

Egenskaper til trelast med store dimensjoner fra grov gran på Vestlandet



Geir I. Vestøl, Olav A. Høibø, Thea H. Slotnæs og Kjetil Værnes

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 (SKOGFORSK.) 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 SKOGFORSK.

Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til SKOGFORSK.

Redaktør for serien er forskningsdirektør Bjørn R. Langerud, SKOGFORSK.

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, SKOGFORSK.

ISBN 82-7169-969-5
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning
(SKOGFORSK.)
Høgskoleveien 12,
1432 Ås

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

Forsiden: Eksempler på brudd etter testing
av bøyefasthet

Foto: *Olas Håbbø*

Egenskaper til trelast med store dimensjoner fra grov gran på Vestlandet

Geir I. Vestøl, Olav A. Høibø, Thea H. Slotnæs og Kjetil Værnes



Forord

Rapporten presenterer resultatene fra prosjektet "Store dimensjoner av heltre gran fra Vestlandet" som er gjennomført ved NLH, Institutt for skogfag og finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket. En stor andel av grantømmeret fra Vestlandet har stor diameter og det er behov for å finne nye områder å anvende dette tømmeret. Hensikten med dette prosjektet har vært å dokumentere egenskapene til trelast med store dimensjoner.

Olav Taskjelle, Oddbjørn Helland og andre ved Hordaland Skogeigarlag har skaffet tilveie tømmer til prosjektet og sørget for transport av tømmer og trelast. Tømmeret ble skåret av Johannes Heradstveit og tørket hos Byggmakker Huseby. Til prosjektet ble det laget en ny jigg for testing av store dimensjoner. Denne ble konstruert av Tore Ensby ved NLH, Institutt for tekniske fag og ble bygget samme sted. Bjørn Slette og Hans Willåsen deltok i feltarbeidet og i testingen. Deler av materialet ble bearbeidet og beskrevet av Thea H. Slotnæs og Kjetil Værnes som deres hovedfagsoppgaver. Forfatterne takker alle som har bidratt til at arbeidet har latt seg gjennomføre.

NLH, april 2001

Geir I. Vestøl
Prosjektleder

Sammendrag

GEIR I. VESTØL, OLAV A. HØIBØ, THEA H. SLOTNÆS OG KJETIL VÆRNES, 2001. Rapport fra skogforskningen 1/01:1-27. Egenskaper til trelast med store dimensjoner fra grov gran på Vestlandet.

Hensikten med arbeidet var å dokumentere egenskapene til trelast med store dimensjoner fra grov gran på Vestlandet.

Årringbredde, tørrdensitet, densitet ved 12% fuktighet, elastisitetsmodul og skjærmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet ble registrert på 89 planker med dimensjon 75x250 mm og 39 planker med dimensjon 100x350 mm. Materialet stammet fra to bestand av gran plantet i Kvam og i Granvin, og ett bestand av naturlig gran i Voss. Prøvetrærne ble tatt ut blant de medherskende trærne på alle tre feltene og blant de dominerende trærne på feltene i Voss og Kvam. Fra de medherskende trærne ble det tatt ut to margplanker med dimensjon 75x250 mm. Fra de dominerende trærne ble det tatt ut to margplanker med dimensjon 100x350 mm og to yteplanker med dimensjon 75x250 mm.

For trelasten med dimensjon 100x350 mm var gjennomsnittlig årringbredde 3,34 mm, gjennomsnittlig tørrdensitet var 368 kg/m³ og gjennomsnittlig densitet ved 12 % fuktighet var 394 kg/m³. Statistiske bøyetester viste at gjennomsnittlig elastisitetsmodul var 10,6 GPa, gjennomsnittlig skjærmodul var 804 MPa og gjennomsnittlig bøyefasthet var 33,3 MPa for trelasten med denne dimensjonen.

For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig årringbredde 2,72 mm, gjennomsnittlig tørrdensitet var 385 kg/m³ og gjennomsnittlig densitet ved 12 % fuktighet var 405 kg/m³. Statistiske bøyetester viste at gjennomsnittlig elastisitetsmodul var 12,5 GPa, gjennomsnittlig skjærmodul var 994 MPa og gjennomsnittlig bøyefasthet var 44,0 MPa for trelasten med denne dimensjonen.

Variasjonene i tørrdensitet, elastisitetsmodul, skjærmodul og bøyefasthet var i stor grad relatert til forskjellen mellom dominerende og medherskende trær. Gjennomsnittlig bøyefasthet var 10,3 MPa lavere for yteplankene fra de dominerende trærne enn for margplankene fra de medherskende trærne fra de samme feltene. Elastisitetsmodulen var den målbare størrelsen som best forklarte bøyefastheten, mens tørrdensitet gav noe lavere forklaringsgrad.

Forskjellene i bøyefasthet og elastisitetsmodul mellom bestand var relativt små, og de var relatert til variasjoner i tørrdensitet. Det var svak sammenheng mellom årringbredde og tørrdensitet som kun var signifikant innenfor bestand. Resultatene viste bl.a. at forskjellene i bøyefasthet, elastisitetsmodul og tørrdensitet mellom materialene fra Kvam og fra Voss var små til tross for at det var betydelig lavere årringbredde i materialet fra Voss. Variasjonene i skjærmodul var store og tilfeldige og var bare i liten grad knyttet til de andre egenskapene.

Ved sortering etter NS-INSTA 142 ble nedre 5% fraktil av bøyefastheten til kvalitetsklasse T3 undervurdert, mens nedre 5% fraktil av bøyefastheten til kvalitetsklasse T2 var som forventet. Sortering av 100x350 mm viste at standarden ikke er tilpasset så store dimensjoner. Av kravene til kvist i standarden var det ikke mulig å skille mellom kvalitetsklassene T2 og T3. Nedre 5% fraktil av disse klassene samlet var tilnærmet det man skulle forvente for kvalitetsklasse T2. Disse resultatene er imidlertid usikre siden materialet var for lite til å beregne karakteristiske verdier for kvalitetsklassene i henhold til NS-EN 384.

Selv om materialet i denne undersøkelsen var for lite til å utvikle sorteringsmetoder for trelast med store dimensjoner, viser resultatene at egenskapene til trelasten fra de medherskende trærne er så vidt gode at det vil kunne være et godt supplement til limtre og stål i bærende konstruksjoner. Den relativt store forskjellen i egenskapene til trelasten fra de dominerende og fra de medherskende trærne viser imidlertid at tynningen vil være avgjørende for utviklingen av egenskapene til trelasten. Ved å satse på de medherskende trærne fremfor de dominerende vil man over tid kunne oppnå gode egenskaper på enda større dimensjoner enn det man kan i dag.

Nøkkelord: Gran, *Picea abies* (L.) Karst, store dimensjoner, årringbredde, densitet, elastisitetsmodul, skjærmodul, bøyefasthet, sortering av trelast

Innhold

1	Innledning	5
2	Materiale og metode	6
	2.1 Prøvemateriale	6
	2.2 Visuell styrkesortering	8
	2.3 Registrering av fysiske og mekaniske egenskaper	8
	2.4 Statistiske analyser	9
3	Resultater	10
	3.1 Visuell styrkesortering etter NS-INSTA 142	10
	3.2 Årringbredde	11
	3.3 Densitet	12
	3.4 Elastisitetsmodul ved statisk bøyning (E_{12})	14
	3.5 Skjærmodul ved statisk bøyning (G_{12})	16
	3.6 Statisk bøyefasthet (σ_{12})	17
	3.7 Egenskaper til trelast sortert etter NS-INSTA 142	19
4	Diskusjon	22
	4.1 Sammenligning med tidligere undersøkelser	22
	4.2 Variasjon i styrkeegenskaper	23
	4.3 Styrkesortering	24
	4.4 Konklusjon	25
5	Referanser	26

1. Innledning

Bortsett fra noen få små forekomster og en litt større forekomst på Voss er utbredelsen av gran på Vestlandet i dag et resultat av skogreisning. Skogreisningen på Vestlandet startet tidlig på 1900-tallet, men var relativt begrenset før 1950. Tanken bak skogreisningen var å utnytte de gode bonitetene til å produsere tømmer med relativt kort omløpstad. Estetiske hensyn og leplanting var også argumenter bak skogreisningen. Den høye tilveksten medfører at trærne oppnår store dimensjoner på relativt kort tid. Tabell 1 viser at det på Vestlandet finnes betydelige volum av tømmer med diameter i brysthøyde over 45 cm, og at andelen av dette tømmeret er tilnærmet dobbelt så stort som for østlandsfylkene Østfold, Akershus, Oslo og Hedmark (Tomter 1990a, 1990b, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1994, 2000).

Tabell 1. Produktivt skogareal og stående volum av gran på Vestlandet og noen fylker på Østlandet. (Data fra Tomter 1990a, 1990b, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1994, 2000).

Region	Taktperiode	Produktiv skog (1000 ha)		Gran i hogstklasse 1-5, alle boniteter		
		Totalt	Gran- dominert, hogstkl. 2-5	Volum u.b. (1000 m ³)		Andel av volum med DBH>45 cm
				Totalt	Med DBH >45 cm	
Rogaland, Hordaland , Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal	1990-1993	917	135	12 609	661	5,2 %
	1994-1998	943	146	17 172	730	4,3 %
Østfold, Akershus/ Oslo, Hedmark	1986-1989	1 868	864	88 012	1 377	1,6 %
	1994-1998	1 908	820	92 895	2 051	2,2 %

I følge tømmermålingsreglementet er største tillatte diameter under bark ved levering av sagtømmer her til lands 60 cm (Fellesutvalget for Norsk Tømmermåling 1998). Ved Granvin bruk i Hordaland aksepteres imidlertid tømmer med diameter inntil 70 cm, men en del av det grove tømmeret fra Vestlandet eksporteres likevel som finertømmer til Sverige. Denne eksporten utgjorde 7% av tømmeret som ble omsatt gjennom Hordaland Skogeigarlag i 1999 (Taskjelle 2000).

