

KUUSITUKIN KOON VAIKUTUS SIVULAUTOJEN TAIVUTUS- JA PURISTUSLUJUUTEEN

MATTI KÄRKKÄINEN ja HERMAN HAKALA

Summary

EFFECT OF LOG SIZE ON THE BENDING AND COMPRESSION STRENGTH OF SIDE BOARDS IN SPRUCE

Saapunut toimitukselle 19. 5. 1983

Sahalaitokselta valittiin 15 pientä (latvaläpimitta 13 cm) ja 15 suurta (latvaläpimitta 25 cm) kuusitukkia, joiden pintalautoista otettiin yhteensä 60 koekappaletta taivutus- ja puristuslujuuden määrittämistä varten. Osoittautui, että pienten tukkien pintalautojen puuaine oli hidaskasvuisempaa, tiheämpää ja lujempaa kuin suurten tukkien. Keskimääräinen ero merkitsi sitä, että määrälujuuteen pyrittäessä suurten tukkien sahatavaraa tarvittiin 12...14 % enemmän kuin pienten.

Kun puuaineen tiheys vakioitiin regressiotekniikalla, lujuus aleni vuosiluston leveyden kasvaessa. Kun lisäksi tiheys aleni vuosiluston leveyden kasvaessa, lujuuden väheneminen kasvunopeuden lisääntyessä oli hyvin selvä.

1. JOHDANTO

Laajan kuusta koskevan kirjallisuuden perusteella tiedetään että vuosiluston leveys korreloittuu negatiivisesti puuaineen tiheyden kanssa. Tämän ovat havainneet mm. lukuisat kotimaiset (Wegelius 1941, Sirén 1952, Hakila 1966, s. 38, Hakila ja Uusvaara 1968, Saikku 1975, Velling 1976, 1980) ja muista Pohjoismaista olevat tutkijat (Wijkander 1897, Kinnman 1923, 1928, G.G. Klem 1934, 1957, Johansson 1939, 1940, Nylinder 1953, Nylinder ja Hägglund 1954, Tamminen 1964, G.S. Klem 1965 a, b, 1974, Ericson 1966, Olesen 1973, 1976, 1977, 1982, Dalgas 1975, Madsen ym. 1978). Kun tiheyden lisääntyesä puuaineen lujuus kasvaa, vuosiluston leveys ennustaa jossakin määrin myöskin lujuutta.

Eraiden havaintojen mukaan puun kasvunopeutta kuvaavan vuosiluston leveyden vaikutus lujuuteen ei johdu pelkästään siitä, että se ennustaa jollakin tarkkuudella tiheyttä. Sekä Norjassa (Foslie ja Moen 1972, s. 6) että Suomessa (Kärkkäinen ja Dumell 1983) on

havaittu, että kuusen puuaineen tiheyden ollessa sama ohutlustoisen puun taivutuslujuus on suurempi kuin paksulustoisen. Vaikutus ei ole aivan mitätön. Em. suomalaisen tutkimuksen tuloksista voidaan laskea, että luston leveyden aleneminen 5 mm:stä 1 mm:iin merkitsee tiheyden vakioinnin jälkeen taivutuslujuuden kohoamista 7,1 MPa eli lähes 10 %.

Kun käytettävissä ei ole tutkimustuloksia suurista (nopeakasvuisista) ja pienistä (hidaskasvuisista) kuusitukeista sahattujen lautojen lujuudesta, päätettiin tehdä alustava selvitys asiasta.

Tekijöiden kesken työ jakautui siten, että Hakala keräsi tutkimusaineiston, mittasi lujuuden ja muut ominaisuudet sekä laati selostuksen tuloksista opinnäytetyönään. Kärkkäinen puolestaan laski alkuperäishavainnoista uudet tulokset nyt käsiteltävän tutkimustehtävän kannalta sekä kirjoitti raportin, joka tarkistettiin yhteisesti. Käsikirjoitusta kommentoivat prof. Pentti Hakila ja MMK Raili Vihola.

Kiitämme saamastamme tuesta.

SUMMARY

EFFECT OF BASIC DENSITY AND GROWTH RING WIDTH ON THE BENDING AND COMPRESSION STRENGTH OF SPRUCE WOOD FROM SOUTH AND NORTH FINLAND

Accepted in the literature the basic density of spruce wood is largely determined by the width of growth rings; the narrower the rings, the denser the wood. As the bending strength depends on the density, the basic density has a direct effect on strength.

