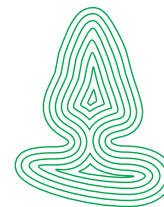


Rapport
fra Skog og landskap

18/2011



skog+
landskap

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER

Årsrapport for 2010

(Norwegian monitoring programme for forest damage)

(Annual report for 2010)

¹Kjell Andreassen, ¹Volkmarr Timmermann, ¹Nicholas Clarke,

¹Ingvald Røsberg, ¹Halvor Solheim, ²Wenche Aas

¹ Norsk institutt for Skog og landskap

² Norsk institutt for luftforskning (NILU)



OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER

Årsrapport for 2010

Norwegian monitoring programme for forest damage

Annual report for 2010

¹Kjell Andreassen, ¹Volkmar Timmermann, ¹Nicholas Clarke, ¹Ingvald
Røsberg, ¹Halvor Solheim, ²Wenche Aas

1 Norsk institutt for Skog og landskap

2 Norsk institutt for luftforskning, NILU

ISBN: 978-82-311-0144-4

ISSN: 1891-7933

Omslagsfoto: Rundt flata i Lardal står det flere barkbilledrepte trær. Foto: Volkmar Timmermann.

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

SAMMENDRAG

Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Røsberg, I., Solheim, H. & Aas, W. 2011. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2010. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2010*. Rapport fra Skog og landskap. 18/2011:1-23.

Helsetilstanden hos bartrær må betegnes som tilfredsstillende, men hos gran ble det observert en del toppskranting og avdøying i hogstklasse 3 og 4. Vi registrerte få insekt- og sopp-skader på gran der 0,4 % av trærne var skadet, mens 1,7 % av furutrærne hadde slike biotiske skader. Antall nye toppbrekk, vindfall og andre snø- og vindrelaterte skader hos bartrærne var omtrent på samme nivå som tidligere i overvåkingsperioden (hhv. 1,2 og 1,4 % for gran og furu). Av treslagene gran, furu og bjørk er det fortsatt bjørk som er mest utsatt, der 9,4 % av bjørketrærne var angrepet og skadet av insekter, hovedsakelig av fjellbjørkemåleren, mens 9,2 % av bjørketrærne var angrepet av bjørkerustsopp og 3 % hadde skader med abiotiske årsaker.

Kronetettheten utviklet seg positivt for treslagene gran, furu og bjørk i 2010, selv om bjørk fortsatt har lav gjennomsnittelig kronetetthet. Kronefargen forandret seg lite for bartrærne fra 2009 til 2010, mens det for bjørk ble registrert 3,5 % færre trær med frisk grønn farge. Det er de eldste trærne som er mest utsatt for kroneutglisning og misfarging. Helsetilstanden til trær, registrert ved kronetetthet, misfarging og skader, påvirkes i stor grad direkte av værforhold som tørke, frost og vind, eller indirekte ved at været påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Langtransporterte luftforurensninger kan komme i tillegg til eller virke sammen med klimatiske forhold.

Askedødbeger, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, fortsatte også i 2010 sine angrep på Sørlandet og Østlandet. Denne sykdommen ble påvist i Norge første gang i 2008, og i 2010 spredte den seg videre til to nye kommuner i Rogaland (Bjerkreim og Gjesdal). Mattilsynet har i en forskrift lagt ned forbud mot flytting av planter, formeringsmateriale og trevirke av ask ut av denne sonen for å hindre videre spredning av askeskuddsopp til Vestlandet og Trøndelag. Mengden av granbarkbillen (*Ips typographus*) har avtatt de fleste steder i 2010, men i skogfylket Hedmark har den derimot økt. Rødbandsjuke (*Mycosphaerella pini*) på furu, ble første gang påvist i 2009 i Troms, men er nå også påvist i Sør-Norge, og har der antagelig spredd seg fra Sverige. I 2010 ble det også observert en del toppskranting og avdøying av gran i hogstklasse 3-4 i sørøst-Norge. Disse symptomene hos gran har fått fellesbetegnelsen "grantørke" og årsakene vil bli nøyere undersøkt i et forskningsprosjekt som ble startet opp i 2010.

Konsentrasjon og avsetning av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2010 er relativt lik i 2009. Sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2010, og i Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 25-45 % og 45-63 % i samme tidsperiode. Vi finner fortsatt de høyeste avsetningene av syre, sulfat fra antropogene kilder og uorganiske nitrogenforbindelser i frittfallende nedbør og i kronedrypp lengst sør i landet. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa.

I Lardal og på Nedstrand der det ble utført vegetasjonsanalyse i 2010 har utbredelsen av smyle avtatt betydelig i perioden 1999 til 2010. Derimot har mengden etasjemose økt på begge flatene. Begge disse flatene har imidlertid hatt en reduksjon i deponisjon av uorganisk nitrogen de siste åra.

Nøkkelord: Skogens helsetilstand, overvåking, skogskader

INNHOOLD

Sammendrag.....	ii
1. Innledning	1
2. Materiale og metoder	2
3. Resultater.....	4
3.1. Trærnes kronetilstand	4
3.2. Spesielle skader i 2010	10
3.3. Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger.....	15
3.4. Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog	17
3.5. Vegetasjon	17
4. Diskusjon.....	19
Etterord.....	20
Litteratur	21

1. INNLEDNING

På 1980-tallet var det utbredt bekymring for skader av langtransporterte luftforurensninger på skog. Dahl & Skre (1971) framsatte en hypotese om at tilveksten på enkelte følsomme voksesteder i norsk skog ville bli betydelig redusert 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 (Spiecker et al. 1996). 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 (Spiecker et al. 1996). I motsetning til denne oppfatningen hadde det norske forskningsprogrammet "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).

På 1980-tallet satte de fleste europeiske land i gang skogskadeovervåking for å få en oversikt over skadene og følge utviklingen over tid. Arbeidet ble underlagt FNs 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 beskrive skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid og vurdere i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Norsk institutt for skog og landskap koordinerer og leder arbeidet med skogovervåkingen på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet. I tillegg deltar Norsk institutt for luftforskning (NILU). Metodene for observasjoner og målinger er koordinert av det europeiske programmet, og registreringsmetodikken er dermed den samme over hele Europa (Tabell 1).

Det er to aktuelle hovedhypoteser for hvordan skog i Norge kan skades av langtransporterte luftforurensninger:

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

I denne rapporten gir vi en samlet fremstilling av resultatene fra OPS til og med 2010. For mer detaljert informasjon vises det til tidligere rapporter (Andreassen et al. 2011, Timmermann et al. 2011, Aas et al. 2011).

Tabell 1. Observasjoner innen OPS i 2010 jevnført med internasjonale anbefalinger

Flatetype	Landsrepresentative flater – Level I (ca 500 flater)	Intensive flater – Level II (8 flater)	ICP Forests (ca 6000 Level I og 800 Level II flater)
Flatestørrelse	250 m ²	2500 m ²	Level I: varierende størrelser i et 16x16 km nett. Level II: min 2500 m ² i homogen skog.
Kronetilstand	Alle flater, årlig	Alle flater, årlig	Alle flater, årlig
Tilvekst	Alle flater, hvert femte år	Alle flater, hvert femte år	Alle Level II flater hvert femte år
Jordkjemi	Alle flater, én gang	Alle flater, minst én gang	Alle Level II flater hvert 10. år
Barnålkjemi	45 flater, én gang	Alle flater, annet hvert år	Alle Level II flater annet hvert år
Nedbør (i og utenfor flata)	*	Alle flater, kontinuerlig.	Alle Level II flater, kontinuerlig
Jordvann	*	Alle flater, kontinuerlig i vekstsesongen	Noen flater, kontinuerlig ****
Vegetasjon	*	Alle flater, hvert femte år	Alle Level II flater, hvert femte år
Strøfall	*	15 års tidsserie. Avsluttet i 2002	Noen flater, kontinuerlig ****
Meteorologi	*	**	Noen flater, kontinuerlig ****
Luftkjemi	*	Noen flater, kontinuerlig ***	Noen flater, kontinuerlig ****
Fenologi	*	-	Noen flater, kontinuerlig/hver uke ****
Ozonskader	*	-	Noen flater, årlig ****

* Kun Level II

** Kun på én flate i Norge

*** NILU måler luftkjemi i Klif's "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"

**** Level II Core plots: Omtrent 10 % av totalt antall Level II flater i hvert land

2. MATERIALE OG METODER

Overvåkingen i OPS omfatter registreringer på to 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 ICP Forests manualen (UNECE 2011a). Overvåkingsprogram for langtransporterte luftforurensninger følger EMEP-manualen (EMEP 2001). Enighet om og bruk av felles metoder er grunnleggende for internasjonal overvåking, og helt essensielt for å kunne tolke resultatene i internasjonal sammenheng.

Grunnleggende registrering på alle overvåkingsflater som inngår i programmet, og som er obligatorisk for å delta i det europeiske programmet (ICP Forests), er trærnes kronetilstand ved visuell kronebedømmelse, det vil si registrering av kronetetthet, kronefarge (i form av misfarging), skader som sår, toppbrekk, dieback, insekt- og sopp-skader og abiotiske skader, samt en del andre parametre som beskriver hvert enkelt tres morfologiske egenskaper.

Antall flater i Norge som vi utfører registreringer på, har variert. I de senere år har både antall landsrepresentative og intensive flater blitt redusert. I tillegg er prøvetakingshyppigheten redusert, og det utføres færre observasjoner pr. flate. Skogovervåkingen på det regionale flatesettet ble innstilt i 2008.

