

## Tuontikoivutukin laatu

Juha Arponen, Henrik Heräjärvi, Harri Kilpeläinen ja  
Tapio Ylimartimo



**EUREGIO KARELIA**

*naapuruusohjelma | neighbourhood programme*



**Pohjois-Karjalan**  
MAAKUNTALIITTO

Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute - sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä. Kirjoitukset luokitellaan Metlan julkaisuominnassa samaan ryhmään monisteiden kanssa.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>  
ISSN 1795-150X

**Toimitus**

Unioninkatu 40 A  
00170 Helsinki  
puh. 010 2111  
faksi 010 211 2101  
sähköposti [julkaisutoimitus@metla.fi](mailto:julkaisutoimitus@metla.fi)

**Julkaisija**

Metsäntutkimuslaitos  
Unioninkatu 40 A  
00170 Helsinki  
puh. 010 2111  
faksi 010 211 2101  
sähköposti [info@metla.fi](mailto:info@metla.fi)  
<http://www.metla.fi/>

<b>Tekijät</b> Arponen, Juha, Heräjärvi, Henrik, Kilpeläinen, Harri & Ylimartimo, Tapio			
<b>Nimeke</b> Tuontikoivutukin laatu			
<b>Vuosi</b> 2008	<b>Sivumäärä</b> 42	<b>ISBN</b> 978-951-40-2078-0 (PDF)	<b>ISSN</b> 1795-150X
<b>Yksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet</b> Joensuun toimintayksikkö / 7210 Venäjän puun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu, 3464 Venäjän, Keski- ja Itä-Euroopan maiden metsätietopalvelu, 3353 Lehtipuun käytön monipuolistaminen			
<b>Hyväksynyt</b> Timo Karjalainen, professori, 4.1.2008			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tutkimuksessa tarkasteltiin tyyppileimikoiden avulla Venäjältä Suomeen tuotavan koivutukkiraaka-aineen laatua. Tyyppileimikoita pystymitattiin Karjalan tasavallan ja Leningradin alueilla. Pystymitattujen leimikoiden lisäksi tutkimukseen valittiin koe-erät Vologdan alueelta junapuuna toimitettavista koivutukeista. Lisäksi tutkittiin kotimaisista kakkosharvennusvaiheen viljelyrauduskoivukoista saatavaa vaneritukkaa. Tyyppileimikoiden pystymittaukset tehtiin kuudella tuontikoivuleimikolla Karjalan tasavallan ja Leningradin alueella sekä neljällä kotimaisella viljelyrauduskoivuleimikolla Pohjois-Karjalassa. Tukkimitauksissa ja koesorvauksissa oli mukana viisi pystymitattua tuontikoivuleimikkoa, kaksi viljelyrauduskoivuleimikkoa ja kahdelta eri lähtöasemalta lähetettyjä koivutukkeja Vologdan alueelta.</p> <p>Pysty- ja tukkimittauksissa tuontikoivuleimikot erosivat toisistaan vioiltaan ja järeydeltään. Myös koesorvauksissa saatujen viilujen laatujakaumissa oli tuontikoivutukkierissä isoja eroja. Hoitamattomista metsistä usein yli-ikäisinä korjattujen tuontikoivutukkien laadun vaihtelu hankaloittaa jatkojalostusta käyttötarkoituksesta riippumatta. Parhaimpaan pintaviiluluokkaan kuuluvia viiluja oli tuontikoivuerissä keskimäärin kolme kertaa viljelykoivueriä enemmän. Huonimpien pintaviilujen osuus oli sen sijaan samansuuruinen. Kakkosharvennusvaiheen viljelykoivutukit ovat tasalaatuisia ja hyvää raaka-ainetta varsinkin vaneritehtaille, joiden tuotanto on painottunut pinnoitettuihin vanerituotteisiin. Viilun poikittaisvetolujuudeltaan viljely- ja tuontikoivut eivät eronneet toisistaan.</p> <p>Tutkimuksen tuontikoivuaineistojen soveltuminen koivusahatavaran tuotantoon on kyseenalaista, koska sahatavaruotannossa tavoitellaan ensisijaisesti värivirheettömiä, oksattomia ja joskus terveksaisia tuotteita. Arvokkaimpien oksattomien saheiden saanto on suuriläpimittaisilla tuontikoivutukeilla hyvä, mutta ongelman aiheuttavat huonolaatuiset sydäntavarasaheet.</p>			
<b>Asiasanat</b> harvennuskoivu, koivutukki, tuontipuu, vaneri, viilu			
<b>Julkaisun verkko-osoite</b> <a href="http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp067.htm">http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp067.htm</a>			
<b>Tämä julkaisu korvaa julkaisun</b>			
<b>Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla</b>			
<b>Yhteydenotot</b> Henrik Heräjärvi, Metla, Joensuun toimintayksikkö, PL 68, 80101 Joensuu. Sähköposti: <a href="mailto:Henrik.Herajarvi@metla.fi">Henrik.Herajarvi@metla.fi</a>			
<b>Muita tietoja</b>			

# Sisällys

<b>Alkusanat</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>6</b>
1.1 Tausta.....	6
1.2 Puun tuonti.....	7
1.3 Tutkimuksen tavoitteet.....	8
<b>2 Aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>9</b>
2.1 Tyyppileimikot.....	9
2.1.1 Tuontikoivuleimikot.....	9
2.1.2 Kotimaiset viljelyrauduskoivikot.....	10
2.1.3 Mitatut tunnuksset.....	10
2.1.4 Koivurunkojen apterauksen simulointi.....	13
2.2 Tukkimittaukset.....	13
2.2.1 Tukkerät ja aineiston rajoitteet.....	13
2.2.2 Tukkimittaukset.....	14
2.3 Tehdasmittaukset.....	15
2.3.1 Sorvaus.....	15
2.3.2 Viilujen laatujaakauma.....	16
2.4 Laboratoriomittaukset.....	17
2.4.1 Viilun poikittaisvetolujuus.....	17
2.4.2 Vuosilustot.....	17
2.4.3 Kuiva-tuoretiheys.....	18
<b>3 Tulokset</b> .....	<b>19</b>
3.1 Pystymittaukset.....	19
3.1.1 Leimikoiden ominaisuudet.....	19
3.1.2 Pituus, järeys, oksarajat ja kapeneminen.....	20
3.1.3 Muotoviat.....	20
3.1.4 Oksa- ja pintaviat.....	21
3.1.5 Apteerauksen simulointi.....	22
3.2 Tukkimittaukset.....	24
3.2.1 Pölkkyjen tilavuus ja kapeneminen sekä sahatukkien läpimitat.....	24
3.2.2 Tukkien ja pölkkyjen oksikkuus.....	25
3.2.3 Tukkien viat.....	28
3.3 Tehdasmittaukset.....	29
3.3.1 Sorvaus.....	29
3.3.2 Viilujen laatujaakauma.....	29
3.4 Laboratoriomittaukset.....	30
3.4.1 Viilun poikittaisvetolujuus.....	30
3.4.2 Vuosilustojen leveys.....	31
3.4.3 Kuiva-tuoretiheys.....	31
<b>4 Tulosten tarkastelu</b> .....	<b>32</b>
4.1 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys.....	32
4.2 Tulosten arviointi ja vertailu aiempiin tutkimuksiin.....	33
4.3 Johtopäätökset.....	35
<b>Kirjallisuus</b> .....	<b>37</b>

## Alkusanat

Tutkimusta ovat rahoittaneet Euregio Karelia Naapurisuusohjelma, Puumiesten ammattikasvatussäätiö sekä UPM-Kymmene Oyj. Raportti toimii Tuontipuun laatu ja metsäalan kaksisuuntainen tietopalvelu -hankkeen tuontikoivun laatuvaihteluita käsittelevän osatutkimuksen loppuraporttina. Kiitämme aineistojen hankinta- ja käsittelyavusta erityisesti Vesa Ala-ahoa, Ilkka Kuuramaata, Pekka Rautiaista ja Leo Waltteria UPM-Kymmene Oyj:stä. Kiitämme myös vanhempi tutkija Sari Karvista Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun yksiköstä hankebyrokratian pyyteettömästä mutta oivallisesta hoitamisesta.

Joensuussa 2.1.2008

Kirjoittajat

## 1 Johdanto

### 1.1 Tausta

Koivua on Suomessa käytetty sahaukseen jo ainakin 1800-luvun loppupuolella. Suuriin määriin koivutukin käytössä kuitenkin päästiin vasta 1900-luvun alussa vaneriteollisuuden tuotannon käynnistyttyä (Jalava 1949). Koivutukin vuosittainen käyttö kasvoi 1960-luvun lopulle 2,5 milj. kuutiometriin. Tämän jälkeen kotimaisen koivun käyttö on tasaisesti laskenut nykypäiviin asti. Koivutukia käytettiin Suomessa vuonna 2006 noin 2 milj. m<sup>3</sup>. Tuontitukin, sisältäen vaneri-, saha- ja viilutukit, määrä oli 0,93 milj. m<sup>3</sup> (Peltola 2007).

Koivu oli kotimaisen vaneriteollisuuden ainoa puuraaka-aine 1960-luvulle asti. Vaneriteollisuuden kasvua rajoittavaksi tekijäksi muodostui koivuraaka-aineen riittämättömyys ja laadun huononeminen. Tämän seurauksena käynnistettiin tutkimushankkeita kuusen soveltuvuudesta vanerin valmistukseen. Myönteisten tulosten perusteella kuusen käyttö yleistyi nopeasti (Koponen 2000). Kotimaista koivutukia käytettiin vanerin valmistukseen 0,94 milj. m<sup>3</sup> ja tuontipuuta 0,86 milj. m<sup>3</sup> vuonna 2006. Teollisuus tuotti vaneria yhteensä 1,415 milj. m<sup>3</sup>, josta havupuuvaneria oli 845 000 m<sup>3</sup> ja lehtipuuvaneria 570 000 m<sup>3</sup> (Peltola 2007). Koivusta valmistetut tuotteet ovat joko lujuus- tai jäykkyysvaatimuksiltaan korkealaatuisia rakennus- ja kuljetusteollisuuden vanereita tai erilaisia sisustustuotteita (Vanerikäsikirja 2001).

Koivusahatavaraa tuotetaan pienissä tuotantolaitoksissa. Vuonna 2006 noin 31 % koivusahatavarasta tuotettiin piensahoilla (vuotuinen raakapuun käyttö alle 10 000 m<sup>3</sup>) (Peltola 2007). Suurimpienkin koivusahojen vuosituotanto on alle 20 000 m<sup>3</sup>, joka vastaa noin kymmentä prosenttia suurehkon havupuusahan tuotannosta. Vuonna 2006 Suomessa sahattiin lehtipuuta yhteensä 181 000 m<sup>3</sup>, josta saatiin sahatavaraa 82 000 m<sup>3</sup> (Peltola 2007). Tästä arviolta 95 % on koivua. Koivupikkutukia, kuten myös tuontikoivutukia sahattiin vajaat 10 000 m<sup>3</sup> (Peltola 2007). Perinteisillä koivusahoilla, joiden tavoitteena on tuottaa oksattomia ja vähäoksaisia saheita, tuotannon raaka-aineena käytetään järeitä tukkeja joita saadaan täysikasvuista, uudistuskypsäksi luokiteltavista metsistä. Koivulla uudistuskypsyys tarkoittaa 60–80 vuoden ikää (esim. Valkonen 2002). Vuosituhannen vaihteessa yleistyneen, mutta sittemmin vähentyneen terveoksaisten koivusahatavaran tuotannossa voidaan sen sijaan käyttää myös pieniläpimittaisempaa, harvennusleimikoista saatavaa koivua (esim. Lindblad ym. 2003).

Puutavaran laadulla tarkoitetaan metsä- ja puutaloudessa puun soveltuvuutta tiettyyn käyttötarkoitukseen (esim. Kärkkäinen 2007). Vikoja ovat kaikki puun käyttökelpoisuutta heikentävät, normaalisuudesta erottuvat poikkeamat. Viat jaotellaan yleisesti määrä- ja laatuviikoihin. Määräviat pienentävät puusta saatavien tuotteiden määrää, laatuviat vastaavasti heikentävät laatua. Rungossa tai sen osassa havaittavissa olevat viat ovat ulkovikoja ja puuaineen sisällä olevat sisävikoja (Verkasalo 1997). Rungon kokonaislaadulla tarkoitetaan rungon ulkoisten ja sisäisten ominaisuuksien kokonaisvaikutusta rungon käyttöarvoon (Kellomäki ym. 1992). Jalava (1943) totesi vanerikoivun vaihtelevan käyttöarvoltaan enemmän kuin mikään muu kotimaisen teollisuuden käyttämä puuraaka-aine.

Vaneri- ja sahateollisuudessa tuotteiden saantoon ja laatuun vaikuttavat tekijät ovat pääosin samat. Verkasalon (1997) mukaan teollisuudenalojen välillä on neljä merkittävää eroa raaka-aineen ja tuotteen riippuvuussuhteissa. Ensinnäkin vaneriteollisuudessa pituudeltaan 3,1–7,0 metrin tukit katkotaan 1,3–2,6 m:n sorvipölkyiksi, jolloin lenkouden ja mutkien vaikutus tuotteen saantoon pienenee. Toisaalta ulkovikojen merkitys korostuu tangentin suuntaisesti

viilutettaessa: vika, esimerkiksi oksa, esiintyy suuremmissa osuudessa viiluarkeista kuin sahatavarakappaleissa. Kolmantena erona on mahdollisuus käyttää vaneritukkien apterauksessa välivähennystä, jossa tukin viallinen kohta ajatellaan poistettavaksi. Sahatukeilla tämä ei ole mahdollista. Neljäntenä erona on se, ettei vaneria valmistettaessa pölkyn purilasosan vioilla ole vaikutusta tuotteen laatuun. Sahatukista sen sijaan pyritään hyödyntämään sydäntavarakin.

Heiskanen (1966) tutkimuksessa tarkasteltiin vaneritukkien vikojen vaikutusta sorvaukseen ja viilun saantoon sekä laatuun. Suurin sorvauksen saantoa alentava tekijä oli mutkaisuus ja pahin viilun laatua heikentävä tekijä oksaisuus. Erityisesti koivusta valmistetuissa sisustustuotteissa oksilla on suuri merkitys. Halutuimpia ja hinnaltaan korkeimpia ovat oksattomat tuotteet. Terveoksaistet tuotteet kelpaavat myös eräisiin näkyviin käyttökohteisiin. Vähiten haluttuja ja halvimpia ovat mustaoksaistet tuotteet, jotka kelpaavat ainoastaan näkymättömiin käyttökohteisiin kuten verhoiltavien huonekalujen runkorakenteisiin. Tavallisesti mustat oksat ja oksanreiät paikataan umpeen. Lehtimäen ym. (2002) tutkimuksessa harvennuskoivun pahimmiksi ongelmiksi sahauksen kannalta todettiin muotoviat.

Suomessa on teollisessa käytössä kaksi koivulajia, rauduskoivu (*Betula pendula* Roth) ja hieskoivu (*Betula pubescens* Ehrh.). Koivulajeja ei erotella toisistaan käytössä, koska niiden väliset ominaisuuserot ovat merkityksettömän pieniä. Verkasalo (1997) laski, että Etelä-Suomen koivutukeista on hiestä 39 % ja raudusta 61 %. On todettu, että rauduskoivu on keskimäärin järeämpi, suurempi ja soveltuu paremmin saha-, vaneri- ja viiluteollisuuden raaka-aineeksi (esim. Verkasalo 1997, Heräjärvi 2002a,b). Molemmat koivulajit kuitenkin muodostavat saha- ja vaneritukiksi kelpaavan rungon, mutta rauduskoivun tukkiosuus on hieman suurempi (Heräjärvi 2001). Heiskanen (1957) totesi rauduskoivun rinnankorkeusläpimitan olevan hieskoivua suurempi kasvupaikasta ja ikäluokasta riippumatta. Koivulajien muissa ulkoisissa laatutekijöissä ei sen sijaan ole kovinkaan suuria eroja (Heiskanen 1957, Niemistö ym. 1997).

Koivun vuosirenkaissa kesäpuun osuus on pieni, eikä sen tiheys eroa merkittävästi kevätpuusta. Koivun tasalaatuisuus on tärkeä ominaisuus sen käyttökohteissa. Koivu luokitellaan keskitiheäksi lehtipuuksi. Rauduskoivun keskitiheys (512 kg/m<sup>3</sup>) on hieman hieskoivua (478 kg/m<sup>3</sup>) suurempi (esim. Heräjärvi 2004). Molempien koivulajien tiheys riittää takaamaan tarvittavan lujuuden, jäykkyyden ja kovuuden tuotteiden käyttökohteissa sisustamisessa, lattiapinnoitteissa sekä huonekaluteollisuudessa (Heräjärvi 2002b).

