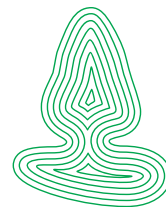


Rapport  
fra Skog og landskap

17/2011



skog+  
landskap

NORSK INSTITUTT FOR  
SKOG OG LANDSKAP

---

## INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2010

Resultater fra ICP Forest Level 2 flater i Norge

(Intensive forest monitoring in 2010)

(Results from ICP Forest Level 2 plots in Norway)

---

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Ingvald Røsberg  
og Volkmar Timmermann



---

**INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2010**  
(Intensive forest monitoring in 2010)

Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge

(Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway)

---

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Ingvald Røsberg og Volkmar  
Timmermann

**ISBN: 978-82-311-0143-7**

**ISSN: 1891-7933**

Omslagsfoto: Fra Kårvatn i Todalen/Trollheimen. Skogen på Kårvatn består av både gran, furu og bjørk og dalen er omgitt av fjell. På Kårvatn er det observert relativt lite svovel og nitrogenforbindelser i kronedrypp, og pH er også nær nøytral. Overvåkingsflaten ligger i furuskog. Foto: Volkmar Timmermann.

---

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

---

# SAMMENDRAG

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. Intensiv skogovervåking i 2010. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Rapport fra Skog og landskap 17/2011. 20 s.*

I 2010 inngikk åtte flater i den intensive skogovervåkingen der utviklingen av skogøkosystemet i Norge blir fulgt. Disse flatene inngår i det nasjonale "Overvåkingsprogram for skogskader", og de er også en del av det europeiske nettverket av intensive skogovervåkingsflater, der 39 europeiske land deltar med mer enn 800 flater (ICP Forests). Intensiv skogovervåking er utført her i landet siden midten av 1980-tallet, med tidsserier som beskriver endringer i skogøkosystemet. Hovedformålet er å beskrive skogens helsetilstand og belyse virkninger av langtransporterte forurensninger på skogøkosystemet. Observasjonene fra 2010 og utviklingen fra 1986 presenteres i denne rapporten.

Vi finner fortsatt de høyeste avsetningene av syre, svovel- og uorganiske nitrogenforbindelser i frittfallende nedbør og i kronedrypp lengst sør i landet. Konsentrasjonen av svovel- og nitrogenforbindelser i nedbør har avtatt i Norge de siste 20 årene, og dette samsvarer med reduksjonen av utslipp i Europa. Reduksjonen av både antropogent sulfat og uorganiske nitrogenforbindelser i nedbør ser imidlertid ut til å ha stoppet opp de aller siste årene.

Utbredelsen av smyle har avtatt fra 1999 til 2010 på flatene i Nedstand og Lardal der det ble utført vegetasjonsregistrering i 2010. Begge disse flatene har hatt en reduksjon i deposisjon av uorganisk nitrogen de to-tre siste årene. Mengden etasjemose har økt på begge disse to flatene de siste 10 årene

Gjennomsnittlig kronetetthet for gran avtok med 4 % fra 84 til 80 % fra 2009 til 2010. Trenden med økt misfarging hos gran fortsatte for tredje året på rad på noen flater, og andelen trær med misfarget krone økte fra 15 % i 2009 til 20 % i 2010. Det er ikke blitt registrert like mye misfarging på de intensive flatene siden slutten av 1990-tallet.

I Norge har vi ikke beviser for at skogen er direkte eller indirekte skadet av langtransporterte luftforurensninger. Her i landet er luftforurensninger og aluminiumsforbindelser i jordvann observert med normalt lavere konsentrasjoner enn grenseverdier for skadelige effekter, selv om temporært høyere aluminiumkonsentrasjoner kan forekomme som et resultat av sjøsaltilførsel etter stormer. Sulfatkonsentrasjoner i jordvann er påvirket av langtransportert svoveltilførsel, men foreløpig tyder det ikke på at skogen er blitt skadet. Uorganisk nitrogendeposisjon har ført til økt tilvekst i skog i Norge mens redusert tilvekst grunnet deposisjon av sulfat har vært vanskelig å påvise. Det er betydelige forskjeller i måleverdier mellom flatene, og disse forskjellene kan også tilskrives geologiske, klimatiske, topografiske og skoglige forhold.

## Nøkkelord:

Skogskader, overvåking, luftforurensninger, nedbør, jordvann, vegetasjon, kronetilstand, nålekjemi, tilvekst.

## SUMMARY

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. Intensive forest monitoring in 2010. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Rapport fra Skog og landskap 17/2011*. 20 p.

In 2010, intensive forest monitoring was carried out on eight plots. These plots are included in the Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage, and are also a part of the European intensive forest monitoring network (ICP Forests) where 39 European countries participate with more than 800 plots. This intensive forest monitoring has been carried out since the middle of the 1980s in Norway, leaving us with time series that describe changes in the forest ecosystems. The aim is to describe forest condition and to study effects of long-range trans-boundary air pollution on the forest ecosystems. The observations from 2010 are presented in this report.

We still observe the highest deposition of strong acids, sulphur and inorganic nitrogen in southern Norway. The average concentrations of sulphur and nitrogen compounds in precipitation have declined during the last 20 years in Norway, and correspond well with reduced emissions in Europe. However, the decline in both anthropogenic sulphate and inorganic nitrogen compounds in precipitation seems to have stopped during the last few years.

The coverage of wavy hair-grass (*Avenella flexuosa*) has decreased from 1999 to 2010 at Nedstrand and Lardal, the two plots where vegetation monitoring was carried out in 2010. On both of these plots a decrease in inorganic nitrogen deposition has been observed during the last two-three years. The coverage of stair step moss (*Hylocomium splendens*) has increased on both of these plots in the last 10 years.

Mean crown density for Norway spruce decreased with almost 4 % from 84 to 80 % from 2009 to 2010. Moreover, the trend with increased discolouration of spruce crowns continued for the third year, and the proportion of discoloured trees increased from 15 % in 2009 to 20 % in 2010. So much discolouration hasn't been observed since the end of the 1990s.

We have no indications that Norwegian forests are directly or indirectly damaged from long-range trans-boundary pollutants. In Norway, the concentrations of air pollutants and of potentially toxic aluminium in soil water have generally been below the threshold values for damage, although temporarily elevated concentrations of aluminium can occur due to sea salts after storms. The effects of nitrogen and sulphate deposition on forest growth counteract each other. Sulphate concentrations in soil water have been influenced by deposition of long-range trans-boundary sulphur, but there are no indications of forest damage. In Norway, inorganic nitrogen deposition has probably increased forest growth, while reduced growth due to sulphate deposition is difficult to identify. There were considerable differences in the measured values between the plots, which can be related to natural differences in climate, geology, topography, and forest condition in addition to long-range trans-boundary air pollutants.

**Key Words:** Forest damage, monitoring, precipitation, soil water, vegetation, crown condition, foliar chemistry, forest growth.

# INNHold

Sammendrag.....	ii
Summary.....	iii
1. Innledning .....	1
2. Oversikt over flatene .....	2
3. Resultater og diskusjon .....	3
3.1. Nedbør og kronedrypp .....	3
3.2. Jordvann .....	6
3.3. Vegetasjon .....	9
3.4. Trærnes kronetilstand .....	13
3.4.1. Kronetetthet.....	14
3.4.2. Kronefarge .....	15
3.4.3. Skader og avdøing .....	16
4. Litteratur .....	17



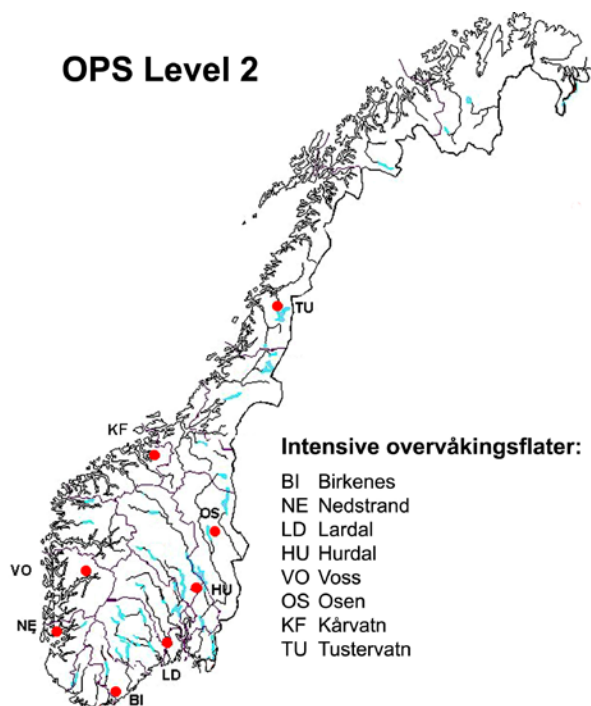
# 1. INNLEDNING

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

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

De intensive overvåkingsflatene inngår i det europeiske nettverket av slike flater (Level II-flater) i overvåkingsopplegget ICP Forests, International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (Fischer et al. 2010, Lorenz 1995, EC 1996). I Europa deltar 39 land i dette arbeidet med ca 800 intensivt overvåkede flater (Fischer et al. 2010). Ved siden av de intensive overvåkingsflatene har deltakerlandene et nett av systematisk utlagte flater for representative registreringer av trærnes helsetilstand (Level I-flater) (Timmermann et al. 2010). To av Level II-flatene (Birkenes og Kårvatn) inngår også i Integrated Monitoring-overvåkingen (ICP Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems - IM). Både ICP Forests og ICP IM er underlagt FN-konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger (LRTAP).