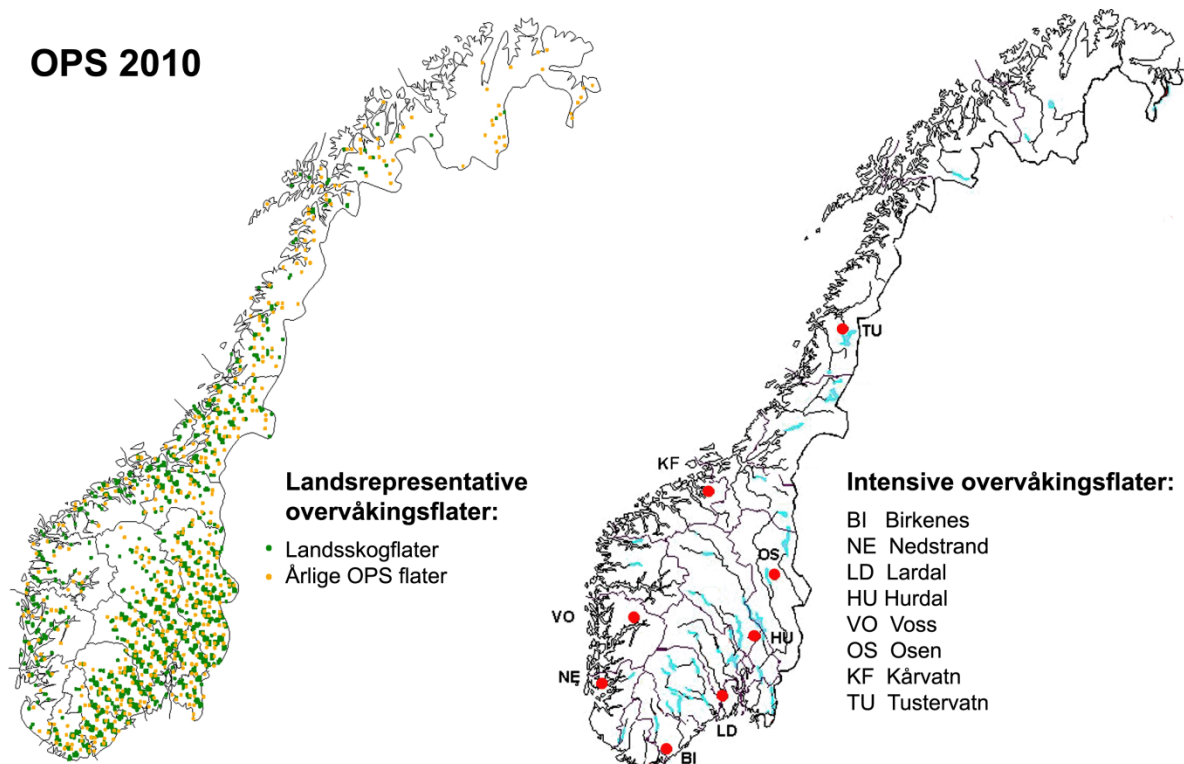
Landsrepresentative flater (LF, Level 1) er et landsdekkende flatesett og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level I flater (Timmermann et al. 2011). Fra 1989 til 2000 ble årlige kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Overvåkingen av bjørk foregikk på flater i et 18x18 km nett fra 1992 til 2001. Fra 2001 har den nasjonale overvåkingen av gran- og furuskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I 2002 ble også bjørkeskogen innlemmet i dette registreringsopplegget. I tillegg til disse årlig oppsøkte Level I flatene, kommer registreringer av kronetetthet og kronefarge på gran og furu i Landsskogtakseringens flatenett (3x3 km) med femårige omdrev. Utvalget av flater er slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. Flatene har en fast størrelse på 250 m². Tilvekst registreres hvert femte år i forbindelse med Landsskogtakseringen. Antall flater og trær som oppsøkes varierer noe fra år til år på grunn av avvirking, vindfelling og at nye flater opprettes når kravene til en prøveflate blir oppfylt (Landsskogtakseringen 2010). I 2010 ble 498 årlige Level I flater og 1213 landsskogflater med totalt 9892 trær oppsøkt. Kronetilstandsregistreringer ble utført på alle levende trær på flatene som tilfredsstilte kravene til overvåkingstrær; i alt 4412 gran-, 2967 furu- og 2351 bjørketrær.

Intensive flater (IF, Level 2) inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level 2-flater (Andreassen et al. 2011). Den intensive overvåkingen skjer på fast definerte flater på ca 2500 kvadratmeter, i homogen skog. Flatene ble etablert i nesten alle fylker i perioden 1986-1989. I 2010 var åtte av opprinnelig 17 intensivt overvåkede flater i drift. På disse flatene inngår et større registrerings- og måleprogram enn på de andre overvåkingsflatene. Disse dataene er også viktige i det internasjonale samarbeidet der data fra Level II flatene gir grunnlag for vurderinger av skogøkosystemet på europeisk nivå. Kronevurdering og jordanalyser er obligatorisk. I tillegg utføres analyser av kjemisk innhold i luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt av skogsvegetasjonen. Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom (Tabell 1), mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom i henhold til metodene beskrevet i ICP Forests-manualen (UNECE 2011a). Når disse målingene vurderes sammen, kan vi identifisere mulige effekter av luftforurensninger. Målinger og observasjoner av strøfall, fenologi og meteorologi inngår også i det europeiske programmet, men for tiden ikke i OPS.

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på seks stasjoner i Norge (Aas et al. 2011). OPS inngår i dette programmet, og mange av stasjonene 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.skogoglandskap.no/temaer/ops>

OPS 2010



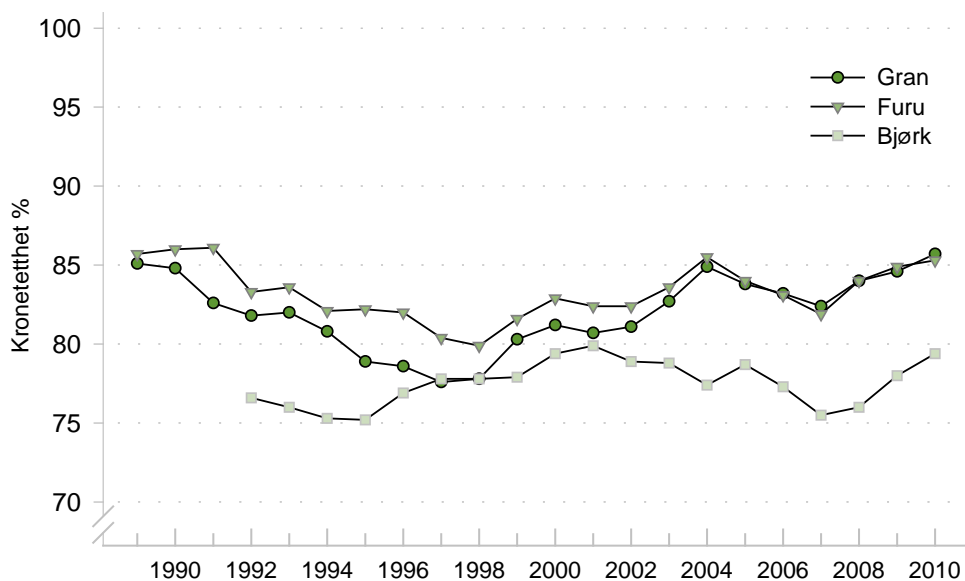
Figur 1. De to settene av overvåkingsflater i 2010; landsrepresentative flater til venstre og intensive flater til høyre

3. RESULTATER

3.1 Trærnes kronetilstand

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2010 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er stabil. Det var en økning i kronetetthet for både gran, furu og bjørk. Dette var det tredje året på rad med en tydelig bedring for de tre overvåkede treslagene etter flere år med synkende kronetetthet.

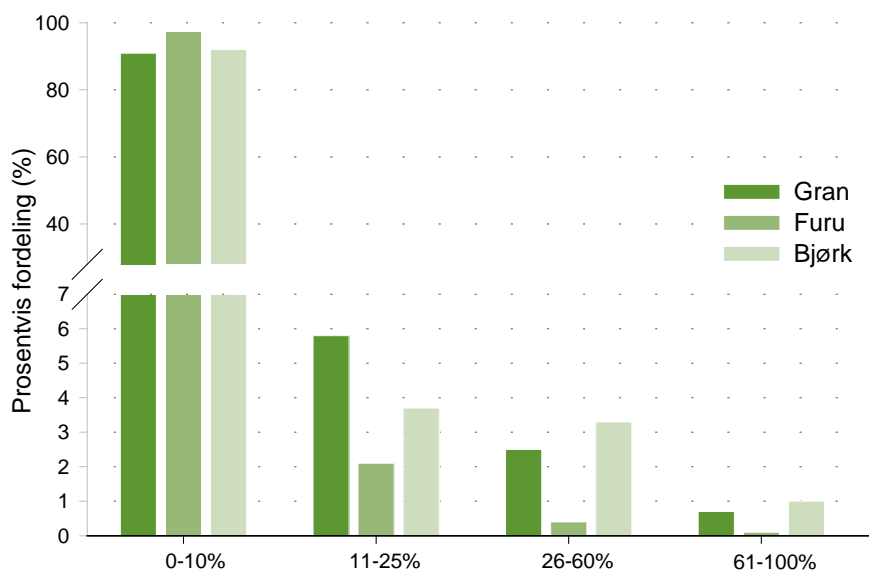
I den landsrepresentative overvåkingen (Timmermann et al. 2011) ble gjennomsnittlig kronetetthet registrert til 85,7 % for gran og 85,3 % for furu, mens hos bjørk var kronetettheten 79,4 % i 2010 (Fig. 2). For gran og furu representerte dette en økning på henholdsvis 1,1 og 0,4 %, og for bjørk på 1,4 % sammenlignet med kronetettheten i 2009. Eldre trær (>60 år) har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær (≤60 år). Kronetetthet økte i begge aldersgruppene hos alle treslagene i 2010. På 1990-tallet fram til 1998 var det en nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens det i perioden 1998 til 2004 var en økning. Fra 2004 til 2007 avtok kronetetthet igjen, før den i perioden fram til 2010 økte hos både gran og furu. Utviklingen har vært omtrent likt for disse to treslagene over hele overvåkingsperioden. Begge hadde lavest kronetetthet i 1997/98. Siden da har kronetettheten hos gran økt med 8,1 % og hos furu med 5,4 %. Hos bjørk har kronetettheten hatt en positiv utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den etter dette har hatt en synkende tendens fram til 2007, da bjørk hadde den nest laveste kronetettheten i hele overvåkingsperioden. Til tross for en kraftig økning fra 2007 til 2010, har bjørk fortsatt relativt lav gjennomsnittlig kronetetthet på under 80 %.