Much less information has been gathered on the effect of geographical location, i.e. if the effect of growth ring width is similar in the north as in the south. However, there is a general view that at least basic density decreases from the south to the north as the growth ring width is kept constant. No information is available on the strength.

In order to determine the effect of the geographical location a population consisting of 120 side board samples was gathered from a sawmill in the southern and northern Finland, and another specimen in the southern region, southern Finnish wood. The effect of the population was studied from boards which were made from the outer parts of the logs. Thus, the wood can be regarded as mature. Material properties were determined with the following:

Test pieces were made and proved according to SFS standards 3430, 3731, 3732 and 3733. The bending strength was determined as 12% increase in modulus of rupture.

Results showed that the basic density and growth ring width were negatively correlated. The correlation was stronger in the south than in the north.

As a result of the regression analysis, the bending strength in both directions was found to be negatively correlated with the growth ring width. The regression was stronger in the south than in the north. When the basic density was kept constant, the bending strength was found to be negatively correlated with the growth ring width.

The test results showed that the bending strength was negatively correlated with the growth ring width. The regression was stronger in the south than in the north. When the basic density was kept constant, the bending strength was found to be negatively correlated with the growth ring width.

The test results showed that the bending strength was negatively correlated with the growth ring width. The regression was stronger in the south than in the north. When the basic density was kept constant, the bending strength was found to be negatively correlated with the growth ring width.

The test results showed that the bending strength was negatively correlated with the growth ring width. The regression was stronger in the south than in the north. When the basic density was kept constant, the bending strength was found to be negatively correlated with the growth ring width.

2. AINEISTO

Etelä-Pohjanmaalla toimivan Teuvan Saaha Ky:n tukkivarastosta valittiin 30 kuusen tyvitukkia, jotka olivat peräisin Teuvan kunnan alueelta. Puolet tukeista oli pieniä (latvaläpimitta 13 cm) ja puolet suuria (latvaläpimitta 25 cm). Tukeista saaduista sivulaudoista otettiin sekä tyvi- että latvapäästä 300 mm pituinen laudanpala, josta valmistettiin höyläten 20·20·300 mm koekappale taivutuslujuuden mittausta varten. Näin ollen koekappaleita kertyi kaikkiaan 60.

Taivutuslujuus mitattiin ISON standardin 3133 mukaan. Murrettun koekappaleen paremmin säilyneestä puolesta valmistettiin puristuslujuuden mittausta varten 20·20·20 mm näyte, jonka puristuslujuus todettiin ISON

standardin 3787 mukaan. Lisäksi mitattiin ilmakuivatiheys, kosteussuhde ja keskimääräinen vuosiluston leveys. Laskennallisesti selvitettiin kuivatiheys olettaen tilavuuskutistumisen määräksi 12 %.

Lujuustulokset muunnettiin vastaamaan 12 % kosteussuhdetta. Paremman tiedon puuttuessa aineistosta laskettiin lujuustunusten regressio kosteuden suhteen ja muunnettiin tulokset saadun regression avulla. Taivutuslujuutta muunnettiin 1,943 MPa yhtä kosteussuhteen prosenttia kohti ja puristuslujuutta 1,715 MPa. Kun keskimääräinen kosteussuhde oli 8,1 %, lujuustunnuksia jouduttiin pienentämään varsin paljon standardin mukaiseen 12 % arvoon pyrittäessä

3. TULOKSET

Odotuksen mukaisesti pienistä ja suurista tukeista saatuilla sivulaudoilla oli selviä eroja: pienten tukkien laudat olivat hidaskasvuisempia, puuaineeeltaan tiheämpiä ja lujempia kuin suurten tukkien laudat. Tämä ilmenee taulukosta 1.

Kun pienten ja suurten tukkien välisiä eroja selitettiin regressioanalyysin keinoin, havaittiin oletusten mukaisesti tärkeiksi selittä-

viksi tekijöiksi puuaineen tiheys ja vuosiluston leveys. Itse asiassa nämä tekijät olivat oivallisia myös ryhmien sisällä: sekä pienissä että suurissa tukeissa tiheyden kasvaessa tai vuosiluston kavetessa lujuus lisääntyi.

Taivutuslujuutta selitettäessä vuosiluston leveyden vaikutus osoittautui suoraviivaiseksi koko aineistossa. Kun samaa mallia käytettiin ryhmien sisällä, saatiin seuraavat tulok-

Taulukko 1. Pienten (n = 30) ja suurten (n = 30) kuusitukkien sivulautojen ominaisuudet.
Table 1. Properties of side boards from small (n = 30) and large (n = 30) spruce logs.