## 1.2 Puun tuonti

Koivutukin tuonti Venäjältä Suomeen alkoi 1980-luvun puolivälissä. Tuonti on lisääntynyt vuoteen 2006 asti, jolloin koivutukkia tuotiin 913 000 m<sup>3</sup>, arvoltaan 41 milj. € (Peltola 2007). Koko koivutukin tuontimäärästä Venäjän osuus oli 98 % vuonna 2006. Venäjän lisäksi koivutukkia tuotiin Virossa 12 000 ja Ruotsista 7 000 m<sup>3</sup>. Tuontipuun muodostaa valtaosan Itä-Suomen vaneritehtaiden raaka-ainetoimituksista. Tuontikoivutukin osuus kotimaisten yksityismetsien pystykauppojen ja tuontipuun yhteenlasketusta määrästä on kasvanut 1990-luvun alun 10 prosentista vuoteen 2003 mennessä 56 prosenttiin (Toppinen & Toropainen 2004). Suuri osa koivutukkia käyttävästä teollisuudesta sijaitsee Itä-Suomessa lähellä parhaita kotimaisia koivualueita, rajan lähetyvillä myös tuontikoivun kuljetuskustannukset ovat pienimmät. Sahauksessa tuontikoivutukin osuus on pienempi kuin vaneriteollisuudessa.

Suomen koivua käyttävän teollisuuden kannalta mielenkiintoisia ovat itärajan läheisyydessä olevat koivualueet. Karjalan tasavalta ja Leningradin alue ovat Etelä- ja Väli-Suomen itärajan

vastaisia Venäjän hallintoalueita. Karvisen ym. (2005) mukaan metsien tilavuus oli vuonna 2003 Karjalan tasavallassa 946 milj. m<sup>3</sup> ja Leningradin alueella 790 milj. m<sup>3</sup>, molempien alueiden metsistä yli 40 % oli hakkuukypsiä tai yli-ikäisiä. Koivua oli Karjalan tasavallassa 98 milj. m<sup>3</sup> ja Leningradin alueella 154 milj. m<sup>3</sup>. Leningradin alueesta itään päin ulottuva Vologdan alue on koivuvarannoiltaan suuri, vuonna 2003 siellä arvioitiin olevan 390 milj. m<sup>3</sup> koivua. Metsien kokonaistilavuus oli Vologdan alueella 1 045 milj. m<sup>3</sup> (Karvinen ym. 2005). Suomen puuntuotantoon käytettävissä olevan 2 054 milj. m<sup>3</sup>:n puuvarannosta koivua on 336 milj. m<sup>3</sup> ja koivun vuotuinen kasvu on 18,2 milj. m<sup>3</sup> (Peltola 2007).

Venäjältä tuotavan koivutukkiraaka-aineen erityisominaisuutena kotimaiseen tukkiin verrattuna voidaan pitää rungon ominaisuuksien puutteellista huomioon ottamista tukkien katkonnassa. Monesti venäläiset koivutukin apteraajat tekevät ainoastaan yhtä tukkipituutta, jolloin rungon muodon ja oksien tai muiden vikojen huomioon ottaminen ei ole mahdollista. Tällaisella katkonnalla alennetaan tukkien käyttöarvoa. Vaneriteollisuudessa tukkien katkonta sorvipölkyiksi pienentää ongelmaa, mutta sahaiteollisuudessa, jossa tukit pitäisi käyttää sellaisenaan, ongelma on suuri. Tuontitukin keho apteraus lieneekin yksi merkittävä syy siihen, miksi koivusahat ovat ensisijaisesti pyrkineet tulemaan toimeen kotimaisella puulla.

Tulevaisuudessa puun tuontia Venäjältä tulee vähentämään Venäjän hallituksen päätös korottaa puun vientitulleja portaittain. Heinäkuun alussa 2007 puun vientitulli nousi neljästä eurosta vähintään kymmeneen euroon kuutiolta, lukuun ottamatta läpimitaltaan alle 15 cm koivua. Haavan vientitulli nousi heinäkuun alussa vähintään 5 euroon kuutiometriltä. Vuoden 2008 huhtikuussa tullia on tarkoitus korottaa vähintään 15 euroon ja vuoden 2009 alussa vähintään 50 euroon (Venäjä nostaa...2007). Jos tuontitullien korotukset toteutetaan suunnitelman mukaisina, tulevat ne tekemään Venäjän puun tuonnin kannattamattomaksi.

Tietoa kotimaisen ja venäläisen koivutukin laatueroista ei ole ollut käytettävissä. Tuontitukin erityisominaisuuksien tunteminen mahdollistaisi sen jalostusarvon täyden hyödyntämisen. Nykyisin koivutukia käyttävän teollisuuden raaka-aineenhankinnassa pienessä roolissa olevat viljelyrauduskoivikot tulevat lähivuosina kasvattamaan merkitystään selvästi, kun suurempia alueita tulee kakkosharvennukseen ja päätehakkuuseen. Näidenkään laadusta vanerin raaka-aineena ei ole julkaistuja tutkimuksia. Tarvetta koivuraaka-aineiden laatu tiedolle on paitsi koivua nykyisin tuovissa ja käytävissä yrityksissä, myös uusissa tai raaka-aine- tai tuotantostategiaansa mahdollisesti muuttavissa yrityksissä.

### 1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tyyppileimikoiden perusteella tutkia Venäjän lähialueilta tuotavan koivutukkiraaka-aineen laatua, ja verrata sitä kotimaisista viljelyrauduskoivikoista saatavan tukkipuun laatuun. Karjalan tasavallan ja Leningradin alueella mitattavien tyyppileimikoiden sekä Vologdan alueelta tulleiden tukkierien koivutukkien laatua verrataan keskenään sekä aikaisempiin tutkimuksiin kotimaisesta koivutukkiraaka-aineesta. Lisäksi määritetään kakkosharvennusvaiheen viljelyrauduskoivikoista harvennuskertymänä saatavan tukkiraaka-aineen laatu. Tutkimuksessa määritetään koesorvauksin tukeista saatavan viulun saanto ja laatu sekä selvitetään simulointikokein tukkien soveltuvuus sahatavaran tuotantoon.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Tyypileimikot

#### 2.1.1 Tuontikoivuleimikot

Tuontipuuaineisto kerättiin UPM-Kymmene Oyj:n hankintaorganisaation osoittamien toimittajien leimikoista. Suomeen tuotavan koivutukin laatua tutkittiin Karjalan tasavallan ja Leningradin alueelta valittujen tyypileimikoiden perusteella (ks. kuva 3). Molemmilta alueilta valittiin kolme leimikkoa edustamaan niitä kasvuolosuhteita, joista koivutukia korjataan Suomeen tuotavaksi. Leimikoiden valinnassa avusti alueen hyvin tunteva hankintaorganisaation edustaja. Kaikki tyypileimikot, lukuun ottamatta yhtä tuoreen kankaan leimikkoa, sijaitsivat lehtomaisilla kankailla. Leimikot olivat todennäköisesti luontaisesti uudistuneita, ilman harvennuksia kasvaneita sekametsiä. Vologdan alueelta tulleista junavaunuista tiedettiin vain lähtöasema, ja että tukit olivat todennäköisesti peräisin noin 100 km:n säteeltä lähtöasemasta.

#### **Karjalan tasavalta**

*Leimikko 1. Karjalan tasavalta. Avdejevo.* Avdejevon kylä kuuluu Pudozin piiriin ja sijaitsee Äänisjärven koillispuolella. Leimikolle on noin 10 kilometrin matka Karhumäestä Pudoziin johtavalta valtatieltä. Leimikko oli noin 15 hehtaarin kokoinen ja maastonmuodoiltaan kumpuileva. Leimikko korjattiin pitkärunkomenetelmällä.

*Leimikko 2. Karjalan tasavalta. Pälkä.* Pälkä leimikko sijaitsee noin 80 kilometriä Avdejevosta pohjoiseen, noin 10 kilometrin päässä valtatiestä. Leimikon pinta-ala oli 22 hehtaaria ja maasto oli tasaista ja paikoin kumpuilevaa. Leimikko korjattiin pitkärunkomenetelmällä (kuva 1).

*Leimikko 3. Karjalan tasavalta. Latva.* Latvan kylä sijaitsee Äänisjärven länsipuolella Karjalan tasavallan eteläosassa. Leimikon pinta-ala oli 14 hehtaaria ja se oli aineiston ainoa tuoreen kankaan leimikko. Leimikolla kasvoi runsaasti pieniläpimittaisia kuusia ja koivuja. Leimikko korjattiin koneellisesti tavaralajimenetelmällä.

#### **Leningradin alue**

*Leimikko 4. Leningradin alue. Kokovits. Kvartaali 118.* Leningradin alueen leimikot sijaitsivat Laatokan itäpuolella Lotinanpellostä Tihviniin johtavan tien varressa, noin 70 kilometrin päässä Lotinanpellostä, Kokovitsin kylässä. Pinta-alaltaan 7 hehtaarin leimikko korjattiin koneellisesti tavaralajimenetelmällä.

*Leimikko 5. Leningradin alue. Kokovits. Kvartaali 119-1.* Pinta-alaltaan 25 hehtaarin leimikko korjattiin koneellisesti tavaralajimenetelmällä.

*Leimikko 6. Leningradin alue. Kokovits. Kvartaali 119-2.* Pinta-alaltaan 14,5 hehtaarin leimikko korjattiin koneellisesti tavaralajimenetelmällä.



**Kuva 1.** Pitkärunkokorjuuta Pälmän leimikolla nro 2 Karjalan tasavallassa. Kuva: Tapio Ylimartimo.

### 2.1.2 Kotimaiset viljelyrauduskoivikot

Kotimaasta tutkimukseen valittiin neljä kakkosharvennusvaiheen viljelyrauduskoivuleimikkoa (kuva 2). Leimikoista kaksi sijaitsi Liperin kunnassa, Salokylässä ja Kinnulaniemessä ja kaksi Kiteen kunnassa, Kiteenlahdessa. Liperin leimikot korjattiin koneellisesti tavaralajimenetelmällä, Kiteen leimikoissa tehtiin vain pystymittauksia.

*Leimikko 7. Liperi, Kinnulanniemi.* Pinta-alaltaan 2,6 hehtaarin 1960-luvun lopulla istutettu rauduskoivikko, jonka seassa kasvoi luontaisesti syntynttä hieskoivua.

*Leimikko 8. Liperi, Salokylä.* Vuonna 1971 istutettu, pinta-alaltaan 2,5 hehtaarin kokoinen rauduskoivikko.

*Leimikko 9. Kitee, Kiteenlahti.* Vuonna 1971 istutettu noin hehtaarin kokoinen rauduskoivikko.

*Leimikko 10. Kitee, Kiteenlahti.* Vuonna 1969 istutettu 3,7 hehtaarin kokoinen rauduskoivikko.

### 2.1.3 Mitatut tunnukset

Leimikoilta (kuva 3) mitattiin 4–8 relaskooppikoealaa puuston pohjapinta-alan ja puulajijakauman selvittämiseksi. Leimikon koosta ja homogeenisuudesta riippuen jokaiselle leimikolle perustettiin lisäksi 1–2 kooltaan 300–600 m<sup>2</sup> satunnaisesti sijoitettua koealaa. Koealoilta mitattiin kaikkien rinnankorkeudeltaan yli 70 mm paksujen runkojen läpimitat. Lisäksi kirjattiin kasvupaikkaluokka, metsänhoidollinen tila ja kehitysluokka.

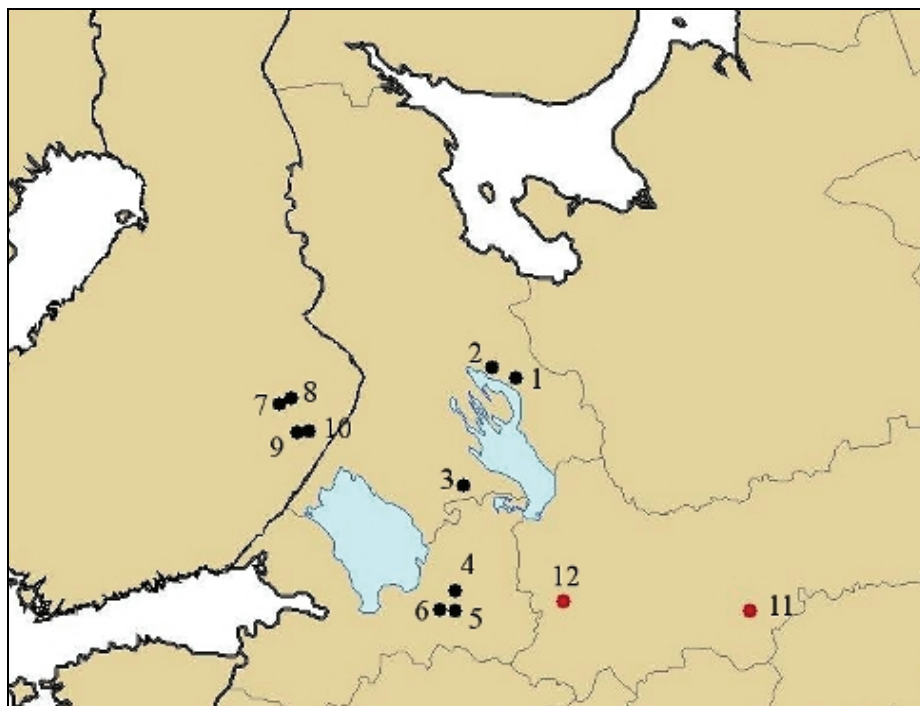
Runkojen kokojakauman määrittämiseksi koelaloilta mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja pituus kaikista puulajeista (taulukko 1). Mittausten sujuvuuden takia kuusivaltaisilla koelaloilla kuuset jaettiin kolmeen eri läpimittaluokkaan ja mitattiin pituus ainoastaan joka viidennestä kunkin läpimittaluokan rungosta. Koivuista mitattiin myös yläläpimitta kuuden metrin korkeudesta. Rinnankorkeusläpimitan mittauksessa käytettiin mittasaksia, yläläpimitta mitattiin jatkovarren päässä olevalla kaulaimella. Pituus mitattiin Vertex-pituusmittarilla.

Koivurunkojen laadun kuvaamista varten kaikille koelalojen saha- tai vaneritukkimitat täyttävälle koivuille tehtiin silmävarainen pystyapteeeraus, jossa mitattiin tai arvioitiin runkojen mutkaisuus, kuiva- ja tuoreoksarajat ja muut viat. Pystyapteeeraus tehtiin erikseen saha- ja vaneriluokituksella. Olennaisena erona näissä luokituksissa oli, että sahatukeissa sallittiin vähemmän muotovikoja. Sahatukkiluokituksessa suurimpana sallittuna mutkana pidettiin 1,5 cm/m ja vaneritukkiluokituksessa 3 cm/m. Vaneritukkiaapteeeraus tehtiin arvioituun 18 cm läpimittaan asti ja sahatukkiaapteeeraus arvioituun 12 cm läpimittaan asti.



Runko luokiteltiin oksavialliseksi, jos siihen piti tehdä leikko oksaryhmän, pysty- tai ylisuuren oksan vuoksi. Vaneritukiksi apteeerauksessa terveen ja kuivan oksan maksimiläpimitat olivat 70 ja 30 mm. Pieniläpimittaisella sahatukilla (< 18 cm) oli pienemmät sallitut kuivan (20 mm) ja terveen (40 mm) oksan maksimikoot. Runkomuoto arvioitiin suoraa keppiä apuna käyttäen asteikolla: suora, lenko, mutkainen ja moniväärä. Oksarajat ja vikojen sijaintikorkeudet mitattiin joko kaulaimen jatkovarrella tai Vertex-mittalaitteella. Mittauksiin otettiin mukaan rungot, joiden katsottiin järeyden puolesta täyttävän tukin mitat. Rinnankorkeusläpimitan alaraja oli vaneritukille 180 mm ja sahatukille 120 mm. Taulukossa 1 on esitetty koeleimikoista mitatut keskiläpimitat ja -pituudet puulajeittain.

