

1 / 99



Rapport

fra skogforskningen

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

Virkesegenskaper til mellom-europeiske og norske granprovenienser plantet i Østfold



Per Otto Flæte og Bohumil Kucera

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
ass.direktør Bjørn R. Langerud, NISK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, NISK

ISBN 82-7169-886-9
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
Internett: <http://www.nisk.no/>

Forside: Tyske granprovenienser plantet i Østfold
Foto: Tor Gulliksen

Virkesegenskaper til mellomeuropeiske og norske granprovenienser plantet i Østfold

Per Otto Flæte
Bohumil Kucera



Forord

Fra 1950-tallet ble det over en tyveårs-periode plantet store arealer med mellom-europeiske granprovenienser i Østfold, anslagsvis 70 000 dekar, fordelt over hele fylket (Skrøppa et al. 1993). Disse proveniensene viser en betydelig produksjon, men en vet lite om virkets kvalitet. Derfor var det ønskelig å analysere de viktigste kvalitetsegenskapene hos granvirket for å vurdere, eventuelt revurdere skogpolitikken på Østlandet. Her legges frem sluttrapporten for prosjektet "Trevirkets kvalitet hos mellom-europeiske og norske granprovenienser plantet i Østfold".

Prosjektet er finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket ved Landbruksdepartementet. Planlegging av prosjektet ble gjort av Bohumil Kucera, som også hadde ansvaret for prosjektgjennomføring. Dag Ryen Martinsen fra skogetaten i Østfold ble vår kontaktperson med skogeierne, og har også deltatt ved innsamling av tømmermaterialene. De andre som har deltatt ved innsamling av materialene, og videre gjennomførte testingen av materialene er følgende:

Bjørn Slette og Hans Willåsen fra NLH - Institutt for skogfag og Hans Grønlien, Ivar Fæste, Kari Hollung og Sigrun K. Lindblad fra NISK. Jeg vil takke Tore Skrøppa fra NISK for bistand ved kartlegging av forsøksflater.

Per Otto Flæte har i samarbeid med Bohumil Kucera bearbeidet materialene og skrevet rapporten i SKOGFORSK-serien.

Jeg takker alle som har medvirket til at arbeidet ble gjennomført og publisert. Videre min beste takk til styret for Utviklingsfondet for skogbruket ved Landbruksdepartementet som bevilget midlene til undersøkelsen.

NISK, januar 1999

Bohumil Kucera
Prosjektleder

Sammendrag

Målet med denne undersøkelsen var å analysere virkesegenskapene til norske og mellom-europeiske granprovenienser i Østfold. Materialet i undersøkelsen er samlet inn fra fem felter med den norske proveniensen CØ1 og fra 25 felter med mellom-europeiske provenienser. De mellom-europeiske proveniensene fordelte seg på tre fra Østerrike (GAS10, MAR10, BIS10), en fra Tyskland (FRE9) og mellom-europeisk proveniens uten nærmere kjent opprinnelse (ME). Utvalg av forsøksfelt ble foretatt med utgangspunkt i Østfold fylkes skogstatistikk for 1965. Det ble tatt ut tre prøvetrær fra hvert felt.

Kravet til prøvetrærne var at de skulle ha en brysthøydiameter på minimum 18 cm på bark for at rotstokkene skulle gi trelastdimensjoner på 50x100 mm.

Anatomiske karakteristikk og fysiske og mekaniske egenskaper ble analysert på prøver fra prøvetrærne i tre ulike nivåer:

Rapport fra skogforskningen

1. Stammeskiver i rotavskjær (1% av trehøyden)
2. Små, feilfrie prøver
3. Trelast i standard konstruksjonsdimensjon

I tillegg ble tømmer- og trelastkvalitet vurdert visuelt.

I rotavskjær (1% av trehøyden) har både årringbredden og densiteten et kurveforløp som er vanlig for gran fra kulturbestand. Årringbredden er lavest inne ved marginen. Den øker med økende årringnummer og når sitt maksimum ved årringnummer 13-15. I denne sonen finnes grensen mellom ungdomsved og moden ved. Årringbredden avtar så videre utover mot barken.

Gjennomsnittlig årringbredde for årring nummer 3, 15 og 30 (eller nærmeste årring for stammeskiver som har mindre enn 30 årringer) er henholdsvis 1,9 mm, 4,8 mm og 2,6 mm. Densiteten har et omvendt forløp. Gjennomsnittlig basisdensitet for årring nummer 3, 15 og 30 (eller nærmeste årring for stammeskiver som har mindre enn 30 årringer) er henholdsvis 527 kg/m³, 333 kg/m³ og 406 kg/m³. Alle de seks proveniensene viser dette årringbredde- og densitetsforløpet.

Alle de undersøkte proveniensene har vokst hurtig. Gjennomsnittlig årringbredde for hele materialet målt på små, feilfrie prøver er 4,1 mm, varierende fra 1,0 mm til 8,9 mm. Gjennomsnittlig basisdensitet er 326 kg/m³, varierende fra 238 kg/m³ til 474 kg/m³. Lineære regresjonsfunksjoner for sammenhengen mellom densitet og årringbredde for hver av de seks undersøkte proveniensene indikerer at dette forholdet er proveniensavhengig. Ukjent mellomuropeisk proveniens (ME) har den høyeste densiteten i forhold til årringbredde.

For små, feilfrie prøver er gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning 10,4 GPa, statisk bøyefasthet 65,8 MPa, trykkfasthet parallelt med fibre 34,5 MPa og slagbruddarbeid 29,1 kJ/m². Det er vanskelig å påvise klare forskjeller mellom proveniensene, men tendensen er at for de mekaniske egenskapene målt på små, feilfrie prøver har proveniens GAS10 og ME noe høyere verdier enn de andre proveniensene, og at proveniens BIS10 kommer dårligst ut. Dette har sammenheng med forskjeller i densitet.

For rot-, midt- og toppstokkene har den norske proveniens (CØ1) samlet sett høyere tømmerkvalitet enn alle de mellomuropeiske proveniensene. De vanligste nedklassingsårsakene for tømmeret er krok, årringbredde og gankvist.

Selv om tømmeret fra den norske proveniens har en lavere frekvens av disse virkesfeilene, har heller ikke dette tømmeret en tilfredsstillende kvalitet med tanke på trelastproduksjon. Ved sortering av trelasten etter NS 3080 var det bare 2% av plankene som havnet i den beste sorteringsklassen (T30), og omlag halvparten av trelasten tilfredsstillende ikke kravet i NS 3080 om en densitet ved 20% trefuktighet (ρ_{20}) på minimum 400 kg/m³. Kvist var den vanligste nedklassingsårsaken for trelasten sortert etter NS 3080 og Nordisk Tre. Trelasten fra proveniens CØ1 og FRE9 ga det høyeste kvalitetsutbyttet, både ved sortering etter NS 3080 og etter Nordisk Tre. Gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning for de testede plankene (48x98 mm) er 8,5 GPa og gjennomsnittlig statisk bøyefasthet er 31,9 MPa. Det er ikke signifikante forskjeller i E-modul eller statisk bøyefasthet målt på trelast mellom de ulike proveniensene. Sorteringen av trelast etter NS 3080 har hatt

begrenset effekt på grupperingen av trelasten i ulike styrkeklasser. Sammenhengen mellom tømmerkvalitet og trelastkvalitet for det undersøkte materialet er svak.

Sammenlignet med andre undersøkelser av gran i Norge har det foreliggende materialet lavere styrke, målt på både små, feilfrie prøver og på trelast i standard konstruksjonsdimensjon. Selv om den stammeveden som dannes frem til trærne avvirkes får økt styrke, vil virket likevel ha en høy andel virkesfeil i tillegg til at en betydelig andel av stammeveden består av ungdomsved med dårlige styrkeegenskaper.

Nøkkelord: Gran, provenienser, virkesegenskaper

Innhold

1. Innledning.....	5
2. Materiale og metode.....	5
2.1 Forsøksfelt.....	5
2.2 Provenienser.....	7
2.3 Prøvetrær.....	7
2.4 Stammeskiver.....	8
2.5 Små, feilfrie prøver.....	9
2.6 Standard konstruksjonsdimensjoner.....	9
2.7 Statistiske beregninger.....	10
3. Resultater.....	10
3.1 Stammeskiver.....	10
3.1.1 Årringbredde og densitet.....	10
3.2 Små, feilfrie prøver.....	13
3.2.1 Årringbredde og densitet.....	13
3.2.2 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet.....	15
3.2.3 Trykkfasthet parallelt med fibre.....	15
3.2.4 Slagbruddarbeid.....	16
3.3 Standard konstruksjonsdimensjoner.....	17
3.3.1 Tømmermåling.....	17
3.3.2 Visuell trelastsortering.....	18
3.3.3 Årringbredde, densitet, kvistdiameter og fiberhelling på trelast..	19
3.3.4 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet.....	21
3.3.5 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet for ulike styrkeklasser sortert etter NS 3080.....	22
3.3.6 Sammenheng mellom tømmerkvalitet og trelastkvalitet.....	23
4. Diskusjon og konklusjon.....	24
4.1 Forsøksmaterialet.....	24
4.2 Stammeskiver.....	24
4.3 Små, feilfrie prøver.....	26
4.4 Standard konstruksjonsdimensjoner.....	27
4.4.1 Tømmer.....	27
4.4.2 Trelast.....	28
5. Litteratur.....	29

1 Innledning

Fra midten av 1950-årene til midten av 1970-årene ble det plantet mellomeuropeiske granprovenienser på store arealer med god bonitet i Østfold. Totalt ble det plantet omlag 70 000 dekar med slikt proveniensemateriale i dette fylket. Mangel på norsk granfrø og forventning om økt produksjon var hovedårsakene til at man satset på planting av disse proveniensene.

Erfaringene har vært at de mellomeuropeiske proveniensene har en høyere andel virkesfeil som grov kvist, stammekrok, gankvist og stammesprekk enn stedegen gran. Dette var også konklusjonen i en undersøkelse av de "ytre" virkesegenskapene og vekst til omlag 30 år gamle trær av norske og mellomeuropeiske provenienser plantet i Østfold (Skrøppa et al. 1993). I tillegg ble det funnet at produksjonen til de mellomeuropeiske proveniensene var mindre enn det man hadde forventet. Felt med mellomeuropeiske provenienser hadde i gjennomsnitt 8,8% høyere volum enn felter med den norske proveniensen CØ1.

Skogsvirke har også "indre" virkesegenskaper, i første rekke representert ved kvistved, årringbredde, densitet og styrke. Disse egenskapene har stor betydning for lønnsomheten i den skogbaserte verdiskapingskjeden.

I den foreliggende undersøkelsen er det undersøkt anatomiske karakteristikk og fysiske og mekaniske egenskaper på virke fra mellomeuropeiske provenienser og sammenlignet med den norske proveniensen CØ1 i Østfold.

