

3  
00

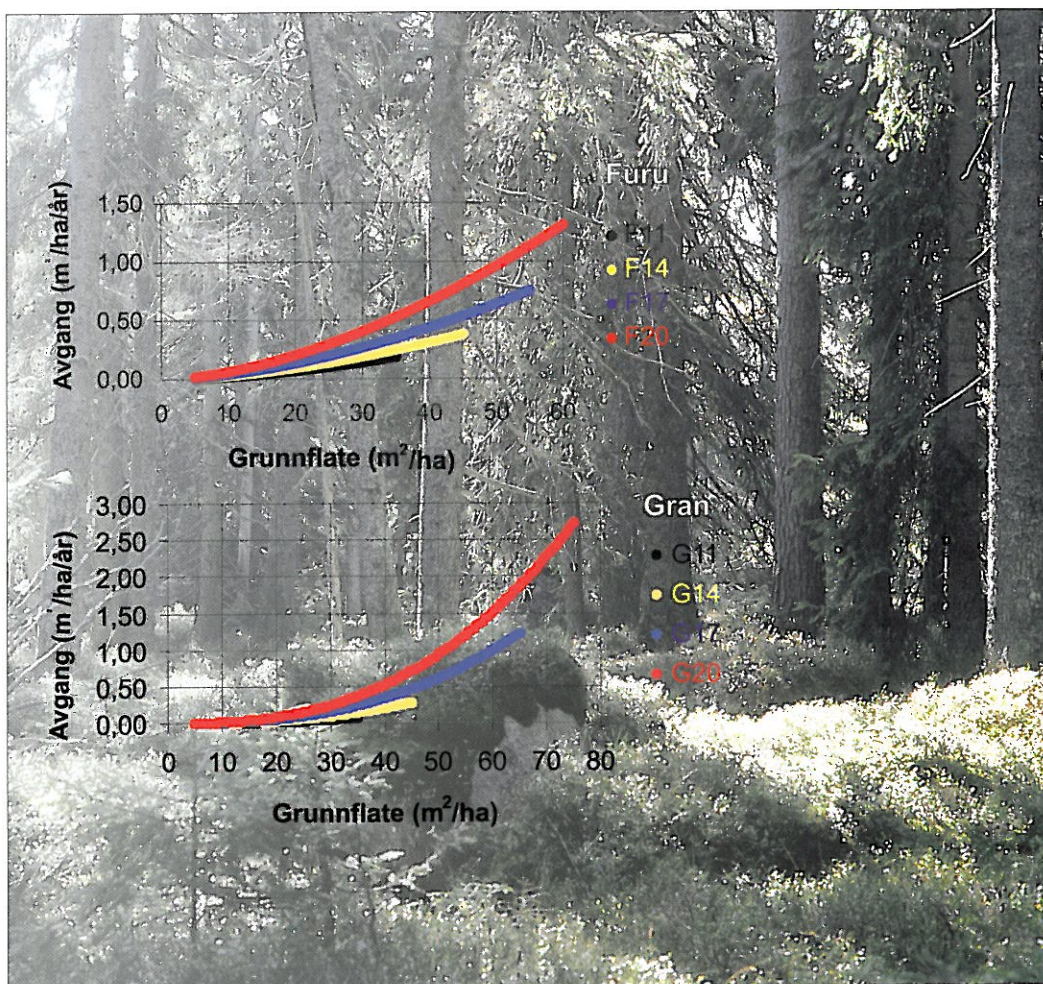


# Rapport

fra skogforskningen

Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 12, 1432 Ås  
Institutt for skogfag, NLH, Postboks 5044, 1432 Ås

## Naturlig avgang i gran- og furuskog



Bernt-Håvard Øyen

## Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (NISK) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for skogfag, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på NISK. Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til NISK.

Redaktør for serien er forskningsdirektør Bjørn R. Langerud, NISK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, NISK

ISBN 82-7169-928-8  
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning (NISK)  
Høgskoleveien 12,  
1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00  
Fax: 64 94 29 80  
E-post: [nisk@nisk.no](mailto:nisk@nisk.no)  
Internett: <http://www.nisk.no/>

*Forside: Figurer som viser avgang for urørte bestand ved ulik bonitet og grunnflate.*

**Foto:** Tor Gulliksen

# Naturlig avgang i gran- og furuskog

Bernt-Håvard Øyen



## **Forord**

Materialet som ligger til grunn for dette arbeidet er hentet fra Norsk institutt for skogforskings database for de langsiktige forsøksfelter, der data fra 1917 og frem til og med 1998 er lagret. En rekke personer har lagt ned en stor og verdifull innsats i disse feltene.

I arbeidet med klassifisering av avgangsårsaker i perioden 1917 til 1995 har pensjonist, tidligere fagkonsulent, Harald Eikeland samt skogingeniør Reidar Bue utført et omfattende arbeid. Skogingeniør Sigbjørn Øen har tilrettelagt materialet fra Vestlandet.

I databearbeidelse og i arbeidet med de statistiske analysene har jeg fått hjelp av datakonsulent Knut Nes.

Forskningsjef Bjørn Tveite var den i sin tid som initierte prosjektet. Han har gitt råd og veiledning underveis. Avdelingsleder Richard Horntvedt har gitt konstruktiv kritikk av manus.

Prosjektet "Naturlig avgang i gran- og furuskog" har blitt finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket og Norsk institutt for skogforskning.

Jeg takker herved alle for hjelp og støtte.

Fana, Bergen, januar, 2000

*Bernt-Håvard Øyen*

## Innhold

Symboler.....	3
Sammendrag .....	4
1. Innledning .....	4
2. Tidligere nordiske undersøkelser om mortalitet i barskog .....	5
2.1. Norge.....	5
2.2. Sverige .....	6
2.3. Finland .....	7
2.4. Danmark.....	7
3. Datagrunnlaget i denne undersøkelsen.....	7
4. Resultater og diskusjon .....	10
4.1. Avgangårsaker .....	10
4.2. Mortalitet i granskog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge .....	11
4.3. Mortalitet i furuskog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge.....	14
4.4. Mortalitet i urørt skog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge.....	17
4.5. Mortalitet i urørt granskog på Vestlandet.....	18
4.6. Urørt skog og Reinekes modell .....	19
5. Konklusjon.....	21
<i>Mortality in Norwegian spruce- and pine forest .....</i>	<i>21</i>
Litteratur .....	22

## Symboler

Dg	= Grunnflatemiddelstammens diameter i cm
Df	= Grunnflatemiddelstammens diameter i cm, døde trær
G1	= Grunnflatesum, m <sup>2</sup> /ha
Gf	= Grunnflatesum døde trær, m <sup>2</sup> /ha/år
H/D	= Høyde/diameter-forhold (H3/Dg)
H3	= Grunnflateveid middelhøyde etter tynning, meter
Ho	= Overhøyde, meter
H40	= Bonitet
N1	= Treantall før tynning, per ha
N2	= Treantall uttatt/døde, per ha
N3	= Treantall etter tynning, per ha
N21	= Antall felte trær per ha ved siste tynning
N22	= Antall felte trær per ha ved nest siste tynning
Nf	= Antall trær som dør per ha og år
RGf	= Grunnflate av døde trær per ha og år i prosent av G1
RNf	= Antall døde trær per ha og år i prosent av N1
Rvaar	= revisjonsår når avgangen er registrert
Sf	= Spredning rundt funksjonen ( $\sqrt{\text{MSE}}$ )
S%	= Hart-Becking's stammetallsfaktor: $100 \cdot \sqrt{(10000/N3)/Ho}$
T13	= Alder i brysthøyde, i år
TT	= Totalalder, i år

## Sammendrag

ØYEN, B-H. 2000. Naturlig avgang i gran- og furuskog. *Mortality in Norwegian spruce- and pine forest*. Rapport fra skogforskningen 3/00:1-24.

Et stort materiale med omtrent 42400 døde trær fordelt på mer enn 6600 tilvekstperioder på ca. 5 år er benyttet som grunnlag for å undersøke bestandsavgang i norsk barskog. Materialet stammer fra Norsk institutt for skogfornknings database fra de langsiktige feltforsøk i gran- og furuskog. Omtrent 3/4-deler av registrert avgang skyldes vind- og snøskader. Årlig avgang målt som antall døde trær i prosent av levende treantall, har i middel ligget på nærmere 1 % for granskog og 0,6 % for furuskog. Om større skadeepisoder holdes utenfor er verdiene henholdsvis 0,44 % og 0,33 %. Forholdet i middeldiameter mellom døde og levende trær er i snitt 0,78 for furuskog og 0,75 for granskog.

I urørt skog er årlig relativ avgang i treantall 1,9 % for gran- og 1,4 % for furuskog. Forholdet i middeldiameter mellom døde og levende trær er på 0,6 for gran og 0,7 for furu. Når høyde-/diameterforholdet er under 0,95 - 1,0 synes risikoen for kalamiteter begrenset. Urørte plantefelt av gran på Vestlandet har en årlig relativ avgang på 1,7 % og et diameterforhold mellom døde og levende trær på 0,5. Ingen av de testede modeller har gitt tilfredsstillende prediksjoner. Avgangsmodeller for urørte gran- og furubestand i Norge er presentert. Funksjonene gir etter alt å dømme et maksimalt avgangsnivå slik man kan forvente innenfor normale omløpstider i skogbruket.

