

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikka saha- ja levytekniikka

Mikko Lintula

TUKKIEN SYDÄNPUOSUUDET LATVALÄPIMITTALUOKIT-
TAIN FINNFOREST KYRÖN SAHALLA

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikka

LINTULA, MIKKO

Tukkien sydänpuunosuudet latvaläpimittaluokittain Finnforest Kyrön sahalla

Insinööri

22 sivua + 14 liitesivua

Työn ohjaaja

lehtori Risto Jääskeläinen

Toimeksiantaja

Metsäliitto Osuuskunta Finnforest Kyrön saha

Joulukuu 2009

Avainsanat

mänty, sydänpuu, mäntytukki, saha, latvaläpimittaluokka

Työn tarkoituksena oli selvittää tukkiluokkien sydänpuunosuudet sekä U/S-arvon vaikutus sydänpuuosuuteen. Työssä etsittiin pienintä mahdollista latvaläpimittaa, jossa suuren sydänpuuosuuden käyttö on vielä tuotannollisesti kannattavaa. Työ tehtiin Metsäliitto Osuuskunta Finnforest Kyrön sahalle. Finnforest valmistaa puutuotteita rakennus- ja huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Kyrön sahalla päätuotteena on mäntysahatavara.

Työssä käytettiin 166 399 tukin tietoja, jotka saatiin Remalog XRay -laitteelta. Saaduista tiedoista laskettiin kunkin tukin sydänpuun prosenttiosuus ja tiedot lajiteltiin latvaläpimitan sekä U/S-arvon mukaan. U/S-arvon avulla nähdään tukkien laadun vaikutus sydänpuuosuuteen. Saaduista tuloksista piirrettiin kuvaajat. Kuvaajien avulla koesahattiin dimensiota 50 * 150 mm, jossa sydänpuuta oli oltava vähintään 135 mm.

Koesahaus suoritettiin latvaläpimittaluokasta 245 – 265 mm, koska U/S-seulaa käyttämälläkin jää riittävän sydänpuuosuuden saavuttaneita tukkeja tarpeeksi kannattavaan tuotantoon. Sahauksessa lähes kaikki kappaleet olivat saavuttaneet halutun sydänpuunosuuden, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Työssä selvisi, että tukin latvaläpimitan kasvaessa myös sydänpuun osuus kasvaa eikä tukin laadulla ole vaikutusta sydänpuuosuuteen. Koesahauksessa käytetystä latvaläpimitasta kyseisen sahatarvan valmistaminen oli helppoa, koska lähes 80 prosenttia saavutti halutun sydänpuuosuuden.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Wood Technology

LINTULA, MIKKO

Logs Heartwood in Top Diameter Classes in Finnforest
Kyrö Sawmill

Bachelor's Thesis

22 pages + 14 pages of appendices

Supervisor

Risto Jääskeläinen, MSc

Commissioned by

Metsäliitto Osuuskunta Finnforest Kyrö Sawmill

December 2009

Keywords

pine, heartwood, pine log, sawmill, top diameter class

The purpose of the work was to investigate the heartwood shares of log classes and the influence of U/S value on heartwood proportion. The purpose of this work was to search for the smallest top diameter in which the use of large heartwood share is still profitable in production. The work was done in Metsäliitto Osuuskunta Finnforest Kyrö sawmill. Finnforest manufactures products for the needs of building and furniture industries. The main product in Kyrö sawmill is pine timber.

Information for the work was received from Remalog XRay machine. The number of logs was 166 399 from which the information was gathered. The percentage of heartwood in each log was calculated and the information was sorted according to top diameter and U/S value. With U/S value the effect of logs' quality on heartwood share is seen. The results were aggregated into a table and a bar chart was made. A test sawing was made by the help of the bar chart. Dimension 50 * 150 mm was produced, which had to comprise at least 135 mm heartwood.

The test sawing was made in top diameter 245 – 265 mm because even after U/S sorting there are enough logs which achieve the heartwood percentage for profitable production. The test sawing went well, except for a few cases. The work showed that when the top diameter of a log grows the heartwood percentage also increases and the quality of a log does not have any influence on heartwood percentage.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	MÄNNYN SYDÄNPUU	7
	2.1 Männyn sydänpuun ominaisuuksia	7
	2.2 Männyn sydänpuuosuus	8
	2.3 Männyn sydänpuun lahonkestävyys	8
	2.3.1 Puun lahoaminen	8
	2.3.2 Männyn sydänpuun lahonkestävyys	9
	2.4 Männyn sydänpuun käyttö	10
	2.4.1 Männyn sydänpuun havaitseminen	10
	2.4.2 Männyn sydänpuun käyttökohteita	11
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	11
	3.1 Käytetyt menetelmät	11
	3.2 Röntgenlaitteen mallit	12
	3.3 Tutkimuksessa käytetyt tiedot	14
	3.4 Koesahaus	14
4	TULOKSET	15
	4.1 Remalog XRay -laitteen tulokset	15
	4.2 Koesahauksen tulokset	19
5	YHTEENVETO	20
	LÄHTEET	21
	LIITTEET	
	Liite 1. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 110 – 146 mm	
	Liite 2. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 146 – 165 mm	
	Liite 3. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 165 – 175 mm	
	Liite 4. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 175 – 185 mm	
	Liite 5. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 185 – 195 mm	

