

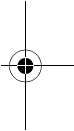
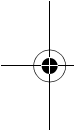
# Resultater fra forsøk med avkom fra Kaupanger granfrøplantasje

Tore Skrøppa, Ketil Kohmann, Øystein Johnsen

Norsk institutt for skogforskning  
1432 Ås

Ragnar Johnskås

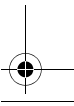
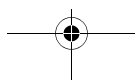
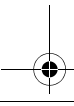
Det norske Skogfrøverk  
2301 Hamar

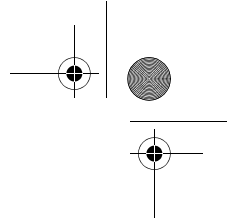


Skogforsk  
2005

---

---



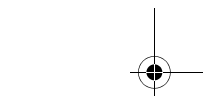
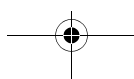
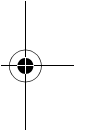
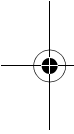


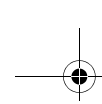
## Forord

Fra midten av 1970-tallet er det blitt anlagt et betydelig antall forsøk med plantematerialer etter frø fra norske frøplantasjer med gran. I disse forsøkene er det blitt utført målinger av trehøyde og vekstrytme og bedømmelse av skader. Det er dessuten blitt utført flere kortsiktige forsøk med ettårige planter. I 2003 ble det startet et prosjekt som tar sikte på å utnytte alle data fra disse forsøkene til å evaluere den genetiske verdien til frøet fra hver plantasje og til å angi bruksområder for frøet, i sammenligning med standard handelsprovenienser. Prosjektet er finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket, Det norske Skogfrøverk og Fylkesmannens landbruksavdeling i Hedmark, Oppland, Buskerud, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Nordland.

Denne rapporten presenterer resultater fra plantematerialer etter frø fra Kaupanger frøplantasje.

Et stort antall personer har deltatt i krysningsarbeid, i etablering av forsøk og i målinger på feltene. De har alle vært bidragsyttere til rapporten og fortjener stor takk.





## Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	4
<b>1. Innledning</b> .....	5
<b>2. Materialer, forsøk, målinger og beregninger</b> .....	5
2.1 Frøpartier fra Kaupanger frøplantasje og provenienser .....	5
2.2 Forsøk og målinger .....	7
2.3 Beregninger .....	9
<b>3. Resultater</b> .....	10
3.1 Tester av knoppsetting .....	10
3.2 Fryseforsøk i 1987 .....	10
3.3 Avkomforsøk i Biri og Veggli plantet i 1979 og 1983 .....	11
3.4 Avkomforsøk plantet på Østlandet og i Sør-Trøndelag i 1990 .....	13
3.5 Proveniensforsøk plantet på fire felt i Etnedal i 1986 .....	14
3.6 Proveniensforsøk plantet på åtte felt i 1994 .....	15
3.7 Forskjeller mellom familier fra Kaupanger frøplantasje .....	15
<b>4. Diskusjon og konklusjoner</b> .....	16
<b>Litteratur</b> .....	18

## Sammendrag

Skrøppa, T., Kohmann, K., Johnsen, Ø. & Johnskås, R. 2005. Resultater fra forsøk med avkom fra Kaupanger granfrøplantasje. Rapport fra skogforskningen 8/05: 1–18.

Denne rapporten presenterer resultater fra forsøk med plantematerialer fra frø høstet i Kaupanger frøplantasje: tester av knoppsetting og fryse-, proveniens- og avkomforsøk. Frøplantasjen inneholder i hovedsak kloner fra fjellskog på Østlandet, mens frøet produseres under gode klimaforhold nær Sognefjorden. Dette kan påvirke vekstrytmen til planter fra plantasjefrøet, og bruksområder for frøet må bestemmes fra resultater fra forsøk.

I tester av knoppsetting og frostherdighet ved slutten av første vekstperiode har planter fra frøplantasjen omtrent samme egenskaper som planter fra provenienser fra høydelag 300–400 m. Disse tilsynelatende negative egenskapene ved frøplantasjeplantene har ikke manifestert seg med tilsvarende negative resultater gjennom den første tiårsperioden på plantefelt i skogen. Planter fra frø høstet i Kaupanger frøplantasje har på de fleste felt hatt mindre avgang enn planter fra provenienser fra høydelagene 5–6 og 7–8. Frekvens av trær med skader og feil på stamme og kvistsetting har i gjennomsnitt vært omtrent lik for disse tre typer av planter. På felt der det har vært registrert skader etter vårfrost, har trærne fra kaupangerfrø fått betydelig mindre frostska-der enn de fra høydelagsproveniensene, men det motsatte skjedde i ett tilfelle av frost om høsten. Kaupangerplantene har også hatt den beste høydeveksten og er på de fleste felt mer enn 20 % høyere enn trær fra høydelagene 5–6 og 7–8.

Planter etter frø fra Kaupanger frøplantasje anbefales derfor brukt framfor planter fra vanlig proveniensfrø på plantefelt over 500 m. De vil være spesielt gunstig å bruke på lokaliteter som kan være utsatt for vårfrost, men kan være mer utsatt for skader der det er tidlig høstfrost.

**Nøkkelord:** Frøplantasjefrø, provenienser, avkomforsøk, høydevekst, vekstrytme, skader.

## 1. Innledning

For å få god blomstring og frøsetting i granskogen er det nødvendig med varme somre to år på rad. Første året må det være varmt rundt midtsommer for at blomsteranlegg skal dannes. God bestøvning får vi dersom det neste vår er tørt og varmt når hunnblomstene er mottakelige for pollen. Godt modent frø får vi etter en varm sommer og tidlig høst. I fjellskogen kan det derfor gå langt tid mellom hvert frøår og for å sikre en god frøforsyning vil det være nødvendig å produsere frø under bedre klimatiske forhold. Det ble derfor midt på 1960-tallet anlagt en frøplantasje for gran i Kaupanger, Sogn og Fjordane, som skulle produsere frø for høydslagene 600–800 m på Østlandet. Kaupanger ble valgt fordi området ble ansett å være velegnet for frøproduksjon. Stedet har et godt sommerklima og relativt lite nedbør. I frøplantasjen er det et lett og fruktbart jordsmonn og god isolasjon fra naturlig granskog. Det siste er viktig for å unngå innkrysning ved pollen fra skog med andre tilpasningsegenskaper enn de som vi ønsker for høydslagene 600–800 m.