I denne rapporten presenterer vi resultater fra registreringene på de intensive flatene i 2010 og oppsummerer utviklingen fra 1986 til 2010



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

## 2. OVERSIKT OVER FLATENE

I Sør-Norge er det seks intensive skogovervåkingsflater, mens én ligger på Nordvestlandet ved Kårvatn og én i Nord-Norge ved Tustervatn (Figur 1). Tabell 1 gir en oversikt over noen karaktertrekk ved flatene. Hver flate har et areal på omkring ett dekar, og er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på de fleste flatene er dominert av gran (*Picea abies*). Kårvatn er imidlertid i ren furuskog. Innblanding av furu (*Pinus sylvestris*) forekommer på mange av de øvrige flatene, og er størst på Osen. I figurer og tabeller er flatene sortert fra sør til nord, noe som omtrentlig gjenspeiler tilførselsmønstre for langtransporterte luftforurensninger.

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

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

Flate	Treslag	Bonitet (H40)	Alder 2005	Etablering	Vegetasjonstype	Kvartærgeologi	
BI	Birkenes	gran	12,9	119	naturlig	Bærlyngskog	morene
NE	Nedstrand	gran	17,5	71	plantet	Blåbærskog	morene
LD	Lardal	gran	13,2	131	naturlig	Blåbærskog	bunnmorene
HU	Hurdal	gran	17,0	77	naturlig	Blåbærskog	morene
VO	Voss	gran	9,6	153	naturlig	Blåbærskog	morene
OS	Osen	gran+furu	12,4	151	naturlig	Bærlyngskog	morene
KF	Kårvatn-furu	furu	8,1	134	naturlig	Røsslyng-skinstryteskog	morene
TU	Tustervatn	gran	5,6	156	naturlig	Småbregneskog	morene

### 3. RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1. Nedbør og kronedrypp

Som i tidligere år er nedbør og kronedrypp samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Med nedbør menes her frittfallende nedbør innsamlet på ei åpen flate nær skogen, mens kronedrypp er nedbør samlet inn i skogen omtrent 50 cm over bakken. I 2010 ble de ukentlige prøvene slått sammen til en fellesprøve for hver 4 ukers periode. Prøvene som samles inn oppbevares i kjølerom for å unngå reaksjoner som kan forringe kvaliteten på vannet. Analysemetodene var som i tidligere år (Ogner et al. 1999).

Tabell 2. Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (mg/l) i nedbør og kronedrypp i 2010, der mm = nedbørsmengde, Led = ledningsevne ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Tot-N = total N, DOC = løst organisk karbon, nm = ikke marint.

Felt	mm	Led	pH	NH <sub>4</sub> -	NO <sub>3</sub> -	Tot-	SO <sub>4</sub> -	nmSO <sub>4</sub> -	Ca	K	Mg	Na	Cl	DOC
				N	N	N	S	S						
<i>Nedbør</i>														
NE	1779	19	5,1	0,23	0,25	0,54	0,31	0,16	0,10	0,09	0,13	1,57	2,8	1,2
LD	864	12	4,9	0,17	0,27	0,50	0,23	0,21	0,10	0,10	0,04	0,21	0,4	1,4
VO	1059	7	5,4	0,08	0,12	0,25	0,14	0,12	0,07	0,08	0,02	0,28	0,5	2,4
OS	692	9	5,2	0,08	0,13	0,30	0,16	0,15	0,07	0,22	0,01	0,17	0,3	2,4
KF	1151	11	5,4	0,13	0,06	0,34	0,15	0,09	0,09	0,08	0,04	0,55	1,0	2,0
TU	1016	9	5,4	0,10	0,07	0,23	0,16	0,08	0,07	0,11	0,05	0,78	1,4	1,5
<i>Kronedrypp</i>														
BI	930	29	5,0	0,26	0,32	0,84	0,49	0,33	0,35	1,56	0,24	1,54	3,0	10,2
NE	1190	54	5,3	0,29	0,42	0,91	0,71	0,20	0,36	1,58	0,59	5,33	9,4	7,3
LD	766	18	5,0	0,12	0,19	0,44	0,28	0,23	0,14	1,32	0,05	0,38	0,9	8,5
HU	557	35	5,5	1,02	0,15	1,54	0,34	0,24	0,17	1,97	0,06	1,21	1,9	8,6
VO	936	12	5,5	0,09	0,08	0,32	0,15	0,09	0,09	0,98	0,05	0,50	1,0	6,1
OS	539	12	5,2	0,14	0,09	0,42	0,17	0,15	0,14	1,06	0,04	0,21	0,4	9,4
KF	1104	11	5,4	0,11	0,05	0,22	0,13	0,07	0,08	0,26	0,03	0,58	1,1	3,1
TU	667	27	5,2	0,08	0,04	0,32	0,31	0,06	0,27	1,85	0,28	2,52	4,6	12,8

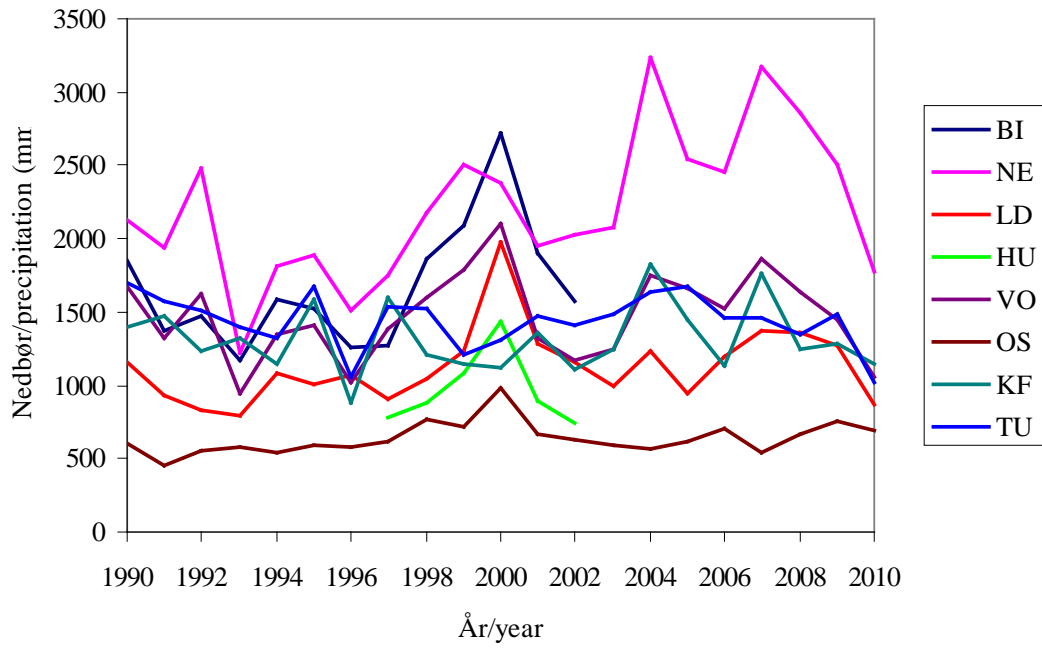
Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen elementer og forbindelser, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av H<sup>+</sup>-aktivitet (Tabell 2). Ved konsentrasjoner under analysemetodens deteksjonsgrense, er verdien satt lik halve deteksjonsgrensen. Sulfat fra menneskeskapte utslipp er beregnet ut fra sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO<sub>4</sub>-S) etter formelen: nmSO<sub>4</sub>-S = SO<sub>4</sub>-S - (0,054 \* Cl). Beregnet deponisjon (årlige mengder per kvadratmeter, dvs. konsentrasjon ganget med vannmengde) er vist i Tabell 3. Deponisjon består både av våtavsetning fra nedbør og av tørravsetning. Trærnes kroner fanger opp en del av denne tørravsetningen, hvilket bidrar til at deponisjon og konsentrasjoner i kronedrypp under trekronene ofte er høyere enn i nedbør. I tillegg forekommer det prosesser i kronen, for eksempel utvasking fra barnåler, og det bidrar også til forskjell i konsentrasjon og deponisjon mellom nedbør og kronedrypp.