Muuttuja Variable	Pienet tukit Small logs		Suuret tukit Large logs		Kaikki tukit All logs	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Vuosiluston leveys, mm Average ring width, mm	1,8	0,6	2,1	0,9	2,0	0,8
Kuivatiheys, kg/m ³ Dry density, kg/m ³	447	49	419	42	433	47
Taivutuslujuus (u = 12 %), MPa Bending strength (u = 12 %), MPa	78,5	11,1	68,9	14,2	73,9	13,5
Puristuslujuus (u = 12 %), MPa Compression strength (u = 12 %), MPa	48,8	8,4	43,5	8,2	46,1	8,6

set regressiokertoimista ja niiden tilastollisesta merkitsevyydestä (t-arvo).

Selittävä: Taivutuslujuus (u = 12 %), MPa

Selittäjä	Ryhmä					
	Pienet tukit Kerron t		Suuret tukit Kerroin t		Kaikki tukit Kerroin t	
Vakio	24,10		-17,94		7,38	
Kuivatiheys, kg/m ³	0,135	3,6	0,219	3,5	0,170	5,3
Luston leveys, mm	-3,19	1,0	-2,30	0,8	-3,77	2,0
R ² , %	47,0		57,5		56,2	
F-arvo	12		18		37	
Jäännöshajonta, MPa	8,4		9,6		9,1	

Kun kuusen kuivatiheys voi vaihdella välillä 300 . . . 500 kg/m³, jaotelman esittämien regressiokertoimien mukaan tiheyden merkitys on lujuuden kannalta ratkaiseva. Kiintoisaa kuitenkin on, että tiheyden vakioinnin jälkeen vuosiluston leveyden vaikutus on vielä huomattava: koko aineistosta lasketun estimaatin mukaan vuosiluston leveneminen 1 mm:llä alentaa taivutuslujuutta 3,8 MPa siinäkin tapauksessa, että puuaineen tiheys säilyy muuttumattomana. Kun vuosiluston leveys voi hyvin vaihdella välillä 0,5 . . . 5 mm jopa sivulautojen ollessa kyseessä, myös luston leveyden erillisvaikutus on siis huomattava.

Taivutuslujuuden tavoin puristuslujuus riippui selvästi puuaineen tiheydestä ja vuosiluston leveydestä. Jälkimmäisen vaikutus ei kuitenkaan ollut lineaarinen, vaan muotoa 1/(w+1,8), jossa w on vuosiluston leveys. Vakio 1,8 saatiin kokeilemalla eri vaihtoehtoja Olesenin (1976) esittämällä tavalla.

Kun samaa mallia sovellettiin koko aineistoon ja sen osiin, saatiin seuraavan jaotelman mukaiset tulokset.

Selittävä: Puristuslujuus (u = 12 %), MPa

Selittäjä	Ryhmä					
	Pienet tukit Kerron t		Suuret tukit Kerroin t		Kaikki tukit Kerroin t	
Vakio	-14,96		-25,52		-20,15	
Kuivatiheys, kg/m ³	0,089	4,3	0,127	6,3	0,105	7,5
1/(w+1,8), 1/mm	84,91	3,9	60,30	3,4	76,86	5,6
R ² , %	71,8		84,8		79,4	
F-arvo	34		75		110	
Jäännöshajonta, MPa	4,6		3,3		4,0	

Kuten jaotelmasta havaitaan, tiheyden vakioinnin jälkeenkin vuosiluston leveys vaikutti lujuuteen huomattavasti, itse asiassa vielä enemmän kuin taivutuslujuuteen. Kertoimista voidaan laskea, että vuosiluston leveyden kasvaessa 1 mm:stä 5 mm:iin puristuslujuus alenee tiheyden vakioinnin jälkeen vielä 16,2 MPa eli sekä absoluuttisesti että suhteellisesti enemmän kuin taivutuslujuus aleni vastaavassa tapauksessa.

Edellä on esitetty, miten vuosiluston leveneminen alentaa lujuutta tiheyden vakioinnin jälkeen. Kun kuitenkin myös tiheys alenee (tilastollisesti) kasvunopeuden lisääntyessä, kuten johdannossa todettiin kirjallisuuden perusteella, on kiinnostavaa laskea, millaista keskimääräistä lujuuden alenemista merkitsee vuosiluston leveneminen.