**Kuva 2.** Kiteen viljelykoivuleimikko (nro 9). Kuva: Juha Arponen.



**Kuva 3.** Pystymitattujen leimikoiden (mustat täplät) ja Vologdan alueelta junakuljetuksena tulleiden tukkierien (punaiset täplät) lähtöasemien sijainti. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

**Taulukko 1.** Leimikoilla mitattujen koealojen puulajikohtaiset keskiläpimitat ja keskipituudet. Koivu ja haapa on jaoteltu rinnankorkeudeltaan yli (Järeät) ja alle (Pienet) 180 mm:n luokkiin, mänty ja kuusi vastaavasti yli (Järeät) ja alle (Pienet) 160 mm:n luokkiin. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Leimikko	Puulaji	Järeät		Pienet	
		Keskiläpimita mm (kpl)	Keskipituus m (kpl)	Keskiläpimita mm (kpl)	Keskipituus m (kpl)
1	Koivu	285 (20)	28,3 (20)	167 (3)	23,2 (3)
	Kuusi	205 (11)	17,0 (6)	119 (28)	10,1 (7)
2	Koivu	217 (19)	24,3 (19)	132 (20)	19,1 (20)
	Kuusi	0 (0)	0 (0)	111 (10)	9,4 (7)
	Haapa	0 (0)	0 (0)	146 (5)	20,7 (5)
3	Koivu	230 (12)	23,8 (12)	113 (34)	16,3 (34)
	Kuusi	191 (13)	14,9 (5)	116 (44)	12,4 (20)
	Mänty	322 (3)	21,2 (3)	0 (0)	0 (0)
4	Koivu	290 (16)	28,0 (16)	150 (4)	23,0 (4)
	Kuusi	208 (19)	17,7 (8)	111 (13)	8,4 (7)
	Haapa	420 (1)	29,6 (1)	0 (0)	0 (0)
5	Koivu	280 (12)	28,0 (12)	0 (0)	0 (0)
	Kuusi	243 (11)	23,0 (7)	116 (10)	9,3 (5)
	Haapa	445 (2)	31,9 (2)	0 (0)	0 (0)
6	Koivu	270 (19)	27,1 (19)	173 (3)	22,4 (3)
	Kuusi	217 (11)	18,7 (8)	117 (9)	10,6 (5)
	Haapa	445 (1)	33,1 (1)	0 (0)	0 (0)
7	Koivu	254 (26)	22,8 (26)	169 (3)	19,9 (3)
8	Koivu	218 (66)	24,6 (66)	175 (4)	23,7 (4)
9	Koivu	209 (39)	23,3 (39)	167 (8)	21,8 (8)
10	Koivu	211 (36)	23,4 (36)	162 (4)	22,6 (4)

## 2.1.4 Koivurunkojen apteerauksen simulointi

Pystymitattujen leimikoiden koepuiden katkonta puutavaralajeiksi simuloitiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä arvoapteeraukseen perustuvalla apteerausohjelmalla (Kilpeläinen 2002). Rungot apteerattiin erikseen vaneri- ja sahatukkien mitta- ja laatuvaatimusten mukaisesti (taulukko 2). Apteeraukseen vaikuttivat myös pystymittauksissa havaitut viat ja niiden sijainti, joiden perusteella ohjelma teki tarvittaessa tyvi- ja välileikkoja.

Tukit luokiteltiin mitattujen kuiva- ja terveoksakorkeuksien mukaan kolmeen luokkaan: oksaton tyvitukki, kuivaoksainen tukki ja terveoksainen tukki. Oksattoman tyvitukin laatuvaatimukset eivät kuitenkaan vastaa viilutehtaiden käyttämiä tyvitukin laatuvaatimuksia vaan oksaton tyvitukki eroaa vaneritukista ainoastaan ulkoisen oksattomuuden perusteella. Oksattoman tyvitukin päättymispiste rajoitettiin kuuteen metriin ja tyvelle sallittiin maksimissaan metrin pituinen leikko.

**Taulukko 2.** Apteerauksessa sallitut puutavarapölkkyjen läpimitat ja pituudet.

Puutavaralaji	Läpimitta	Pituus
Sahatukki	min. 12 cm	2,0 m, 3,0 m, 4,0 m, 5,0 m, 6,0 m
Vaneritukki	18–55 cm	3,3 m, 4,0 m, 4,9 m, 5,9 m, 6,6 m
Kuitupuuh	min. 6 cm	2,5–5,0 m

Puutavaralajien hinnoittelun lähtökohtana käytettiin koko maan vuoden 2006 viikon 25 keskihintoja. Apteeraussimulaattorissa terveoksaisen vaneritukin hintana oli tuo keskihinta, kuivaoksainen oli 5 euroa halvempi ja oksaton 5 euroa keskihintaa kalliimpi. Laatujen ja niihin perustuvien arvoerojen perusteella apteeraussimulaattori katkoo rungot niin, että niiden arvo maksimoituu. Vuoden 2006 viikon 25 keskimääräinen kantohinta Suomessa koivutukille oli 42,90 euroa ja kuitupuulle 12,20 euroa (Metinfo 2006).

Simuloidun apteerauksen pohjalta laskettiin leimikkokohtainen tukkivähennysprosentti. Tukkivähennys ilmoittaa osuuden joka teoreettisesta saha- tai vaneriläpimitat täyttävästä rungon tilavuudesta joudutaan vikojen ja katkonnan takia vähentämään.

## 2.2 Tukkimittaukset

### 2.2.1 Tukkerät ja aineiston rajoitteet

Pystymitatuilta tyyppileimikoilta saatujen tukkerien lisäksi tukkimittauksiin ja koesorvauksiin valittiin otokset Vologdan alueelta junavaunutoimituksina tulleista koivuvaneritukeista. Otanta toteutettiin satunnaisotantana junista, jotka oli lastattu kahdella eri lähtöasemalla Vologdassa. Lähtöasemista toinen on alueen länsiosassa sijaitseva Babajevo ja toinen keskellä aluetta sijaitseva pääkaupunki Vologda. Taulukossa 3 on esitetty kullekin osa-aineistolle tehdyt mittaukset. Käytännössä kaikille Joensuuhun toimitetuille tukkerille tehtiin myös jatkomittaukset.

Tukkeja ei saatu korjuun viivästymisen vuoksi Kiteen viljelykoivuleimikoilta. Tuontikoivuleimikoista leimikkoa nro 4 ei korjuuyhtiön teknisten ongelmien takia ehditty korjata ennen kelirikkoa. Leimikon nro 2 tukkimittauksia ei puolestaan voi suoraan verrata

pystymittauksiin, sillä ennakkotiedoista poiketen leimikkoa ei päätehakattu vaan ainoastaan leimikon isoimmat koivut korjattiin. Viljelykoivikoiden tukkimittauksissa mukana olevat tukit ovat harvennuspoistumaa, eivätkä siten suoraan verrattavissa koko leimikoiden puustoille tehtyihin pystymittauksiin. Seitsemän ensimmäistä tukkierää ovat tuontikoivueriala ja kaksi viimeistä kotimaisia viljelykoivueriala. Pystymittauksien leimikkonumerot ovat vastaavia kuin tukkimittauksessa käsiteltävät tukkierien numerot. Uutena tukkimittauksiin tulevat Vologdan tukkierä nro 11 ja Babajevon tukkierä nro 12.

**Taulukko 3.** Osa-aineistoille tehdyt mittaukset.

Leimikko/Tukkierä	Pystymittaukset	Tukkimittaukset	Tehdasmittaukset	Laboratoriomittaukset
1. Avdejevo	X	X	X	X
2. Pälkä	X	X	X	X
3. Latva	X	X	X	X
4. Kokoviits, kvart. 118	X	-	-	-
5. Kokoviits, kvart. 119-1	X	X	X	X
6. Kokoviits, kvart. 119-2	X	X	X	X
7. Liperi, Kinnulanniemi	X	X	X	X
8. Liperi, Salokylä	X	X	X	X
9. Kitee, Kiteenlahti	X	-	-	-
10. Kitee, Kiteenlahti	X	-	-	-
11. Vologda	-	X	X	X
12. Babajevo	-	X	X	X

Tyypileimikoiksi valituista tuontikoivuleimikoista koivutukit toimitettiin UPM-Kymmene Oyj:n Joensuun vaneritehtaalle junalla. Kotimaiset koivutukit kuljetettiin puutavara-autoilla. Tukkimittauksiin valittiin satunnaisotoksena noin 50 juoksumetriä tyvitukkeja ja 50 juoksumetriä väli- tai latvatukkeja jokaisesta tukkierästä. Leningradin alueen toimittaja oli erotellut tyypileimikoilta korjatusta koivutukkisumasta parhaat viilutyvet joten Joensuuhun toimitettiin ainoastaan vaneritukkeja. Myös Karjalan tasavallasta tulleiden tukkien toimittaja oli erotellut vaunuihin vaneri- ja viilutukit omiksi erikseen. Toimittajan ilmoituksen mukaan viilutukkeja oli noin 10 % kokonaistukkitilavuudesta. UPM-Kymmene Oyj:n konsernissa viilutukkeja tuotannossa käyttävän Mahogany Oy:n hankintamiehen mukaan viilutukeiksi kelvollisia näistä oli kuitenkin ainoastaan muutama. Toimittajan ilmoittamat viilukoivut olivat siis käytännössä laadultaan vaneritukkeja. Tämän vuoksi tutkimukseen otettiin Karjalan tasavallasta toimitetuista eristä mukaan myös ns. raakkiviilukoivutukkeja samansuuruinen osuus kuin minkä toimittaja oli niitä vaneritukeista erotellut eli noin 10 %.

### 2.2.2 Tukkimittaukset

Mittaukset tehtiin puutavaran varastointialueella Joensuussa. Mitattavat tukit nostettiin puutavara-auton nosturilla telapuiden varaan. Läpimitat mitattiin kohtisuorassa telapuita vasten. Tilavuuden määrittämiseksi tukeista mitattiin läpimitat päistä ja pituus. Lisäksi tukkien läpimitat mitattiin sorvipölkytyksen simulointia silmällä pitäen 1,5 metrin välein tukin tyvipäästä alkaen. Myös tukkien oksikkuuden ja runkomuodon tarkastelu tehtiin 1,5 metrin moduuleissa. Pölkyistä laskettiin kuivien ja terveiden oksien lukumäärät ja mitattiin suurimpien oksien läpimitat rungonsuuntaisesti. Oksa luettiin terveeksi, jos yli puolet sen kehästä oli kiinni ympäröivässä puuaineessa. Vaneritukkiluokituksessa terveet oksat saivat olla 70 mm:n ja kuivat

oksat 30 mm:n paksuisia. Sahatukkiluokituksessa terveiden oksien suurimpana sallittuna läpimittana pidettiin 50 mm. Tähän päädyttiin vertailemalla kotimaisten koivusahojen apteerausohjeita.

Pölkkyjen muotoviat arvioitiin 1,5 metrin pituisen suoran latan avulla. Pölkky kirjattiin muotovialliseksi, jos sivuviivapoikkeama ylitti 3 cm metrin matkalla. Tukeissa esiintyneet pintaviat, katkontahalkeamat, korot, pahkat, pintahalkeamat ja korjuuvauriot kirjattiin. Liperin Salokylästä (leimikko nro 8) peräisin olleessa tukkierässä havaittiin tavanomaista enemmän katkaisuhalkeamia (hakkuukonetyössä yleinen päätyhalkeama, joka johtuu poikki sahattavan tukin vääntymisestä kohti maata ennen kuin katkaisusaha on saatu päätökseen), minkä vuoksi erän tilavuudesta n. 15 % jouduttiin uudelleen katkomaan ennen vaneritukeiksi kelpuuttamista. Katkaisuhalkeamien vuoksi poistettu 15 prosentin tukkiosuus ei ole tutkimuksessa mukana.

Tukkien päistä katsottiin mahdollisen lahon laatu ja läpimitta. Kova laho tukin poikkileikkauspinnalla luokiteltiin kahteen luokkaan. Rajoina pidettiin keskimääräisen sorvipurilaan läpimittaa (7 cm) ja apteerausohjeessa mainittua 1/3 tukin poikkileikkausläpimittaa. Tukki laskettiin vialliseksi vaikka ainoastaan toisessa poikkileikkauspinnassa oli rajoituksen ylittävä määrä kovaa lahoa. Läpimittojen mittauksessa käytettiin mittasaksia, oksien koot mitattiin viivaimella ja puutteellisesti karsiutuneet oksat veistettiin kirveellä rungon pinnan myötäisiksi. Pituuksien mittauksessa käytettiin mittanauhaa. Tyvitukkien koivulaji arvioitiin tyven kaarnoittumisen perusteella.

## 2.3 Tehdasmittaukset

### 2.3.1 Sorvaus

Tukit sorvattiin ja laadutettiin UPM-Kymmene Oyj:n Joensuun vaneritehtaalla kevättalvella 2006. Joistakin leimikoista vaneritukkia toimitettiin Joensuun tehtaalle useitakin junavaunuja, mutta koesorvauksiin valittiin satunnaisesti jokaisesta tukkierästä vain yksi vaunu eli 50–60 m<sup>3</sup> vaneritukkia. Sorvausta varten koetukit niputettiin haudontanipuiksi puutavara-auton kyydissä. Tutkimukset aineistona käytetyt niput myös merkattiin, etteivät ne sotkeutuneet tehtaalla muihin tukkinippuihin. Nippujen koko vaihteli 10–20 m<sup>3</sup>:n välillä. Nippuja haudottiin haudonta-altaassa noin kaksi vuorokautta.

Ennen tutkimusaineiston sorvauksen aloittamista tehtaan tukkilinja ajettiin tyhjäksi. Näin varmistettiin tutkimusaineiston pysyminen erillään muusta puutavarasta, ja saatiin haluttujen nippujen tukkien tilavuus mitattua. Tukkien katkonnassa koe-erien ensimmäiset ja viimeiset pölkkyt merkattiin maalilla tunnistamisen helpottamiseksi. Sorvaajat pitivät muutaman minuutin tauon koe-erien välissä. Välittömästi sorvin jälkeen merkattiin kunkin koe-erän ensimmäinen ja viimeinen viilumatto maalilla. Viilun kuivauksen jälkeinen kameralaadutus tunnisti koe-erien vaihtumisen maalatun viilumaton avulla. Sorviliinjan valvontakameroiden avulla puolestaan nähtiin, milloin tuotantolinja oli tyhjä. Tämän perusteella kirjattiin ylös tarkka kellonaika tiedonkeruujärjestelmää varten. Tiedonkeruujärjestelmästä saatiin kellonaikojen perusteella tukkieräkohtaisesti seuraavat tiedot:

- *saanto* ilmoittaa kuorituista pölkkyistä saadun määrän viilun osuuden,
- *sorvauksen hyötysuhde* ilmoittaa kuorituista tukeista saadun määrän viilun osuuden,
- *kokonaishyötysuhde* kertoo, paljonko kuorituista tukeista saatiin kuivia ja leikattuja viiluarkkeja,

- *pyöristys- ja purilashäviö* ilmoittaa pölkyn pyöristämisestä ja sorvaamalla jäävistä purilaasta aiheutuvan häviön,
- *katkontahäviö* aiheutuu tukkien pölkkyiksi katkomisessa,
- *leikkaushäviö* syntyy viilumaton leikkauksessa arkeiksi, rikkonainen viilumatto aiheuttaa suuremman häviön.

Sorvauksessa (kuva 4) käytettiin kahta tai kolmea sorvia, riippuen leimikon tukkien pituuksista. Tyypileimikoiden erilaisista tukkipituuksista johtuen kaikilta leimikoilta ei voitu katkoa molempia tuotannossa käytettäviä pölkkypituuksia 1310 mm ja 1610 mm.



**Kuva 4.** Latvan tukkierän nro 3 sorvaus UPM-Kymmene Oyj:n Joensuun vaneritehtaalla. Kuva: Vesa Alaha

### 2.3.2 Viilujen laatujauma

Viilujen laatujaumien leimikkokohtaisessa tarkastelussa viilulaadut jaettiin kahteen pintaviiluluokkaan ja yhteen keskiviiluluokkaan. Tarkempi yksittäisten viilulaatujen vertaileminen ei olisi ollut järkevää, koska laatu luokkien sisällä tapahtuu tilauskannasta johtuvaa vaihtelua. Tässä tutkimuksessa parempi pintaviiluluokka sisältää laadut A, B ja S, muut pintaviilut -luokka laadut BB, WGE ja WG. Keskiviiluja ovat LASER, K2, K3 ja K4 (viilujen laatu kriteerit: liite 1). Kaikki rikkonaiset viilut laadutettiin keskiviiluihin. Parhaat pintaviilut ovat näkyviin jääviä lakattavia tai maalattavia viiluja, muut pintaviilut -luokan viilut pinnoitetaan tai käytetään vanerituotteiden takapintoihin. Keskiviilut käytetään vanerituotteiden keskiosissa.

## 2.4 Laboratoriomittaukset

### 2.4.1 Viilun poikittaisvetolujuus

Viilujen poikittaisen vetolujuuden testaukseen valittiin jokaisen koe-erän tyvitukeista satunnaisesti kolme pölkkyä edustamaan läpimitaltaan pieniä, keskisuuria ja suuria tukkeja. Aineisto koostui tyvitukkien toisista sorvipölkkyistä kannosta päin lukien, näin vältettiin mahdolliset juurenniskojen tai tyvilaajentumien aiheuttamat häiriöt puuaineessa. Pölkkyt sorvattiin yhdellä sorvilla ja samalla teräasetteella. Poikkeuksena oli Karjalan tasavallan Latvasta (tukkierä nro 3) tulleet tukit, joiden toimitus myöhästyi, ja leimikon tukit jouduttiin sorvaamaan erikseen.

Sorvin ja kuivaamon välissä määrättyä viilumatosta repäistiin kolme suikaletta, viilumaton alkupäästä, keskeltä ja loppupäästä. Suikaleet otettiin siis pölkyn pintaosista, keskeltä ja läheltä purilasta. Jokaisesta suikaleesta leikattiin muuttia apuna käyttäen kolme vetolujuusnäytettä,



kooltaan 5 cm x 10 cm. Näytteet leikattiin viilumaton virheettömästä kohdasta siten, että näytteen pidempi sivu oli kohtisuoraan puun syiden suuntaa vasten. Näytteen viilun paksuus mitattiin mikrometrillä ja vetokoe tehtiin testaukseen valmistetulla paineilmalla toimivalla vetolaitteella UPM-Kymmenen Joensuun vaneritehtaalla (kuva 5).