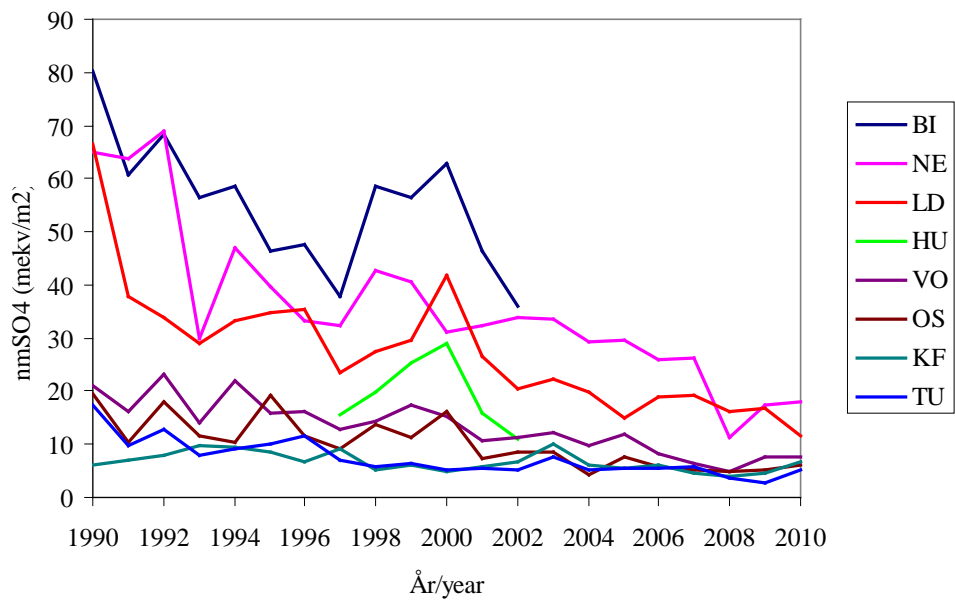
Tabell 3. Deposisjon (mg/m<sup>2</sup>) i 2010. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon

Felt	NH <sub>4</sub> -		NO <sub>3</sub> -	Tot-	nmSO <sub>4</sub> -		Ca	K	Mg	Na	Cl	DOC
	H	N	N	N	SO <sub>4</sub> -S	S						
<i>Nedbør</i>												
NE	0,015	409	445	961	552	290	178	153	233	2795	4893	2135
LD	0,010	147	233	432	199	185	86	85	35	183	328	1210
VO	0,005	85	127	265	148	124	74	88	23	296	498	2542
OS	0,005	55	90	208	111	100	48	154	8	118	187	1661
KF	0,005	150	69	391	173	108	104	87	44	636	1151	2302
TU	0,004	102	71	234	163	83	71	111	54	794	1433	1524
<i>Kronedrypp</i>												
BI	0,010	242	297	781	455	303	325	1446	218	1429	2761	9481
NE	0,007	345	500	1083	845	240	428	1874	706	6343	11185	8686
LD	0,008	92	145	337	214	178	107	1007	41	288	658	6508
HU	0,002	568	84	857	189	133	95	1095	31	673	1035	4788
VO	0,003	84	75	299	140	89	84	921	42	468	964	5707
OS	0,004	75	48	226	92	79	75	570	23	112	216	5065
KF	0,005	121	55	243	143	81	88	287	36	636	1159	3421
TU	0,005	53	27	214	207	40	180	1235	186	1678	3050	8541

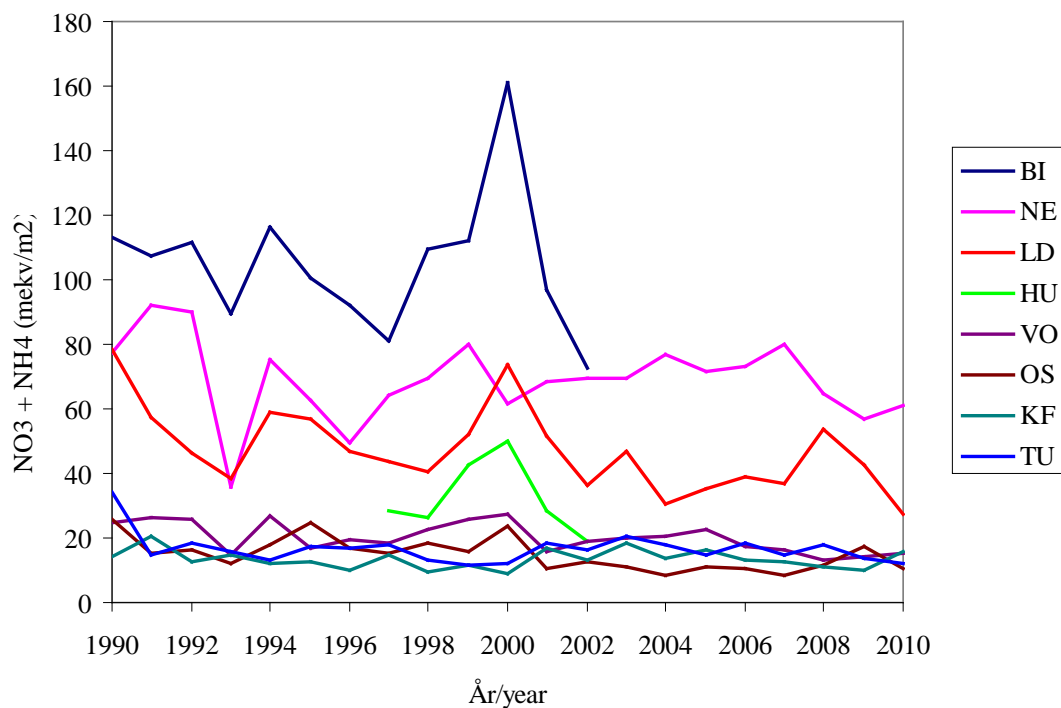
Som i tidligere år, var pH i både frittfallende nedbør og kronedrypp generelt litt lavere sør i landet enn i nord, men forskjellen var liten. Konsentrasjoner og deposisjon av uorganiske nitrogenforbindelser og antropogent sulfat var generelt høyest sør i landet.



Figur 2a. Nedbør.



Figur 2b. Ikke-marint sulfat.



Figur 2c. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Figur 2 (a-c). Langtidstrender i nedbørsmengde, ikke-marint SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> og (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) i frittfallende nedbør.

Figur 2 viser langtidstrender i deponisjon av ikke-marint SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> og (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) av frittfallende nedbør på alle feltene. Årlige fluktuasjoner i deponisjon beror i stor grad på variasjoner i nedbørsmengde (Fig. 2a), men det finnes også langtidstrender. Det er nå ikke lenger noen nedgang i deponisjon av antropogent sulfat eller uorganisk nitrogen (Fig. 2b og 2c). I Lardal derimot er det både i 2009 og 2010 observert en nedgang i uorganisk nitrogen (Fig. 2c).

### 3.2. Jordvann

Jordvannprøver fra lysimeteranlegg er innsamlet på samme måte som i tidligere år og er beskrevet av Kvaalen et al 2002. Lysimetrene er plassert slik at de suger vann fra omkring den nedre grensen av humussjiktet (5 cm jorddybde), og både fra øvre og nedre del av mineraljorda (15 og 40 cm jorddybde). For det meste har feltene sylindrerformede tensjonslysometre (lysometre med sug), oftest tre i hvert sjikt. Disse vil suge vann fra et område både like over og like under den aktuelle dybden. Overvåkingsflaten på Birkenes har tensjonsplatelysometre i 15 cm-sjiktet. Platelysometrene suger vann bare fra området over lysimeteret. I 2010 ble jordvannet samlet inn hver uke i den frost- og telefrie delen av året, og slått sammen til en prøve for hver 4 ukers periode, på samme måte som i tidligere år. Analysemetodene var som i tidligere år i henhold til Ogner et al. (1999).

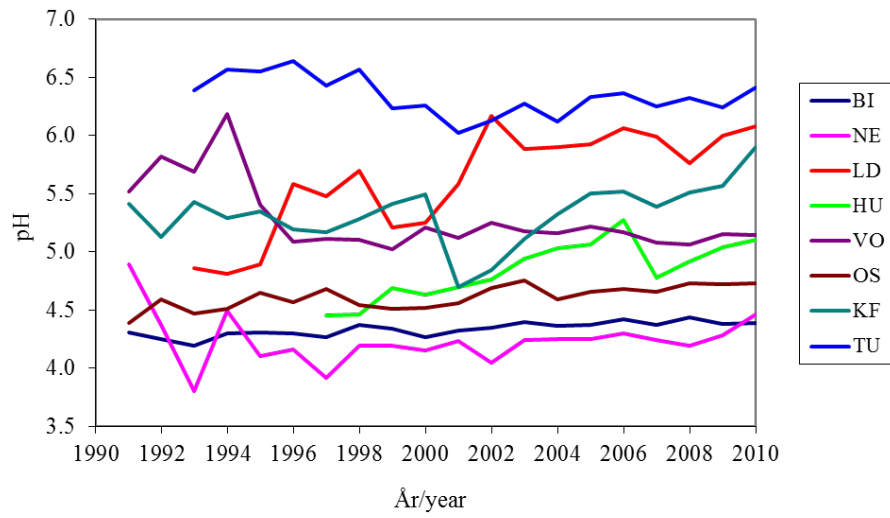
Tabell 4. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2010, der Led = ledningsevne ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, \* = platelysimeter, M = manglende verdi.