Taivutuslujuuden vaihtelua selitettäessä parhaaksi selittäjäksi saatiin vuosiluston leveys ilman mitään muunnosta. Regressiokerroin oli koko aineistossa -10,15, ts. taivutuslujuus aleni 10,15 MPa vuosiluston leveyden kasvaessa 1 mm. Yhtälö oli seuraava.

$$(1) y_i = 93,79 - 10,15w$$

jossa
y_i = taivutuslujuus, MPa
w = 34,9 %
F(1,58) = 31
Jäännöshajonta = 11,0 MPa

Pienten ja suurten tukkien ryhmät eivät kuitenkaan olleet täysin homogeeniset, vaan ryhmää kuvaava valemuuttuja saatiin toiseksi selittäjäksi. Lopullinen yhtälö sai seuraavan muodon.

$$(2) y_i = 95,26 - 9,267w - 6,450K$$

jossa
muut merkinnät kuten edellä, ja
K = tukin koko 0 = pieni tukki
1 = suuri tukki
R² = 40,4 %
F(2, 57) = 19
Jäännöshajonta = 10,6 MPa

Kuten yhtälöstä havaitaan, vuosiluston leveyden ollessa sama suuren tukin puuaine on heikompa kuin pienen. Ilmeisenä syynä on tiheysero.

Vastaavalla tavalla puristuslujuutta tarkasteltaessa ainoaksi selittäväksi tekijäksi saatiin kasvunopeutta kuvaava muunnos

$1/(w + 2,2)$, jossa w on vuosiluston leveys. Yhtälö oli seuraava.

$$(3) y_p = 3,75 + 172,2/(w + 2,2)$$

jossa

y_p = puristuslujuus, MPa

w = vuosiluston leveys, mm

R^2 = 59,2 %

$F(1, 58) = 84$

Jännöshajonta = 5,6 MPa

4. TULOSTEN TARKASTELU

Aineisto, 60 koekappaletta 30:sta tukista ei ole suuri ja edustaa korkeintaan yhden sahalaitoksen tilannetta. Näin ollen ei ole syytä tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä toisista olosuhteista. Toisaalta vain suuntaa antavien tulosten esittämistä puoltaa se, ettei tiettävästi missään ole tehty vastaavanlaista pienten ja suurten kuusitukkien puuaineen lujuuden vertailua.

Käsillä oleva tutkimus vahvisti norjalaisia (Foslie ja Moen 1972, s. 6) ja aiempia suomalaisia (Kärkkäinen ja Dumell 1983) kuusta koskevia tuloksia, joiden mukaan lujuus on vielä tiheyden vakioinnin jälkeenkin suurempi hidas- kuin nopeakasvuissa puissa. Käsillä olevassa tutkimuksessa ero saatiin vielä aiempaa suuremmaksi, n. 15 MPa:ksi vuosiluston leveyden muuttuessa 1 mm:stä 5 mm:iin. Näin suurella vuosiluston leveyden vaikutuksella on jo käytännön merkitystä, kun kuusen keskimääräinen taivutuslujuus on n. 80 MPa ja puristuslujuus 50 MPa.

Tutkimus vahvisti myös sitä käsitystä, että pienistä ja samalla hidaskasvuista kuusitukeista saatujen pintalautojen lujuus on suurempi kuin suurista tukeista saatujen. Puristuslujuuserot selittyivät yksinomaan vuosiluston leveyden perusteella. Taivutuslujuuteen vaikutti lisäksi myös tukin koko: kun vuosiluston leveys oli vakio, suurten tukkien puuaineen lujuus oli alhaisempi kuin pienten.

Kun sekä pienet että suuret tukit olivat tyvitukkeja ja pienet tukit olivat suuria hidaskasvuisempia, luultavaa on, että pienet olivat joko karummilta kasvupaikoilta, saman metsikön vallituista puista tai saman viljavuusluokan tiheimmistä metsistä. Syytä ei voida erottaa. Mutta olivatpa ne mitkä tahansa,

Regressiokertoimesta voidaan laskea, että vuosiluston leveneminen 1 mm:stä 5 mm:iin merkitsee puristuslujuuden alenemista 29,9 MPa.