**Kuva 5.** Viilun poikittaisvetolujuuden testaus. Kuva: Juha Arponen.

### 2.4.2 Vuosilustot

Tukkimitauksien yhteydessä leikattiin jokaisen koe-erän viidestä satunnaisesti valitusta tyvitukista noin 5 cm:n paksuiset kiekot tukkien tyvi- ja latvapäistä. Kiekkoihin kirjattiin koe-erän numero, tukin numero ja kiekon sijainti. Kiekot säilöttiin pakkasvarastoon.

Kiekoista leikattiin laboratoriotyönä vannesahalla kiekon halkaisijan pituinen puun ytimen kautta kulkeva noin 4 cm leveä ja 2 cm paksu soiro. Kiekon ollessa soikea, leikattiin soiro siten, että sen pituus oli mahdollisimman lähellä kiekon pienimmän ja suurimman halkaisijan keskiarvoa. Soiroista mitattiin vuosilustojen leveydet Joensuun yliopiston metsätieteellisen tiedekunnan Windendro -skannerilla. Lustoja korostettiin terävällä lyijykynällä ennen näytteiden skannaamista. Tämä oli tarpeen erityisesti kovaa lahoa sisältäneiden näytteiden kohdalla. Näytteet otettiin skannattavaksi suoraan pakkasvarastosta kuivumisen välttämiseksi. Lustonleveyksien lisäksi laskettiin niiden lukumäärät puiden iän määrittämiseksi.

### 2.4.3 Kuiva-tuoretiheys

Tiheyden mittausta varten kiekkoista sahattiin noin 3 x 3 cm:n kokoisia tiheysnäytteitä. Ensimmäinen näyte sahattiin keskeltä kiekkoa siten, että ydin jäi näytteen keskelle. Seuraavat näytteet sahattiin keskimmäisen näytteen molemmilta puolilta, ja näin edettiin kiekon pintaan asti. Näytteitä pidettiin vesiupotuksessa kunnes niiden tilavuus ei enää muuttunut. Tämän jälkeen upotusmittausmenetelmän antama tilavuus kirjattiin muistiin. Näytteen pinnalla olevan veden aiheuttaman tilavuusmittavirheen välttämiseksi näytteiden sivut paineltiin kevyesti paperiin ennen upotusmittausta. Tilavuusmittauksen jälkeen näytteet kuivattiin. Ensimmäisen vuorokauden aikana kuivausuunin lämpötila oli 80 °C, sen jälkeen lämpötila nostettiin 103 °C:een jossa näytteitä pidettiin niin kauan, ettei niiden massa enää muuttunut. Matalammalla kuivauksen aloituslämpötilalla pyrittiin välttämään näytteiden halkeilua. Näytteiden kuiva-tuoretiheys laskettiin kuivamassan ja tuoretilavuuden suhteena.

Tutkimuksen tilastolliset testaukset tehtiin SPSS-ohjelmistolla. Koska tutkittavat muuttujat eivät pääsääntöisesti olleet normaalijakautuneita, aineistojen välisten erojen merkitsevyyden testauksessa käytettiin Mann-Whitneyn U-testiä.

### 3 Tulokset

#### 3.1 Pystymittaukset

##### 3.1.1 Leimikoiden ominaisuudet

Taulukossa 4 on esitetty leimikoille sijoitetuilta koealoilta mitatut puulajikohtaiset pohjapinta-alat. Leimikoiden puustojakaumissa oli suurta sisäistä vaihtelua. Tämän vuoksi leimikoilta mitattiin lisäksi useita (4–8) relaskooppikoealoja (taulukko 5), jotka edustavat paremmin koko leimikon puulajisuhteita. Hieskoivun osuus oli kaikissa tuontikoivuleimikoissa suuri, ainoastaan leimikossa nro 1 rauduskoivua oli n. 30 % leimikon koivujen runkoluvusta.

**Taulukko 4.** Suorakaidekoealoilta lasketut puulajien pohjapinta-alat. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Leimikon nro	Raudus	Hies	Kuusi	Haapa	Mänty	Yhteensä
			Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha			
1	12	20	13	-	-	45
2	-	24	2	4	-	31
3	4	17	16	-	6	44
4	2	24	17	2	-	44
5	4	20	14	4	-	43
6	3	21	12	8	-	44
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	4	21	12	3	1	42
7	14	4	-	-	-	18
8	22	-	-	-	-	22
9	27	2	-	-	-	29
10	24	-	-	-	-	24
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	22	2	0	0	0	23

**Taulukko 5.** Leimikoilta mitattujen relaskooppikoealojen pohjapinta-alat. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Leimikon nro	Raudus	Hies	Kuusi	Haapa	Mänty	Yhteensä
			Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha			
1	4	9	15	4	1	33
2	0	16	6	5	3	30
3	2	9	14	1	2	28
4	2	8	15	4	0	29
5	4	17	7	0	1	29
6	2	7	13	3	0	25
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	2	11	12	3	1	29
7	13	4	0	0	0	17
8	25	0	0	0	0	25
9	24	0	0	0	0	24
10	23	0	0	0	0	23
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	21	1	0	0	0	22

### 3.1.2 Pituus, järeys, oksarajat ja kapeneminen

#### **Vaneritukkiluokitus**

Tuontikoivuerissä vanerimitat ( $d_{1,3}$  yli 180 mm) täyttävien runkojen keskiläpimitta rinnankorkeudella oli 262 mm ja viljelykoivuerissä 223 mm (Taulukko 6). Tuontikoivujen keskipituus oli 26,6 metriä ja viljelykoivujen 23,5 metriä. Leimikkoa nro 3 lukuun ottamatta tuontikoivuleimikoilla vaneritukkirungoissa kuivaoksaraja (8,9 m) oli viljelykoivuleimikoita (5,7 m) korkeammalla. Elävien oksien alarajan korkeus oli tuontikoivuleimikoissa 14,4 m ja viljelykoivuleimikoissa 9,3 m. Alimman terveen oksan korkeus oli pääsääntöisesti myös elävän latvuksen alkamiskorkeus. Kapeneminen ( $((d_{1,3}-d_6)/4,7)$ ) vaihteli sekä tuonti- että viljelyleimikoissa välillä 7–10 mm/m. Oksattoman rungon osuus koko rungon pituudesta oli tuontikoivuissa keskimäärin 33 % ja viljelykoivuissa 24 %.

#### **Sahatukkiluokitus**

Sahatukkiluokituksessa koepuiksi luettiin kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan 120 mm ylittävät rungot, jolloin osalla leimikoista mitattiin runkoja hieman vaneritukkiluokitusta enemmän. Tuontikoivuleimikoiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli 240 mm. Karjalan tasavallan leimikot nro 2 ja 3 olivat läpimitoiltaan muita leimikoita pienempiä. Viljelykoivikoista Liperin leimikot olivat Kiteen leimikoita järeämpiä. Tuontikoivuleimikoiden keskimääräinen pituus oli 25,7 m, alimman kuivan oksan korkeus 8,5 m ja alimman elävän oksan korkeus 14,1 m. Viljelykoivuleimikoiden keskipituus oli 23,3 m ja oksarajat 5,5 m ja 9,3 m. Rungon kapeneminen oli tuontikoivuilla keskimäärin 8,3 mm/m ja viljelykoivuilla 9,3 mm/m.

### 3.1.3 Muotoviat

Koivujen ulkoista teknistä laatua heikensivät eniten muotoviat (taulukko 7). Pystymittauksissa muotovioiksi kirjattiin viat, joiden katsottiin aiheuttavan joko leikon tekemisen tai pakkokatkaisun. Vaneritukkiluokituksessa muotoviat luettiin 18 cm läpimitaan asti ja suurimpana sallittuna lenkoutena pidettiin 3 cm/m. Karjalan tasavallassa olivat suorien runkojen osuudeltaan sekä paras (79 % rungoista suorina) että huonoin (25 %) leimikko. Viljelykoivuleimikoissa mitatuista koivuista 69 % oli suorina ja tuontikoivuleimikoissa vastaavasti 44 %. Suuri osa mutkista oli kuitenkin pieniä ja vaati ainoastaan pakkokatkaisun, jolloin oikealla apterauksella oli mahdollista välttää leikon tekeminen.

Sahatukkiluokituksessa suurimpana sallittuna lenkoutena pidettiin 1,5 cm/m ja muotoviat luettiin 12 cm läpimitaan asti. Suoriksi luokiteltujen runkojen osuus oli siten pienempi kuin vaneritukkiluokituksessa (taulukko 7). Kahta leimikkoa lukuun ottamatta (leimikot nro 2 ja 8) suorien runkojen osuus oli alle 10 % koelajien kaikista puista. Tuontikoivuleimikolla nro 1 ja viljelykoivuleimikolla nro 10 kaikki mitatut rungot olivat sahatukkiluokituksen mukaan muotoviollisia. Tuontikoivuleimikoissa suorien runkojen osuus oli keskimäärin 5 % ja kotimaisissa viljelykoivikoissa 10 %.

**Taulukko 6.** Pystymitattujen leimikoiden keskimääräisiä tunnuksia. Vaneritukkiluokituksessa olivat mukana rungot, joiden rinnankorkeusläpimitta ylitti 180 mm, ja sahatukkiluokituksessa rungot, joiden rinnankorkeusläpimitta ylitti 120 mm. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Leimikon nro	Ikä	Mitatut rungot	d <sub>1,3</sub>	d <sub>6</sub>	Pituus	Alin kuiva oksa	Alin terve oksa	Kapeneminen
	a	kpl	mm	mm	m	m	m	mm/m
Vaneritukkirungot								
1	78	20	285	244	28,3	12,0	16,2	9
2	-	19	217	186	24,3	7,6	15,0	7
3	80	12	230	193	23,8	4,1	11,9	8
4	-	16	290	245	28,0	9,9	14,5	10
5	87	12	280	236	28,0	10,8	15,1	9
6	84	19	270	232	27,1	9,0	13,9	8
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>82</i>	<i>16</i>	<i>262</i>	<i>244</i>	<i>26,6</i>	<i>8,9</i>	<i>14,4</i>	<i>9</i>
7	37	13	254	205	22,8	4,9	6,3	10
8	34	33	218	183	24,6	5,8	10,6	7
9	36	19	208	172	23,2	5,8	10,9	8
10	34	18	211	172	23,4	6,4	9,3	8
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>35</i>	<i>21</i>	<i>223</i>	<i>183</i>	<i>23,5</i>	<i>5,7</i>	<i>9,3</i>	<i>8</i>
Sahatukkirungot								
1	78	23	270	229	27,6	10,8	15,8	9
2	-	32	189	156	22,9	7,3	14,4	7
3	80	25	188	150	22,1	4,1	11,4	8
4	-	20	262	222	27,0	9,2	14,3	9
5	87	12	280	236	28,0	10,8	15,1	9
6	84	25	253	216	26,4	8,9	13,8	8
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>82</i>	<i>23</i>	<i>240</i>	<i>202</i>	<i>25,7</i>	<i>8,5</i>	<i>14,1</i>	<i>8</i>
7	37	15	242	175	22,4	4,6	6,0	14
8	34	35	216	180	24,6	5,4	10,7	7
9	36	27	196	161	22,8	5,9	10,8	8
10	34	22	202	165	23,3	6,1	9,6	8
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>35</i>	<i>25</i>	<i>214</i>	<i>170</i>	<i>23,3</i>	<i>5,5</i>	<i>9,3</i>	<i>9</i>

### 3.1.4 Oksa- ja pintaviat

Yleisimpiä oksavikoja olivat ylisuuret kuivat oksat. Runko luokiteltiin pintavialliseksi, jos siinä oli yksikin pintavika. Yleisimpiä pintavikoja olivat koro ja halkeama.

Leningradin alueen leimikot (nrot 4–6) olivat oksa- ja pintavikojen suhteen tasalaatuisia (taulukko 7). Karjalan tasavallan leimikot (nrot 1–3) puolestaan erosivat toisistaan kyseisten ominaisuuksien suhteen. Leimikoilla nro 1 ja 7 oli pintaviallisia yli 30 % kaikista vaneripuurungoista, kun taas leimikoilla nro 3 ja 9 ei ollut lainkaan pintaviallisia vaneritukkirunkoja.

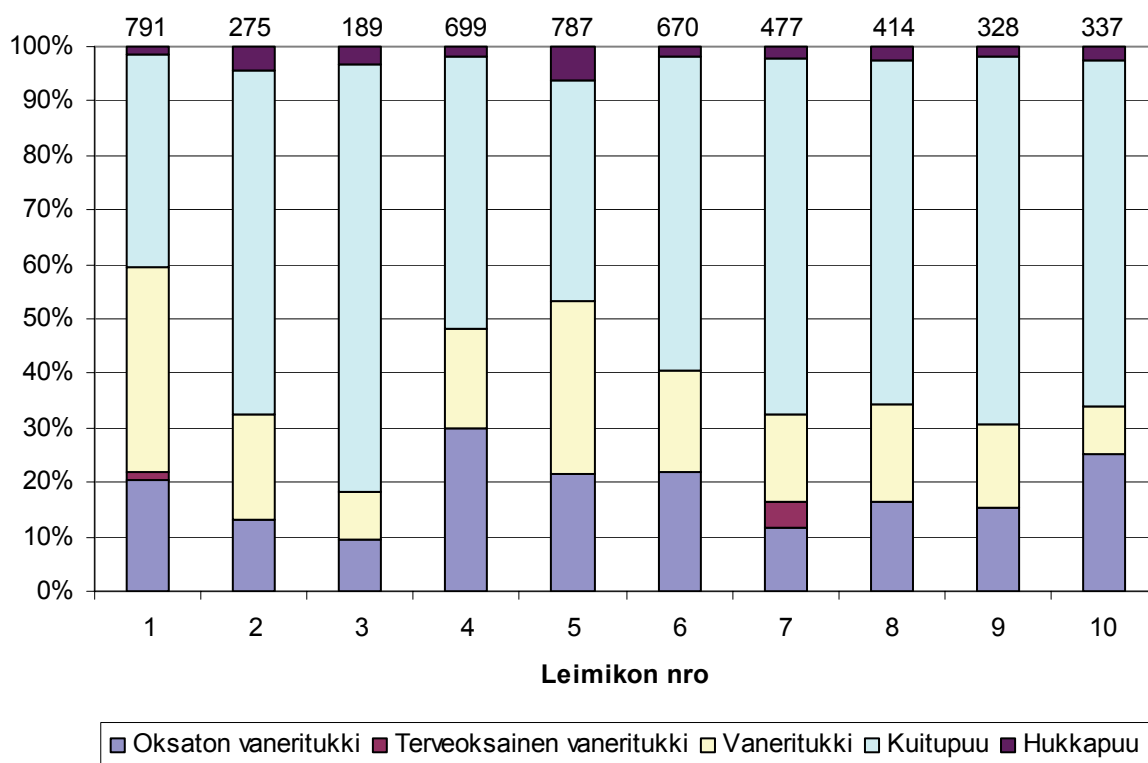
**Taulukko 7.** Vaneri- ja sahatukkilookitusten mukaiset suorien runkojen osuudet sekä oksa- ja pintavikaisten runkojen osuudet koepuiden runkoluvusta. V=vaneritukkilookitus, S=sahatukkilookitus. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Leimikon nro	Suoria runkoja		Oksavikaisia		Pintavikaisia	
	V	S	V	S	V	S
	% koepuista					
1	45	0	50	52	35	39
2	79	12	16	19	5	13
3	25	4	33	20	0	4
4	37	5	44	45	25	25
5	33	8	42	50	25	25
6	47	4	53	61	26	22
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>44</i>	<i>5</i>	<i>40</i>	<i>41</i>	<i>19</i>	<i>21</i>
7	31	7	46	40	31	33
8	67	29	15	40	15	17
9	90	4	10	14	0	4
10	89	0	0	14	17	14
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>69</i>	<i>10</i>	<i>18</i>	<i>27</i>	<i>16</i>	<i>17</i>