Felt	Sji	Led	pH	Sji								NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> nmSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>			DOC	
				Tot-Al	Lab-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH <sub>4</sub> -N	N	Tot-N	S	S		Cl
BI	15*	30	4,4	0,87	0,33	0,20	0,16	0,09	0,12	0,001	2,42	0,05	0,03	0,35	0,52	0,40	2,1	22,3
BI	40	34	4,7	0,60	0,50	0,15	0,04	0,06	0,21	0,002	3,52	0,03	0,03	0,15	1,42	1,19	4,2	5,3
NE	5	40	4,7	0,80		0,57	0,24	0,13	0,27	0,003	4,59	0,16	0,03	0,52	0,43	0,09	6,3	18,5
NE	15	69	4,5	0,76	0,39	0,42	0,17	0,21	0,54	0,020	8,50	0,10	0,03	0,47	0,99	0,32	12,4	18,6
NE	40	65	4,9	0,37	0,36	0,13	0,00	0,39	0,63	0,067	9,53	0,04	0,03	0,08	1,85	1,09	14,1	1,6
LD	5	14	5,3	0,29		0,25	0,17	0,16	0,15	0,011	1,45	0,13	0,04	0,35	0,49	0,43	1,2	7,1
LD	15	15	6,1	0,08	0,03	0,58	0,04	0,04	0,20	0,022	1,58	0,11	0,06	0,31	0,68	0,61	1,3	4,0
LD	40	18	6,4	0,02	0,02	0,95	0,01	0,02	0,26	0,006	1,59	0,06	0,03	0,15	0,98	0,92	1,2	1,9
HU	5	21	4,5	0,40	0,15	0,11	0,05	0,10	0,03	0,011	1,30	0,06	0,03	0,25	0,59	0,56	0,5	14,7
HU	15	14	5,1	0,41	0,32	0,07	0,05	0,05	0,04	0,006	1,66	0,03	0,03	0,15	0,82	0,77	0,9	5,2
HU	40	12	5,4	0,14	0,13	0,09	0,00	0,05	0,03	0,014	1,29	0,03	0,03	0,07	0,81	0,77	0,6	1,1
VO	5	M	5,1	0,15		0,06	0,01	0,10	0,03	0,006	0,83	M	0,04	M	0,24	0,20	0,8	M
VO	15	14	5,1	0,18	0,08	0,12	0,00	0,02	0,21	0,088	1,19	0,11	0,03	0,22	0,39	0,30	1,7	4,5
VO	40	12	5,5	0,17	0,13	0,19	0,01	0,02	0,18	0,049	1,17	0,05	0,03	0,12	0,46	0,37	1,6	3,2
OS	5	29	4,3	0,84	0,39	0,56	0,86	0,26	0,39	0,091	0,56	0,09	0,03	0,53	0,15	0,13	0,4	32,6
OS	15	17	4,7	0,53	0,23	0,50	0,53	0,25	0,36	0,010	0,62	0,05	0,03	0,35	0,18	0,17	0,3	19,9
OS	40	10	5,3	0,32	0,21	0,16	0,03	0,42	0,11	0,005	0,60	0,04	0,03	0,18	0,44	0,42	0,3	6,7
KF	5	23	4,7	0,63	0,06	0,21	0,76	0,25	0,19	0,001	2,11	0,10	0,04	0,40	0,06	0,00	1,9	19,9
KF	15	13	5,9	0,29	0,16	0,12	0,07	0,06	0,17	0,000	1,69	0,04	0,03	0,16	0,15	0,06	1,7	6,7
KF	40	14	5,7	0,46	0,25	0,15	0,14	0,11	0,21	0,001	1,75	0,04	0,03	0,20	0,16	0,06	1,8	8,8
TU	5	12	6,1	0,20	0,02	0,22	0,03	0,35	0,17	0,002	1,44	0,12	0,03	0,30	0,30	0,25	1,0	6,6
TU	15	27	6,4	0,04	0,03	0,41	0,00	0,27	0,43	0,001	3,34	0,04	0,03	0,10	0,76	0,58	3,3	2,5
TU	40	31	6,5	0,01	0,01	0,39	0,00	0,38	0,51	0,001	4,05	0,03	0,03	0,07	0,92	0,67	4,6	1,2

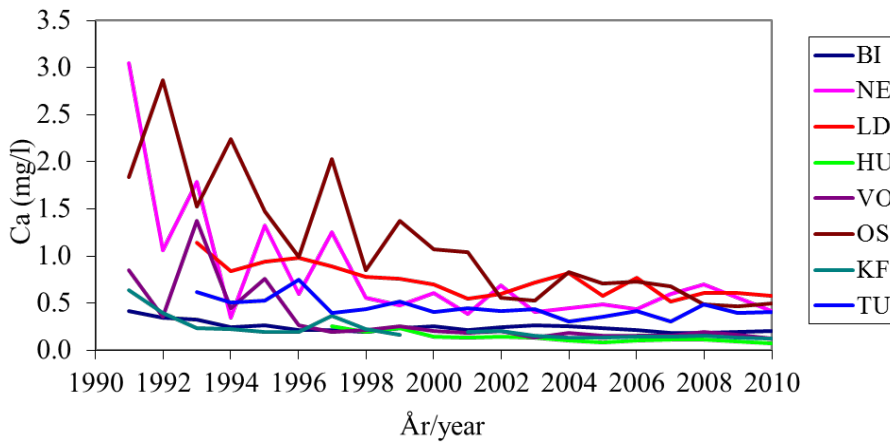
Tabell 4 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (unntatt ledningsevne, som ikke er volumveid), mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier for H<sup>+</sup>-aktivitet. Der konsentrasjonen har vært under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO<sub>4</sub>-S) er beregnet ut fra formelen: nmSO<sub>4</sub>-S = SO<sub>4</sub>-S - (0,054 \* Cl).

Som for nedbør, var pH i jordvann generelt lavest på flatene i Sør-Norge. Konsentrasjonene av antropogent sulfat var høyest sør i landet. Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat var lave på alle flater, og ammoniumkonsentrasjoner var også lave på de fleste flater.

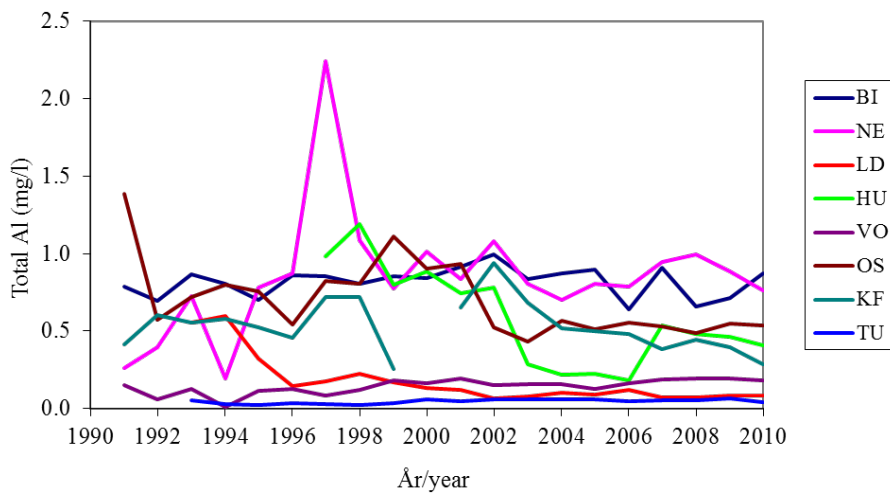
Langtidstrender for pH, Ca, total Al og ikke-marint sulfat i 15 cm dybde på alle flater er vist i Fig. 3. I 2010 var det ingen stor endring i disse verdiene utenom den normale variasjonen, På Kårvatn var det imidlertid observert en pH-økning i 2010.