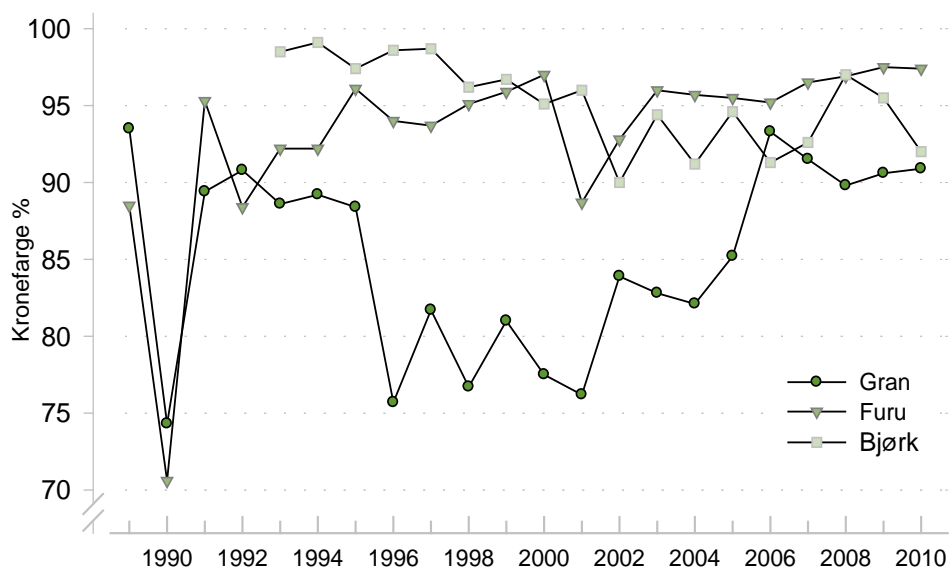
Figur 2. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran, furu og bjørk fram til 2010 på de landsrepresentative flatene.

Andelen trær med fulltete kroner var for gran 58 %, furu 40,7 % og for bjørk 29,7 %. Dette representerer en økning for gran på 3,4 %, for furu på 0,5 % og for bjørk på 3,3 % sammenlignet med resultatene for 2009.

Andelen grantrær med normal, grønn kronefarge (prosentandel trær med ≥ 90 % grønne barnåler) økte svakt fra 2009, og var på 90,9 % i 2010 (Fig. 3 og 4). Utviklingen av kronefarge over tid viser at for gran har andelen trær med normal kronefarge økt kraftig siden 1996 på de landsrepresentative flatene. Det er som tidligere hovedsakelig eldre grantrær som er mest misfarget. Hos furu var andelen trær med normal grønn farge omtrent uendret fra året før, 97,4 %. Hos bjørk derimot var det en nedgang i andelen trær med normal grønn kronefarge til 92 % (-3,5 %). Nedgangen var størst for trærne over 60 år.

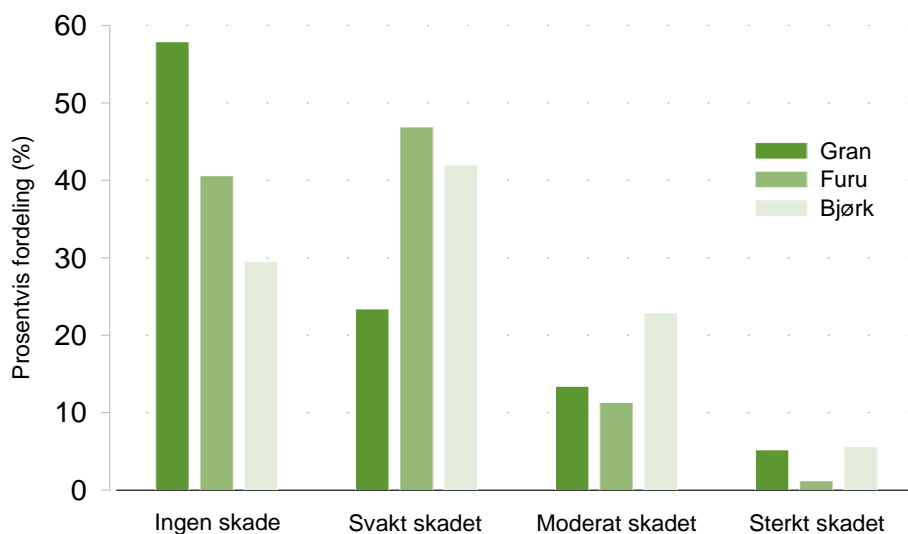


Figur 3. Omfang av kronemisfarging for gran, furu og bjørk på de landsrepresentative flatene i 2010.

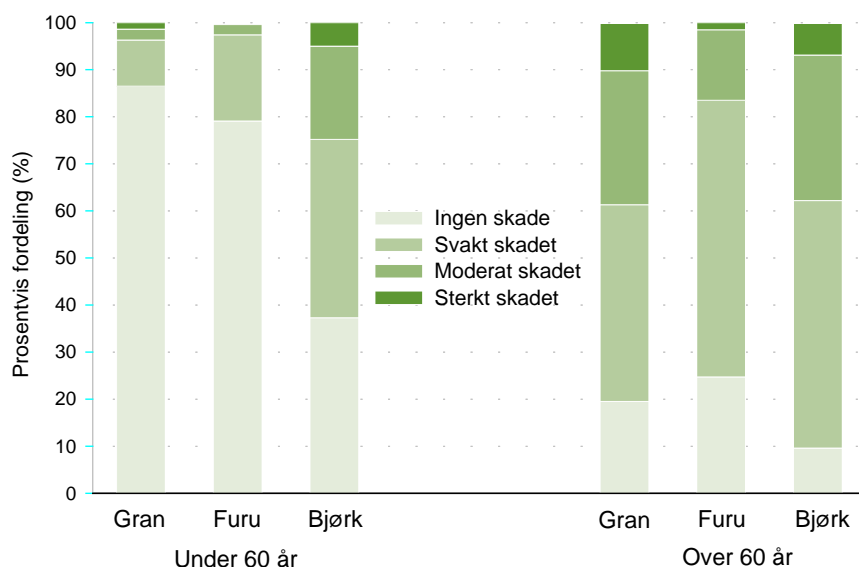


Figur 4. Utvikling av kronefarge for gran, furu og bjørk fram til 2010 på de landsrepresentative flatene. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging)

Omfanget av misfarging og kroneutglisning kombineres til vitalitetsklasser, som er et uttrykk for det samlede skadeomfanget hos et tre. I 2010 ble det hos alle treslagene registrert en økning i andelen friske trær uten slike kroneskader. Likevel økte andelen sterkt skadde trær hos furu og bjørk. I 2010 hadde 57,9 % av grantrærne "ingen skade" (Fig. 5), en økning på 3,3 % i forhold til i 2009, mens 5,2 % falt i klassen "sterkt skadet". Hos furu var 40,6 % av trærne "ikke skadet", noe høyere enn året før, og bare 1,2 % "sterkt skadet". Det var for det meste bartrær eldre enn 60 år som hadde kroneskader (Fig. 6). Hos bjørk hadde 29,5 % av trærne "ingen skade" i 2010, en økning på 3,5, mens 5,6 % var "sterkt skadet". Bjørk har dermed fortsatt en vesentlig høyere grad av skader i form av misfarging og utglisning i krona enn gran og furu, selv om de fleste bjørketrær med kroneskader falt i vitalitetsklassen "svakt skadet". Hos bjørk er det mindre forskjeller mht. kroneskader mellom yngre og eldre trær enn hos bartrærne.

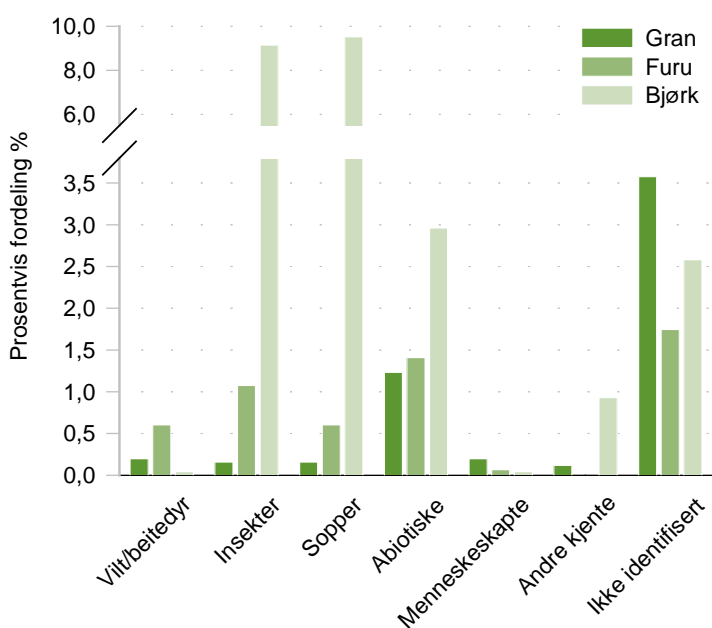


Figur 5. Fordeling av andelen gran-, furu- og bjørketrær på vitalitetsklassene i 2010.

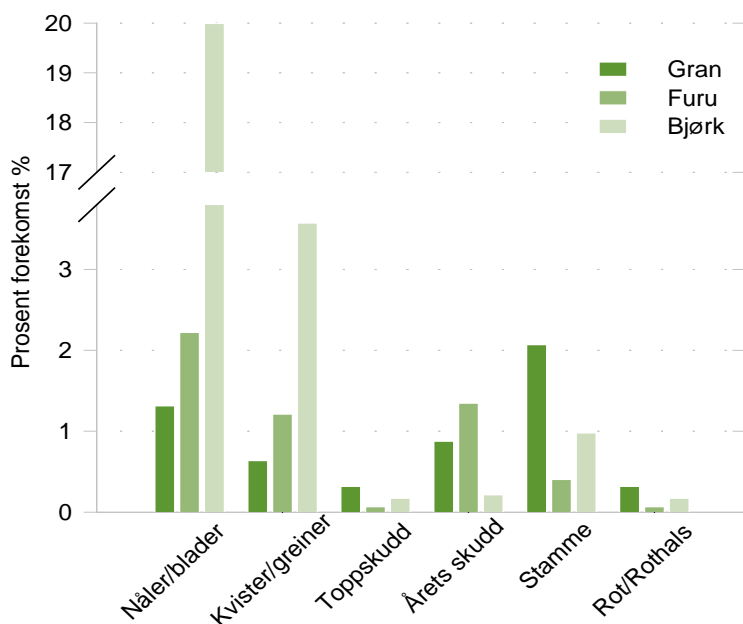


Figur 6. Fordeling av vitalitetsklasser på gran, furu og bjørk i 2010, yngre og eldre enn 60 år.