Kaupanger frøplantasje ble opprinnelig basert på podninger av 199 utvalgte trær fra høydslag 540–925 m på Østlandet, samt 19 kloner fra Voss og Luster. Klonene fra Østlandet kommer fra et stort geografisk område som dekker fylkene Hedmark, Oppland, Buskerud og Telemark. Planter fra frø produsert i plantasjonen skulle derfor i utgangspunktet være godt egnet for planting i de samme områdene. I undersøkelser av avkom fra frøplantasjer ble det i noen tilfeller funnet avvikende egenskaper i forhold til foreldretrærnes opprinnelse, såkalte ettereffekter (Johnsen 1989a, 1989b; Kohmann 1996). Planter fra frø høstet i Kaupanger hadde spesielt seinere vekst avslutning og herdighetsutvikling om høsten enn planter av provenienser fra fjellskogen (Johnsen & Apeland 1988, Kohmann 1996). Dette skyldes det gunstige klimaet i Kaupanger der foreldreklonene ble flyttet nedover med inntil 900 m. Derfor ble det reist spørsmål om hvor plantematerialet skulle brukes.

I denne rapporten presenteres resultater fra en rekke forsøk med materialer fra Kaupanger frøplantasje og sammenlignbare handelsprovenienser. Forsøkene ble dels anlagt som avkomforsøk for å estimere avlsverdier for foreldreklonene i frøplantasjen og dels for andre vitenskapelige formål. Her vil det bli lagt vekt på å karakterisere egenskapene til plantematerialer etter frø fra plantasjonen i sammenligning med frø høstet i naturskog, evaluere den genetiske verdien til de produserte frøpartiene og angi bruksområder for frøet.

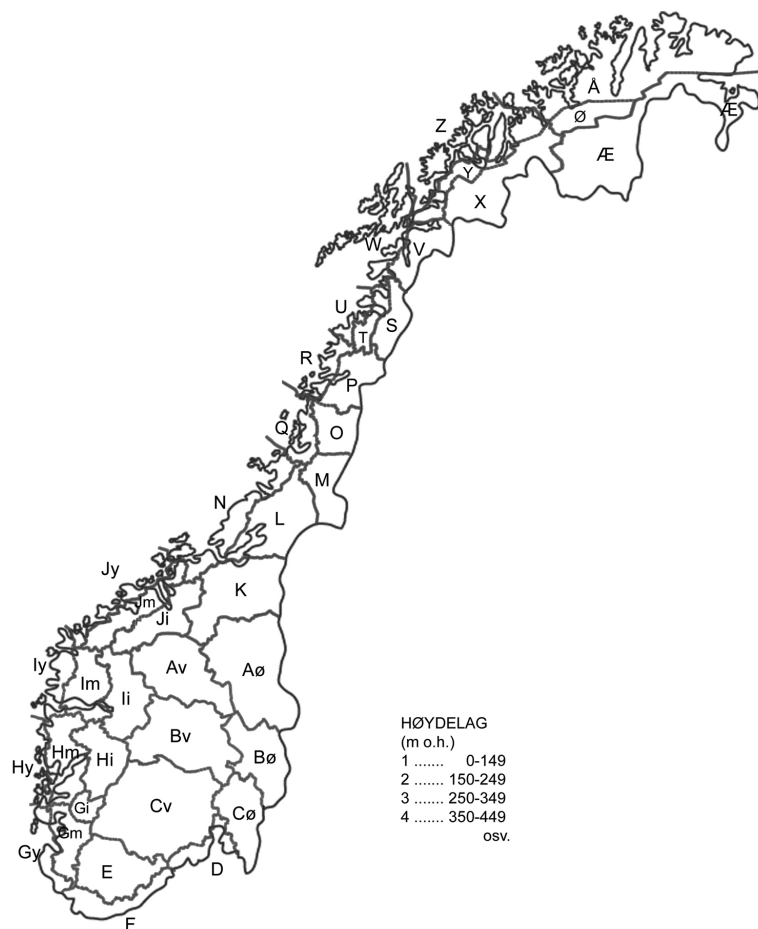
## 2. Materialer, forsøk, målinger og beregninger

### 2.1 Frøpartier fra Kaupanger frøplantasje og provenienser

Det var rik blomstring og frøsetting i frøplantasjen i 1974, 1976, 1978, 1979, 1981, 1983, 1987, 1989 og 1998. I flere av disse årene ble det utført kontrollerte krysninger, og i de fleste år ble det sanket kongler for praktisk frøproduksjon. Alle krysningene ble

utført med en blanding av like store mengder pollen fra 15 kloner brukt som fedre (pollenmiks). Plantene fra en slik kryssning utgjør en halvsøskenfamilie. De har alle samme mor, og far er en av de 15 klonene i blandingen. Slike familier er godt egnet til å estimere avlsverdier til klonene i en frøplantasje. Et større antall familier skulle samlet være representative for frø samlet fra alle kloner i plantasjonen (sams frøparti).

I denne rapporten vil materialer fra Kaupanger frøplantasje spesielt bli sammenlignet med provenienser fra høydelagene 5–6 (450–649 m) og 7–8 (650–849 m) fra sankeområdene A, B og C på Østlandet. I mange av forsøkene var det også med provenienser fra lavere høydelag. Sankeområdene (proveniensene) er vist på kartet i Figur 1.



Figur 1. Kartet viser inndelingen av landet i sankeområder. Hvert sankeområde er delt i høydelag. Høydelag 1 er 0–149 m o.h., høydelag 2 er 150–249 m o.h., osv. Av dette kommer proveniensbetegnelse. Områdene på Østlandet blir i noen tilfeller delt inn i en vestlig (v) og østlig (ø) del, og de på Vestlandet i ytre (y), midtre (m) og indre (i) strøk.