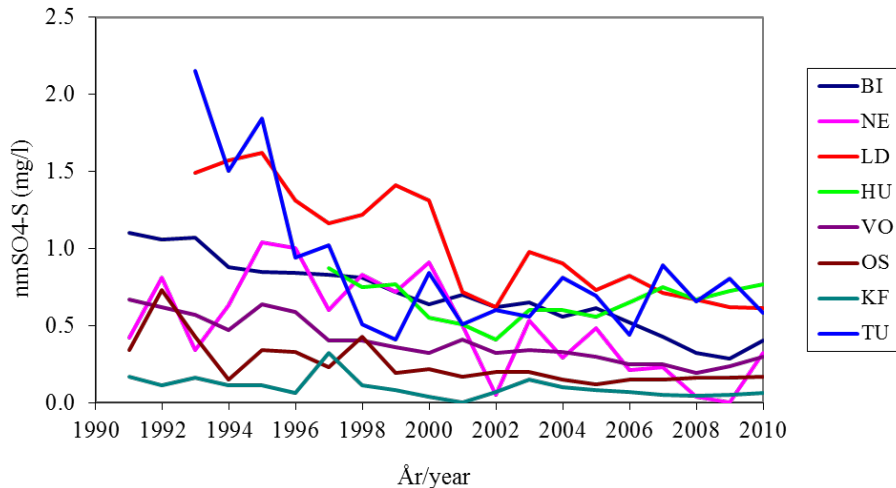
Figur 3a. pH.



Figur 3b. Ca.



Figur 3c. Total Al.



Figur 3d. Ikke-marint SO<sub>4</sub>-S.

Figur 3. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO<sub>4</sub>-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

I perioden etter 2000 har innholdet av kjemiske elementer i jordvann bare i liten grad endret seg her i landet. Lengst sør i landet har vi observert de høyeste konsentrasjoner og mengder av langtransporterte luftforurensninger (svovel i formen sulfat, uorganisk nitrogenforbindelser, ozon) og laveste pH i nedbør (Andreassen et al 2010). Mange steder i Europa er det dokumentert skogskader som skyldes overskridelser av kritiske grenseverdier for atmosfæriske luftforurensninger og ozon (Lorenz et al. 2009). Skogskader som skyldes langtransporterte luftforurensninger i gassform har vi ikke kunnet påvise i Norge, unntatt i Sør-Varanger nært Russland. Siden konsentrasjonene av mulige toksiske Al-forbindelser er lave, særlig i humussjiktet hvor det er mest finrøtter, er risikoen for aluminiumsforgiftning av skog i Norge fortsatt lav (Eldhuset 1988, De Wit 2000).

### 3.3. Vegetasjon

På de intensive overvåkingsflatene er vegetasjonen blitt fulgt siden etableringen i 1986 (OPS 1989), og de første registreringene ble gjort i løpet av 1986-89. Det er utlagt 10 ruter á 1x1 m langs ytterkanten av hver overvåkingsflate. Registreringene utføres som frekvensanalyser ved at ei ramme inndelt i 25 småruter legges over ruta (OPS 1989). For hver art telles det opp antall småruter med forekomster av hver planteart. Ved andre gangs registrering i 1991-93 ble antall ruter utvidet til 50 pr flate (Solberg et al. 1999). På disse rutene (11-50) vurderes bare dekningsgraden. De nye rutene er primært anlagt i ei 5 m randsone, men med visse tilpasninger til terrengforhold. Det store antallet ruter antas å dekke variasjonen i felt- og bunnvegetasjonen på flatene.



Tabell 5. Utvalg av de viktigste artene med dekning i % på flatene i 1999-2010. Arter med svært liten dekning er ikke tatt med, men dekningsprosenten er inkludert i slekter og artsgrupper. + angir 0,02-0,04 % dekning. F=feltsjikt, B=busksjikt. Signifikante endringer mellom år er markert med ulike bokstaver ("a" vs. "b") To bokstaver, "ab" viser betydelige, men ikke signifikante endringer i forhold til andre årstall.

Arter og artsgrupper	Lardal			Nedstrand		
	1999	2004	2010	2000	2005	2010
Dunbjørk ( <i>Betula pubescens</i> )	5,4	5,2	5,3	0,9	0,8	1,5
" ( <i>B. pubescens</i> ) F+B	0	+	0	0	+	+
Gran ( <i>Picea abies</i> )	34,9	32,8	31,9	44,2	46,4	47,8
" ( <i>P. abies</i> ) F+B	0,5	0,18	0,3	0,2	0,5	0,3
Furu ( <i>Pinus sylvestris</i> )	0	0	0	2,7	2,1	2,3
Rogn ( <i>Sorbus aucuparia</i> ), F+B	1,0	0,6	0,8	0,2	0,2	0,1
Sitkagran ( <i>Picea sitchensis</i> )	0	0	0	3,7	4,0	4,8
Eik ( <i>Quercus</i> spp.) F	0	0	0	+	0,1	0,1
Blåbær ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	a 51,5	ab 47,3	b 45,6	5,6	2,6	2,9
Tyttebær ( <i>V. vitis-idaea</i> )	1,8	1,5	1,4	0,2	0,2	0,1
Smyle ( <i>Avenella flexuosa</i> )	ab 1,5	a 1,9	b 1,0	a 3,4	ab 2,4	b 1,1
Bjønnekam ( <i>Blechnum spicant</i> )	0	0	0	0,3	0,1	+
Fugletelg ( <i>Gymnocarpium dryopteris</i> )	+	0,1	0,1	0	0	0
Maiblom ( <i>Maianthemum bifolium</i> )	0,6	0,7	0,9	+	+	+
Stormarimjelle ( <i>Melampyrum pratense</i> )	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1
Nikkevintergrønn ( <i>Orthilia secunda</i> )	+	0,2	0,2	0	0	0
Gaukesyre ( <i>Oxalis acetosella</i> )	0	0	0	0,3	0,4	0,2
Skogstjerne ( <i>Trientalis europaea</i> )	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	+
Lundmoser ( <i>Brachythecium</i> spp.)	0	0	0,1	0	+	0,2
Blondemose ( <i>Chiloscyphus</i> sp.)	+	+	0	0	0	0,1
Blanksigd ( <i>Dicranum majus</i> )	29,4	25,3	24,6	16,3	17,5	17,4
Krussigd ( <i>Dicranum polysetum</i> )	0,1	0,2	0,2	0	0	0
Ribbesigd ( <i>Dicranum scoparium</i> )	1,8	1,2	1,1	1,0	1,0	0,8
Sigdmoser ( <i>Dicranum</i> spp.)	0,2	0,1	0,2	0,9	0,3	0,4
Etasjemose ( <i>Hylocomium splendens</i> )	12,2	13,3	16,0	b 9,8	b 10,7	a 19,8
Matteflette ( <i>Hypnum cypressiforme</i> )	0	0	0	9,6	8,0	9,1
Flikmoser ( <i>Lophozia</i> spp.)	0,1	0,1	0,1	0	0	,+
Tornemose ( <i>Mnium</i> sp.)	0	0	0	0,2	0,3	0,3
Prakthinnemose ( <i>Plagiochila asplenoides</i> )	0,5	0,7	0,7	0	0	0
Kystjamnemose ( <i>Plagiothecium undulatum</i> )	0	0	0	5,4	5,8	5,8
Jammoser ( <i>Plagiothecium</i> spp.)	0,2	0,2	0,2	0	0	0
Furumose ( <i>Pleurozium schreberi</i> )	a 9,5	ab 7,6	b 4,9	1,1	1,1	2,1
Bjørnemose ( <i>Polytrichum commune</i> )	0,8	0,9	0,9	0	0	0
Binnemose ( <i>Polytrichastrum formosum</i> )	0	0	0	1,9	1,0	0,4
Bakkefrynse ( <i>Ptilidium ciliare</i> )	0,1	0,1	0,1	0	0	0
Fjærmose ( <i>Ptilium crista-castrensis</i> )	1,3	1,6	2,0	0,7	0,3	0,4
Kystkransmose ( <i>Rhytidiadelphus loreus</i> )	0	0	0	b 6,5	b 7,4	a 13,8
Engkaransmose ( <i>Rhytidiadelphus squarrosus</i> )	0,2	0,2	0,3	+	+	0
Kransmose ( <i>Rhytidiadelphus</i> sp.)	0,3	0,3	0,1	0	0	0
Furutorvmose ( <i>Sphagnum capillifolium</i> )	2,2	3,0	1,8	0	0	0

Arter og artsgrupper	Lardal			Nedstrand		
	1999	2004	2010	2000	2005	2010
Grantorvmose ( <i>Sphagnum girgensohnii</i> )	26,7	28,1	30,6	0	0	0
Torvmoser ( <i>Sphagnum</i> spp.)	0,5	0,3	1,9	0,1	0,1	0,1
Tujamose ( <i>Thuidium tamariscinum</i> )	0	0	0	2,5	2,6	2,8
Reinlav ( <i>Cladonia</i> spp.)	0	0	0	0,1	+	+
Sum skjeggmoser ( <i>Barbilophozia</i> spp.)	1,1	1,2	1,0	0	0	0
Sigdmoser ( <i>Dicranum</i> spp.)	31,5	26,8	26,1	18,2	18,7	18,6
Bjørnemoser ( <i>Polytrichum</i> spp.)	0,8	0,9	0,9	1,9	1,0	0,4
Torvmoser ( <i>Sphagnum</i> spp.)	29,5	31,6	34,9	0,2	0,1	0,2
Sum alle levermoser	2,4	2,8	2,1	0	0	0,1
Sum alle bladmoser	85,0	82,0	85,3	b 56,1	b 56,4	a 73,5
Sum alle lever- og bladmoser	87,4	84,8	87,3	56,1	56,4	73,6

I 2010 ble det registrert dekning og frekvens i prosent av rutearealet på 1x1 m av enkeltarter på flatene Lardal og Nedstrand. Her presenteres data for dekningen av artene eller artsgrupper, se Tabell 5. Begge flatene har et komplett sett ruter fra 1999 og ble reanalysert i 2004 (Lardal), 2005 (Nedstrand), og i 2010 (begge flater). I Lardal har det i 2010 ikke skjedd noen store endringer i mengde eller frekvens av artene, sammenlignet med registreringene i 2004. Unntaket er smyle der det er observert en nedgang i dekning (Tabell 5). Også på Nedstrand har dekningen av smyle minket, men her har det samtidig vært en økning av særlig etasjemose og kystkransmose.