Flere undersøkelser av styrkeegenskapene til gran fra Vestlandet har vist at disse er svært varierende. Foslie (1985) konkluderte med at gran fra Vestlandet ikke holdt mål som konstruksjonsvirke, mens Eikenes (1991) fant at sortering etter NS 3080, 2. utgave (Norges standardiseringsforbund 1988) ikke ga tilfredsstillende resultat med hensyn til bøyefasthet og elastisitetmodul uten at det ble stilt tilleggskrav til årringbredden. I samme undersøkelsen ble det også funnet at gran fra Vestlandet

hadde betydelig lavere densitet og betydelig høyere årringbredde enn tilsvarende trelastdimensjoner fra Østlandet.

Perstorper (1989) undersøkte styrkeegenskaper og sorteringsutfall til trelast med stor dimensjon fra overgrov gran i Sverige. Han konkluderte med at visuelt sortert grovt virke ikke oppfylte de normerte kravene. Med overgrovt tømmer mener sagbrukene i Sverige stokker som overstiger 34 cm i toppdiameter. Disse stökkene medfører med vanlige oppdelingsprinsipper høyere kostnader og dermed redusert lønnsomhet ved skur. Senere har det kommet frem at store trelastdimensjoner fra overgrov gran har tilfredsstillende mekaniske egenskaper, særlig trelast fra sentvoksende skog (Perstorper et al. 1994). Det dårlige ryktet som har fulgt store trelastdimensjoner skyldes at både visuell og maskinell sortering undervurderer styrkeegenskapene hos denne trelasten (Perstorper et al. 1994).

Det er ikke vanlig å bruke heltre til dimensjoner større enn 50x200 mm i Norge i dag. Ved frie spenn på over 4-5 meter brukes gjerne stål, betong eller limtre. Dette er relativt dyre materialer som har meget gode styrkeegenskaper. For å bruke store dimensjoner av heltre trenger man dokumentasjon av styrkeegenskapene, og man trenger å utvikle metoder for styrkesortering. For slanke bjelker er det tilstrekkelig å ta hensyn til normale spenninger for å beregne deformasjonen, mens for korte bjelker vil skjærspenninger også bidra til den totale deformasjonen (Aune 1992). Hensikten med dette arbeidet er å undersøke egenskapene til trelast med dimensjon 75x250 mm og 100x350 mm skåret av grov gran fra Vestlandet.

2. Materiale og metode

2.1. Prøvemateriale

Materialet til undersøkelsen ble hentet fra tre bestand av vanlig gran (*Picea abies*) i Hordaland fylke, ett bestand fra hver av kommunene Voss, Kvam og Granvin. Utgangspunktet for valg av bestand var at de skulle inneholde tilstrekkelig antall trær til å velge ut 10 trær med diameter i brysthøyde mellom 55 og 66 cm, og 10 trær med diameter i brysthøyde mellom 39 og 44 cm. De to bestandene i Kvam og Granvin var plantet med gran av ukjent proveniens, mens bestandet i Voss var fra den naturlige forekomsten av gran som finnes der. Felt- og bestandsdata er presentert i Tabell 2.

Tabell 2. Felt- og bestandsdata.

Felt	H.o.h. (m)	Bonitet	Alder (år)	DBH (cm)	
				Gj.snitt	Std.avvik
Voss	425-450	G20	126	37,3	10,5
Kvam	30	G26	81	38,7	13,7
Granvin	125	G26	82	39,8	10,6

Innen hvert felt ble det valgt ut et område med minimum 150 trær hvor diameter i brysthøyde ble registrert på alle trærne. Fordelingene av diameter i brysthøyde er presentert i Figur 1, mens gjennomsnitt og standardavvik er presentert i Tabell 2. Det viste seg at det ble nødvendig å gå utover diameterintervallene som var angitt for å få tilstrekkelig antall prøvetrær. Utvalget fra bestandene i Kvam og i Voss ble tatt fra diameterintervallene 36-45 cm og 54-69 cm. Kantrær og frittstående trær

med ekstrem kvistsetting inne i bestandet ble unngått. Trærne med diameter i brysthøyde mellom 36 og 45 cm ble delt inn i fem diameterklasser med like mange trær i hver klasse, og det ble trukket tilfeldig to trær fra hver klasse. Disse representerte de medherskende trærne i bestandene. Trærne med diameter mellom 54 og 69 cm ble delt inn i to diameterklasser med like mange trær i hver klasse, og det ble trukket tilfeldig 5 trær fra hver klasse. Disse representerte de dominerende trærne i bestandene.

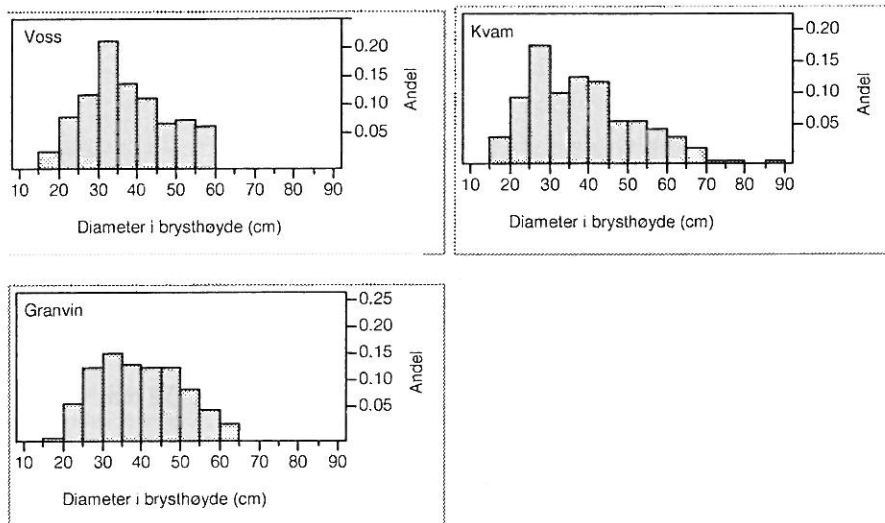


Fig. 1. Fordeling av diameter i brysthøyde for hvert bestand i undersøkelsen.

Fra bestandet i Granvin ble det kun tatt ut 10 trær med diameter mellom 44 og 51 cm. Dette utvalget ble behandlet som medherskende trær i den videre analysen selv om de representerte et høyere diameterintervall i bestandet enn det som var tilfelle for de medherskende trærne fra Voss og Kvam. Gjennomsnittlig diameter i brysthøyde for dette bestandet var tilnærmet lik de andre bestandene (Tabell 2), men de største trærne var lokalisert i kanten av bestandet og hadde relativt stor avsmaling og grov kvist. Siden avsmalingen var stor, var det ikke mulig å oppnå tilstrekkelig toppdiameter til å skjære det uttaket som var planlagt fra den største tømmerdimensjonen.

Prøvematerialet ble skåret fra rotstokkene til prøvetrærne. Rotstokkene fra de medherskende trærne ble kappet 5 m lange. Fra disse ble det tatt ut to margplanker med dimensjon 75x250 mm (Figur 2). Fra de dominerende trærne ble det tatt ut 7 m lange rotstokker som ble skåret til to margplanker med dimensjon 100x350 mm og to yteplanker med dimensjon 75x250 mm (Figur 2). Yteplankene ble kappet i toppenden slik at de ble 5 m lange. Like over hver rotstokk ble det tatt ut en stamme-skive hvor årringbredden til alle årringene ble registrert.

Siden avsmalingen på tømmeret var større enn antatt, var det ikke mulig å ta ut det planlagte uttaket fra alle stokkene. Dette gjaldt særlig for materialet fra Voss

hvor det manglet fire margplanker med dimensjon 75x250 mm fra de medherskende trærne, én margplanke med dimensjon 100x350 mm og fire yteplanker med dimensjon 75x250 mm fra de dominerende trærne. I materialet fra Kvam manglet det to yteplanker med dimensjon 75x250 mm fra de dominerende trærne.

Trelasten ble tørket i vakuomtørke til antatt fuktighet på 12 %. Deretter ble trelasten med dimensjon 75x250 mm lagt til klimatisering i testlaboratorium med temperatur 20 °C og 65% relativ fuktighet i tre uker før testingen startet. Fuktigheten ved testing varierte fra 11,0 % til 19,7 %, gjennomsnittet var 14,6 % og standardavviket var 1,2%. Trelasten med dimensjon 100x350 mm ble lagret ni måneder i et lokale uten klimastyring før testing. Fuktigheten ved testing varierte mellom 11,1% og 13,8 %, gjennomsnittet var 12,4% og standardavviket var 0,67%.

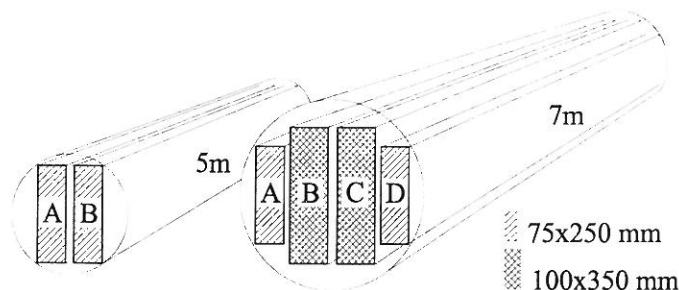


Fig 2. Uttak av trelast fra prøvematerialet.

2.2. Visuell styrkesortering

Alle plankene ble visuelt sortert etter NS-INSTA 142 (Norges Standardiseringsforbund 1997). Plankene ble også tildelt en kvalitetsklasse hvor man kun tok hensyn til kvist som nedklassingsårsak. Gjennomsnittlig årringbredde for den enkelte planke ble målt i toppenden av planken som beskrevet i NS-INSTA 142.

