,3
LD	5	19	5,1	0,31	0,05	0,25	0,18	0,17	0,14	0,016	1,44	0,12	0,03	0,39	0,41	0,33	1,4	3,7
LD	15	18	5,8	0,07	0,01	0,60	0,02	0,07	0,24	0,028	1,59	0,13	0,03	0,30	0,76	0,67	1,7	3,6
LD	40	18	6,1	0,03	0,01	0,90	0,03	0,02	0,26	0,011	1,56	0,07	0,03	0,17	0,95	0,86	1,6	1,8
HU	5	24	4,5	0,43	0,16	0,15	0,06	0,13	0,04	0,016	1,12	0,05	0,03	0,25	0,52	0,49	0,5	13,9
HU	15	15	4,9	0,48	0,38	0,11	0,06	0,05	0,04	0,008	1,28	0,02	0,03	0,13	0,72	0,67	0,9	4,7
HU	40	12	5,2	0,16	0,14	0,17	0,01	0,08	0,03	0,019	1,06	0,02	0,03	0,07	0,76	0,73	0,5	1,1
VO	5	20	4,7	0,41	0,17	0,14	0,04	0,01	0,18	0,037	1,67	0,03	0,03	0,21	0,40	0,28	2,2	8,0
VO	15	17	5,1	0,19	0,10	0,19	0,01	0,01	0,21	0,107	1,49	0,03	0,03	0,14	0,33	0,19	2,6	4,4
VO	40	15	5,2	0,19	0,14	0,23	0,01	0,01	0,17	0,045	1,42	0,03	0,03	0,11	0,36	0,23	2,4	2,5
OS	5	28	4,5	0,80	0,32	0,76	0,58	0,75	0,27	0,084	0,88	0,08	0,03	0,58	0,19	0,14	0,9	30,5
OS	15	19	4,7	0,49	0,15	0,49	0,45	0,25	0,29	0,010	0,90	0,08	0,05	0,42	0,18	0,16	0,4	21,0
OS	40	10	5,1	0,29	0,17	0,24	0,04	0,51	0,09	0,011	0,57	0,05	0,03	0,20	0,41	0,39	0,3	7,0
KF	5	M	4,6	0,97	M	0,33	0,48	0,07	0,23	0,003	2,64	0,05	0,03	0,43	0,13	0,03	2,1	0,0
KF	15	17	5,5	0,44	0,26	0,15	0,06	0,13	0,17	0,000	2,38	0,04	0,03	0,18	0,21	0,05	3,0	7,0
KF	40	22	5,1	1,35	0,79	0,20	0,29	0,28	0,27	0,000	2,68	0,04	0,03	0,34	0,17	0,02	3,5	16,5
TU	5	19	6,1	0,15	0,05	0,28	0,02	0,41	0,20	0,001	2,30	0,06	0,03	0,21	0,33	0,18	2,9	5,5
TU	15	31	6,3	0,05	0,04	0,48	0,00	0,28	0,45	0,001	4,01	0,03	0,03	0,10	0,94	0,66	5,2	2,1
TU	40	43	6,1	0,02	0,01	0,60	0,00	0,49	0,61	0,002	5,10	0,03	0,03	0,06	0,71	0,24	9,3	1,0

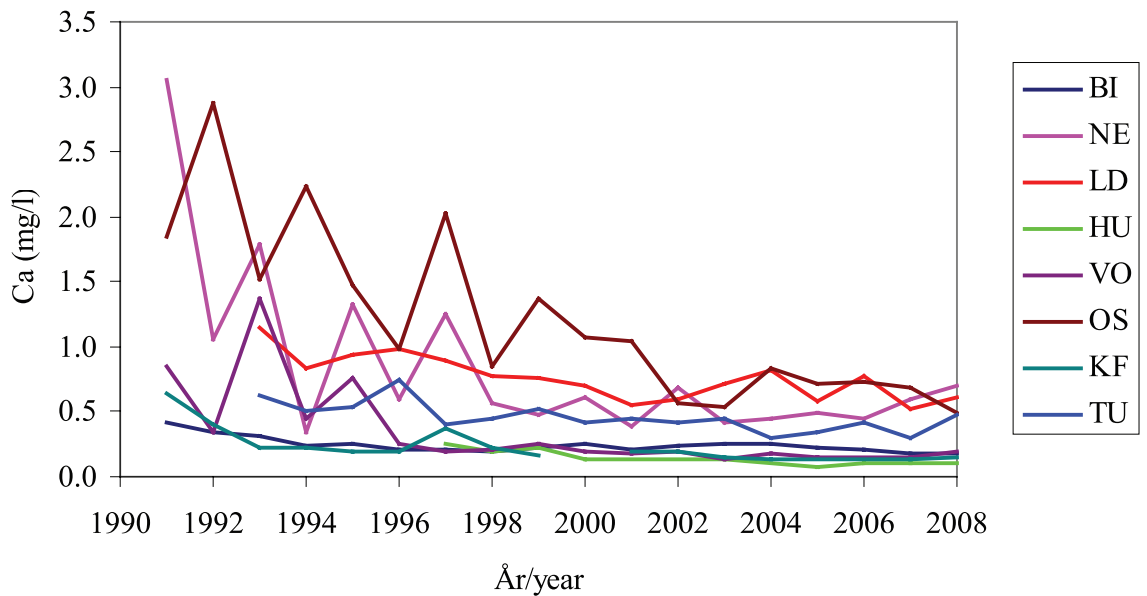
Som for frittfallende nedbør var pH i jordvann generelt lavest på flatene i Sør-Norge. Ikke-marint sulfat var, som i 2007, relativt høyt på flatene i sør, men også på Tustervatn. I 2008 hadde ingen prøver for total aluminium konsentrasjoner over 2,70 mg/l. Over denne grensen kan rottilevning hos små planter bli redusert ved pH 4,0–5,0 (Godbold et al.

1995). Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær deteksjonsgrensen på alle flater.

Langtidstrender for pH, Ca, total Al og ikke-marint sulfat i 15 cm dybde på alle flater er vist i Figur 5. Hverken pH eller konsentrasjonene av kalsium, aluminium og antropogent sulfat viser noen stor endring de siste årene (Figur 5a-d).