## 2.2 Forsøk og målinger

### *Tester av knoppsetting*

I hvert av årene 1994 til 1999 ble det ved Det norske Skogfrøverk gjort en rekke forsøk for å sammenligne tidspunkt for dannelse av endeknopp på unge granplanter. Frø ble spirt og planter ble dyrket i fire vekstform som fikk ulike nattlengder: 7, 8, 9 og 10 timer. Hvert frøparti ble sådd i fire eller fem gjentak (ruter) i små pottebrett som gjennomsnittlig hadde 29 spirende planter. Plantene fikk vokse i seks uker. Da ble antall planter som hadde satt endeknopp talt opp og beregnet i prosent av totalt antall planter på ruta.

I testene var det med et større antall provenienser, partier fra forskjellige frøplantasjer og familier etter kontrollerte krysninger og fri bestøvning i plantasjene. En proveniens (Aø3) ble sådd i 10 gjentak i alle rom i alle forsøk. Knoppsettingen til alle de andre partiene ble i hvert forsøk beregnet i forhold til denne sorten som ble satt til 100. Her vil vi presentere resultater for partier fra Kaupanger frøplantasje og middeltall for provenienspartier fra høydelaag 5 (A, B og C), alle sammenlignet med proveniens Aø3.

### *Fryseforsøk*

Vinteren 1987 ble det utført fryseforsøk med planter som var dyrket én vekstperiode og så herdet i fytotronen ved Universitet i Oslo. Rutiner for plantedyrking og herding var som beskrevet i Johnsen (1989a). Frysetesten ble utført i fire fryseskap, ett til laveste temperatur  $-10^{\circ}\text{C}$  og tre til  $-13^{\circ}\text{C}$ . Frysing ble utført over en 16 timers periode med gradvis nedfrysing med  $2^{\circ}\text{C}$  per time, fire timer på laveste temperatur og deretter gradvis opptining (Johnsen 1989a). Etter frysing ble plantene plassert i et veksthus med høy luftfuktighet. Etter tre uker ble skader på hver plante registrert etter følgende skala:

0 = ingen synlige skader, grønn plante

1 = inntil 10 % misfargete eller brune nåler

2–10 = misfargete og brune nåler i stigende 10 % intervaller.

I fryseforsøket ble det frosset planter fra 164 familier fra Kaupanger frøplantasje; 78 etter krysninger fra 1976, 34 fra 1978 og 52 fra 1979, og fra 11 handelsprovenienser (Tabell 1). De samme frøpartier fra handelsprovenienser var med både i fryseforsøkene og i avkomforsøk plantet i 1979, 1983 og 1990.

### *Avkomforsøk*

Avkomforsøk med familier fra Kaupanger frøplantasje og handelsprovenienser ble plantet i 1979, 1983 og 1990. Forsøkene i 1979 og 1983 ble plantet i Enga, Biri (520 m o.h.), og på Bøle, Veggli (550 m o.h.). Feltene fra 1979 omfattet 79 familier, sams frøpartier fra to frøår og 11 handelsprovenienser (Tabell 1). I 1983 ble det plantet 101 familier, fra ni av mødrene også familier etter fri bestøvning i plantasjen, og ni provenienser (Tabell 1). Alle familiene var med i frysetesten i 1987. Avkomforsøkene var begge steder plantet på tidligere dyrka mark, med en planteavstand på 0,8 m i 1979 og 1 m i 1980. Målinger av høyde og registreringer på hvert tre av skader på stamme og skudd (dobbeltopp, gankvist og døde knopper) ble utført hvert tredje år, siste gang i 1986 ved alder ti år fra frø i feltene fra 1979, og i 1993 ved alder 13 år i feltene fra 1983. Ved de siste registreringene var det tydelige skader etter vår frost på begge felt. Frost-

skader og andre typer av skade og feil ble bare registrert på trær som var over 100 cm høye.

Avkomforsøket fra 1990 omfattet 30 familier og 10 provenienser. Det ble plantet på skogsmark på sju lokaliteter: Etnedal, Oppland (660, 870 og 920 m), Veldre, Hedmark (610 og 640 m), Midtre Gauldal, Sør-Trøndelag (520 m) og Tydal, Sør-Trøndelag (580 m). De to høyeste feltene i Etnedal ligger bare 400 m fra hverandre, det ene i hellende og det andre i flatt lende. Tilsvarende ligger de to feltene i Veldre ca. 700 m fra hverandre, det laveste nær ei kald myr og det høyeste på en sørvestlig helling. Feltet i Tydal ligger like under skoggrensa. På hvert felt ble det plantet 30 blokker med planteavstand 2 m. Fordi det var få planter av proveniensene fra høydelagene 7 og 8, ble ikke planter fra disse sortene plantet på alle felt. De 30 familiene hadde tidligere vært med både i frysetesten i 1987 og i ett av de to avkomforsøkene fra 1979 og 1983. De var valgt slik at de representerer både frosterdige og svake familier, og hadde både god og svak høydevekst i feltforsøkene.

Tabell 1. Forsøk med materialer fra Kaupanger frøplantasje som presenteres her.