Nøkkelord: avgang, skogbestand, Norge

*Key words: mortality, forest stands, Norway*

## 1. Innledning

Skogenes sunnhetstilstand påvirkes av forskjellige naturlige eller menneskeskapte påvirkninger. Frost, tørke, vind, snø samt sopp- og insektangrep kan være naturlige stressfaktorer for trærne. Tilsvarende kan ulike former for skogbehandling påvirke voksestedet og det enkelte tre på ulike måter, bl.a. gjennom konkurranseregulering. En skade oppstår gjerne ved at trær først blir svekket ved såkalte predisponerende faktorer, slik at de lettere rammes når de utløsende faktorer inntreffer. Eventuelle medvirkende faktorer kan bidra til større skade eller at mortalitet inntreffer raskere.

I litteraturen skilles det gjerne mellom regulær og irregulær avgang. Regulær avgang kommer av normal konkurranse mellom trærne om ressurser (vann, næring, lys). Irregulær avgang er vanskeligere å estimere og skyldes vindfelling, snøbrekk, hjortedyr, insekt- og soppangrep (jf. Amateis et al. 1997). En god, men både tidkrevende og kostbar metode for å undersøke dynamikken i avgangen - sjøltynningsraten, er å foreta gjentatte tremålinger på en representativ gruppe av forsøksfelter, helst over flere tiår.

Å få klarlagt størrelsen av mortaliteten og faktorer som påvirker denne er viktig av flere grunner. I et økonomisk skogbruk er det sentralt at man finner en fornuftig balanse mellom virkesutnyttelsen og andre påkrevde hensyn. Tallrike undersøkelser

de siste årene har pekt på at død ved er essensielt for en rekke sopper, moser, lavarter, insekter og fugler (bl.a. Samuelson et al. 1994). Mangel av død ved i ulike nedbrytningsstadier er muligens en årsak til at visse arter av disse gruppene finner liten plass i intensivt drevet kulturskog. Hele 37 % av rødliste-artene i norsk skog er f.eks. knyttet til dødt trevirke (Gundersen & Rolstad 1998). Foruten den direkte tilknytning ulike artsgrupper har til død ved, er den også svært viktig for naturlig foryngelse i kystgranskogen – "kadaverforyngelsen" (Eide 1926).

Hogde & Peterken (1998) anbefaler i Storbritannia at mengden av død stammeved som gjennomsnitt for et større skogområde bør være minst 5 m<sup>3</sup> per ha, fortrinnsvis trær med diameter over 15 cm i brysthøyde. Tomter (1996) har i Landskogtakseringens materiale funnet at gjennomsnittlig dødt stammevirke i norsk skog på 1990-tallet utgjør 9,5 m<sup>3</sup> (u/bark) per ha eller i snitt 10,3 volumprosent av levende kubikkmasse.

Norsk institutt for skogforskning har et stort antall forsøksfelter som er fulgt i mange tiår. Siden midten av 1970-tallet finnes det mange langsiktige forsøksfelter som har stått uten at det har vært foretatt tynning. I tillegg ble det etter 1975 lagt ut flere såkalte stabilitetsforsøk der tallet på tynningsinngrep og styrke varierer. En vurdering av mortalitet og faktorer som påvirker denne i norsk gran- og furuskog var derfor berettiget. Det arbeidet som presenteres hadde som hovedmål å undersøke størrelsen av naturlig avgang i norsk gran- og furuskog sett i forhold til bestandsfaktorer og skogbehandling.

## 2. Tidligere nordiske undersøkelser om mortalitet i barskog

### 2.1. Norge

Braathe (1957) hevder på bakgrunn av et omfattende litteraturstudium om tynning i europeiske skoger at sjøltynning i ensaldrete bestand kan utgjøre 1/3 av totalproduksjonen, ved vanskelige foryngelsesforhold trolig opp til 1/2-parten av produsert stammevolum over et omløp. Strand (1970) har vurdert bestandsutvikling i urørt skog - med vekt på nordiske skogforhold. Sjøltynninga har utgjort fra noen få til over 30 % av totalt produsert stammevolum over normale omløpstider i skogbruket.

For norsk granskog har Braastad (1982) beregnet at avgang i stammevolum er på hhv. 19 (G23, G20 og G17), 16 (G14) og 11 prosent (G11) for utynnede bestand, frem til middeltilvekstens kulminasjon. Bestandstilvekstmodellene for gran og furu (Braastad 1975;1980) bygger i stor grad på data fra langsiktige feltforsøk hvor bestandene hovedsakelig er skjøttet med regelmessige tynninger. Mange modeller bygger på at tettheten i bestandene holdes på et slikt nivå at avgang som skyldes konkurranse ikke oppstår. Analyse av granmaterialet (frem til 1976) viste at det ikke var mulig å påvise noen entydig sammenheng mellom mortalitet og alder, bonitet, tetthet og tidligere tynningsinngrep. Dette gjorde det hensiktsmessig å uttrykke årlig avgang på relativ basis, f.eks. avgang av treantall i prosent av stående treantall. Som middeltall ble funnet at den årlige avgangen var 0,4 % av treantallet eksklusive, og 0,76 % inklusive kalamiteter. Brysthøydiameteren på de døde grantrærne var i middel 70 % av diameteren for levende trær (Braastad 1982).

Men også "katastrofeartet" avgang med tilnærmet fullstendig bestandsoppløsning opptrer i barskogene. Tidspunktet for når et slikt sammenbrudd inntreffer varierer trolig med treslag, bonitet og ytre forstyrrelser. Samset (1995) rapporterer bl.a. om to granbestand i Hurdal, ca 430 m o. h., der de levende trærne, 30 år etter hogstfredning, utgjorde hhv. 15 og 30 % av stammevolumet på feltene. Klimaksalder ble datert til tidspunktet da det var like mange levende som døde trær i bestandet, hhv. 109 år (G17) og 117 år (G14). I kontrast til et slikt relativt raskt bestandssammenbrudd står bl.a. deler av furuskogene i Pasvik, Øst-Finnmark. Huse (1965) registrerte en gradvis overgang fra en såkalt aldersfase til en oppløsnings- og foryngelsesfase ved bestandsalder mellom 250 og 300 år.

Tuhus (1997) har ved bruk av et grunnmateriale fra NIJOS, laget funksjoner som angir sannsynligheten for at enkelttrær går ut i løpet av en tilvekstperiode. Gjennomsnittlig årlig avgang i prosent av treantallet i granskog for dette materialet var 0,76 %, i furudominert skog 0,60 %. I lauvtreddominert skog var avgangen høyere: 1,18 %. Forholdet i diameter mellom døde og levende trær lå omkring 0,8 for barskog-felter. Nye sannsynlighetsmodeller for enkelttrærs avgang er i ferd med å ferdigstilles (Eid & Tuhus, under utg.).

I studier av akkumulasjon av død ved i kulturskog har Eide et al. (1998) brukt ulike avgangsalternativer og simulert utviklingen av død ved for en skogeiendom. Mengden av dødt stammevirke i en skog sammensatt av mange bestand på alle utviklingstrinn ble estimert til ca 13 m<sup>3</sup> per ha, men kunne med særlige tiltak komme opp i over det tidobbelte.

## 2.2. Sverige

Det er i de siste tiårene laget flere funksjoner som skal gjøre det mulig å estimere den naturlige avgangen ut fra bestandsvariabler, såkalte sjøltynningsmodeller (jf. Erikson 1976, Bengtsson 1980, Agestam 1985, Ekø 1985, Søderberg 1986). Sannsynlighetsmodeller for avgang/overlevelse i furuskog er også nylig utarbeidet (Fridman & Valinger 1998). Elfving (1975) har tidligere behandlet utvikling i urørt furuskog.

Eriksson (1976) beregnet i de svenske produksjonsmodellene for gran at hhv. 18 (H<sub>100</sub>=36), 10 (H<sub>100</sub>=24) og 3 % (H<sub>100</sub>=16) av stammevolumet ville gå ut ved naturlig avgang, ved såkalt "slumpvis gallring", der kun døde og døende trær tas ut – alt målt frem til middeltilvekstens kulminasjon. Braastad (1982) testet Erikssons avgangsfunksjon ved bruk av data fra det norske granmaterialet fra langsiktige feltforsøk. Dårlig tilpasning og underestimering (-0,036 m<sup>2</sup>/ha/år) ble forklart med at grunnlagsdataene i Erikssons undersøkelse stammet fra felt der avgang etter moderate vind- og snøskader var utelatt.

Bengtson (1980) fant at den relative prosentvise avgangen av grunnflaten (for trær med diameter over 5 cm i brysthøyde) for gran lå mellom 0,36 og 0,38 %, for furu mellom 0,37 % og 0,45 %. Han fant at avgangen var større for barskog i Sør-Sverige sammenlignet med i Nord-Sverige.