- Liite 6. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 195 – 205 mm
- Liite 7. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 205 – 215 mm
- Liite 8. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 215 – 225 mm
- Liite 9. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 225 – 245 mm
- Liite 10. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 245 – 265 mm
- Liite 11. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 265 – 285 mm
- Liite 12. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 285 – 305 mm
- Liite 13. Kuvaaja latvaläpimittaluokasta 305 – 365 mm
- Liite 14. Esimerkki Remalog XRay -laitteen tiedosto

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli selvittää tukkiluokkien sydänpuuosuudet sekä U/S-arvon vaikutus sydänpuuosuuteen. Työ tehtiin Metsäliitto Osuuskunta Finforest Kyrön sahalle.

Finforest valmistaa puutuotteita rakennus- ja huonekaluteollisuuden tarpeisiin. Kyrön sahalla päätuotteena on mäntysahatavara, jota valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti. Tuotetusta sahatavarasta menee vientiin noin 70 prosenttia ja kotimaan markkinoille noin 30 prosenttia.

Mäntytukkien sydänpuuosuuksien selvittämistä pidettiin ajankohtaisena, sillä ympäristövaikutukset ovat tärkeässä asemassa rakennusmateriaaleja valittaessa. Finforest Kyrön sahalle oli myös tullut kyselyjä, pystytäänkö tuottamaan sahatavaraa, jossa sydänpuun osuus on mahdollisimman suuri.

Työssä selvitettiin sahalle saapuvien tukkien sydänpuunosuuksia. Työn yhtenä tarkoituksena oli selvittää, mistä tukkiluokasta olisi mahdollista valmistaa suuren sydänpuuosuuden sisältävää sahatavaraa. Tutkimuksessa käytettiin myös Remalog XRay -laitteen antamaa U/S-arvoa, jonka avulla nähdään tukkien laadun vaikutus sydänpuunosuuteen.

2 MÄNNYN SYDÄNPUU

Suomessa metsät ovat mäntyvaltaisia, sillä puustosta noin 44 prosenttia on mäntyä. Männen paras kasvupaikka on puolukkatyyppin kangas. Männen puuaine on kovanpuoleista ja vähän liikkuvaa sekä taipuisaa, mutta helposti halkeavaa. Puuaineen kovuuteen vaikuttaa puun kasvunopeus. Puuaine kestää kosteuden ja kuivuuden vaihtelua melko hyvin. Männen runko on jaettu kolmeen osaan, joista erottuu selvästi oksaton osa (A-luokka), kuivaoksainen osa (C-luokka) ja terveoksainen osa (B-luokka). (1, 58 – 60.) Sydänpuu on puunosaa, jossa kaikki solut ovat kuolleita perinnöllisten syiden vuoksi (7, 109).

2.1 Männen sydänpuun ominaisuuksia

Sydänpuulla tarkoitetaan rungon sisintä eli kuollutta solukkoa sisältävää osaa. Männen sydänpuu erottuu pintapuusta tummemman värinsä sekä tuoreessa puussa kosteuseron ja pihkan erittymisen perusteella. (6, 7.) Männyllä esiintyy myös tavanomaiseen sydänpuuhun likimain verrattavissa olevaa haavasydänpuuta, jota syntyy puun reaktionä erilaisiin haavoihin. Haavasydänpuu näkyy mantopuussa olevina sydänpuulaikkaina. Männyillä sitä muodostuu pääasiassa kasvukauden aikana. (7, 111.)

Pintapuusta muuttuu sydänpuuksi sen vanhimpien eli sisimpien kerrosten elävien solujen kuollessa. Puun kemiallinen koostumus muuttuu sydänpuun muodostuessa, kun pihka hapettuu hartsiksi ja autolyysin seurauksena syntyy erilaisia sekundäärisiä yhdisteitä, niin sanottuja uuteaineita, kuten terpenoideja, fenoleja ja karbonyyliyhdisteitä. Sydänpuun uuteaineista monet ovat myrkyllisiä hyönteisille ja mikrobeille, joten sydänpuu on pintapuuta kestävämpää. Erityisesti männen lahonkestävyyteen vaikuttavat pino-sylviinifenolit. (6, 7.)