Forsøkstype	Utført/ plantet år	Antall felt/ høydelag m	Marktype	Materialer fra Kaupanger frøplantasje	Handels- provenienser
Tester av knopp- dannelse	1993–99			Sams frøparti fra 1983, 1989 og 1998, vekstkraftig fra 1987 og 1989 og frosterdig fra 1998	Av5, Aø5, Bv5, Bø5, Cv5
Fryseforsøk	1987			164 pollenmiks familier fra 1976, 1978, 1979	B2, B3, B4, B5, A6, B6, A7, B7, C7, B8, C8
Avkomforsøk	1979	2 520–550	Dyrka	79 pollenmiks familier fra 1976, sams frøparti fra 1974 og 1976	B2, B3, B4, B5, A6, B6, A7, B7, C7, B8, C8
Avkomforsøk	1983	2 520–550	Dyrka	101 pollenmiks familier fra 1976, 1978 og 1979, 9 fri best. familier fra 1979	B4, B5, A6, B6, A7, B7, C7, B8, C8
Avkomforsøk	1990	7 520–920	Skog	30 pollenmiks familier fra 1976, 1978 og 1979	B2, B3, B4, B5, B6, A7, B7, C7, B8, C8
Proveniensi- forsøk	1986	4 430–830	Skog	Sams frøparti 1983	B2, B5, B8
Proveniensi- forsøk	1994	8 20–700	Skog/ dyrka	Sams frøparti 1989	Aø4, Bv4, Aø6, Bv6



På de sju feltene ble målinger av høyde og registrering av skader og feil utført hvert tredje år. Feltene på Østlandet fikk betydelig skader etter frostnettene 22. og 23. juni 1992, og trær med frostskafer ble registrert. Tilsvarende ble det registrert skader etter lave temperaturer midt i oktober 1993 på de to feltene i Sør-Trøndelag. Sommeren 1996 ble tidligheten i skuddskytingen bedømt på det ene feltet i Veldre (21. juni) og de to øverste feltene i Etnedal (27. juni) etter en mye brukt karakterskala (Krutzsch 1973), og andel trær (%) som hadde begynt strekningen, ble beregnet.

#### *Proveniensforsøk*

Planter etter sams frøpartier fra Kaupanger frøplantasje ble plantet i to proveniensforsøk som er rapportert i andre publikasjoner. Resultater fra disse forsøkene om materialene fra Kaupanger og sammenlignbare provenienser vil allikevel kort bli beskrevet her fordi de utfyller informasjonen fra avkomforsøkene.

Det første forsøket ble plantet på fire nærliggende felt på skogsmark i Etnedal, Oppland, i høydelagene 430, 540, 720 og 830 m med materialer fra fem frøplantasjer og tre provenienser (Øistuen 1989). På hvert felt ble sortene plantet i fire gjentak med 25 planter i hvert gjentak med planteavstand 1 m på de tre laveste feltene og 0,5 m på det høyeste. Resultatene som gis her, er fra siste målinger på feltene i 1998 da de ble tynnet. Det ble da målt trehøyde og registrert skader og feil (Kolsrud 1998).

Det andre forsøket ble plantet våren 1994 på åtte lokaliteter i høydelag fra 20 til 700 m i Akershus, Oppland, Nord-Trøndelag og Nordland; fire på dyrka mark og fire på skogsmark (Kohmann 2003). Dette forsøket bestod av åtte provenienser og ni forskjellige frøplantasjer/årganger. Det ble også utført fryseforsøk med kvister sanket i slutten av september fra ni år gamle trær i feltet på Ås, med bedømmelse av skader på bar og kambium etter tilsvarende skala som i frysetesten med ettårige planter. I feltforsøkene ble det utført målinger av tidspunkt for skuddskyting og avslutning av strekningsveksten, av høydevekst og bedømmelse av skader og feil på toppskudd og stamme. Resultater fra planter etter sams frø fra Kaupanger frøplantasje 1989 og fra proveniensene Aø4, Bv4, Aø6 og Bv6 for avgang, høydevekst, skuddstrekning og skader og feil vil bli presentert her.

### **2.3 Beregninger**

På alle felt ble avgang beregnet i prosent av antall utsatte planter. For ulike typer av skader er prosent trær med skade beregnet av antall levende trær for hver sort. Middeltall blir presentert for grupper av familier og for provenienser fra tre høydeklasser slått sammen av proveniensene A, B, og C: høydelagene 2–4, 5–6 og 7–8.

Variansanalyser er utført for å teste forskjeller mellom familier og mellom materialer fra frøplantasjen og de tre høydelagene. Skadeklasser fra fryseforsøk er transformert til «normal score» verdier, og prosenter er transformert med vinkeltransformasjonen. Statistiske analyser er utført på de transformerte verdiene. Resultatene blir rapportert med p-verdier. Variansanalysene er utført for flere felt i samme forsøk under ett slik at det kan testes for eventuelle samspill mellom felt og sorter. To av feltene i avkomfor-

søkene fra 1990 hadde så stor avgang at de er utelatt fra felles analyser og presenteres hver for seg.

Materialene fra Kaupanger frøplantasje kommer fra flere frøår. For å se om eventuelle årgangsvariasjoner viser sammenheng med temperaturforskjeller de enkelte år, ble det derfor innhentet meteorologiske data fra de tre mest nærliggende målestasjonene Vangsnes, Leikanger og Lærdal for de aktuelle årene. Middeltall for disse stasjonene er beregnet for akkumulert temperatursum over +5 °C for perioden fra 1. mai til 30. september for disse årene.

### 3. Resultater

#### 3.1 Tester av knoppsetting

Resultater fra testene av knoppsetting er presentert i Tabell 2. Planter fra sams frøparti 1983 fra Kaupanger frøplantasje hadde signifikant tidligere knoppsetting enn de fra proveniens Aø3 ( $p = 0,01$ ), men var betydelig seinere enn proveniensene fra høydelag 5 ( $p = 0,001$ ). To partier frø var sanket fra vekstkraftige kloner basert på høydemålinger i avkomforsøkene fra 1979/83, og plantene fra disse frøpartiene satte knopp seinest. Planter fra et parti frø sanket i 1998 fra de 30 mest frostherdige klonene basert på fryseforsøkene i 1987, var testet i ett forsøk og satte knopp tidligst og likt med planter fra provenienser fra høydelag 5.

Tabell 2. Middeltall i tester av knoppdannelse. Partiene har vært testet i ulikt antall tester. «Vekstkraftig» betyr at frø er høstet fra 30 kloner som har avkom med best høydevekst i forsøkene plantet i 1979, og «frostherdig» betyr at frø er høstet fra 30 kloner som viste best herdighet i fryseforsøket i 1987. Verdi over 100 % betyr tidligere knoppsetting enn Aø3.