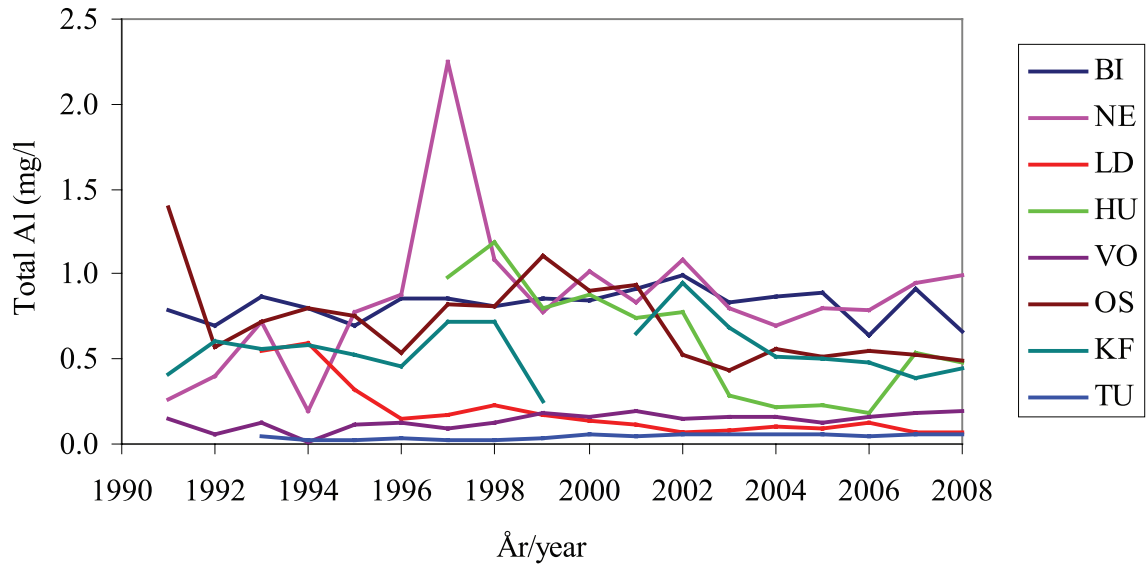


a. pH.

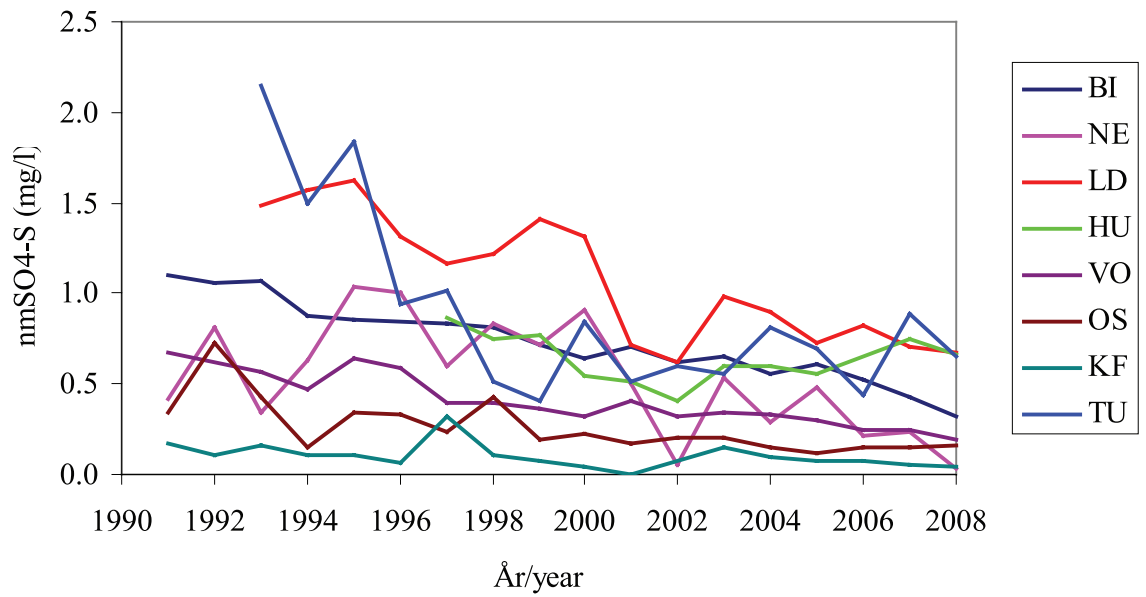


b. Ca.

Figur 5. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint $SO_4\text{-S}$ i jordvann fra 15 cm-sjiktet.
 Figure 5. Long-term trends in pH, Ca, total Al and non-marine $SO_4\text{-S}$ in soil water from 15 cm depth.



c. Total Al.



d. Ikke-marint SO₄-S.

Figur 5. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO₄-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.
 Figure 5. Long-term trends in pH, Ca, total Al and non-marine SO₄-S in soil water from 15 cm depth.

VEGETASJON

Vegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene er fulgt siden etableringen i 1986 (OPS 1989), og de første registreringene ble gjort i perioden 1986–89. Det ble da lagt ut 10 ruter à 1x1 m langs ytterkanten av hver overvåkingsflate, og utført frekvensanalyser ved å legge ei ramme inndelt i 25 småruter over ruta, og deretter talt opp antall småruter med forekomster av hver planteart (OPS 1989). Ved andre gangs registrering i 1991–93 ble antall ruter utvidet til 50 pr flate (Solberg et al. 1999). I 2008 ble det registrert frekvens og dekning i prosent av rutearealet på 1x1 m av enkeltarter på de tre flatene Birkenes, Voss og Tustervatn. Her presenteres vegetasjonsdekningen i 2008 på de tre felta sammen med data fra tidligere registreringer (Tabell 6)

I 2008 har det ikke skjedd noen store endringer i mengde eller frekvens (ikke vist) av artene sammenlignet med registreringer i 2003.

Tresjiktet er forholdsvis stabilt. På Birkenes har det imidlertid vært en nedgang i gjennomsnittlig dekning for gran (*Picea abies*) fra 65 % i 1991 til 47 % i 2008 (Tabell 6).

