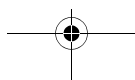
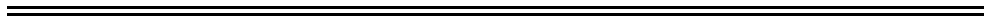
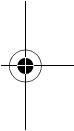
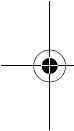




Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2003

*Norwegian monitoring programme for forest damage.
Annual report 2003*

Dan Aamlid, Skogforsk
Kjell Andreassen, Skogforsk
Gro Hysten, NIJOS
Wenche Aas, NILU



Sammendrag

Aamlid, D., Andreassen, K., Hysten, G., & Aas, W. 2004. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2003. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2003*. Rapp Skogforsk. **12/04: 1-26**.

Trekronene til gran og furu ble tettere mens bjørka holdt seg på samme nivå som i 2002. Flere furu- og bjørketrær hadde frisk grønn farge, mens flere grantrær hadde mer enn 10 % misfarging i krona sammenlignet med året før. Eldre trær har lavere kronetetthet og mer misfarging enn yngre trær. Skader fra lauvspisende insekter var registrert på 36,6 % av bjørketrærne. Fjellskogen og skogen i Sør- og Nord-Trøndelag har lavere kronetetthet, større andel trær med misfarging og er generelt eldre sammenlignet med alle registrerte trær i hele landet.

På skogoppsynets overvåkingsflater i produksjonsskog med gran, var det samlet sett en ubetydelig nedgang i kronetetthet siden året før, men mest nedgang på Sør og Østlandet. Kronefargen i denne landsdelen ble også mest redusert.

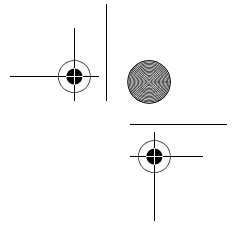
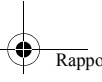
Dødeligheten var omtrent som i tidligere år, med unntak av yngre furu (<60 år) hvor dødeligheten var større enn tidligere (0,6 %).

Skogens helsetilstand, registrert ved kronetetthet, misfarging og avdøing, påvirkes i stor grad av klimatiske forhold, enten direkte som ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at det påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Klimatisk styrte soppanygrep har hatt usedvanlig stort omfang de siste årene. Det er ikke funnet tegn som tyder på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog.

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) har vært i drift siden 1986. Formålet er å overvåke skogens vitalitet, og vurdere betydningen av langtransporterte luftforurensninger. Overvåkingen omfatter registreringer på to omfattende og landsdekkende sett av overvåkingsflater, det vil si «landsrepresentative overvåkingsflater» og «skogoppsynets overvåkingsflater», på 13 intensivt overvåkede flater, samt deler av den nasjonale overvåkingen av langtransporterte luftforurensninger.

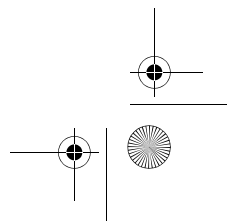
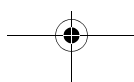
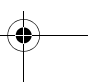
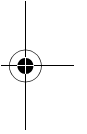
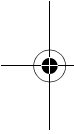
Nøkkelord: Skogens helsetilstand, overvåking, skogskader

Key words: Forest health, monitoring, forest damage



Innhold

Sammendrag	2
1. Innledning	4
2. Materiale og metoder	4
3. Resultater	8
3.1 Trærs vitalitet	8
3.2 Spesielle skader i 2003	11
3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger	13
3.4 Kjemiske forhold i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog	16
3.5 Kjemisk innhold i grannåler	18
3.6 Vegetasjon	18
4. Diskusjon	20
5. Tilstanden i den norske skogen i forhold til andre land i Europa	22
6. Konklusjon – skogtilstanden	23
Litteratur -	25



1. Innledning

Omkring 1980 var det utbredt bekymring for skader av langtransporterte luftforurensninger på skog. Dahl & Skre (1971) hadde framsatt en hypotese om at tilveksten i skog i Norge på følsomme voksesteder ville bli redusert med 1,5 prosent på grunn av sur nedbørs utvasking av kalsium fra jordsmonnet. Rundt 1980 fikk rapporter om «Skogdøden», eller de «nye skogskadene» i Mellom-Europa mye oppmerksomhet. Det ble hevdet at disse skadene var utbredt og akselererende. De ble beskrevet som en rekke nye symptomer som ikke kunne henføres til noen bestemt årsak, men måtte oppfattes som en sykdom i skogøkosystemet forårsaket av luftforurensninger. I motsetning til denne oppfatningen hadde det norske SNSF-programmet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk) vist at skader på skog i Norge forårsaket av sur nedbør var lite sannsynlig, men at man ikke kunne utelukke langtidseffekter, som magnesiummangel på grunn av jordforsuring (Abrahamsen et al. 1993).

I begynnelsen av 1980-tallet satte de fleste europeiske land i gang skogskadeovervåking med hensikt å få en oversikt over skadene og følge utviklingen over tid. Arbeidet ble underlagt FN's konvensjon om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger, og ble organisert i programmet ICP-Forests (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests). I Norge er det Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) som på oppdrag av myndighetene utfører skogovervåkingen, som del av det internasjonale samarbeidet i ICP-Forests. OPS ble etablert i 1984/1985 og kom i drift med egne observasjoner fra 1986. Formålet til OPS er å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, og vise utviklingstendenser over tid og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk) koordinerer og leder arbeidet med skogovervåkingen på oppdrag fra Landbruksdepartementet og Statens forurensningstilsyn (SFT). I tillegg til Skogforsk deltar Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og Norsk institutt for luftforskning (NILU), samt skogoppsynet hos fylkemannen og i landets kommuner. Metodene for observasjoner og målinger er koordinert av det europeiske programmet, og registreringsmetodikken er dermed den samme over hele Europa (Tabell 1).

Det er tre aktuelle hovedhypoteser for hvordan skog kan skades av langtransporterte luftforurensninger:

- direkte skader av ozon i luft
- indirekte ved aluminiumforgiftning som følge av jordforsuring
- indirekte ved magnesiummangel som følge av jordforsuring

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet fremstilling av resultatene fra OPS til og med 2003. For mer detaljert informasjon vises det til rapporter fra de utøvende institutter, se litteraturliste nedenfor.

2. Materiale og metoder

Overvåkingen i OPS omfatter registreringer på tre landsdekkende sett av overvåkingsflater i skog (Fig. 1), samt at OPS inngår i den nasjonale overvåkingen av tilførsler av

langtransporterte luftforurensninger. Metodene i skogovervåkingen har fulgt de europeiske anbefalingene som er nedfelt i håndboken; *Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests* (Anon. 1998). Luftforurensningsprogrammet følger EMEP-manualen (EMEP 1996). Enighet og felles bruk av metoder er grunnleggende for internasjonal overvåking, og helt essensielt for å bruke resultater i internasjonal lovgivning.

Grunnleggende registrering på alle observasjonsflater som inngår i programmet, og som er obligatorisk for å delta i det europeiske programmet (ICP Forests), er observasjoner av «trærnes vitalitet» ved visuell kronebedømmelse, det vil si registrering av kronetetthet, kronefarge og skader.

Antall flater i Norge som observasjonene har vært utført på har variert. I de senere år har det vært en reduksjon i antall, slik at nettet av flater er blitt mer glissent, og dessuten med noe lavere prøvetakingshyppighet og færre observasjoner.

Landsrepresentative flater (LF) er som navnet sier landomfattende og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP-Forests Level I-flater (Hysten & Larsson 2004). LF driftes av Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS). Fra 1989 til 2000 ble kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Registreringer i dette nettet ble delvis nedlagt før feltsesongen i 2001. Bjørk som stod på flater i et 18x18 km nett ble overvåket fra 1992 til og med 2001. Fra 2002 har den nasjonale overvåkingen av gran-, furu- og bjørkeskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefargen til prøve-trærne av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km). Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. De første registreringene ble utført av Landskogstakseringen i 1984. Flater i bjørkeskog har vært med siden 1992. Tilvekst registreres periodisk. I 2003 ble 1536 flater og 8499 trær oppsøkt og registrert.