Sydänpuun muodostuessa sen nesteiden ja kaasujen läpäisevyys alenee tylppysolujen seinämien ligniinisoituessa, solukkojen täytyessä pihka-aineilla ja trakeidien rengashuokosten sulkeutuessa. Tästä syystä sydänpuun kyllästysominaisuudet ovat huonot. Sydänpuu imee vähemmän ja hitaammin vettä kuin pintapuutavara. Sydänpuun aineosista erityisesti fenoliset yhdisteet vaikuttava läpäisevyyteen. Mikrobin leviämi-

nen sydänpuuhun vaikeutuu ja sen ravinnepitoisuus, erityisesti typen määrä, on pintapuuta alhaisempi. (6, 7–8.)

Kasvavassa puussa sekä tuoreessa puutavarassa on sydänpuun kosteus pintapuuta alhaisempi. Tuoreen sydänpuun vesipitoisuus on keskimäärin 30–40 prosenttia kuiva-aineen painosta, kun taas pintapuun vesipitoisuus on yleensä yli 100 prosenttia. Kuiva-tuoretiheydessä ei männyn sydän- ja pintapuulla ole kovin suurta eroa. Kuitenkin puun iän kasvaessa tiheys hieman lisääntyy ytimeistä pintaan päin. Männyn sydän- ja pintapuun lujuusominaisuuksissa ei ole merkittävää eroa. (6, 8.)

2.2 Männyn sydänpuuosuus

Männyn sydänpuuosuuden vaihteluun vaikuttaa puun ikä ja kasvunopeus. Puun iän kasvaessa sydänpuun suhteellinen osuus rungon tilavuudesta nousee. Puiden läpimitan ollessa sama nopeammin kasvaneessa puussa on pienempi sydänpuuosuus, kun taas iän ollessa sama hitaammin kasvaneessa puussa on pienempi sydänpuuosuus. (6, 9.)

Männyn sydänpuuosuus on suurimmillaan rungon alaosassa noin 20–30 prosentin korkeudessa puun pituudesta, jossa myös sydänpuun muodostuminen alkaa. Sydänpuun raja ei seuraa tarkasti vuosilustoa pituus- eikä poikkileikkaussuunnassa ja etenkin tyvessä sydänpuun raja saattaa olla polveileva ja epäselvä. Yleisesti ottaen tukin tunnuksista on latvaläpimitta tärkein sydänpuun määrän ilmaisija. Tukin läpimitan kasvaessa sydänpuuosuus lisääntyy lähes lineaarisesti. (6, 10–11, 13.)

2.3 Männyn sydänpuun lahonkestävyys

2.3.1 Puun lahoaminen

Puurakenteiden kestävyyttä uhkaa usein lahoaminen ja varmin tapa estää lahoaminen onkin pitää puu kuivana. Jos rakenteellinen suojaus ei estä kastumista, puun pitäisi olla vettä hylkivää, jollaista puu ei luonnostaan ole. Kun jatkuva kosteusrasitus on kestänyt usean kuukauden ajan, puu on todennäköisesti saanut lahotartunnan. Tällöin puun lujuus alkaa heiketä, jollei puussa ole sienten elintoimintoja haittaavia suoja-aineita. (5, 3.)

Puu säilyy pitkiä aikoja lahoamatta, jos ympäristöolosuhteet ovat lahottajasienelle epäedulliset. Puu ei lahoa juuri lainkaan, jos puun kosteus on koko ajan alle 20 prosenttia. Hyväkuntoiset kasvavat männyt eivät yleensä saa lahottajavikaa, vaikka rungossa oleva vaurio ulottuisi sydänpuuhun asti. Mäntykääpä voi kuitenkin vanhoissa puissa aiheuttaa runkolahoa, joka tarttuu sydänpuussa olevien oksatynkien kautta. Rakenuspuussa esiintyvä laho on voinut saada alkunsa jo metsässä. (6, 14.)

2.3.2 Männy sydänpuun lahonkestävyys

Tuoreessa kuoripäällisessä tukissa sydänpuuosa säilyy pilaantumatta kesälläkin, vaikka pintapuosa sinistyy ja saa lahovikaa jo muutaman viikon kuluessa. Sahatavarassa pintapuu myös sinistyy ja homehtuu nopeasti. Näin ollen se vaatii nopean kuivauksen, kun taas sydänpuu vain harmaantuu pinnasta. (6, 15.)

Pohjavesipinnan alapuolella olevissa paalutuksissa ja vesirakenteissa mäntypuu on melko pitkäikäistä. Tämä ei tosin johdu männy sydänpuun erikoisominaisuuksista, vaan veden kyllästämisen puun yleisestä säilymisestä lahottajilta ja hapettumiselta. (6, 16.)