I feltsjiktet er det en dominans av blåbær på alle flater, med en gjennomsnittlig dekning på 30 % (Birkenes) og 42 % (Tustervatn). På Voss er dekningen av blåbær mye lavere ved de siste to analysene i 2003 og 2008 (34 %) enn den var i 1992 (48 %) og 1998 (39 %). Tyttebær har i dag en dekning mellom 2,4 % (Tustervatn) og 7,0 % (Birkenes). På Voss har dekningen av tyttebær økt fra 1,3 % til 4 % siden 1991. Graset smyle (*Avenella flexuosa*) opptrer på alle flatene i relativ stor mengde. Ser vi på utviklingen har andelen med smyle økt på alle flatene de siste 10 åra etter 1998. I 2008 var den mellom 3,3 % (Birkenes) og 4,3 % (Tustervatn).

Birkenes hadde den høyeste dekning av smyle i 1991, men i de to andre felta har det vært en betydelig økning fram til dagens nivå. Andre lyng og grasartene betyr mindre, med unntak av fjellkrekling (*Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum*) som dekket 2,3 % på Voss i 2008.

På Birkenes er det svært få urter og gras (Tabell 6). Av urter og bregner var det bare skogstjerne (*Trientalis europaea*) som forekom på alle flatene, men med minimal dekning på Birkenes i 2008. Tustervatn og Voss hadde flest urter, deriblant Skogstjerne med en dekning på henholdsvis 1,3 % og 0,4 %.

Flatene preges av mose- og levermoseslekter som er naturlige innslag i blåbærgranskogen. Viktigste blant levermosene er arter som hører til skjeggmoser (*Barbilophozia* spp.) og blant den har gåsefot-skjeggmose (*B. lycopodioides*) størst dekning. Sum skjeggmoser varierte mellom 1,1 % (Birkenes) og 9,3 % (Tustervatn). Sigdmosene (*Dicranum* spp.=sum) dominerte mest på Birkenes med 29 % dekning i 2008. Av andre mosearter har etasjemose (*Hylocomium splendens*) stor dekning særlig på Tustervatn der den økte fra 38 til 47 % fra 1998 til 2008. Torvmoser (*Sphagnum* spp.) forekommer på alle flatene, der Birkenes og Voss har en dekning på henholdsvis 6 og 46 %. Dekningsprosenten av torvmoser har vært økende siden første registrering.

Tabell 6 viser at det er små endringer i dekningen av arter fra 2003 til 2008. I tabellen er arter med signifikant endret dekningsprosent mellom to registreringsår markert med *ulike* bokstaver («a» vs. «b») foran dekningsstallet. To bokstaver «ab» viser betydelige, men ikke signifikante skilnader i forhold til andre årstall. Ingen bokstav betyr at eventuelle skilnader ikke er statistisk sikre (signifikante).

Tabell 6 Utvalg av de vanligste artene med dekning i % på flatene i 1991–2008. Arter som hadde svært liten dekning er ikke tatt med. Opphold betyr at arten mangler på flata. F=feltsjikt, B=busksjikt, Sum= sum dekning av flere arter innen samme slekt.
 Table 6. A selection of the most common species with the associated % cover on the plots during the period 1991-2008. Species with insignificant cover are omitted. Empty spaces indicate non-registered species. F=field layer, B=bush layer.