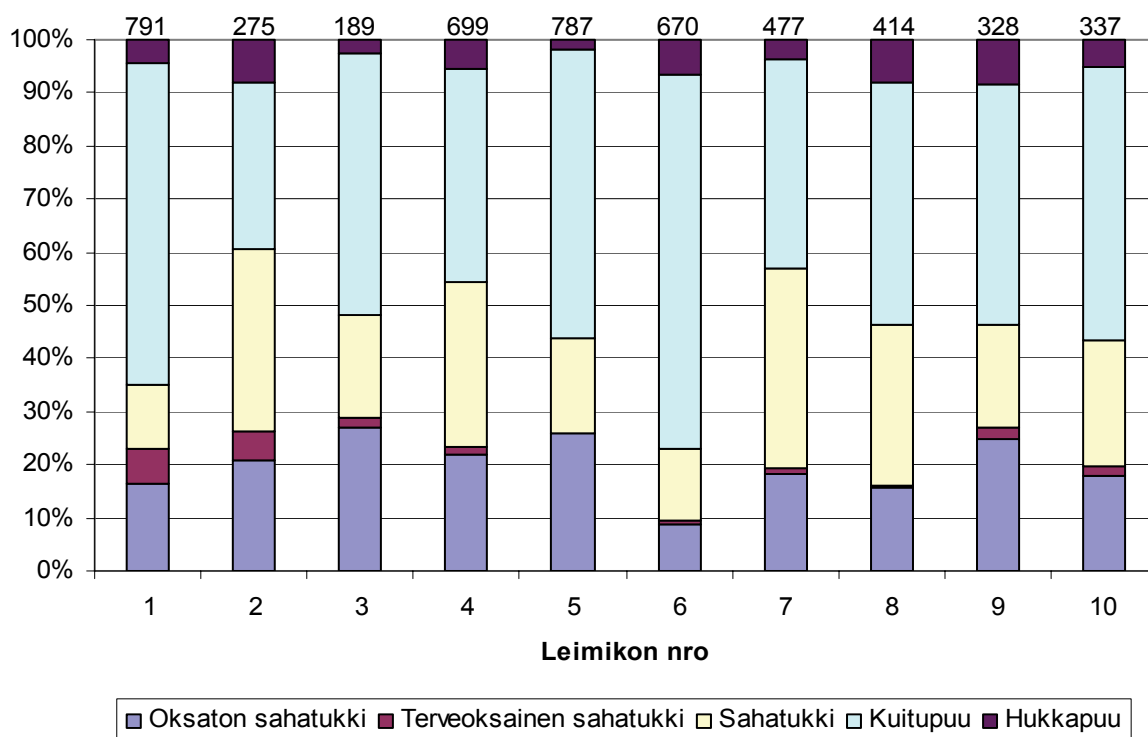
### 3.1.5 Apteerauksen simulointi

Apteerausohjelmalla laskettiin leimikkokohtaiset puutavaralajikertymät pystymittauksissa mitattujen tunnusten avulla. Kuvassa 6 on esitetty vaneritukkiloituksen mukaiset puutavaralajijakaumat. Karjalan tasavallan alueella koeleimikoiden oksattomien tyvitukkien osuus vaihteli 10–21 %:n välillä. Suhteellisesti suurin oksattomien tyvien osuus, keskimäärin 30 % runkojen kokonaistilavuudesta, oli leimikossa nro 4. Viljelykoivikoista leimikon nro 10 runkotilavuudesta oli 25 % oksattomia tyvitukkeja. Muissa viljelykoivikoissa oksatonta tyvitukkaa oli noin kymmenen prosenttiyksikköä vähemmän. Terveoksaista vaneritukkaa saatiin ainoastaan viljelykoivuleimikolta nro 7 (n. 5 % runkotilavuudesta) sekä tuontikoivuleimikolta nro 1 (n. 1,5 %). Kaikista neljästä kotimaisesta viljelyrauduskoivikosta apteerattiin vaneritukkaa n. 30–35 % runkotilavuudesta.

Sahatukkiloituksen mukaisesti laskettuna oksatonta tyvitukkaa oli leimikoilla keskimäärin 10–27 % (kuva 7). Leimikon nro 6 yhteenlaskettu tukkikertymä (23 % runkotilavuudesta) oli muita leimikoita (keskimäärin 48 % runkotilavuudesta) selvästi pienempi.

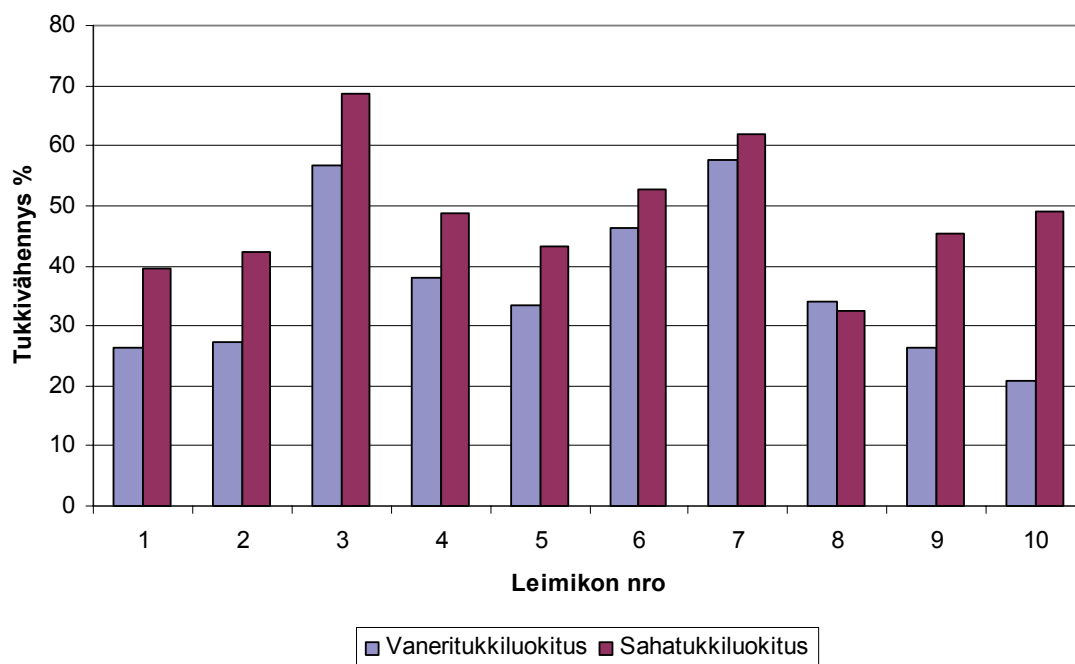


**Kuva 6.** Apteerausohjelmalla laskettu pystymittauksiin perustuva vaneritukkiluokituksen mukainen puutavaralajijakauma. Pylvään yläpuolella on esitetty leimikon koivurunkojen keskitilavuudet litroina. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.



**Kuva 7.** Apteerausohjelmalla laskettu pystymittauksiin perustuva sahatukkiluokituksen mukainen puutavaralajijakauma. Pylvään yläpuolella on esitetty leimikon koivurunkojen keskitilavuudet litroina. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

Apteeraustulosten perusteella laskettiin myös pystymittauksiin perustuva tukkivähennysprosentti (kuva 8). Vaneritukkiluokituksen mukaisesti apteerattujen koivurunkojen tukkivähennysprosentti oli tuontikoivuleimikoissa 38 ja viljelykoivuleimikoissa 35. Sahatukkiluokituksessa keskimääräinen tukkivähennysprosentti oli tuontikoivuleimikoissa 49 ja viljelykoivuleimikoissa 47.



**Kuva 8.** Apteerausohjelmalla laskettu pystymittauksiin perustuva tukkivähennysprosentti. Leimikoiden numerointi: ks. taulukko 3.

## 3.2 Tukkimitaukset

### 3.2.1 Pölkkyjen tilavuus ja kapeneminen sekä sahatukkien läpimitat

Taulukossa 8 on esitetty tukkierittäin pölkkyjen keskimääräiset tilavuudet ja kapeneminen 1,5 metrin moduuleissa. Tyvipölkkyiksi luettiin tyvitukit kolmen metrin korkeuteen asti, ja väli- ja latvapölkkyiksi puutavara kolmen metrin korkeuden yläpuolelta aina 18 cm läpimitaan asti. Tuontikoivujen tyviläpimittojen keskiarvo oli 341 mm ja viljelykoivujen 289 mm. Kapeneminen oli voimakkainta, 28 mm/m leimikon nro 2 tyvipölkkyissä. Saman leimikon puut olivat myös keski-ikänsä vanhimpia.

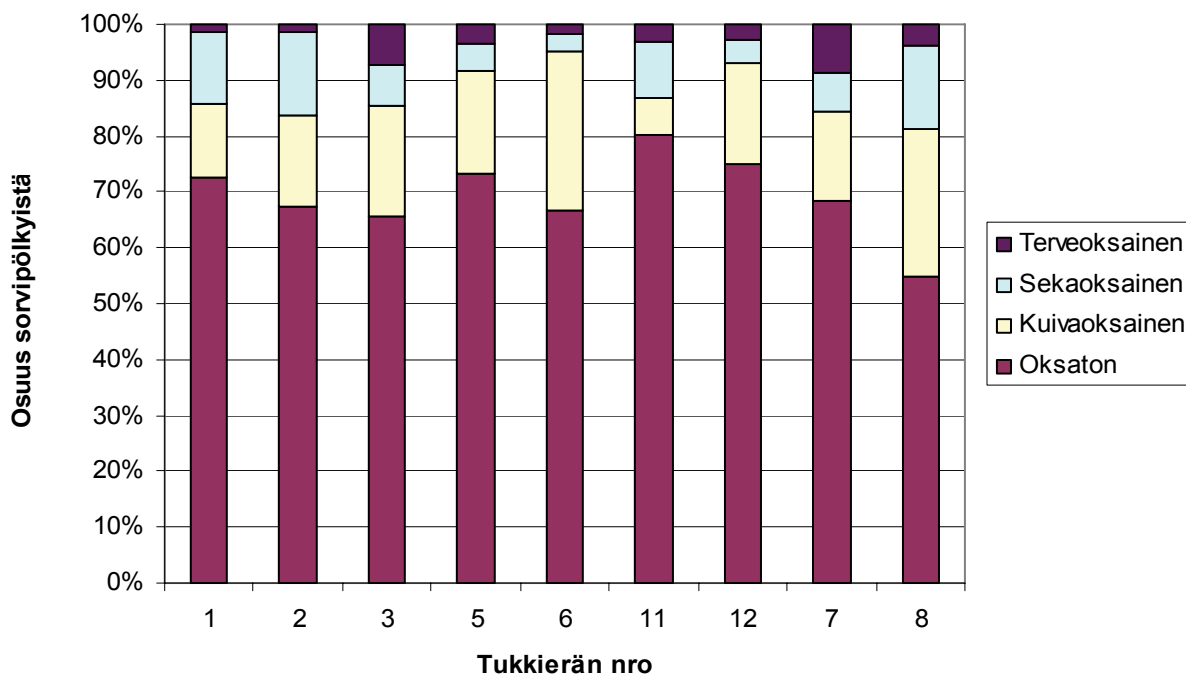
**Taulukko 8.** Tukkimitauksessa mitattujen 150 cm:n pölkkyjen tilavuus ja kapeneminen. Tyvipölkkyjä (0–3 m) mitattiin 20–30 kpl/tukkierä, väli- ja latvapölkkyjä (3 m korkeus – 18 cm lpm) 30–60 kpl/tukkierä. Tukkierien numerointi: ks. taulukko 3.

Tukkierän nro	Ikä	Raudusten osuus tyvitukeista	Tyvipölkkyt		Väli- ja latvapölkkyt	
			Keski- tilavuus dm <sup>3</sup>	Kapeneminen mm/m	Keski- tilavuus dm <sup>3</sup>	Kapeneminen mm/m
	a	%				
1	78	14	99	17	84	6
2	91	21	141	28	87	8
3	80	47	83	20	63	6
5	87	43	109	25	74	5
6	84	40	107	24	84	8
11	71	6	94	21	84	6
12	53	47	91	20	68	5
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>78</i>	<i>31</i>	<i>103</i>	<i>22</i>	<i>78</i>	<i>6</i>
7	37	74	70	19	58	7
8	34	92	71	23	56	6
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>36</i>	<i>83</i>	<i>71</i>	<i>21</i>	<i>57</i>	<i>7</i>

### 3.2.2 Tukkien ja pölkkyjen oksikkuus

Tukkierien tyviosien (0–3 m) sorvipölkkyistä oksia oli ainoastaan tukkierissä nro 3 ja 8. Molempien tukkierien pölkkyistä noin viidessä prosentissa oli kuolleita oksia. Muiden tukkierien tyvipölkkyt olivat ulkoisesti oksattomia. Kaikki sorvipölkkyt mukaan lukien eniten (n. 80 %) ulkoisesti oksattomia pölkkyjä oli tukkierässä nro 11, vähiten (n. 65 %) tukkierässä nro 3 (kuva 9). Oksattomia pölkkyjä oli tuontikoivuerissä keskimäärin 72 % ja viljelykoivuerissä 62 %. Terveoksisia pölkkyjä oli viljelykoivuissa kaksinkertainen määrä tuontikoivuihin nähden.

Pystyoksia esiintyi eniten viljelykoivuerässä nro 7, noin kahdeksassa prosentissa sen väli- ja latvapölkkyistä. Muissa tukkierissä pystyoksia esiintyi vain satunnaisesti.



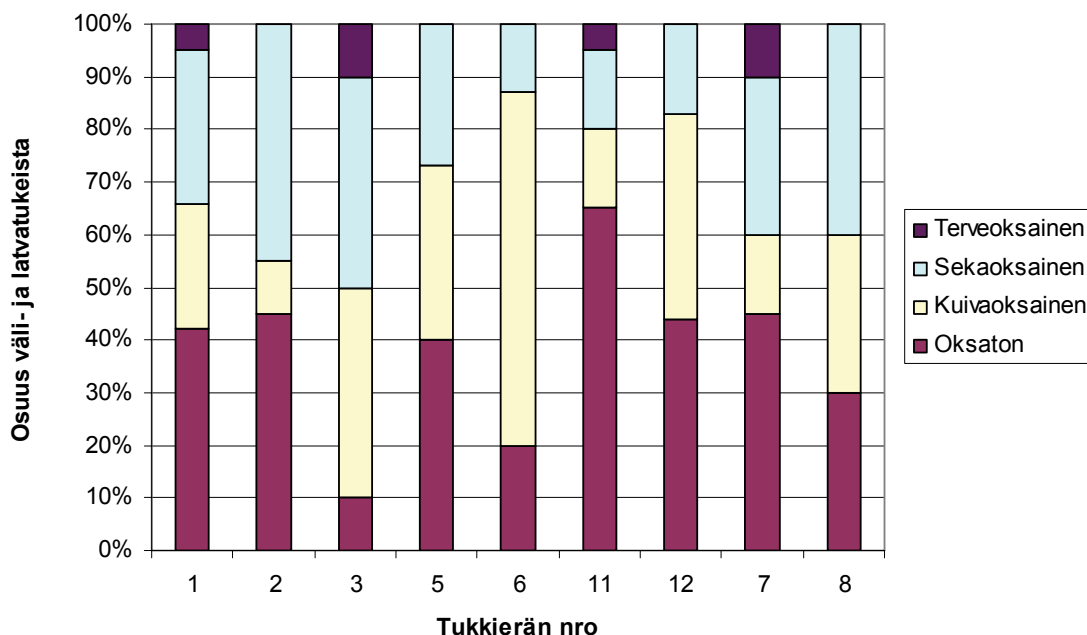
**Kuva 9.** Pölkkyjen tukkieräkohtainen oksikkuus. Tukkierien numerointi: ks. taulukko 3.

Apteerausohjeessa määriteltyä terveen oksan maksimiläpimittaa 70 mm ylittäviä oksia havaittiin koko tukkimittausaineistossa vain yksi, tukkierässä nro 2 (taulukko 9). Sahatukkiluokituksen mukaan ylisuuria terveitä (50 mm) oksia esiintyi muutamissa tukkierissä. Tukkierässä nro 3 ylisuuria kuolleita oksia havaittiin noin kolmanneksessa pölkkyistä, selvästi muita tukkieräiä useammin.

**Taulukko 9.** Tukkimitauksissa mitatut ylisuuret terveet ja kuolleet oksat. Tukkierien numerointi: ks. taulukko 3. Huom. Vaneritukkiluokituksessa puhutaan 1,5-metrin pituisista sorvipölkkyistä, sahatukkiluokituksessa 3–6 metriä pitkistä tukeista.

Tukkierän nro	Vaneritukkiluokitus		Sahatukkiluokitus	
	Ylisuuria oksia sisältäneiden pölkkyjen osuus, %		Ylisuuria oksia sisältäneiden tukkien osuus, %	
	Terve oksa > 70 mm	Kuollut oksa > 30 mm	Terve oksa > 50 mm	Kuollut oksa > 30 mm
1	-	4	5	10
2	1	10	10	15
3	-	19	-	33
5	-	7	-	10
6	-	7	-	17
11	-	6	5	15
12	-	2	-	11
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	-	8	3	16
7	-	6	-	19
8	-	9	-	25
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	-	8	-	22

Kokonaisten tukkien oksikkuutta tutkittaessa tyvitukeiksi laskettiin tukin kolme ensimmäistä metriä. Tyvitukit olivat suurelta osin oksattomia. Tukkerissä nro 3, 5 ja 8 esiintyi kuivaoksaisia tyvitukkeja, enimmillään 18 % tyvitukeista oli kuivaoksaisia (tukkeriä nro 3). Väli- ja latvatukkien oksikkuusrakenne on esitetty kuvassa 10. Tukkien pinnalta mitattuna oksattomia väli- ja latvatukkeja oli tuontikoivuierissä 42–65 % lukuun ottamatta tukkeriä nro 3 (10 %) ja 6 (20 %). Terveoksaisia tukkeja havaittiin ainoastaan osassa tukkeristä, enimmillään 10 % kaikista mitatuista tukeista.