Skogoppsynets flater (SF), tidligere kalt *fylkesvise lokale overvåkingsflater (FLF)*, er et nasjonalt opplegg som startet i 1988. Registreringene utføres av skogoppsynet ved de kommunale landbrukskontor og Fylkesmannens miljøvernavdelinger, mens Skogforsk har ansvaret for det faglige og for rapporteringen. Det utføres årlig kronebedømmelse, samt tilvekstregistreringer i femårsperioder. Det er i alt ca 600 flater med ca 35000 trær i fire typer produksjonsskog. Flatene er subjektivt utvalgt, i produktive skogbestand, hovedsakelig gran, i fire alders- eller utviklingstrinn; hogstklasse III (yngre produksjonsskog), IV (eldre produksjonsskog), V (gammel skog), samt de såkalte ekstremflater (gammel skog hvor utglisning og misfarging er utbredt).

Intensive flater (IF), driftes av Skogforsk, og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP-Forests level II-flater (Andreassen et al. 2004). Intensiv overvåking (Level II i ICP-Forests programmet) skjer på fast definerte flater på ca 2500 kvadratmeter i homogen skog. En Level II flate i ICP-Forests programmet kalles intensivt overvåket fordi det på disse flatene inngår et større og mer avansert registrerings og måleprogram for å fremskaffe mange ulike typer data for å kunne gi en mer omfattende og detaljert informasjon om skogøkosystemet. Disse dataene er også viktige i det internasjonale samarbeidet der data fra Level II flatene gir grunnlag for vurderinger av skogøkosystemet på europeisk nivå.

Flatene ble etablert i homogen skog i nesten alle fylker i perioden 1986–1989. I 2003 var 13 flater i drift. Registreringer på disse flatene skal fremskaffe mange ulike typer data for å kunne gi en omfattende og detaljert informasjon om skogøkosystemet. Kronevurdering og jordanalyser er obligatorisk. I tillegg utføres analyser av kjemisk innhold i luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt observasjon av skogsvegetasjon. Enkelte registreringer utføres årlig, mens noen målinger foretaes med en til to ukers mellomrom. Når disse målingene vurderes sammen kan mulige effekter av luftforurensinger avdekkes. Målinger og observasjoner av strøfall, fenologi og meteorologi inngår også i det europeiske programmet, men for tiden ikke i OPS.

Målinger i det nasjonale overvåkingsprogrammet for forurensningsutvikling i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på et tjuetalls stasjoner i Norge (Aas et al. 2004). OPS inngår i dette, og mange av lokalitetene ligger i nærheten av de intensive overvåkingsflatene.

Nærmere beskrivelse av det norske skogovervåkingsprogrammet og de metoder som benyttes finnes i Aamlid et al. (1991), Horntvedt et al. (1992) og Venn et al. (1993, 1995), samt på programmets Internettsider: <http://www.skogforsk.no/ops>

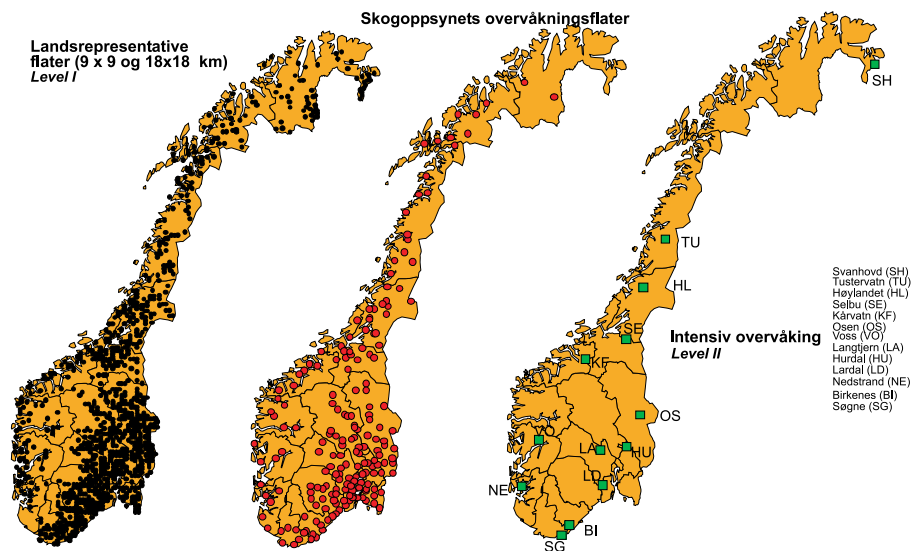


Fig 1 De tre settene av overvåkingsflater i 2003; fra venstre

Tabell 1. Observasjoner som i OPS (2003) og internasjonale anbefalinger

Flatetype	LF – Level I 1536 flater	IF – Level II13 flater	SF 600 flater	ICP-Forests
Flatestørrelse	250 m2	2500 m2	Variabel	Level I har fire klustre av 4 trær i et 16x16 km nett. Level II: min 2500 m2 i homogen skog.
Kronetetthet	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig
Kronefarge	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig	Alle flater, obsen gang årlig
Tilvekst	Alle flater, hvert femte år	Alle flater, obsen gang hvert femte år	Alle flater, en gang hvert femte år	Alle Level II, flater. Ikke med på Level I
Jordkjemi	Alle flater, en gang	Alle flater, minst en gang	Alle flater på Sør-Østlandet en gang	Alle flater
Barnålkjemi	45 flater, en gang	Alle flater, annet hvert år	Alle flater på Sør-Østlandet en gang	Alle flater på Level II hvert annet år
Nedbør i skog	*	Alle flater, kontinuerlig.	*	Noen flater (****), kontinuerlig
Jordvann i skog	*	Alle flater, kontinuerlig	*	Noen flater, kontinuerlig
Vegetasjon	*	Alle flater, hvert femte år	*	Alle flater, hvert femte år
Strøfall	*	15års tidsserie. Avsluttet i 02	*	Noen flater, valgfri
Meteorologi **	*	**	*	Noen flater, kontinuerlig
Luftkjemi	*	***	*	Noen flater, kontinuerlig
Fenologi	*	Ikke i Norge	*	Noen flater, valgfri

* kun Level II

** kun delvis på en flate i Norge

*** Norge måler luftkjemi i SFT's «sur nedbør program» (NILU).

**** Med noen flater menes omtrent 10% av totalt antall Level II flater i landet

3. Resultater

3.1 Trærs vitalitet

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2003 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er lite endret fra foregående år (2002).

I den landsrepresentative overvåkingen ble 90,4 % av alle oppsøkte trær i 2003 registrert som levende og 0,2 % som døde. 8,5 % av trærne var undertrykte, 0,4 % hadde stammebrekk, 0,3 % hadde tørrtopp og 0,2 % var avvirket. Kronetilstandsregistreringer ble utført på alle levende trær som tilfredstilte kravene til overvåkingstrær; 3348 gran-, 2559 furu- og 1776 bjørketrær.

Gjennomsnittlig kronetetthet var for gran 82,8 %, furu 83,6 % og for bjørk 78,8 %. For gran og furu representerte dette en økning på henholdsvis 1,7 og 1,2 prosentpoeng. For bjørk var kronetettheten lik året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu. Siste 5 års registreringer viser en økning av kronetettheten (Fig. 2). Kronetettheten for bjørk har hatt en positiv utvikling siden 1994.

Eldre trær har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Andelen trær med fulltete kroner var for gran 48,5 %, furu 33,6 % og for bjørk 28,0 % som alle representerer en økning sammenlignet resultatene for 2002.

Vitalitetsregistreringer utført av skogoppsynet i 2003 (Fig. 3) viste en nedgang i kronetettheten i Sørøst-Norge (-1,5 %). Andre landsdeler hadde en økning (ca 1 %), og denne var størst i Trøndelag. Ser vi på kronefarge og mortalitet ble landsgjennomsnittet dårligere enn året før, da både andelen grønne trær sank (med 2 %) (Tabell 2) og mortalitet økte (fra 0,2 % til 0,3 %).