Flate Plot	Birkenes					Voss				Tustervatn		
År Year	1991	1998	2003	2008	1992	1998	2003	2008	1998	2003	2008	
# prøveruter # Sample plots	41	50	50	50	45	50	50	50	50	50	50	
Dunbjørk (<i>Betula pubescens</i>)	5,37	3,42	3,46	2,60	3,44	3,60	4,20	4,20	2,60	2,40	2,20	
» , (<i>B. pubescens</i>), F+B	0,02	0,12	0,06	0,06	0,02	0,44	0,04	0,14	0,06	0,10	0,10	
Gran (<i>Picea abies</i>)	a 5,20	ab55,30	ab53,70	b 7,10	27,11	24,50	25,50	22,64	28,06	26,76	26,46	
» , (<i>Picea abies</i>) F+B	0,61	1,42	0,70	1,52	0,27	0,46	0,86	0,94	0,12	0,04	0,52	
Furu (<i>Pinus sylvestris</i>)	1,59	1,60	1,20	1,30				0,06				
Rogn, (<i>Sorbus aucuparia</i>) Ff+B	b 0,15	ab 0,34	a 0,44	b 0,08	0,98	1,64	1,98	1,84	5,90	4,22	5,64	
Røsslyng (<i>Calluna vulgaris</i>)	0,41	0,38	0,36	0,28	0,49	0,16	0,32	0,26				
Krekling (<i>Empetrum nigrum</i>)					2,53	1,98	2,32	2,48	0,02	0,04	0,04	
Blåbær (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	29,07	30,32	28,44	29,84	a47,96	ab39,36	b32,26	b33,94	37,32	38,92	41,74	
Tyttebær (<i>V. vitis-idaea</i>)	4,44	6,34	6,52	6,98	b 1,31	ab 1,94	ab3,12	a 3,96	3,08	2,74	2,38	
Smyle (<i>Avenella flexuosa</i>)	a 7,34	b 2,46	b 4,18	b 3,32	2,67	2,62	3,82	4,04	3,10	3,42	4,34	
Blåtopp (<i>Molinia caerulea</i>)	0,02	0,12	0,14	0,06								
Bjønnekam (<i>Blechnum spicant</i>)					0,38	0,22	0,16	0,16				
Skrubbær (<i>Cornus suecica</i>)					3,13	2,46	3,26	2,36	5,54	5,58	7,84	
Sauetelg (<i>Dryopteris expansa</i>)							0,98	0,66	0,48	0,24	0,38	
Fugletelg (<i>Gymnocarpium dryopteris</i>)					2,18	4,38	2,66	1,82	9,34	6,76	6,22	
Linnea (<i>Linnea borealis</i>)					0,44	0,54	0,42	0,20				
Småtvblad (<i>Listera cordata</i>)					0,31	0,24	0,22	0,24				
Stri kråkefot (<i>Lycopodium cordata</i>)					0,13	0,14	0,06	0,04	0,60	0,54	0,66	
Maiblom (<i>Maianthemum bifolium</i>)	0,20	0,72	0,82	0,52	0,29	0,40	0,30	0,28				
Marimjeller (<i>Melampyrum spp.</i>)					ab0,82	a 1,24	a 0,98	b 0,52	0,88	0,50	1,02	
Smørtelg (<i>Oreopteris limbosperma</i>)						0,74	0,24	0,12				
Gaukesyre (<i>Oxalis acetosella</i>)					0,04	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,02	
Hengjeving (<i>Phegopteris connectilis</i>)						0,56	0,34	0,60	0,40	0,30	0,24	
Tepperot (<i>Potentilla erecta</i>)					0,24	0,14	0,26	0,26	0,46	0,52	0,56	
Gullris (<i>Solidago virgaurea</i>)						0,14	0,12		2,88	2,04	2,22	
Skogstjerne (<i>Trientalis europaea</i>)	0,00	0,00	0,00	0,02	0,67	0,34	0,44	0,40	1,70	1,38	1,30	
Gåsefotskjemose (<i>Barbilophozia lycopodioides</i>)	3,80	2,38	1,24	1,06	1,36	1,82	1,24	0,36	6,72	6,36	6,04	
Skjeggmoser (<i>B. spp.</i>)					0,00	0,68	0,52	0,42	4,42	2,92	3,28	
Skjeggmoser, sumert (<i>B. spp.</i>)	a 3,80	ab 2,38	b 1,24	b1,08	ab1,36	a 2,5	ab1,76	a 0,78	11,14	9,28	9,32	
Lundmose (<i>Brachythecium sp.</i>)										0,50	1,34	
Blanksigd (<i>Dicranum majus</i>)	28,07	28,44	27,26	26,66	0,38	0,46	0,78	0,58	1,38	0,54	0,38	
Ribbesigd (<i>D. scoparium</i>)		1,04	1,06	1,26	0,09	0,36	0,18	0,46	0,28	0,12	0,02	
Sigdmose, summert (<i>D. spp.</i>)	28,07	31,40	30,14	29,36	0,49	0,92	1,06	1,08	a 6,72	b 2,98	b 2,1	
Etasjemose (<i>Hylocomium splendens</i>)	b 0,37	ab 1,10	ab 1,48	a 2,42	16,51	13,70	15,56	15,12	b37,74	ab40,72	a47,08	
Flikmoser (<i>Lophozia spp.</i>)					0,11	0,70	0,76	0,20	0,00	0,88	0,74	
Prakthinnemose (<i>Plagiochila asplenioides</i>)			0,02	0,02	0,84	1,06	0,80	0,76				
Kystjammemose (<i>Plagiothecium undulatum</i>)		0,52	0,32	0,30	3,24	2,96	2,72	1,22				
Jammemose (<i>P. spp.</i>)				0,06	0,04	0,08	0,10	0,10				
Furumose (<i>Pleurozium schreberi</i>)	b 2,76	ba 6,02	a 8,32	a 8,28	0,89	2,54	0,96	0,66	a 3,66	b 1,24	b1,64	
Bjørnemose, summert (<i>Polytrichum spp.</i>)	0,66	1,18	0,84	0,66	2,18	1,80	1,68	1,34	0,06	0,14	0,08	
Bakkefrynse (<i>Ptilidium ciliare</i>)	0,10	0,40	0,34	0,30	0,11	0,28	0,32	0,24	0,06	0,04	0,04	
Fjørnase (<i>Ptilium crista-castrensis</i>)	0,05		0,08	0,08	1,58	1,32	1,50	1,36	0,16	0,06	0,04	
Kystkransmose (<i>Rhytidiadelphus loreus</i>)	12,02	13,62	12,70	16,36	18,93	17,30	18,52	16,08	0,52	0,30	0,34	
Engkransmose (<i>R. squarrosus</i>)									0,54	0,70	0,64	
Storkransmose (<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>)					0,02	0,14	0,16	0,42				
Klobleikmose (<i>Sanionia uncinata</i>)							0,02	0,02	0,70	0,34	0,64	
Torvmose, summert (<i>Sphagnum spp.</i>)	3,02	4,22	5,24	6,16	43,64	44,10	45,58	46,34				
Reinlav, summert (<i>Cladonia spp.</i>)		0,02	0,04	0,02		0,06	0,02	0,02	0,12	0,04	0,04	
Sum moser+lav (<i>Mosses+lichens</i>)	b51,00	ab61,72	ab61,44	a65,48	88,93	88,50	90,62	85,88	61,64	57,14	62,96	

Viktige og signifikante endringer i dekning blant felt og bunnsjiktarter er:

Blåbær minket signifikant på Voss fra 1992 til 2008, mens tyttebær økte i samme tidsrom på denne flata. Smyle minket i perioden 1991 til 2008 på Birkenes. På samme flata økte dekningen av etasjemose og furumose fra 1991 til 2008, mens sum skjeggmoser minket i samme tidsrom. På Tustervatn økte dekningen av den dominerende etasjemosen fra 1998 til 2008, mens furumose og sum sigdmoser minket i samme periode. Sum dekning av alle moser og levermoser viste en signifikant endring bare på Birkenes der den økte fra 51 % til 66 % i 2008. I denne summen er det de store skogsmosene som dominerer, for eksempel etasjemose og gåsefotskjemose.

På de tre flatene preges bildet av en dynamisk stabilitet. Mengden av noen arter endret seg signifikant i overvåkingsperioden, men som regel ikke på alle felta samtidig, og heller ikke i samme retning. Med unntak av marimjeller har ingen arter eller artsgrupper av urter endret seg signifikant i forhold til 2003. Det er også vanskelig å finne noen gradienter i endringene. Imidlertid var det en økning av smyle både på Tustervatn og Voss.

På Voss og Tustervatn har det fra første registrering og frem til 2008 vært en sterk økning i dekningen av moser og lav, men dekningen av enkeltarter innen disse gruppene, inkludert levermoser, varierer også mye over tid. Dekningen av lav betyr imidlertid marginalt sammenlignet med dekningen av moser. Variasjon i sum mosedekning på Voss kan også skyldes at dekningsprosenten på 86 % er svært høy og at det knapt er plass til mer levende moser og levermoser. Dessuten kan årlige svingninger ha sammenheng med variasjoner i temperatur og nedbør i vekstsesongen.

Dekningen av graset smyle har vært stabilt eller er svakt økende på feltene om en ser bort fra registreringene på Birkenes i 1991.