Det er analysert prøver i tre nivåer:

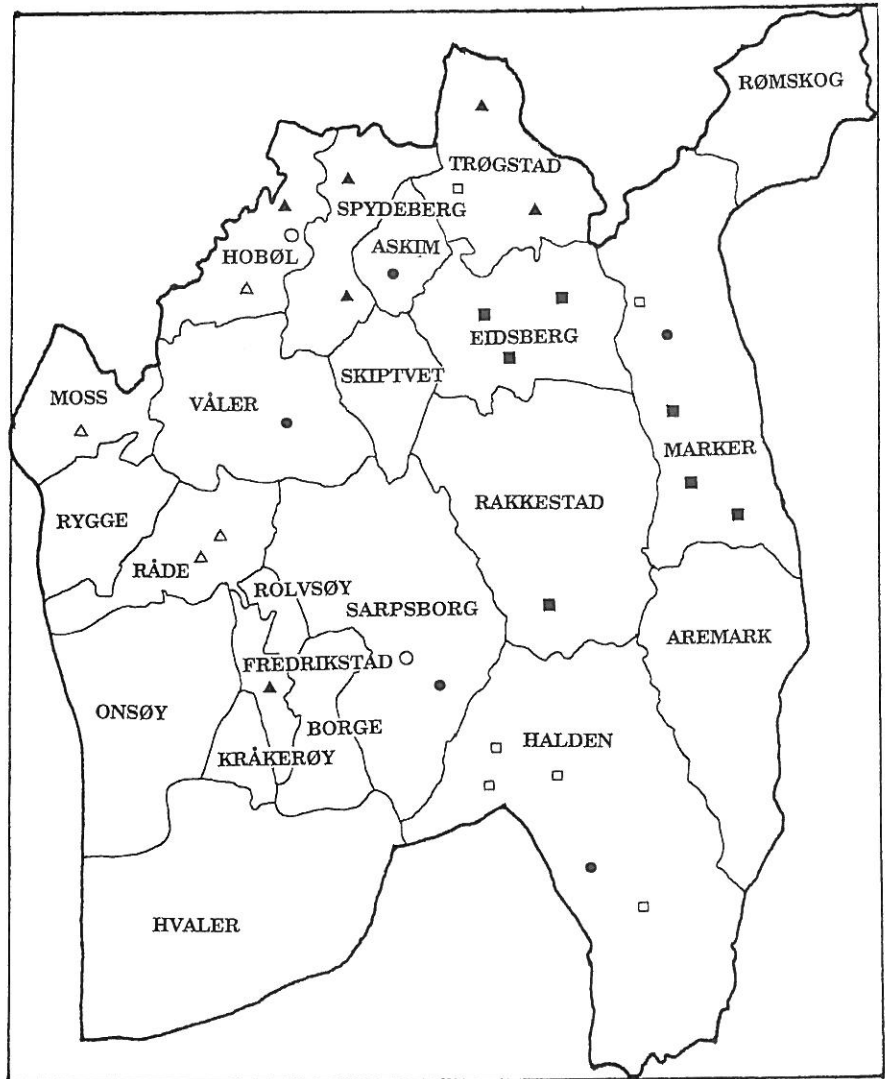
1. Stammeskiver i rotavskjær (1% av trehøyden)
2. Små, feilfrie prøver
3. Trelast i standard konstruksjonsdimensjon.

I tillegg er tømmer- og trelastkvalitet vurdert visuelt.

2 Materiale og metode

2.1 Forsøksfelt

Utvalg av forsøksfelt ble foretatt med utgangspunkt i Østfold fylkes skogstatistikk for 1965. Prøvetrærne på forsøksfeltene ble tatt i 1994 og hadde således en alder på omlag 30 år. Det ble valgt ut 25 felter med mellomeuropeiske provenienser og fem felter med den norske proveniensen CØ1. Feltene ble i størst mulig grad fordelt over hele fylket. Forsøksfeltene med den norske proveniensen ligger i Askim, Halden, Marker, Sarpsborg og Våler, mens feltene med mellomeuropeiske provenienser ligger i Eidsberg, Fredrikstad, Halden, Hobøl, Marker, Moss, Rakkestad, Råde, Sarpsborg, Spydeberg og Trøgstad (se Fig. 1.).



M 1 : 500 000

- | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------------------|
| ● CØ1 - Norsk | ■ GAS10 - Gastein | ▲ MAR10 - Mariazell |
| ○ BIS10 - Bishofshofen | □ FRE9 - Freiburg | △ ME - Ukjent mellomeuropeisk |

Fig. 1. Forsøksfeltenes geografiske plassering.

2.2 Provenienser

De ulike proveniensene som inngår i undersøkelsen er presentert i Tabell 1. Proveniensene er tidligere beskrevet av Skrøppa *et al.* (1993).

Tabell 1. Provenienser og antall forsøksfelt for hver proveniens.

Proveniens	Opprinnelse	Antall bestand
CØ1	Østlandet øst og sør for Oslo under 150 m o.h.	5
GAS10	Det midtre alpeområdet i Østerrike rundt byen Gastein, 900-1200 m o.h.	7
MAR10	Østlige deler av alpeområdet i Østerrike rundt byen Mariazell, 900-1200 m o.h.	6
BIS10	Bischofshofen i de midtre og nordre deler av Østerrike, 900-1200 m o.h.	2
FRE9	Skogområder rundt byen Freiburg i Schwarzwald i de sørvestlige deler av Tyskland, 800-1100 m o.h.	6
ME	Mellomeuropeisk proveniens, ellers ukjent	4

2.3 Prøvetrær

På hvert forsøksfelt ble det lagt ut tre seksjonsblokker på 50 m² som en sirkelflate med radius på 3,99 m. Seksjonsblokkene ble valgt tilfeldig ved at det ble lagt en grunnlinje langs en av feltenes sider. Deretter ble det lagt ut valglinjer i forhold til denne grunnlinjen.

I hver seksjonsblokk ble alle trær som hadde større brysthøydiameter enn 18 cm på bark registrert. Brysthøydiameter større enn 18 cm ble satt som krav for å få en trelastdimensjon på 50x100 mm fra rotstokken. Ett av disse trærne ble valgt ut tilfeldig fra hver seksjonsblokk (tre trær pr. felt). Det var et krav at prøvetrærne måtte være normalt utviklet og fri for råte eller andre store feil. Ved mistanke om råte ble det foretatt boring under rotavskjær. Hvis et tre ikke var tilfredsstillende, ble første reservetre som tilfredsstilte kravene valgt. Det var for en stor del de største trærne som ble tatt ut av forsøksfeltene.

Det ble fylt ut bestandsskjema for hvert felt med opplysninger om proveniens, eierforhold, skogbehandling og diverse bestandsdata. Diameter i brysthøyde ble registrert på alle prøvetrær, og i tillegg ble nordretning merket. Trehøyden og kronelengden til prøvetrærne ble målt etter at trærne var felt.

Prøvetrærne hadde en gjennomsnittlig diameter i brysthøyde på 20,2 cm, varierende fra 17,5 cm til 27,3 cm. Trehøyden var i gjennomsnitt 15,2 m, varierende fra 10,9 m til 21,3 m, og gjennomsnittlig kroneprosent var 66, varierende fra 42% til 88%.

Det ble tatt ut en stammeskive med en tykkelse på 5 - 7 cm i rotavskjær fra ett prøvetre pr. forsøksfelt.

Alle prøvetrærne (90) ble seksjonskappet på 20, 40 og 60% av trehøyden. På denne måten var det ikke mulig å kappe bort virkesfeil ved apteringen. De i alt 270 tømmerstokkene ble målt og kvalitetsbedømt av kontrollmåler fra Øst-Norges Tømmermåling. De tre stokkene fra hvert tre (rot-, midt- og toppstokk) ble merket med felt-, tre- og stokknummer før de ble transportert til Svenneby Sag & Høvleri i Østfold for skur. Her ble det tatt ut emner til små, feilfrie prøver. Dessuten ble det tatt ut standard konstruksjonsdimensjoner (50x100 mm) fra rotstokkene.

2.4 Stammeskiver

Følgende anatomiske karakteristikk og fysiske egenskaper ble undersøkt på årringnivå på de 30 stammeskivene (Fig. 2):

1. Årringbredde - treets sekundære tykkelsesvekst pr. år i mm målt med en nøyaktighet på 0,01 mm. Disse analysene ble utført på hver tredje årring fra marginen til barken.
2. Basisdensitet - trevirkets masse i absolutt tørt tilstand i gram dividert med trevirkets volum i rå tilstand i cm^3 . Dette ble også gjennomført på hver tredje årring.

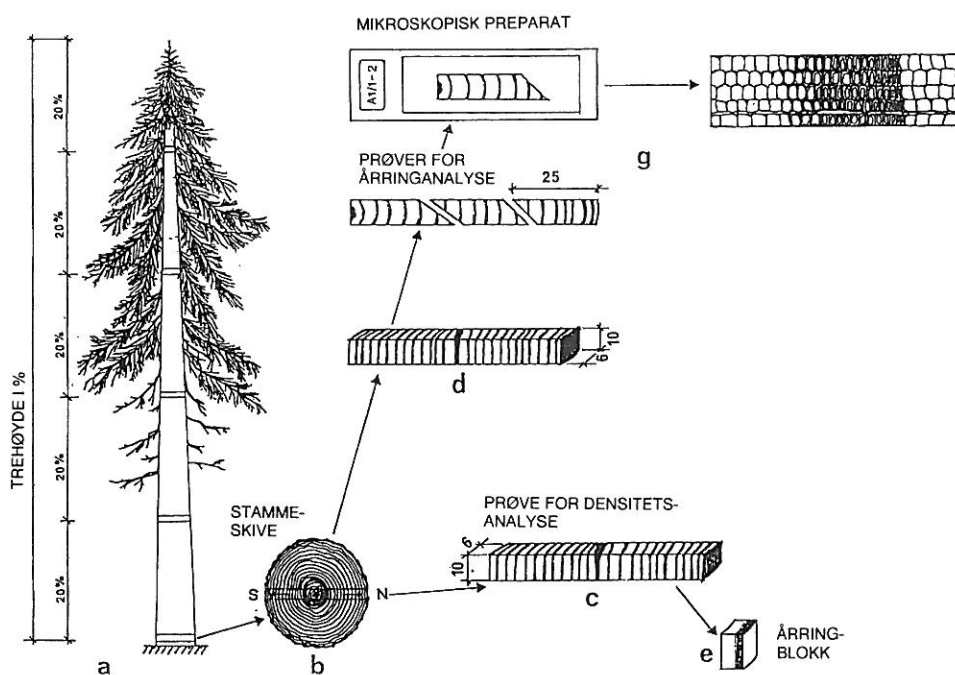


Fig. 2. Uttak av prøver fra stammeskiver

2.5 Små, feilfrie prøver

Til testing av små, feilfrie prøver ble det skåret trelast fra rotstokk, midtstokk og toppstokk i hvert forsøksstre.

Følgende anatomiske karakteristikk, fysiske og mekaniske egenskaper ble målt på små, feilfrie prøver i henhold til SKANORM (Kucera 1992):

1. Årringbredde
2. Densitet ved 12% trefuktighet
3. Elastisitetsmodul ved statisk bøyning
4. Statisk bøyefasthet
5. Trykkfasthet parallelt med fibrene
6. Slagbruddarbeid

Testingen foregikk ved 12% fuktighetsnivå. Årringbredde og densitet ble målt på alle prøver. Densiteten ved 12% fuktighet (ρ_{12}) ble omregnet til basisdensitet (ρ_y) med en korreksjonsfaktor basert på resultatene til Eikenes et al. (1996) ($\rho_y = 0,8236 \times \rho_{12}$). Testing av E-modul og statisk bøyefasthet ble utført på samme prøvestav. Til testing av E-modul/statisk bøyefasthet ble det benyttet 10 prøver fra hvert tre; fem prøver fra rotstokken, tre prøver fra midtstokken og to prøver fra toppstokken.