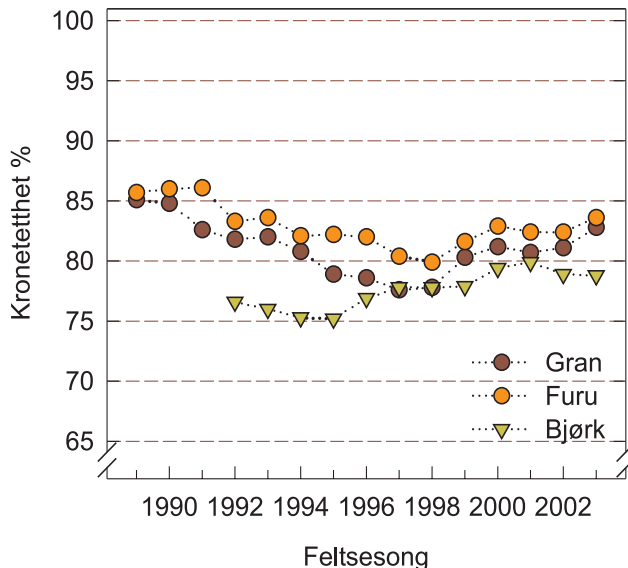


Fig. 2. Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

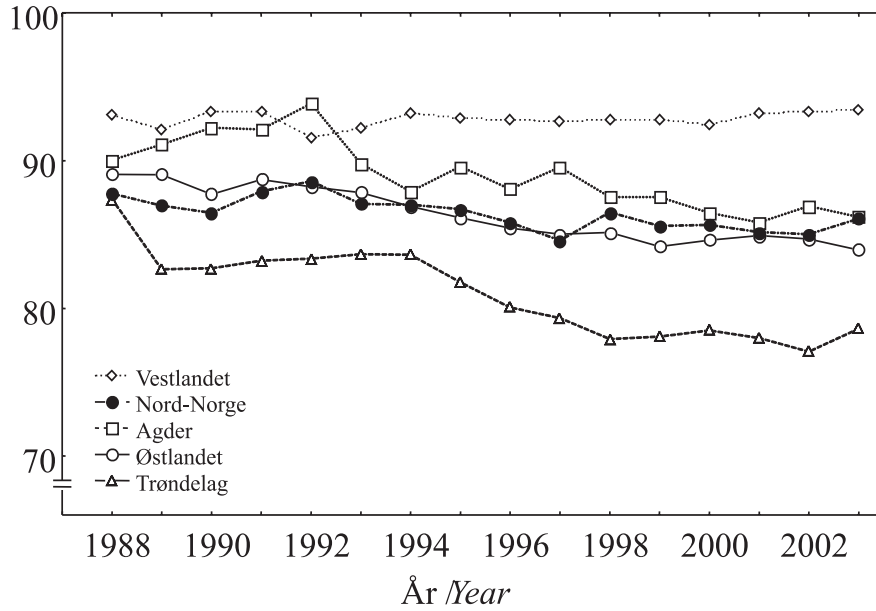


Fig. 3. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for granflatene fordelt på landsdel, skogoppsynets flater.

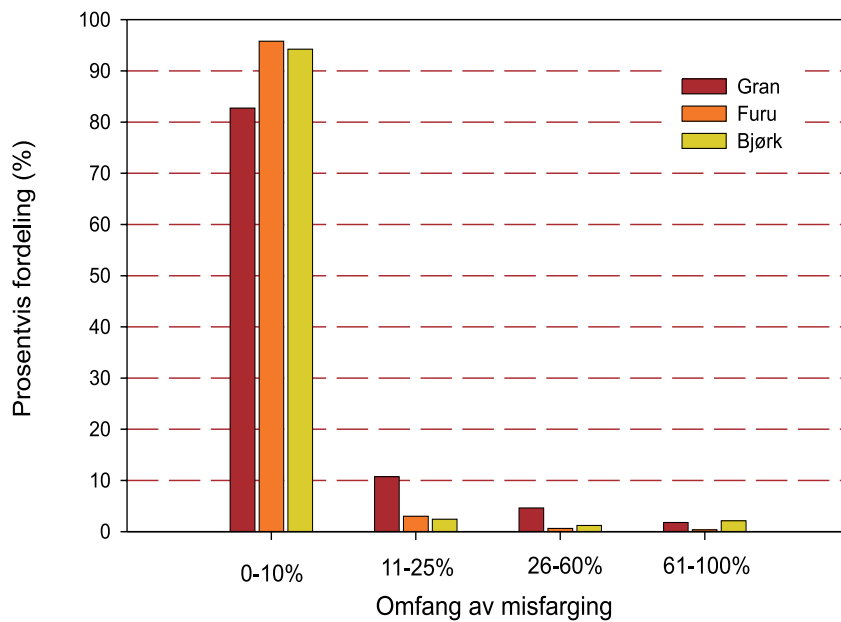


Fig. 4 Omfang av kronemisfarging for gran, furu og bjørk på landsrepresentative flater.

Andelen grantrær med grønn kronefarge (prosentandel trær med 90 % grønne barnåler) var 82,9 % som er 1,1 % lavere enn året før (Fig. 4). Det er hovedsakelig eldre trær som er misfarget (Fig. 5). Furu og bjørk ble grønnere. For furu var det en økning i andelen trær med grønn kronefarge på 3,1 prosentpoeng til 96,0 %, og for bjørk var økningen på 4,4 prosentpoeng til 94,4 % (Fig. 5).

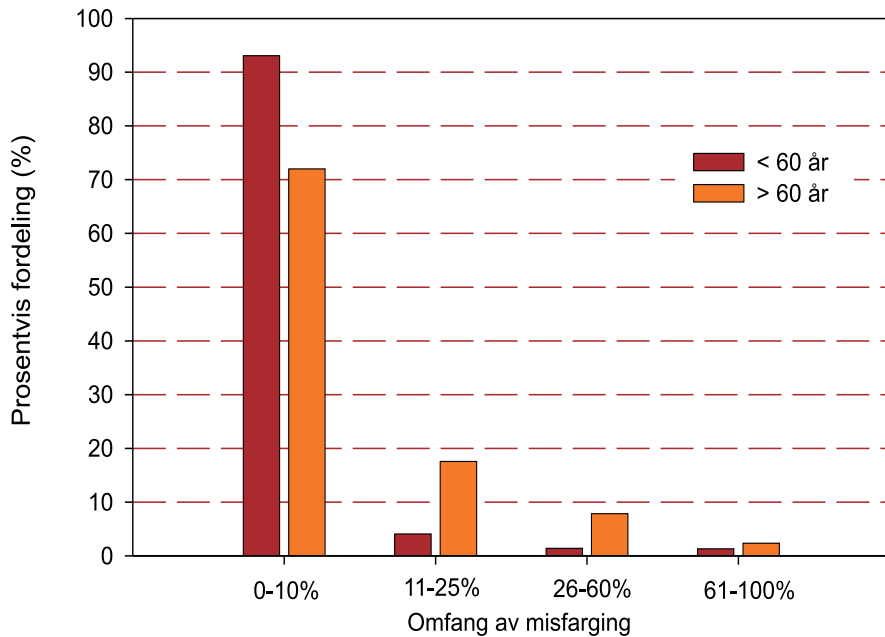


Fig. 5 Omfang av kronemisfarging for gran yngre og eldre enn 60 år for Landsrepresentative flater.

På 36,6 % av trærne ble det registrert lauvspisende insekter. Det er ikke registrert så store angrep på lauvet siden registreringene av slike skader startet i 1997.

Generelt sett ble det ikke registrert unormal skogdød i 2003. På landsbasis var dødeligheten for alle treslag 0,2 % siste år. Yngre furu hadde en dødelighet på 0,6 %. En mulig forklaring kan være angrepene av furuas knopp og greintørkesopp i 2001.

Tabell 2. Utvikling av kronefarge fordelt på landsdel for skogoppsynets flater, prosentandel trær med 90 % grønne barnåler

År	Østlandet	Agder	Vestlandet	Trøndelag	Nord-Norge
1988	90	93	99	86	83
1989	86	94	98	91	87
1990	86	94	98	86	91
1991	81	88	97	87	91
1992	77	88	96	89	94
1993	85	80	96	88	93
1994	78	83	97	84	92
1995	87	89	99	86	88
1996	84	86	97	86	89
1997	82	87	97	81	86
1998	87	92	96	84	95
1999	83	90	97	88	93
2000	85	93	97	90	95
2001	88	89	99	94	96
2002	90	94	99	94	93
2003	87	87	98	95	93

På de intensive flatene har trærnes vitalitet (kronetetthet, kronefarge, og skader) vært relativt stabil de siste årene. Fra 2002 til 2003 ble det likevel observert en svak nedgang i kronetetthet fra 87 til 86 %, og en redusert andel grønne trær fra 97 til 92 % (kronefarge).

3.2 Spesielle skader i 2003

– fra Skogskader på Internett» – Se også <http://www.skogforsk.no/skogskade/> for siste nytt.