Det ble registrert få biotiske og abiotiske skader på gran og furu i 2010. Rundt 2 % av grantrærne og 4 % av furutrærne hadde en eller annen form for skade med kjent årsak, for det meste med abiotiske årsaker som snø, tørke og vind (hhv. 1,2 og 1,4 % av gran- og furutrærne hadde slike skader, Fig. 7). Få sopp- og insektskader ble registrert på grantrærne, mens 1,1 % av furutrærne var skadet av ulike insekter og 0,6 % av sopp. På grantrærne var det først og fremst nåler (1,3 %) og stamme (2,1 %) som hadde skader, hos furu nåler (2,2 %), kvister/greiner og årets skudd (hhv 1,2 og 1,3 %) (Fig. 8). Hos bjørk var 22 % av trærne skadet, 9,4 % av målere eller andre insekter, og 9,5 % av bjørkerustsopp eller andre sopper. Skader med abiotiske årsaker ble registrert hos 3 % av de undersøkte bjørketrærne. I forhold til tidligere år var det en sterk nedgang i antall målerskader på bjørk i 2010, mens skader forårsaket av bjørkerustsopp fortsatte å øke. 20 % av bladene hos bjørk var skadet, 3,6 % av greinene/kvistene, og 1 % av bjørkene hadde skader på stammen. Utenom hogde trær, hadde 43 trær dødd av naturlige årsaker på de oppsøkte flatene siden forrige registrering.



Figur 7. Prosentvis fordeling av skadeårsaker i 2010.



Figur 8. Deler av trærne som hadde flest skader i 2010.

På de intensive flatene (Andreassen et al. 2011) var det en nedgang i gjennomsnittlig kronetetthet for gran på 3,7 % fra 2009 til 2010 (Tabell 2). Gjennomsnittlig kronetetthet for gran i 2010 lå på 80,3 %. Alle flatevise endringer i kronetetthet for gran fra 2009 til 2010, med unntak av Tustervatn, var signifikante. Voss hadde den største nedgangen i kronetetthet fra året før med 11,1 %. Det var flatene i Nedstrand og Osen som hadde høyest kronetetthet i 2010 med hhv 83,3 og 85,3 %, mens Tustervatn og Voss hadde lavest med hhv 75,3 og 72,8 %. Kronetetthet på flatene i Voss og Tustervatn har i hele overvåkingsperioden ligget under gjennomsnittet, og særlig Tustervatn har hatt gjennomgående lav kronetetthet. Forskjellen mellom flatene med høyest kronetetthet (Osen) og den med lavest (Voss) var 12,5 %. Etter en tydelig bedring i kronetettheten i 2009, falt den i 2010 tilbake på nivået der den også hadde ligget i perioden 2005-2008, rundt 80 %. Årene før 2005 bar preg av til dels store svingninger i kronetettheten. Kronetetthet hos furu i 2010 endret seg lite i Osen og Kårvatn (Tabell 2). Kronetettheten hos furu på de to flatene har vært relativt stabil siden 1998. Blant furutrærne på Osen-flata har kronetettheten i denne perioden holdt seg mellom 85 og 90 %, og på Kårvatn mellom 80 og 85 %.

Andelen grantrær med normal grønn kronefarge minsket med 5 % i gjennomsnitt for alle flatene fra 2009 til 80 % i 2010 (Tabell 2). Andelen misfargete grantrær (trær med mer enn 10 % misfarging) økte signifikant fra 2009 til 2010 på flatene i Birkenes, mens andelen avtok signifikant i Hurdal. På de andre flatene var det små endringer. I Birkenes og Lardal ble det registrert misfarging på rundt halvparten av trærne, mens det i Hurdal var vesentlig mindre misfarging enn året før.. På de andre flatene var det lite misfarging, og nesten alle grantrærne her ble bedømt som friskt grønne (maks. 10 % misfarging). Med unntak av 2009 og 2010, har andelen normalt grønne grantrær på de intensive overvåkingsflatene generelt vært høy siden 1999, over eller rundt 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging, sannsynligvis relatert til tørkeperioder som forekom hyppig i 1990-åra. Det var nesten ingen misfarging på furutrærne i Osen, mens rundt en ¼-del av furutrærne i Kårvatn hadde misfarging i 2010. Det har vært store svingninger i kronefarge for furu gjennom overvåkingsperioden, særlig på midten av 1990-tallet. I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.

Tabell 2. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på Level 2 flatene i 2010 og endringer fra 2009 i parentes (*=signifikante endringer). Gjennomsnittstall (Gj.snitt) for granflatene. Antall bedømte trær pr. flate (totalantallet i parentes) og sum treantall for alle flatene.

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge	Trær bedømt (totalt)
BI	Gran	83,1 (-3,6*)	55 (-45*)	49 (149)
NE	Gran	83,3 (-4,9*)	98 (-2)	49 (119)
LD	Gran	81,1 (-3,1*)	47 (-6)	55 (102)
HU	Gran	81,5 (-1,8*)	79 (15*)	61 (74)
VO	Gran	72,8 (-11,1*)	89 (-8)	61 (126)
OS	Gran	85,3 (-2,8*)	98 (3)	64 (322)
OS	Furu	89,3 (-1,1*)	94 (-4)	67 (69)
KF	Furu	82,9 (0,8)	77 (-13*)	73 (107)
TU	Gran	75,3 (1,1)	91 (8)	64 (121)
Gj.snitt/Sum	Gran	80,3 (-3,7*)	80 (-5*)	543 (1189)

Av de 543 trær som ble kronebedømt på de intensive overvåkingsflatene i 2010, hadde 89 trær en kronetetthet lavere enn 75 % og 24 trær hadde mer enn 25 % misfarging. De fleste av trærne med lav kronetetthet stod på flata i Voss, som hadde lavest gjennomsnittlig kronetetthet av alle overvåkingsflater i 2010. Nesten 2/3 av trærne på flata i Tustervatn og 1/3 av trærne i Lardal hadde "dieback"-symptomer med avdøying av små og store kvister i krona. Det ble ellers registrert få skader på overvåkingsflatene.



Figur 9. Askeskuddsyke med skuddavdøying og en typisk langstrakt nekrose med død bark på et ungt tre i Ålgård, Gjesdal kommune. Foto: Halvor Solheim.



Fig. 10. Bjørkerustsopp. Foto: Richard Horntvedt (øverst) og Dan Aamlid (Nederst).

3.2 Spesielle skader i 2010

Denne lista er utarbeidet etter rapportene innsendt til "Skogskader på Internett" og befaringer.

Askeskuddsyke. Askeskuddsyke (Fig. 9), forårsaket av askedødbeger (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*), ble først oppdaget i Norge i 2008 og var da spredd over store deler av Sørlandet og

Østlandet. I 2010 hadde sykdommen spreidd seg til to nye kommuner sør i Rogaland, Bjerkreim og Gjesdal. Sykdommen er nå godt etablert over det meste av sørlige Rogaland (Dalane) og har så vidt nådd Jæren. Fra fjorårets nordvestligste funn i Eigersund kommune og til funn lengst mot nordvest ved Ålgård er det vel 30 km i luftlinje. Omtrent samme distanse på spredningen ble registrert i fjor (Andreassen et al 2010) så det kan se ut som om den naturlige spredningen nordvestover i søndre deler av Rogaland er ca 30 km hvert år. På høsten ble en mistenkelig prøve fra Ryfylke (i Suldal kommune) analysert og funnet positiv for askedødbeger. Om dette er et enkelttilfelle eller om sykdommen er etablert også nord i Rogaland vil bli undersøkt i 2011.

Bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*). Det har i 2010 vært nokså omfattende angrep av bjørkerustsopp (Fig. 10) i de nordligste fylkene, Finnmark og Troms. Også i enkelte fjellstrøk sørpå har det vært angrep utover det normale, spesielt i Østerdalen.

Granbarkbille (*Ips typographus*). I 2010 har det vært en gjennomgående nedgang i fellefangstene av granbarkbiller (Fig. 11), enkelte steder har det vært en markert nedgang. Årsaken skyldes trolig en våtere og kjøligere sesong enn de foregående årene hvor det mange steder var store billefangster. Hedmark er det eneste fylket med en økning i billefangstene. Her hadde sju kommuner økning, mens fem kommuner hadde en tilbakegang (Økland et al 2010).



Figur 11. Gangsystem under barken hos grantrær utgravd av granbarkbiller (*Ips typographus*). Foto Skog og landskap.