Sorteringsstandarden NS-INSTA 142 er i utgangspunktet ikke beregnet på sortering av så store dimensjoner som dette prosjektet har tatt for seg. En konsekvens av dette var at flatsidekvist på trelast med dimensjon 100x350 mm i enkelte tilfeller ble godtatt i kvalitetsklasse T3, men ikke i kvalitetsklasse T2. Dette skyldes at begrensningen for kviststørrelse i T3 kun er satt til en andel av bredden, mens det for T2 også er satt en absolutt øvre grense. På grunn av dette ble kvalitetsklassene T2 og T3 slått sammen ved sortering av trelasten med dimensjon 100x350 mm.

2.3. Registrering av fysiske og mekaniske egenskaper

Elastisitetsmodul og skjærmodul ved statisk bøyning og statisk bøyefasthet ble testet i henhold til NS-EN 408 (Norges Standardiseringsforbund 1995a). På grunn av vankant ble seks av plankene med dimensjon 75x250 mm kortet inn til 4 m og testet med avstand mellom opplagringspunktene lik 15 ganger dimensjonshøyden. For de øvrige plankene var avstand mellom opplagringspunktene lik 18 ganger dimensjonshøyden.

Siden trelasten ikke var justert, ble dimensjonen registrert tre steder langs planken i henhold til NS-EN 408. Posisjonene var midt på planken og i avstand tre ganger dimensjonshøyden fra hver av endene. Gjennomsnitt og standardavvik til trelastens dimensjoner er presentert i Tabell 3. Ved beregning av de mekaniske egenskapene ble det benyttet gjennomsnittlig tykkelse og bredde for hver enkelt planke.

Tabell 3. Dimensjoner på testet trelast.

Nominell dimensjon	N	Tykkelse (mm)		Bredde (mm)	
		Gj.snitt	Std.avvik	Gj.snitt	Std.avvik
100x350	39	100,2	1,88	351,2	2,84
75x250	89	75,9	1,59	250,4	2,42

Skjærmodul ved statisk bøyning ble beregnet fra registrering av elastisitetsmodul ved statisk bøyning med ettpunkts belastning og med topunkts belastning som angitt i NS-EN 408. Trelasten med dimensjon 75x250 mm ble testet i en Instron universal testemaskin, modell 1185 hvor belastningen ble påført med konstant hastighet ved hjelp av en skrue, mens trelasten med dimensjon 100x350 mm ble testet i en større testejeigg med hydraulisk påføring av belastningen i konstant hastighet. En mer detaljert beskrivelse av testingen er presentert i NS-EN 408 og Slotnæs & Værnes (2000).

Alle testresultatene ble justert til 12 % fuktighetsinnhold. Elastisitetsmodul og skjærmodul ble justert i henhold til NS-EN 384 (Norges Standardiseringsforbund 1995b), mens bøyefasthet ble justert i henhold til Høibø (1991) basert på Hoffmeyer (1979; 1980). Fuktighet og densitet (ρ_0 og ρ_{12}) ble registrert på prøver som dekket halve tverrsnittet av planken og som ble tatt ut så nær bruddstedet som mulig. Densitet (ρ_{12}) ble justert til 12% fuktighet etter SKANORM 4 (Kucera 1992).

2.4. Statistiske analyser

Egenskapene til trelasten med dimensjon 75x250 mm ble analysert som toveis variansanalyse med felt og planketype som forklaringsvariabler. Planketype var i denne analysen konfundert med treet's dimensjon siden 75x250 mm ble tatt ut som margplank fra de medherskende trærne og som yteplank fra de dominerende trærne. Dette betyr at man ikke kunne skille effekten av planketype fra forskjellen mellom medherskende og dominerende trær. Disse analysene omfattet kun materialet fra Voss og Kvam siden det ikke ble tatt ut 75x250 mm som yteplank av materialet fra Granvin. Egenskapene til margplankene fra de medherskende trærne fra alle tre feltene ble sammenlignet ved enveis variansanalyse.

Egenskapene til trelasten med dimensjon 100x350 mm ble analysert som enveis variansanalyse med felt som forklaringsvariabel. Egenskapene til denne trelasten ble også sammenlignet med egenskapene til trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut som margplank av de medherskende trærne fra de samme feltene, og med trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut som yteplank fra de samme stokkene hvor trelasten med dimensjon 100x350 mm ble tatt ut som margplank. Også i denne analysen var planketype konfundert med forskjellen mellom dominerende og medherskende trær.

Det ble gjennomført enkle regresjonsanalyser av sammenhengene mellom egenkapene til trelasten. Forskjeller mellom kvalitetsklassene sortert etter NS-INSTA 142 ble testet med enveis variansanalyse.

De statistiske analysene ble utført ved hjelp av programvaren JMP versjon 4.0.0. (SAS Institute Inc. 2000). Signifikansnivået i de statistiske testene var 0,05.

3. Resultater

3.1. Visuell styrkesortering etter NS-INSTA 142

Sorteringsutfallet ved visuell sortering etter NS-INSTA 142 er presentert i Tabell 4. 64 % av trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble nedklasset til T2 eller T1 hadde kantkvist som nedklassingsårsak. Tennar, gankvist og vankant var nedklassingsårsak for 29% hver av trelasten som ble nedklasset til T0, mens vankant var nedklassingsårsak for all trelasten som ble vraket.

Flatsidekvist var hyppigere nedklassingsårsak enn kantkvist på trelasten med dimensjon 100x350 mm. 60% av trelasten som ble nedklasset til T1 hadde flatsidekvist som nedklassingsårsak. Vankant, tennar og gankvist var nedklassingsårsak for 29% hver av trelasten som ble sortert til T0, mens 86% av trelasten som ble vraket hadde vankant som nedklassingsårsak. Utfallet av sortering kun etter krav til kvist i NS-INSTA 142 er presentert i Tabell 5. Ingen av plankene ble vraket når trelasten ble sortert kun etter krav til kvist.

En stor del av trelasten som var nedklasset til T0 eller Vrak på grunn av vankant eller tennar (Tabell 4) ble i denne sorteringen sortert til klasse T2 eller høyere (Tabell 5). Dette var den viktigste forskjellen mellom de to sorteringene og gjaldt for begge dimensjonene.

Tabell 4. Sorteringsutfall for trelast sortert etter NS-INSTA 142 med hensyn til alle feil.

Trelastdimensjon		Antall observasjoner i de ulike kvalitetsklassene ved sortering etter NS-INSTA 142				
		T3	T2	T1	T0	Vrak
75x250	N	26	35	13	13	3
	%	28,9	38,9	14,4	14,4	3,3
100x350	N	20		5	7	7
	%	51,3		12,8	17,9	17,9

Tabell 5. Sorteringsutfall for trelast sortert kun etter krav til kvist i NS-INSTA 142.

Trelastdimensjon		Antall observasjoner i de ulike kvalitetsklassene ved sortering etter krav til kvist i NS-INSTA 142.				
		T3	T2	T1	T0	Vrak
75x250	N	47	27	15	1	0
	%	52,2	30,0	16,7	1,1	0
100x350	N	30		6	3	0
	%	76,9		15,4	7,7	0

3.2. Årringbredde

Figur 3 viser utvikling av gjennomsnittlig årringbredde fra margen mot stammens overflate på stammeskiver tatt ut like over rotstokken

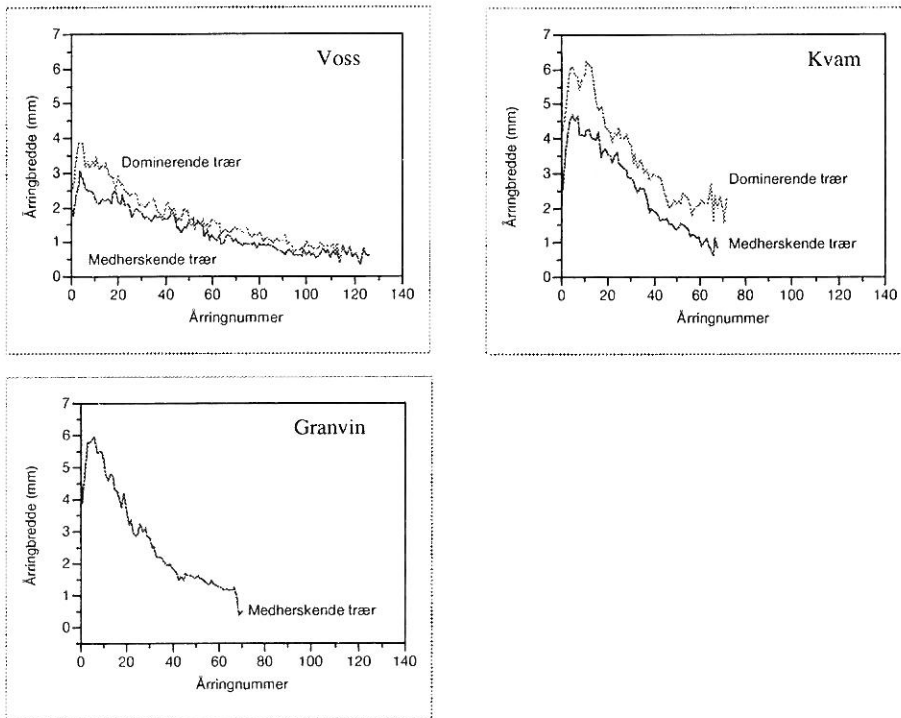


Fig. 3. Gjennomsnittlig årringbredde registrert på stammeskiver 8 m over rotavskjær for dominerende trær og 5 m over rotavskjær for medherskende trær.

Gjennomsnittlig årringbredde registrert i henhold til NS-INSTA 142 i toppenden av trelasten med dimensjon 100x350 mm var 3,34 mm og standardavviket var 1,31 mm. For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig årringbredde i toppenden av plankene 2,72 mm og standardavviket var 1,09 mm. Gjennomsnitt og standardavvik for hver kombinasjon av dimensjon, felt og planketype er presentert i Tabell 6.