Granrustsoppangrep. Mange steder på Østlandet var det mye angrep av granrustsoppen (*Chrysomyxa abietis*). Angrep er registrert ned til ca 100 moh, men sterkest er angrepene fra rundt 400 moh. Sterke angrep er registrert blant annet i Nordmarka og i Østerdalen fra Elverum til Engerdal (Fig. 6).

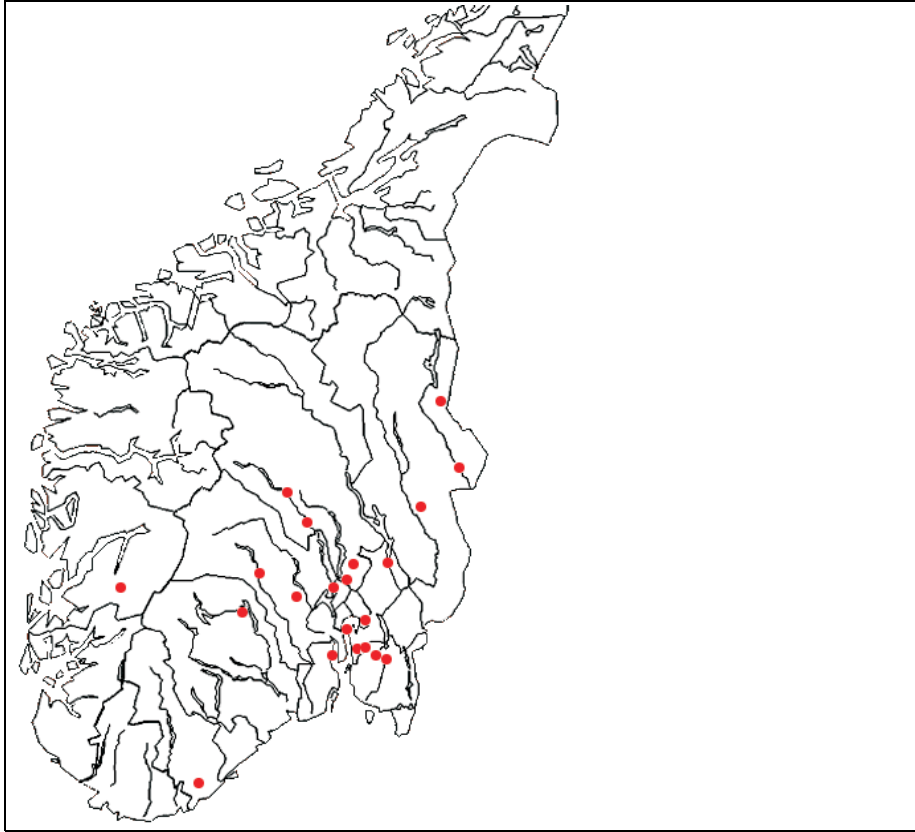


Fig. 6. Rapporterte angrep av granrustsoppen i sør-Norge i 2003.

Eikedød på Sørlandet. Det er registrert eikedød flere steder på Sørlandet. Det ser ut til å være en langsom eikedød som har pågått noen år. Det starter med en generell utglisning i krona, etter hvert blir utglisningen sterkere hvor det kun er dusker med bladverk spredt i krona. Tilslutt dør de angrepne trærne. Enkelte skrantende trær kan tilsynelatende dø nokså raskt, men vanligvis går prosessen over flere år. Årsaken til eikedøden er foreløpig ukjent, men stressfaktorer som frost og tørke kan være medvirkende. Også honningsopp opptrer på de skrantende og døde eiketruer. Inntrykket etter en kort befaring på to eiendommer med utbredt eikedød er at den kan sammenlignes med den langsomme eikedøden i Sverige, hvor honningsopp synes å være sterkt medvirkende. Honningsopp er en velkjent skadegjører i skogøkosystemet, og angriper mange forskjellige treslag. Av bartre er gran utsatt, mens popler, lønn og eik er mest utsatt av løvtre. Honningsopp er ikke så aggressiv at den angriper og dreper friske, vitale tre. Den er derimot vanlig i forbindelse med forskjellige typer av stress. I Norge er dette tidligere registrert i forbindelse med grandød på Sørøstlandet og ble da satt i forbindelse med tørkestress.

3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

Svovel- og nitrogenforbindelser i luft ble i 2003 målt på åtte stasjoner på fastlands-Norge, hvorav seks er tilknyttet OPS flater. Prøver ble tatt døgnlige eller ukentlige.

Det er relativt små endringer i luftkonsentrasjonene for 2003 sammenlignet med foregående år. Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på 0,31 mg S·m⁻³ og Karasjok med 0,20 mg S·m⁻³. Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS programmet, men er representativ for regionen. Det høyeste døgnmidlet for SO₂ ble målt i Karasjok med 3,12 mg S·m⁻³, mens den høyeste maksimumsverdien av partikulært sulfat (4,13 mg S·m⁻³) ble målt på Birkenes. Det høyeste årsmiddelet for partikulært sulfat (0,64 mg S·m⁻³) var på Søgne. De høyeste døgnmiddelverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av NO₂ observeres ved stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med 0,41 mg N·m⁻³, mens høyeste årsmiddelverdier for «sum ammonium» hadde Tustervatn med 1,15 mg N·m⁻³. Dette skyldes bl.a. påvirkning fra lokal landbruksaktivitet.

Den totale avsetningen av nitrogen og svovel er summen av det som avsettes i form av nedbør (våtavsetning) og avsetningen av gasser og partikler (tørravsetning). På grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør blir tørravsetningen av svovel- og nitrogenkomponenter markert større om sommeren enn om vinteren i alle landsdelene unntatt i Finnmark. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetningen var 15–30 % om sommeren og 6–20 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør (hvh. 49 % tørravsetning om sommeren og 51 % om vinteren). Tørravsetningen for nitrogenkomponentene bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

Endringer i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer rimelig med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP, 2003). Fra 1980 var den gjennomsnittlige observerte reduksjonen av SO₂ konsentrasjonen i Norge mellom 82 % og 93 % og for sulfatpartikler mellom 64 % og 73 %. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogenforbindelsene i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, utenom en relativt tydelig nedgang for NO₂ etter 1990, Figur 7.

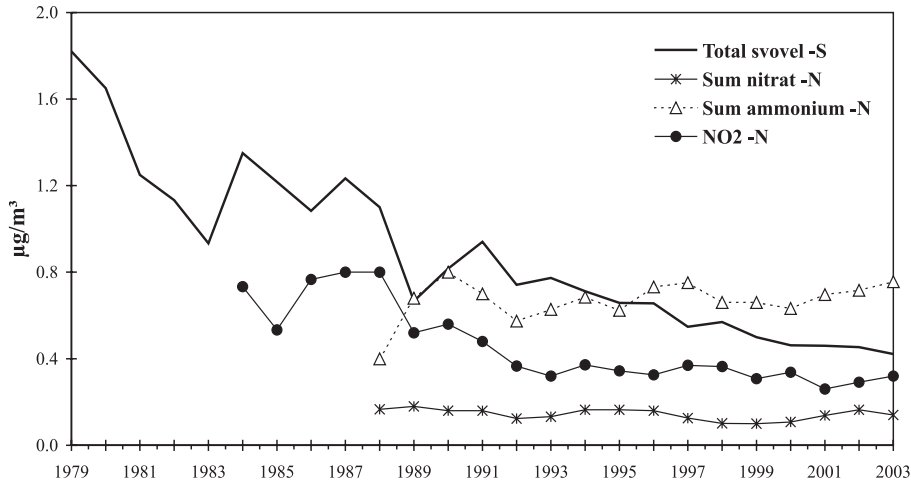


Fig 7. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2 + \text{SO}_4^{2-}$), oksidert nitrogen ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3$), redusert nitrogen ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) og NO_2 på fem norske bakgrunnsstasjoner.