Materialgruppe	Antall tester	Knoppsetting i forhold til proveniens Aø3 %
<b>Årgang Kaupanger</b>		
Sams 1983	12	106
Sams 1998	1	102
Vekstkraftig 1987	8	96
Vekstkraftig 1989	12	94
Frostherdig 1998	1	118
Provenienser høydelag 5	12	118

#### 3.2 Fryseforsøk i 1987

Det var små og ikke signifikante forskjeller i skader ( $p = 0,10$ ) mellom gruppene av familier etter frø fra de tre årgangene 1976, 1978 og 1979 fra Kaupanger frøplantasje (Tabell 3). Allikevel var det et visst mønster i variasjonen i frostskaider, frøvekt, plantehøyde og total temperatursum for de tre årene. Det var høyest frøvekt og mest skader

på planter fra frø produsert i den varmeste sommeren, og laveste frøvekt og minst skader på de fra den kaldeste.

Plantene fra frøplantasjen hadde signifikant mer skader ( $p < 0,001$ ) enn de fra høydadelagene 5–6 og 7–8 og hadde et gjennomsnitt omtrent som planter fra proveniens B3. De hadde også det tyngste frøet og den største plantehøyden.

Tabell 3. Middeltall fra fryseforsøk utført etter første vekstsesong vinteren 1987. Temperatursum er akkumulert sum av døgnmiddel over 5 °C fra 1. mai til 30. september i gjennomsnitt over de tre målestasjonene Vangsnes, Leikanger og Lærdal.

	Frostskade	Tusen Korn vekt g	Høyde mm	Temperatursum døgngrader
<b>Materialgruppe</b>				
<b>Kaupanger</b>	6,4	7,23	173	
<b>B2, B3, B4</b>	6,1	5,30	168	
<b>B5, A6, B6</b>	4,0	4,82	157	
<b>A7, B7, C7, B8, C8</b>	3,0	4,83	149	
<b>Årgang Kaupanger</b>				
<b>1976: 78 familier</b>	6,6	7,47	173	1169
<b>1978: 34 familier</b>	6,8	7,63	175	1243
<b>1979: 52 familier</b>	6,2	6,61	171	1014

### 3.3 Avkomforsøk i Biri og Veggli plantet i 1979 og 1983

I forsøket fra 1979 hadde gruppen med familier fra Kaupanger frøplantasje signifikant større middelhøyde etter åtte år enn proveniensene fra høydelaag over 450 m ( $p = 0,001$ ), se Tabell 4. Det var små og ikke signifikante forskjeller i frekvens av trær med skader.

Tabell 4. Middeltall ved alder 10 år for feltene Biri (Enga) og Veggli (Bøle) plantet i 1979.

Materialgruppe	Avgang %	Høyde cm	Trær med skade %
<b>Kaupanger: 79 familier</b>	7	170	23
<b>Kaupanger: sams 1976 &amp; 1978</b>	5	168	25
<b>B2, B3, B4</b>	3	162	20
<b>B5, A6, B6</b>	3	156	28
<b>A7, B7, C7, B8, C8</b>	7	141	17

I forsøkene fra 1983 var det med familier fra krysninger utført i 1976, 1978 og 1979. Det var i gjennomsnitt ingen forskjeller mellom familiene fra de tre årgangene for noen av de registrerte egenskapene. De tre årgangene blir derfor i den videre analysen betraktet som en gruppe familier. Etter 11 år hadde proveniensene fra høydelaag 7–8 betydelig

større avgang ( $p < 0,001$ ) enn de andre materialgruppene som ikke var forskjellige fra hverandre (Tabell 5). Familiene hadde 26 % bedre høydevekst enn proveniensene fra høydelagene 5–6 og 7–8 ( $p < 0,001$ ) og hadde lavest prosent trær med skader på topp/stamme og kvistsetting. Sammen med proveniens B4 hadde familiene lavest andel av trær med skader etter vårfrost og størst andel trær som hadde nådd 100 cm i 1993. For proveniensene er det en svak sammenheng mellom skader i fryseforsøket og avgang i feltforsøkene ( $r = -0,60$ ,  $p = 0,04$ ); provenienser med lite skade hadde størst avgang i felt. For familiene er det ikke noen slik sammenheng.

For de ni mortrærne som var representert med avkom fra 1979 både etter fri bestøvning og krysninger med pollenblanding, var avkommene fra fri bestøvning høyere ( $p = 0,02$ ) og hadde mindre avgang ( $p = 0,002$ ) enn de fra kontrollerte krysninger.

Tabell 5. Middeltall for feltene Biri (Enga) og Veggli (Bøle) plantet i 1983.

	Avgang <sup>1)</sup> %	Høyde <sup>1)</sup> cm	Trær med skade <sup>2)</sup> %	Trær med frostskade <sup>3)</sup> %	Trær over 100 cm <sup>4)</sup> %
<b>Materialgruppe</b>					
<b>Kaupanger</b>	17	150	34	60	67
<b>B4</b>	13	140	37	59	76
<b>B5, A6, B6</b>	22	119	38	76	51
<b>A7, B7, C7, B8, C8</b>	39	118	39	68	43
<b>Årgang Kaupanger</b>					
<b>1976: 15 familier</b>	16	152	32	60	69
<b>1978: 33 familier</b>	18	149	33	63	66
<b>1979: 53 familier</b>	17	151	35	59	68
<b>Type av familie: 9 par</b>					
<b>Krysninger</b>	20	145	34	58	64
<b>Fri bestøvning</b>	13	151	32	58	70

1) Avgang og høyde ved alder 13 år.

2) Skader på stamme og kvistsetting ved alder 13 år for trær høyere enn 100 cm.

3) Skader etter vårfrost ved alder 13 år for trær høyere enn 100 cm.

4) Andel (%) trær høyere enn 100 cm ved alder 13 år.