Utvalget av prøver ble gjort på denne måten slik at hver prøve tilnærmevis representerer samme stokkvolum. Det ble også benyttet 10 prøver fra hvert tre ved testing av trykkfasthet parallelt med fibrene. Ved testing av slagbruddarbeid ble det benyttet seks prøver pr. tre; tre prøver fra rotstokken, to prøver fra midtstokken og en prøve fra toppstokken.

2.6 Standard konstruksjonsdimensjoner

Fra hver rotstokk ble det skåret ut to planker med en dimensjon på 50x100 mm der sagsnittet ble lagt i nord-syd retning. Trelasten ble kunstig tørket ved Borg Trelast A/S og deretter justert på Svenneby Sag & Høvleri til en dimensjon på 48x98 mm. Klimatisering til 12% trefuktighet foregikk i laboratorium på Ås.

Trelasten ble sortert visuelt i henhold til NS 3080 (Norges Standardiseringsforbund 1988) og Nordisk Tre (Föreningen Svenska Sågverksmän, Finlands Sågindustrimannaförening, Treindustriens Tekniske Forening 1994).

Trelasten ble i henhold til NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund 1995) kappet i standardlengder på 19 ganger dimensjonshøyden for testing av elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet. Den største kvalitetsbestemmende kvist i hver plank ble registrert. Dessuten ble fiberhelling i det antatte bruddområdet registrert. Denne ble målt i en lengde på 100 mm mellom to kvistkranser. Testing av E-modul og statisk bøyefasthet ble utført med Instron 1185 Universaltestemaskin med topunktbelastning og trelasten på høykant i henhold til NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund *l.c.*).

Det ble tatt ut en hel tverrsnittsskive fra hver plank så nær bruddstedet som mulig. Denne ble benyttet til bestemmelse av densitet, årringbredde og trefuktighet ved testing. Tverrsnittsskiven ble i henhold til NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund *l.c.*) tatt ut fra feilfri ved uten kvist og kvaelommer.

Måling av trefuktighet ble utført i henhold ISO 3130 (ISO 1975c), mens måling av densitet og årringbredde ble gjennomført i henhold til SKANORM (Kucera 1992). Også her ble densitet ved 12% fuktighet (ρ_{12}) omregnet til basisdensitet (ρ_y) ($\rho_y = 0,8236 \times \rho_{12}$) etter Eikenes et al. (1996).

I sorteringsstandarden NS 3080 er det krav om at trelasten skal ha en densitet på minst 400 kg/m^3 ved 20% fuktighet. Densitet ved 12% fuktighet (ρ_{12}) ble omregnet til densitet ved 20% fuktighet (ρ_{20}) etter formel i SKANORM (Kucera 1992) ($\rho_{20} = 1,04 \times \rho_{12}$).

E-modul ved statisk bøyning (E_{12}) ble undersøkt i samsvar med standardene ISO 3349 (ISO 1975a) og NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund 1995). Korrigering av E-modul (E_w) på grunn av fuktighetsavvik fra 12% (E_{12}) foregikk i henhold til formel gitt i ISO 3349 (ISO 1975a).

Bestemmelse av statisk bøyefasthet var i samsvar med standardene ISO 3133 (ISO 1975b) og NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund 1995).

Bøyefasthetsverdiene (σ_w) ble korrigert for avvik fra 12% trefuktighet (σ_{12}) etter sammenhenger beregnet for gran av Hoffmeyer (1979, 1980) og Høibø & Eikenes (1991).

2.7 Statistiske beregninger

For de ulike karakteristikker og egenskaper er det foretatt middeltallberegninger.

De undersøkte variablene som har vært testet statistisk har vært av kontinuerlig art, og de statistiske testene er gjennomført som F-tester. I de tilfellene hvor det er påvist signifikante forskjeller mellom undersøkte grupper ved F-test, er det i tillegg foretatt en multipel test hvor det er benyttet en Tukey-Kramer-analyse (SAS Institute Inc. 1995).

I de tilfellene der det er variabler som er basert på flere observasjoner pr. tre som er testet ved F-test eller Tukey-Kramer-analyse, er det gjennomsnittsverdier for hvert enkelt tre som inngår i testene fordi det må antas at det er avhengighet mellom observasjoner innen en og samme trestamme. Av samme årsak er det kun plank nummer en fra hver av de 90 rotstokkene som inngår i testene der egenskaper på den skårne trelasten er undersøkt statistisk.

Enkle regresjonsanalyser er benyttet for å teste lineære sammenhenger mellom enkelte variabler.

Signifikansnivået er 5% i de statistiske testene.

3 Resultater

3.1 Stammeskiver

3.1.1 Årringbredde og densitet

Gjennomsnittlig årringbredde i rotavskjær (1% av trehøyden) for de registrerte årringene til og med årring nummer 30 for de seks proveniensene er 3,9 mm, varierende fra 0,2 mm til 13,1 mm. Den gjennomsnittlige basisdensiteten er 377

Tabell 2. Gjennomsnittlig årringbredde og basisdensitet målt på stammeskiver i rotavskjær (1% av trehøyden).

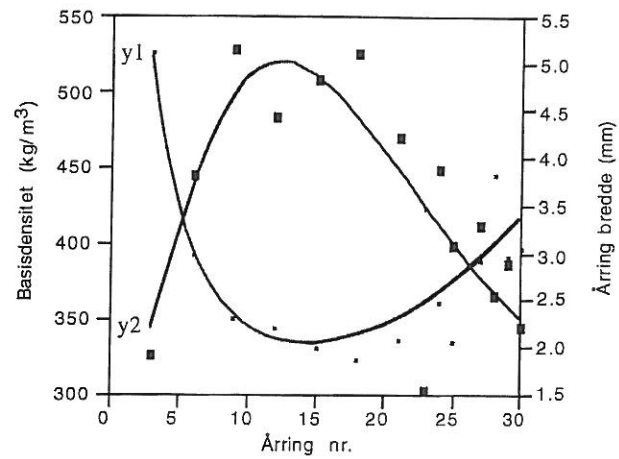
Prov.	Ant.	Årringbredde, (mm)				Basisdensitet, (kg/m ³)			
		Middel	Min.	Maks.	St. av.	Middel	Min.	Maks.	St. av.
CØ1	46	4,1	0,7	11,2	2,51	387	221	582	77,7
GAS10	69	3,9	0,3	9,0	1,66	371	271	727	82,4
MAR10	58	3,9	0,2	12,9	2,32	365	235	585	78,4
BIS10	20	3,7	0,8	6,1	1,74	371	263	605	100,7
FRE9	58	4,1	0,5	13,1	2,22	388	281	691	98,3
ME	40	3,8	1,3	8,3	1,55	376	276	594	71,3
Alle	291	3,9	0,2	13,1	2,05	377	221	727	84,0

Både årringbredden og basisdensiteten har et kurveforløp i stammevedens tverrsnitt i rotavskjær. Fig. 3 viser to polynomfunksjoner som er laget for årringbreddens og basisdensitetens forløp i forhold til årringnummer. Funksjonene er basert på gjennomsnittet for de 30 trærne. Alle de seks proveniensene viser tilsvarende forløp i stammeverrsnittet som presentert i Fig. 3.

Årringbredden er lavest inne ved margen og øker et stykke utover i veden til årring 13-15, for så å avta igjen ut mot barken. Gjennomsnittlig årringbredde for årring nummer 3, 15 og 30 (eller nærmeste årring for stammeskiver som har mindre enn 30 årringer) er henholdsvis 1,9 mm, 4,8 mm og 2,6 mm. I forhold til årringbredden, har basisdensiteten bortimot et omvendt forløp i stammeverrsnittet. Basisdensiteten avtar fra margen og utover i tverrsnittet, for så å øke mot barken. Gjennomsnittlig basisdensitet for årring nummer 3, 15 og 30 (eller nærmeste årring for stammeskiver som har mindre enn 30 årringer) er henholdsvis 527 kg/m³, 333 kg/m³ og 406 kg/m³.

Ut fra resultatene er det tydelig at en betydelig andel av tverrsnittet i stammeveden består av ungdomsved. Med en gjennomsnittlig årringbredde på 3,9 mm og ungdomsved ut til årring nummer 13 vil ungdomsveden utgjøre en sylinder på omlag 11 cm. Dette innebærer at det er grunn til å anta at så godt som hele sentrumsuttaket består av ungdomsved ved skur av trelast med dimensjon på 50x100 mm for det foreliggende materialet.

Basisdensiteten avtar med økende årringbredde. Reduksjonen i basisdensitet er sterkest når årringbredden er liten. Når årringbredden er stor, avtar densiteten asymptotisk med økende årringbredde. Fig. 4 viser en hyperbelfunksjon for sammenhengen mellom basisdensitet og årringbredde.



$$y1 = 1338,86611 \times (\text{årringnr.} + 1)^{-0,95302} \times e^{(0,06170 \times \text{årringnr.})} + 94,68979, r^2 = 0,78$$

$$y2 = 0,11656 \times (\text{årringnr.} + 1)^{2,15026} \times e^{(-0,16040 \times \text{årringnr.})} + 0,79911, r^2 = 0,68$$

Fig. 3. Sammenhengen mellom basisdensitet og årringnummer (y1) og mellom årringbredde og årringnummer (y2). Funksjonene er basert på et samlet gjennomsnitt for hver av de registrerte årringene til og med årring nummer 30.

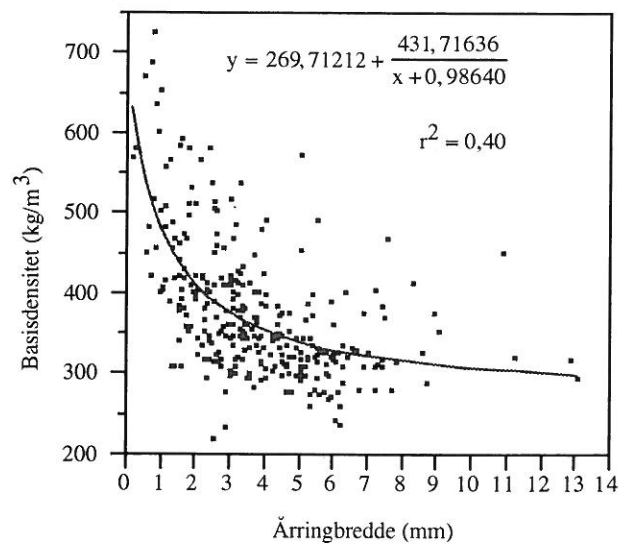


Fig. 4. Sammenhengen mellom basisdensitet og årringbredde.

3.2 Små, feilfrie prøver

3.2.1 Årringbredde og densitet

Gjennomsnittlig volumveid årringbredde for hele materialet (2340 prøver) er 4,1 mm, varierende fra 1,0 mm til 8,9 mm. Gjennomsnittlig volumveid basisdensitet for hele materialet er 326 kg/m³, varierende fra 238 kg/m³ til 474 kg/m³. Tabell 3 viser gjennomsnittlig volumveid årringbredde og basisdensitet for de seks proveniensene.

Tabell 3. Gjennomsnittlig volumveid årringbredde og basisdensitet målt på små, feilfrie prøver.