Ozon (konsentrasjon) ble i 2003 målt (med UV monitor) på åtte OPS flater (inklusive Prestebakke som ikke lenger inngår i OPS). Det benyttes flere ulike kriterier for å vurdere mulige effekter av ozon på skog og vegetasjon. Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Vekstsesongens lengde varierer med planteslag og breddegrad. 6-månedersperioden april-september er valgt som vekstsesong. EUs ozondirektiv (Miljøministeriet, 1994) fastsetter også grenseverdier for beskyttelse av plantevekst. I tillegg er det under UN ECE utarbeidet kriterier basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, betegnes AOT40). Grenseverdien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 7-timers middel (kl. 09–16) i april-september ble overskredet i hele landet i 2003. Middelverdien var størst på Prestebakke med $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Også SFTs tålegrense på $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ (8-timers middel) og EUs grenseverdi på $65 \text{ mg}/\text{m}^3$ (24-timers middel) ble overskredet på samtlige stasjoner. Grenseverdien for landbruksvekster (AOT40 = 3000 ppb-timer fra 15. mai – 15. aug) ble overskredet på Prestebakke og Sandve i 2003. Grenseverdien på skog, 10.000 ppb-timer beregnet for dagslystimer i perioden 1. april – 1. oktober, ble derimot ikke overskredet på noen av stasjonene. Den regionale fordelingen av ozoneksponering (AOT 40) er vist i figur 8.

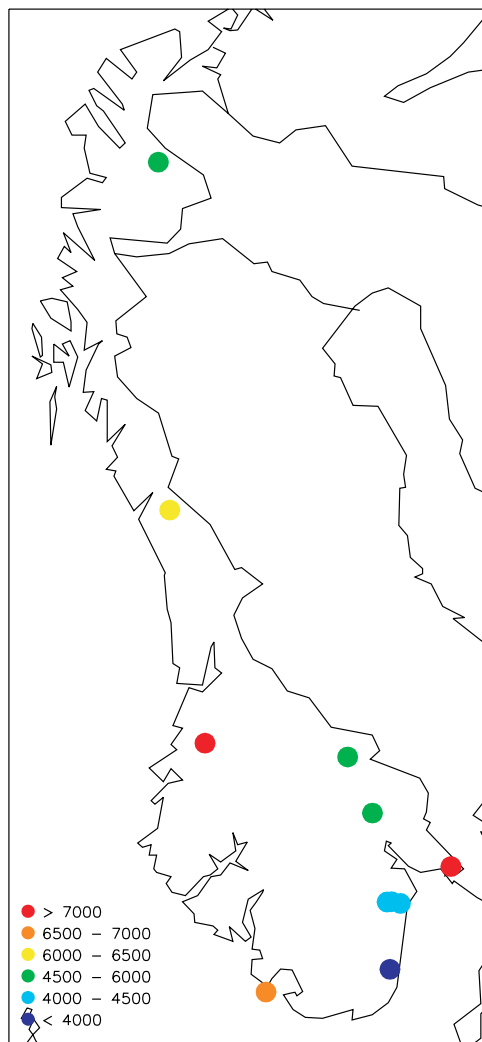


Fig. 8. Eksponeringsdoser (AOT40) for perioden 1. april – 1. oktober 2001 (ppb-timer).

Ozonkonsentrasjonene påvirkes i stor grad av meteorologiske forhold og har variert betydelig fra år til år, men det er ingen markert endring over lengre tidsperioder (Fig. 9.).

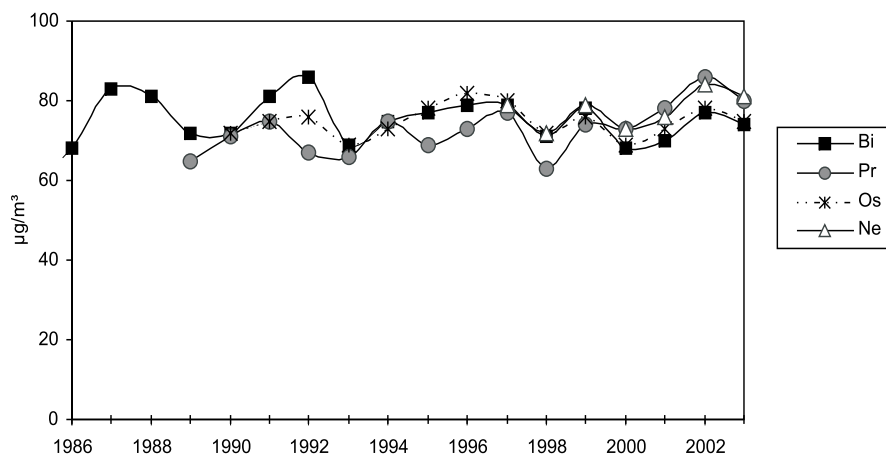


Fig 9. Middelkonsentrasjon av ozon for sju timer (kl 09–16) i vekstsesongen (1. april – 1. okt.) fra 1986 til 2003

3.4 Kjemiske forhold i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør i skog – Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslipp og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett i resultatene de siste årene kan derfor tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre tilførsel, spesielt av SO_4 . Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deponisjon enn feltene i nord. Ett unntak var Svanhovd (som ligger nær den russiske industribyen Nikel) der ikke-marint nedfall av sulfat var relativt høyt (1,9 mg/L). Tilførsel av antropogent sulfat har holdt seg relativt konstant de siste 6–7 årene. Deponisjon av nitrogenforbindelser ser også ut til å holde seg relativt konstant de siste årene.

Jordvann – I 2003 ble jordvannet samlet inn hver uke i den frostfrie og telefrie delen av året. Før kjemisk analyse ble prøvene slått sammen slik at de representerte en 4 ukers periode. pH i jordvann var generelt lavest på flatene i Sør-Norge, og høyest i Nord-Norge. Det er uklart om dette skyldes sur nedbør eller et naturlig surere jordsmønn sør i landet.

Konsentrasjoner av ikke-marint sulfat varierte mye (Fig. 10), men var høyest i Svanhovd der tilførsel av svovel fra byen Nikel er betydelig

Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær deteksjonsgrensen på alle flater unntatt på Søgne. På Søgne var det, som i tidligere år, relativt høye nitratkonsentrasjoner i jordvann på våren. Bortsett fra flatene på Søgne, virker risikoen for uaksep-

tabel lekkasje av nitrat å være liten. Nitratlekkasje kan dog være alminnelig og forekomme under visse betingelser som for eksempel under snøsmeltingen om våren.

Konsentrasjoner av både totalt og labilt aluminium (et estimat på de giftige Al-forbindelsene) var i 2003 langt under hva som regnes som toksiske grenser, og ingen konsentrasjon over 1,5 mg/l ble målt (Fig. 11)

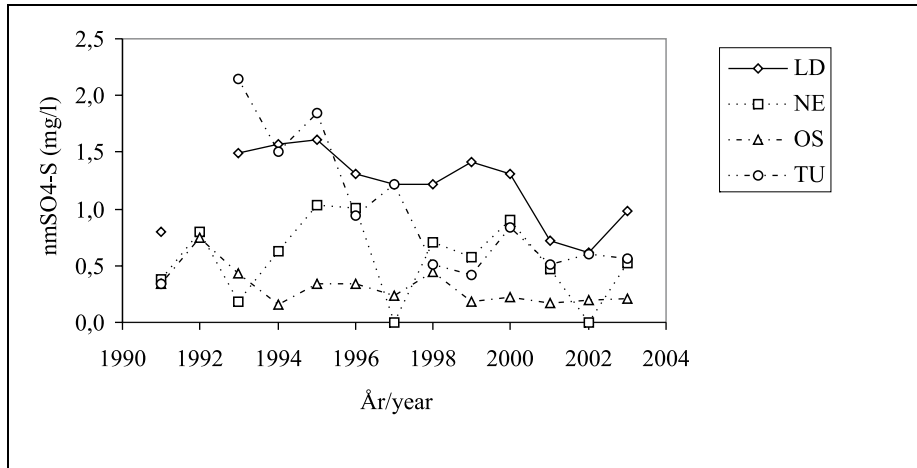


Fig. 10. Langtidstrender i ikke-marint SO₄-S jordvann fra 15 cm-sjiktet på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

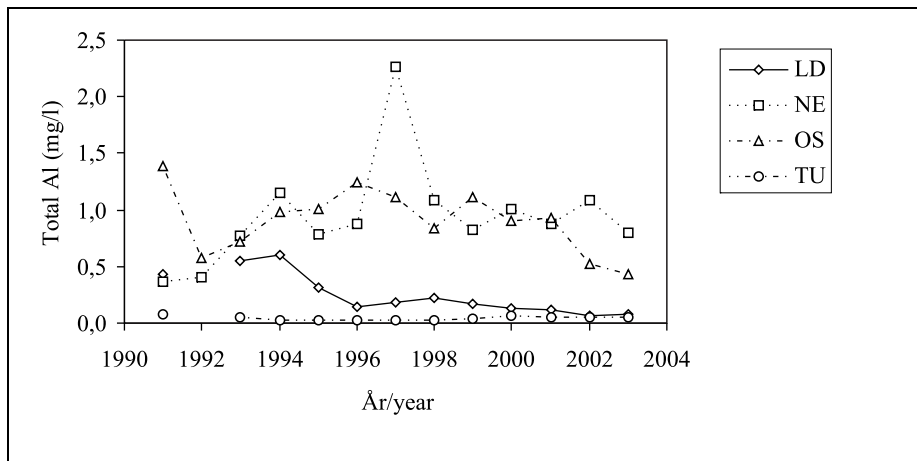


Fig. 11. Langtidstrender for konsentrasjon av totalt aluminium i jordvann fra 15 cm-sjiktet på fire intensive flater: Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervann.