TRÆRNES KRONETILSTAND

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av det enkelte treets kronetilstand (vitalitet) målt i form av kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde samt en del andre variabler som er beskrevet i ICP Forests manualen (UNECE 2007b). Kronebedømmelse utføres på alle trær som tilhører hovedtreslaget og som ikke er undertrykt, har toppbrekk eller andre synlige mekaniske skader. 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 voksestedet og dets sosiale status. Redusert bar masse som følge av påvirkning fra nabotrær (sidestrykking og pisking), naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet. For å bestemme kronefarge, anslås andelen misfarget bar (og 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. Treet vurderes fra flere sider der dette er mulig. Bedømmelsen gjennomføres med kikkert, uavhengig av tidligere års registreringer. Feltarbeidet i 2008 ble utført mellom 21. august og 15. september. Flata i Osen er et barblandingsbestand og har et større areal med flere trær enn de andre overvåkingsflatene (se Tabell 9), og presenteres derfor både som én granflate og én furuflate i resultatoversikten for kronetilstand. Endringene i kronetilstand fra 2007 til 2008 (Tabell 7) ble testet med en Student's t-test, som tester sannsynligheten for at differansen av parvise observasjoner er forskjellig fra null (Bhattacharyya & Johnson 1977, SAS Institute 1999). Prosentverdiene i kronebedømmelsen er transformert til arcussinusverdier for å tilnærme normalfordelingen bedre ved denne testen. Endringene er beregnet på grunnlag av de trærne som ble registrert både i 2008 og i 2007 (parvise års data).

Kronetetthet

Gran:

Gjennomsnittet for alle granflatene økte signifikant fra 2007 og lå i 2008 på 80,9 % (Tabell 7), og alle flatene hadde kronetetthet lavere enn 86 %. Det er ingen tydelige trender for utviklingen av kronetetthet over tid for noen av flatene, og gjennomsnittet

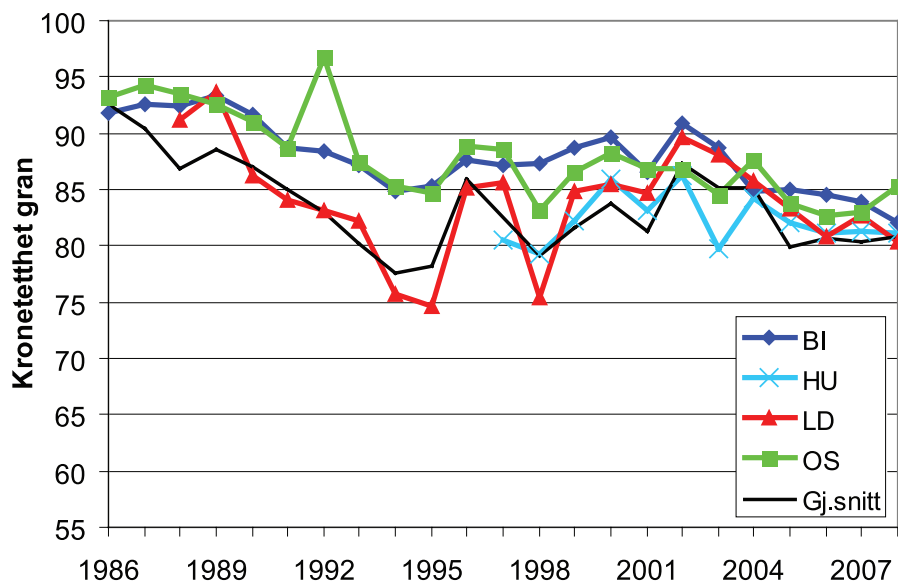
har vært stabilt på rundt 80 % siden 2005 etter til dels store svingninger i kronetettheten i årene før dette. Til sammenlikning var gjennomsnittlig kronetetthet for gran høyere på de landsrepresentative flatene i Norge i 2008 (84 %, Timmermann et al. 2009). Alle flatevise endringer i kronetetthet for gran fra 2007 til 2008, med unntak av Nedstrand, var signifikante (Tabell 7). Voss hadde den største oppgangen i kronetetthet fra året før med 3,3 %, mens Lardal hadde den største nedgangen (-2,3 %). Det var flatene i Nedstrand og Osen som

hadde høyest kronetetthet i 2008 (hhv. 85,6 og 85,3 %), mens Tustervatn og Voss hadde lavest (hhv. 73,9 og 77,5 %), som i tidligere år (Figur 6 og 7). Forskjellen mellom flata med høyest kronetetthet (Nedstrand) og den med lavest (Tustervatn) var omtrent uendret på ca 12 %. De sørøstlige flatene (Birkenes, Lardal, Hurdal, Osen) samt flata i Nedstrand har i nesten hele overvåkingsperioden ligget over eller rundt gjennomsnittet, med unntak av Lardal i enkelte år (Figur 6 og 7). Voss og Tustervatn har i hele perioden ligget under gjennomsnittet.

Tabell 7. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2008 og endringer fra 2007 i parentes (*=signifikante endringer for parvise års data, $p < 0,05$). Gjennomsnittstall for granflatene. Jf. Tabell 1 for flatekoder.

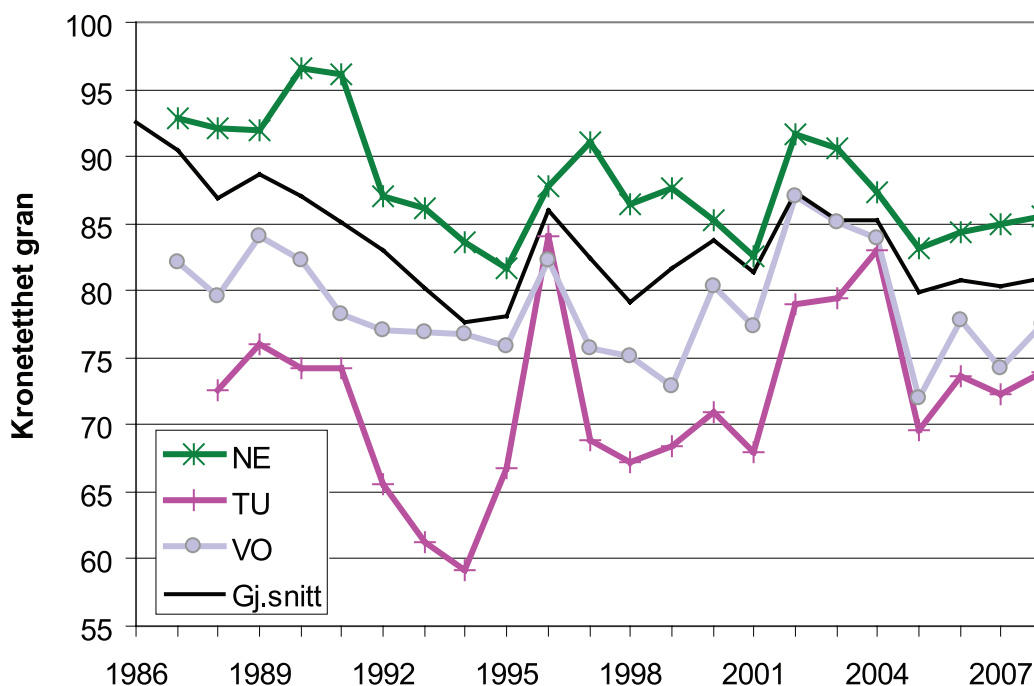
Table 7. Crown density (%) and crown colour (% normal green trees) for main tree species in 2008 and changes from 2007 in parenthesis (*=significant changes for pairwise years' data, $p < 0,05$). Gj.snitt=Mean of the Norway spruce plots.