Vuosiluston vahvuuden eliminoimisen jälken tukin koolla ei ollut enää vaikutusta.

selvää on, että pienet tukit olivat laadullisesti parempia kuin suuret. Lisäksi on luultavaa, että myös yleisesti sahalaitoksille tulevat pienet tukit ovat suuria tukkeja hidaskasvuisempia, koska pienet hyväkasvuiset tukit tulisivat rungoista, joita ei leimata harvennushakkuissa ja joita ei ole päätehakuuleimikoissa.

Yleensä voidaan ajatella, että jonkin rakenteen määrälluuteen pyrittäessä heikkoa puuainetta joudutaan käyttämään enemmän kuin lujaa. Tällä lailla laskien suurten tukkien pintalautoja tarvittiin 14 % (taivutuslujuus) tai 12 % (puristuslujuus) enemmän kuin pienten tukkien. Jos valmiin sahatavaran hinta on 600 mk/m³ ja käyttösuhte 2,2, tämä ero merkitsee raaka-aineen tilavuutta kohti laskettuna 33...38 mk/m³ hintaeroa tehtaalla pienten tukkien hyväksi. Kantohintatasolla pienten ja suurten tukkien ero on ilmeisen vähäinen, koska pienten tukkien puunkorjuu ja sahaus on kalliimpaa kuin suurten. Lisäksi lautatavaraa saadaan tukista vähän. Tästä huolimatta on ilmeistä, että lujuuden vaihtelusta voi aiheutua myös puunmaksukyvyyn vaihtelua, erityisesti jos koneellisella lujuuslajittelulla saheiden erilainen lujuus saadaan hyödynnetyksi täysimääräisesti.

Laskelma on pätevä ainoastaan sillä edellytyksellä, että pienten virheettömien koekappaleiden lujuussuhteet voidaan yleistää kokonaisuun lautoihin, joiden lujuus on oksien ja muiden vikojen takia alhaisempi. Kun suuri-oksaisuus liittyy hyvään kasvuun, luultavaa on, etteivät pienistä koekappaleista tehtävät päätelmät muutu päinvastaisiksi kokonaisten lautojen tarkastelussa.