I Lardal har det i perioden 1999-2010 vært en nedgang på 3 % i gjennomsnittlig dekning av tresjiktet mens det på Nedstrand har vært en økning på bortimot 4 % i perioden 2000-2010 (Tabell 5). På Nedstrand er det tydelig at fremmede treslag som fins på feltet eller nær bestandet blir frøformert og forekommer i enkelte av analyserutene, men som ikke er tatt med i Tabell 5. Det gjelder for eksempel sitkagran (*Picea sitchensis*), hemlock (*Tsuga* sp.) og edelgran (*Abies alba*).

I feltsjiktet er det en dominans av blåbær i Lardal. Den har likevel minket i dekning fra 52 % i 1999 til 46 % i 2010. Her har det over tid vært en nedgang i dekningen, men minst mellom de to siste periodene. På Nedstrand er dekningen av blåbær mye mindre og mer sporadisk, men også her har det vært en nedgang siden målingene startet i 2000. Endringer her gir store prosentvise utslag, men har liten betydning for den øvrige vegetasjonen.

Det framgår av Tabell 5 at det er relativt få urter og grasarter, til sammen 8 på hver av flatene i 2010.. Graset smyle (*Avenella flexuosa*) opptre på alle flatene, men dog i moderate mengder. På Nedstrand mangler smyle i 20 av rutene, mens det i Lardal mangler i 11 ruter. Nedgangen i dekning har vært gradvis på Nedstrand, mens den falt sterkt fra 2004 til 2010 i Lardal. På begge flatene har dekningen minket siden starten, mest på Nedstrand, fra 3,4 til 1,1 %. Utenom smyle finnes bare en graminid (graslignende arter) på hvert av feltene med slåttestarr (*Carex nigra*) i Lardal og bråtestarr (*Carex pilulifera*) på Nedstrand. Pga. lav dekningsgrad (0.02-0.04) er disse ikke tatt med i tabellen. Det samme gjelder hårfrytle (*Luzula pilosa*), skjeggmoser (*Barbilophozia* spp.) og nikkemose (*Pohlia* sp.) i Lardal, linnea (*Linnea borealis*) som fins både i Lardal og Nedstrand og einstape (*Pteridium aquilinum*) som bare ble registrert i Nedstrand. På Nedstrand finnes også bregnen bjønnekam (*Blechnum spikant*) som har sin hovedutbredelse på Vestlandet og i Trøndelag. Det er åpenbart at bregnen har problemer med strøfall og lysmiljø i flaten på Nedstrand, jmf. også Fig. 4. I Lardal forekommer også bregnen fugletelg i alle tre registreringsåra, men mengden er så liten at noen endring ikke kan påvises.



Figur 4. Vegetasjonsutvikling på rute 29 på Nedstrand fra 2005 til venstre og 2010 til høyre. I 2005 sees knapt moser. Det er et tett teppe av kvister og nåler som ligger på bakken. I 2010 har mosedekket ekspandert, først og fremst etasjemose, matteflette (*Hypnum cypressiforme*) og kystjammemose (*Plagiothecium undulatum*).

De få urtene som ble registrert forekom kun i mindre mengder, og summen av urtedekningen var mindre enn dekkningen av for eksempel smyle på begge feltene i alle registreringsårene. Bare maiblom (*Maianthemum bifolium*), skogstjerne (*Trientalis europaea*) og stormarimjelle (*Melampyrum pratense*) forekom på begge flater i alle tre registreringstidspunktene. De lave gjennomsnittlige dekningsstall gir ikke grunnlag for slutninger om endringer i periodene fra start til 2010.

Flatene preges av mose- og levermoseslekter som naturlig hører til i blåbærgranskogen og med visse artsgeografiske (Østland-Vestland) forskjeller. Av Tabell 5 ser vi at dekkningen av levermoser er liten, spesielt på Nedstrand. I Lardal er skjeggmoser (*Barbilophozia* spp.) viktigst blant levermosene, og blant disse igjen har gåsefotskjemose (*B. lycopodioides*) og lyngskjemose (*B. floerke*) størst dekning. Dekningen av skjeggmoser var ca 1 % i Lardal, men ble ikke funnet på Nedstrand. En annen viktig levermose, prakthinnemose (*Plagiochila asplenioides*), hadde 0,7 % dekning i 2010 i Lardal. Sigdmoser (*Dicranum* spp.=sum), torvmoser (*Sphagnum* spp.=sum) og etasjemose (*Hylocomium splendens*) med til sammen ca ca 75 % dekning er likevel de dominerende mosene i Lardal. Furumose (*Pleurozium schreberi*) minket jamt fra 9,5 % i 1999 til 5 % i 2010. Sum dekning av moser og levermoser har vært omtrent konstant (85-87 %) i de tre registreringsårene i Lardal.

På Nedstrand var mosedekningen noe lavere enn i Lardal. Dekningen av sigdmoser var her ca 18 % i registreringsårene, Av de øvrige moseartene bør nevnes etasjemose som i 2010 hadde en dekning på knapt 20 % mens den i 2005 bare oppnådde 11 % dekning. Kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*) hadde i 2010 en dekning på knapt 14 % mot vel 7 % i 2005. Totalt økte dekkningen av moser og levermoser sterkt fra 2005 til 2010 på Nedstrand (56,4 til 73,6 %).

Tabell 5 viser altså at det er relativt små endringer i dekkningen av arter fra 2004/2005 til 2010. I tabellen er arter med signifikant endret dekningsprosent mellom to registreringsår markert med ulike bokstaver ("a" vs. "b") foran dekningsstallet. To bokstaver "ab" viser betydelige, men ikke signifikante skilnader i forhold til andre årstall. Ingen bokstav betyr at eventuelle skilnader ikke er statistisk sikre (signifikante).

Viktige og signifikante endringer i dekning blant felt- og bunnsjiktarter er: Blåbær minket signifikant i Lardal fra 1999 til 2010, men ikke fra 1999-2004 og 2004 til 2010. Tilsvarende gjelder for smyle både på Nedstrand og i Lardal der det over en tiårsperiode er signifikant nedgang i dekkningen, men ikke hvis vi deler opp i korte femårsperioder. For furumose i Lardal gjentar dette mønster seg. Etasjemose og kystkransmose på Nedstrand og smyle i Lardal er de eneste som har en signifikant og positiv endring fra forrige (2004/2005) registrering og frem til 2010. Som en konsekvens økte også sum dekning av moser og levermoser signifikant fra 2005 til 2010 på Nedstrand,.

På Nedstrand skyldes trolig økningen av etasjehusmose, kystkransmose og totaldekning mose at mengden strøfall, særlig grønne smågreiner, er blitt mindre i perioden mellom 2005 og 2010 og mosene har dermed fått tid til å regenerere, se Fig 4. Nedgangen i smyle på Lardal er vanskelig å forklare, men noe kan kanskje skyldes soppen *Valdesinia* som ble registrert i de fleste rutene. Den forårsaker bladfelling hos blåbær og sørger derfor for bedre lystilgang der det meste av smylebiomassen finnes. På Nedstrand er antagelig den høye kronedekningen til gran også begrensende for lystilgangen og dermed mengden smyle.