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge
BI	Gran	82,1 (-1,9 *)	93 (-7)
NE	Gran	85,6 (0,4)	100 (0)
LD	Gran	80,4 (-2,3 *)	91 (-7)
HU	Gran	81,2 (-1,1 *)	82 (-4)
VO	Gran	77,5 (3,3 *)	93 (1)
OS	Gran	85,3 (2,2 *)	97 (-3 *)
OS	Furu	89,5 (1,3 *)	100 (1)
KF	Furu	81,6 (-2,2 *)	95 (-5)
TU	Gran	73,9 (1,9 *)	100 (0)
Gj.snitt	Gran	80,9 (0,7 *)	94 (-3 *)



Figur 6. Utvikling av kronetetthet (%) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal og Osen 1986–2008. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 6. Development of crown density at the Norway spruce plots at Birkenes, Hurdal, Lardal and Osen. Gj.snitt=Mean.



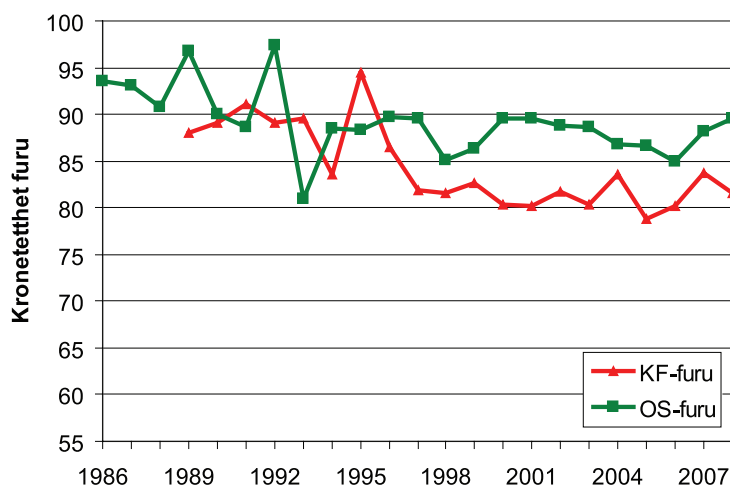
Figur 7. Utvikling av kronetthet (%) på granflatene i Nedstrand, Tustervatn og Voss 1986–2008. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 7. Development of crown density at the Norway spruce plots at Nedstrand, Tustervatn and Voss. Gj.snitt=Mean.

Furu:

Kronetthet for furu i 2008 økte i Osen med 1,3 %, mens den minsket i Kårvatn (-2,2 %). Endringene var signifikante på begge flatene sammenlignet med året før (Tabell 7). Kronetthet blant furutrærne på Osen-flata i 2008 var 89,5 %, mens den i Kårvatn var 81,6 %. Kronetthet på de to furufla-

tene har vært relativt stabil siden 1998 (Figur 8). Blant furutrærne på Osen-flata har kronettheten holdt seg mellom 85 og 90 %, og i Kårvatn mellom 80 og 85 %. Kronettheten for furu i Kårvatn var på det laveste i 2005 (78,7 %), mens den på Osen-flata hadde sitt minimum i 1993 med 81 %.



Figur 8. Utvikling av kronetthet (%) på furuflatene i Kårvatn og Osen 1986–2008.

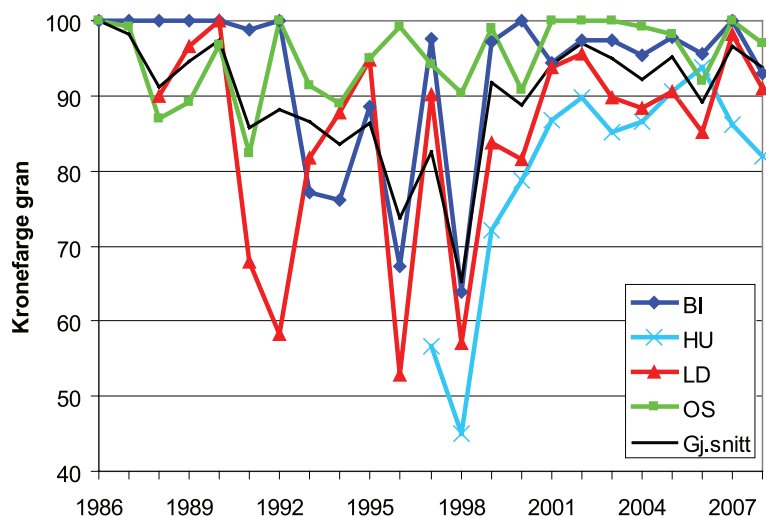
Figure 8. Development of crown density at the Scots pine plots at Osen and Kårvatn.