Enveis variansanalyse viste at gjennomsnittlig årringbredde til margplankene med dimensjon 75x250 mm var signifikant forskjellig mellom feltene (DF=2-53, F=39,0, $p < 0,0001$). Students t-test viste at gjennomsnittsverdien til materialet fra Voss var signifikant lavere enn gjennomsnittsverdiene til materialene fra Kvam og fra Granvin.

Tabell 6. Gjennomsnittlig årringbredde i toppenden av plankene registrert i henhold til NS-INSTA 142.

Dimensjon	Felt	Planketype	Antall	Årringbredde (mm)	
				Gjennomsnitt	Standardavvik
75x250	Voss	Margplank	16	1,63	0,28
		Yteplank	16	1,58	0,33
		Alle plank	32	1,60	0,30
	Kvam	Margplank	20	3,21	0,68
		Yteplank	18	3,39	1,06
		Alle plank	38	3,30	0,87
	Granvin	Margplank	20	3,42	0,81
100x350	Voss	Margplank	19	2,16	0,37
	Kvam	Margplank	20	4,45	0,78

Toveis variansanalyse av årringbredde til trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Voss og Kvam med planketype og felt som forklaringsvariabler viste signifikante forskjeller (DF=2-67, F=54,5, p<0,0001). T-test av faktorene i modellen viste at årringbredden til trelasten fra Voss var signifikant lavere enn årringbredden til trelasten fra Kvam (p<0,0001), mens det ikke var signifikant forskjell mellom margplanker og yteplanker (p=0,6438). Toveis variansanalyse hvor også kryssleddet mellom felt og planketype inngikk i modellen viste at forskjellen mellom felt ikke var signifikant avhengig av planketype (p=0,4941).

Gjennomsnittlig årringbredde til trelasten med dimensjon 100x350 mm fra Kvam var signifikant høyere enn gjennomsnittlig årringbredde til trelasten med tilsvarende dimensjon fra Voss (DF=1-37, F=133,4, p<0,0001). Gjennomsnittlig årringbredde til margplankene med dimensjon 100x350 mm var signifikant høyere enn gjennomsnittlig årringbredde til yteplankene med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut fra de samme stokkene. Forskjellen var imidlertid mindre enn forskjellen mellom margplankene fra de medherskende trærne og margplankene fra de dominerende trærne.

3.3. Densitet

Gjennomsnittlig densitet ved 12% fuktighet (ρ_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm var 405 kg/m³, standardavviket var 39 kg/m³ og nedre 5% fraktil i henhold til NS-EN 384 (Norges Standardiseringsforbund 1995b) var 341 kg/m³. Gjennomsnittlig densitet (ρ_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var 394 kg/m³, standardavviket var 27 kg/m³ og nedre 5% fraktil i henhold til NS-EN 384 (Norges Standardiseringsforbund 1995b) var 349 kg/m³.

Gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var 368 kg/m³ og standardavviket var 26 kg/m³. For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig tørrdensitet 385 kg/m³ og standardavviket var 38 kg/m³.

I Tabell 7 er gjennomsnitt og standardavvik for densitet (ρ_{12}) og tørrdensitet (ρ_0) presentert for hver kombinasjon av dimensjon, felt og planketype.

Tabell 7. Tørrdensitet (ρ_0) og densitet ved 12% fuktighet (ρ_{12}).

Dimensjon	Felt	Planketype	Antall	Tørrdensitet, ρ_0 (kg/m ³)		Densitet, ρ_{12} (kg/m ³)	
				Gjennomsnitt	Std.-avvik	Gjennomsnitt	Std.-avvik
75x250	Voss	Margplank	16	382	34	401	33
		Yteplank	16	379	28	399	28
		Alle plank	32	381	31	400	30
	Kvam	Margplank	20	408	38	431	41
		Yteplank	17	395	40	415	40
		Alle plank	37	402	39	424	41
Granvin	Margplank	20	359	30	378	30	
100x350	Voss	Margplank	19	368	25	394	25
	Kvam	Margplank	20	367	27	394	30

Gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) til margplankene med dimensjon 75x250 mm var signifikant forskjellig mellom materialene fra de tre feltene (DF=2-53, F=10,36, p=0,0002). Parvise t-tester viste at tørrdensiteten til materialet fra Kvam var signifikant høyere enn tørrdensiteten til materialene fra Voss og Granvin, og at tørrdensiteten til materialet fra Voss var signifikant høyere enn tørrdensiteten til materialet fra Granvin.

Toveis variansanalyse av tørrdensitet (ρ_0) til trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Voss og Kvam med planketype og felt som forklaringsvariabler viste signifikante forskjeller (DF=2-66, F=3,64, p=0,0318). T-tester av faktorene i modellen viste at margplankene fra de medherskende trærne hadde signifikant høyere tørrdensitet (ρ_0) enn yteplankene fra de dominerende trærne (p=0,0170), mens det ikke ble funnet signifikant effekt av felt (p=0,3063). Toveis variansanalyse hvor også kryssleddet mellom planketype og felt inngikk i modellen viste at forskjellen mellom margplankene fra de medherskende trærne og yteplankene fra de dominerende trærne ikke var signifikant avhengig av felt (p=0,5481).

Gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var ikke signifikant forskjellig mellom materialet fra Voss og materialet fra Kvam (DF=1-37, F=0,011, p=0,9180). Margplankene med dimensjon 100x350 mm fra de dominerende trærne hadde signifikant lavere gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) enn margplankene med dimensjon 75x250 mm fra de medherskende trærne (DF=1-73, F=15,14, p=0,0002). Gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var også signifikant lavere enn gjennomsnittlig tørrdensitet (ρ_0) til yteplankene med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut fra de samme stokkene (DF=1-70, F=7,25, p=0,0089). Forskjellen var imidlertid mindre enn forskjellen mellom margplankene fra de medherskende trærne og margplankene fra de dominerende trærne (Tabell 7).

Det var ikke signifikant sammenheng mellom tørrdensitet (ρ_0) og årringbredde for noen av de to dimensjonene når man analyserte alle feltene samlet (75x250 mm: N=88, p=0,3797; 100x350 mm: N=39, p=0,6185). Kovariansanalyse av tørrdensitet (ρ_0) mellom felt med årringbredde som kovariat viste at det var signifikant effekt av årringbredde innen feltene og at sammenhengen varierte mellom feltene (DF=3-123, F=11,44, p<0,0001). Enkle regresjonsanalyser av hvert felt viste at det var signifikant effekt av årringbredde i materialene fra Kvam og Voss, men ikke i

materialet fra Granvin (Figur 4). Dette skyldes sannsynligvis at det fra feltet i Granvin kun ble tatt medherskende trær med relativt liten variasjon i årringbredde. Statistiske data fra regresjonsanalysene er presentert i Tabell 8.

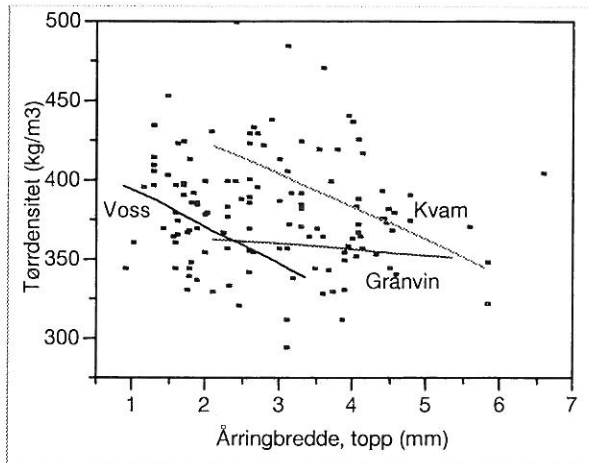


Fig.4. Lineær regresjon av sammenhengen mellom tørrdensitet og årringbredde

Tabell 8. Statistiske data fra enkel lineær regresjonsanalyse av tørrdensitet.

Felt	Forklaringsvariabel	N	RMSE (kg/m ³)	R ²	p>t
Voss	Årringbredde	51	27,9	0,116	0,0144
Kvam	Årringbredde	56	34,6	0,218	0,0003
Granvin	Årringbredde	20	31,0	0,01	0,6722

3.4. Elastisitetsmodul ved statisk bøyning (E_{12})

Gjennomsnittlig elastisitetsmodul (E_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var 10,6 GPa og standardavviket var 1,40 GPa. For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig elastisitetsmodul (E_{12}) 12,5 GPa og standardavviket var 2,57 GPa. Gjennomsnitt og standardavvik for hver kombinasjon av dimensjon, felt og planketype er presentert i Tabell 9.

Gjennomsnittlig elastisitetsmodul (E_{12}) til margplankene med dimensjon 75x250 mm var signifikant forskjellig mellom materialene fra de tre feltene (DF= 2-53, F=8,41, p=0,0007). Parvise t-tester viste at gjennomsnittlig elastisitetsmodul til materialet fra Kvam var signifikant høyere enn gjennomsnittsverdiene til materialene fra Voss og Granvin.

Tabell 9. Elastisitetmodul ved statisk bøying (E_{12}).

Dimensjon	Felt	Planketype	Antall	Elastisitetmodul, E_{12} (GPa)	
				Gjennomsnitt	Standardavvik
75x250	Voss	Margplank	16	12,8	1,82
		Yteplank	16	10,9	1,84
		Alle plank	32	11,8	2,04
	Kvam	Margplank	20	14,5	2,60
		Yteplank	18	12,3	2,28
		Alle plank	38	13,5	2,68
Granvin	Margplank	20	11,7	1,96	
100x350	Voss	Margplank	19	10,2	1,33
	Kvam	Margplank	20	10,9	1,40

Toveis variansanalyse av elastisitetmodul (E_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Voss og Kvam med planketype og felt som forklaringsvariabler viste signifikante forskjeller (DF=2-67, F=12,99, $p < 0,0001$). T-test av faktorene i modellen viste at gjennomsnittlig elastisitetmodul (E_{12}) til margplankene fra de medherskende trærne var signifikant høyere enn gjennomsnittlig elastisitetmodul til yteplankene fra de dominerende trærne ($p=0,0001$) og at det var signifikant høyere elastisitetmodul i materialet fra Kvam enn i materialet fra Voss ($p=0,0039$). Effekten av felt var relativt liten i forhold til forskjellen mellom yteplankene fra de dominerende trærne og margplankene fra de medherskende trærne. Toveis variansanalyse hvor også kryssleddet mellom planketype og felt inngikk i modellen viste at forskjellen mellom yteplankene fra de dominerende trærne og margplankene fra de medherskende trærne ikke var signifikant avhengig av felt ($p=0,7105$).