Provensiens	Antall	Årringbredde (mm)		Basisdensitet (kg/m ³)	
		Middel	St. av.	Middel	St. av.
CØ1	390	4,1	0,96	321	32,6
GAS10	546	3,7	0,96	331	28,8
MAR10	468	4,2	1,06	324	36,5
BIS10	156	4,5	1,05	304	23,9
FRE9	468	4,3	1,09	322	25,1
ME	312	4,1	1,01	340	23,6
Alle	2340	4,1	1,05	326	30,8

En enveis variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i gjennomsnittlig årringbredde mellom de ulike proveniensene ($F=3,88$, $\text{Prob} > F=0,0033$, $DF=5-84$). En Tukey-Kramer-analyse viser at proveniensen GAS10 har signifikant mindre årringbredde enn proveniensene MAR10, BIS10 og FRE9.

En enveis variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i gjennomsnittlig densitet mellom de ulike proveniensene ($F = 2,53$, $\text{Prob} > F = 0,0350$, $DF = 5 - 84$). En Tukey-Kramer-analyse viser at ME har signifikant høyere densitet enn proveniens BIS10.

Lineær regresjonsanalyse viser at totalvariasjonen i densitet reduseres med 11% ved å ta inn årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,11$).

Enkle regresjonsfunksjoner for hver proveniens med densitet som funksjon av årringbredde gir noe forskjellige funksjoner for de seks proveniensene (Tabell 4). I følge disse funksjonene har ME høyest densitet i forhold til årringbredde, mens BIS10 har lavest densitet i forhold til årringbredde opp til en årringbredde på omlag 7 mm (Fig. 5). R^2 for disse funksjonene er forholdsvis lav, (fra 0,05 til 0,15), men funksjonene indikerer likevel at forholdet mellom årringbredde og densitet er ulikt for de ulike proveniensene. Regresjonslinjene for proveniens BIS10, FRE9 og ME har noenlunde samme stigningstall. Det er imidlertid forskjellig konstantledd for de tre regresjonslinjene, slik at ved en gitt årringbredde vil ME ha den høyeste basisdensiteten, proveniens FRE9 vil ha noe lavere basisdensitet, mens proveniens BIS10 vil ha den laveste basisdensiteten av disse tre proveniensene. Provensiens CØ1, GAS10 og MAR10 har regresjonslinjer der basisdensiteten avtar raskere ved en økning i årringbredden enn de tre foregående proveniensene.

Tabell 4. Regresjonsfunksjoner for sammenhengen mellom basisdensitet (ρ_y) og årringbredde (\hat{A}_m) for hver av de seks proveniensene.

Provensiens	Antall	Funksjon	r^2
CØ1	390	$\rho_y = 359,163 - 9,83389\hat{A}_m$	0,09
GAS10	546	$\rho_y = 370,496 - 11,52921\hat{A}_m$	0,15
MAR10	468	$\rho_y = 367,328 - 11,07824\hat{A}_m$	0,11
BIS10	156	$\rho_y = 325,519 - 5,26029\hat{A}_m$	0,05
FRE9	468	$\rho_y = 347,519 - 6,46092\hat{A}_m$	0,08
ME	312	$\rho_y = 366,327 - 6,97191\hat{A}_m$	0,09
Alle	2340	$\rho_y = 362,085 - 9,56226\hat{A}_m$	0,11

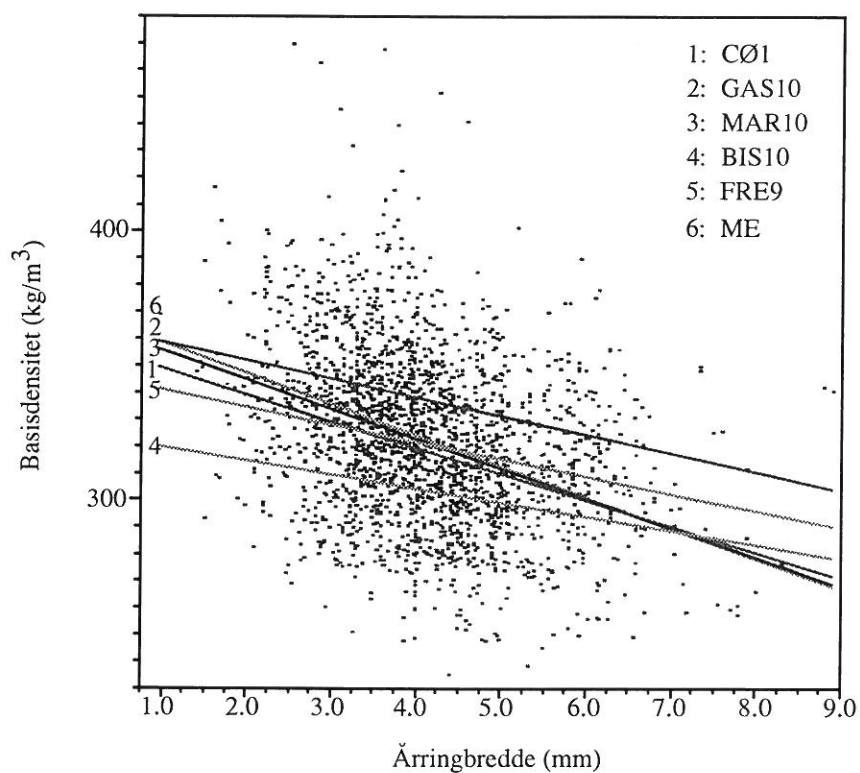


Fig. 5. Den lineære sammenhengen mellom basisdensitet og årringbredde for hver av de seks proveniensene.

3.2.2 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet

Gjennomsnittlig volumveid elastisitetsmodul ved statisk bøyning for de 900 prøvene er 10,4 GPa, varierende fra 5,6 GPa til 18,3 GPa. Gjennomsnittlig volumveid statisk bøyefasthet ble beregnet til 65,8 MPa, varierende fra 33,8 MPa til 99,9 MPa. Gjennomsnittsverdier for de ulike proveniensene er presentert i Tabell 5.

Tabell 5. Gjennomsnittlig volumveid elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet målt på små, feilfrie prøver.

Proveniens	Antall	Elastisitetsmodul, E_{12} (GPa)		Statisk bøyefasthet, σ_{12} (MPa)	
		Middel	St. avvik	Middel	St. avvik
CØ1	150	10,3	2,4	64,3	12,7
GAS10	210	10,9	2,1	68,0	11,0
MAR10	180	10,1	1,9	64,1	11,9
BIS10	60	9,3	1,5	58,8	9,1
FRE9	180	10,4	2,2	65,3	10,0
ME	120	10,9	2,0	70,2	8,9
Alle	900	10,4	2,1	65,8	11,3

En enveis variansanalyse viser at det ikke er signifikant forskjell i gjennomsnittlig E-modul for de ulike proveniensene ($F = 2,01$, $\text{Prob} > F = 0,0848$, $DF = 5 - 84$).

Det er signifikant forskjell i gjennomsnittlig statisk bøyefasthet for de ulike proveniensene ($F = 2,36$, $\text{Prob} > F = 0,0467$, $DF = 5 - 84$). En Tukey-Kramer-analyse viser at ME har signifikant høyere statisk bøyefasthet enn proveniens BIS10.

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i E-modul reduseres med 7% ved å ta inn årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,07$).

Totalvariasjonen reduseres med 24% ved å benytte densitet som uavhengig variabel ($r^2 = 0,24$).

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i statisk bøyefasthet reduseres med 14% ved å ta inn årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,14$). Totalvariasjonen reduseres med 57% ved å benytte densitet som uavhengig variabel ($r^2 = 0,57$).

En lineær regresjonsanalyse viser at totalvariasjonen i statisk bøyefasthet reduseres med 46% ved å benytte E-modul som uavhengig variabel ($r^2 = 0,46$).

3.2.3 Trykkfasthet parallelt med fibre

Gjennomsnittlig volumveid trykkfasthet parallelt med fibre for hele materialet (900 prøver) er 34,5 MPa, varierende fra 20,6 MPa til 54,8 MPa. Gjennomsnittlig volumveid trykkfasthet parallelt med fibre for de seks proveniensene er presentert i Tabell 6.

Tabell 6. Gjennomsnittlig volumveid trykkfasthet parallelt med fibrene målt på små, feilfrie prøver.

Provensiens	Antall	Trykkfasthet, σ_{12} (MPa)	
		Middel	St. av.
CØ1	150	32,9	5,2
GAS10	210	36,4	4,9
MAR10	180	34,6	5,9
BIS10	60	31,7	3,3
FRE9	180	32,8	4,9
ME	120	37,0	4,3
Alle	900	34,5	5,3

En enveis variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i trykkfasthet parallelt med fibrene mellom de ulike proveniensene ($F = 3,72$, $\text{Prob} > F = < 0,0043$, $DF = 5 - 84$). En Tukey-Kramer-analyse viser imidlertid ingen signifikant forskjell i trykkfasthet mellom de ulike proveniensene, men det er en tendens til at proveniens GAS10 og ME har en noe høyere trykkfasthet enn de andre proveniensene.

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i trykkfasthet parallelt med fibrene reduseres med 18% ved å ta inn årringbredde som uavhengig variabel ($r^2=0,18$). Ved å benytte densitet som uavhengig variabel er reduksjonen i totalvariasjon på 54% ($r^2 = 0,54$).

3.2.4 Slagbruddarbeid

Gjennomsnittlig slagbruddarbeid for hele materialet (540 prøver) er 29,1 kJ/m², varierende fra 8,1 kJ/m² til 64,5 kJ/m². Gjennomsnittlig slagbruddarbeid for de seks proveniensene er presentert i Tabell 7.

Tabell 7. Gjennomsnittlig volumveid slagbruddarbeid målt på små, feilfrie prøver.

Provensiens	Antall	Slagbruddarbeid, A_w (kJ/m ²)	
		Middel	St. av.
CØ1	90	28,6	10,5
GAS10	126	31,9	9,3
MAR10	108	26,5	8,3
BIS10	36	24,5	7,5
FRE9	108	29,1	9,3
ME	72	30,6	7,9
Alle	540	29,1	9,3

En enveis variansanalyse viser at det er signifikant forskjell i slagbruddarbeid mellom proveniensene ($F = 2,57$, $\text{Prob} > F = < 0,0327$, $DF = 5 - 84$). En Tukey-Kramer-analyse viser imidlertid ingen signifikant forskjell i slagbruddarbeid mellom de ulike proveniensene. Tendensen er som for de andre mekaniske egenskapene at proveniens GAS10 og ME har noe høyere verdier enn de andre proveniensene, og at proveniens BIS10 kommer dårligst ut.

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i slagbruddarbeid reduseres med 8% ved å ta inn årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,08$). Ved å benytte densitet som uavhengig variabel er reduksjonen i totalvariasjon på 29% ($r^2 = 0,29$).

3.3 Standard konstruksjonsdimensjoner

3.3.1 Tømmermåling

Rot-, midt- og toppstokkene fra tre prøvetrær på hvert av de 30 feltene ble kvalitetsbedømt. Rotstokkene hadde en gjennomsnittlig toppdiameter under bark på 17 cm, varierende fra 14 cm til 21 cm. Midt- og toppstokkene hadde en diameter som var for liten til at de var egnet til sagtømmer.

Sorteringsutfallet for rotstokkene er vist i Tabell 8.