Agestam (1985)<sup>1</sup> beregnet at gjennomsnittlig årlig sjøltynning i grandominert skog var 0,013 m<sup>2</sup>/ha og tilsvarende avgangsvolum 0,073 m<sup>3</sup>/ha. For furudominert skog var den årlige avgangen litt større enn for granskog; 0,015 m<sup>2</sup>/ha og med avgangsvolum 0,108 m<sup>3</sup>/ha. Utgangspunktet for undersøkelsen var modeller for å studere blandingskogeffekter.

Søderberg (1986)<sup>2</sup> laget en sjøltynningsfunksjon på bakgrunn av 82 faste forsøksruter i utynnet gran- og furuskog samt barblandingskog. Gjennomsnittlig årlig avgang i dette materialet var 0,79 % av grunnflaten.

### 2.3. Finland

Her er det en lang tradisjon for å anvende urørt skog, såkalte "naturnormale" bestand, som grunnlag for produktionsberegninger (f.eks. Ilvessalo 1920; 1975, Aaltonen 1925). For 30-årige bestand kan man beregne at 10-20 % av totalproduksjonen alt har gått ut, eksklusive katastrofer. Andelen av volumtilveksten i 50-100 - årig skog som "tapes" gjennom sjøltynning ligger mellom 1,5 og 3,5 % årlig. Sjøltynninga øker betydelig med bestandsalderen. Mellom 50 og 60 % av volumtilveksten i 110 år gamle barskogbestand i Sør-Finland går ut gjennom sjøltynning. For 200 år gamle furubestand i Nord-Finland tilsvarer sjøltynninga omtrent hele tilveksten. Ulike produktionsmodeller for barskog er senere konstruert med utgangspunktet i tynnet skog, hvor så og si all mortalitet tas hånd om gjennom ett eller flere tynningsinngrep (jf. Vuokila & Väliaho 1980).

### 2.4. Danmark

I Danmark finnes flere eldre undersøkelser om utvikling i utynnet kontra tynnet kulturskog (f.eks. Henriksen 1954, Heding 1969). Skovsgaard (1997) har bl.a. gitt resultater om mortalitet i langsiktige forsøksfelter med sitkagran og gran, og sammenstiller både dansk og annen utenlandsk litteratur på området.

## 3. Datagrunnlaget i denne undersøkelsen

For utynnede forsøksfelter kan mortalitet uttrykkes som en tilstandsending, for eksempel i treantall mellom to revisjonstidspunkt, T<sub>2</sub> og T<sub>1</sub>:

$$N_f = N_2 / (T_2 - T_1)$$

På de fleste av NISK's langsiktige forsøksfelter har det foregått tynninger. Mortaliteten må derfor kartlegges på en tilnærmet måte, da det fortrinnsvis har vært slik at døde og svekkede trær har blitt tatt ut ved gjentatte tynninger. Disse har i stor grad vært orientert som lavtynning, kronetynning og frie tynninger. For å skille

<sup>1</sup> Agestams og Søderbergs<sup>2</sup> avgangsmodeller ble forsøkt testet mot det norske materialet og gav utilfredsstillende prediksjoner.

avgang forårsaket av tynning og annen avgang har feltbøker blitt gjennomgått. Klassifiserte døde trær er samlet i to databaser, for gran og furu. Deretter er basene koblet sammen med ulike bestandsvariabler fra forsøksrutene. I tabell 1 er presentert nøkkeltall for materialet.

For granskog er i alt benyttet data fra 4200 observasjoner og 3472 tilvekstperioder. Feltene er relativt jevnt fordelt fra og med Agder i sør til Finnmark i nord. Bestandene dekker både naturskog og kulturskog opp til ca. 800 m o.h., med et gjennomsnitt på 200 m o.h. Materialet fra furuskog utgjør totalt 2657 observasjoner med 2193 tilvekstperioder. Hovedtyngden er naturskog. Felt fra og med Agder til og med Finnmark er inkludert.

Vertikalt dekker feltene nivåer opp til ca. 700 m, med snitt på 200 m o.h.

Tabell 1. Noen nøkkeltall fra gran- og furubestand, observasjoner fra hele landet unntatt Vestlandet (jf. symbolliste). Antall observasjoner (N), middelverdi, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	GRAN					FURU				
	N	Middel	SD	Min.	Maks.	N	Middel	SD	Min.	Maks.
Ho	3993	16,9	5,1	2,0	36,0	2469	14,6	4,5	4,1	32,9
H40	3983	18,7	3,8	5,7	28,4	2367	13,5	3,4	2,7	20,6
T13	4089	40	22	1	161	2436	55	36	7	187
TT	4078	52	25	17	180	2230	74	43	14	220
N1	4061	2022	1322	15	14999	2509	1880	1894	27	38310
G1	4060	31,6	10,9	1,1	77,4	2509	22,3	7,8	2,1	56,1
N21	3415	405	622	0	13998	2163	466	1191	0	31720
N22	2724	460	672	0	13998	1729	499	1294	0	31720
S%	3869	15,7	5,8	7,1	263,8	2327	20,2	5,8	6,9	43,7
Dg	4181	16,8	6,1	4,1	41,7	2509	15,3	6,5	2,7	51,0

Hoveddelen av materialet i granskog kommer fra høg bonitet og fra middels bonitet for furu.

For relativt ensaldrete bestand og med en revisjonsperiode på rundt 5 år vil det være rimelig å anta at eventuelle nye stammer (gjenvækst) ikke vil komme til. Med andre ord, noe mortalitet vil finne sted. Men på en god del av forsøksrutene vil det også være observasjoner uten avgang. Særlig på de minste forsøksrutene ned mot 0,05 ha er det stor sannsynlighet for at det ikke inntreffer avgang i korte tilvekstperioder. Lengre tidsserier på samme rute reduserer betydningen av små forsøksruter, men medfører at observasjonene ikke er uavhengige.

Utviklingen på urørte forsøksruter ble analysert separat. Materialet inkluderer 17 forsøksruter med i alt 135 tilvekstperioder for furu- og 23 forsøksruter med i alt 144 tilvekstperioder for gran. I tabell 2 er vist nøkkeltall for disse observasjonene.

Både grunnflate (G1) og tetthet (S%) ligger en god del høyere for de urørte bestandene enn for det tynnede materialet.

For å få et uttrykk for størrelsen av mortalitet i "urørte" granbestand på Vestlandet ble 35 forsøksruter valgt ut. Med urørt forstås her at forsøksrutene etter planting har fått utvikle seg uten regulering. Forsøksrutene dekket 127 observasjoner

med 93 tilvekstperioder. Utgangstetthet ved planting er varierende, fra ca. 8300 til 4400 planter per ha. I tabell 3 er vist verdier for ulike variabler i disse forsøkene.

Både bonitet (H40) og tetthet (S%) ligger høyt sammenlignet med verdiene for resten av landet.

Tabell 2. Noen nøkkeltall for urørt gran- og furuskog, hele landet unntatt Vestlandet (jf symbolliste). Antall observasjoner (N), middelvei, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	GRAN					FURU				
	N	Middel	SD	Min.	Maks.	N	Middel	SD	Min.	Maks.
H40	161	17,9	3,7	10,0	24,7	148	12,8	4,1	2,7	19,3
Ho	165	15,9	5,7	5,1	31,5	150	15,2	5,4	4,8	27,0
T13	163	37	18	9	106	152	69	42	8	175
TT	163	48	19	18	126	148	83	47	14	207
N1	167	3983	1700	1024	9090	152	3514	3087	605	13512
N2	167	385	451	0	3213	152	347	582	0	2524
G1	167	39,1	15,9	8,2	77,4	152	32,2	10,6	8,8	56,1
Dg	167	12,5	5,0	4,1	26,6	152	13,4	5,3	3,6	28,6
S%	165	12,3	3,4	8,0	24,6	150	15,5	5,4	8,0	36,1

Tabell 3. Nøkkeltall for urørte granbestand, Vestlandet (jf. symbolliste). Antall observasjoner (N), middelvei, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	N	Middel	SD	Min.	Maks.
H40	127	20,9	3,0	15,8	27,7
Ho	127	16,2	4,2	7,1	26,8
T13	127	29	9	11	54
TT	127	41	10	21	73
N1	127	3561	1115	1002	7829
N2	127	354	428	0	3024
G1	127	44,2	13,8	12,6	71,2
Dg	127	13,6	3,8	6,4	23,0
S%	127	11,6	2,7	7,7	22,3

## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1. Avgangsårsaker

Avgang for enkeltrærne ble klassifisert i ni klasser. Både den absolutte og relative fordelingen er vist i tabell 4.

Tabell 4. Avgangsårsaker for gran- og furutrær, hele landet unntatt Vestlandet.