3.5 Kjemisk innhold i grannåler

I 2003 ble det også tatt nåleprøver for kjemisk analyse, og også her var det lite endringer fra tidligere år. Gjennomsnittet av makronæringsstoffene Ca, Mg, K, N, P, og S var hhv. 3, 1, 6, 11, 1, og 1 mg pr gram tørrstoff i nålene, noe som er normalt for eldre granskog i Norge (Tab. 3). Konsentrasjonen av nitrogen i nålene var derimot under grensen for næringsmangel på en del flater, men dette er imidlertid normalt i boreale barskoger.

Tabell 3. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff og av tungmetallene kobber og nikkel i µg/g tørrstoff i årets barnåler 2003 (* = Konsentrasjon under deteksjonsgrense, 1,1 µg/g).

Flate	Ca	Mg	K	N	P	S	Cu	Ni
SG	3,2	1,0	5,7	14,1	1,3	0,82	2,9	6,6
BI	2,5	1,4	7,6	13,3	1,5	0,87	3,4	1,3
NE	3,3	1,2	6,1	12,4)	1,1	0,77	2,3	1,6
LD	3,8)	1,3	6,5	13,3	1,5	0,84	2,3	*
HU	2,9)	0,8	4,9	10,9	1,2	0,68	2,5	1,4
LA	2,5)	1,1	6,3	10,1	1,2	0,70	1,8	*
VO	3,3	0,9	6,6	11,9	1,4	0,82	2,2	3,0
OS	4,7	1,0	6,3	11,3	1,7	0,68	1,7	*
KF	2,0	0,9	5,7	8,3	1,0	0,59	3,1	*
SE	3,9	1,0	5,5	10,8	1,3	0,66	1,9	1,9
HL	3,8	1,3	7,1	11,8	1,4	0,80	2,1	*
TU	1,3	0,9	7,8	9,5	1,5	0,72	2,5	*
SH	2,1	1,5	6,4	13,7	2,0	1,30	5,3	13,2
Gj.snitt	3,0	1,1	6,3	11,6	1,4	0,79	2,6	2,7
Endring fra 2001	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,01	-	-
Optimumsgrense	0,7	0,8	7	18	1,8	0,9	3	-
Mangelgrense	0,6	0,6	5,5	15	1,5	0,7	2	-

3.6 Vegetasjon

Vegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene er blitt fulgt siden etableringen i 1986. Det ble da etablert 10 ruter á 1x1m langs ytterkanten av hver overvåkingsflate. Ved andre gangs registrering i 1991–93 ble antall ruter utvidet til 50 pr flate. I 2002 ble det i tillegg etablert flere størruter på flatene for å oppfylle siste revisjon av ICP-Forests manualen. Det store antallet ruter antas å dekke variasjonen i felt- og bunnvegetasjonen på flatene. Vegetasjonen registreres ved å anslå den enkelte arts dekningsgrad i prosent.

I 2003 ble det foretatt registreringer av frekvens og dekning av enkeltarter på de fire flatene Birkenes, Voss, Høylandet og Tustervatn.

Kar- og karsporeplanter.

Mengden (dekningsprosenten) av blåbær siden forrige registrering i 1998 var stabil på Birkenes og Tustervatn, og på Birkenes var mengden også stabil sammenlignet med 1991. På Høylandet ble det registrert en økning av mengden blåbær på +8,6 %, mens det ble registrert en reduksjon på Voss (-7,1 %). Der ble det også registrert en mindre nedgang av blåbær på 1,6 % fra 1992 til 1998. På Voss var det en økning i mengden av tyttebær (+1,2 %). Mengden tyttebær har økt hele tiden siden 1992. Derimot var mengden av smyle stabil mellom 1992 til 1998 på Voss, mens den var signifikant større i 2003 i forhold til 1998 (1,2 %). På Birkenes skjedde det derimot en sterk reduksjon av smyle fra 1991 til 1998 (fra 7,3 % til 2,5 %) mens den økte med 1,7 % fra 1998 til 2003. Også på Høylandet var det en svak, men signifikant nedgang i mengden av fugletelg fra 1998 til 2003 (-1,1 %), mens nedgangen var noe sterkere på Tustervatn (-2,5 %). Mengden av skogstjerne (*Trientalis europaea*) hadde også en svak tilbakegang på Høylandet (-0,74 %).

Moser og levermoser.

Mosearter og -slekter med signifikant endring i dekningsgrad mellom 1998 og 2003 er vist i Tab. 4. På Høylandet og Tustervatn var det en forholdsvis sterk nedgang i deknningen av moser, levermoser og lav. Den negative endringen var tydeligst for sigdmoser på Tustervatn og kystjammemose (*Plagiothecium undulatum*) på Høylandet. På Birkenes minket gåsefotmoser, mens torvmoser og furumose økte. De viktigste mosene som sigdmoser og kystkransemose viste bare en svak ikke-signifikant nedgang her.

På de fire flatene som ble registrert i 2003 preges bildet av en «dynamisk stabilitet». Mengden av noen arter endret seg signifikant, men som regel ikke på alle felte samtidig. Det er derfor vanskelig å finne noen gradienter i endringene. Imidlertid var det en økning av smyle både på Birkenes og Voss. Disse to flatene ligger i områder med stort nedfall av nitrogen.

Tabell 4. Moser og lav med signifikant endring i mengde (% dekning) mellom 1998 og 2003.

Moser	Flate	Diff 2003–1998	Standard avvik	Signifikans nivå
Gåsefotmoser (<i>Barbilophozia</i> spp.)	BI	-1,04	0,38	0,0086
Gåsefotmoser (<i>Barbilophozia</i> spp.)	TU	-1,86	0,616	0,0040
Sigdmoser (<i>Dicranum</i> spp.)	TU	-3,74	0,696	<0,0001
Sigdmoser (<i>Dicranum</i> spp.)	VO	0,14	0,057	0,0180
Etasjemose (<i>Hylocomium splendens</i>)	BI	0,38	0,137	0,0077
Kystjammemose (<i>Plagiothecium undulatum</i>)	HL	-4,90	0,961	<0,0001
Torvmoser (<i>Sphagnum</i> spp.)	BI	1,02	0,351	0,0054
Torvmoser (<i>Sphagnum</i> spp.)	HL	-1,88	0,852	0,0321

Tabell 4. Moser og lav med signifikant endring i mengde (% dekning) mellom 1998 og 2003.

Moser	Flate	Diff 2003–1998	Standard avvik	Signifikans nivå
Furumose (<i>Pleurozium schreberi</i>)	BI	2,30	0,727	0,0270
Furumose (<i>Pleurozium schreberi</i>)	HL	-1,46	0,548	0,0110
Furumose (<i>Pleurozium schreberi</i>)	TU	-2,42	0,753	0,0023
Sum moser og lav	HL	-14,12	1,808	<0,0001
Sum moser og lav	TU	-5,70	1,878	0,0138

4. Diskusjon

Omfanget av skogskader i Norge synes ikke å være unormalt stort, selv om det er usikkerhet rundt dette, fordi vi ikke har data fra langt tilbake i tid som kunne fungert som referanser. Det er registrert en stabil helsetilstand i norske skoger de siste 4–5 årene, selv om soppangrep i noen år har hatt usedvanlig stort omfang. Skogens vitalitet, vurdert ved kronetetthet og kronefarge, samt mortalitet, har ikke endret seg vesentlig gjennom overvåkingsperioden. Imidlertid har det vært regionale forskjeller i tilstand og utvikling, der spesielt Trøndelag og det indre Østlandet har skilt seg ut i negativ retning både for gran, furu og bjørk. Dødeligheten for alle de registrerte treslagene var omtrent som i tidligere år. Generelt fører de fleste typer stress og skader, inkludert skader hvor luftforurensninger kan ha virket predisponerende, til redusert kronetetthet eller misfarging. Kronebedømmelsen er imidlertid subjektiv og beheftet med feilkilder. Dette fører til usikkerhet når den virkelige variasjonen i rom og tid er liten. I Norge synes kronebedømmelsen å gi en grov, men rimelig god beskrivelse av trærnes vitalitet og utviklingen over tid. Denne vurderingen er basert på analyser av kontrollregistreringer av observasjoner, sammenligninger av resultater fra forskjellige datasett og korrelasjonsanalyser mellom kronebedømmelsesvariable og tilvekst (Solberg 1999).