Gjennomsnittlig elastisitetmodul (E_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var ikke signifikant forskjellig mellom materialet fra Voss og materialet fra Kvam (DF=1-37, F=2,63, $p=0,1132$). Enveis variansanalyse viste at gjennomsnittlig elastisitetmodul (E_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var signifikant lavere enn gjennomsnittlig elastisitetmodul (E_{12}) til margplankene med dimensjon 75x250 mm fra de medherskende trærne fra de samme feltene (DF=1-73, F=49,2, $p < 0,0001$). Gjennomsnittlig elastisitetmodul (E_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var også signifikant lavere enn elastisitetmodulen (E_{12}) til yteplankene med dimensjon 75x250 som ble tatt ut fra de samme stakkene (DF=1-71, F=5,89, $p=0,0178$). Forskjellen var imidlertid mindre enn forskjellen mellom margplankene fra de medherskende trærne og margplankene fra de dominerende trærne (Tabell 9).

Elastisitetmodulen (E_{12}) økte signifikant med økende tørrdensitet (ρ_0) for begge dimensjonene av trelast (Figur 5). Det ble ikke funnet signifikant sammenheng mellom elastisitetmodul (E_{12}) og årringbredde for noen av dimensjonene. Statistiske data fra de lineære regresjonsanalysene er presentert i Tabell 10. Kovariansanalyse av elastisitetmodulen (E_{12}) viste at effekten av tørrdensitet (ρ_0) var signifikant forskjellig mellom de to dimensjonene (DF=2-125, F=67,01, $p < 0,0001$). Effekten av dimensjon var relativt liten i forhold til effekten av tørrdensitet (ρ_0).

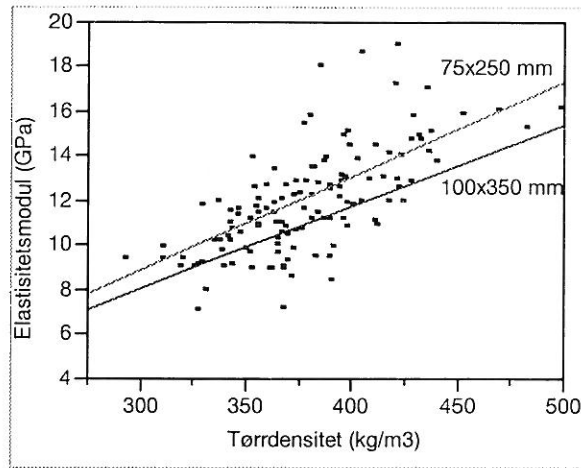


Fig. 5. Lineær regresjon av sammenhengen mellom elastisitetsmodul og tørrdensitet.

Tabell 10. Statistiske data fra enkel lineær regresjonsanalyse av elastisitetsmodul.

Dimensjon	Forklaringsvariabel	N	RMSE (GPa)	R ²	p>t
75x250	Årringbredde	89	2,44	0,0002	0,8879
	Tørrdensitet (ρ_0)	89	1,85	0,430	<0,0001
100x350	Årringbredde	39	1,37	0,057	0,1426
	Tørrdensitet (ρ_0)	39	1,04	0,462	<0,0001

3.5. Skjærmodul ved statisk bøyning (G_{12})

Gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var 804 MPa og standardavviket var 166 MPa. For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) 994 MPa og standardavviket var 283 MPa. Gjennomsnitt og standardavvik til hver kombinasjon av dimensjon, felt og planketype er presentert i Tabell 11.

Tabell 11. Skjærmodul ved statisk bøyning (G_{12}).

Dimensjon	Felt	Planketype	Antall	Skjærmodul, G_{12} (MPa)	
				Gjennomsnitt	Standardavvik
75x250	Voss	Margplank	16	909	105
		Yteplank	16	990	307
		Alle plank	32	950	230
	Kvam	Margplank	20	1015	288
		Yteplank	18	1095	385
		Alle plank	38	1053	335
Granvin	Margplank	20	955	243	
100x350	Voss	Margplank	19	780	184
	Kvam	Margplank	20	826	148

Gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til margplankene med dimensjon 75x250 mm var ikke signifikant forskjellig mellom materialene fra de tre feltene (DF=2-53, F=0,95, p=0,3940).

Toveis variansanalyse av gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Voss og Kvam med planketype og felt som forklaringsvariabler viste ikke signifikante forskjeller (DF=2-67, F=1,76, p=0,1794). Toveis variansanalyse hvor også kryssleddet mellom planketype og felt inngikk viste heller ingen signifikante forskjeller (DF=3-66, F=1,16, p=0,3325).

Gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var ikke signifikant forskjellig mellom materialet fra Voss og materialet fra Kvam (DF=1-37, F=0,7624, p=0,3882). Enveis variansanalyse viste at gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var signifikant lavere enn gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til margplankene med dimensjon 75x250 mm fra de medherskende trærne fra de samme feltene (DF=1-73, F=12,80, p=0,0006). Gjennomsnittlig skjærmodul (G_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var også signifikant lavere enn skjærmodul til yteplankene med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut fra de samme stökkene (DF=1-72, F=14,05, p=0,0004).

Skjærmodulen (G_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm økte signifikant, men svakt med tørrdensiteten (ρ_0). Det ble ikke funnet signifikant sammenheng med årringbredde eller med elastisitetsmodul (E_{12}). For trelasten med dimensjon 100x350 ble det ikke funnet signifikant sammenheng med årringbredde, tørrdensitet (ρ_0) eller med elastisitetsmodul (E_{12}). Statistiske data fra de lineære regresjonsanalysene er presentert i Tabell 12.

Tabell 12. Statistiske data fra enkel lineær regresjonsanalyse av skjærmodul.

Dimensjon	Forklaringsvariabel	N	RMSE (MPa)	R ²	p>t
75x250	Årringbredde	89	282	0,028	0,1151
	Tørrdensitet (ρ_0)	89	277	0,061	0,0194
	Elastisitetsmodul (E_{12})	90	284	0,002	0,6607
100x350	Årringbredde	39	167	0,007	0,6108
	Tørrdensitet (ρ_0)	39	166	0,021	0,3766
	Elastisitetsmodul (E_{12})	39	167	0,015	0,4646

3.6. Statisk bøyefasthet (σ_{12})

Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var 33,3 MPa, standardavviket var 8,43 MPa og nedre 5%-fraktil var 20,4 MPa. Fordelingen er presentert i Figur 6. Siden en av plankene ble forkastet, var materialet for lite til å beregne karakteristisk bøyefasthet for denne dimensjonen i henhold til NS-EN 384.

For trelasten med dimensjon 75x250 mm var gjennomsnittlig bøyefasthet 44,0 MPa, standardavviket var 11,3 MPa og nedre 5%-fraktil var 25,5 MPa. Fordelingen er presentert i Figur 6. Karakteristisk bøyefasthet korrigert til 150 mm høyde og justert for antall observasjoner i henhold til NS-EN 384 var 23,7 MPa. Gjennomsnitt og standardavvik for hver kombinasjon av dimensjon, felt og planketype er presentert i Tabell 13.

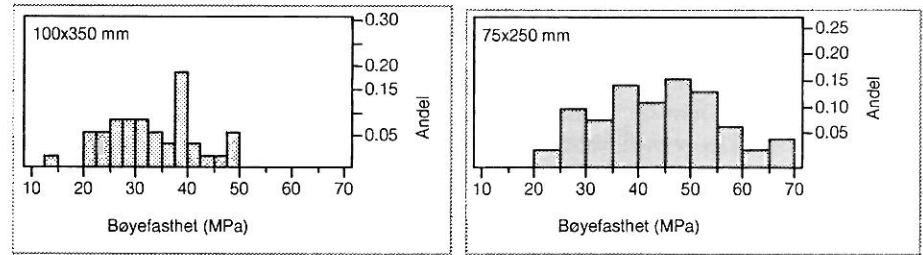


Fig. 6. Fordeling av statistisk bøyefasthet for trelast med dimensjon 100x350 mm (venstre) og 75x250 mm (høyre).

Tabell 13. Statisk bøyefasthet (σ_{12}).

Dimensjon	Felt	Planketype	Antall	Bøyefasthet, σ_{12} (MPa)	
				Gjennomsnitt	Standardavvik
75x250	Voss	Margplank	15	50,9	6,52
		Yteplank	16	39,6	10,7
		Alle plank	31	45,1	10,5
	Kvam	Margplank	20	50,4	10,8
		Yteplank	18	40,9	12,9
		Alle plank	38	45,9	12,7
Granvin	Margplank	20	38,7	8,24	
100x350	Voss	Margplank	19	34,6	8,84
	Kvam	Margplank	20	32,1	8,06

Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til margplankene med dimensjon 75x250 mm var signifikant forskjellig mellom materialene fra de tre feltene (DF=2-52, F=11,39, $p < 0,0001$). Parvise t-tester viste at gjennomsnittsverdien til materialet fra Granvin var signifikant lavere enn gjennomsnittsverdiene til materialene fra Voss og Kvam.

Toveis variansanalyse av bøyefastheten (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Voss og Kvam med planketype og felt som forklaringsvariabler viste signifikante forskjeller (DF=2-66, F=8,127, $p=0,0007$). T-test av faktorene i modellen viste at margplankene fra de medherskende trærne hadde signifikant høyere bøyefasthet enn yteplankene fra de dominerende trærne ($p=0,0002$). Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom feltene ($p=0,8810$). Toveis variansanalyse hvor også kryssleddet mellom planketype og felt inngikk i modellen viste at forskjellen mellom margplanker og yteplanker ikke var signifikant avhengig av felt ($p=0,7338$).

Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var ikke signifikant forskjellig mellom materialene fra Voss og fra Kvam (DF=1-37, F=0,882, $p=0,3537$). Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til margplankene med dimensjon 100x350 mm var signifikant lavere enn gjennomsnittlig bøyefasthet til margplankene med dimensjon 75x250 mm fra de medherskende trærne fra de samme feltene (DF=1-72, F=71,67, $p < 0,0001$). Margplankene med dimensjon 100x350 hadde også signifikant lavere gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) enn yte-

plankene med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut fra de samme stokkene (DF=1-71, F=8,65, p=0,0044). Forskjellen i gjennomsnittsverdi var imidlertid mindre enn forskjellen mellom margplankene fra de dominerende trærne og margplankene fra de medherskende trærne (Tabell 13).

Bøyefastheten (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm ble signifikant øket med økende tørrdensitet (ρ_0) og elastisitetsmodul (E_{12}) (Figur 7). Det ble ikke funnet signifikant sammenheng med årringbredde eller med skjærmodul (G_{12}). For trelasten med dimensjon 100x350 ble det ikke funnet signifikant effekt av årringbredde eller skjærmodul (G_{12}), men bøyefastheten til denne dimensjonen økte signifikant med økende tørrdensitet (ρ_0) og med økende elastisitetsmodul (E_{12}) (Figur 7). Statistiske data fra de lineære regresjonsanalysene er presentert i Tabell 14.

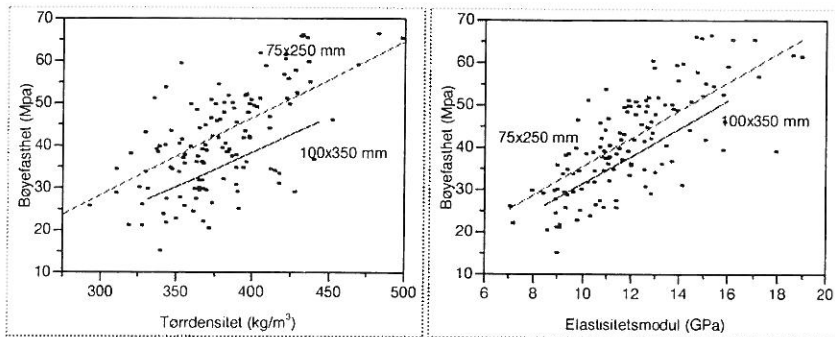


Fig. 7. Lineær regresjon av sammenhengen mellom statisk bøyefasthet og tørrdensitet (venstre) og mellom statisk bøyefasthet og elastisitetsmodul (høyre).

Kovariansanalyse av bøyefasthet (σ_{12}) viste at effekten av tørrdensitet var signifikant forskjellig for de to dimensjonene (DF=2-124, F=53,52, p<0,0001). Effekten av tørrdensitet var større enn effekten av dimensjon. Effekten av elastisitetsmodul var signifikant forskjellig for de to dimensjonene (DF=2-125, F=82,33, p<0,0001). Effekten av dimensjon var relativt liten sammenlignet med effekten av E-modul.

Tabell 14. Statistiske data fra enkel lineær regresjonsanalyse av bøyefasthet.

Dimensjon	Forklaringsvariabel	N	RMSE (MPa)	R ²	p>t
75x250	Årringbredde	88	11,16	0,040	0,0630
	Tørrdensitet (ρ_0)	88	9,09	0,369	<0,0001
	Elastisitetsmodul (E_{12})	89	7,92	0,515	<0,0001
	Skjærmodul (G_{12})	89	11,37	0,002	0,6704
100x350	Årringbredde	39	8,54	0,001	0,8708
	Tørrdensitet (ρ_0)	39	7,38	0,254	0,0011
	Elastisitetsmodul (E_{12})	39	7,16	0,298	0,0003
	Skjærmodul (G_{12})	39	8,50	0,010	0,5496

3.7. Egenskaper til trelast sortert etter NS-INSTA 142

Gjennomsnitt og standardavvik av densitet (ρ_{12}), elastisitetsmodul (E_{12}) og bøyefasthet (σ_{12}) til trelasten sortert etter NS-INSTA 142 er presentert i Tabell 15. Nedre 5%-fraktil for bøyefastheten til trelasten med dimensjon 75x250 mm var 23,5 MPa for T2 og 35,1 MPa for T3. Nedre 5%-fraktil av bøyefastheten til trelasten med dimensjon 100x350 mm i klasse T2/T3 var 19,9 MPa. Det var ikke mulig å beregne karakteristiske verdier for kvalitetsklassene i henhold til NS-EN 384 på grunn av for lite antall prøver.

Tabell 15. Egenskaper til trelast sortert etter NS-INSTA 142 med hensyn på alle feil.

Dimensjon	Kvalitetsklasse	N	Densitet, ρ_{12} (kg/m ³)		Elastisitetsmodul, E_{12} (GPa)		Bøyefasthet, σ_{12} (MPa)	
			Gj.snitt	Std.-avvik	Gj.snitt.	Std.-avvik	Gj.snitt	Std.-avvik
75x250	T3	26*	410	46	13,2	1,85	49,9	8,64
	T2	35**	408	36	12,8	2,86	43,9	11,6
	T1	13	399	40	11,4	1,92	34,6	9,55
	T0	13	397	37	11,7	2,52	42,7	10,9
	Vrak	3	398	29	11,5	0,71	39,3	11,2
100x350	T2/T3	20	393	29	10,9	1,45	32,8	7,86
	T1	5	394	32	11,1	1,51	36,8	9,66
	T0	7	389	22	9,7	1,05	29,6	11,0
	Vrak	7	402	23	10,2	1,20	35,6	6,05

* For densitet var N=25; ** For bøyefasthet var N=34.

Det var ikke signifikant forskjell i gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) mellom kvalitetsklassene for trelasten med dimensjon 100x350 mm (DF=3-35, F=0,98, p=0,4130). Heller ikke gjennomsnittlig elastisitetsmodul (E_{12}) (DF=3-35, F=1,73, p=0,1779) eller densitet (ρ_{12}) (DF=3-35, F=0,8262, p=0,8262) var signifikant forskjellig mellom kvalitetsklassene for denne dimensjonen.

For trelasten med dimensjon 75x250 mm var det signifikant forskjell i gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) mellom kvalitetsklassene (DF=4-84, F=4,91, p=0,0013, RMSE=10,4 MPa). Parvise t-tester viste at bøyefastheten var signifikant økende fra T1 til T2 og fra T2 til T3. Det var ikke signifikant forskjellig elastisitetsmodul (E_{12}) (DF=4-85, F=1,85, p=0,1264) eller densitet (ρ_{12}) (DF=4-84, F=0,3781, p=0,8237) mellom kvalitetsklassene.

Gjennomsnitt og standardavvik av densitet (ρ_{12}), elastisitetsmodul (E_{12}) og bøyefasthet (σ_{12}) til trelasten sortert kun etter kravene til kvist i NS-INSTA 142 er presentert i Tabell 16. Nedre 5%-fraktil av bøyefastheten (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm var 22,5 MPa i T2 og 34,7 MPa i T3. Nedre 5% fraktil av densiteten (ρ_{12}) var 339 kg/m³ i T2 og 479 kg/m³ i T3. For trelasten med dimensjon 100x350 mm sortert til klasse T2/T3 var nedre 5%-fraktil av bøyefastheten (σ_{12}) 21,5 MPa. Det var ikke mulig å beregne karakteristiske verdier for kvalitetsklassene i henhold til NS-EN 384 på grunn av for lite antall prøver.

Tabell 16. Egenskaper til trelast sortert etter krav til kvist i NS-INSTA 142.

Dimensjon	Kvalitetsklasse	N	Densitet, ρ_{12} (kg/m ³)		Elastisitetsmodul, E_{12} (GPa)		Bøyefasthet, σ_{12} (MPa)	
			Gj.snitt	Std.- avvik	Gj.snitt	Std.- avvik	Gj.snitt	Std.- avvik
75x250	T3	47*	411	41	13,1	2,21	49,0	8,96
	T2	27**	397	35	12,1	2,85	39,6	11,2
	T1	15	401	39	11,6	1,85	36,8	11,1
	T0	1	385	-	9,6	-	29,2	-
100x350	T2/T3	30	396	27	10,8	1,44	34,7	7,83
	T1	6	388	29	10,4	0,69	32,3	8,32
	T0	3	386	34	8,8	0,39	21,5	6,96

* For densitet var N=46; ** For bøyefasthet var N=26.

Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 100x350 mm var signifikant forskjellig mellom kvalitetsklassene når trelasten ble sortert kun etter krav til kvist i NS-INSTA 142 (DF=2-36, F=3,88, p=0,0298, RMSE= 7,9 MPa). Det var en stigende trend fra T0 til T2/T3 og students t-test viste at bøyefastheten til trelasten sortert i T2/T3 var signifikant høyere enn bøyefastheten (σ_{12}) til trelasten sortert i T0. Det var en stigende trend i gjennomsnittlig elastisitetsmodul (E_{12}) fra T0 til T2/T3, men forskjellen mellom kvalitetsklassene var ikke signifikant (DF=2-36, F=3,09, p=0,0578). Det var heller ikke signifikant forskjellig densitet (ρ_{12}) mellom kvalitetsklassene (DF=2-36, F=0,368, p=0,6947) selv om gjennomsnittsverdien viste en stigende trend fra T0 til T2/T3.

Gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til trelasten med dimensjon 75x250 mm var signifikant forskjellig mellom kvalitetsklassene når trelasten ble sortert kun etter krav til kvist i NS-INSTA 142 (DF=3-85, F=8,91, p<0,0001, RMSE=10,0 MPa). Det var en stigende trend fra T1 til T3 og students t-test viste at gjennomsnittlig bøyefasthet (σ_{12}) til kvalitetsklasse T3 var signifikant høyere enn kvalitetsklassene T1 og T2. Forskjellen mellom kvalitetsklassene T1 og T2 var ikke signifikant. Det var ikke signifikant forskjellig elastisitetsmodul (E_{12}) (DF=3-86, F=2,57, p=0,0596) eller densitet (ρ_{12}) (DF=3-85, F=0,8486, p=0,4711) mellom kvalitetsklassene når trelasten ble sortert kun etter krav til kvist i NS-INSTA 142.

4. Diskusjon

4.1. Sammenligning med tidligere undersøkelser

Gjennomsnittsverdiene av årringbredde målt i toppenden av trelasten, densitet (ρ_{12}), elastisitetsmodul (E_{12}) og bøyefasthet (σ_{12}) er sammenlignet med tidligere undersøkelser i Tabell 17.

Tabell 17. Sammenligning av gjennomsnittsverdier med tidligere undersøkelser av store dimensjoner av heltre gran.

Materiale	Dimensjon	N	Årring- bredde (mm)	ρ_{12} [*] (kg/m ³)	E_{12} (GPa)	σ_{12} (MPa)
Foreliggende materiale	75x250	39	2,7	405	12,5	44,0
	100x350	89	3,3	394	10,6	33,3
Foslie (1985)**	75x200	44	4,1	408	10,5	37,6
Eikenes (1991)	50x200	123	3,5	397	11,7	31,9
Foslie & Moen (1968)	71x197	593	2,1	435	12,5	47,4
Høibø (1991)	75x200	128	4,0	389	11,2	37,7
Fekene (1994)	90x200	9	3,0	410	12,2	44
	90x300	11	3,0	420	12,3	38
Perstorper et al. (1994)	70x290	357	3,4	440	12,1	36,9
Perstorper (1989)	70x295	104	4,1	390	9,6	28

* Densitet er omregnet til 12% fuktighet etter SKANORM 4 (Kucera 1992) der hvor densiteten er angitt ved annen fuktighet. Bøyefasthet og elastisitetsmodul er omregnet til 12 % som angitt i materiale og metode.

** Resultatene fra Foslie (1985) gjelder kun trelast sortert til T24 og T30.

Gjennomsnittlig bøyefasthet og elastisitetsmodul til trelasten med dimensjon 75x250 mm var høyere enn det Foslie (1985) og Eikenes (1991) fant for gran fra Vestlandet. De undersøkte dimensjonene var henholdsvis 75x200 mm (Foslie 1985) og 50x200 mm (Eikenes 1991). Gjennomsnittsverdiene for 100x350 mm var på samme nivå, eller noe lavere enn de nevnte undersøkelsene fra Vestlandet. Sammenligningene med verdiene presentert av Foslie (1985) er imidlertid ikke helt reelle siden disse kun gjelder trelasten som ble sortert i klassene T24 og T30 etter NS 3080, 1. utgave (Norges standardiseringsforbund 1972). Gjennomsnittlig bøyefasthet til det foreliggende materialet av 75x250 mm var lavere enn det Foslie og Moen (1968) fant for 71x297 mm fra Østlandet og Trøndelag, men høyere enn det Høibø (1991) fant for 50x200 mm fra gran plantet med 1,25, 1,75 og 2,25 m forband på Spikkestad i Buskerud. I den undersøkelsen fant Høibø også at det var en sammenheng mellom diameter i brysthøyde ved en gitt alder og bøyefasthet til trelasten ved avvirkning innen et plantet bestand. Elastisitetsmodulen var høyere enn det som ble funnet av Foslie (1985) og av Høibø (1991), men i samme nivå som det Foslie og Moen (1968) fant på Østlandet og i Trøndelag.

Bøyefastheten til trelasten med dimensjon 75x250 mm var høyere enn Perstorper (1989) fant for 70x295 mm og Perstorper et al. (1994) fant for 70x290 mm fra Sør-Sverige. Perstorper et al. (1994) fant også at bøyefastheten til trelast fra et hurtigvoksende bestand var lavere enn bøyefastheten til trelasten fra et mer seintvoksende bestand i det samme området.

Gjennomsnittlig bøyefasthet og elastisitetsmodul til trelasten med dimensjon 75x250 mm var tilnærmet lik det Fekene (1994) fant hos trelast med dimensjon 90x200 mm fra Østfold. Gjennomsnittlig bøyefasthet til trelasten med dimensjon 100x350 mm var lavere enn det Fekene (1994) fant for 90x300 med mer

Skjærmodulen til trelasten med dimensjon 75x250 mm og 100x350 mm var lavere enn det Perstorper (1989) fant for 70x295 mm i Sør-Sverige. Det finnes relativt lite dokumentasjon av skjærfasthet siden denne normalt er av liten betydning. Den er også i liten grad knyttet til andre egenskaper ved trevirke som for eksempel densitet.

4.2. Variasjon i styrkeegenskaper

Resultatene tyder på at variasjonen i bøyefasthet og elastisitetsmodul mellom trelast fra dominerende og medherskende trær er av større betydning enn forskjellen mellom margplank og yteplank innen samme tre. Forskjellen mellom dominerende og undertrykte trær tilsvarer sammenhengen som Høibø (1991) fant mellom diameter i brysthøyde og bøyefasthet innen et plantet bestand. Forskjellen mellom margplanker og yteplanker var konfundert med trelastens dimensjon i denne undersøkelsen, noe som medfører at man ikke kan si om denne forskjellen skyldes trelastens dimensjon eller plassering i tverrsnittet. Dette var også tilfellet for trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut som yteplank fra de dominerende trærne og som margplank fra de medherskende trærne. Her var forskjellen mellom margplank og yteplank konfundert med forskjellen mellom trelast fra dominerende og fra medherskende trær. Dette synes likevel å være av liten betydning siden man ville forventet at margplank hadde lavere styrkeegenskaper som følge av større andel ungdomsved med lavere densitet (Kuçera 1994). Resultatet viste at trelasten fra de medherskende trærne hadde høyere densitet, elastisitetsmodul og bøyefasthet til tross for at de ble tatt ut som margplank. Densiteten er en viktig forklaring på dette sammen med sannsynligheten for at det er større kvist på de dominerende trærne enn på de medherskende trærne (Høibø 1991; Vestøl 1998).

Basert på gjennomsnittlig bøyefasthet kunne styrken til trelasten rangeres ut fra hvor de stammet fra (Tabell 13). Trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut fra de medherskende trærne hadde de høyeste gjennomsnittsverdiene (50,6 MPa). Deretter fulgte trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble tatt ut som yteplank fra de dominerende trærne (40,3 MPa), mens de laveste gjennomsnittsverdiene ble funnet for trelasten med dimensjon 100x350 mm som ble tatt ut som margplank fra de dominerende trærne (33,3 MPa).

Forskjellen i bøyefasthet og elastisitetsmodul mellom feltene var relativt små og ikke entydige. Forskjellene som ble funnet var i stor grad sammenfallende med forskjeller i tørrdensitet. Trelasten med dimensjon 75x250 mm fra Granvin skilte seg ut med lav bøyefasthet, elastisitetsmodul og tørrdensitet sammenlignet med verdiene for tilsvarende trelast fra de andre feltene (Tabell 7, 9 og 13). Dette kan forklares med at de medherskende trærne som ble tatt ut fra dette feltet hadde større diameter i brysthøyde enn de medherskende trærne fra Voss og fra Kvam. I tillegg var de dominerende trærne på dette feltet lokalisert nær kanten av bestandet. Begge disse forholdene medførte at prøvetrærne fra de medherskende trærne i Granvin tilhørte et diameterintervall som var nærmere de dominerende trærne enn det de medherskende trærne som ble tatt ut fra bestandene i Voss og Kvam gjorde.

Forskjellen i bøyefasthet, elastisitetsmodul og densitet mellom Kvam og Voss var liten til tross for at årringbredden var ulik (Figur 3). Dette skyldes at sammenhengen mellom tørrdensitet og årringbredde er forskjellig på materialet fra Kvam og materialet fra Voss som har vokst på to ulike lokaliteter med ulike vekstforhold (Tabell 2). Det kan også være en forskjell mellom provenienser (Zobel & Buijtenen 1989). Regresjonsanalysene viste også at årringbredde ikke er en god variabel for å beskrive trevirkets styrkeegenskaper uten at man kjenner til hvor tømmeret kommer fra. Tømmer med en gitt årringbredde kan ha stor forskjell i densitet avhengig av om tømmeret kommer fra et bestand som det i Voss eller om det kommer fra et bestand som det i Kvam (Figur 4).

Elastisitetsmodulen og bøyefastheten var signifikant avhengig av tørrdensiteten. (Tabell 10 og Tabell 14). Sammenhengene var imidlertid avhengig av dimensjon slik at for samme densitet var verdiene lavere for trelasten med dimensjon 100x350 mm enn for trelasten med dimensjon 75x250 mm (Figur 5 og Figur 7). Den beste forklaringsvariabelen for bøyefasthet var elastisitetsmodul (Tabell 14), men også denne sammenhengen var forskjellig for de to dimensjonene. Basert på dette forsøket er det imidlertid ikke grunnlag for å konkludere om forskjellen skyldes dimensjonen til trelasten eller om det skyldes forskjell mellom margplank og yteplank siden disse effektene var konfundert i dette arbeidet.

4.3. Styrkesortering

Siden tømmeret til denne undersøkelsen hadde større avsmaling enn først antatt, ble en relativt stor andel av materialet nedklassert til T0 eller vraket på grunn av for mye vankant. Vankant medfører ikke nødvendigvis lavere styrke, noe som fremkommer av Tabell 15 som viser at bøyefastheten til trelasten som er vraket er relativt høy. Dette fremkommer også i sorteringen hvor man kun tok hensyn til kvist og overså andre feil. I den sorteringen var det som forventet økende gjennomsnittlig bøyefasthet med økende kvalitetsklasse.