Tabell 8. Tømmerkvaliteten til rotstokkene fordelt på prima og sekunda sagtømmer og utleggstømmer.

Proveniens	Prima		Sekunda		Utlegg		Sum	
	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
CØ1	6	40	7	47	2	13	15	17
GAS10	5	24	8	38	8	38	21	23
MAR10	1	6	10	55	7	39	18	20
BIS10	2	33	4	67	0	0	6	7
FRE9	2	11	12	67	4	22	18	20
ME	2	17	7	58	3	25	12	13
Sum	18	20	48	53	24	27	90	100

Rotstokkene av den norske proveniens (CØ1) har en langt høyere andel prima sagtømmer enn de mellomeuropeiske, henholdsvis 40% og 16% av stokkantalet og en lavere andel utleggstømmer enn de mellomeuropeiske, henholdsvis 13% og 29%. Andelen sekunda sagtømmer er omtrent den samme for de to gruppene, CØ1 har 47% og de mellomeuropeiske har 55%. Av de mellomeuropeiske proveniensene er det kun BIS10 som har en tømmerkvalitet på rotstokkene som ligger på høyde med CØ1. En statistisk analyse av tømmerkvalitetsfordelingen er problematisk på grunn av få observasjoner i enkelte grupper.

Nedklassingsårsakene for rotstokkene fra CØ1 er langkrok (44%), årringbredde (44%) og gankvist (12%). For de mellomeuropeiske proveniensene er de vanligste nedklassingsårsakene langkrok (48%), årringbredde (22%) og gankvist (10%). For

proveniensen MAR10, BIS10 og FRE9 forekommer frisk kvist som nedklassingsårsak (12-25% av tilfellene). Proveniensen GAS10 skiller seg fra de andre ved at det er mange andre nedklassingsårsaker som fører til kvalitetsreduksjon på tømmeret. I tillegg til langkrok, årringbredde og gankvist fører virkesfeil som tverrkrok, fast råte, tennar og sprekk til nedklassing av dette tømmeret.

Tømmerkvaliteten avtar oppover i stammen. Det var bare 8% (sju stokker) av midtstokkene som ble klassifisert som prima sagtømmer og 1% (en stokk) av toppstokkene som ble klassifisert som prima sagtømmer. I disse stammeseksjonene har CØ1 klart bedre tømmerkvalitet enn alle de mellomeuropeiske proveniensenene. Årsaken til den avtagende tømmerkvaliteten med økende stammehøyde skyldes for de mellomeuropeiske proveniensenenes vedkommende særlig at gankvist er hyppig forekommende i midt- og toppstokken (nedklassingsårsak i henholdsvis 36% og 25% av tilfellene). Den nest viktigste nedklassingsårsaken for midtstokkene av de mellomeuropeiske proveniensenene er årringbredde (26%), mens det er langkrok som er viktigste nedklassingsårsak for toppstokkene (31%).

Hos den norske proveniensen (CØ1) forekommer også gankvist som nedklassingsårsak på andre- og tredjestokkene, men i mindre grad (om lag 15%) enn hos de mellomeuropeiske. Den viktigste nedklassingsårsaken hos midtstokkene er årringbredde (38%), mens det er frisk kvist som er viktigste nedklassingsårsak hos toppstokkene (36%), men også her er årringbredde en viktig nedklassingsårsak (21%).

For de tre undersøkte stammeseksjonene (rot-, midt- og toppstokk) har den norske proveniensen (CØ1) samlet sett en høyere tømmerkvalitet enn alle de mellomeuropeiske. Andelen prima sagtømmer for denne proveniensen utgjør 20% av samlet stokkantall. For de mellomeuropeiske proveniensenene utgjør andelen prima sagtømmer fra 2% til 11%. Andelen sekunda sagtømmer er 56% for den norske proveniensen, mens den varierer fra 38% til 56% for de mellomeuropeiske. Utleggstømmeret utgjør 24% av samlet stokkantall for den norske proveniensen, mens det utgjør fra 33% til 59% av samlet stokkantall for de mellomeuropeiske proveniensenene. Resultatene blir tilsvarende når andelen tømmer i de ulike tømmer-sorteringsklassene vurderes på bakgrunn av stokkvolum.

3.3.2 Visuell trelastsortering

To planker med dimensjon på 48x98 mm fra hver rotstokk ble visuelt sortert etter NS 3080 og Nordisk Tre. Av trelasten som ble sortert etter NS 3080 var det bare en liten andel av trelasten (2%) som tilfredsstilte kravene til sorteringsklasse T30. Trelasten fra proveniensen CØ1 og FRE9 ga høyest andel i sorteringsklasse T24 (omlag 50%), mens 20-40% av trelasten fra de andre proveniensenene ble klassifisert som T24 (Tabell 9).

Proveniensen CØ1 og FRE9 har størst andel trelast i kvalitetsklasse A (om lag 60%), mens omlag 40% av trelasten fra de andre proveniensenene ble klassifisert som A-last ved sortering etter Nordisk Tre (Tabell 10).

Tabell 9. Sorteringsutfall for trelast sortert etter NS 3080.

Sorterings- -klasse	CØ1		GAS10		MAR10		BIS10		FRE9		ME		Sum	
	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
T30	1	3	0	0	0	0	0	0	1	3	1	4	3	2
T24	14	47	15	36	6	17	5	42	18	50	7	29	65	36
T18	5	17	5	12	6	17	2	17	7	19	3	13	28	15
T12	10	33	21	50	18	50	4	33	8	22	11	46	72	40
Vrak	0	0	1	2	6	16	1	8	2	6	2	8	12	7
Sum	30	17	42	23	36	20	12	7	36	20	24	13	180	100

Tabell 10. Sorteringsutfall for trelast sortert etter Nordisk Tre.

Sorterings- -klasse	CØ1		GAS10		MAR10		BIS10		FRE9		ME		Sum	
	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
A	18	60	18	43	14	39	5	41	23	64	10	42	88	49
B	2	7	9	21	10	28	3	25	4	11	3	13	31	17
C	10	33	10	24	5	14	2	17	5	14	7	29	39	21
D	0	0	5	12	7	19	2	17	4	11	3	12	21	12
Vrak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1
Sum	30	17	42	23	36	20	12	7	36	20	24	13	180	100

Den vanligste nedklassingsårsaken for trelasten sortert etter NS 3080 og Nordisk Tre er kvist (frisk kvist, tørrkvist og kvistgruppe). Om lag halvparten av den nedklassede trelasten ble nedklasset på grunn av kvist. Av deformasjoner er vridd den viktigste nedklassingsårsaken, og 15-20% av den nedklassede trelasten har dette som nedklassingsårsak.

3.3.3 Årringbredde, densitet, kvistdiameter og fiberhelling på trelast

Gjennomsnittlig årringbredde for trelasten (180 planker) er 5,0 mm, varierende fra 2,7 mm til 9,5 mm. Gjennomsnittlig basisdensitet er 312 kg/m³, varierende fra 253 kg/m³ til 388 kg/m³. Gjennomsnittlig største kvistdiameter er 19,7 mm, varierende fra 11,2 mm til 37,9 mm. Gjennomsnittlig fiberhelling er 3%, varierende fra 0 til 12%. Gjennomsnittlig årringbredde, basisdensitet, største kvistdiameter og fiberhelling for hver av de seks proveniensene er presentert i Tabell 11.

Tabell 11. Gjennomsnittlig årringbredde, basisdensitet, største kvistdiameter og fiberhelling målt på trelast.

Prov.	Ant.	Årringbredde (mm)		Basisdensitet (kg/m ³)		Største kvistdiameter (mm)		Fiberhelling (%)	
		Middel	St. av.	Middel	St. av.	Middel	St. av.	Middel	St. av.
CØ1	30	4,7	0,96	315	29,6	18,4	4,2	3	3,9
GAS10	42	4,7	0,89	313	30,2	19,2	3,8	3	2,3
MAR10	36	5,4	1,37	309	27,5	21,2	3,7	3	2,5
BIS10	12	5,5	0,81	299	24,4	20,3	6,2	3	2,2
FRE9	26	5,3	1,14	309	23,1	19,4	4,0	3	2,2
ME	24	4,5	1,24	322	31,6	19,9	4,4	3	1,9
Alle	180	5,0	1,15	312	28,3	19,7	4,2	3	2,3

Enveis variansanalyser viser at det ikke er signifikant forskjell i årringbredde, densitet, kvistdiameter eller fiberhelling målt på trelast mellom de ulike proveniensene.

Densitet ved 20% fuktighet (ρ_{20}) er beregnet for den skårne trelasten. Det viser seg at over halvparten av trelasten ikke tilfredsstillt kravet i NS 3080 om en densitet ved 20% fuktighet (ρ_{20}) på minimum 400 kg/m³. Det er noe variasjon mellom de seks proveniensene, men stort sett er det en høy andel av trelasten fra alle provenienser som ikke tilfredsstillt kravet til densitet i NS 3080 (Tabell 12). I Tabell 13 er andel planker som ikke tilfredsstillt densitetskravet i NS 3080 gruppert på sorteringsklasser etter NS 3080. Også her er det en høy andel som ligger under kravet i alle sorteringsklasser.

Tabell 12. Andel (%) av plankene med densitet (ρ_{20}) < 400 kg/m³ fordelt på provenienser.

Provens	Antall	Andel (%) av plankene med densitet (ρ_{20}) < 400 kg/m ³
CØ1	30	43
GAS10	42	55
MAR10	36	58
BIS10	12	75
FRE9	26	67
ME	24	42
Alle	180	56

Tabell 13. Andel (%) av plankene med densitet (ρ_{20}) < 400 kg/m³ fordelt på sorteringsutfall etter NS 3080.

Sorteringsklasse	Antall	Andel (%) av plankene med densitet (ρ_{20}) < 400 kg/m ³
T30	3	100
T24	65	49
T18	28	54
T12	72	57
Vrak	12	75
Alle	180	56

En lineær regresjonsanalyse viser at totalvariasjonen i densitet for de 180 plankene reduseres med 8% ved å benytte gjennomsnittlig årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,08$).

I NS 3080 er det krav om at gjennomsnittlig årringbredde ikke må overstige 4 mm for T30 og 6 mm for T24 og T18, mens det ikke er noe krav til årringbredde for T12. I og med at det er bare omlag halvparten av trelasten som tilfredsstillt kravet til densitet (Tabell 13), indikerer dette at det ikke er overensstemmelse mellom årringbreddekravene i NS 3080 og densitetskravet. Det kan teoretisk tenkes at årringbredden på trelasten i denne undersøkelsen har blitt undervurdert ved sortering. Som en kontroll på dette kan den beregnede gjennomsnittlige årringbredde for trelasten innen hver sorteringsklasse sammenlignes med kravet til sorteringsklassen.

Det må understrekes at den beregnede gjennomsnittlige årringbredden er beregnet ut fra årringene i hele tverrsnittet på hver plank i henhold til SKANORM (Kucera 1992), mens i NS 3080 anslås gjennomsnittlig årringbredde ut fra de årringene som ligger lenger enn 25 mm fra marginen i tverrsnittet på planken. Dette kan føre til noe avvik mellom de to beregningsmetodene, men dette må antas å ikke ha særlig betydning i det foreliggende tilfellet.