**Kuva 10.** Tukkeräkohtainen väli- ja latvatukkien (3 m korkeus – 18 cm läpimittaa vastaava korkeus) oksikkuus. Tukkerien numerointi: ks. taulukko 3.

Taulukossa 10 on esitetty tukkeräkohtainen keskimääräinen oksien lukumäärä tukkimetriä kohti. Tuonti- ja viljelykoivuierien välillä ei ollut selviä eroja oksalukumäärissä. Tuontikoivuaineistossa oli keskimäärin 0,6 ja kotimaisissa viljelykoivuaineistossa 0,7 oksaa metriä kohti.

**Taulukko 10.** Tukkeräkohtainen keskimääräinen kuiva- ja terveoksalukumäärä per metri. Tukkerien numerointi: ks. taulukko 3.

Tukkerin nro	Terveitä oksia		Kuivia oksia	Oksia yhteensä
	kpl/m			
1	0,2	0,3	0,3	0,5
2	0,2	0,4	0,1	0,7
3	0,2	0,8	0,1	1,1
5	0,1	0,4	0,0	0,4
6	0,1	0,4	0,0	0,5
11	0,1	0,2	0,1	0,4
12	0,1	0,3	0,0	0,4
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>0,2</i>	<i>0,4</i>	<i>0,0</i>	<i>0,6</i>
7	0,2	0,2	0,1	0,5
8	0,3	0,6	0,0	0,9
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>0,3</i>	<i>0,4</i>	<i>0,0</i>	<i>0,7</i>

### 3.2.3 Tukkien viat

Taulukossa 11 on esitetty tukeista mitatut laho-, muoto- ja pintaviat sekä korjuun yhteydessä tukkien päihin syntyneiden katkontahalkeamien esiintyminen. Tukkerät nro 1 ja 2 hakattiin manuaalisesti, muut koneella. Tarkasteltaessa kovan lahon osuutta tukkien poikkileikkauspinoilta käytettiin rajoina sorvauksessa jäävän purilaan keskiläpimittaa 70 mm sekä apterausohjeen rajaa 1/3 tukin poikkileikkauksläpimitasta. Leningradin alueelta tulleissa kolmen metrin pituisissa tukeissa suurin osa apterausohjeen ylittävistä kovan lahon poikkileikkauspinoista oli tukkien latvapäissä. Samoin Vologdan alueelta toimitetuissa tukeissa lahon osuus poikkileikkaukspinoilla oli suurempi tukkien latvapäissä. Vologdan alueen tukkerä nro 11 oli katkottu viiden ja tukkerä nro 12 kuuden metrin määrämittaan. Karjalan tasavallan leimikoista tulleissa kuuden metrin määrämittäisissä tukeissa apterausohjeen ylittävää kovaa lahoa oli puolestaan enemmän tukkien tyvipäissä.

Pintaviallisten pölkkyjen osuus kaikista pölkkyistä vaihteli tukkerittäin välillä 3–11 %. Pintavioista yleisin oli koro, jota esiintyi kaikissa tukkerissä. Muiden pintaviojen esiintyminen oli satunnaista. Leningradin alueelta tulleissa tukkerässä oli muita enemmän sydänhalkeamia. Ainoastaan leimikosta nro 8 tulleissa tukeissa oli hakkuupään syöttörullan tai karsintaterien aiheuttamia vaurioita.

Vologdan alueen tukit erottuivat muista selvästi huonomman runkomuotonsa vuoksi.

**Taulukko 11.** Tukkimittauksissa tarkastellut viat. Katkontahalkeamissa ja lahovioissa prosenttiosuus ilmoittaa viallisten tukkien osuuden kaikista mitatuista tukeista. Pinta- ja muotovioissa tarkoitetaan viallisten pölkkyjen osuutta kaikista mitatuista 1,5 metrin pituisista sorvipölkkyistä. Tukkerien numerointi: ks. taulukko 3.

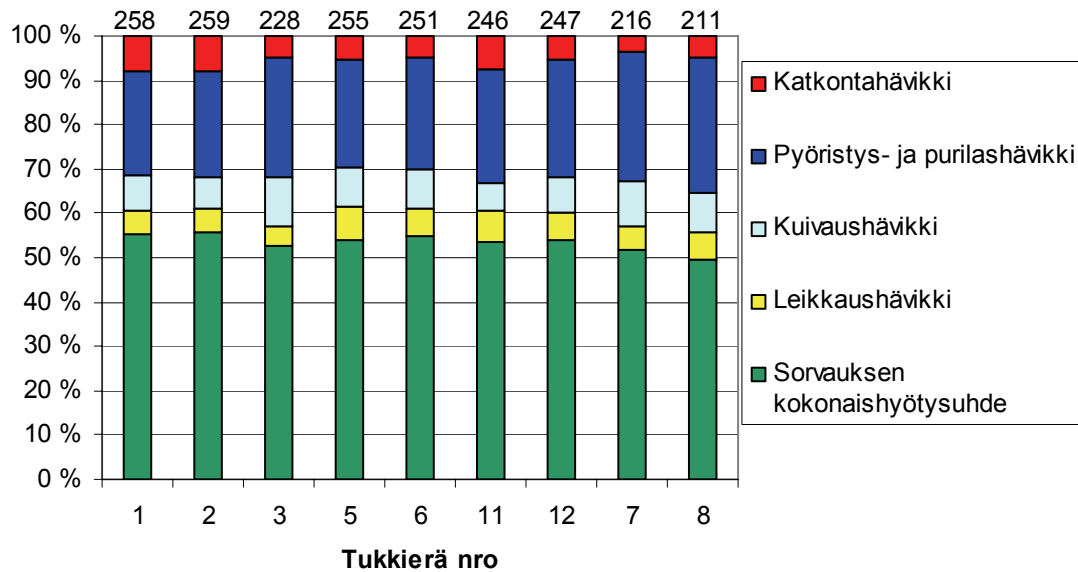
Tukkerän nro	Katkonta- halkeamia	Kovaa lahoa yli 70 mm	Kovaa lahoa yli 1/3 tukin läpimitasta	Pintavikaisia pölkkyjä	Muotovikaisia pölkkyjä
			% tukeista tai pölkkyistä		
1	2	24	0	3	21
2	2	35	25	9	20
3	3	10	10	6	19
5	3	50	30	7	26
6	2	53	23	11	16
11	4	75	55	6	33
12	2	33	27	7	45
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	3	40	24	7	26
7	1	0	0	10	29
8	3 <sup>1</sup>	5	0	6	17
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	2	3	0	8	23

<sup>1</sup> Leimikosta hakatusta vaneritukkerikertymästä oli jo ennen mittauksia poistettu n. 15 % tukkeja liiallisten katkontahalkeamien vuoksi.

### 3.3 Tehdasmittaukset

#### 3.3.1 Sorvaus

Sorvauksen saanto (määrän viulun osuus kuorittujen pölkkyjen tilavuudesta) vaihteli leimikoittain 69–77 %:n välillä. Kotimaisten viljelykoivikoiden keskimääräinen saanto (70 %) oli tuontikoivuleimikoiden keskiarvoa (75 %) pienempi. Sorvauksen kokonaishyötysuhde oli 49–55 %. Tuontikoivutukkierien keskimääräinen sorvipölkyn läpimitta oli 249 mm, viljelykoivutukkierien 214 mm. Tukkierien keskimääräiset kuorettomien sorvipölkkyjen läpimitat, sorvauksen kokonaishyötysuhteet ja hävikit on esitetty kuvassa 11.



**Kuva 11.** Koesorvausten tukkieräkohtainen kokonaishyötysuhde (kuivan ja leikatun viulun osuus kuorituista tukeista) sekä hävikit. Sorvipölkkyjen keskiläpimitat (mm) on esitetty palkkien yläreunassa. Tukkierien numerointi: ks. taulukko 3.

Pyöristys- ja purilashäviö oli pienimmillään Karjalan tasavallan tukkierissä. Kotimaisten viljelykoivikoiden pyöristys- ja purilashäviön keskiarvo oli 30 % ja tuontikoivuleimikoiden 25 %. Katkontahäviö oli yleisesti 3,5–6 %. Poikkeuksena oli leimikko nro 8, jolla katkontahäviö oli lähes 10 %. Tuontikoivuleimikoiden keskimääräinen katkontahävikki oli 4,6 % ja viljelykoivikoiden 7,9 %. Leikkaushäviö oli kaikissa sorvatuissa tukkierissä 5–7 %. Leningradin alueen leimikoiden tukkierien keskipituus oli 3,3 m ja kaikki tukit olivat joko 3,1 tai 3,4 metriä pitkiä. Kyseisten tukkierien katkontahävikit olivat kaikkein pienimpiä, vain 3,5 %. Liperin Salokylän tukkierän (nro 8) katkontahävikki oli muita suurempi, johon todennäköisenä syynä olivat katkontahalkeamien takia tehdystä uudelleenkatkonnasta aiheutuneet poikkeavat tukkipituudet.

#### 3.3.2 Viilujen laatujauma

Alueellisia yhtenäisyyksiä viilujen laatujaumissa (taulukko 12) oli Leningradin alueen tukkierillä (nrot 5 ja 6) ja kotimaisilla viljelykoivikoilla. Tukkierien nro 5 ja 6 pintaviilujen osuus oli n. 20 %. Molempien kotimaisten tukkierien pintaviiluosuudet olivat n. 19 %.

Suurimmat pintaviilujen osuudet (n. 30 %, josta parempien pintaviilujen osuus n. 9 %) olivat Karjalan tasavallan tukkierissä nrot 1 ja 2.

**Taulukko 12.** Viilujen tukkieräkohtainen laatujaakauma. Tukkerien numerointi: ks. taulukko 3.

Tukkierän nro	Paremmat pintaviilut	Muut pintaviilut Osuus, %	Keskiviilut
1	9,0	21,1	70,0
2	9,5	19,4	71,2
3	2,0	8,4	89,7
5	4,9	15,3	79,8
6	3,7	16,1	80,3
11	3,9	18,9	77,1
12	5,2	24,8	70,0
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>5,5</i>	<i>17,7</i>	<i>76,9</i>
7	1,6	17,7	80,7
8	2,2	17,1	80,6
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>1,9</i>	<i>17,4</i>	<i>80,7</i>

### 3.4 Laboratoriomittaukset

#### 3.4.1 Viilun poikittaisvetolujuus

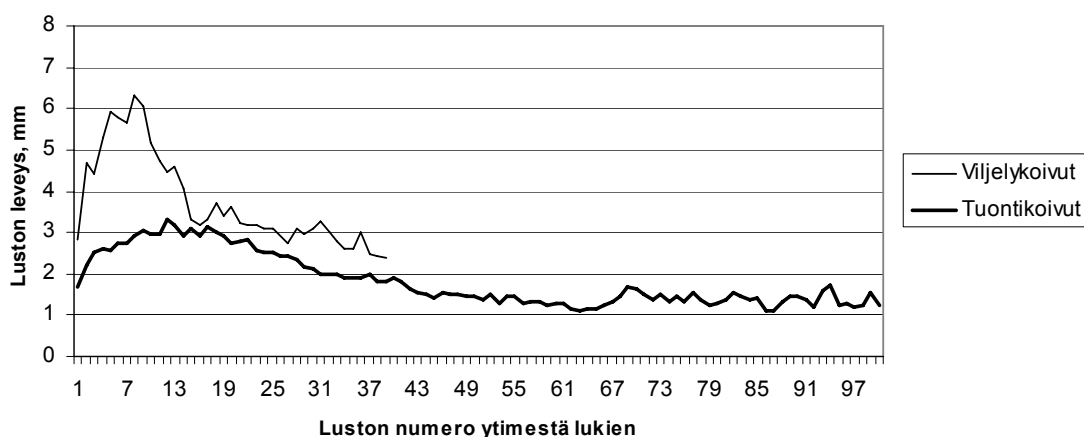
Tuontikoivujen keskimääräinen viilun poikittaisvetolujuus oli 1,86 MPa ja viljelykoivujen 1,84 MPa (taulukko 13). Viilumaton sisä- ja keskiosa olivat pintaosaa lujempia. Ero oli tilastollisesti merkitsevä (Mann-Whitneyn U-testi,  $p=0,003$ ). Pölkyn tyvipäästä sorvattu viilu (1,94 MPa) oli lujempaa kuin keskeltä (1,78 MPa) ja latvapäästä (1,83 MPa) sorvattu. Tukkerien suurimmista pölkkyistä sorvatut viilut olivat keskimäärin lujimpia ja keskikokoisista pölkkyistä sorvatut heikoimpia. Raudus- ja hieskoivun välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (Mann-Whitneyn U-testi,  $p=0,336$ ), vaikka rauduskoivupölkkyt (keskiläpimitta 295 mm) olivat keskimäärin hieman hieskoivupölkkyjä (276 mm) järeämpiä.

**Taulukko 13.** Viilun poikittaisvetolujuudet tukkerittäin. Tukkerien numerointi: ks. taulukko 3.

Tukkierän nro	Pölkyn sisäosa	Pölkyn keskiosa	Pölkyn pintaosa	Kaikki
	MPa			
1	1,98	1,94	1,76	1,89
2	1,89	1,88	1,89	1,89
3	1,71	1,54	1,60	1,62
5	2,00	2,08	1,77	1,95
6	2,11	1,93	1,81	1,95
11	1,79	1,89	1,82	1,84
12	1,79	2,03	1,74	1,85
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>1,90</i>	<i>1,90</i>	<i>1,77</i>	<i>1,86</i>
7	1,90	1,95	1,59	1,81
8	1,93	1,78	1,86	1,86
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>1,91</i>	<i>1,87</i>	<i>1,72</i>	<i>1,84</i>
<b>Yhteensä</b>	<b>1,90</b>	<b>1,89</b>	<b>1,76</b>	<b>1,85</b>

### 3.4.2 Vuosilustojen leveys

Tuonti- ja viljelykoivujen keskimääräiset vuosilustojen leveydet on esitetty kuvassa 12. Tuontikoivujen kasvurytmit olivat kaikissa tukkierissä samankaltaisia. Vastaavasti myös viljelykoivikot olivat keskenään samanlaisia. Tuontikoivujen keskimääräinen lustonleveys oli 2,0 mm, ja ytimeistä lukien 20 ensimmäisen luston leveys oli 2,8 mm. Viljelykoivuissa keskimääräinen lustonleveys oli 2,8 mm ja ensimmäisten lustojen keskileveys oli 4,5 mm.



Kuva 12. Tuonti- ja viljelykoivujen keskimääräinen vuosilustojen leveys.

### 3.4.3 Kuiva-tuoretiheys

Puuaineen keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli tuontikoivutukeissa  $483 \text{ kg/m}^3$  ja kotimaisissa viljelykoivuissa  $464 \text{ kg/m}^3$  (taulukko 14). Ero oli tilastollisesti merkitsevä (Mann-Whitneyn U-testi,  $p=0,000$ ). Tyvikiekosta tehdyt mittaukset edustavat käytännössä rungon kannon korkeutta. ”Latvakiekot” puolestaan otettiin tyvitukin latvapäästä, jonka korkeus vaihteli välillä 3,1–6 m. Tyvikiekot olivat  $10\text{--}40 \text{ kg/m}^3$  ”latvakiekoja” tiheämpiä. Tuontikoivuissa rauduskoivun keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli  $501 \text{ kg/m}^3$  ja hieskoivun  $477 \text{ kg/m}^3$ .

Taulukko 14. Tukkierien keskimääräiset kuiva-tuoretiheydet ja niiden keskihajonta. Tukkien latvapäistä otetut näytteet ovat korkeuksilta 3,1•6,0 m. Tukkierien numerointi: ks. taulukko 3.

Tukkierän nro	Koko aineisto	Tyvikiekot	Latvakiekot
1	483 (38)	492 (37)	472 (36)
2	505 (68)	515 (83)	494 (41)
3	474 (38)	481 (40)	465 (35)
5	507 (47)	511 (48)	503 (45)
6	487 (42)	494 (41)	479 (42)
11	438 (37)	439 (40)	438 (34)
12	487 (45)	494 (47)	480 (42)
<i>Tuontikoivut keskimäärin</i>	<i>483 (45)</i>	<i>489 (48)</i>	<i>476 (39)</i>
7	457 (51)	467 (52)	446 (49)
8	471 (59)	500 (56)	434 (36)
<i>Viljelykoivut keskimäärin</i>	<i>464 (55)</i>	<i>484 (54)</i>	<i>440 (43)</i>

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys

Tuontipuumetsiköt olivat UPM-Kymmene Oyj:n hankintaorganisaation hakkuuseen tulevia leimikoita. Siten ne edustivat kasvuolosuhteita ja leimikkotyyppejä, joista koivutukkia todellisuudessa korjataan Suomeen tuotavaksi. Leimikoiden suuresta pinta-alasta johtuen koealojen leimikkokohtaista määrää voi pitää pienehkönä. Leimikon nro 2 pystymittaukset eivät ole verrattavissa tukki- ja tehdasmittauksiin, koska ennakkotiedoista poiketen leimikkoa ei päätehakattu vaan ainoastaan järeät koivut korjattiin. Myös viljelykoivujen tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että pystymittaukset tehtiin koko leimikolle, mutta myöhemmissä mittauksissa on mukana ainoastaan harvennuspoistuma.