### 3.4. Trærnes kronetilstand

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av treets kronetilstand (vitalitet) registrert som blant annet kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde (UNECE 2010). Kronebedømmelse utføres på alle trær som tilhører hovedtreslaget og som ikke er undertrykt, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status. Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær (sidetrykking og pisking), naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet. For å bestemme kronefarge, anslås omfanget av misfarget bar (og intensiteten av misfargingen) og registreres på en skala fra 1 til 4 (normal grønn: 0-10 % gule nåler, svak gul: 11-25 %, middels gul: 26-60 %, sterk gul: >60 %). Hos gran vurderes kronas øvre halvdel, hos furu kronas øvre 2/3-del. Treet vurderes fra flere sider der dette er mulig. Bedømmelsen gjennomføres med kikkert. Flata i Osen er et barblandingsbestand og har et større areal og flere trær enn de andre overvåkingsflatene, og presenteres derfor både som én granflate og én furuflate i resultatoversikten for kronetilstand. I 2010 ble bare halvparten av grantrærne bedømt på denne flaten slik at treantallet skulle bli mer tilpasset de andre flatene. I Lardal ble det våren 2009 utført sluttthogst i et belte sørvest og et belte nordøst for flata. Dette vil på sikt kunne påvirke kronetilstanden på deler av flata på grunn av uttørring og økt vindpress, selv om det ble avsatt en ganske bred buffersone rundt flata. I 2010 ble det observert flere vindfelte trær i denne buffersonen. Feltarbeidet på de intensive flatene ble i 2010 utført mellom 25. august og 28. september.

Tabell 6. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2010 med endringer fra 2009 i parentes. Gjennomsnittstall for granflatene.

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge
BI	Gran	83,1 (-3,6)	55 (-45)
NE	Gran	83,3 (-4,9)	98 (-2)
LD	Gran	81,1 (-3,1)	47 (-6)
HU	Gran	81,5 (-1,8)	79 (15)
VO	Gran	72,8 (-11,1)	89 (-8)
OS	Gran	85,3 (-2,8)	98 (3)
OS	Furu	89,3 (-1,1)	94 (-4)
KF	Furu	82,9 (0,8)	77 (-13)
TU	Gran	75,3 (1,1)	91 (8)
Gj.snitt	Gran	80,3 (-3,7)	80 (-5)

Tabell 7. Kronetetthets- og misfargingsklasser i henhold til UNECE og EU klassifisering (modifisert etter Lorenz et al. 2009). Klassene 3-5 refereres til som skade, både på tre- og flatenivå (Lorenz et al. 2009).

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

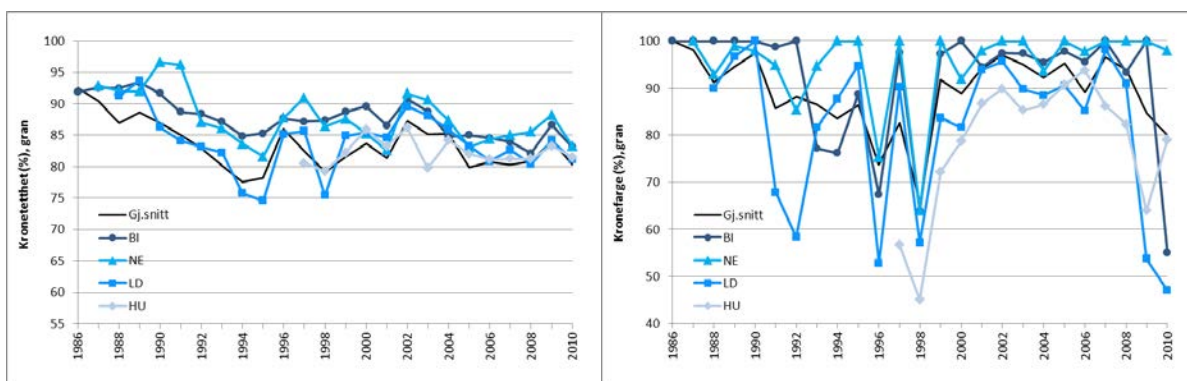
### 3.4.1. KRONETETTHET

#### GRAN

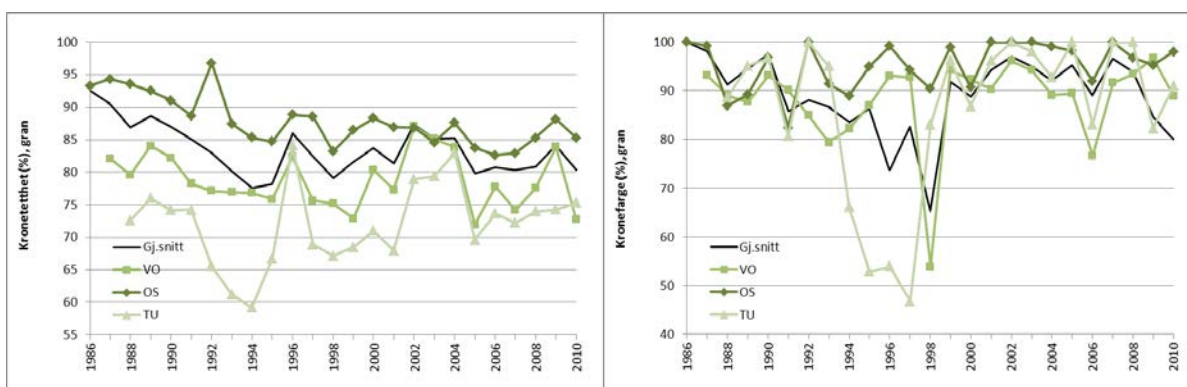
I 2010 sank kronetettheten på alle granflatene med unntak av Tustervatn, og gjennomsnittet lå på 80,3 %, en nedgang på 3,7 % i forhold til 2009 (Tabell 6). Voss hadde den største nedgangen i kronetetthet med 11,1 %, mens kronetettheten i Tustervatn hadde en svak økning (1,1 %) fra året før. Det var flatene i Nedstrand og Osen som hadde høyest kronetetthet i 2010 (henholdsvis 83,3 og 85,3 %), mens Tustervatn og Voss hadde lavest (henholdsvis 75,3 % og 72,8 %), som i tidligere år. Forskjellen mellom flata med høyest kronetetthet (Osen) og den med lavest (Voss) var på 12,5 %. På de sørøstlige flatene (Birkenes, Lardal, Hurdal, Osen) samt på flata i Nedstrand har kronetettheten for gran ligget over eller rundt gjennomsnittet i nesten hele overvåkingsperioden, med unntak av Lardal og Hurdal i enkelte år (Figur 5). Flatene i Voss og Tustervatn har i hele perioden ligget under gjennomsnittet (Figur 6), og særlig Tustervatn har hatt gjennomgående lav kronetetthet med minimum i 1994 (under 60 %). Det er ingen tydelig trend for utviklingen i kronetetthet over tid for noen av flatene, men det var store svingninger i kronetettheten på 1990-tallet og i begynnelsen av 2000-tallet (Figur 5 og 6).

#### FURU

Kronetetthet for furu i 2010 gikk ned i Osen med 1,1 % og økte i Kårvatn med 0,8 % (Tabell 6). Kronetetthet blant furutrærne på Osen-flata i 2010 var 89,3 %, mens den i Kårvatn var 82,9 %. Kronetetthet på de to furuflatene har vært relativt stabil siden midten/slutten av 1990-tallet (Figur 7). Blant furutrærne på Osen-flata har den holdt seg mellom 85 og 90 % helt siden 1994, og i Kårvatn mellom 80 og 85 % siden 1997, med unntak av 2005 da tettheten for furu i Kårvatn var på det laveste (78,7 %). På Osen-flata hadde kronetettheten sitt minimum i 1993 med 81 %.

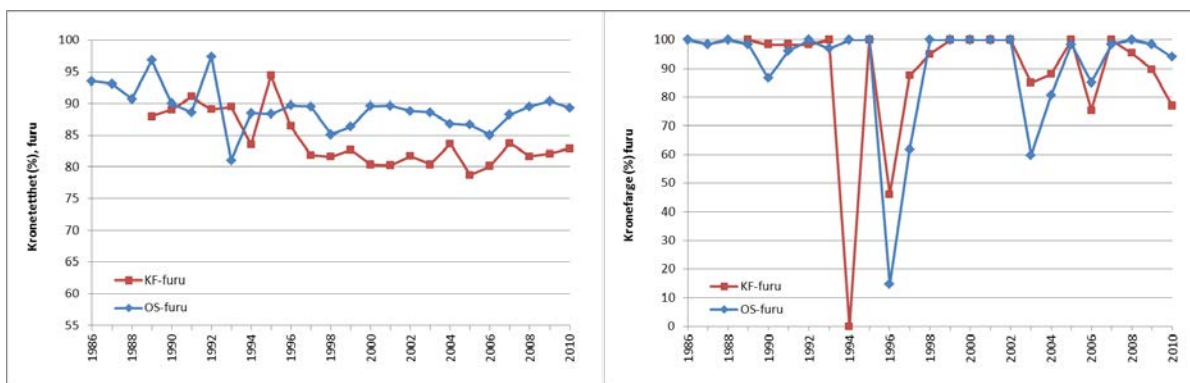


Figur 5. Kroneutvikling på granflatene i Birkenes, Nedstrand, Lardal og Hurdal 1986-2010. Venstre: Kronetetthet (%). Høyre: Kronefarge (%-andel grønne trær). Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.