Østlandet, og til dels Sørlandet, hadde i 1989–97 en periode med nedgang i kronetetthet, mye misfarging og høy mortalitet, men denne utviklingen har snudd de siste årene. De siste 5 årene har det vært en stabilisering av tilstanden, og på de landsrepresentative flatene har det endog vært påvist en svak bedring av kronetettheten. En sannsynlig årsak til dette var tørkesomrene i disse områdene av landet i 1989, 1991, 1992, 1994 og til dels i 1997. Disse somrene ble etterfulgt av en iøynefallende misfarging og påfølgende avdøying av barnåler, – konsentrert over relativt kort tid i september og oktober. Dette er kjente symptomer på langvarig tørkestress, og kan forklare mye av den forbigående gulfargen og nedgangen i kronetetthet i perioden 1989–97 (Solberg 2004). Målinger av strøfallet på de intensivt overvåkede flatene har gjenspeilt disse periodene med nålefalling. Avdøingen var også gjennomgående høyere i disse landsdelene i denne perioden, og besto hovedsakelig av spredte barkbilleangrep på gran i gammel skog, særlig i Vestfold. Dette er et område som har vært rammet hardt også tidligere av tørkeskader og barkbilleangrep. At tørke er en stressfaktor i denne landsdelen viser også

den sterke sammenhengen mellom tørkestress i juni og redusert tilvekst (Solberg et al. 2003, Andreassen et al. 2004)

Trøndelag er den landsdelen som har lavest kronetetthet. Årsakene til dette er ukjent, men noe av forklaringen kan være gjentatte angrep av granrustsopp, mye gammel skog, og mye skog på voksesteder nær kysten og nært skoggrensa, og som dermed er utsatt for sterke klimatiske påkjenninger. Den sterke tørken i 2002 kan ha vært en årsaksfaktor. Et annet eksempel på en sterk klimatisk påkjenning er stormen i januar 1992, som førte til kraftig nålefall og spredt avdøing.

Det geografiske mønsteret i skogens vitalitet, og variasjonene over tid, samsvarer ikke med det geografiske mønsteret en skulle forvente å finne ved skader av luftforurensninger landet sett under ett. Norge har et geografisk mønster for tilførsler av luftforurensninger, som er tilnærmet uendret fra år til år; – i hovedsak er mengdene størst i sør. Den avtakende tilførselen mot nord er tydeligst for tilførsler av sur nedbør, i betydningen forurensninger oppløst i nedbør, sulfat, nitrogen-forbindelser og sterk syre (H^+). At skogsjorda i det sørligste Norge generelt har lav tålegrense for sur nedbør pga at jorddekke er tynt og i stor grad består av mineraler som forvitrer seint, bidrar også til at en forventer eventuelle effekter først sør i landet.

Klimatiske forhold har betydelig innvirkning også på de vannkjemiske forholdene i skogøkosystemet. Særlig er høye konsentrasjoner av aluminium i stor grad et resultat av sjøsalttilførsler gjennom *ionebytteprosesser*. Tilførsel (deposisjon) av langtransportert svovel med nedbøren har avtatt sterkt siden midten av 1970-tallet, og tilførslene er nå omtrent halvert. Sulfatkonsentrasjonen i jordvannet har avtatt tilsvarende.

Konsentrasjoner av forurensninger i luft og av mulig toksisk aluminium i jordvann på de intensive flatene er generelt lavere enn grenseverdier for skadelige effekter på skog. Men det er fortsatt usikkerhet omkring eventuelle effekter, fordi måletidsseriene i så henseende er korte. Jordforsuringen vil være gradvis tiltakende over tid, og at effekter dermed kan komme på lengre sikt. Denne tidsforsinkelsen, sammen med at tilførslene av sur nedbør er sterkt redusert de siste 30 årene, bidrar også til at det er usikkert om en eventuell jordforsuring i de mest utsatte områdene fortsatt pågår. Men vi kan ikke se bort fra at det finnes påvisbare effekter av sur nedbør på svært følsomme lokaliteter. Analysene av vegetasjon viser at det er relativt store forskjeller mellom to analysetidspunkt på to N-belastede flater. N-belastningen kan være en faktor, men ikke minst værforhold og andre endringer i vekstbetingelser er sannsynlige årsaker. Når det gjelder ozon er det usikkerhet, fordi en eventuell effekt på skog ikke er styrt av ozonbelastningen alene, men av et samspill mellom ozonbelastning og værforhold.

Årsakene til variasjonene i skogens vitalitet er usikre, men resultatene av overvåkingen så langt, sammenholdt med registreringer av skogskader, tyder på at skogskadebildet i stor grad er styrt av værforholdene og skadegjørere, og kan sees som regionale mønstre som endrer seg noe fra år til år. Klimatiske forhold kan gi skader direkte, eller de kan legge grunnlag for sopp- og insektangrep. Soppene granrust (*Chrysomyxa abietis*), furuas knopp- og greintørke (*Gremmeniella abietina*) og bjørkerust har hatt omfattende angrep de siste årene, og disse angrepene er i stor grad klimatisk styrt. En del av forklaringen er at fuktig vær, slik vi har hatt mye av i Sør-Norge de siste årene, legger til rette for spore-spredning og -etablering. Enkelte skadetyper er av kronisk art, og kan forklare vedvarende misfarging og kroneutglisning. I en sveitsisk undersøkelse

nylig ble det funnet sterk sammenheng mellom rotkjuke og begge disse kronevariablene (Schmid-Haas 2002).

Det er i OPS ikke funnet tegn på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog (Solberg & Tørseth 1997, Solberg et al. 2002). Nye tålegrenseberegninger for Norge, med forbedrede estimater for forvittringshastighet, tyder også på at sur nedbør, gjennom jordforsuring, ikke ville ha vært noen nevneverdig stressfaktor for skog på sikt (Larssen & Høgåsen 2003). Dette gjelder også dersom tilførselene av sur nedbør hadde forblitt på det høye nivået det var på 1970-tallet. Tolkningen av dette er at forvitringen av mineralmateriale i skogsjorda er en langsiktig kilde av basekationer til jordvannet, som er stor nok til å erstatte tapet av basekationer pga sur nedbør og hogst. Det er imidlertid fortsatt usikkerhet, som gjør at effekter ikke *definitivt* kan utelukkes. Det er særlig usikkerhet knyttet til kriteriet for skader på trær, samt at det kan finnes følsomme lokaliteter som ikke er fanget opp i dagens datasett.

5. Tilstanden i den norske skogen i forhold til andre land i Europa

I løpet av de siste årene har kronetilstanden for bartrær i Europa generelt endret seg i positiv retning, og spesielt gjelder dette for furu. Det har blitt færre trær med utglisning større enn 25%. Denne trenden gjelder også for de nordiske landene, med unntak for Sverige (Fig. 12). Utviklingen i den norske skogtilstanden tilsvarer derfor den utviklingen som har funnet sted i europeiske land Norge kan sammenlignes med. Den europeiske rapporten fra ICP-Forests peker på flere mulige årsaker til forbedringen som er observert. Det legges spesielt vekt på innvirkninger ulike værforhold har på skog. Det følgende er gjengitt fra rapporten for 2003 fra ICP-Forests: (<http://www.icp-forests.org/pdf/trLI2004.pdf>)

«In 2003 crown condition was assessed on 311 726 sample trees on 15 551 sample plots of different national grids in 30 of the participating 39 countries. Results on the European scale were derived from a subsample of 131 503 trees on 5 915 plots being part of the 16 x 16 km transnational grid covering 33 countries. The transnational survey of 2003 revealed a mean defoliation of 19.8%.