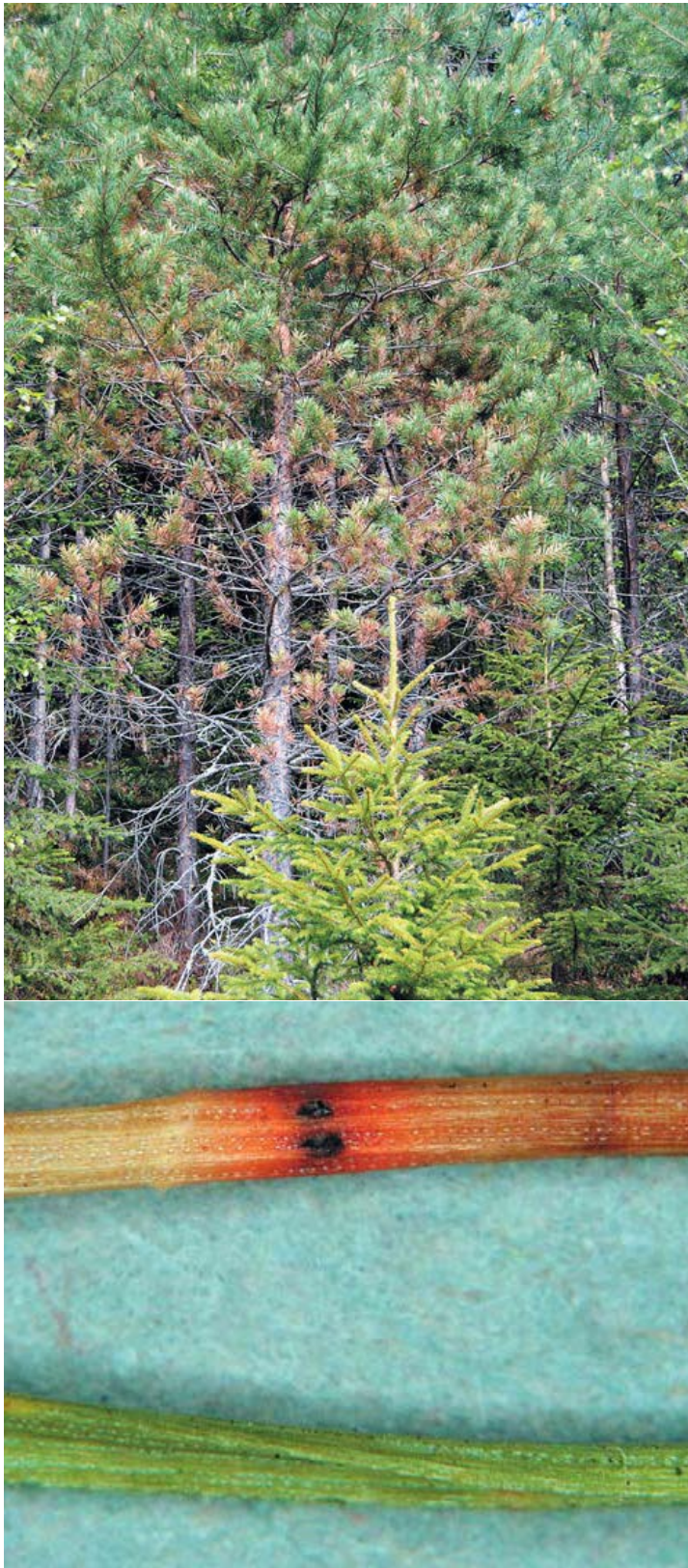
Figur 12. Grantørke med typisk toppskranting (gulning, nålefall og korte årsskudd) som opptrer hos enkelte spredte trær i et bestand som ellers ser normalt ut. Foto: Jens Arild Kroken.

Grantørke. Som tidligere år har det også i 2010 vært registrert en del toppskranting og avdøing av gran (Fig. 12) i yngre produksjonsskog i hogstklasse 3 og 4 i sørøst-Norge, i fylkene Aust-Agder, Telemark, Vestfold, Buskerud og Akershus. Stressede trær angripes av blant annet barkbiller og honningsopp (*Armillaria* spp.). Tørke er trolig en viktig stressfaktor, men også andre forhold, slik som manglende skogskjøtsel kan virke inn (Solberg 2004). I 2010 ble det startet opp et større forskningsprosjekt for å klarlegge årsakene til grantørken. Mange felter er oppsøkt og noen er blitt valgt ut for nøyere undersøkelser.

Teletørke/rotkvelning. I mange kommuner i Troms ble det 2010 observert skranting og avdøing av gran (Fig. 13). Årsaken er trolig dyp tele og brå varme midt i mai.

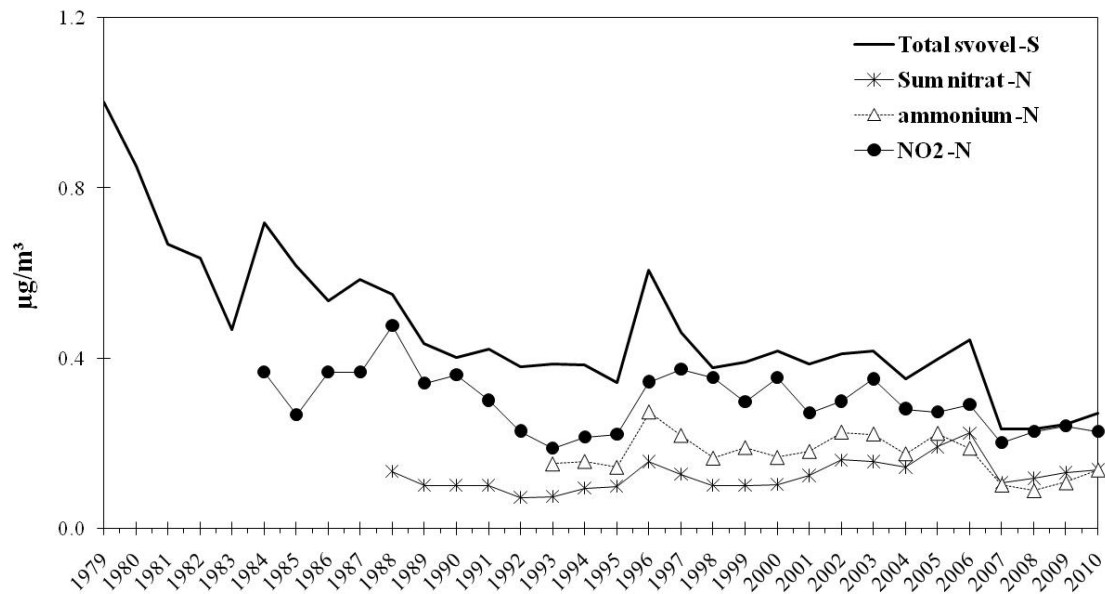


Fig. 13. Teletørke i et granbestand i Nord-Norge. Flere spredte grantrær har dødd på grunn av dyp tele og brå varme i mai som setter i gang produksjonsapparatet før vanntilgangen er på plass. Foto: Halvor Solhei

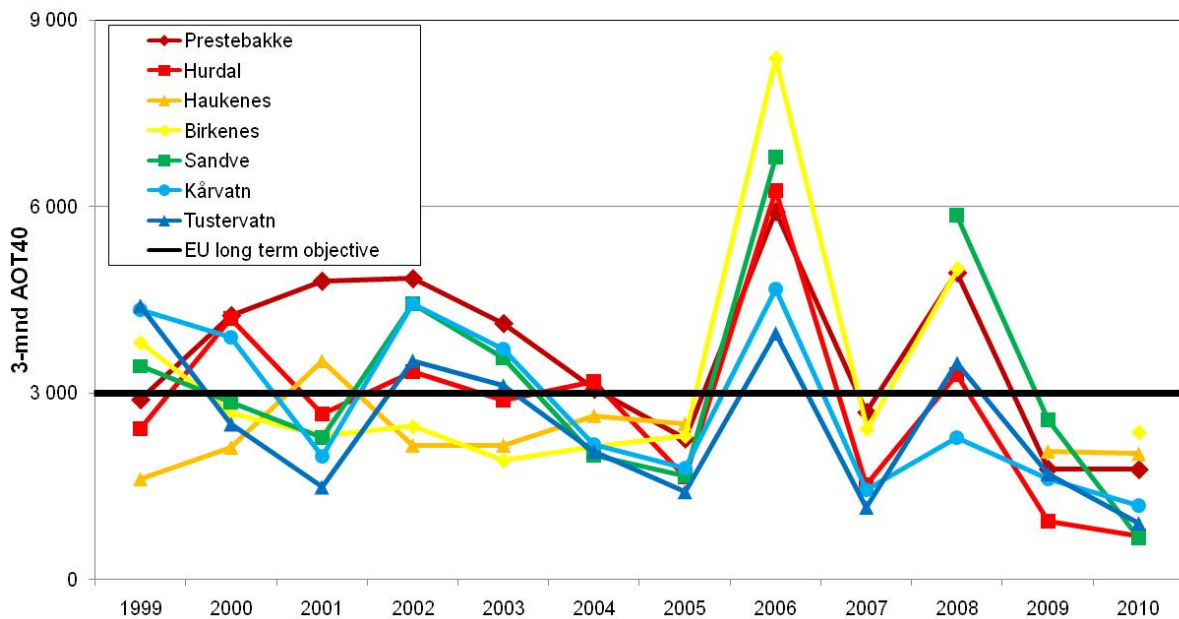


Figur 14. Rødbandsjuka på nålene hos furu forårsakes av *Mycosphaerella pini*. Øverst et furutre i Trysil med sterkt angrep i nedre del av krona. Nederste ei drept nål med typisk rødt bånd. Foto: Halvor Solheim.

Rødbandsjuka på furu forårsakes av soppen *Mycosphaerella pini* (Fig. 14). Den gjør mye skade på ung furu i Europa og ble for første gang påvist i Norge, i Bardu og Målselv i Nord-Norge, i august 2009. Det ble antatt at sykdommen hadde spredd seg til Nord-Norge via Finland hvor sykdommen har vært kjent fra 2008 (Andreassen et al. 2010; Solheim & Vuorinen 2011). I 2010 har soppen blitt funnet flere steder i Sør-Norge. Et funn er gjort i Buskerud, Nedre Eiker, men de fleste funnene er gjort nær svenskegrensa i Hedmark. Her er den funnet på to steder sør i fylket, i kommunene Eidskog og Kongsvinger, mens den er funnet mange steder langs Trysilelva, mellom Nybergsund og svenskegrensa. Sykdommen har vært kjent noen år i Sverige, så det er mulig den har spredd seg til Sør-Norge derfra (Solheim & Vuorinen 2011).



Figur 15. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), sum nitrat (HNO_3+NO_3), sum ammonium ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) og nitrogendioksid (NO_2) på fire norske bakgrunnstasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).



Figur 16. Tremåneders AOT-verdi for eksponering av ozon (1. mai – 1. august) for årene 1999-2010. EUs langtidsmål på 3000 pbb-timer er markert i figuren.

3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

I 2010 ble svovel- og nitrogenforbindelser i luft målt på fem stasjoner på fastlands-Norge, hvorav fire er tilknyttet OPS flater. Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble i tillegg også bestemt (Fig. 15). Prøver ble tatt døgntlig eller ukentlig (Andøya), og målemetodene er i henhold til det europeiske måleprogrammet (EMEP 2001, Aas et al 2011).

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest i Sør-Norge og på den nye stasjonen på Andøya med konsentrasjoner med hhv $0,12 \mu\text{g S/m}^3$ (Birkenes) og $0,11 \mu\text{g S/m}^3$ (Andøya). Sør- og Øst-Norge har de høyeste nivåene av oksiderte nitrogenforbindelser. 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). Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 13–16 % om sommeren og 7–32 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter 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 2009). Fra 1980 var den gjennomsnittlige observerte reduksjonen av SO_2 konsentrasjonen i Norge mellom 88 % og 95 % og for sulfatpartikler mellom 76 % og 81 %. For redusert nitrogen rapporteres kun ammonium pga kontamineringsproblemer for ammoniakk. Ammonium i luft viser en nedgang på ca 50 % siden 1993. Årsmiddelkonsentrasjonen av sum nitrat i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986, men det er en tydelig og signifikant nedgang for NO_2 på 33–77 %.