Maakosteudesta eristetty männy sydänpuu säilyy varsin pitkään lahoamatta ja selvästi pidempään kuin pintapuu tai kuusi. Jatkuvassa maakosteudessa oleva männy sydänpuu lahoaa kuitenkin suhteellisen nopeasti. (6, 16–17.)

Metlan Punkaharjun tutkimusasemalla tutkittiin viiden vuoden ajan männy sydänpuutavaran lahonkestävyyden vaihtelua ja periytymistä sekä selvitettiin lahonkestävyyden fysikaalista ja kemiallista taustaa. Tutkimuksessa havaittiin suuria eroja puuyksilöiden välillä. On tärkeää, että sydänpuultaan lahonkestävien yksilöiden seulomiseen löydetään sopiva menetelmä. Menetelmän kehittäminen on tärkeää myös siksi, että lahonkestävyyden havaittiin periytyvän melko voimakkaasti. Tutkimuksen mukaan tärkeimpiä lahoamisnopeuteen vaikuttava tekijä on tiettyjen fenolihydrideiden eli stibeenien pitoisuus, joka vaihteli nuoren rungon sydänpuussa 4 – 8 mg/cm³. Rungon kestävin osa on heti lahonalttiin pintapuun alla. Juokseva pihka on elävän puun tärkein puolustusaine, mutta kuolleen puun lahoamisnopeuteen pihkapitoisuus vaikuttaa melko vähän. (2, 9–10.)

Metla 3220 -hankkeen tavoitteena oli saada tietoa niistä puumateriaalin laatuominaisuuksista, jotka ovat tärkeitä puunrakentamisen kannalta sekä kehittää yhteistyössä VTT:n kanssa menetelmää, jolla pystypuiden lahonkestävyyttä voidaan mitata. Puuyksilöiden välinen lahonkestävyys vaihteli voimakkaasti eikä männyn sydänpuun lahonkestävyyden epäsuoraan valintaan soveltuvia ominaisuuksia onnistuttu löytämään puun pituuden, latvusrajan, puuaineen tiheyden, sydänpuun säteen tai kesäpuuosuuden joukosta. Siksi päädyttiin vertaamaan hitaasti ja nopeasti lahoavan puuaineen kemiallisia ja fysikaalisia eroja. Saadut tulokset viittaavat siihen, että kestävän sydänpuu epäsuora valinta ja seulonta olisivat mahdollisia kemiallisten tunnusten perusteella. (4, 1.)

2.4 Männyn sydänpuun käyttö

Kyllästetyn puun käyttörajoitusten ja kuluttajien ympäristötietoisuuden lisääntyminen ovat kasvattaneet luontaisesti lahonkestävän puutavaran tarvetta. Luontaisesti lahonkestävää männyn sydänpuuta voidaan käyttää rakenteissa, joissa jatkuva maa- tai vesikosketusta ei pääse syntymään. Tällöin vältetään käyttämästä turhaan ongelmajätteenä päätyvää kyllästettyä puutavaraa. (3, 1.)

Tavallisimpien puunsuoja-aineiden kuten kreosoottijyn ja CCA-kyllästeiden käyttöä on ympäristö- ja terveyssyistä rajoitettu, joten kiinnostus myrkyttömiin sekä ympäristöystävällisiin menetelmiin on kasvanut. Koski (2008) tutki väitöskirjassaan raakamäntyöljyn käytettävyyttä puunsuoja-aineena. Tutkimuksessa pyrittiin ratkaisemaan mäntyöljyn käyttöön puunsuoja-aineena liittyviä ongelmia ja lähtökohtana oli kehittää menetelmä, jota voitaisiin hyödyntää jo olemassa olevissa kyllästyslaitoksissa. Tutkimuksessa havaittiin, että kyllästettäessä puuta parannetaan vain sen pintapuun käyttöikä kun taas sydänpuun käyttöikä pysyy ennallaan. Jos käsitellään puuta väitöstutkimuksessa kehitellyllä mäntyöljyllä, saadaan pintapuusta keinotekoisesti samankaltaista kuin sydänpuu. Tällä tavalla puusta muodostuu kestävydeltään tasaista. (8,1.)

2.4.1 Männyn sydänpuun havaitseminen

Männyn sydänpuun luontaisen lahonkestävyyden mittaaminen on ongelmallista, sillä sydänpuu on rungon sisällä. Pystyvuussa siihen ei pääse käsiksi ja tukiin poikkileikkauksestaakin sydän- ja pintapuun välisen eron löytää vain tietyissä olosuhteissa kun UV-altistuksen vaikutuksesta. (3, 1.) Monille puulajeille on kuitenkin käytössä tehokkaita

värjäysmenetelmiä ja männyn sydänpuukin voidaan värjätä aineilla, jotka reagoivat sydänpuussa olevan pinosylviinin kanssa (7, 112).