Tukkimitoituksiin tukit valittiin satunnaisotantana koko leimikon tukkikertymästä, ja niiden oletetaan edustavan koko leimikkoa. Vaneritukkia arvokkaamman viilutyvitukin erottelussa tukkisumasta oli toimittajakohtaista vaihtelua. Leningradin alueen leimikoiden tukeista toimittaja oli myynyt viilutyvet Viroon. Karjalan tasavallan leimikoilla nro 1 ja 2 korjuuyrittäjä oli erotellut viilutyvet ja toimitti ne Joensuuhun yhdessä vaneritukkien kanssa omana puutavaralajinaan. Leimikossa nro 3 viilutyviä ei eroteltu. Vologdan alueen junapuutoimituksista satunnaisotantana valituista tukkieristä tietoa mahdollisesta lajittelusta ei ollut. Tukkierässä nro 11 vähäinen suuriläpimittaisten tyvitukkien määrä verrattuna väli- ja latvatukkeihin viittaisi kuitenkin tyvitukkien lajitteluun. Viilutyvitukkien laatu ja hinta vaihtelevat tehdaskohtaisesti ja tämä voi osaltaan vaikuttaa jäljelle jäävän vaneritukinkin laatuun.

Joensuun vaneritehtaalla tehtyihin koesorvauksiin valittiin tuontikoivutukeista satunnaisotantana 30–60 kuutiometrin koe-erä. Kotimaisten viljelykoivikoiden runsaan 30 kuutiometrin vaneritukkikertymät sorvattiin kokonaan. Koska tukkipituudet vaihtelivat tukkierittäin, ei kaikkia eriä voitu sorvata samalla sorvilla. Tämän ei kuitenkaan katsottu alentaneen erien vertailukelpoisuutta saannon ja laatuajankäytön suhteen. Yksittäisten laatuajankäytön luokittelukriteerit voivat hieman erota eri sorvien laatuajankäytön kammereissa, mutta tässä tutkimuksessa käytettyihin laatuajankäytön luokkiin sillä ei ollut vaikutusta.

Sorvipölkyn pituudella on oletettavasti vaikutusta sorvauksen saantoon: lyhyemmissä pölkkyissä muotovikojen vaikutus pienenee. Meriluodon (1965) tutkimuksessa 50 ja 60 tuuman pölkkyillä todettiin saannoissa 4 %:n ero lyhyempien pölkkyjen eduksi.

Pölkkyjen ja viilumattojen merkkauksen tukkierien välillä onnistui eikä sekaannusta päässyt tapahtumaan. Tutkimuksessa sorvattujen pölkkyjen määrä vaihteli tukkierittäin välillä 300–900 kappaletta, joten sorvatun aineiston määrää voi pitää edustavana.

Viilun vetolujuustestaukseen valitut pölkkyt sorvasi yksi sorvaaja samalla teräaseteellä. Leimikon nro 3 tukkien toimituksen ja sen myötä sorvauksen myöhästyttyä myös vetolujuudet jouduttiin testaamaan erikseen, eivätkä tulokset ole siten suoraan vertailukelpoisia muiden tukkierien kanssa. Eräkohtaisen vaihtelun selvittämiseksi oli tärkeää sorvata pölkkyt samalla kertaa, koska viilun vetolujuus on riippuvainen sorvin teräasetteestä. Vetolujuuden testaus tehtiin mahdollisimman nopeasti sorvauksen jälkeen. Viilusuikaleet pidettiin muovin käärittynä kuivumisen välttämiseksi. Näytteet testasi tehtaan laboratorion työntekijä vastaavalla tavalla, kuin tehtaan normaalissa tuotannonaikaisessa testauksessa menetellään.

Kasvunopeudet ja iät mitattiin kunkin tukkierän viidestä satunnaisesti valitusta tyvitukista sahatuista näytekiekoista Windendro ohjelman avulla. Kovaa lahoa sisältäneiden näytteiden vuosilustojen erottaminen skannauksen jälkeen vaati joissakin tapauksissa luston vahvistamista lyijykynällä kiekon pintaan.

Tyvitukkien tyvi- ja latvapäistä sahatuista näytekiekoista valmistettiin yhteensä 747 kuiva-tuoretiheysnäytettä, joten aineistoa voidaan pitää edustavana.

## 4.2 Tulosten arviointi ja vertailu aiempiin tutkimuksiin

Pystymittauksissa hieskoivun osuus oli suuri kaikissa tuontikoivuleimikoissa. Ainoastaan leimikon nro 1 koivuista noin 30 % oli raudusta. Leimikko nro 2 oli tuontikoivuleimikoista lehtipuuvaltaisin. Tuontikoivuleimikot olivat oletettavasti harventamattomia ja keskimääräinen puuston pohjapinta-ala olikin verrattain suuri (pystymittauskoealoilla 42 ja relaskooppikoealoilla 29). Koska koivujen keskimääräinen ikä tuontipuuleimikoissa oli 82 vuotta, ne olivat venäläisen luokituksen mukaan yli-ikäisiä (Karvinen ym. 2005). Tapion taskukirjan suositukset (Valkonen 2002) koivun uudistamiselle täyttyivät leimikoita nro 2 ja 3 lukuun ottamatta. Niissä puiden järeys ei ollut uudistamissuositusten mukainen. Leimikon nro 2 korjuussa hakattiinkin ennakkotiedoista poiketen ainoastaan järeät koivut.

Tiheämmässä kasvaneissa tuontikoivuissa rungon pituuteen suhteutetut elävän latvuksen alaraja ja kuivaoksaraja olivat ylempänä kuin viljelykoivuissa. Puuston tiheyden vaikutusta oksarajoihin ovat tutkineet mm. Niemistö (1991, 1995) ja Niemistö ym. (1997). Tuontikoivuleimikoista leimikolla nro 3 vaneritukkirungoissa kuivaoksaraja (4,1 m) oli huomattavasti muita (ka 8,9 m) matalampana. Huonoon kuivien oksien karsiutumiseen oli todennäköisesti vaikuttanut runsas kuusi- ja koivualikasvos (ks. taulukko 1). On todettu, että tuuli, lumi ja valo edistävät kuolleiden oksien karsiutumista (Heikinheimo 1953, Jokinen & Kellomäki 1982). Oksattoman rungon osuus koko rungon pituudesta oli tuontikoivuilla 33 % ja viljelykoivuilla 24 %. Heiskanen (1957) tutkimuksessa vastaava oksattoman rungon osuus oli suurimmillaan käenkaali-mustikkatyypin uudistuskypsillä rauduskoivuilla (30 %), hieskoivuilla ja muilla kasvupaikoilla osuus oli pienempi. Käsillä olevan tutkimuksen kanssa saman ikäisillä rauduskoivuilla Heiskanen (1957) mittasi oksattomaksi rungon osuudeksi 19 %.

Viljelykoivikoista leimikon nro 7 keskimääräinen alimman terveen oksan korkeus oli muita leimikoita matalammalla. Poikkeavuus johtunee muita leimikoita harvemmassa kasvatusasennosta (ks. taulukot 4 ja 5), joka taas voi olla seurausta epäonnistuneesta istutuksesta tai liian voimakkaasta ensiharvennuksesta.

Tukkimittauksissa tuontikoivutukkierien tyvitukeista 31 % oli rauduskoivuja. Rauduskoivun pientä osuutta voinee pitää poikkeavana ainakin Etelä-Suomen vastaavaan koivulajijakaumaan verrattuna. Verkasalon (1997) mukaan Etelä-Suomen tukkireservistä hiestä on 39 % ja raudusta 61 %. Ulkoisesti arvioiden oksattomia pölkkyjä oli tuontikoivutukkierissä 10 prosenttiyksikköä viljelykoivutukkieriä enemmän. Eniten oksattomia pölkkyjä, kaikkiaan 80 %, oli Vologdan tukkierässä nro 11. Tuontikoivutukkierien oksattomien pölkkyjen osuus on lähellä Verkasalon (1997) tutkimuksen tuloksia, joissa oksattomia ja oksakyhmyttömiä sorvipölkkyjä oli kotimaisissa hies- ja rauduskoivuissa keskimäärin 69 %. Kauralan (2000) tutkimuksessa päätehakkuikäisten sekametsiköiden hieskoivuissa oksatonta oli noin 75 % rungon tukkiosan

pitäydestä. Kauralan (2000) tutkimuksen muissa ositteissa (puhtaat hies- ja rauduskoivikot, sekametsiköiden rauduskoivut) oksatonta oli noin 40 % tukkiosasta.

Oksien lukumäärä per tukkimetri oli tutkimuksen tukkierissä pieni (0,4–1,1 oksaa/metri). Pelkästään oksakymyjen laskematta jättäminen ei selitä oksien vähäistä määrää muihin tutkimuksiin verrattuna. Tilanne on sama sekä tuonti- että viljelykoivutukkieillä. Heräjärven (2001) tutkimuksessa oksien lukumäärä per tukkimetri oli rauduskoivuleimikossa pienimmillään ilman oksakymyjä n. 1,3 oksaa per metri, hieskoivikoissa ja sekametsissä enemmän. Kauralan (2000) tutkimuksen sekametsien hieskoivujen 0,8 oksaa per metri on lähempänä käsillä olevan tutkimuksen keskimääräistä oksalukumäärää (tuontikoivuilla 0,6 ja viljelykoivuilla 0,7 oksaa/m).

Kovan lahon määrä oli tuontikoivuissa huomattavasti viljelykoivuja suurempi. Purilaan läpimitan ylittävää kovaa lahoa oli tuontikoivuissa 40 prosentissa ja viljelykoivuissa 3 prosentissa tukeista. Apteerausohjeen (yli 1/3 poikkileikkauspinnan läpimitasta) ylittävää kovaa lahoa oli tuontikoivutukeista 24 prosentissa, viljelykoivuissa näin suurta kovaa lahoa ei esiintynyt. Erityisesti Vologdan alueen tukkierissä kovaa lahoa oli paljon, vaikka tukkierät olivat iältään tuontipuueristä nuorimpia.

Sahateollisuudelle värivioilla ja laholla on suuri merkitys. Vaikka värivialliset saheet olisivatkin lujuudeltaan terveiden puun veroisia, kelpaavat ne ulkonäkönsä puolesta ainoastaan näkymättömiin jääviin käyttötarkoituksiin kuten huonekalujen runkorakenteisiin. Tämä näkyy luonnollisesti myös väriviallisten laatujuen hinnassa. Esimerkiksi liimalevyä valmistavien tehtaiden käyttämässä koivusahatavarassa kova laho on ongelmallista. Levyjen valmistuksessa on yleensä mahdollista sijoittaa visuaalisesti haitalliset oksat levyn sisäosiin, kovaa lahoa sen sijaan on vaikeampi piilottaa. Oksattoman koivusahatavaran jatkojalosteiden saannon maksimoimiseksi saheet katkotaan pois ja oksattomat osat liimataan yhteen sormiliitoksella. Tässäkin tapauksessa kova laho on huomattavasti haitallisempi kuin muut virheet. Sahatukin apteerausohjeissa kovan lahon rajoitukset ovat vaneritukin apteerausohjeita tiukempia, esimerkiksi suurimman koivusahan Vilkon Oy:n sahatukin laatuvaatimuksissa värillistä puuta ei sallita tukin sydämessä lainkaan (Vilkon Oy 1998).

Tässä tutkimuksessa korjuutavalla ei havaittu olevan vaikutusta katkontahalkeamien määrään. Eniten katkontahalkeamia oli Liperin Salokylän leimikossa nro 8, jossa lähes joka viidennessä tukissa oli katkontahalkeama. Alueen ostoestimiehen mukaan syynä suureen katkontahalkeamien esiintymiseen oli tässä tapauksessa hakkuukoneen kuljettajan kokemattomuus vaneritukin korjuussa. Muissa leimikoissa katkontahalkeamia esiintyi 2–4 prosentissa tukeista.

Viilun saanto sorvauksessa on vahvasti sidoksissa sorvattavien pölkkyjen läpimitaan. Jokaisesta pölkystä jää sorvaamatta pääsääntöisesti samankokoinen sorvipurilas, joten isoista pölkkyistä saadaan suhteellisesti suurempi osuus viilua. Läpimitan lisäksi myös pölkyn muoto vaikuttaa saantoon. Meriluoto (1965) totesi viilun saannon kasvavan 60 tuuman mittaisilla pölkkyillä läpimitaan 251–275 mm saakka, jonka jälkeen saanto pienentyi. Kun pölkyn pituus oli 50 tuumaa, paras saanto oli läpimitoilla 226–250 mm. Syynä tätä suurempien pölkkyjen huonompaan saantoon pidettiin lisääntyneitä muotovikoja. Tässä tutkimuksessa viljelykoivutukkierien keskimääräinen saanto (70,3 %) oli lähes 5 prosenttiyksikköä tuontikoivutukkierä (74,9 %) pienempi. Kuitenkin UPM:n Joensuun vaneritehtaan koko alkuvuoden 2006 keskimääräinen viilun saanto oli vain 64,4 %. Verkasalon (1990) koesorvauksissa hies- ja rauduskoivujen keskimääräiset saannot olivat 62,3 ja 68,6 %.

Kärkkäisen (1978) heikkolaatuiseksi luonnehtimassa aineistossa keskimääräinen saanto oli 56,9 %. Sorvipölkkyjen keskittämisesä tapahtunut kehitys on parantanut sorvauksen saantoa, jonka vuoksi eri vuosikymmeniltä olevat tulokset eivät ole suoraan vertailukelpoisia keskenään.

Parhaimmat viilun laatujaumat olivat Karjalan tasavallan Avdejevon ja Pälman tukkierissä nro 1 ja 2. Muita suurempaan parempien pintaviilujen osuuteen vaikutti todennäköisesti isojen pölkkyjen lisäksi korjuuyrittäjän epäonnistunut viilutyvien lajittelu. Lisäksi Avdejevon leimikolla nro 1 oli eniten rauduskoivuja ja Pälman leimikon nro 2 tyvipölkkyt olivat muita eriä järeämpiä. Pälman tukkierän nro 2 hyvään laatuun oli vaikuttanut myös se, että leimikkoa ei päätehakattu vaan ainoastaan järeät koivut korjattiin harsintahakkuuna.

Huonompien pintaviilujen osuudet olivat tuonti- ja viljelykoivutukkierillä samansuuruisia. Poikkeuksena oli Latvian tukkierä nro 3, jossa huonompia pintaviiluja oli keskimääräistä vähemmän, ja Babajevon tukkierä nro 12, jossa niitä oli keskimääräistä enemmän. Tuontikoivutukkieristä huonoin viilujen laatujauma oli Latvian tukkierässä nro 3, jossa myös puiden kuivaoksaraja oli muita leimikoita alempana, tukeissa oli eniten kuivia oksia ja pölkkyt olivat tuontikoivueristä pienimpiä. Babajevon tukkierässä nro 12 oli huomattavan suuri huonompien pintaviilujen osuus. Vologdan tukkierässä nro 11, jossa tukkimittauksissa havaittiin eniten ulkoisesti oksattomia pölkkyjä, oli kuitenkin keskimääräistä pienempi parempien pintaviilujen osuus ja yhteen laskettu pintaviilujen osuuskin oli lähellä kaikkien tuontikoivuerien keskiarvoa.

Poikittaisvetolujuustestauksessa merkille pantavaa oli, että läheltä purilasta ja pölkyn keskiosasta otetut näytteet olivat pintaosien näytteitä lujempia. Tulos on samansuuntainen Meriluodon (1965) tutkimuksen kanssa, jossa todettiin sorvaushalkeamien syvyyden pienenevän lineaarisesti pölkyn pintaosista purilaaseen päin. Sorvaushalkeamien voi olettaa korreloivan viilun poikittaisvetolujuuden kanssa. Meriluodon (1965) tutkimuksessa todettiin suuren kesäpuuosuuden pienentävän sorvaushalkeamien syvyyttä ja kesäpuun osuuden olevan suurimmillaan vuosiluston leveyden ollessa 2–2,5 mm. Kesäpuun määrästä riippumatta pieni vuosiluston leveys on eduksi viilun laadulle. Viljelykoivut olivat testauksessa lujuudeltaan lähes tuontikoivujen luokkaa. Erikseen sorvatus Latvian tukkierän viilujen poikittaisvetolujuus oli muita tukkieriä heikompi. Kyseisen tukkierän vuosilustojen leveyksissä ei kuitenkaan ollut eroavuutta, joten pienempi lujuus johtunee erilaisesta sorviasetteesta.