### 3.4 Avkomforsøk plantet på Østlandet og i Sør-Trøndelag i 1990

#### *Avgang og skader*

Det var store forskjeller mellom feltene i avgang og utvikling av plantene allerede få år etter utplanting. På feltene i Veldre og Etnedal var det etter to vekstsesonger avgang mellom 8 og 20 %, med størst avgang i Veldre. Forsommeren 1992 ble det på disse feltene betydelig skader etter frostnettene 22. og 23. juni, og med forskjeller i frekvenser av skader for materialgruppene (Tabell 6). Skadene nedsatte plantenes vitalitet og medførte en betydelig avgang på noen av feltene. Dette gjelder spesielt feltet Veldre II, der 80 % av trærne hadde betydelige frostskafer. På dette feltet var det avgang på 67 % i 2003, 14 år etter planting. På de andre feltene var avgangen 56 (Etnedal III), 42 (Veldre I), 18 og 17 % (Etnedal I og II) ved siste revisjon. På de tre siste feltene var avgangen på proveniensene fra høydela 7–8 høyere enn på lavlandsproveniensene, og minst avgang var det for familiene fra Kaupanger frøplantasje ( $p = 0,001$ ). På feltene i Sør-Trøndelag var avgangen liten og med små forskjeller mellom gruppene.

På feltene Veldre I og Etnedal I og II var det signifikante forskjeller ( $p = 0,001$ ) mellom de tre proveniensgruppene og Kaupanger frøplantasje i skader etter frostnettene i juni 1992. Det var minste frekvens av trær med skader på plantene fra frøplantasjen. Etter høstfrosten i 1993 i Sør-Trøndelag var det høyest frekvens skader på plantene fra frøplantasjefrø og høydela 2–4 og minst på de fra fjellskogen ( $p = 0,001$ ). For proveniensene var det en positiv sammenheng mellom skader i fryseforsøket og etter høstfrosten i 1993 ( $r = 0,70$ ,  $p = 0,02$ ). For familiene var det ingen slik sammenheng.

Det var mindre forskjeller mellom materialgruppene i frekvens av skader på topp og stamme, med unntak av felt som hadde stor avgang og få planter igjen av enkelte sorter.

#### *Høydeutvikling*

Familiene fra Kaupanger var i gjennomsnitt høyest på alle felt ( $p < 0,0001$ ). Det var også et signifikant samspill ( $p < 0,0001$ ) mellom materialtype og felt i en variansanalyse over feltene Etnedal I, II og Veldre I. Dette samspillet ble sterkere når også de to feltene fra Sør-Trøndelag ble tatt med i analysen. Årsaken skyltes endringer i rangering mellom høydela sproveniensene, og at størrelsen av forskjeller mellom familiene fra frøplantasjen og proveniensene varierte mellom feltene. På disse fem feltene var trærne etter frø fra kaupangerfamiliene 21 % høyere enn midlet av proveniensene fra høydela 5–8.

#### *Skuddskyting*

Trærne fra kaupangerfamiliene hadde den seneste skuddskytingen i registreringene som ble gjort i Veldre 21. juni og i Etnedal 27. juni 1996 ved alder ni år, mens trærne fra høydela 7–8 var de tidligste (Tabell 6). Det er signifikante forskjeller mellom alle de fire gruppene ( $p < 0,001$ ). Forskjellene mellom den tidligste og seneste gruppen svarer omtrent til en uke i tidspunkt for skyting.

Tabell 6. Middeltall over sju felt plantet i 1990. Feltene er gruppert utfra likhet i avgang og geografisk nærhet.

Felt	Avgang <sup>1)</sup> %	Høyde <sup>1)</sup> cm	Trær med skade <sup>1)</sup> %	Trær med frostska <sup>2)</sup> %	Skudd- skyting <sup>3)</sup> %
<b>Materialgruppe</b>					
<b>Etnedal I, II og Veldre I</b>					
Kaupanger	27	170	16	40	35
B2, B3, B4	31	150	13	50	40
B5, B6	38	134	11	60	60
A7, B7, C7, B8	50	137	12	75	72
<b>Etnedal III</b>					
Kaupanger	55	236	17	39	
B2, B3, B4	61	184	21	43	
B5	63	168	0	53	
<b>Veldre II</b>					
Kaupanger	66	186	13	79	
B2, B3, B4	68	187	14	86	
B5, B6	86	182	0	82	
A7, B7, C7, B8	68	147	10	82	
<b>Tydal og Midtre Gauldal</b>					
Kaupanger	7	158	25	53	
B2, B3, B4	9	141	23	50	
B5, B6	8	146	9	48	
A7, B7, C7, B8, C8	11	133	24	33	

<sup>1)</sup> Avgang, høyde og skade ved alder 17 år for Etnedal III, 16 år for Veldre II og 14 år for Etnedal I, II, Veldre I, Tydal og Midtre Gauldal.

<sup>2)</sup> Frostska<sup>2)</sup> ved alder 4 år (vår) for Etnedal I, II, III, Veldre I og II, og ved 6 år (høst) for Tydal og idtre Gauldal.

<sup>3)</sup> Skuddskyting målt ved gjennomsnittet av andel (%) trær som hadde begynt strekning av skuddet 21. juni (Veldre I) og 27. juni (Etnedal I og II) ved alder 9 år.

### 3.5 Proveniensforsøk plantet på fire felt i Etnedal i 1986

Resultatene fra disse forsøkene er beskrevet av Kolsrud (1998). Etter 13 år i felt var gjennomsnittlig avgang over alle fire felt 13 % for plantene etter frø fra Kaupanger frøplantasje, mens den for proveniensene B2, B5 og B8 var henholdsvis 9, 22 og 15 %. Andel trær uten skader var 62 % for kaupangerplantene og 57, 51 og 60 % for de tre proveniensene. Elgbeite gjennom flere vintre er en hovedårsak til skader. Trærne fra frøplantasjefrø var sammen med de fra proveniens B5 høyest i middel over de fire feltene (149 cm), mens de fra B8 hadde minst høyde (123 cm). Trærne fra proveniens B2 hadde klart seg bedre enn forventet, med liten avgang og god høydevekst på tre av de fire feltene.