Klasse	Gran	Furu
	Antall trær (%)	Antall trær (%)
1. Trær tørre	11 195 (38,4)	7748 (58,4)
2. Trær med stammebrekk	9925 (34,1)	2441 (18,4)
3. Trær med toppbrekk	2059 (7,1)	604 (4,6)
4. Råte	671 (2,3)	-
5. Rotvelt	3155 (10,8)	923 (7,0)
7. Snøbrekk, bøyd	1794 (6,2)	977 (7,4)
8. Trær med tyritopp	-	525 (4,0)
9. Døende (meget svak tilstand)	349 (1,2)	47 (0,4)
<b>Totalt (1..9)</b>	<b>29148 (100)</b>	<b>13265 (100)</b>

Klasse 6, borte i perioden, var ikke representert. Om vi forutsetter at restavgangen (tørr eller døende, kl. 1+9) fordeler seg i samme forhold som den andre avgangen, skulle grovt regnet 3/4 av mortaliteten være forårsaket av vind- og snø (kl. 2+3+5+7). En viss andel av dette er trolig også avgang som skyldes konkurranse, hvor angitte faktorer har gitt "dødsstøtet". Resterende avgang skyldes sopp (kl. 4+8), insekter og pattedyr. Grana er noe mer utsatt enn furu for stammebrekk, mens en større andel av furua er klassifisert som tørr, antakelig på grunn av mer sammensatte avgangsårsaker. Skogbrannskader inngår ikke i feltene i angitte tidsrom.

De døde trærne er kun visuelt vurdert og dødsårsakene er klassifisert av ledere av revisjonsarbeidet. Å avklare både den direkte eller den bakenforliggende årsak til avgang kan være vanskelig, spesielt om revisjonsperiodene er lange. Inndelingen gir dessuten liten informasjon om samspillet mellom ulike avgangsfaktorer.

Det angitte skademønsteret i norsk skog (tab. 4) bekrefter resultater fra tidligere nordiske undersøkelser. Snøbrekkskader er de mest sentrale på våre breddegrader og opptrer som regel hyppigst i kombinasjonen mellom tungt og kraftig snøfall (eller regn etter snøfall) i kombinasjon med vind (Persson 1972;1975, Braastad 1976; 1979). Andelen av trær med råte er liten sammenlignet med landsgjennomsnittet på 26,8 % (Huse et al. 1994). Råteangrep er rapportert å gjøre vindfellingsskadene adskillig større (Helles 1983, Laiho 1987).

Det er grunn til å påpeke at materialet antakelig undervurderer kalamiteter som lokalt kan oppstå, for eksempel ved bestemte klimakonstellasjoner med vind- og snøskader, ved høge hjortedyr-populasjoner, råte og etter barkbilleangrep. Elg- og hjorteskadene tas ikke nærmere opp i denne rapporten, men må regionalt regnes som en viktig avgangsfaktor i ungskog. Materialet har god dekning innen normale omløpstider i skogbruket, men relativt lav dekning for skog hvor middeltilveksten har kulminert.

En betydelig andel av revisjonene var uten avgang (tab 5).

Tabell 5. Antall og andel av observasjoner med og uten avgang i gran- og furuskog hele landet unntatt Vestlandet.

	Gran Antall (%)	Furu Antall (%)
Observasjoner uten avgang	1444 (34,4)	1180 (44,4)
Observasjoner med avgang	2756 (65,6)	1477 (56,6)
Totalt	4200 (100)	2657 (100)

I forhold til granskog er en større andel av observasjonene i furuskog uten avgang. En enkel tolkning på dette er vanskelig å gi. Antakelig er forholdet både knyttet til materialets sammensetning, til behandling og til ulike egenskaper hos treslagene.

#### 4.2. Mortalitet i granskog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge

Ulike målestørrelser for avgang er beregnet og oppgitt i tabell 6. Gjennomsnittlig relativ årlig avgang, målt som andel døde stammer i forhold til levende stammer er 0,98 %. Diameteren på de døde trærne er i gjennomsnitt 76 % av diameteren på levende trær. Målt som andel av grunnflaten er årlig avgang 0,78 %.

Tabell 6. Oversikt over avgangsmål for granbestand, hele landet unntatt Vestlandet (jf. symbolliste). Antall observasjoner (N), middelerverdi, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	Alle observasjoner					Obs. der RNf<2			
	N	Middel	SD	Min.	Maks.	Middel	SD	Min.	Maks.
Df	2756	13,5	7,0	1,0	85,9	13,2	7,3	1,0	85,9
Dratio	2746	0,76	0,30	0,10	4,57	0,75	0,30	0,10	4,57
Gf	3472	0,27	0,87	0	25,42	0,12	0,43	0	21,1
RGf	3472	0,78	2,20	0	51,27	0,34	0,98	0	45,5
Nf	3472	18	41	0	598	8	12	0	117
RNf	3472	0,98	1,95	0	41,81	0,44	0,51	0	2,0

Et interessant utviklingstrekk er at midlere avgang har økt i forhold til det Braastad (1982) beregnet i materialet frem til og med 1976: den relative avgang i stammetall (RNf) fra 0,76 til 0,98. Den relative avgang i grunnflate (RGf) har økt fra 0,47 til 0,78. En tolkning av forholdet er at andelen aktivt tynnede bestand har blitt redusert. Alderssammensetningen i materialet har i liten grad endret seg siden forrige analyse.

Et annet fremtredende trekk er at avgangen i NISKs forsøk i granskog ligger nærmere 30 % over det som er rapportert i NIJOS- materialet fra 1986-1994 (Tuhus 1997). Betydelige bonitetsforskjeller kan være en viktig årsak.

Ved å holde observasjoner hvor det har skjedd sterke stammetalls-reduksjoner utenfor, for eksempel etter store snøbrekkskader (tab. 6, høyre), faller den relative avgang i stammetall (RNf) til 0,44 %, og i grunnflate (RGf) til 0,34 %. Ved denne restriksjonen vil 481 observasjoner falle ut, tilsvarende 13,9 %.

For restriksjonen  $RNf < 4$ , vil 160 observasjoner falle ut, tilsvarende 4,6 %. For et stort materiale og med en stor andel jevnlig tynnet skog, indikerer resultatene at i omtrent 1 av 22 tilvekstperioder vil det inntreffe kalamiteter, for eksempel en snøstorm, som reduserer treantallet med omtrent 20 prosent eller mer. Samtlige slike store kalamiteter har inntruffet ved brysthøydealder over 30 år og overhøyde mellom 10 og 25 m. For disse observasjonene er det gjennomsnittlige diameterforholdet mellom døde og levende trær 0,83. Relativt grove dimensjoner blir også rammet. Mortalitäts-modeller for enkelttrær av gran viser i samme mønster en U-formet fordeling over diameter (Monserud & Sterba 1999).

Grunnmaterialet er benyttet for å undersøke om størrelsen av den naturlige avgangen kan estimeres ved hjelp av ulike bestandsvariabler. Korrelasjon mellom relativ avgang i grunnflate og treantall samt noen andre variabler er vist i tabell 7.

Tabell 7. Korrelasjonskoeffisienter med tilhørende p-verdier for sammenhengen mellom relativ avgang i stammestall (RNf) og grunnflate (RGf) med ulike bestandsvariabler (jf symbolliste). Gran hele landet unntatt Vestlandet.

\*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \* =  $p < 0,05$ . n.s. = ikke signifikant,

' = obs. der  $RNf < 2$ . '' = obs. der  $S\% < 12$ .

	H40	Ho	T13	N1	G1	Dg	Rvaar	N21	N22	S%
RNf	0,185	0,009	-0,083	0,039	0,081	0,011	0,003	0,007	-0,029	-0,079
p-verdi	***	n.s.	n.s.	*	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***
RNf'	0,162	0,169	0,049	-0,016	0,150	0,092	-0,018	-0,037	-0,092	-0,144
p-verdi	***	***	**	n.s.	***	***	n.s.	*	***	***
RNf''	0,141	-0,021	-0,089	0,083	0,069	-0,031	-0,042	0,083	0,017	-0,273
p-verdi	***	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	***
RGf	0,126	0,000	-0,069	0,040	0,068	-0,005	0,050	0,036	0,002	-0,057
p-verdi	***	n.s.	***	*	***	n.s.	**	*	n.s.	**
RGf'	0,120	0,143	0,011	-0,044	0,065	0,047	0,072	-0,000	0,009	-0,070
p-verdi	***	***	n.s.	*	***	*	***	n.s.	n.s.	***
RGf''	0,047	-0,066	-0,089	0,086	0,051	-0,056	-0,004	0,115	0,099	-0,029
p-verdi	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.

Ved innføring av restriksjonen  $S\% < 12$  vil omtrent 80 % av observasjonene falle ut, og kun "overtette" bestand tas med. En  $S\%$  på 12 er valgt fordi verdien angir bl.a. nedre tetthetsgrense i det såkalte tynningsslipset for gran, og er benyttet som reguleringsgrense for de tre beste bonitetene i bestandstilvekstmodellene for svakt tynna og utynna skog (Braastad 1975:427).