Det er bare tre planker som er klassifisert som T30. To av disse har en gjennomsnittlig årringbredde som ligger over 4 mm, men ingen av de tre plankene tilfredsstillt densitetskravet i NS 3080. For T18 er det fem planker av i alt 28 som har en gjennomsnittlig årringbredde som ligger over 6 mm, mens for T24 er det seks planker av i alt 65 som ikke tilfredsstillt kravet til årringbredde.

Dette betyr at selv om det tas hensyn til årringbreddekravene i NS 3080, kan man risikere at en høy andel av trelasten ikke tilfredsstillt kravet om en densitet ved 20% fuktighet (ρ_{20}) på minimum 400 kg/m³. I den nye standarden for visuell styrkesortering av trelast, NS-INSTA 142 (Norges Standardiseringsforbund 1997), er imidlertid det generelle kravet til densitet fjernet.

3.3.4 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet

Gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning for de testede plankene (180) er 8,5 GPa, varierende fra 4,6 GPa til 12,3 GPa. Gjennomsnittlig statisk bøyefasthet er 31,9 MPa, varierende fra 9,8 MPa til 52,4 MPa. Gjennomsnittsverdier for de seks proveniensene er presentert i Tabell 14.

Tabell 14. Gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet målt på trelast.

Proveniens	Antall	Elastisitetsmodul, E_{12}		Statisk bøyefasthet, σ_{12}	
		(GPa)		(MPa)	
		Middel	St. av.	Middel	St. av.
CØ1	30	8,8	1,8	33,6	9,1
GAS10	42	8,7	1,4	32,2	6,7
MAR10	36	7,8	1,6	28,9	8,5
BIS10	12	7,7	1,8	31,1	8,5
FRE9	36	8,4	1,7	32,5	8,1
ME	24	9,2	1,7	33,4	7,5
Alle	180	8,5	1,7	31,9	8,1

En enveis variansanalyse viser at det ikke er signifikant forskjell i E-modul mellom proveniensene ($F = 1,42$, $\text{Prob} > F = 0,2262$, $DF = 5 - 84$). Det er heller ikke signifikant forskjell i statisk bøyefasthet mellom proveniensene ($F = 0,35$, $\text{Prob} > F = 0,8821$, $DF = 5 - 84$).

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i E-modul for de 180 plankene reduseres med 27% ved å benytte gjennomsnittlig årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,27$). Totalvariasjonen reduseres også med 27% ved benytte densitet som uavhengig variabel, den reduseres med 13% ved å benytte største kvistdiameter i hver plank som uavhengig variabel og den reduseres med 3% ved å benytte fiberhelling som uavhengig variabel.

Lineære regresjonsanalyser viser at totalvariasjonen i statisk bøyefasthet for de 180 plankene reduseres med 22% ved å benytte gjennomsnittlig årringbredde som uavhengig variabel ($r^2 = 0,22$). Totalvariasjonen reduseres med 14% ved å benytte densitet som uavhengig variabel, den reduseres med 19% ved å benytte største kvistdiameter i hver plank som uavhengig variabel og den reduseres med 4% ved å benytte fiberhelling som uavhengig variabel.

Totalvariasjonen i statisk bøyefasthet reduseres med 49% ved å benytte E-modul som uavhengig variabel ($r^2 = 0,49$).

3.3.5 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet for ulike styrkeklasser sortert etter NS 3080

I Tabell 15 er gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet til trelast i ulike styrkeklasser sortert etter NS 3080 presentert.

Tabell 15. Gjennomsnittlig elastisitetsmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet til trelast i ulike styrkeklasser sortert etter NS 3080.

Styrke-klasse	Antall	Elastisitetsmodul, E_{12}		Statisk bøyefasthet, σ_{12}	
		(GPa)		(MPa)	
		Middel	St. av.	Middel	St. av.
T30	3	9,5	1,8	40,0	8,7
T24	65	9,0	1,6	35,7	7,6
T18	28	8,4	1,7	29,9	7,8
T12	72	8,3	1,6	29,8	7,2
Vrak	12	7,0	1,7	26,9	7,5
Alle	180	8,5	1,7	31,9	8,1

Ut fra resultatene i Tabell 15 er det en klar tendens til at E-modul og statisk bøyefasthet øker med økende styrkeklasse. Det er signifikant forskjell i E-modul ($F = 4,35$, $\text{Prob} > F = 0,0030$, $DF = 4 - 85$) og statisk bøyefasthet ($F = 5,82$, $\text{Prob} > F = 0,0003$, $DF = 4 - 85$) for de ulike sorteringsklassene. Tukey-Kramer-analyser viser at den vrakede trelasten har signifikant lavere E-modul enn trelasten i sorteringsklasse T24.

Trelasten i sorteringsklasse T24 har også signifikant høyere statisk bøyefasthet enn den vrakede trelasten og trelasten i sorteringsklasse T12. På grunn av få observasjoner i sorteringsklasse T30 er det ikke mulig å påvise forskjeller i forhold til trelasten i de andre sorteringsklassene.

3.3.6 Sammenheng mellom tømmerkvalitet og trelastkvalitet

Det er liten forskjell mellom sorteringsutfallet på trelast fra prima og sekunda sagtømmer, både når trelasten sorteres etter NS 3080 og Nordisk Tre. Utleggstømmeret gir derimot trelast med vesentlig lavere kvalitet. Ved sortering etter NS 3080 ble 40-50% av trelasten fra prima og sekunda sagtømmer klassifisert som T24, mens 15% av trelasten fra utleggstømmeret ble klassifisert som T24 (Tabell 16). Sortering etter Nordisk Tre førte til at mellom 60 og 70% av trelasten fra prima og sekunda sagtømmeret ble klassifisert i klasse A, mens 11% av trelasten fra utleggstømmeret havnet i denne klassen (Tabell 17).

Tabell 16. Sorteringsutfall for trelast fra de ulike tømmerkvalitetene. Trelasten er sortert etter NS 3080.

Tømmerkval. Trelastkval. (NS 3080)	Prima		Sekunda		Utlegg		Sum	
	Sorteringsutfall							
	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%
T30	1	3	2	2	0	0	3	7
T24	18	50	40	42	7	15	65	40
T18	6	16	18	19	4	8	28	15
T12	10	28	32	33	30	62	72	36
Vrak	1	3	4	4	7	15	12	2
Sum	36	20	96	53	48	27	180	100

Tabell 17. Sorteringsutfall for trelast fra de ulike tømmerkvalitetene. Trelasten er sortert etter Nordisk Tre.

Tømmerkval. Trelastkval. (Nordisk Tre)	Prima		Sekunda		Utlegg		Sum	
	Sorteringsutfall						Ant.	%
Ant.	%	Ant.	%	Ant.	%	Ant.		
A	25	69	58	60	5	11	88	49
B	2	6	13	14	16	33	31	17
C	9	25	16	17	14	29	39	21
D	0	0	8	8	13	27	21	12
Vrak	0	0	1	1	0	0	1	1
Sum	36	20	96	53	48	27	180	100

4 Diskusjon og konklusjon

4.1 Forsøksmaterialet

For lettere å kunne avdekke forskjeller mellom de ulike proveniensene hadde det vært ønskelig å undersøke et større materiale med en balansert fordeling mellom de undersøkte proveniensgruppene. Dette lot seg imidlertid ikke gjøre av praktiske årsaker.

På hver av de 30 forsøksfeltene er kun en av de seks proveniensene representert. Man må derfor anta at testene som ble gjennomført for å avdekke eventuelle forskjeller mellom provenienser er beheftet med en felteffekt som det er vanskelig å isolere. Forskjeller eller mangel på forskjeller mellom provenienser må derfor antas å kunne skyldes både effekten av voksestedet og av proveniensen. Til tross for dette er forsøksmaterialet plukket ut fra et begrenset geografisk område der alle forsøksfelter representerer høy bonitet. Klare proveniensavhengige forskjeller i virkesegenskaper burde derfor likevel være mulig å påvise med det foreliggende forsøksopplegget.

4.2 Stammeskiver

Gjennomsnittlig årringbredde på den norske og de mellemeuropeiske proveniensene ligger omtrent på samme nivå. Dette er i overensstemmelse med Skrøppa *et al.* (1993). De undersøkte stammeskivene har gjennomgående stor årringbredde og lav basisdensitet, med stor variasjon i stammetverrsnittet.

Årringbreddens og basisdensitetens forløp i stammetverrsnittet for dette materialet følger samme mønster som det som er funnet i tidligere undersøkelser av kulturgran i Norge (Kucera 1994, Frivold & Høibø 1996). Årringbredden inne ved marginen er lav før diameterveksten kommer skikkelig i gang, og den øker utover i tverrsnittet, for så å avta igjen når konkurransen med andre trær inntreffer. I forhold til en undersøkelse av bledningsskog av gran (Vestøl 1993), har det foreliggende materialet omlag tilsvarende basisdensitet inne ved marginen, men den sterke økningen i årringbredden de første årene fører til at basisdensiteten blir vesentlig lavere enn for materialet fra bledningsskog. Til tross for at basisdensiteten øker fra

årring nummer 13-15, ligger den likevel langt under ved årring nummer 30. Selv om basisdensiteten for det foreliggende materialet etterhvert vil øke ytterligere, ligger en vesentlig andel av stammeveden langt under det som ble funnet i undersøkelsen av bledningsskog.

Hos gran består de innerste årringene i hele treets lengde av ungdomsved. Ungdomsveden har sammenlignet med moden ved lavere styrkeegenskaper, kortere og smalere trakeider, lavere senvedandel og tynnere cellevegger. Ungdomsveden krymper og sveller mer i lengderetningen enn moden ved fordi fibrillvinkelen i celleveggen S2-lag er stor (Kucera 1989). Ungdomsveden har derfor egenskaper som gjør den lite velegnet for de fleste anvendelsesformål.

Kucera (1994) fant at grensen mellom ungdomsved og moden ved i rotavskjær hos gran korresponderer med kulminasjonspunktet for årlig høydetilvekst. I denne årringen har årringbredden sitt høyeste nivå, mens basisdensiteten har sitt laveste nivå. I følge denne teorien vil veden i rotavskjær ut til omlag årring nummer 13-15 være ungdomsved for det foreliggende materialet.

En trestammes diametertilvekst de første årene påvirker diameterens størrelse på den sylindren som utgjøres av ungdomsved. Lavt planteantall på høy bonitet, liten konkurranse fra annen vegetasjon og planting av hurtigvoksende provenienser gir økt andel ungdomsved i trevirket. Ved å påvirke disse faktorene kan man begrense andelen ungdomsved, og dessuten fremme dannelsen av en jevn og moderat årringbredde i trevirket, noe som i seg selv er ønskelig for de fleste anvendelsesformål. Eikenes *et al.* (1996) fant i en undersøkelse av bledningsskog at årringbredden var lav inne ved marginen, og at det ikke var mulig å skille ut ungdomsved på grunnlag av variasjoner i årringbredde og densitet. Undersøkelsen bygger på samme forsøksmateriale som er benyttet av Vestøl (1993). I den foreliggende undersøkelsen utgjør ungdomsveden en betydelig del av tverrsnittet i trestammene (ungdomsveden utgjør en sylinder med diameter på over 10 cm).

Det er grunn til å understreke at materialet fra den foreliggende undersøkelsen stammer fra høye boniteter, mens undersøkelsen av bledningsskog stammer fra midlere og svakere boniteter. Undersøkelsene kan derfor ikke uten videre sammenlignes.