Kronefarge

Gran:

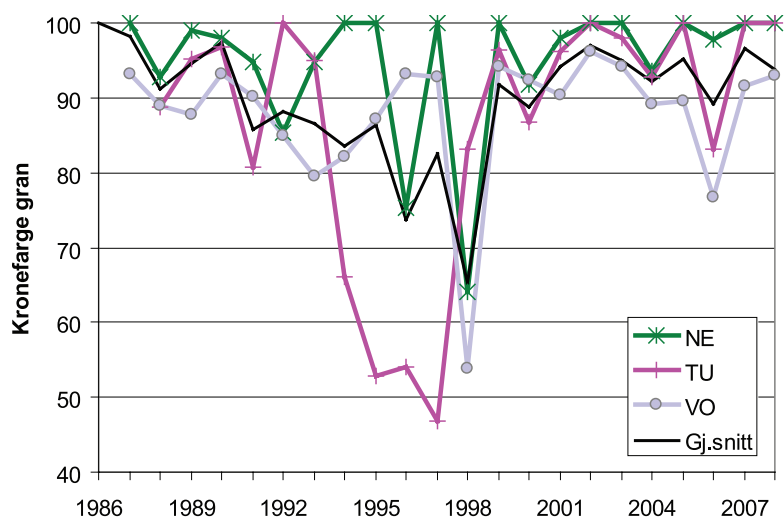
Andelen misfargete grantrær økte fra 2007 til 2008 på flere flater (Tabell 7), men kun endringen for Osen-flata og for gjennomsnittet av alle flatene var signifikant. Med unntak av Hurdal, som hadde mest misfarging av alle flater, ble nesten alle gran-

trærne bedømt som friskt grønne (maks. 10 % misfarging) i 2008. Siden 1999 har andelen normalt grønne grantrær på de intensive overvåkingsflatene generelt vært høy, over eller rundt 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging (Figur 9 og 10), sannsynligvis relatert til tørkeperioder som forekom hyppig i 1990-åra.



Figur 9. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal og Osen 1986–2008. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 9. Development of crown colour (% normal green trees) at the Norway spruce plots at Birkenes, Hurdal, Lardal and Osen. Gj.snitt=Mean.



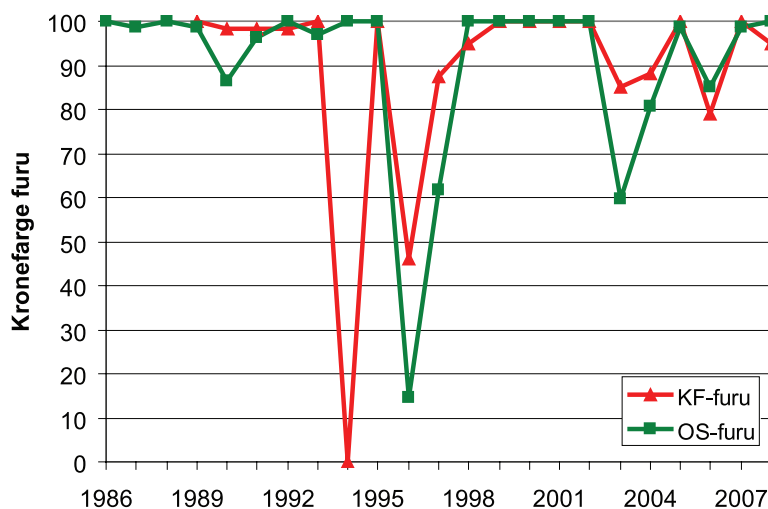
Figur 10. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Nedstrand, Tustervatn og Voss 1986–2008. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 10. Development of crown colour (% normal green trees) at the Norway spruce plots at Nedstrand, Tustervatn og Voss. Gj.snitt=Mean.

Furu:

Utviklingen i kronefarge for furutrærne i Osen og Kårvatn i 2008 fulgte det samme mønster som for kronetetthet med en forbedring i Osen og en nedgang i andelen normalt grønne furutrær i Kårvatn. Endringene var likevel ikke signifikante (Tabell 7). Det var ingen misfarging på furutrærne i Osen, og

bare 5 % i Kårvatn i 2008. Det har vært store svingninger i kronefarge for furu gjennom overvåkingsperioden, særlig på midten av 1990-tallet (Figur 11). I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.



Figur 11. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på furuflatene i Kårvatn og Osen 1986–2008.

Figure 11. Development of crown colour (% normal green trees) at the at the Scots pine plots at Osen and Kårvatn.

Skader og avdøying

Etter internasjonale kriterier (Lorenz et al. 2008, UNECE 2008) defineres trær som skadet når de har en kronetetthet lavere enn 75 % og/eller mer enn 25 % misfarging (Tabell 8).

Av 587 trær som ble kronebedømt på de intensive overvåkingsflatene i 2008, hadde 90 trær (15 %) en kronetetthet lavere enn 75 % og elleve mer enn 25 % misfarging (Tabell 9). Mens størsteparten av disse trærne bare var «moderat skadet» etter ICP Forests' definisjon (Tabell 8), var det fire som var «alvorlig skadet» med en kronetetthet lavere enn 40 % og/eller mer enn 60 % misfarging. Halvparten av trærne med kronetetthet lavere enn 75 % stod på den høytliggende flata i Voss, og på flata i Tustervatn som ligger både relativt høyt og langt nord. Med en gjennomsnittlig kronetetthet lavere enn 75 % er faktisk hele flata i Tustervatn definert som «moderat skadet» etter ICP Forests' kriterier (Lorenz et al. 2008).

Det ble ellers registrert få skader på overvåkingsflatene (Tabell 9): Tre furutrær i Kårvatn hadde tørkeskader i form av misfarging og nåletap. 15 grantrær,

hvorav mer enn halvparten i Tustervatn, hadde «dieback»-symptomer i varierende omfang (5–30 % av krona). «Dieback» er avdøying av små og store kvister fra ytterst i krona og innover mot stammen, og kan bl.a. skyldes råte fra honningsopp (toppskranting) eller tørke. I mange tilfeller vil dette gi sterkt redusert kronetetthet, slik man kunne observere i Tustervatn. Det ble registrert tre grantrær med nye toppbrekk. Trærne på flatene i Birkenes og Nedstrand er særlig utsatt for toppbrekk; i Birkenes som følge av stor snøbelastning om vinteren, og i Nedstrand, der flata ligger vindutsatt til i en sørvendt og bratt li 100 m fra Nedstrandfjorden (Boknafjorden), pga sterk vind kombinert med påvirkning fra nabotrær i et tett bestand med høye trær. På flatene i Osen og Hurdal ble det observert fire grantrær med sår eller kvaeutfloed og én furu med tyritopp. Ett grantrær i Hurdal hadde dødd siden forrige registrering i 2007.

Tabell 8. Kronetthets- og misfargingsklasser i henhold til UNECE og EU klassifisering (modifisert etter Lorenz et al. 2008). Klassene 3–5 refereres til som skade, både på tre- og flatenivå (Lorenz et al. 2008).