Karakteristiske verdier for bøyefasthet til trelast sortert etter NS-INSTA 142 skal være 30 MPa for T3, 24 MPa for T2, 18 MPa for T1 og 14 MPa for T0 (Norges Standardiseringsforbund 1997). Materialet i denne undersøkelsen var for lite til å beregne karakteristiske verdier i henhold til NS-EN 384, men verdiene for nedre 5% fraktil viste at trelasten med dimensjon 75x250 mm som ble sortert til klasse T3 sannsynligvis har tilstrekkelig styrke, mens trelasten som ble sortert til T2 har for lav styrke. Vanligste nedklassingsårsak fra T3 til T2 var flatsidekvist. Karakteristisk bøyefasthet for hele materialet av 75x250 mm uten sortering var imidlertid over kravet til T1 og like under kravet til T2.

For trelasten med dimensjon 100x350 mm ble det ikke beregnet karakteristiske verdier siden materialet var for lite. Nedre 5% fraktil for bøyefastheten til hele materialet av denne dimensjonen var 20,4 MPa, mens nedre 5% fraktil for trelasten sortert til T2/T3 var 19,9 MPa. Dette underlige resultatet viser at nedre 5% fraktil for bøyefasthet er usikker på grunn av lite prøvemateriale i undersøkelsen. For å undersøke sorteringen av trelasten kreves det et betydelig større materiale enn det som var tilfelle i denne undersøkelsen.

Kravene til kvist i NS-INSTA 142 er angitt som andel av kant og andel av side på trelasten. For klassene T1 og T2 er det i tillegg angitt en øvre grense i absolutte mål for flatsidekvist, hhv 75 mm i T1 og 50 mm i T2. I kvalitetsklasse T3 er det ikke satt noen absolutt øvre grense for flatsidekvist. Dette fører til at når bredden på trelasten er større enn 300 mm, vil enkelte flatsidekvist godtas i T3, men ikke i T2. Hvis bredden er større enn 450 mm, vil enkelte flatsidekvist godtas i T3, men ikke i T1 eller i T2. Dette viser at NS-INSTA 142 ikke er tilpasset trelast med slike dimensjoner.

Karakteristisk bøyefasthet og elastisitetsmodul skal i henhold til NS-EN 384 korrigeres til 150 mm høyde ved å dividere nedre 5%-fraktil med korreksjonsfaktoren, $k_h = \left(\frac{150}{h}\right)^{0.2}$ (Norges Standardiseringsforbund 1995b). Dette medfører at man skulle forvente at nedre 5%-fraktil av bøyefastheten var 7,0 % høyere for 75x250 mm enn for 100x350 mm. Resultatet viste at forskjellen var 21,6%. Den høyere forskjellen kan forklares med at densiteten til trelasten med dimensjon 75x250 mm var høyere. Hvis man kun betrakter trelasten fra de dominerende trærne, var nedre 5% fraktil av bøyefastheten til trelasten med dimensjon 75x250 mm 21,2 MPa, dvs. 3,9% høyere enn trelasten med dimensjon 100x350 mm som ble tatt ut fra de samme stokkene. Dette viser at for dette materialet betyr det mer for karakteristisk bøyefasthet om trelasten stammer fra et dominerende tre enn fra et medherskende tre enn hvilken dimensjon trelasten har. I praksis vil man imidlertid produsere de største dimensjonene av de grøvste trærne og dermed vil dimensjonseffekten sannsynligvis være større enn det man opererer med i NS-EN 384. Dette tyder på at man bør studere nærmere dimensjonseffekten på trelast med store dimensjoner fra Vestlandet. Tidligere studier av dimensjonseffekten har vist at denne må tilpasses lokalt (Rouger & Barrett 1995) og i forhold til et gitt sorteringsreglement. Resultatene som er diskutert i dette avsnittet er basert på usortert trelast. For å utnytte store dimensjoner av trelast fra Vestlandet trenger man å tilpasse trelastreglementene og undersøke dimensjonseffekten etter sortering.

4.4. Konklusjon

Materialet i denne undersøkelsen var for lite til å utvikle sorteringsmetoder for trelast med store dimensjoner. Likevel viser resultatene at egenskapene til trelasten fra de medherskende trærne er så vidt gode at det vil kunne være et godt supplement til limtre og stål i bærende konstruksjoner. Den relativt store forskjellen i egenskapene til trelasten fra de dominerende og fra de medherskende trærne viser imidlertid at tynningen vil være avgjørende for utviklingen av egenskapene til trelasten. Ved å satse på de medherskende trærne fremfor de dominerende vil man over tid kunne oppnå gode egenskaper på enda større dimensjoner enn det man kan i dag.

Referanser

- Aune, P. 1992. Trekonstruksjoner. Del 1: Materialer, dimensjonering, forbindelser. Tapir forlag, Trondheim. 378 pp.
- Eikenes, B. 1991. Egenskaper hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Vestlandet målt på trelast i hele dimensjoner. Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 78 pp.
- Fekene, T. 1994. Egenskaper til heltrebjelker med tverrsnitt 90x200 mm og 90x300 mm. Hovedoppgave. Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 55 pp.
- Fellesutvalget for Norsk Tømmermåling 1998. Målereglement for skogsvirke. I: Steinsset, T.A. (Red.) Norsk Skoghåndbok 1999. Landbruksforlaget, Oslo. 288-313.
- Foslie, M. (1985). Gran og sitka innplantet på Vestlandet. En undersøkelse over kvalitetsfordeling og bearbeidingsegenskaper. Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelser 69: 111 pp.
- Foslie, M. & Moen, K. 1968. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. Norsk Treteknisk Institutt, Meddelelser 33: 40 pp. + figurer.
- Hoffmeyer, P. 1979. Vandinholdets betydning for konstruksjonstræs styrke- og elasticitetsegenskaper. Nord. Trætidsskr. nr 6: 191-203.
- Hoffmeyer, P. 1980. The moisture-mechanical property relationship as dependent on wood quality. Techn. Univers. Denmark, Report no. 84/80: 31 pp.
- Høibø, O.A. 1991. Sammenhengen mellom objektivt målbare egenskaper på skurlast og planteavstand hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.). I: Høibø, O. A. Virkeskvaliteten til gran (*Picea abies* (L.) Karst.) plantet med forskjellig avstand. Doctor scientiarum theses. 1991:13. Norges landbrukshøgskole, Ås. 27 pp.
- Kuçera, 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.
- Kuçera, B. 1994. A hypothesis relating current annual height increment to juvenile wood formation in Norway spruce. Wood And Fibre Science 26(1): 152-167.
- Norges Standardiseringsforbund 1972. Kvalitetskrav til skurlast og justert skurlast. NS 3080, 1. utgave. 13 pp.
- Norges Standardiseringsforbund 1988. Kvalitetskrav til trelast for konstruktive formål. NS 3080, 2. utgave. 16 pp.
- Norges Standardiseringsforbund 1995a. Trekonstruksjoner, konstruksjonstre og limt laminert tre. Bestemmelse av noen fysiske og mekaniske egenskaper. NS-EN 408, 1. utgave. 12 pp.
- Norges standardiseringsforbund 1995b. Konstruksjonstrevirke. Bestemmelse av karakteristiske verdier for mekaniske egenskaper og densitet. NS-EN 384, 1. utgave. 13 pp.
- Norges Standardiseringsforbund 1997. Nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast. NS-INSTA 142, 1. utgave. 27 pp.
- Perstorper, M. 1989. Hållfasthet och sorteringsutfall hos grovt virke från övergrov gran. -En pilotstudie. Chalmers Tekniska Högskola, Avd. för Stål- och Träbyggnad, Göteborg. Publ. S 89:1 28 pp.
- Perstorper, M., Johansson, G. & Kliger, R. 1994. Konstruksjonsvirke från grov gran. Delprosjekt 2: Hållfasthet och sortering av grova balkar. Chalmers Tekniska Högskola, Avd. för Stål- och Träbyggnad, Göteborg. Publ. S 94:9 73 pp.

- Rouger, F. & Barrett, J.D. 1995. Size effects in timber. Structural Timber Engineering Project (STEP 3) 3(3): 24 pp.
- SAS Institute Inc. 2000. Statistics and Graphics Guide. JMP Version 4. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 634 pp.
- Slotnæs, T.H. & Værnes, K. 2000. Styrkeegenskaper hos 75x250 mm trelast av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Vestlandet. Hovedfagsoppgave, Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag, Ås. 65 pp.
- Taskjelle, O. 2000. Disponent i Hordaland Skogeigarlag. Personlig meddelelse.
- Tomter, S.M. 1990a. Landsskogtakseringen 1986. Akershus og Oslo. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 113 pp.
- Tomter, S.M. 1990b. Landsskogtakseringen 1987. Østfold. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 113 pp.
- Tomter, S.M. 1991a. Landsskogtakseringen 1989. Hedmark. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 112 pp.
- Tomter, S.M. 1991b. Landsskogtakseringen 1990. Sogn og Fjordane. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 112 pp.
- Tomter, S.M. 1992. Landsskogtakseringen 1991. Hordaland. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 113 pp.
- Tomter, S.M. 1993. Landsskogtakseringen 1991-92. Rogaland. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 113 pp.
- Tomter, S.M. 1994. Landsskogtakseringen 1993. Møre og Romsdal. Norsk Institutt for Jord- og Skogkartlegging, Ås. 113 pp.
- Tomter, S.M. 2000. Skog 2000. Statistikk over skogforhold og -ressurser i Norge. Norsk institutt for jord- og skogkartlegging, Ås. Rapport 7/99 84 pp.
- Vestøl, G.I. 1998. Enkelttremodeller for kvistegenskaper i gran (*Picea abies* (L.) Karst.). Doctor scientiarum theses 1998:34. Norges landbrukshøgskole, Ås. 17 pp.
- Zobel, B.J. & Buijtenen, J.P.van 1989. Wood variation. Its causes and control, Springer Verlag, Berlin. 363 pp.