### 3.6 Proveniensenforsøk plantet på åtte felt i 1994

Resultater fra disse feltene er rapportert i detalj av Kohmann (2003). Her skal legges vekt på sammenligningen mellom plantene fra kaupangerfrø og middel av de to proveniensene fra hvert av høydslagene 4 og 6.

I fryseforsøkene hadde kvistene fra trær fra plantasjefrø en gjennomsnittlig skade på bar og kambium på 5,6, mens den var 5,2 og 4,4 for proveniensene fra høydslag 4 og 6 ( $p < 0,05$ ).

Trærne fra høydslag 6 hadde den tidligste skuddskytingen og var signifikant tidligere enn de fra høydslag 4 og frøplantasjen, som viste mindre forskjeller. De hadde også den tidligste avslutningen av skuddstrekningen. På feltene i Nord-Trøndelag hadde plantene fra kaupangerfrø litt senere avslutning av skuddstrekningen enn de fra høydslag 4, mens dette ikke var tilfelle i forsøkene 450 og 700 m o. h. i Oppland.

Etter åtte år var det små forskjeller i avgang på feltene på Østlandet i Nord-Trøndelag, mens det var litt større avgang på de to feltene i Nordland for trærne fra frøplantasjefrø. Det var også små forskjeller i frekvens av trær med skader og feil.

I gjennomsnitt over fire felt i Nord-Trøndelag og Nordland var trærne etter frø fra Kaupanger frøplantasje 13 % høyere enn de fra høydslag 4 og 20 % høyere enn de fra høydslag 6. På de to feltene i Oppland var det samspill mellom proveniens og frøplantasje; på feltet 450 m o. h. hadde trærne fra kaupangerfrø størst høyde, mens de på feltet 700 m o. h. var lavere enn trærne fra høydslag 4 og med omtrent samme trehøyde som de fra høydslag 6.

### 3.7 Forskjeller mellom familier fra Kaupanger frøplantasje

I fryseforsøket var det svært stor variasjon i skader mellom de 164 familiene fra Kaupanger frøplantasje, med gjennomsnittlig skade for den mest herdige familien på 2,1 (samme som for proveniens B8) til 9,2 for den mest skadde familien.

I avkomforsøkene fra 1979 og 1983 var det signifikante forskjeller mellom familiene for høyde, og i forsøket fra 1983 også for prosent trær over 100 cm. Det var til dels betydelige, men ikke signifikante ( $0,09 < p < 0,30$ ), forskjeller i avgang og frekvens av trær med skader.

I avkomforsøket fra 1990 ble de 30 familiene fra frøplantasjen valgt ut for å representere den totale variasjonsbredden mellom familier både for herdighet og vekst i tidligere forsøk. De var etter krysninger og frøproduksjon i årene 1976, 1978 og 1979. I middel over de tre feltene Etnedal I, II og Veldre I var variasjonen mellom familiene for høyde ved alder 14 fra 141 til 196 cm ( $p = 0,003$ ), og det var små forskjeller mellom årganger av frø. For tidspunkt for skuddskyting var det signifikant variasjon både mellom årganger av frø og mellom familier innen hver årgang ( $p < 0,001$ ), mens det for skader etter vår frost bare var forskjeller mellom årgangene ( $p = 0,002$ ). Familier fra året med lavest varmesum (1979) hadde den tidligste skuddskytingen og hadde høyest frekvens av trær med skader av vår frost. På de to feltene i Sør-Trøndelag var det for familiene fra 1979 lavere, men ikke signifikant ( $p = 0,07$ ), frekvens av skadde trær etter høstfrossten i 1993.

#### 4. Diskusjon og konklusjoner

Etter første vekstsesong satte plantene fra kaupangerfrø seinere endeknopp og utviklet frostherdighet om høsten seinere enn planter fra frø sanket i naturskog i samme høydelag som mortrærne i frøplantasjen stammet fra. Tilsvarende resultater er funnet tidligere, se f. eks. Johnsen & Apeland (1988), Dæhlen *et al.* (1995) og Kohmann (1996). Dette er en effekt av at det er betydelig varmere under frøformeringen i plantasjen enn det er i skogen i disse høydelagene. Frøproduksjon under høy temperatur gir planter som har en seinere vekstavslutning og utvikling av frostherdighet enn planter fra frø produsert på de samme mortrærne (som podninger) under kaldere forhold (Johnsen 1989b, Johnsen *et al.* 1996, Johnsen *et al.* 2005). De vil også skyte seinere om våren (Skrøppa 1994), noe som også ble vist her. I feltforsøkene var det betydelig seinere skuddskyting på trærne fra frøplantasjefrø enn de fra skogfrø i høydelag over 450 m. Store temperaturforskjeller mellom frøår i samme plantasje kan også føre til lignede effekter (Kohmann & Johnsen 1994). I materialene fra Kaupanger var det tendenser til slike forskjeller, men de var ikke signifikante.

Det ble ikke funnet signifikante sammenhenger mellom resultater fra de tidlige testene på et års alder og seinere i feltforsøkene. Unntaket var for skadene etter høstfrost i Sør-Trøndelag. Planter fra frø høstet i Kaupanger frøplantasje har på de fleste felt hatt mindre avgang enn planter fra proveniensene fra høydelagene 5–6 og 7–8. Andel trær med skader og feil på stamme og kvistsetting har i gjennomsnitt vært omtrent like for disse tre typene av planter. På felt der det har vært registrert skader etter vårfrost har trærne fra kaupangerfrø fått betydelig mindre frostskader enn de fra høydelagsproveniensene, men det motsatte skjedde under ett tilfelle av frost om høsten. Kaupangerplantene har også hatt den beste høydeveksten og er på de fleste felt mer enn 20 % høyere enn trær fra høydelagene 5–6 og 7–8. De tilsynelatende negative egenskapene til frøplantasjeplantene etter første vekstsesong har derfor ikke manifestert seg med tilsvarende negative resultater gjennom den første tiårsperioden i plantefelt i skogen. Seinere skuddskyting om våren har vist seg å være en fordel fordi en større andel av trærne fra frøplantasjefrø har unngått skader ved seine tilfeller av vårfrost.