Table 8 Crown density and discolouration classes according to UNECE and EU classification (modified after Lorenz et al. 2008). Classes 3-5 are referred to as "damaged", both on tree and plot level (Lorenz et al. 2008).

Klasse	Kronetthet	Misfarging	Skadenivå
1	≥90 %	≤10 %	Ingen
2	89–75 %	> 10–25 %	Lett («warning stage»)
3	74–40 %	> 25–60 %	Moderat
4	39–1 %	> 60	Alvorlig
5	0 %		Dødt tre

Tabell 9 Trærnes status i 2008: Antall bedømte, ikke-bedømte og døde trær, samt antall registrerte skader i 2008. Jf. Tabell 1 for flatekoder.

Table 9. Number of trees assessed, not assessed, dead trees and recorded damages.

Flate	Hovedtreslag	Kronebedømt	Levende, ikke bedømt				Døde trær		SUM	Skader 2008								
			Hengende	Toppbrekk	Undertrykt	Annet	Stående døde	Liggende døde		Kronetthet <75 %	Misfarging >25 %	Tørkeskader	Dieback	Nye toppbrekk	Sår/kvæutflod	Tyritopp	Nye døde trær	
BI	Gran	45	9	42	7		30	16	149	4				1				
NE	Gran	47		11	23	7	27	4	119	3				1				
LD	Gran	55	1	4	26	6	6	4	102	11	2		3					
HU	Gran	62		1	5	1	4	1	74	9	5		1		2			1
VO	Gran	61	2	4	26	8	17	8	126	18	1							
OS	Gran	124	8		169	2	13	6	322	5			3		2			
OS	Furu	67			1		1		69	1								1
KF	Furu	64		3	38	1	1		107	12	3	3						
TU	Gran	62	1	3	21	2	25	7	121	27			8	1				
SUM		587	12	35	351	34	124	46	1189	90	11	3	15	3	4	1		1

DISKUSJON

Tilførslene av langtransporterte svovel- og syreforbindelser til Norge har avtatt betydelig i de 20 årene skogtilstanden er overvåket her i landet. Nitrogen-deposisjon har trolig ført til økt tilvekst i skogen i Norge (Solberg et al. 2004, Andreassen et al. 2009). 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 trærs tilvekst, vil disse to effektene motvirke hverandre. Det er derfor vanskelig å påvise effekten av hvert enkelt element. Ser vi på perioden etter 2000 har innholdet av kjemiske elementer i kronedrypp og jordvann bare i liten grad endret seg her i landet. Ozoneksponeringer viser ingen tydelig trend der det hverken er påvist noen økning eller noen reduksjon. 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 overskridelser av kritiske grenseverdier for atmosfæriske luftforurensninger og ozon (UNECE/EC 2007a). 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 Norge ligger 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).

Vegetasjon påvirkes både av endringer i bestandstilstand, klima og forurensninger (deposisjon), og noen arter er mer følsomme enn andre. Dekningen av graset smyle har vært litt varierende i de årene de tre flatene er vegetasjonsregistrert. Ser vi bare på siste 10-årsperiode (1998–2008), har det likevel vært observert en svak økning i deknningen av smyle. Siden smyle er følsom for endringer i nitrogendeposisjon, der smylemengden vanligvis øker med økt nitrogennedfall, er det viktig å følge med på eventuelle endringer i mengden av smyle. Økningen av smyle er også observert tidligere kan derfor tyde på økt nitrogen på flatene (Andreassen et al. 2007). Moser og lav har også økt i løpet av de 17 årene vegetasjonen er observert, men det er litt opp og ned enkelte år. Unntaket er flaten på Voss der det gjennom hele overvåkingsperioden har vært mye moser og lav (85–90 % dekning)

Kronetilstanden for gran og furu endret seg lite på de intensive overvåkingsflatene i 2008. Hos gran økte kronetettheten noe i 2008, men har vært relativt stabil de siste fire årene. De store svingningene som ble observert hos gran på 1990 tallet og frem til 2004, ser nå ut til å ha stabilisert seg. Langtransporterte forurensninger kan også virke inn og forstyrre bildet, for eksempel økt vekst ved nitrogendeposisjon (Solberg et al. 2004, Andreassen et al. 2009).

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. 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., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V., Aas, W. 2007. Intensiv skogovervåking i 2006. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2006. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Viten 04/2004: 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.
- Andreassen, K., Solberg, S., Aas, W., Clarke, N., Timmermann, V. 2009. Nitrogen deposition increases the growth of Norway spruce in Norway. (Manus submitted).
- Bhattacharyya, G.K. & Johnson, R.A. 1977. Statistical concepts and methods. John Wiley & Sons, New York. ISBN 0–471–03532–7.
- De Wit, H.A. 2000. Solubility controls and phyto-toxicity of aluminium in a mature Norway spruce forest. Doctor Scientiarum Theses 2000: 14. Norges landbrukshøgskole, Ås, Norge.
- 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 1996. *Manual for sampling and chemical analyses*. Kjeller (EMEP/CCC-Report 1/95. Revidert 2001).
- EMEP 2008 *Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe*. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status Report 1/2008.
- Godbold, D.L., Jentschke, G., & Marschner, P. 1995. *Solution pH modifies the response of Norway spruce seedlings to aluminium*. *Plant Soil* 171: 175–178.
- 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.
- Kvaalen, H., Solberg, S., Clarke, N., Torp, T. & 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.
- 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., Seidling, W., Ferretti, M., Schaub, M., Calatayud, V., Bacaro, G., Gerosa, G., Rocchini, D., Sanz, M. 2008: Forest Condition in Europe. 2008 Technical Report of ICP Forests. Work report of the Institute for World Forestry 2008/1, Hamburg, 107 pp+Annexes.
- 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.
- 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.
- 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.
- Timmermann, V., Hysten, G. & Larsson, J. Y. 2009. Helse tilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 2008. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 2009.
- 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 (United Nations Economic Commission for Europe) 2008. The Condition of Forests in Europe. – 2008 Executive Report, Hamburg. ISSN 1020–587X. 19 pp+Annexes.
- 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>
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2008. The Condition of Forests in Europe. – 2008 Executive Report, Hamburg. ISSN 1020–587X. 19 pp+Annexes.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. 2009. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2008. Statlig program for forureningsovervåking. SPFO-rapport 1033/2009. 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
GENRESSURSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