Det er vanlig at densiteten har den høyeste verdien inne ved marginen hos gran. En av årsaken til dette er at her er årringbredden liten. Til tross for dette består denne veden av ungdomsved med liten senvedandel.

Hovedårsaken til at densiteten er høy inne ved marginen er at trakeidene er smale, slik at det er mange trakeider pr. tverrsnittareal. Dette gjør at celleveggfraksjonen pr. volumenhet er høy inne ved marginen. Trakeidenes diameter øker med økende årringnummer fra marginen. Dette fører isolert sett til at densiteten avtar fra marginen mot barken (Olesen 1977). Det er imidlertid funnet at senvedandelen (Hakkila 1966) og densiteten til senveden (Olesen 1976) øker med økende årringnummer fra marginen hos gran. I tillegg avtar vanligvis årringbredden utover i den modne veden. Disse faktorene kompenserer for den økende bredden på trakeidene, og fører til at densiteten øker mot barken i stammeverrsnittet.

For å ivareta de mekaniske og teknologiske egenskapene til trevirke, er det ønskelig med høy densitet og liten andel ungdomsved i virket. For å oppnå dette er det nødvendig at trærnes diametertilvekst holdes på et moderat nivå.

4.3 Små, feilfrie prøver

Det er ikke vesentlige forskjeller mellom de mellomeuropeiske proveniensene samlet og den norske proveniensen med hensyn på årringbredde og densitet målt på små, feilfrie prøver.

Densiteten er både under genetisk og miljømessig kontroll (Zobel & van Buijtenen 1989). Proveniens GAS10 har den laveste årringbredden, mens ME har den høyeste densiteten, til tross for at denne proveniensen har en årringbredde tilsvarende gjennomsnittet av alle proveniensene. Årsaken til at forholdet mellom årringbredde og densitet er forskjellig for prøver fra ulike provenienser må antas å være genetisk betinget. En av forklaringene på dette kan være at de ulike proveniensene utnytter vekstsesongen ulikt.

Sydlig provenienser har gjerne senere vekststart om våren og en lengre skuddstrekningperiode enn stedegne provenienser (Skrøppa & Magnussen 1993). Dette medfører at skuddstrekningen foregår lenger utover i vekstsesongen.

Dette fører til at andelen senved i den avsatte årring i stammeveden blir mindre på grunn av at dannelsen av senved starter først ved knoppsetting, etter at skuddstrekningsperioden er over (Zobel & van Buijtenen 1989). Årsaken til at ME har høyest densitet, samtidig som den har en årringbredde på høyde med gjennomsnittet, kan skyldes at denne proveniensen starter veksten raskt om våren og i tillegg har en utholdende vekst om høsten.

For de undersøkte mekaniske egenskapene på små, feilfrie prøver har proveniens GAS10 og ME de høyeste gjennomsnittsverdiene, mens proveniens BIS10 kommer dårligst ut. Dette skyldes forskjeller i densitet. Det er imidlertid vanskelig å påvise statistiske forskjeller mellom de ulike proveniensene, slik at det ikke har noen hensikt å rangere de ulike proveniensene.

De mekaniske egenskapene for dette materialet viser mye høyere korrelasjon med densitet enn med årringbredde. Stor årringbredde er ikke ensbetydende med lav densitet på grunn av genetisk variasjon og at densiteten varierer med alderen på årringene i stammetverrsnittet.

De ulike karakteristikker og virkesegenskaper er for det undersøkte materialet sammenlignet med andre undersøkelser av gran i Norge (Tabell 18). Undersøkelsen til Eikenes et al. (1996) ble foretatt på materialer fra bledningsskogbestand i Nordland, Nord-Trøndelag, Oppland og Østfold. Okstad & Kårstad (1985) undersøkte gran i Nord-Norge, hovedsakelig plantet gran.

Materialet til Kucera (1974) ble hentet fra naturlig forynget skog på Østlandet. Foslie & Moen (1971) undersøkte styrkeegenskaper på små, feilfrie prøver fra naturskog fra Østlandet og Trøndelag.

Det undersøkte materialet har lavere styrke enn det som er funnet i tidligere undersøkelser av kulturgran og langt lavere styrke enn det som er funnet for virke fra bledningsskog. Det må imidlertid understrekes at materialet i den foreliggende undersøkelsen stammer fra trær med en langt lavere alder enn det som er tilfellet for de andre materialene i Tabell 18.

Man må forvente at de mekaniske egenskapene vil forbedres noe med alderen på grunn av at densiteten vil øke.

Tabell 18. Gjennomsnittsverdier for noen karakteristikk og virkesegenskaper målt på små, feilfrie prøver av gran fra den foreliggende undersøkelsen (Norsk/ mellom-eur. prov.) sammenlignet med andre undersøkelser i Norge.

Egenskap	Norsk/ mellom-eur. prov.	Eikenes <i>et al.</i> (1996)	Okstad & Kårstad (1985)	Kucera (1974)	Foslie (1971)
Basisdensitet, kg/m ³	323	376	338	369	383
Årringbredde, mm	4,1	1,7	2,4	2,4	1,9
E-modul ved statisk bøyning, GPa	10,4	13,4	9,7	10,8	9,8
Statisk bøyefasthet, MPa	65,8	79,9	67,7	81,8	93,9
Trykkfasthet parallelt med fibrene, MPa	34,5	39,7	40,5	43,3	41,7
Slagbruddarbeid, kJ/m ²	29,1	35,9	29,8	37,0	43,1

4.4 Standard konstruksjonsdimensjoner

4.4.1 Tømmer

Tømmeret fra alle de seks undersøkte proveniensene inneholder en høy andel virkesfeil, og ingen av proveniensene kan sies å ha en tilfredsstillende kvalitet ved trelastproduksjon.

Den norske proveniensen (CØ1) skiller seg ut med et bedre sorteringsresultat enn noen av de mellom-europeiske proveniensene. Det er derimot vanskelig å skille ut den beste proveniensen av de mellom-europeiske, dels fordi det ikke er særlige forskjeller og antagelig dels fordi det er få observasjoner innen enkelte provenienser. Det er lite trolig at de mellom-europeiske proveniensene vil få en særlig forbedret tømmerkvalitet med økende alder med utgangspunkt i det anvendte tømmermålingsreglementet. Grunnen til dette er at de vanligst forekommende kvalitetsreduserende virkesfeilene på tømmeret er langkrok, årringbredde og gankvist. De to sistnevnte virkesfeil er velkjente problemer i hurtigvokst granskog og lar seg vanskelig skjule, selv om trærne blir noe eldre. For enkelte mellom-europeiske provenienser forekommer også frisk kvist som nedklassingsårsak. Proveniensen GAS 10 er særlig beheftet med mange og alvorlige virkesfeil som tverrkrok, fast råte, tennar og sprekk.

Resultatene peker i samme retning som det man har funnet i de fleste tidligere undersøkelser av mellom-europeiske granprovenienser i Norge, nemlig at i Sørøst-Norge er disse utsatt for klimaskader og beheftet med virkesfeil som stammesprekk, dobbelttopp, gankvist, rik kvistsetting og stammekrok (Walberg 1980, Dietrichson *et al.* 1985, Skrøppa & Dietrichson 1986, Sundby *et al.* 1991, Skrøppa *et al.* 1993). Eikeland & Blingsmo (1991) fant imidlertid små forskjeller mellom tyske, østerrikske og norske granprovenienser på Østlandet.

4.4.2 Trelast

Ved sortering etter NS 3080 er det en svært liten andel av trelasten som tilfredsstillende kravet til sorteringsklasse T30. Ved en samlet vurdering av sorteringsresultatet etter NS 3080 og Nordisk Tre kommer trelast fra proveniens CØ1 og FRE9 noe bedre ut enn trelasten fra de andre proveniensene. Ulike former for kvist er den viktigste nedklassingsårsaken ved sortering av virket.

Det er ikke signifikante forskjeller i årringbredde, basisdensitet, største kvist-diameter, fiberhelling, elastisitetsmodul og statisk bøyefasthet målt på trelast. Det er ikke uventet at korrelasjonen mellom densitet og undersøkte mekaniske egenskaper er svakere for trelast i hele konstruksjonsdimensjoner enn for de små, feilfrie prøvene. Årsaken til dette er at for konstruksjonsdimensjonene påvirkes de mekaniske egenskapene også av feil og uregelmessigheter i virket, og da særlig kvist. Densiteten til det undersøkte materialet er lav, og det er særlig betenkelig at om lag halvparten av trelasten ikke tilfredsstillende kravet i NS 3080 om en densitet ved 20% trefuktighet (ρ_{20}) på minimum 400 kg/m^3 . Resultatene indikerer at det ikke er god nok overensstemmelse mellom kravene til årringbredde og kravet til densitet i NS 3080.

Sortering etter NS 3080 har en begrenset effekt med hensyn på å gruppere trelasten i styrkeklasser. Dette er også tidligere funnet for trelast med stor årringbredde (Eikenes 1991, Høibø & Eikenes 1991).

En stor andel av trærne har mye virkesfeil. De forskjellene man kan registrere på tømmeret fra de ulike proveniensene kommer i liten grad til uttrykk på trelasten fordi det er liten sammenheng mellom tømmerkvalitet og kvaliteten på trelasten. Dette gjelder særlig prima og sekunda sagtømmer.

Dette kan ha sammenheng med at en del av feilene ikke har så stor betydning for sentrumsuttaket, og at det er vanskelig å bedømme en tømmerstokks indre egenskaper ut fra ytre karakteristika.

Sammenlignet med andre undersøkelser av styrkeegenskaper på konstruksjonsvirke av gran i Norge (Tabell 19) har det foreliggende materialet en styrke som ligger lavere enn det som er funnet i disse undersøkelsene (Nagoda 1985, Eikenes 1991, Høibø 1991, Høibø & Eikenes 1991, Fjærtøft 1993). Også her må det understrekes at det foreliggende materialet stammer fra unge trær sammenlignet med materialene i de andre undersøkelsene i Tabell 19. I tillegg består størstedelen av veden i trelasten av ungdomsved.

Resultatene fra undersøkelsen av tømmer- og trelastkvalitet indikerer at den norske proveniens (CØ1) har noe bedre virkesegenskaper enn de mellom-europeiske proveniensene. Når det gjelder de undersøkte styrkeegenskapene til trelasten ligger disse på et lavt nivå, og her skiller den norske proveniens seg ikke fra de mellom-europeiske. Selv om styrkeegenskapene vil bedre seg noe med økende alder på de undersøkte bestandene, må man forvente at disse vil gi et virke med dårligere tømmer- og trelastkvalitet og med lavere styrkeegenskaper enn det som har vært vanlig frem til i dag.

Tabell 19. Gjennomsnittsverdier for noen karakteristikk og virkesegenskaper målt på hele konstruksjonsdimensjoner av gran fra den foreliggende undersøkelsen (Norsk/ mellomeur.) sammenlignet med andre undersøkelser i Norge.