Et fremtredende trekk er at relativ avgang i treantall (RNf) er positivt korrelert med bonitet, og negativt korrelert med tetthet ( $S\%$ ). Korrelasjonskoeffisientene er gjennomgående lave, både for alle observasjonene og med de to restriksjonene i materialet. Blant annet er effektene av alder på avgang lite fremtredende. Avgang i relativ grunnflate (RGf) viser svakere korrelasjon enn RNf med bestandsvariabler. Materialet eksklusive felt hvor  $RNf > 2$  ble benyttet for å beregne avgangsfunksjoner ved hjelp av multipl regresjon. Funksjonen var på følgende form:

$$\text{RNf} = f(\text{S}\%, \text{H40}, \text{N1}, \text{G1}, \text{Dg}).$$

$$R^2 = 0,132. \text{Sf} = 0,514.$$

Funksjonen forklarer bare 13 % av variasjonen til RNf, for lite til at den har praktisk nytte til å estimere mortalitet. Innføring av tynningsvariablene N21 eller N22 ga ingen vesentlige bidrag til å forklare avgangen. Lav forklaringsgrad ble også funnet for modeller med Nf, Gf og RGf som avhengig variabel, og viste at de benyttede bestandsvariablene forklarer lite om størrelsen i avgang i materialet.

Analysen av materialet stratifisert etter tre regioner (Sør- og Østlandet, Trøndelag, Nord-Norge), tre høydelag (0-299, 300-499, 500 + m o. h .) og tre oppkomstsett (plantet skog, naturlig foryngelser, såning), viste følgende hovedtrekk:

- RNf var forskjellig i de tre regionene ( $F=21,76$ ). Nord-Norge hadde lavest RNf med 0,22 %, Trøndelag 0,60 % og Sør- og Østlandet med 1,24 %.
- RNf viste ikke entydige forskjeller knyttet til oppkomstsett
- RNf var forskjellig for høydenivå ( $F=29,06$ ). Granskog i høyde 300-499 skilte seg ut med 1,53 %, mot henholdsvis 0,88 og 0,50 % for høydelag 0-299 og 500+.

Det er vanskelig å gi enkle tolkninger av disse forholdene. Granplantefeltene i Nord-Norge har påfallende lite avgang, noe som både kan skyldes mindre rotråteproblemer og andre behandlingsmessige forhold, for eksempel mer aktive "sanitære" tynninger. Større avgang i høyder mellom 300 og 500 m skyldes i første rekke klimatiske forhold, med tung snø, gjerne i kombinasjon med vind (jf. Braastad 1979: 189-194).

I Fig. 1 er vist hvordan gjennomsnittlig relativ avgang i stammetall (RNf) har forløpt i perioden 1922 til 1995. Det er store svingninger mellom de enkelte revisjonsår. Enkelte år som 1970, 1972 og 1977 har høye verdier. Dette sammenfaller med revisjoner etter år hvor det også foreligger en god del rapporter om vind- og snøskader (Skogdirektørens Årsmeldinger 1920-1987). Høsten 1969 ble f.eks. i overkant av 2 mill. m<sup>3</sup> tømmer felt etter stormer på Sør- og Østlandet. Virkningene av denne stormen viste seg særlig i revisjoner i 1970.

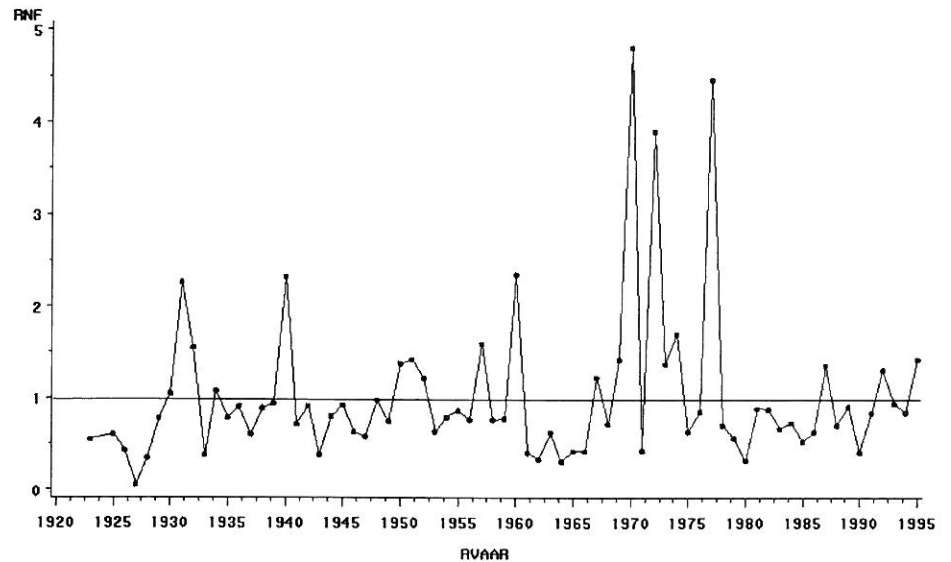


Fig. 1. Utvikling i perioden 1922-1995 i gjennomsnittlig avgang i prosent av treantallet (RNF) for granbestand. Gjennomsnittet er beregnet per revisjonsår (RVAAR). Middelerdien på 0,98 % er angitt.

#### 4.3. Mortalitet i furuskog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge

Ulike målestørrelser for avgang i furuskog er beregnet og angitt i tabell 8. Gjennomsnittlig relativ avgang i stammetall (RNf) er 0,56 %. Middeldiameter på de døde trærne i forhold til middeldiameter på levende trær (Dratio), var på 0,77. Om kalamiteter inkluderes er relativ andel av grunnflaten med avgang (RGf) 0,33 %.

Tabell 8. Oversikt over avgangsmål for furubestand, hele landet unntatt Vestlandet (jf symbolliste). Antall observasjoner (N), middelerdi, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	Alle observasjoner					Obs. der RNf < 2,0			
	N	Middel	SD	Min.	Maks.	Middel	SD	Min.	Maks.
Df	1477	12,6	7,0	0	51,4	12,7	7,1	0	51,4
Dratio	1473	0,77	0,23	0	1,87	0,78	0,23	0	1,87
Gf	2193	0,08	0,16	0	1,79	0,05	0,08	0	0,72
RGf	2046	0,33	0,67	0	7,40	0,21	0,31	0	2,33
Nf	2193	10	31	0	593	5	11	0	203
RNf	2046	0,56	1,10	0	14,63	0,33	0,43	0	2,00

Ved å innføre restriksjonen RNf < 2 vil 135 observasjoner falle ut, tilsvarende 6,6 %. Ved restriksjonen RNf < 4 vil 43 obs. falle ut, tilsvarende ca. 2 %. Som et gjennomsnitt for et stort materiale, hvor jevnlig tynnet skog utgjør en vesentlig andel, kan man hevde at i omtrent 1 av 47 tilvekstperioder vil treantallet bli redusert



med omlag 20 % eller mer. Hovedmengden av større kalamiteter har inntruffet ved brysthøydealder mellom 15 og 45 år og med overhøyde mellom 10 og 20 m. Den yngre produksjonsskogen i furu er således mest utsatt for sterk avgang.

Avgangsbasen for furu er brukt for å undersøke hvorvidt størrelsen av mortalitet kan estimeres ved hjelp av bestandsdata. Korrelasjonskoeffisienter mellom relativ avgang i stammetall (RNf) og grunnflate (RGf) og øvrige variabler er satt opp i tabell 9.

Tabell 9. Korrelasjonskoeffisienter med tilhørende p-verdier for sammenhengen mellom relativ avgang i stammetall (RNf) og grunnflate (RGf) med ulike bestandsvariabler. Furu hele landet unntatt Vestlandet. \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$ , \* =  $p < 0,05$ , n.s. = ikke signifikant, ' = obs. der RNf < 2, '' = obs. der S% < 15.

	H40	Ho	T13	N1	G1	Dg	Rvaar	N21	N22	S%
RNf	0,185	-0,000	-0,143	0,154	0,116	-0,115	0,001	0,078	0,086	-0,224
p-verdi	***	n.s.	***	***	***	***	n.s.	***	***	***
RNf'	0,177	0,074	-0,091	0,107	0,189	-0,048	-0,030	0,098	0,006	-0,247
p-verdi	***	***	***	***	***	*	n.s.	***	n.s.	***
RNf''	0,110	0,018	-0,052	0,205	0,269	-0,092	-0,023	0,028	0,019	-0,382
p-verdi	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***
RGf	0,156	0,057	-0,076	0,033	0,078	-0,009	-0,029	0,049	0,054	-0,146
p-verdi	***	**	***	n.s.	***	n.s.	n.s.	*	*	***
RGf'	0,116	0,161	0,024	-0,048	0,140	0,098	-0,073	0,029	-0,017	-0,134
p-verdi	***	***	n.s.	*	***	***	***	n.s.	n.s.	***
RGf''	0,164	0,139	0,045	0,018	0,136	0,089	-0,077	-0,000	0,016	-0,258
p-verdi	**	*	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***

Ved innføring av restriksjonen S% < 15 vil omtrent 80 % av observasjonene falle ut. En S% på 15 er tidligere angitt som en nedre kritisk grense for å unngå større snøbrekkskader i furuskog. Tabell 9 viser at det gjennomgående er lav korrelasjon mellom RNf eller RGf og andre bestandsvariabler. Høyest grad av negativ korrelasjon er det for RNf og RGf med S%. Jo tettere bestand jo større er den relative avgangen. RNf og RGf er dessuten positivt korrelert med grunnflate, treantall og høydebonitet. Det bemerkes at relativ avgang faller svakt med økende bestandsalder.