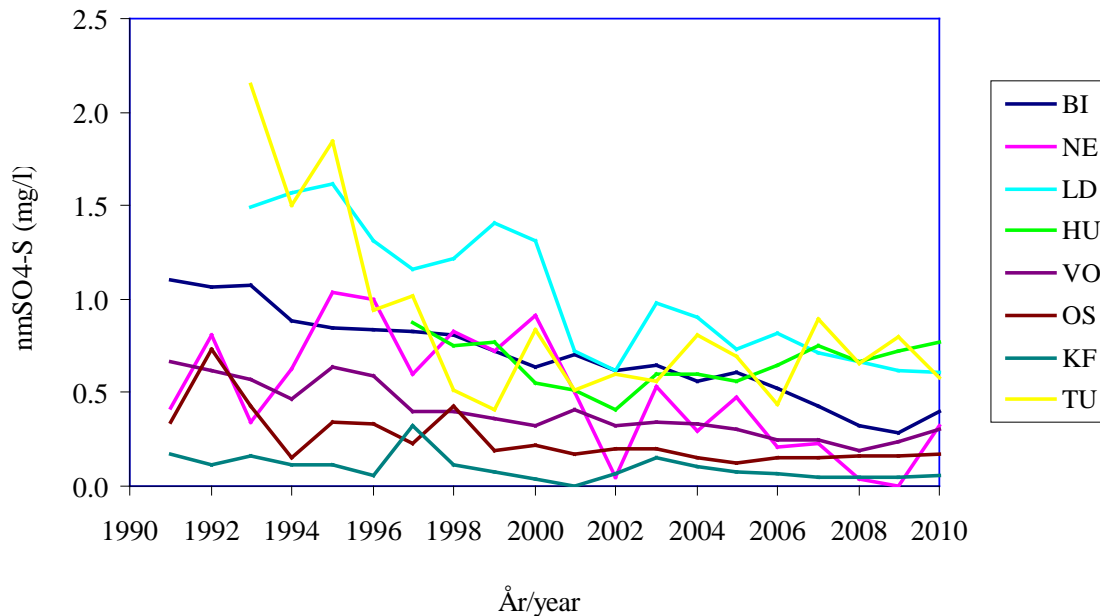
I 2010 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på syv stasjoner på fastlandet (Fig. 16). Målingene av bakkenært ozon i Norge i 2010 viste generelt lave verdier. Høyeste timemiddelverdi i 2010 var $145 \mu\text{g/m}^3$ og ble målt 29. juni på Prestebakke. Dette er ganske lave verdier sammenlignet med EUs grenseverdier på $180 \mu\text{g/m}^3$. Sommeren i Sør-Norge i 2010, uten noen utpregede varmeperioder, bidro til de lave maksimalverdiene for ozon. Det er ikke grunn til å tro at de lave ozonnivåene kan forklares med drastiske endringer i utslippene av NO_x og VOC i Europa. Ozonnivåene fra år til år er i stor grad styrt av værforholdene, og i Norge skyldes forhøyede ozonkonsentrasjoner stort sett transport av forurensninger fra Storbritannia eller kontinentet. Ozonepisoder her til lands henger sammen med høytrykk i sør/sørøst med transport av varme luftmasser inn til landet.

Det benyttes flere ulike kriterier for å vurdere mulige effekter av ozon på skog og vegetasjon og grenseverdier er satt av UNECE og EUs luftkvalitetsdirektiv (EU 2002). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong, og vekstsesongens lengde varierer med planteslag og breddegrad. Det er utarbeidet kriterier basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb ($80 \mu\text{g/m}^3$) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, AOT40). AOT40 beregnes som summen av differansen mellom timemiddelkonsentrasjonen og 40 ppb for hver time der ozonkonsentrasjonen overskrider 40 ppb.

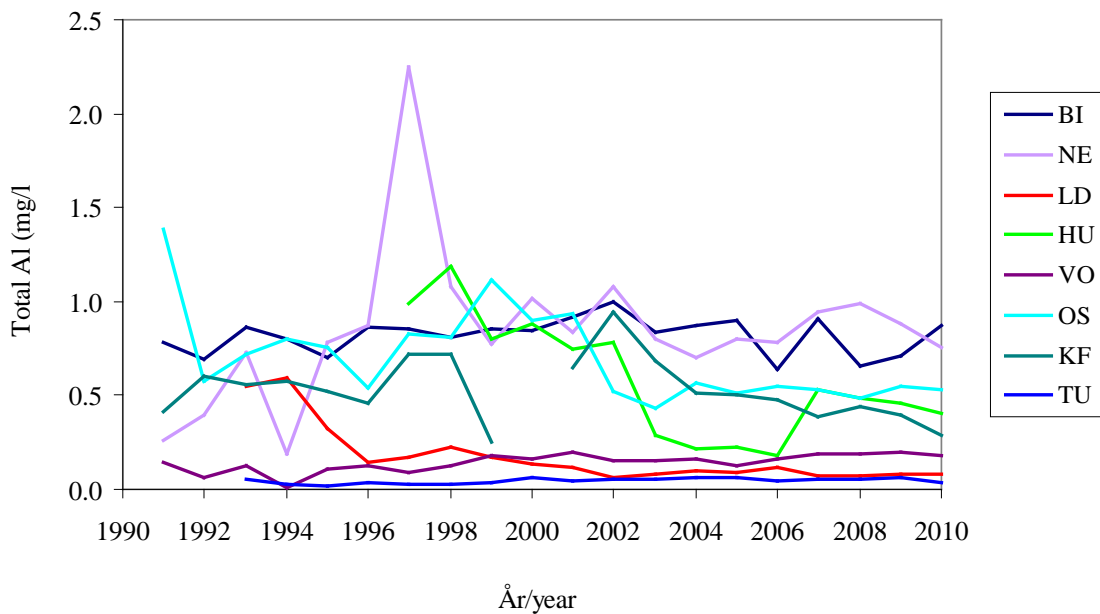
Det var heller ingen overskridelser av grenseverdiene for verken vegetasjon (3 måneders AOT40) eller skog (6 måneders AOT40) i 2010, generelt veldig lave nivåer. Verdier over langtidsmålet på 3000 ppb-timer har imidlertid forekommet på de fleste stasjoner i løpet av de siste ti årene (Fig. 16). Vi gjør oppmerksom på at AOT-verdiene vist i Figur 16 refererer til tremånedersperioden mai-juli (som er angitt i direktivet), uten noen "nordisk tilpasning" slik det er beskrevet av grenseverdiene i under UNECE. Med en såkalt nordisk tilpasning, dvs. med beregningsperioden 15. mai til 15. August, er AOT-verdiene noe lavere i og med at ozonnivået generelt er lavere i august enn i mai i Norge

Tabell 3. Årsmiddelkonsentrasjoner av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner, 2010.

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	NO ₃ µg-N/m ³	NH ₄ µg-N/m ³	Mg µg/m ³	Ca µg/m ³	K µg/m ³	Cl µg/m ³	Na µg/m ³
Birkenes	0,12	0,29	0,31	0,23	0,15	0,20	0,03	0,03	0,04	0,26	0,30
Hurdal	0,07	0,21	0,66	0,16	0,11	0,18	0,01	0,02	0,04	0,07	0,11
Kårvatn	0,03	0,14	0,25	0,08	0,05	0,10	0,01	0,01	0,02	0,13	0,13
Tustervatn	0,08	0,15	0,12	0,10	0,07	0,11	0,01	0,01	0,02	1,16	0,15



Figur 17. Langtidstrender i ikke-marint SO₄-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Koder for flatenavn i Figur 1.



Figur 18. Langtidstrender for totalkonsentrasjon av aluminium i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Høye verdier på Nedstrand (NE) i 1997 skyldes høye sjøsaltkonsentrasjoner. Koder for flatenavn i Figur 1.

3.4 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør i skog. Langtidstrenden for nedbør i skog er positiv, med mindre tilførsel av forsurende stoffer. Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er, i tillegg til utslipp og vindretning, imidlertid også avhengig av nedbørsmengde. Mye av de variasjonene vi har sett i resultatene de siste årene kan derfor tilskrives meteorologiske forhold. Som i tidligere år, var pH i frittfallende nedbør og kronedrypp generelt litt lavere sør i landet, men forskjellen var liten. Konsentrasjoner og deponisjon av nitrat (NO₃), ammonium (NH₄) og antropogent (menneskeskapt) sulfat (SO₄) var høyest sør i landet i både frittfallende nedbør og i kronedrypp. Nedgangen i deponisjon av antropogent sulfat og uorganiske nitrogenforbindelser ser ut til å ha flatet ut.

Jordvann. Jordvannet samles inn hver uke i den frost- og telefrie perioden av året. For de kjemiske analysene blir disse prøvene slått sammen slik at de representerer en fire-ukers periode. pH i jordvann var også i 2010 lavest på flatene i Sør-Norge, og høyest i Nord-Norge. Om dette skyldes sur nedbør eller indikerer et naturlig surere jordsmonn sør i landet, er vanskelig å si med få intensive flater og relativt kort tidsserie.

Konsentrasjoner av ikke-marint sulfat varierte betydelig, og den avtagende trenden virker å ha flatet ut (Fig. 17). Konsentrasjoner av potensielt toksiske aluminiumforbindelser var under grenseverdier for skader på grantrær. Langtidstrender i totalkonsentrasjoner av aluminium er vist i Figur 18.