Tuontikoivujen kuiva-tuoretiheys kasvoi ytimeä pintaan päin noin 12 cm päähän ytimeä. Tuolloin kuiva-tuoretiheys oli suurin sekä tyvi- (521 kg/m<sup>3</sup>) että latvakiekoista (505 kg/m<sup>3</sup>) valmistetuissa näytteissä. Pienin tiheys oli näytteissä, jotka oli leikattu ytimen kohdalta. Tyvestä leikatuissa ytimen sisältävissä näytteissä keskitiheys oli 447 kg/m<sup>3</sup> ja tukin latvakiekoista leikatuissa 435 kg/m<sup>3</sup>. Pintaan päin tiheys laski sekä tyvi- että latvanäytteissä. Tiheyden vaihtelu oli samansuuntaista sekä raudus- että hieskoivulla. Kotimaisten viljelyrauduskoivujen kuiva-tuoretiheys kasvoi pintaan asti. Tuontikoivuista rauduskoivut olivat n. 5 % hieskoivuja tiheämpiä, joten tulos on samansuuntainen Heräjärven (2002b) kotimaista koivua koskeneen tutkimuksen kanssa.

### 4.3 Johtopäätökset

Venäjältä Suomeen toimitettavan koivutukin laatu on kotimaiseen koivutukkiin verrattuna enemmän riippuvainen tukkierän toimittajasta. Venäjän lähialueilla korjuuyrittäjien kirjo on laaja ja korjuumenetelmissä ja osaamisessa on isoja eroja. Tuontikoivutukin laatuun vaikuttaa

myös toimittajan mahdollisesti tekemä parempilaatuisten ja arvokkaampien viilutyvien erottelu. Osa tuontikoivutukin toimittajista myy viilukoivut jo Venäjällä, osa toimittajista toimittaa viilukoivutukit yhdessä vaneritukkien kanssa Suomeen ja erittelee ne omaksi puutavaralajiksi. Vaneri- ja viilukoivutukin hintaeron ollessa suuri, viilukoivulla vähintään kaksinkertainen vanerikoivuun verrattuna, on selvää, että viilukoivujen erottelu yleistyy ja tarkentuu. Venäjällä työskentelee viilutehtaiden hankintamiehiä, jotka itse valikoivat viilukoivuiksi kelvolliset tyvitukit.

Tuontikoivutukkien eräkohtainen laadun vaihtelu oli huomattavasti viljelykoivuja suurempaa, mikä osaltaan hankaloittaa puutavaran käyttöä loppukäyttötarkoituksesta riippumatta. Kotimaisiin metsiin verrattuna vähällä hoidolla tai täysin luonnontilassa kasvaneissa metsissä laadun vaihtelut ovat ymmärrettävästi suurempia. Merkittävänä syynä laadun vaihteluun on varmasti myös se, että tuontikoivut ovat usein yli-ikäisiä, koska korjuu tehdään ensisijaisesti havupuiden ehdoilla. Suuriläpimittaisista tyvitukeista saatavat korkealaatuiset pintaviilut ovat haluttuja varsinkin tehtaille, joiden tuotanto painottuu pinnoittamattomiin näkyviin käyttötarkoituksiin tuleviin vanerituotteisiin.

Kakkosharvennusvaiheen viljelykoivut ovat suuren huonompilaatuisten pintaviilujen osuuden takia hyvää raaka-ainetta vaneritehtaalte, jonka tuotevalikoima on painottunut pinnoitettuihin levyihin. Päätehakkuikeiset viljelykoivutukit ovat laadultaan todennäköisesti parempia kuin nyt tutkittu harvennuspoistuma.

Viilun vetolujuudeltaan tuonti- ja viljelykoivut olivat käytännössä tasalaatuisia. Tämän tutkimuksen mukaan kova laho ei vaikuttanut viilun vetolujuuteen, joten sen käyttö ainakin keskiviiluina on täysin mahdollista.

Tuontikoivutukeissa runsaana esiintyvä kova laho vaikeuttaa raaka-aineen käyttöä sahatavaran tuotannossa. Suuriläpimittaisten tukkien pintaosista saatavat oksattomat saheet ovat luonnollisesti haluttuja, mutta usein kovaa lahoa sisältävät sydäntavarasaheet heikentävät sahauksen kannattavuutta. Värikojen ja lahon määrä mitattiin kuitenkin tukeista, jotka oli pyritty valmistamaan vaneritukin apterausohjeen mukaisesti. Näin ollen tuloksia ei voi suoraan verrata sahateollisuuden tarpeisiin. Sekä pysty- että tukkimittauksien perusteella tuontikoivutukit olivat runkomuodoltaan viljelykoivutukkeja huonompia. Koivusahatavaran tuotannon tarpeisiin kotimainen hoidetuista metsistä saatu värikojen välttämiseksi riittävän lyhyellä kiertoajalla kasvatettu koivu soveltunee myös runkomuodon puolesta paremmin.

## Kirjallisuus

- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumuksesta. *Commun. Inst. For. Fenn.* 41(5): 1–39.
- Heiskanen, V. 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Commun. Inst. For. Fenn.* 48: 1–99.
- Heiskanen, V. 1966. Tutkimuksia koivujen vikaisuuksista, niiden vaikutuksesta sorvaustuloksiin sekä niiden huomioonottamisesta laatuluokituksessa. *Acta For. Fenn.* 80(3): 1–128.
- Heräjärvi, H. 2001. Technical properties of mature birch (*Betula pendula* and *B. pubescens*) for saw milling in Finland. *Silva Fennica* 35(4): 469–485.
- Heräjärvi, H. 2002a. Utilization of birch in mechanical wood industry in Finland. Julkaisussa: Hynynen, J. & Sanaslahti, A. (toim.). Management and utilization of broadleaved tree species in Nordic and Baltic countries - Birch, aspen and alder. Proceedings of Workshop held in Vantaa, Finland, May 16 to 18, 2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 847: 73–82.
- Heräjärvi, H. 2002b. Properties of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) for sawmilling and further processing in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 871. 52 s. + liitteet.
- Heräjärvi, H. 2004. Variation of basic density and Brinell hardness within mature Finnish *Betula pendula* and *B. pubescens* stems. *Wood Fiber Sci.* 36(2): 216–227.
- Jalava, M. 1943. Vanerikoivujen laatuluokittelusta. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* N:o 6–7: 131–133.
- Jalava, M. 1949. Koivun ja koivuteollisuuden merkitys Suomessa. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* N:o 1: 3–6.
- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvatustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyntaimikoissa. *Folia Forestalia* 508. 12 s.
- Karvinen, S., Välkky, E. & Tornainen, T. 2005. Luoteis-Venäjän metsätalouden taskutieto. Idän metsätieto. Metsäntutkimuslaitos. 100 s.
- Kaurala, H. 2000. Sahakoivun ominaisuudet ja laatu puhtaissa koivikoissa ja kuusi-koivusekametsiköissä. Joensuun Yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. Pro gradu. 82 s.
- Kellomäki, S., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara, O. 1992. Männyn laatukasvatus. *Silva Carelica* 23. 133 s.
- Kilpeläinen, H. 2002. Apteerausohjelman käyttöohje. Metsäntutkimuslaitos. Joensuun tutkimuskeskus. Moniste. 24 s.
- Koponen, H. 2000. Suomen vaneriteollisuus 1893–2000. 212 s.
- Kärkkäinen, M. 1978. Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta. *Folia Forestalia* 368. 16 s.
- Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. *Metsäkustannus Oy.* 468 s.
- Lehtimäki, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2002. Harvennuskoivu sahauksessa ja jatkojalostuksessa. Julkaisussa: Riekkinen, M. & Verkasalo, E. (toim.). Itä-Suomen puunlaatu ja -käyttö. Tutkimuspäivä Kuopiossa 23.10.2001. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 855: 23–37.
- Lindblad, J., Tammiruusu, V., Kilpeläinen, H., Lehtimäki, J., Heräjärvi, H. & Verkasalo, E. 2003. Pieniläpimittaisen koivun hyödyntäminen huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 899. 68 s.
- Meriluoto, J. 1965. Raaka-ainetekijöiden vaikutus sorvattun koivuviulun määrään ja saantoon. *Acta Forestalia Fennica* 80(1): 1–105.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. *Folia Forestalia* 782. 36 s.
- Niemistö, P. 1995. Influence of initial spacing and row-to-row distance on the crown and branch properties and taper of silver birch (*Betula pendula*). *Scandinavian Journal of Forest Research* 10: 235–244.
- Niemistö, P., Hukki, P. & Verkasalo, E. 1997. Kasvupaikan ja puuston tiheyden vaikutus rauduskoivun ulkoiseen laatuun 30-vuotiaissa istutuskoivikoissa. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 1997(3): 349–374.
- Peltola, A. 2007. (toim.). Metsätilastollinen vuosikirja 2007. Metsäntutkimuslaitos. 436 s.
- Toppinen, A. & Toropainen, M. 2004. Puun tuonti Suomeen ja Itämeren alueen metsäsektorin kehitys. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 925. 122 s.

- Valkonen, S. 2002. Metsän uudistaminen. Tapion taskukirja, 24. uudistettu painos. 555 s.
- Vanerikäsikirja 2001. Metsäteollisuus ry. 64 s.
- Verkasalo, E. 1990. Tuloksia hies- ja rauduskoivutukkien koesorvauksesta Metsä-Serla Oy:n Hämeen tehtailla. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto. Moniste. 40 s.
- Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 472 s.
- Vilkon Oy. 1998. Koivusahatavaran, saha- ja erikoiskoivun laatuvaatimuksia. Hirvensalmi. Moniste. 5 s.

#### Internetlähteet:

- Metinfo Metsätietopalvelut. [Verkkodokumentti]. <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/index.htm>. [luettu 22.6.2006]
- Venäjä nostaa maasta vietävän pyöreän puun tullimaksuja asteittain. 2007. [Verkkodokumentti]. Metsäteollisuus ry. Saatavissa: <http://www.forestindustries.fi/tiedotteet/2007/20070209145224.html>. [luettu 8.5.2007].

## VIILUJEN LAATULUOKAT JA -KRITEERIT

**A** Näkyviin jääviin lakkauksella tai lievällä sävytyksellä viimeisteltäviin pintoihin. A-laatu on käytännössä virheetön korkeimman luokan laatu.

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Helmioksat	Sallitaan rajoitetusti
Terveet oksat	Ei sallita
Kiinteät laho-oksat	Ei sallita
Muut oksat tai reiät	Ei sallita
Epäsäännöllinen syykuvio	Sallitaan lievänä
Avohalkeamat	Ei sallita
Hiushalkeamat	Ei sallita
Värivika	Ei sallita
Värijuovat	Ei sallita
Suonikkuus	Ei sallita
Peilautuvuus / kiilto	Ei sallita
Auenneet saumat	Ei sallita
Laskokset ja limittymät	Ei sallita
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Ei sallita
Sorviterän naarmut	Ei sallita
Paikat	Ei sallita

**B** Lakattaviin tai sävytettäviin pintoihin, visuaaliset käyttökohteet. B-laadussa saa esiintyä enintään kolmea vikaryhmää yhdessä levyssä.

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Helmioksat	Sallitaan rajoitetusti
Terveet oksat	max. lpm 6 mm, oksasumma max. 12 mm/m <sup>2</sup>
Kiinteät laho-oksat	max. lpm 6 mm, oksasumma max. 12 mm/m <sup>2</sup>
Muut oksat tai reiät	max. lpm 6 mm, oksasumma max. 12 mm/m <sup>2</sup>
Epäsäännöllinen syykuvio	Sallitaan lievää
Hiushalkeamat	Sallitaan 1 kpl/m, pituus 100 mm
Avohalkeamat	Ei sallita
Värivika	Ei sallita
Värijuovat	Vaaleita sallitaan, max. 50 mm, 1 kpl/m <sup>2</sup>
Suonikkuus	Sallitaan lievänä
Peilautuvuus / kiilto	Sallitaan lievänä
Auenneet saumat	Ei sallita
Laskokset ja limittymät	Ei sallita
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Sallitaan jos poistuu hionnassa
Sorviterän naarmut	Sallitaan jos poistuu hionnassa
Paikat	Ei sallita

**S** Korkealuokkaiseen maalaus käsittelyyn ja ohuiden pinnoitteiden pohjaksi. S-laadussa saa esiintyä enintään kuutta vikaryhmää yhdessä levyssä.

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Helmioksat	Sallitaan
Terveet oksat	Max. lpm 12 mm, oksasumma max. 50 mm/m <sup>2</sup>
Kiinteät laho-oksat	Max. lpm 8 mm, oksasumma max 25 mm/m <sup>2</sup>
Muut oksat tai reiät	Max. lpm 8 mm, oksasumma max 25 mm/m <sup>2</sup>
Epäsäännöllinen syykuvio	Sallitaan lievää
Hiushalkeamat	Sallitaan max. 2 kpl, max. pituus 200 mm
Avohalkeamat	Sallitaan kitattuna max. 1 kpl, leveys max. 2 mm, pituus max. 200 mm
Värivika	Sallitaan max. 50 % alueen pinta-alasta
Värijuovat	Sallitaan
Suonikkuus	Sallitaan
Peilautuvuus / kiilto	Sallitaan
Auenneet saumat	Ei sallita
Laskokset ja limittymät	Ei sallita
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Hionnassa poistuva karheus sallitaan, rikkoutuneita syitä ei sallita
Sorviterän naarmut	Sallitaan hionnassa poistuvat naarmut
Paikat	Ei sallita

**BB** Paikattava pintaviilu

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Helmioksat	Sallitaan
Terveet oksat	Ei sallita (paikattava)
Kiinteät laho-oksat	max. lpm 6 mm, sallitaan 4 kpl/m <sup>2</sup>
Epäsäännöllinen syykuvio	Sallitaan
Avohalkeamat	Sallitaan 1 kpl/m, max. leveys 2 mm, max. pituus 200 mm
Värivika	Sallitaan
Suonikkuus	Sallitaan
Värijuovat	Sallitaan
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Sallitaan lievänä
Sorviterän naarmut	Sallitaan lievänä
Paikat	Max. lkm 17 kpl/m <sup>2</sup>

**WGE**

Paikattava pintaviilu

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Max. lpm 40 mm, max. lkm 15 kpl/m <sup>2</sup>
Kiinteät laho-oksat	Max. lpm 6 mm, max. lkm 4 kpl/m <sup>2</sup>
Alle 4 mm:n reikiä	Sallitaan satunnaisesti
Värivika	Sallitaan
Värijuovat	Sallitaan
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Sallitaan lievänä
Sorviterän naarmut	Sallitaan lievänä
Avohalkeamat	Sallitaan 2 kpl/m, max. leveys 2 mm, max. pituus 200 mm

**WG**

Paikattava pintaviilu

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Lpm max. 65 mm, lkm max. 10 kpl/m <sup>2</sup>
Kiinteät laho-oksat	Lpm max. 20 mm, lkm max. 10 kpl/m <sup>2</sup>
Alle 15 mm:n reikiä	Satunnaisesti, 6-7kpl/m <sup>2</sup>
Värivika	Sallitaan
Värijuovat	Sallitaan
Karheus ja rikkoutuneet syyt	Sallitaan
Sorviterän naarmut	Sallitaan kohtuullisesti
Avohalkeamat	Max. 2 kpl/m, max. leveys 3 mm, max. pituus 200 mm

**LASER**

Keskiviilu

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Ei rajoituksia
Mustat oksat ja oksanreiät	Max. lpm 15 mm
Värivika	Vaaleanruskea tasainen väri sallitaan
Värijuovat	Tummia ei sallita
Halkeamat	Määrää ei rajoitettu, max. koko 5 x 600 mm
Sorvikarheus	Ei rajoituksia
Limittymät	Ei sallita
Sorviterän naarmut	Ei sallita

**K2** Keskiviilu, jatkamiskelpoinen

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Ei rajoituksia
Oksanreiät	Max. lpm 15 mm
Kiinteät mustat oksat	Ei rajoituksia
Värivika	Ei rajoituksia
Värijuovat	Ei rajoituksia
Halkeamat	Määrää ei rajoitettu, max. koko 5 x 600 mm
Sorvikarkeus	Ei rajoituksia
Kova laho	Ei rajoituksia
Sorviterän naarmut	Ei sallita
Limittymät	Ei sallita

**K3** Keskiviilu, jatkamiskelpoinen

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Ei rajoituksia
Oksanreiät	Max. lpm 25 mm
Kiinteät mustat oksat	Ei rajoituksia
Värivika	Ei rajoituksia
Värijuovat	Ei rajoituksia
Halkeamat	Määrää ei rajoitettu, max. koko 7 x 600 mm
Sorvikarkeus	Ei rajoituksia
Kova laho	Ei rajoituksia
Sorviterän naarmut	Ei sallita
Limittymät	Max. koko 5 x 500 mm

**K4** Keskiviilu, arkki voi muodostua useammasta kappaleesta

<u>Vikaryhmä</u>	<u>Sallittu enimmäismäärä</u>
Terveet oksat	Ei rajoituksia
Oksanreiät	Max. lpm 50 mm
Kiinteät mustat oksat	Ei rajoituksia
Värivika	Ei rajoituksia
Värijuovat	Ei rajoituksia
Halkeamat	Määrää ei rajoitettu, max. koko 10 x 600 mm
Sorvikarkeus	Ei rajoitettu
Kova laho	Ei rajoitettu
Sorviterän naarmut	Sallitaan lievänä
Limittymät	Max. koko 5 x 500 mm