Materialet eksklusivt felt hvor RNf > 2 ble benyttet for å beregne avgangsfunksjoner ved hjelp av multiplere regresjon og på følgende form:

$$\text{RNf} = f(\text{S\%}, \text{H40}, \text{N1}, \text{G1}, \text{Dg}, \text{Ho}, \text{T13}).$$

$$R^2 = 0,085. \text{Sf} = 0,413.$$

En slik funksjon forklarer 8,5 % av variasjonen til RNf, så lite at funksjonen ikke har praktisk nytte til å estimere mortalitet i norsk furuskog. Innføring av variablene N21 og N22 ga ingen vesentlige bidrag til modellen. Lav forklaringsgrad ble også funnet for modeller med Nf, Gf og RGf som avhengig variabel, og viste at de benyttede bestandsvariablene forklarer lite om mortalitetens størrelse, både absolutt og relativt.

Analysen av materialet stratifisert etter tre regioner (Sør- og Østlandet, Trøndelag, Nord-Norge), tre høydelag (0-299, 300-499, 500 + m o.h.), og tre oppkomstsett (plantet skog, naturlig foryngelser, såning), ga følgende hovedmønster:

- RNf var forskjellig for regionene ( $F = 27,71$ ). Nord-Norge skiller seg ut med lavest avgang, RNf på 0,29 %, Trøndelag hadde 0,76 % og Sør- og Østlandet 0,63 %.
- RNf viste forskjeller knyttet til oppkomstsett ( $F = 12,06$ ). Sånger og plantinger hadde større avgang enn naturlige foryngelser (hhv. 0,77; 0,75 kontra 0,49 %).
- RNf var forskjellig for de tre høydenivåene ( $F = 27,71$ ), hvorav skog i høyde 300-499 hadde 0,98 %, 0-299 m hadde 0,55 % og 500 + m hadde 0,18 %.

At avgangen er mindre i den nordlige landsdel og i stor høyde, kan i første omgang virke ulogisk. At boniteten faller med feltets h o h og dels med breddegrad, er en viktig faktor. Som beskrevet for gran (kap. 4.2.) er avgangen også for furu størst i høyde 300-500 m, høydelag som tidvis er utsatt for tungt snøfall.

I Fig. 2 er vist hvordan gjennomsnittlig relativ avgang i stammetall (RNf) har forløpt i perioden 1922 til 1995. Det er store sprang mellom de enkelte revisjonsår, men et visst mønster synes å fremkomme. Avgangen har ligget høyere (0,23 %) i perioden fra 1920 til 1950 sammenlignet med perioden 1950-1980. Året 1935 utmerker seg med høy registrert avgang, først og fremst forårsaket av vind- og snøbrekkskader på Østlandet vinteren 34/35 (jf. Langsæter 1941).

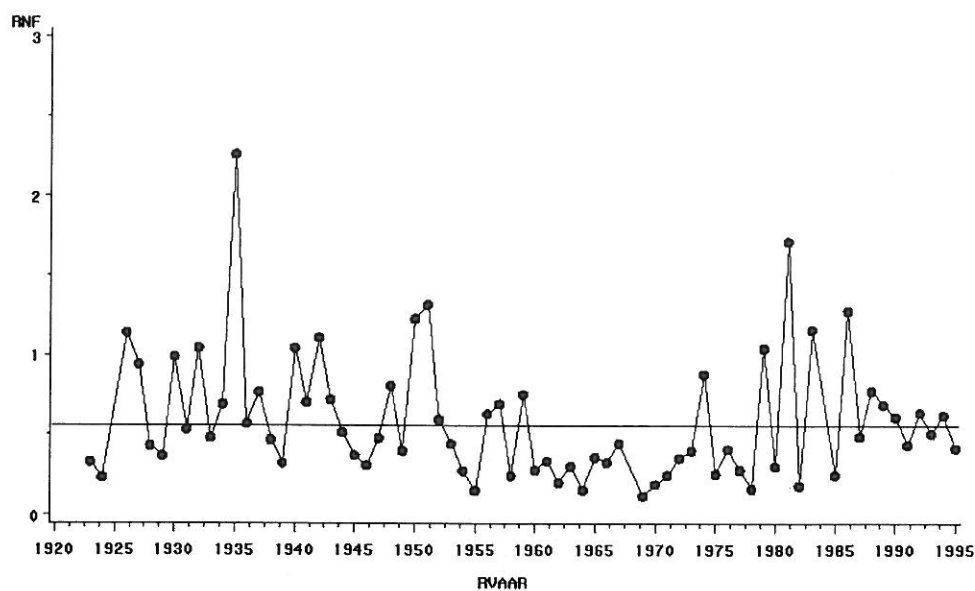


Fig. 2. Utvikling i perioden 1922-1995 i gjennomsnittlig avgang i prosent av treantallet (RNf) for furubestand. Gjennomsnittet er beregnet per revisjonsår (RVAAR). Middelerdien på 0,56 % er angitt.

#### 4.4. Mortalitet i urørt skog; skogstrøkene inkl. Nord-Norge

I tabell 10 er beregnet avgang i urørte gran- og furufelter. For furu er middeldiameter på de døde trærne er ca. 3 cm lavere enn i tynna skog. Avgang målt som andel døde stammer i forhold til levende stammer er derimot omtrent tre ganger større.

Tabell 10. Avgangsmål for urørte norske skogbestand (jf. symbolliste). Antall observasjoner (N), middelvei, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	FURU					GRAN				
	N	Middel	SD	Min	Maks	N	Middel	SD	Min	Maks
Df	133	10,0	4,8	2,3	21,6	145	8,6	4,7	1,8	29,4
Dratio	133	0,69	0,15	0,29	1,16	145	0,63	0,17	0,18	1,15
Gf	135	0,24	0,29	0	1,79	144	0,45	0,68	0	6,15
RGf	135	0,66	0,85	0	6,69	144	0,97	1,58	0	15,58
Nf	135	55	87	0	593	144	71	92	0	598
RNf	135	1,42	1,60	0	10,39	144	1,90	1,83	0	14,82

I urørte furubestand har det i snitt dødd 55 trær per ha og år, 45 flere enn i jevnlig tynnet skog. Diameterforholdet mellom døde og levende trær, Dratio, er på 0,69, mot 0,77 for det samlede materialet. Maksimal grunnflate for de urørte feltene har inntruffet ved overhøyde mellom 18 og 24 m.

Ved å innføre restriksjonen RNf < 2 vil 36 observasjoner falle ut, tilsvarende 27 %. Ved restriksjonen RNf < 4 vil 9 observasjoner falle ut, tilsvarende 6,7 %. I gjennomsnitt for urørt furuskog uttrykker forholdet at i omtrent 1 av 15 tilvekstperioder vil treantallet bli redusert med omlag 20 % eller mer. H/D-forholdet har i slike tilfeller ligget høyere enn 0,95.

I urørte granfelter har antall døde trær per ha og år svingt fra 0 til 598, med et gjennomsnitt på 71 – over 50 flere enn i tynnet skog. Den relative stammetallsavgangen (RNf) er nærmere dobbelt så stor som i tynnet skog. Diameterforholdet mellom døde og levende trær, Dratio, på 0,63, viser derimot at det hovedsakelig er undertrykte trær i de lavere kroneklasser som går ut. Det har inntruffet kalamiteter på hele 57 av 144 observasjoner (40 %) dersom kalamitet defineres som en stammetallsreduksjon over 2 %, 13 av 144 observasjoner (9 %) ved årlig stammetallsreduksjon over 4 %. Store kalamiteter har inntruffet etter at bestandene er mer enn 30 år i brysthøyde. H/D-forholdet har da ligget høyere enn 1,0.

For å kunne estimere avgang i urørt skog ble multiple regresjonsmodeller anvendt.

Både additive og multiplikative modeller ble forsøkt. Det ble vektlagt å finne praktiske avgangsmodeller – og prediksjon ved hjelp av relativt enkle bestandsmål. Eksempel på to slike funksjoner er vist i tabell 11.

Tabell 11. Avgangsmodeller for urørt skog. Avhengig variabel er  $\ln Gf$  ( $m^2/ha/år$ ). Det er foretatt korreksjon for logaritmisk feil ved tilbaketransformering ved å legge til  $\frac{1}{2}$  varians til konstant.

FURU			GRAN		
Variabel	Koeffisient (k)	Middelfeil i % av k	Variabel	Koeffisient (k)	Middelfeil i % av k
Konstant	-8,12496	12,6	Konstant	-18,1629	8,7
$\ln G1$	1,68679	19,9	$\ln G1$	2,6290	11,3
$H40*H40$	0,00372	28,0	$\ln H40$	2,6082	19,1
n=135, $R^2=0,37$ , Sf=1,01			n=144, $R^2=0,48$ , Sf=1,20		

Alle funksjonsledd var signifikant på minst 5 %-nivå. Presisjonsnivået for å kunne estimere avgangsrater er begrenset. En funksjon for sjøltynning i urørt skog kan ikke uten videre brukes i tynnet skog. Funksjonen gir etter alt å dømme et maksimalt avgangsnivå slik man kan forvente innenfor normale omløpstider i skogbruket. For furu, nært opp mot maksimal grunnflate på høy bonitet ( $G1$  ca.  $60 m^2/ha$ ), vil årlig avgang ligge i overkant av  $1 m^2/ha/år$ . Tilsvarende for gran ( $G1$  ca.  $80 m^2/ha$ ) gir en årlig avgang på i overkant av  $2-3 m^2/ha/år$ .