3.5 Vegetasjon

Vegetasjonen er registrert hovedsakelig med 5 års mellomrom på de intensive overvåkingsflatene siden etableringen i 1986 (OPS 1989). Frekvens og dekning av enkeltarter er registrert på 50 småruter à 1x1 m i Lardal og Nedstrand i 2010. Tabell 5 viser dekningen av forskjellige artsgrupper. Vegetasjonen på flaten på Nedstrand preges av at skogen står tett og at det skjedde et treslagsskifte til gran ved planting. Ved forrige registrering lå det større mengder greinestrø på bakken. Dette er nå knapt synlig bl.a. som følge av nålestrøfall i den mellomliggende perioden og en økning i dekningsprosenten av mose, fra 56 til 74 %. Det er i særlig grad dekningsprosenten av etasjemose (*Hylocomium splendens*) og kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*) som har hatt en signifikant økning i dekningsprosenten fra 2005 til 2010. I Lardal derimot var det mer stabile forhold i mosesjiktet. For noen arter økte dekningsprosenten som f.eks. etasjemose og torvmoser (*Sphagnum* spp.), mens andre gikk tilbake, f.eks. blanksigd (*Dicranum majus*) og furumose (*Pleurozium schreberi*). Den samlede dekningsprosenten i Lardal økte likevel fra 85 % til 87 %. I siste overvåkingsperiode fra 2004/2005 til 2010 skjedde det mer enn en halvering i dekningsprosenten av smyle (*Avenella flexuosa*) på Nedstrand. I Lardal var det også nesten en halvering av smyledekningen. I Lardal var nedgangen i dekningsprosenten av smyle fra 2004 til 2010 signifikant. De endringene som ble registrert i dekningsprosenten av urter er stort sett mindre på begge flatene. Felt- og busksjiktet er artsfattig på begge flatene der 12 arter ble registrert i Lardal i 2010 og 17 arter på Nedstrand, herav 4 arter som ikke hører naturlig hjemme på Nedstrand. I Lardal var det en reduksjon i dekningsprosenten av blåbær (*Vaccinium myrtillus*) fra 52 % i 1999 til et signifikant lavere nivå på 46 % i 2010. Begge dekningsprosentene må likevel karakteriseres som fortsatt høye slik at nedgangen ikke bør tillegges stor vekt, bortsett fra at dette kan ha gunstig innvirkning på de øvrige artene i felt- og bunnsjiktet.

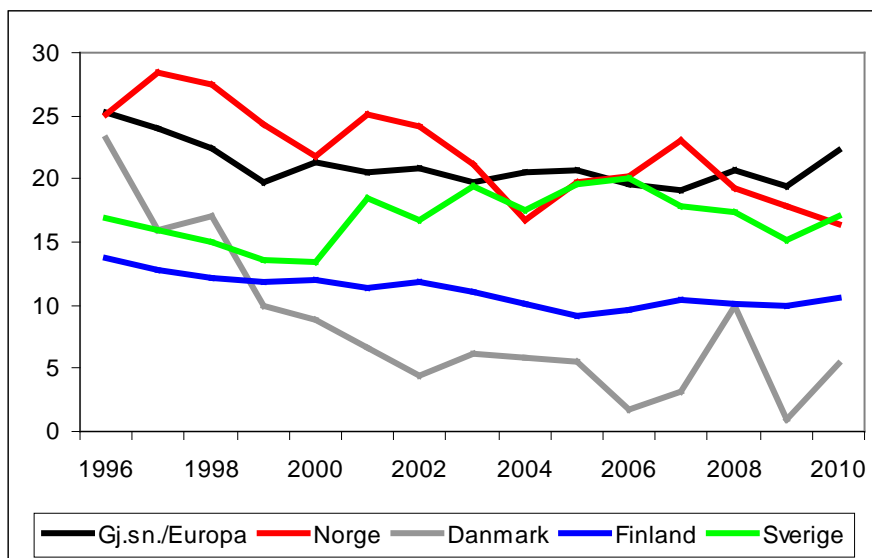
Vegetasjonen på flaten i Lardal som ble reanalysert i 2010, seks år etter forrige registrering, preges av stabilitet. Eventuelle miljøbelastninger, som for eksempel klimaendringer og forurensninger lar seg ikke spore i endret vegetasjonssammensetning. Dekningsprosenten av noen arter har riktignok endret seg i perioden 1999-2010, men som regel ikke på alle smårutene samtidig, og heller ikke i samme retning. Gjennom overvåkingsperioden fra første registrering i 1999 og frem til 2010, er det bare dekningsprosenten av blåbær og furumose som er signifikant endret i Lardal. På Nedstrand er det bare signifikant endring i dekningsprosenten av smyle, etasjemose og kystkransmose. På Nedstrand er imidlertid miljøbelastningene større enn i Lardal, som for eksempel vind og nitrogendeposisjon. Foreløpig er det vanskelig å påvise at endringer i nitrogendeposisjon gir signifikante endringer i vegetasjonssammensetning som for eksempel økt grasdekning. Høy vindbelastning gir økt strøfall og derigjennom økt næringstilførsel,

men kan også virke negativt på enkeltplanter som kan bli begravd i strøet. I artslista for flata på Nedstrand, der vind og strøbelastning er høy, er det en påfallende mangel på små moser som normalt opptrer i området.

Tabell 5. Dekningsprosent for sjikt/artsgrupper som sum av enkeltarter innen sjikt/gruppe.
Feltsjikt=lyng+gras+urter+bregner.

Sjikt/artsgruppe	Lardal			Nedstrand		
	1999	2004	2010	2000	2005	2010
Tresjikt	40,3	38,0	37,2	51,5	53,4	56,4
Busksjikt 1)	1,5	1,1	1,1	0,4	0,9	0,6
Feltsjikt 2)	3,4	3,6	3,3	4,8	4,3	2,2
Lyng	53,3	48,8	46,9	5,8	2,8	3,0
Gras	1,5	1,9	1,1	3,5	2,4	1,1
Urter	0,9	1,2	1,4	0,6	0,8	0,4
Bregner	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	+
Moser	87,4	84,7	87,5	56,0	56,2	73,6

- 1) Inkl. trær og busker som opptrer i både busk og i feltsjiktet.
2) Ekskl. arter av trær og busker



Figur 19. Andel bartrær med kroneskader (mer enn 25 % utglisning) i Norge, Danmark, Finland, Sverige og i sammenlignbare land i Nord og Mellom-Europa. (UNECE 2011b og data fra www.icp-forests.org)

4. DISKUSJON

I Norge har mange lauvtrearter fortsatt betydelige skader, som for eksempel hos bjørk og ask. Mengden skadet bjørk er høyt med ca 22 % skadde bjørketrær. Her er det både insekt, sopp og abiotiske skader, men det er særlig fjellbjørkemåleren (*Epirrita autumnata*) og bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*) som er hovedproblemet hos bjørk (Timmermann et al 2011). Hos furu var det ingen store angrep av furubarveps (*Neodiprion sertifer*) i 2010 som vi har hatt de siste åra. I gran var det relativt lite skader i 2010, og omfanget av skogskader er ikke unormalt stort selv om det i noen år har vært betydelige insekt- og soppangrep i Norge. Barskogen ser ut til å greie seg bra landet sett under ett, men andelen trær med kroneskader er betydelig høyere i Norge og Sverige enn i Danmark og Finland (Fig. 19). Sammenlignet med resten av nord- og Mellom-Europa er tilstanden i Norge likevel ikke dårligere.

Det har i de siste årene vært en tydelig økning i gjennomsnittelig kronetetthet i Norge for gran, furu og bjørk etter noen år med nedgang. Imidlertid er det betydelige regionale forskjeller i tilstand og utvikling. Helsetilstanden må likevel sies å være tilfredsstillende sammenlignet med det skadenivået vi hadde på 1990-tallet i norsk skog, selv om det er en del regionale variasjoner og variasjoner over tid. Skogens tilstand vurdert ved kronetetthet, kronefarge, skader og mortalitet, har ikke endret seg vesentlig gjennom overvåkingsperioden. Kronebedømmelse er imidlertid subjektiv og gir en del usikkerhet. Basert på analyser av kontrollregistreringer av observasjoner synes metoden likevel å gi en god beskrivelse av trærnes kronetilstand og utvikling over tid (Solberg 1999). En sannsynlig årsak til lav kronetetthet og mye misfarging på sør- og Østlandet på 1990-tallet var de hyppige tørkesommene i disse områdene i dette tiåret (Solberg 2004). Disse somrene ble etterfulgt av en iøynefallende misfarging og påfølgende avdøing 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). Avdøingen var også gjennomgående høyere på Sør- og Østlandet i denne perioden. At tørke er en stressfaktor i denne landsdelen viser også den sterke sammenhengen mellom tørkestress i juni og redusert tilvekst (Andreassen et al. 2006).

I Europa økte derimot antall bartrær med skader (mer enn 25 % utglisning) i 2010, etter en tiårsperiode med relativt stabil tilstand (UNECE 2011b). Utviklingen i den norske skogtilstanden gikk derfor motsatt vei enn i europeiske land Norge kan sammenlignes med (Fig. 19). ICP Forests (UNECE 2011b) peker på flere mulige årsaker til bedringen i Europa, og det legges særlig vekt på de innvirkninger ulike værforhold har på skog.

Askedødbeger (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) fortsatte også i 2010 sine herjinger og spredning på sør- og Østlandet. Askedødbeger forårsaker skuddavdøing (askeskuddsyken) og av og til mortalitet. Dersom denne sykdommen fortsetter angrepene eller brer seg til andre landsdeler enn Sør- og Østlandet, kan dette drepe mange trær. I mange land i Nord-Europa har sykdommen gjort store skader og drept mange trær (Kowalski 2006, Schumacher et al 2007, Thomsen et al 2007, Halmschlager & Kirisits 2008, Solheim 2009). Mattilsynet har i en forskrift lagt ned forbud mot flytting av planter, formeringsmateriale og trevirke av ask ut av denne sonen for å hindre videre spredning av askeskuddsopp til Vestlandet og Trøndelag. Mengden av granbarkbillen (*Ips typographus*) har avtatt de fleste steder i landet i 2010, men i skogfylket Hedmark har den derimot økt. Rødbandsjuka (*Mycosphaerella pini*), som opptrer på furu, ble første gang påvist i 2009 i Troms. Den er nå påvist også i Sør-Norge, og den har antagelig spredd seg fra Sverige. I 2010 ble det også observert en del toppskranting og avdøing av gran i hogstklasse 3-4 i sørøst-Norge. Disse symptomene hos gran har fått fellesbetegnelsen "grantørke" og årsakene vil bli nøyere undersøkt i et større forskningsprosjekt som ble startet opp i 2010.

Reduksjonen i dekingen av smyle i Lardal og på Nedstrand de siste 10 åra kan ha sammenheng med den observerte reduksjonen i deposisjon uorganisk nitrogen de siste åra. Denne arten er følsom for nitrogenkonsentrasjoner i jord (Rosen et al. 1992, Kellner og Redbo-Torstensson 1995, Falkengren-Grerup og Schöttelndreier 2004).