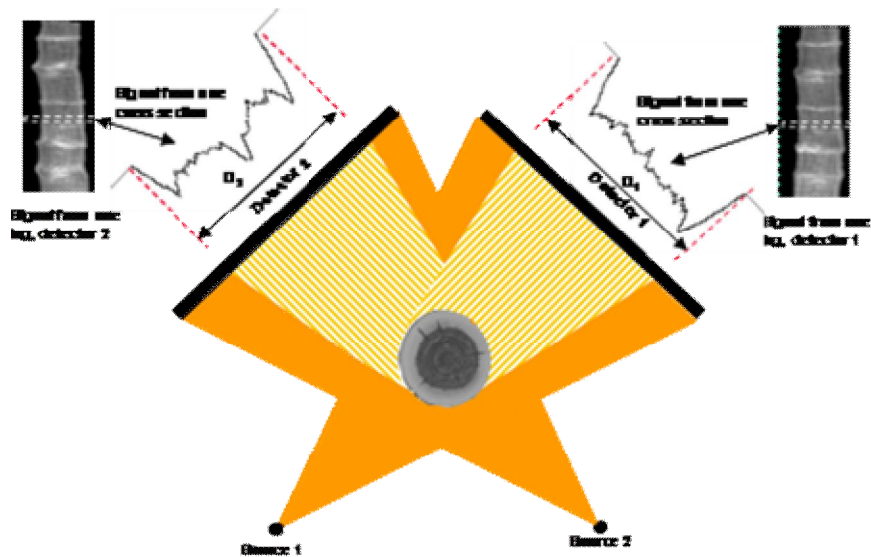
2.4.2 Männyn sydänpuun käyttökohteita

Puu on kestävä, uusiutuva ja ympäristöä säästävä rakennusmateriaali, mutta ulkoraentamisessa on huomioitava puun alttius sään ja lahottajasienten vaikutuksille (8,1). Mahdollisia sydänpuun käyttökohteita ovat muun muassa ulkovuoraukset, ovenkarmit, listat ja ikkunan puitteet. Pohjois-Suomessa, jossa lahoaminen on hitaampaa kuin Etelä-Suomessa, on sydänpuun luontainen kestävyys riittävä moniin tarkoituksiin. (6, 27.) Männyn sydänpuuta voidaan käyttää myös sisustuksessa, sillä sen luontaisesti tummuva väri antaa mahdollisuuden käyttää sitä kohteissa, joissa halutaan tummaa puuta (9, 41).