Det bør presiseres at det begrensede materialet fra urørt skog på langt nær gir et tilstrekkelig grunnlag for å trekke vidtgående konklusjoner om bestandsutvikling og stabilitet. Tidligere arbeider angir økt risiko for snøbrekkskader i yngre utynnet skog (Persson 1972; 1975, Vestjordet 1977), men det er samtidig hevdet at større kalamiteter etter vind lettere kan unngås i eldre utynnede bestand (Henriksen 1988: 338-342; Kramer 1988:201-202).

#### 4.5. Mortalitet i urørt granskog på Vestlandet

Beregna verdier for avgang/sjøltynning i urørt granskog på Vestlandet er angitt i tabell 12.

Tabell 12. Avgangsmål for urørte granbestand på Vestlandet (jf. symbolliste). Antall observasjoner (N), middelvei, standardavvik (SD) samt minimum og maksimumsverdier er oppgitt.

Variabel	N	Middel	SD	Min.	Maks.
Df	127	6,9	3,8	0	21,8
Dratio	127	0,50	0,23	0	0,97
Gf	93	0,32	0,36	0	1,67
RGf	93	0,60	0,67	0	3,38
Nf	93	57	57	0	362
RNf	93	1,68	1,46	0	7,53

Avgang i treantall (RNf), over en lengre periode, ligger på 1,7 % av treantallet. Kalamiteter, definert som  $RNf > 2$ , har inntruffet i 32 av 93 tilfeller (34,4 %). Større kalamiteter,  $RNf > 4$ , har inntruffet i 6 av 93 tilfeller (6,5 %). Tidspunkt for større stammereproduksjoner har vært mellom 20 og 50 år i brysthøyde, med H/D-forhold over 1,0. Et lavt forholdstall mellom døde og levende stammer (Dratio på 0,5) viser at det særlig er undertrykte trær som går ut. I tabell 13 er ført opp korrelasjonen mellom relativt treantall og relativ grunnflate med andre variabler.

Tabell 13. Korrelasjonskoeffisienter med tilhørende p-verdi for sammenhengen mellom relativ avgang i stammetall (RNf) og grunnflate (RGf) med ulike bestandsvariabler. Urørt granskog på Vestlandet. \*\*\* =  $p < 0,001$ . \* =  $p < 0,05$ , n.s. = ikke signifikant.

	H40	Ho	T13	N1	G1	Dg	Rvaar	S%
RNf	0,043	0,363	0,369	-0,189	0,551	0,340	-0,030	-0,213
p-verdi	n.s.	***	***	n.s.	***	***	n.s.	*
RGf	-0,089	0,152	0,237	-0,091	0,398	0,212	-0,240	0,053
p-verdi	n.s.	n.s.	*	n.s.	***	*	*	n.s.

Relativ stammetalls-avgang (RNf) viser positiv korrelasjon med grunnflate (G1), alder (T13), overhøyde (Ho) og middeldiameter (Dg), negativ korrelasjon med tetthet (S%). Avgang i treantall tiltar med alder, men i materialet er eldste bestand kun 73 år. Det antydes ingen sammenheng med bonitet, men dette kan skyldes at bonitetsspredningen i grunnmaterialet er liten. Relativ avgang i grunnflate (RGf) viste høyest positiv korrelasjon med stående grunnflate.

En multipel regresjonsmodell ble benyttet for å kunne estimere avgangen utfra bestandsvariabler. En slik funksjon er vist i tabell 14. Leddene var signifikant på 5%-nivå.

Tabell 14. Funksjon for avgang i urørt granskog, Vestlandet. Avhengig variabel er  $\ln Gf$  ( $m^2/ha/år$ ). Funksjonen er korrigert for logaritmisk feil ved tilbaketransformering ved å legge til  $\frac{1}{2}$  varians til konstant.

Variabel	Koeffisient (k)	Middelfeil i % av k
Konstant	-16,595	9,9
$\ln G1$	1,788	48,8
$\ln Ho$	2,935	35,9

$n=93$ ,  $R^2=0,52$ ,  $Sf=1,005$

Funksjonen bør ikke uten videre brukes for tynnede granplantefelt eller utenfor regnbeltet på Vestlandet. At grunnflate og overhøyde dels er interkorrelert svekker mulighetene for å gjøre nøyaktige prognoser.

#### 4.6. Urørt skog og Reinekes modell

Reineke (1933) hevdet at forholdet mellom treantallet og middeldiameteren i et bestand med maksimal tetthet følger en rett linje over tid når de blir plottet på en log til log skala:

$$\ln(N3) = p - q * \ln(Dg)$$

Ifølge Reineke var koeffisienten (q) til linja lik -1,605, uavhengig av de bartre-slag han testet.

For granskog i Mellom-Europa fant Sterba (1985) at q var -1,74, men at modellen ikke hadde generell gyldighet for uensaldret skog eller skog som utvikler

seg i den retning (Sterba & Monserud 1993). For utynnet sitkagran i Danmark beregnet Skovsgaard (1997) en q-verdi på -1,50. Et lignende resultat fikk Curtis (1982) for utynnet douglas i USA. I Finland fant Hynynen (1993) at q-verdien varierte med treslag: gran -1,30, furu -1,84 og bjørk -2,33.

En tilsvarende beregning ble gjort med materialet fra norsk urørt skog (tab. 15).

Tabell 15. Analyse av urørte bestand etter Reinekes modell.

	Furu, skogstrøka inkl Nord-Norge	Gran, skogstrøka inkl Nord-Norge	Gran, Vestlandet
p-verdi	11,80	11,84	10,99
q-verdi	- 1,614	-1,485	-1,131
R <sup>2</sup>	0,83	0,72	0,78
Sf	0,32	0,24	0,15

For furu var middelfeilen for fallkoeffisienten  $q \pm 0,06$ . Variasjonen i q mellom felt er stor, fra -0,06 (Fl. 727-3, Karasjok) til -2,412 (Fl.703-2, Kirkenes). Koeffisientene for urørt norsk furuskog skiller seg ved en gjennomsnittsbetraktning ikke fra Reinekes utgangsformel. Med en middeldiameter på 30 cm vil det ifølge funksjonen maksimalt kunne stå omlag 590 stammer per hektar.

For gran var middelfeilen for fallkoeffisienten  $q \pm 0,09$ . For de sytten forsøksrutene var største fallkoeffisient -1,78 (Fl. 157-1, Hurdal) og den mest slake -0,003 (Fl. 699-1, Diviåsen). Med 30 cm i middeldiameter kan det maksimalt stå omlag 890 stammer per ha. Ut fra den store spredningen kan det ikke hevdes at funksjonen skiller seg fra Reineke (1933), men linja har en mer slak fallkoeffisient sammenlignet med gran fra Mellom-Europa (Sterba 1985), mindre slak enn gran fra Sør-Finland (Hynynen 1993) og på samme nivå som sitkagran fra Danmark (Skovsgaard 1997).

For urørt gran på Vestlandet var middelfeilen for fallkoeffisienten  $\pm 0,05$ . Ved en middeldiameter på 10 cm kan det maksimalt stå omlag 4400 stammer, ved 30 cm omlag 1270 stammer per ha. Funksjonen gir en langt lavere avgangsrate enn forventet ut fra Reinekes modell og også en god del lavere sammenlignet med granbestand lokalisert i skogstrøkene inkl. Nord-Norge. Det er nærliggende å tolke dette som et uttrykk for at et sterkt oseanisk klima gir rom for en lav avgangsrate. Dette er også tidligere påvist av Frivold (1976).

## 5. Konklusjon

På bakgrunn av et stort materiale fra langsiktige forsøksfelter i gran- og furuskog kan følgende hovedkonklusjoner om naturlig avgang i norsk barskog trekkes:

1. Omtrent 3/4-deler av registrert avgang skyldes vind- og snøskader.
2. I granskog, hvor en stor andel av bestandene er jevnlig tynnet, er den relative avgangen av trær per hektar og år 0,98 % av stammetaillet. Verdien faller til 0,44 % om større skade-episoder ekskluderes. Forholdet i diameter i brysthøyde mellom døde og levende trær er på 0,76.
3. I furuskog, hvor en stor andel er jevnlig tynnet, er den relative avgangen av trær per hektar og år 0,56 % av stammetaillet. Verdien faller til 0,33 % om større skade-episoder ekskluderes. Diameterforholdet mellom døde og levende trær er på 0,78.
4. I urørt granskog i skogstrøkene er årlig avgang av stammer på 1,9 % av stående treantall, mens i urørt furuskog 1,4 %. Diameterforholdet mellom døde og levende trær er hhv. 0,6 og 0,7. Når høyde/diameterforholdet er under 0,95-1,0 synes risikoen for kalamiteter begrenset.
5. I tette utynnede plantefelt på Vestlandet er avgangen 1,7 % av stående treantall. Diameter-forholdet mellom døde og levende trær er på 0,5.
6. Nye avgangsfunksjoner for urørt skog er presentert. Disse funksjonene gir etter alt å dømme et maksimalt avgangsnivå slik man kan forvente innenfor normale omløpstider i skogbruket.