Of the main species, *Quercus robur* and *Q. petraea* had by far the highest mean defoliation (25.9%), followed by *Fagus sylvatica* (20.3%), *Picea abies* (19.6%) and *Pinus sylvestris* (18.7%). The long-term and medium-term development of defoliation was derived from tracing the annual results of two series of successive years, each of them representing a fixed number of countries in order to avoid distortions due to the inclusion of newly participating countries in the course of time. During the period 1990–2003 the largest increase in mean defoliation occurred on *Quercus ilex* and *Quercus rotundifolia* (from 13.8% to 22.3%). Also mean defoliation of *Fagus sylvatica* has increased since 1990. In contrast *Pinus sylvestris* showed a recovery since the mid 1990s particularly in Belarus, Poland and parts of the Baltic States. This yielded a better crown condition of *Pinus sylvestris* in 2003 than at the beginning of the time series. Also *Picea abies* has recovered since the mid 1990s, but to a lesser extent. It has now approximately the same mean defoliation as in 1990.

Of these main species the broadleaves reveal a sharp increase in defoliation from 2002 to 2003, which reflects presumably the summer heat and drought of 2003. The main causes for changes in defoliation reported by the countries are biotic stressors and weather extremes. Defoliation was rarely attributed to depositions of air pollutants by the countries, because the relationship between both stands out against the effects of other factors only in cases of severe local air pollution.

De europeiske rapportene kan leses på <http://www.icp-forests.org/Reports.htm>

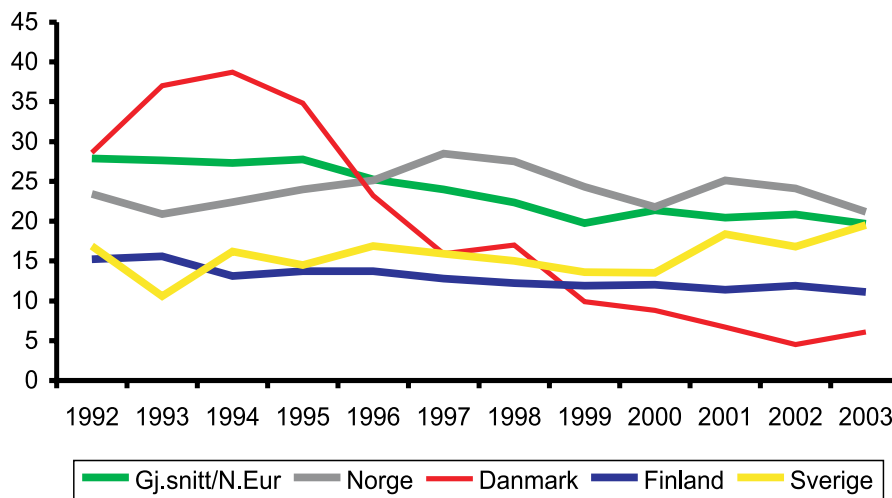
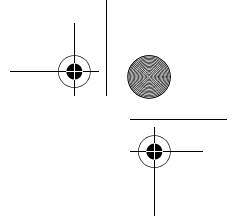


Fig. 12. Andel trær med 25–100 % utglisning i sammenlignbare land i NordEuropa, Norge, Danmark, Sverige og Finland. (Data fra www.icp-forests.org)

6. Konklusjon – skogtilstanden

Skogtilstanden har totalt sett bedret seg de siste 6 årene. Den negative trenden for skog i perioden 1989–1997 ser dermed ut til å være snudd, men årsaken til endringen er usikker. Bedrede vekstbetingelser som følge av værforhold kan spille en rolle. Luftforurensninger antas å svekke trærne slik at de lettere kan bli påvirket av værforhold og andre skadegjørere.

De siste 6 årene har trærnes kronetilstand vært relativt stabil. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sykdommer (for eksempel ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirknings-



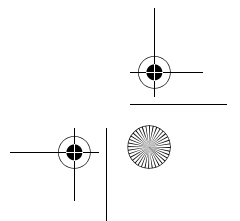
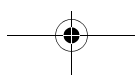
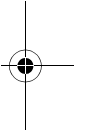
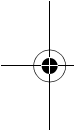
faktorene. I fremtiden vil eventuelle utslag av et endret klima trolig spille en større rolle. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene er likevel trolig innenfor det som er normalt i boreal barskog.

Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2003

Crown condition has been stable for the last six years. Crown condition is determined by a number of factors and stresses, such as age, diseases (e.g. various fungi), growth conditions and climatic stress (drought and frost). When trees show signs of poor health, this is often due to an interaction of some of these natural causes. The variation we have seen the last years are mainly caused by fungi and insect attacks that were largely due to a combination of climatic stress on trees and a favourable climatic environment for the fungi and insects. Effects of air pollutants may come in addition to or interaction with these factors. The effect of pollutants on forest condition is hard to estimate, because their effect has been small compared with those of other factors. In the future, effects of climate change may play a larger role. Results from ecological investigations on the intensive monitoring plots suggest that the forest environment is stable, and that there are, as usual, large fluctuations from year to year in some measurements, probably within the normal variation for coniferous forests.

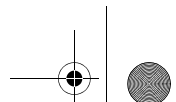
Etterord

OPS er finansiert av Landbruks- og matdepartementet, Miljøverndepartementet/SFT, og ved egeninnsats fra de utførende institusjonene. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere og teknikere ved de deltakende institusjonene, skogoppsynet og lokale stasjonsholdere.



Litteratur -

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O. & Tveite, B. 1993. (Ed.) Long- Term Experiments with Acid Rain in Norwegian Forest Ecosystems. Ecological Studies 104. 342 pp.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V., Aas, W. 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 Skogforsk 6/04: 1–18 s.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. and Lystad, S.L. (2004): Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. Forest Ecology and Management, submitted, 14 pp.
- Anon. 1998. Manual on methodologies 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/Geneva. Part I-VIII.
- Dahl, E. & Skre, O. 1971. En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. p. 27–40 i: Konferens om avsvaling, Publ 1971 (1). Nordforsk, Miljøvårdsverket, Helsingfors.
- 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.
- EMEP (1996) Manual for sampling and chemical analysis. Kjeller (EMEP/CCC Report 1/95).
- EMEP (2003) Emission data reported to UNERCE/EMEP. V. Vestereng Oslo. Norwegian Meteorological Institute (EMEP/MSC-W Note 1/2002).
- 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.
- Hysten, G. & Larsson, J. Y. 2004. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989–2003. National monitoring of forest vitality in Norway 1989–2003. NIJOS rapport 1/2004: 1–66.
- Larssen, T & Høgåsen, T. 2003. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser i Norge. Naturens tålegrenser. Fagrapport nr 116. NIVA rapport LNR 4722–2003, 1–24.
- Miljøministeriet (1994) Bekendtgørelse om overvåkning af luftens indhold af ozon. København (Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 184, 1994).
- Schmid-Haas, P. 2002. Zur Waldinventur gehört die Überwachung der Vitalität. Schweiz. Z. Forstwes. 153(2): 68–75.
- Solberg, S. 1999. Forest health monitoring: Evaluation of methods, trends and causes based on a Norwegian nationwide set of monitoring plots. Dr.agric thesis. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 33 s. Annexes.
- Solberg, S. 2004. Summer drought, – a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. Forest Pathology 34: 93–104
- Solberg, S , Andreassen, K., Lystad, S. L. 2003. Norway spruce growth after the June 1992 drought. Submitted manuscript, 13 pp.
- Solberg, S. & Tørseth, K. 1997. Crown condition of Norway spruce in relation to S and N deposition and soil properties in Southeast Norway. Environmental Pollution 96/1: 19–27.
- Solberg, S., Kvindesland, S., Aamlid, D. & Venn, K. 2002. Crown condition and needle chemistry of Norway spruce in relation to critical loads of acidity in South-East Norway. Water, Air, and Soil Pollution. 140: 157–171.
- Venn, K., Aamlid, D., Sletnes, A.I. & Joranger, E. 1993. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1992. Rapp. Skogforsk 18/93: 1–46.
- Venn, K., Aamlid, D., Sletnes, A.I. & Tørseth, A. 1. 1995. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1994. Rapp. Skogforsk 23/95: 1–19.
- Aamlid, D., Solheim, H. & Venn, K. 1991. Skogskader. Veiledning i overvåking av skogskader. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 53 pp.



Aas, W., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. and Yttri K.E. (2004). Overvåkning av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2002. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 47/2004 SFT Rapport 903/2004. 166s