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

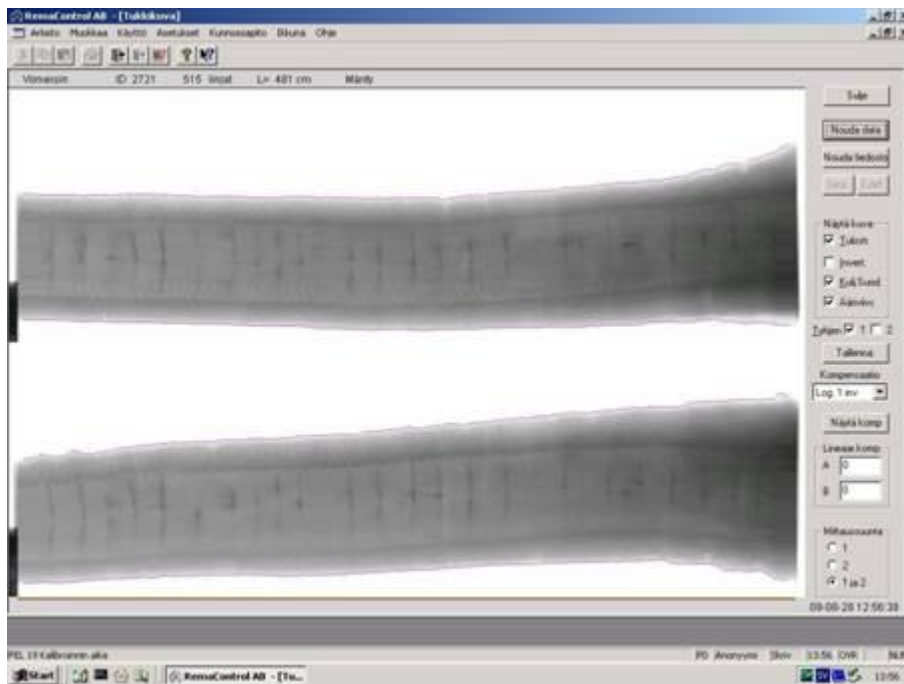
3.1 Käytetyt menetelmät

Työssä käytettiin RemaLog Xray -laitetta. (Kuva 1.) RemaLog XRay on mittausjärjestelmä, joka määrittää tukin mitat ja laadun läpivalaisemalla tukin röntgensäteillä. Laite koostuu mittakehikosta, jossa on kaksi säteilylähdettä sekä kaksi röntgensäteilyn puolijohdeilmiasinta. Tällä tavalla kohteesta saadaan mittakehikon avulla kahdensuuntainen mittaustulos. Säteilylähteenä RemaLog XRay -laitteessa käytetään teolliseen käyttöön valmistettuja röntgenputkia. Tietokone kerää mittatiedot tukin läpileikkauksien joukosta. Näistä kootaan röntgenkuva, jonka jälkeen kuvaa työstetään, ja tulokseksi saadaan tukin kuorettomat halkaisijatiedot. Tukin pinnanalaiset ominaisuudet näkyvät läpivalaisusignaalin muutoksina. Näiden muutoksien suuruus määrää sen hyvyyslunun, joka mahdollistaa tunkin laatuluokituksen määrittämisen. Tukin pinnanalaisista ominaisuuksista voidaan määrittää tukin puulaji ja luokka. Tämän jälkeen tukkitiedot siirretään lajittelujärjestelmään, jolla ohjataan tukit asetettujen parametrien mukaan haluttuihin haluttuihin lokeroihin. (10, 4.)



Kuva 1. RemaLog Xray-laitteen toimintaperiaate

RemaLog XRay -laite antaa U/S-arvon, joka kertoo todennäköisyyden että tukki on U/S-laatu kokonaisluvulla 0...100 (10, 10).



Kuva 2. RemaLog Xray -laitteen tyvitukin läpivalaisukuva

3.2 Röntgenlaitteen mallit

RemaLog XRay-laitteella on mahdollista käyttää kolmea erilaista röntgenmallia: U/S-mallia, terveoksamallia ja komponenttimallia.

Kukin malleista perustuu koesahauksista saatuihin tuloksiin, jotka on mallinnettu parametrimuotoon. Jokainen malli toimii eri kriteerein eräänlaisina seuloina, joiden lukuarvoja muuttamalla saadaan erotettua koko sumasta halutut tukit. (11, 1.)

Jos jossain läpimittaluokassa halutaan tuottaa esimerkiksi maksimimäärä A-laatua sekä välttää B- ja C-laatua, saadaan U/S-parametriarvoa muuttamalla äärimmilleen vietynä erotettua tukit, joista ei synny alempia laatuluokkia lainkaan. Ongelmana kuitenkin on, että tällaista aineistoa löytyy koko läpimittaluokasta todella vähän. Vastaavasti tiukkaa parametria arvoa käyttämällä A-kappaleita jää myös kakkosjakeisiin. Parametriarvoa löysentämällä paremman suman joukkoon alkaa siirtyä myös B- ja C-kappaleita. Käytännössä parametriarvoksi täytyy löytää kaupallinen ja tuotantotekninen kompromissi. (11.)

Muut mallit käyttäytyvät vastaavalla tavalla. Malleja voi olla jollain tukkiläpimittaluokalla käytössä samanaikaisesti useampiakin, jolloin määritetään hakujärjestys eli priorisointi. (11-)

Sydänpuuosuuden lisäksi tarkastellaan tietyillä tutkimuksen tilaajan antamilla raja-arvoilla myös U/S-osuutta, koska oletuksen mukaan U/S-kappaleet on aina taloudellisesti järkevää poistaa tukkisumasta. Annetuilla raja-arvoilla on kokemuseräisesti helppo tunnistaa, paljonko kuhunkin läpimittaluokkaan jää U/S-laadun poistamisen jälkeen sydänpuusahuuseen sopivaa materiaalia. Läpimittaluokissa on useita eri U/S-arvoja, koska paksumpia dimensioita sahattaessa voidaan käyttää ”löysempää” U/S-arvoa U/S-saheiden erottamiseen, kun taas ohuempien saheiden U/S-erotteluun tarvitaan ”tiukempaa” raja-arvoa. Grafiikassa lähinnä koko suman kuvaajaa oleva pylväs kertoo sydänpuun erotteluun jäävän määrän, kun koko sumasta on erotettu parhaat tukit, jotka antavat ohuiksi dimensioiksikin sahattuna loppulajittelussa korkean U/S-saannon. Tällöin on siis erotettu läpimittaluokasta ainoastaan terävin kärki ja loppusumassakin on oksaopillisesti hyviä kappaleita. Mitä pidemmälle grafiikassa mennään koko suman kuvaajan palkista, sitä huonommaksi oksalaatu koko ajan muuttuu ja määrä pienenee. Kokemuseräisesti valitaan ensin se taso, jolla oksalaadultaan parhaat tukit ohjataan muuhun käyttöön ennen sydänpuosuuteen perustuvaan seulontaan ryhtymistä. (11.)