Klimatiske forhold har betydelig innvirkning på de vannkjemiske forholdene i skogøkosystemet. Tilførsel av langtransportert svovel med nedbør har avtatt mye siden midten av 1970-tallet, og målinger viser mer enn halvering av svovelforbindelser (SO_2 og SO_4^{2-}) siden midten av 1980-årene (Aas et al 2011). Sulfatkonsentrasjonen i jordvannet har avtatt tilsvarende, men de siste årene ser det ut til at den avtagende trenden i konsentrasjonen av ikke-marint (antropogent) sulfat har flatet ut (Fig. 17). Årsakene til variasjonene i skogens vitalitet er usikre, men resultatene av overvåkingen så langt, sammenholdt med registreringer av skogskader, tyder på at skogskadebildet er mye styrt av værforholdene og skadegjørere i regionale mønstre som endrer seg noe fra år til år (Solberg 2004, Solberg & Dalen 2007).

Klimatiske forhold kan gi skader direkte, eller de kan legge grunnlag for sopp- og insektangrep. De store angrepene vi har hatt de siste årene av fjellbjørkemåler på bjørk, og for noen få år siden furubarveps på furu, kan være initiert av klimatiske forhold enten direkte ved oppformering av insektene eller indirekte ved en gradvis svekkelse av trærnes motstandskraft (Krokene 2007, Solberg & Dalen 2007). For eksempel ser det nå ut til at det store angrepet av furubarveps vi hadde for noen få år siden i enkelte distrikter på Østlandet nå er over. Soppene granrust (*Chrysomyxa abietis*), furuas knopp- og greintørke (*Gremmeniella abietina*) og bjørkerust har hatt betydelige angrep de siste årene, og er i stor grad klimatisk styrt (Solheim 2001, 2008, Solheim & Skrøppa 2005). En del av forklaringen er at fuktig vær, slik vi har hatt mye av i Sør-Norge de siste årene, legger til rette for sporespredning av noen arter, mens tørt vær tilrettelegger for sporespredning av andre arter igjen (Solheim 1990, 2008). Etablering av sopp begunstiges hovedsakelig av fuktig vær. Enkelte skadetyper er av kronisk art, og kan forklare vedvarende misfarging og kroneutglisning ved at trærne svekkes over tid når de først har fått for eksempel en råteskade. I Mellom-Europa ble det funnet en sterk sammenheng mellom angrep av rotkjuke (*Heterobasidion*) og kronetetthet og kronefarge (Schmid-Haas 2002). Rotkjuke er svært vanlig i norske granskoger, og i en undersøkelse i Norge ble det påvist at 20 % av grantrærne hadde råteforekomster og var angrepet av rotkjuke (Huse et al. 1994).

Det geografiske mønsteret i skogens kronetetthet, omfang av misfarging og variasjonene over tid (Timmermann et al 2011), samsvarer ikke helt med mønsteret en skulle forvente å finne ved skader av langtransporterte luftforurensninger i Norge. Her i landet har det geografisk mønster av luftforurensninger i hovedsak vist størst tilførsler lengst sør (Aas et al 2011). Denne avtakende tilførselen (deposisjon) mot nord er tydeligst for sure forbindelser i nedbør som for eksempel ikke-marint sulfat, uorganiske nitrogenforbindelser og syre (H^+). I tillegg til mest forurensning sør i landet er det også en forventning om at skadelige effekter først kommer i sør med lavere tålegrense for skogsjord siden jorddekket her er tynt og i stor grad består av mineraler som forvittr seint (Abrahamsen et al. 1994). Det er i OPS ikke funnet tegn på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog (Solberg & Tørseth 1997, Solberg 1999, Solberg et al. 2002, Solberg et al. 2004). Tålegrenseberegninger for Norge tyder også på at sur nedbør, gjennom jordforsuring, ikke vil være noen stressfaktor for skog, heller ikke på lang sikt (Larssen & Høgåsen 2003). Dette forklares av at forvitringen av mineralmateriale i skogsjorda er en langsiktig kilde av basekationer til jordvannet, som normalt er stort nok til å erstatte tapet av basekationer etter sur nedbør og hogst. I kystnære områder kommer i tillegg tilførsel av for eksempel magnesium i sjøsalter. Det er imidlertid fortsatt usikkerhet knyttet til kriterier for skader på trær, samspill mellom variasjon i klima og luftforurensning, samt at det kan finnes følsomme lokaliteter som ikke er fanget opp i dagens datasett.

ETTERORD

OPS er finansiert av Landbruks- og matdepartementet. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere, teknikere og feltarbeidere ved de deltakende institusjonene, og lokale observatører og stasjonsholdere.

LITTERATUR

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O. & Tveite, B. 1994. (Eds.) Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. *Ecological Studies* 104. 342 s.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I. & Timmermann, V. 2011. Intensiv skogovervåking i 2010. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2010. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Rapport fra Skog og landskap.
- Andreassen K, Timmermann V, Clarke N, Solheim H, Røsberg I & Aas W 2010. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2009. Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2009. *Forskning fra Skog og landskap*. 03/10, 21pp.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. & 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.
- Dahl, E. & Skre, O. 1971. En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. p. 27-40 i: Konferens om avsvalling, Publ 1971 (1). Nordforsk, Miljøvårdsverket, Helsingfors.
- EMEP 2001 EMEP manual for sampling and chemical analysis. Revised 2001. EMEP/CCC Report 1/95. URL: <http://www.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html>.
- EMEP 2009. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe in 2008. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status report 1/2009.
- EU 2002. Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relation to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L 067, 09/03/2002, 14-30.
- Falkengren-Grerup, U. and Schöttelndreier, M. 2004. Vascular plants as indicators of nitrogen enrichments in soils. *Plant Ecology* 172, 51-62.
- Halmschlager, E. & Kirisits, T. 2008: First record of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *New Disease Reports*, Volume 17. In: <http://www.bspp.org.uk/ndr/july2008/2008-25.asp> (08.04.2008).
- Hornvedt, 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.
- Huse, K., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. (Summary: *Stump inventory of root and butt rots in Norway spruce cut in 1992*). Rapp. Skogforsk 23/94: 1-26.
- Kellner, P.S. and Redbo-Torstensson, P. 1995. Effects of elevated nitrogen deposition on the field-layer vegetation in coniferous forests. *Ecological bulletins* 44, 227-237.
- Kowalski, T. 2006. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology* 36: 264-270
- Krokene, P. 2007. Angrep av rød furubarveps. Fagartikkel, Skog og landskap. http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2007/rod_furubarveps.
- Landsskogtakseringen 2010. Landsskogtakseringens feltinstruks 2010. Håndbok fra Skog og landskap 01/10: 113 s + vedlegg.
- OPS 1989 Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 1988. Norsk Institutt for Skogforskning. Ås, Norway. 52 pp.
- Rosen, K., Gundersen, P., Tegnhammar, L., Johansson, M. and Frogner, T. 1992. Nitrogen enrichment of Nordic forest ecosystems. *Ambio* 21, 361-368.
- Schmid-Haas, P. 2002. Zur Waldinventur gehört die Überwachung der Vitalität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153(2): 68-75.
- Schumacher J, Wulf A, Leonhard S, 2007. Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Deutschland - ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen [First record of *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Germany - a new agent of ash decline]. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 59, 121-123.

- 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. & Dalen, L.S. (red.) 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07: 42 s.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Lange, H. 2009. Monitoring effects of air pollution and climatic stress on Norwegian forests. Long term ecosystem research: Understanding the present to shape the future. LWF-conference report Zürich, Switzerland.
- 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., 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.
- 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.
- Solheim, H.. 1990. Rotkjukas biologi. *Norsk Skogbruk* 36(6):24-26.
- Solheim, H. 2001. Mye brun furu i Sørøst-Norge i år. *In: Woxholt, S. (ed). Kontaktkonferansen mellom skogbruket og skogforskningen i Telemark og Aust-Agder. Drangedal 19. – 21. september 2001. Aktuelt fra Skogforskningen* 6/01: 9-11.
- Solheim, H. 2008. Climate change risks on forest in Norway: pathogens. *In: Hantula, J., Henttonen, Niemelä, P., Vapaavouri, E. & Linder, S. (eds.): Network of climate change risks on forests (FoRisk), 1 p. SNS Workshop, Aug. 29, 2008, Umeå, Sweden.*
- Solheim, H. 2009. Bekymringsfull økning i askeskuddsjuka: Trær ser ut til å dø. *Skogeieren* 2009(7-8): 24-25.
- Solheim, H. & Skrøppa, T. 2005. Store angrep av granrust på Østlandet. *Skogeieren* 92 (5): 16-17.
- Solheim H. & Vuorinen M. 2011. First report of *Mycosphaerella pini* causing red band needle blight on Scots pine in Norway. *Plant Disease* 95(7): 875.
- Spiecker, H., Mielikäinen, K., Köhl, M., Skovsgaard, J. 1996. *Growth Trends in European Forests*. Springer. Berlin. 372 pp.
- Thomsen I.M., Skovsgaard J.P., Barklund P, Vasaitis R, 2007. Svampesygdrom er årsag til toptørre i ask [A fungal disease is the cause of dieback of ash]. *Skoven* 05/2007, 234-236.
- Timmermann, V., Andreassen, K., Hysten, G. 2011. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2010. *The condition of Norwegian forests. Results from national survey in 2010*. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 13/2011: 28 s. + vedlegg.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2011a. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres, ICP Forests. Hamburg/Geneve. Part I-XI. Revised 2011. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2011b. Forest Condition in Europe 2010 Technical Report of ICP Forests, Work report of the Institute for World Forestry 2011 / 1, Hamburg. 175 pp.
- 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, T. 1995. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1994. Rapp. *Skogforsk* 23/95:1-19.
- Økland B, Wollebæk G, Krokene P & Christiansen E. 2010. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 21/2010, 12 pp.

- Aamlid, D., Solheim, H. & Venn, K. 1991. Skogskader. Veiledning i overvåking av skogskader. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 53 s.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. and Yttri K.E. 2011. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2010. Norsk institutt for luftforskning. ISBN 978-82-425-2223-8. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1074/2010. TA-2664/2010.187s.