Disse resultatene viser at testene av ettårige planter fra plantasjefrø sier lite om trærnes seinere utvikling i felt. De har derfor mindre verdi til å rangere frøpartier med tanke på tilpasningsegenskaper i felt utover de første få årene etter planting, og i avkomtesting som skal brukes til å velge ut foreldretrær til videre foredling. De tidlige testene kan ha betydning for rangering av provenienser fra forskjellige høydelag. Det vil være en systematisk (klinal) variasjon med proveniensens høydelag og egenskaper målt på frø og unge planter, slik som frøvekt, plantehøyde, tidspunkter for knoppsetting og skuddskyting og høstfrostherdighet. Noen av disse egenskapene viser sterk sammenheng med tilsvarende egenskaper målt på eldre trær, andre gjør det ikke. Den systematiske variasjonen mellom provenienser fra ulike høydelag gjør at samvariasjonen mellom egenskaper vil være forskjellig for provenienser og for familier (Johnsen & Skrøppa 2000). Dette gjør at en ikke kan generalisere resultater som gjelder for provenienser til familier fra samme proveniensområde.

Plantene fra frøplantasjen og fra høydelag 1–3 er allerede ved utplanting større og kraftigere enn plantene fra høydelagene 5–6 og 7–8. Dette kan gi dem et fortrinn i kon-



kurranse med ugras og kratt på plantefelt i skogen. Dette kan igjen være en av årsakene til den betydelig større avgangen til plantene fra høydelaag 7–8, som var høyest de første årene etter utplanting.

Forsøkene på skogsmark viser tydelig at plantematerialer fra lokale provenienser ikke alltid er best. Den tidlige skuddskytingen til planter fra frø produsert i bestand i fjellskogen er en stor ulempe nå de plantes på åpne hogstflater der det er betydelige større frostproblemer enn ved naturlig foryngelse under skjerm. Disse endrete miljøforholdene fører derfor til at de lokale materialene er underoptimale sammenlignet med planter fra kaupangerfrø.

Den store genetiske variasjonen mellom familier fra Kaupanger frøplantasje for både høydevekst og vekstrytme sier at det er gode muligheter for videre foredling basert på klonene i plantasjen. Det store antall kloner i plantasjen kan reduseres med minst 50 % basert på utvalg av de beste foreldrene etter resultater fra avkomforsøk. Dette vil kunne gi en betydelig foredlingsgevinst når utvalg gjøres for høydevekst, vekstrytme, overlevelse og skader og feil over flere plantefelt på skogsmark.

Resultatene viser at planter fra Kaupanger frøplantasje har større overlevelse, bedre høydevekst og ikke mer skader enn andre aktuelle plantematerialer på plantefelt over 500 m på Østlandet. De har også klart seg godt på plantefelt nær skoggrensa. De anbefales derfor brukt framfor vanlige provenienser på plantefelt over 500 m. De vil være spesielt gunstig å bruke på felt som kan være utsatt for vårfrost, men kan være mer utsatt for skader der det er tidlig høstfrost.

## Litteratur

- Dæhlen, A. G., Johnsen, Ø. & Kohmann, K. 1995. Høstfrosterdighet hos unge granplanter fra norske provenienser og frøplantasjer. Rapport fra skogforskningen 1/95: 1–24.
- Johnsen, Ø. 1989a. Freeze-testing young *Picea abies* plants. *Scand. J. For. Res.* 4: 351–367.
- Johnsen, Ø. 1989b. Phenotypic changes in progenies of northern clones of *Picea abies* (L.) Karst. grown in a southern seed orchard. I. Frost hardiness in a phytotron experiment. *Scand. J. For. Res.* 4: 317–330.
- Johnsen, Ø. 1989c. Phenotypic changes in progenies of northern clones of *Picea abies* (L.) Karst. grown in a southern seed orchard. II. Seasonal growth rhythm and height in field trials. *Scand. J. For. Res.* 4: 331–341.
- Johnsen, Ø. & Apeland, I. 1988. Screening early autumn frost hardiness among progenies from Norway spruce seed orchards. *Silva Fenn.* 22: 203–212.
- Johnsen, Ø., Skrøppa, T., Junttila, O. & Dæhlen, O. G. 1996. Influence of the female flowering environment on autumn frost-hardiness of *Picea abies* progenies. *Theor Appl Genet* 92: 797–802.
- Johnsen, Ø. & Skrøppa, T. 2000. Provenances and families show different patterns of relationship between bud set and frost hardiness in *Picea abies*. *Can. J. For. Res.* 30: 1858–1866.
- Johnsen, Ø., Fossdal, C. G., Nagy, N., Mølmann, J., Dæhlen, O. G. & Skrøppa, T. 2005. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the maternal temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. *Plant, Cell and Environment* 28: 1090–1102.
- Kohmann, K. 1996. Nattlengdereaksjonen til granplanter fra ulike provenienser og frøplantasjer. Rapport fra skogforskningen 15/96: 1–20.
- Kohmann, K. 2003. Vekst og utvikling relatert til nattlengde for ulike provenienser og frøplantasjematerialer av gran (*Picea abies* (L.) Karst.). Rapport fra skogforskningen 1/03: 1–20.
- Kohmann, K. & Johnsen, Ø. 1994. The timing of bud set of seedlings of *Picea abies* from seed crops in a cool versus a warm spring and summer. *Silvae Genet.* 43: 329–333.
- Kolsrud, T. M. 1998. Proveniensforsøk med gran i Etnedal. Årsmelding 1998 Valdres forsøksring s. 37–49.
- Krutzsch, P. 1973. Norway spruce development of buds. IUFRO S2.02.11. The Royal College of Forestry, Stockholm. 6 pp.
- Skrøppa, T. 1994. Growth rhythm and hardiness of *Picea abies* progenies of high altitude parents from seed produced at low elevations. *Silvae Genet.* 43: 95–100.
- Øistuen, S. 1989. Proveniensforsøk med gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Etnedal. Hovedoppgave ved Institutt for skogskjøtsel, Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH, 1989. 35 sider.