3.3 Tutkimuksessa käytetyt tiedot

Tutkimuksessa hyödynsin Remalog XRay -laitteelta saatuja tietoja; liitteessä 14 on esimerkki tiedostosta. Remalog XRay -laitteen antamista tiedoista käytin työssäni latvaläpimitan halkaisijaa, sydänpuunläpimitan halkaisijaa sekä U/S-arvoa. Työssä käytettiin 166 399 tukin tietoja, jotka olivat saapuneet sahalle joulukuun 2008, tammi-kuun 2009 ja helmikuun 2009 aikana. Tukit olivat aina yhden päivän aikana saapuneita tukkeja, joten ne olivat kaikista rungonosista ja kaikista läpimittaluokista. Koska tukkitiedot kerättiin kolmen kuukauden ajalta ja ne saapuivat eri puolilta hankinta- aluetta, voidaan olettaa, että tukkien sydänpuuosuudet noudattavat samaa jakaumaa ympäri vuoden.

Tukkitiedot sain röntgenlaitteelta MS Excel taulukkomuodossa. Taulukoista jaoin tukit määriteltyihin latvaläpimittaluokkiin sekä laskin sydänpuunosuuden. Työssä sydänpuunosuus on laskettu sydänpuunhalkaisija/latvaläpimitanhalkaisija. Tämän jälkeen seuloin jokaisesta läpimittaluokasta halutulla U/S-arvolla sydänpuunosuuksien määrät ja tein kuvaajat.

3.4 Koesahaus

Koesahaus suoritettiin läpimittaluokasta 245–265 mm. Sahauksessa käytettiin kuvan 8 asetetta. Remalog XRay -laitteelle määritettiin parametriarvo, joka haki tukkisumasta tukit joissa sydänpuuta oli vähintään 137 mm. Sydänpuuta otettiin kaksi millimetriä enemmän kuin valmiissa sahatavarassa, koska jakosahauksessa sekä kuivauksessa sitä häviää vähän. Koesahauksessa käytettiin väli- sekä tyvitukkeja, koska tukkitilanne oli melko huono koesahauksen aikaan. Tukkeja kerättiin koesahausta varten 740 kappaletta, jolloin valmista sahatavaraa saatiin kaksi rimakuormaa eli noin 50 m³. Sahatavara kuivattiin 18 prosenttiin. (Kuva 3.)