Materiale	Dimensjon (mm)	Årringbredde (mm)		Basisdensitet (kg/m ³)		E-modul, E ₁₂ (GPa)		Bøyefasthet, σ ₁₂ (MPa)	
		Middel	St.av.	Middel	St.av.	Middel	St.av.	Middel	St.av.
Norsk/ mellomeur.	48x98	5,0	1,2	312	28,3	8,5	1,7	31,9	8,1
Blednings-skog (Fjærtoft 1993)	48x98	1,8	0,6	388	28,7	11,2	1,6	45,0	7,8
Rustad, Ås (Høibø & Eikenes 1991)	50x100	3,9	1,0	332	16	9,6	1,2	34,7	8,0
Vestlandet (Eikenes 1991)	50x100	4,1	1,2	332	35	9,8	2,2	33,7	10,3
Spikkestad, planteavstand 2,25 m (Høibø 1991)	50x100	4,5		334		11,4		39,8	
Nord-Norge (Nagoda 1985)	48x98	3,1	0,8	332	22	9,4	2,1	39,6	9,8

5. Litteratur

- Dietrichson, J., Rognerud, P.A., Haveraaen, O. & Skrøppa, T. 1985. Stem cracks in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Medd. Nor. inst. skogforsk 38(21): 1-32.
- Eikeland, H. & Blingsmo, K.R. 1991. Produksjon hos ulike granprovenienser i fire forsøk i Ringsaker, Hedmark. (Yield in different spruce provenances in four field experiments at Ringsaker, Hedmark). Rapp. Skogforsk 1/91: 1-25.
- Eikenes, B. 1991. Egenskaper hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Vestlandet målt på trelast i hele dimensjoner. (Properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from Western Norway tested on timber in structural sizes). Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 78 pp.
- Eikenes, B., Kucera, B., Fjærtoft, F., Storheim, O.N. & Vestøl, G.I. 1996. Virkeskvalitet i fleraldret skog. (Wood quality from uneven-aged forests). Rapp. Skogforsk 24/95: 1-30.
- Fjærtoft, F. 1993. Virkeskvalitet i bledningsskog - bestemt på prøver av gran i fulle bruksdimensjoner. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 56 pp.
- Foslie, M. 1971. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 3. Styrkeegenskaper for små, feilfrie prøver. (Strength properties of Norwegian spruce. Strength properties of small, clear specimens (*Picea abies* (L.) Karst.). Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelse nr. 42: 1-12.

- Frivold, L.H. & Høibø, O.A. 1996. Utvikling og produksjon i utynnede granplantninger i Vest-Norge - II. Sluttrapport til Utviklingsfondet for skogbruk. Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 25 pp.
- Föreningen Svenska Sågverksmän, Finlands Sågindustrimannaförening, Treindustriens Tekniske Forening 1994. Nordisk Tre - sorteringsregler. 1. opplag.
- Hakkila, P. 1966. Investigations on the basic density of finnish pine, spruce and birch wood. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 61(5): 1-98.
- Hoffmeyer, P. 1979. Vandinholdets betydning for konstruktionstræs styrke og elasticitetsegenskaper. *Nord. Trætidsskr.* 6: 191 - 203.
- Hoffmeyer, P. 1980. The moisture-mechanical property relationship as dependent on wood quality. *Techn. Univers. Denmark, Report no 84/80: 1-31.*
- Høibø, O.A. 1991. Sammenhengen mellom objektivt målbare egenskaper på skurlast og planteavstand hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.). (The relationship between measurable properties on sawn wood and spacing of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.)). Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 27 pp.
- Høibø, O.A. & Eikenes, B. 1991. Egenskaper hos granvirke (*Picea abies* (L.) Karst.) plantet med stort forband. (Properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) planted with wide spacing). Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 33 pp.
- ISO 1975a. Wood - Determination of modulus of elasticity in static bending. ISO no 3349 (E). 3 pp
- ISO 1975b. Wood - Determination of ultimate strength in static bending. ISO no 3133 (E). 2 pp.
- ISO 1975c. Wood - Determination of moisture content for physical and mechanical tests. ISO no 3130 (E). 2 pp.
- Kucera, B. 1974. Mekanisk-fysiske egenskaper hos trematerialer for framstilling av ski. Norges landbrukshøgskole, Institutt for treteknologi, Ås. 51 pp.
- Kucera, B. 1989. Anatomiske og fysiske egenskaper hos granvirke (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Spikkestad. *Aktuelt fra NISK* 1/89: 13-20.
- Kucera, B. 1992. Skandinaviske normer for testing av små, feilfrie prøver av heltre. Skogforsk, Norsk institutt for skogforskning og Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 104 pp.
- Kucera, B. 1994. A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway spruce. *Wood and Fiber Science*, 26(1): 152-167.
- Nagoda, L. 1985. Styrkeegenskaper hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Nord-Norge målt på trelast i hele dimensjoner. (Strength properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from Northern Norway tested on timber in structural sizes). *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 38(17): 1-31.
- Norges Standardiseringsforbund 1988. Kvalitetskrav til trelast for konstruktive formål (utarbeidet av Norges Byggstandardiseringsråd, NBR), NS 3080, 2. utg. 16 pp.
- Norges Standardiseringsforbund 1995. Trekonstruksjoner. Konstruksjonstre og limt laminert tre. Bestemmelse av noen fysiske og mekaniske egenskaper, NS-EN 408, 1. utg. 19 pp.
- Norges Standardiseringsforbund 1997. Nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast, NS-INSTA 142, 1. utg. 27 pp.

- Okstad, T. & Kårstad, H. 1985. Mekaniske egenskaper hos små, feilfrie prøver av granvirke (*Picea abies* (L.) Karst) fra Nord-Norge. (The mechanical properties of spruce wood (*Picea abies* (L.) Karst.) in Northern Norway). Medd. Nor. inst. skogforsk 38(18): 1-47.
- Olesen, P.O. 1976. The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. (Sammenhængen mellom rumtæthed og årringsbredde hos gran). Det Forstlige Forsøgsvæsen i Danmark 34: 339-360.
- Olesen, P.O. 1977. The variation of the basic density level and tracheid width within the juvenile and mature wood of Norway spruce. Forest Tree Improvement Arboretet, Hørsholm. 12: 1-21.
- SAS Institute Inc. 1995. Statistics and Graphics guide. Version 3.1 of JMP. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 593 pp.
- Skrøppa, T. & Dietrichson, J. 1986. Winter damage in the IUFRO 1964/68 provenance experiment with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Medd. Nor. inst. skogforsk 39: 162-183.
- Skrøppa, T. & Magnussen, S. 1993. Provenance variation in shoot growth components of Norway spruce. *Silvae Genetica* 42:111-120.
- Skrøppa, T., Ryen Martinsen, D. & Følstad, A. 1993. Vekst og kvalitet av mellomeuropeiske og norske granprovenienser plantet i Østfold. (Growth and quality of Central European and native Norway spruce provenances planted in Østfold.) Rapp. Skogforsk 7/93: 1-20.
- Sundby, L.H., Rakstang, B.E. & Dietrichson, J. 1991. Proveniens og kvalitet. Norsk Skogbruk 10: 22-23.
- Vestøl, G.I. 1993. Virkeskvalitet i blodningsskog - densitet og årringbredde målt på stammeskiver av gran. Hovedoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 41 pp.
- Walberg, G. 1980. Proveniensenforsøk med gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Tyskland og Norge. (Provenance experiments with Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) from Germany and Norway). Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 59(25): 1-29.
- Zobel, B.J. & van Buijtenen, J.P. 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer-Verlag, Berlin. 363 pp.

Rapport fra skogforskningen

Utkommet 1998:

- 1/98: Johnsen, Ø. (NISK) og Tronstad, S (HINT): Behandling av morplanter før innhøsting av granstiklinger.
I. Effekter av daglengde på rotsetting og vekst av stiklinger.
- 2/98: Fjærtoft, F. Eikenes, B., Flåte, P.O. og Høibø, O.A: Osp som konstruksjonsvirke - sorteringskriterier og styrkeegenskaper.
- 3/98: Eide, B., Hoen, H.Fr., Hofstad, O., Valen, J. S. Y.: Akkumulasjon av død ved i kulturskog - en modellanalyse. *Accumulation of dead wood in managed forests - a model based analysis.*
- 4/98: Magnesen, S.: Forsøk med granarter i høyereliggende strøk på Vestlandet
- 5/98: Berg, I. A. & Aamlid, D. 1998. Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann - Årsrapport 1997. (*Monitoring programme for terrestrial ecosystems. Monitoring of soil water - Annual report 1997.*)
- 6/98: Aamlid, D., Berg, I. A. og Røsberg, O. 1998: Økosystemovervåking av bjørkeskog på Kårstø. *Rapport fra perioden 1994-1997.*
- 7/98: Eid, T. 1998: Langsiktige prognoser og bruk av prestasjonsfunksjoner for å estimere kostnader ved mekanisert drift.
- 8/98: Hoen, H.Fr., Eid, T. og Økseter, P. 1998: Økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk. Resultater på landsbasis.
- 9/98: Eid, T., Hoen, H.Fr., og Økseter, P. 1998: Økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk. Resultater fra noen gårdsskogeierdommer.
- 10/98: Magnesen, S. 1998: Forsøk med contortafuru i utsatte strøk på Vestlandet.
- 11/98: Solbraa, K. 1998: Furu og contortafuru i områder med sterke soppangrep og elgbeite
- 12/98: Dale, Ø., Gjølshj, S., Grønlien, H., Kjøstelsen, L. 1998. Runballepressing av hogstavfall i skogen for uttak av bioenergi - en pilotstudie.
- 13/98: Groeggen, T. 1998. Skogoppsynets flater. Vitalitetsregistreringer 1998 *Forest officers' plots. Vitality survey 1998*
- 14/98: Aamlid, D., Solberg, S., Hysten, G., Tørseth., K. 1998. Skogskader og skogovervåking i Norge. Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 1997 (Forest damage and forest monitoring in Norway - Annual report of The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage 1997)
- 15/98: Øyen, B-H. & Tveite, B. 1998. En sammenligning av høydebonitet og produksjonsevne mellom ulike treslag på samme voksested i Vest-Norge. A comparison of site index class and potential stem volume yield between different tree species growing on equal sites in West Norway
- 16/98: Heggertveit, J. og Solheim, H. 1998. Stubberegistrering av råde i gran etter hogst i kommunene Molde, Nesset og Rauma.

- **Supplement 1:** Eide, B. og Veidahl, A.: Bjørk som alternativ til gran. Lønnsomhetsberegninger for referansebestand i Telemark, Vestfold og Buskerud. *Birch as an alternative to Norway Spruce. Profitability calculations for selected stands in Telemark, Vestfold and Buskerud.*
- **Supplement 2:** Ehnström, B., Annala, E. Austarå, Ø, Harding, S. and Ottosson, J. G.: Insect pests in forests of the Nordic countries 1982-1986.
- **Supplement 3:** Harding, S., Annala, E., Ehnström, B., Halldórsson, G. and Kvamme, T.: Insect pests in forests of the Nordic countries 1987-1990. *Insektskader på skov i de nordiske lande 1987-1990.*
- **Supplement 4:** Storaunet, K.O., Rolstad, J., Gjerde, I. og Rolstad, E.: Nyere skogshistorie og forekomst av utvalgte lav-arter i kystgranskog i Namdalen.
- **Supplement 5:** Nersten, S., Eide, B. og Veidahl, A.: Beregning av korreksjonsfaktorer for inoptimalt treantall, samt optimalt treantall ved planting og regulering
- **Supplement 6:** Hoen, H.Fr., Eid, T., Veisten, K. og Økseter, P.: Økonomiske konsekvenser av tiltak for et bærekraftig skogbruk. Forutsetninger og metodebeskrivelse.