Figur 6. Kroneutvikling på granflatene i Voss, Osen og Tustervatn 1986-2010. Venstre: Kronetetthet (%). Høyre: Kronefarge (%-andel grønne trær). Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.





Figur 7. Kronetthet på furuflatene i Kårvatn og Osen 1986-2010. Venstre: Kronetthet (%). Høyre: Kronefarge (%-andel grønne trær).

### 3.4.2. KRONEFARGE

#### GRAN

Andelen grantrær med normal grønn farge sank fra 2009 til 2010 på flatene i Birkenes, Lardal og Voss, mens den økte i Hurdal og Tustervatn (Tabell 6). På de andre granflatene var det små endringer. Gjennomsnittlig andel trær med normal, grønn farge på granflatene var 80 % i 2010, mot 85 % året før. Mest misfarging ble registrert i Lardal, hvor mer enn halvparten av trærne var misfargete, og i Birkenes der nesten halvparten av trærne var misfargete i 2010 etter at det ikke ble registrert noe misfarging her i 2009. Det er aldri tidligere blitt registrert så mye misfarging på disse to flatene som i 2010. Også omfanget av misfargingen økte: mens 97 % av trærne i 2009 bare hadde lett misfarging (11-25 % av barmassen misfarget, Tabell 7) og bare 3 % moderat eller alvorlig misfarging (> 25 % misfarging), hadde denne andelen økt til 5 % i 2010. På flatene i Nedstrand og Osen var de fleste grantrærne normalt grønne (98 %). Fra 1999 fram til 2008 har andelen normalt grønne grantrær på de intensive overvåkingsflatene generelt vært høy med over eller rundt 90 %. På 1990-tallet var det derimot store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging (Figur 5 og 6), som sannsynligvis var relatert til hyppige tørkeperioder i 1990-årene. 2010 var det tredje året på rad med økende misfarging, og det er ikke blitt registrert like mye misfarging på de intensive flatene siden slutten av 1990-tallet.

#### FURU

Andelen normalt grønne furutrær gikk ned i både Osen og Kårvatn. (Tabell 6). Det var likevel nesten ingen misfarging på furutrærne i Osen, mens misfargingen økte kraftig i Kårvatn der neste ¼-del av trærne hadde misfarget bar i 2010. På sistnevnte flate er det sannsynligvis tørke som har forårsaket misfargingen. Det har vært store svingninger i kronefarge for furu gjennom overvåkingsperioden, særlig på midten av 1990-tallet (Figur 7). I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.



Tabell 8. Trærnes status og skader i 2010: Antall bedømte, ikke-bedømte og døde trær, samt antall registrerte skader. Osen: bare annethvert ble grantre bedømt i 2010.

Flate	Hovedtreslag	Kronebedømt	Levende, ikke bedømt				Døde trær		SUM	Skader							
			Hengende	Topp-/kronebrekk	Undertrykt	Annet	Stående døde	Liggende døde		Kronetetthet <75 %	Misfarging >25 %	Vindfall	Dieback	Nye topp-/kronebrekk	Sår/kvæutflod	Tyritopp	Nye døde trær
BI	Gran	49	8	38	7	31	16	149	6	6		1					
NE	Gran	49	9	23	7	27	4	119	1				1				
LD	Gran	55	1	7	22	7	6	4	102	10	7		18				
HU	Gran	61	1	6		5	1	74	9	6					3		
VO	Gran	61	2	3	25	9	18	8	126	30	1	1					1
OS	Gran	64	8		168	63	13	6	322	1			1		1		
OS	Furu	67			1		1		69	1							1
KF	Furu	73		5	27	1	1		107	9	4			2			
TU	Gran	64	1	3	19	2	25	7	121	22			40				
<b>SUM</b>		<b>543</b>	<b>12</b>	<b>36</b>	<b>329</b>	<b>96</b>	<b>127</b>	<b>46</b>	<b>1189</b>	<b>89</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### 3.4.3. SKADER OG AVDØING

Etter internasjonale kriterier (Lorenz et al. 2009) defineres trær som skadet når de har en kronetetthet lavere enn 75 % og/eller mer enn 25 % misfarging (Tabell 7). Av de 543 trærne som ble kronebedømt på de intensive overvåkingsflatene i 2010, hadde 89 trær (16 %) en kronetetthet lavere enn 75 %, mens 24 (4 %) hadde mer enn 25 % misfarging (Tabell 8). Imidlertid var størsteparten av disse trærne bare "moderat skadet" etter ICP Forests' definisjon (kronetetthet 74-40 %), og det var kun fem trær som var "alvorlig skadet" med en kronetetthet lavere enn 40 % eller mer enn 60 % misfarging. En tredjedel av trærne med kronetetthet lavere enn 75 % stod på flata i Voss. Med en gjennomsnittlig kronetetthet lavere enn 75 % er hele flata i Voss "moderat skadet" etter ICP Forests' kriterier (Lorenz et al. 2009). Også flata i Tustervatn har med få unntak hatt en gjennomsnittlig kronetetthet på under 75 % i det meste av overvåkingsperioden. Her var 2010 det første året siden 2005 med et flategjennomsnitt på så vidt over 75 %. Flatene i Voss og Tustervatn ligger relativt høyt (hhv. 540 og 400 m over havet) og har noen av de eldste trærne (> 160 år) blant overvåkingsflatene. Både høyde over havet, høy trealderen, og for Tustervatns del den nordlige beliggenheten (65°53'N), bidrar sannsynligvis alle til nedsatt trevitalitet. Begge flatene vender dessuten mot nordøst med lite direkte solinnstråling som følge. I Tustervatn ble det i tillegg registrert mange trær med "dieback"-symptomer i varierende omfang (5-60 % av krona). "Dieback" er avdøing av små og store kvister fra ytterst i krona og innover mot stammen, og kan blant annet skyldes honningsopp (toppskranting) eller tørke. Hele 40 grantrær (62,5 %) hadde slike symptomer i Tustervatn. Dette bidrar til den reduserte kronetettheten som vi observerte i Tustervatn. "Dieback"-symptomer ble også observert i stort omfang i Lardal (18 trær = 33 %), samt på ett tre i Birkenes og ett i Osen. Det var ellers få skader på overvåkingsflatene (Tabell 8): Det ble registrert nye toppbrekk på ett grantre i Nedstrand og på to furutrær i Kårvatn. På flatene i Hurdal og Osen ble det i alt observert fire grantrær med sår eller kvæutflod og én furu med tyritopp.

## LITTERATUR

- Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Røsberg, I., Solheim, H. & Aas, W. 2010. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2009. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2009*. Forskning fra Skog og landskap. 3/10:1-20.
- De Wit, H.A. 2000. Solubility controls and phyto-toxicity of aluminium in a mature Norway spruce forest. Doctor Scientiarum Theses 2000: 14. Norges landbrukshøgskole, Ås, Norge.
- EC (European Commission) 1996. European programme for the intensive monitoring of forest ecosystems. Protection of forests against atmospheric pollution. Regulation (EC) 3528/86 and its amendments. 40 pp. + annexes.
- Eldhuset, T.D. 1988. Virkninger av aluminium på høyere planter ved lav pH: En litteraturoversikt. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 40(8): 1-19.
- Fischer R, Lorenz M, Granke O, Mues V, Iost S, Van Dobben H, Reinds GJ, De Vries W, 2010: Forest Condition in Europe, 2010 Technical Report of ICP Forests. Work Report of the Institute for World Forestry 2010/1. ICP Forests, Hamburg, 2010, 175pp.
- 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.
- Kvaalen, H., Solberg, S., Clarke, N., Torp, T. & Aamlid, D. 2002. Time series study of concentrations of  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{H}^+$  in precipitation and soil waters in Norway. *Environmental Pollution* 117: 215–224.
- Lorenz, M. 1995. International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests - ICP forests. *Water Air and Soil Pollution* 85(3): 1221-1226.
- Lorenz, M., Fischer, R., Becher, G., Granke, O., Seidling, W., Ferretti, M., Schaub, M., Calatayud, V., Bacaro, G., Gerosa, G., Rocchini, D., Sanz, M., 2009: Forest Condition in Europe. 2009 Technical Report of ICP Forests. Work report of the Institute for World Forestry 2009/1, Hamburg, 111 pp+Annexes.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.A., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82-7169-917-2. 23 pp.
- OPS 1989 Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 1988. Norsk Institutt for Skogforskning. Ås, Norway. 52 pp.
- Schütt, P. & Cowling, E.B. 1985. Waldsterben, a general decline of forests in Central Europe: Symptoms, development and possible causes. *Plant Disease* 69: 548-558.
- Solberg, S., Breivik, K., Clarke, N., Groeggen, T., Røsberg, I., Tørseth, K., Aamlid, D., Aas, W. 1999. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1998. *Aktuelt fra skogforskningen* 5/99:1-24.
- Timmermann, V., Andreassen, K. og 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) 2010. 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 2010. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>