KIRJALLISUUTTA

- DALGAS, K. F. 1975. Nogle vedkvalitetsegenskaper af kaemppegran sammenlignet med rødgran. Dansk Skovfor. Tidskr. 60: 1-24.
- ERICSON, B. 1966. Gallringens inverkan på vedens torr-råvolymvikt, höstvedhalt och kärnvedhalt hos tall och gran. Summary: Effect of thinning on the basic density and content of latewood and heartwood in Scots pine and Norway spruce. Rapp. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 10: 1-116 + bilagor.
- FOSLIE & MOEN, K. 1972. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. Del 2: Bøystyrkens og strekkstyrkens sammenheng med enkelte sorteringskriterier. Summary: Strength properties of Norwegian spruce (*Picea abies* Karst.). Part 2: Relationship between grading characteristics and bending and tensile strength. Medd. Norsk Tretekn. Inst. 45: 1-25.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61(5): 1-98.
- & UUSVAARA, O. 1968. On the basic density of plantationgrown Norway spruce. Lyhennelmä: Viljelykuusikoitten puuaineen tiheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 66(6): 1-23.
- JOHANSSON, D. 1939. Något om vår- och höstved hos tall och gran och dess inverkan på sulfit- och sulfatmassans egenskaper. Suomen Paperi- ja Puutavaralehti, Juhlanumero, s. 54-72.
- 1940. Über Früh- und Spätholz in schwedischer Fichte und Kiefer und über ihren Einfluss auf die Eigenschaften von Sulfit- und Sulfatzellstoff. Holz Roh- u. Werkstoff 3(3): 73-78.
- KINNMAN, G. 1923. Kvalitetsfördringar på pappersved och skogsårdsåtgärder avpassande därefter. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 21: 201-225.
- 1928. Virkets beskaffenhet i Ombergs kulturskogar. Summary: Nature of timber in cultivated forests at Omberg. Svenska SkogsvFören. Tidskr. 26: 589-616.
- KLEM, G.G. 1934. Undersøkelser an granvirkets kvalitet. Zusammenfassung: Untersuchungen über die Qualität des Fichtenholzes. Medd. Norsk Skogforsøksv. 5: 197-348.
- 1957. Kvalitetsundersøkelser av norsk og tysk gran. Summary: The quality of Norway spruce (*Picea abies*) of Norwegian and German origin. Medd. Norsk Skogforsøksv. 14: 285-314.
- KLEM, G. S. 1965 a. Torr volumvekstvariasjoner hos vanlig gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Norge. Norsk Skogind. (9): 348-351.
- 1965 b. Torr volumvekstvariasjoner hos fremmede battrerlag og vanlig gran fra Sør- og Vestlandet. Summary: Variations in the specific gravity of foreign softwood species and Norway spruce from South and West Norway. Medd. Norske Skogforsøksv. 20: 141-169.
- 1974. Egenskaper till trevirke fra gjødslet gran- og furuskog. Summary: Properties of wood from fertilized forests. Medd. Norsk Tretekn. Inst. 51: 1-59 + liitt.
- KÄRKKÄINEN, M. & DUMELL, O. 1983. Kuusipuun taivutuslujuuden riippuvuus tiheydestä ja vuosiluston leveydestä Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of basic density and growth ring width on the bending strength of spruce wood from south and north Finland. Silva Fenn. 17(2): 125-135.
- MADSEN, T. L., MOLTESEN, P. & OLESEN, P. O. 1978. Tyndingstyrkens indflydelse på rødgranens rumtaethed, tørstofproduktion, grentrykkelse og grenmaenge. Summary: The influence of thinning degree on basic density, production of dry matter, branch thickness and number of branches of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 36(2): 183-203.
- NYLINDER, P. 1953. Volymviktsvariationer hos planterad gran. Summary: Variations in density of planted spruce. Medd. Stat. SkogsforsknInst. 43(3): 1-44.
- & HÄGGLUND, E. 1954. Ståndorts- och träd-egenskapers inverkan på utbyte och kvalitet vid framställning av sulfitmassa av gran. Summary: The influence of stand and tree properties on yield and quality of sulphite pulp of Swedish spruce (*Picea excelsa*). Medd. Stat. Skogsforskn Inst. 44(11): 1-184.
- OLESEN, P. O. 1973. The influence of the compass direction on the basic density of Norway spruce (*Picea abies* L.) and its importance for sampling for estimating the genetic value of plus trees. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 6: 1-58.
- 1976. The interrelation between basic density and ring width of Norway spruce. Forstl. Forsøgsv. Danm. 34: 339-359.
- 1977. The variation of the basic density level and tracheid width within the juvenile and mature wood of Norway spruce. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 12: 1-21.
- 1982. The effect of cyclophysis on tracheid width and basic density in Norway spruce. For. Tree Improv. Arbor. Hørsholm 15: 1-80.
- SAIKKU, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus sylvestris*), and common birch (*Betula verrucosa*). Commun. Inst. For. Fenn. 85(5): 1-24.
- SIRÉN, G. 1952. Hakkuaan vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. Summary: On the effect of releasing cutting upon wood structure of spruce on peat-moors. Commun. Inst. For. Fenn. 40(32): 1-36.
- TAMMINEN, Z. 1964. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark. II Gran. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark. II Norway spruce. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 47: 1-124.
- WEGELIUS, TH. 1941. Om pappersvedens kvalitet och dess inverkan på fabrikationsprocessen och mas-sautbytet vid tillverkning av mekanisk trämassa. Särtryck ur Pappers- och trävarutidskrifts för Finland specialnummer. 11 s.
- VELLING, P. 1976. Mänty- ja kuusiprovenienssien

puuaineen tiheyden vaihtelusta. Summary: The wood basic density variation of pine and spruce provenances. *Folia For.* 257: 1-32.

— 1980. Variation in the density of wood of different Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) origins in the provenance

tests. *Seloste: Mänty- ja kuusialkuperien puuaineen tiheyden vaihtelusta proveniennsikokeissa.* *Silva Fenn.* 14(1): 45-51.

WIJKANDER, A. 1897. *Untersuchung der Festigkeits-Eigenschaften schwedischer Holzarten.* Göteborg. 178 s.

SUMMARY

EFFECT OF LOG SIZE ON THE BENDING AND COMPRESSION STRENGTH OF SIDE BOARDS IN SPRUCE

In order to evaluate the strength properties of boards made from small (slow-grown) and large (fast-grown) spruce butt logs, 15 small (top end diameter 13 cm) and 15 large (top end diameter 25 cm) logs were sampled from a sawmill. From each log two test pieces were made in order to measure the bending and compression strength, dry density and average ring width.

The average results are presented in Table 1. When

the differences between groups were analyzed it was found that the strength was greatly determined by the density and ring width. When the density was kept constant, the increase in ring width had a decreasing effect on the strength properties. Because there was a negative correlation between ring width and density, ring width alone had a great effect on the strength properties.