## Mortality in Norwegian spruce- and pine forest

Data from long-term field trials in Norwegian spruce and pine forest are used to evaluate different methods for describing tree mortality in stands. About 3500 5-years growth periods for Norway spruce and 2200 for Scots pine are used. A major part of the data originate from medium-aged and thinned stands. The development in untreated stands is analysed separately

The mean relative death ratio of thinned forest is 0.98 % for spruce and 0.56 % for pine, measured as annual dead compared to living stems. The diameter ratio between dead and living trees is about 0.8 For unthinned forest the mean death rate is 1.9 % for spruce and 1.4 % for pine. However, the diameter ratio is lower, 0.5-0.7. Single cases of over 20 % mortality were recorded, in about 6 to 7 % of all observations. New mortality models for untreated stands in Norway are presented.

## Litteratur

- Aaltonen, V.T. 1925. Über die Selbstabscheidung und den Wuchsraum der Bäume in Naturbeständen. *Metsätiet. Koelaitoksen Julk.* 9 :1-20.
- Agestam, E. 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. f. skogsproduktion. 15. 150 s.
- Amateis, R.H., Burkhart, H.E. & Liu, J. 1997. Modeling survival in juvenile and mature loblolly pine plantations. *For. Ecol. Manage.* 90: 51-58.
- Bengtsson, G. 1980. Funktioner for berekning av naturlig avgång i första versionen av Hugin-systemet. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. f. skogstaxering (PM-Hugin symposiet). 8 s.
- Braastad, H. 1975. Produksjonstabeller og tilvekstmodeller for gran. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 31: 357-537.
- Braastad, H. 1976. Skogbehandling. Stabilitet mot vind og snø. *Norsk Skogbr.* 22: 3-15.
- Braastad, H. 1979. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 34 (7): 169-215.
- Braastad, H. 1980. Tilvekstmodellprogram for furu. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 35: 265-359.
- Braastad, H. 1982. Naturlig avgang i granbestand. *Rapp. Nor. inst. skogforsk..* 12/82: 1-46.
- Braathe, P. 1957. Thinning in even aged stands. A summary of European litterature. Faculty of Forestry, Univ. New Brunswick, Fredericton. 92 s.
- Curtis, R.O. 1982. A simple index of stand density for Douglas-fir. *For. Sci.* 28: 92-94.
- Eid, T. & Tuhus, E. 2000. Models for individual tree mortality in Norway. *For. Ecol. Manage.* (manus).
- Eide, B., Hoen, H.F., Hofstad, O. & Valen, J.S.Y. 1998. Akkumulasjon av død ved i kulturskog - en modellanalyse. *Rapp. Skogforsk.* 3/98: 1-32.
- Eide, E. 1926. Granskogens foryngelsesforhold i Namdalstraktene. *Medd. Nor. SkogforsVes.* 7: 49-84.
- Ekø, P.M. 1985. En produktionsmodell för skog i Sverige baserad på bestånd från riksskogtakseringens provtytor. SLU, inst. f. skogsskötsel, Rapp. 16: 1-224.
- Elfving, B. 1975. Volum och struktur i ogallrade tallbestånd. Skogshøgskolan, Inst. f. skogsprod. Rapp. och Upps. 35: 1-128.
- Eriksson, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Skogshøgskolan, Inst f. skogsprod. Rapp. Upps. 41: 1-291.
- Fridman, J. & Valinger, E. 1998. Modelling probability of snow and wind damage using tree, stand and site characteristics from *Pinus sylvestris* sample plots. *Scan. Jour. For. Res.* 13: 348-356.
- Frivold, L.H. 1976. Utvikling og produksjon i utynnede granplantinger i Vest-Norge. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 32.16: 523-576.
- Gundersen, V. & Rolstad, J. 1998. Truete arter i skog. Oppdragsrapp. NISK 6/98. 74 s. + vedlegg.
- Heding, N. 1969. Stammelalsreduktion og diameterutvikling i ikke-tyndede rødgranbevoksninger med forskjellige planteafstande. *Det forstl. Forsøgsvæsen i Danmark* 32: 189-244.



- Helles, F. 1983. Stormskade på skov. En litteraturgennemgang. Dansk Skovf. Tidsskr. 68: 247-278.
- Henriksen, H.A. 1954. Tyndingshogsten betydning for tilvækst, sundhed og driftens stabilitet i jyske hedeplantager, eksperimentelt belyst. Dansk Skovf. Tidsskr.39: 491-501.
- Henriksen, H.A. 1988. Skoven og dens dyrkning. Dansk Skovforening. København. 664 s.
- Hogde, S, J. & Peterken, G.F. 1998. Deadwood in British forests: priorities and a strategy. Forestry 71 (2): 99-112.
- Huse, K.J., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. Rapp. Skogforsk 23/94:1-26.
- Huse, S. 1965. Strukturformer hos urskogbestand i Øvre Pasvik. Meld. Nor. Landbrukshøgsk. 31: 1-81.
- Hynynen, J. 1993. Self-thinning models for even-aged stands of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula pubescens*. Scan. Jour. For. Res. 8: 326-336.
- Ilvessalo, Y. 1920. Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten und Birkebeständen von Finland. Acta For. Fenn 15: 1-94.
- Ilvessalo, Y. 1975. The forest types of Finland in the light of natural development and yield capacity of forest stands. Acta For. Fenn. 144: 1-101.
- Kramer, H. 1988. Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey. Hamburg, Berlin, 374 s.
- Langsæter, A. 1941. Om tynning i ensaldret gran- og furuskog. Meddr Nor. SkogforsVes. 8(27-30): 131-216.
- Laiho, O. 1987. Susceptibility of forest stands to windthrow in southern Finland. Folia For. 706: 1-24.
- Monserud, R.A. & Sterba, H. 1999. Modelling individual tree mortality for Austrian forest species. For. Ecol. Manage 113: 109-123.
- Persson, P. 1972. Stand treatment and damage by wind and snow-survey of younger thinning experiments. Dep. For. Yield Res., Royal College of Forestry, Stockholm, Res. notes 23: 205 s.
- Persson, P. 1975. Stormskador på skog – uppkomstbetingelser och innverkan av skogliga åtgärder. SHS, inst. skogsprod. Rapp. 36. 295 s.
- Reineke, L.H. 1933. Perfecting a stand density index for even aged forests. Jour. Agr. Res. 46: 627-638.
- Samset, I. 1995. 150 år i forsøksskogen. Rapp. Skogforsk 9/95: 1-302.
- Samuelson, J., Gustavsson, L. & Ingeløg, T. 1994. Dying and dead trees: A review of their importance for biodiversity. Swedish Threatened Species Unit, Uppsala, 109 s.
- Skogdirektørens Årsmeldinger 1920-1987. Landbruksdept., Oslo.
- Skovsgaard, J.P. 1997. Tyndingsfri drift af sitkagran. Forskningsserien nr. 19. Skov & Landskab, Hørsholm. 525 s.
- Sterba, H. 1985. Das Ertragsniveau und der maximale Stand-Density-Index nach Reineke. Centr. Ges. Forstw. 102: 101-116.
- Sterba, H. & Monserud, R.A. 1993. The maximum density concept applied to uneven-aged mixed-species stands. For. Sci. 39(3): 432-452.

- Strand, L. 1970. Bestandsutvikling i urørt skog. Tidsskr. Skogbr. 78 (2/1970): 221-226.
- Søderberg, U. 1986. Funktioner för skogliga produktionsprognoser. SLU, avdelingen för skogsuppskatning och skogsindelning. Rapp. 14: 1-251.
- Tomter, S. 1996. Skog 96. Statistikk over skogforhold og -ressurser i Norge. NIJOS, Ås. 85 s.
- Tuhus, E. 1997. Naturlig avgang av trær. Rapp. Skogforsk 6/97: 1-28.
- Vestjordet, E. 1977. Avstandsregulering av unge gran- og furubestand: 1: Materiale, stabilitet, dimensjonsfordeling, m.v. Meddr Nor. inst. skogforsk. 33: 309-436.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Growth and yield models for conifer cultures in Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 99(2): 1-271.

## Rapport fra skogforskningen

### Utkommet i 2000

- 1/00: *Øystein Dale og Morten Nitteberg*: Skogsdrift med snøscooter. Trekkrefter for ulike snøscootere, utstyrsstudier, praktiske metodeforsøk. En delrapport fra prosjektet: Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog.
- 2/00: *Stein Magnesen*: Vekst og overleving hos sitkagran fra skogfrøplantasjer og plantefelt på Vestlandet.
- 

- **Supplement 15:** Svendsrud, A.: Tabeller for beregning av verdien av skogbestand.