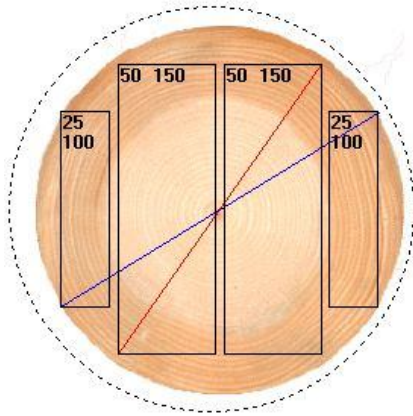


Kuva 3. Sydänpuun mukaan lajitellut tukit ennen koesahausta

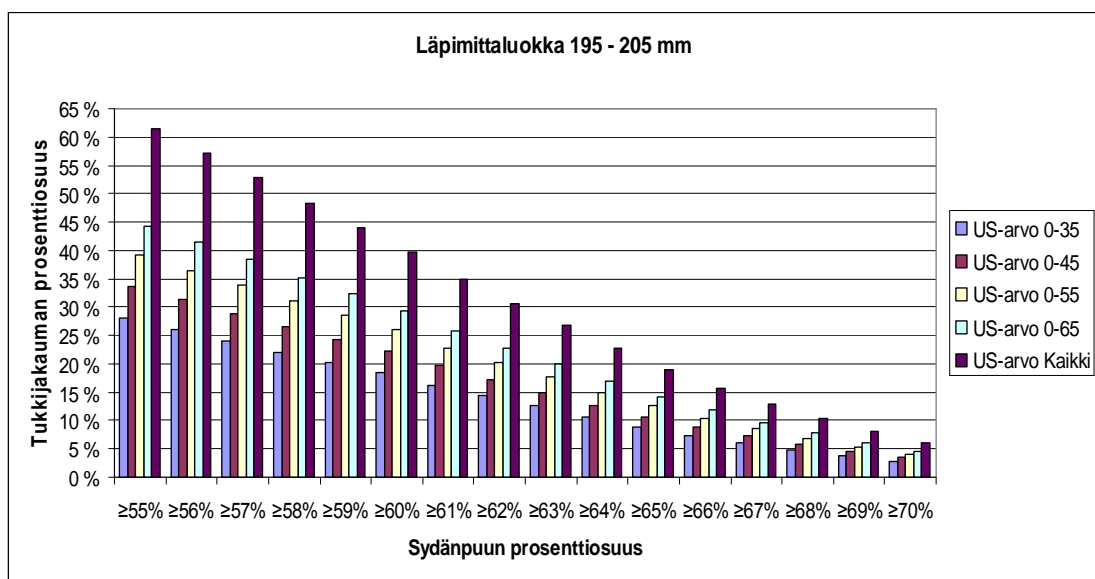
4 TULOKSET

4.1 Remalog XRay -laitteen tulokset

Työn yhtenä tarkoituksena oli selvittää, mistä latvaläpimittaluokasta olisi mahdollista toteuttaa dimensiota 50 mm * 150 mm, joka olisi kaksi exlog. Sydänpuunosuuden olisi oltava vähintään 135 mm sydänlapeella. Toteutusvaihtoehtoja mietittiin kolmesta eri läpimittaluokkavaihtoehdosta. Koesahaus päätettiin toteuttaa niin, että U/S-arvo-seulaa ei käytettäisi; tällöin kaikista taulukosta tulee seurata lilaa eli korkeinta pylvästä, joka kertoo US-arvon kaikki. (Kuva 5.)

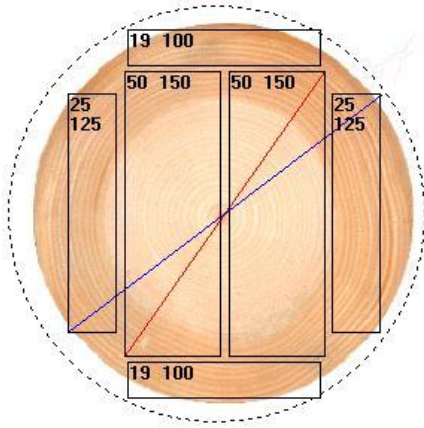


Kuva 4. Mahdollinen asete latvaläpimittaluokalla 195 – 205 mm

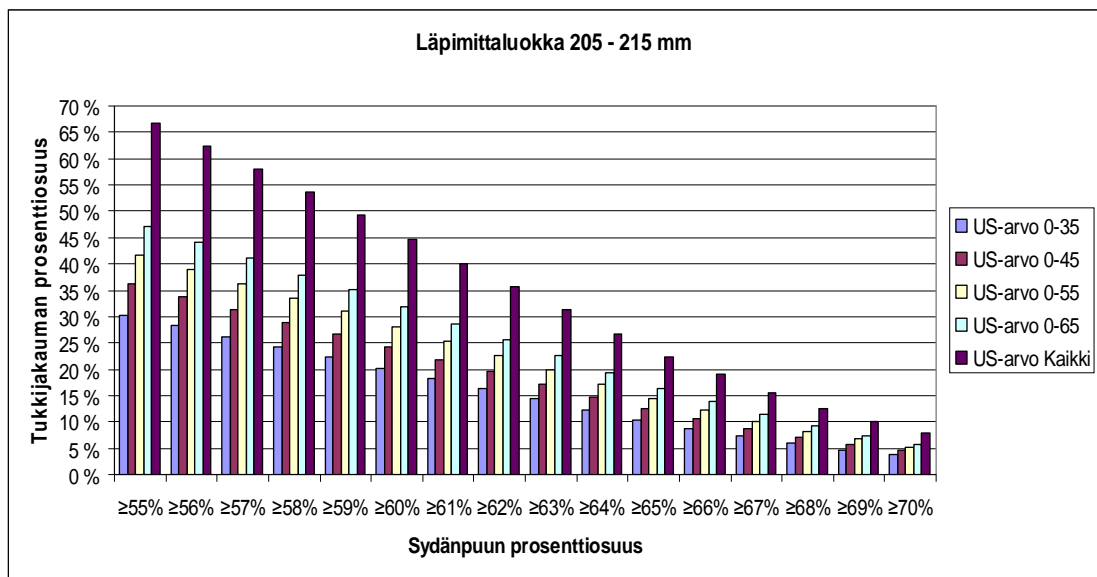


Kuva 5. Latvaläpimittaluokka 195 – 205 mm

Yksi mahdollisista läpimittaluokista oli 195 – 205 mm. Kun sydänpuun osuuden pitää olla vähintään 135 mm, on taulukosta valittava liila pylväs, joka on $\geq 70\%$. Tällöin sydänpuuta on latvaläpimittaluokassa 195 mm vähintään 136,5 mm. Näillä arvoilla voidaan taulukon y-akselista lukea, että varaston tukkienjakaumasta pitäisi tämän kaltaisia tukkeja löytyä 6,16 %. Voidaan myös olettaa, että sahalle jatkossakin saapuvista tämän latvaläpimitan tukeista noin 6,16 prosenttia saavuttaa tämän halutun sydänpuunosuuden. Todennäköinen asete olisi kuvan 4 mukainen.

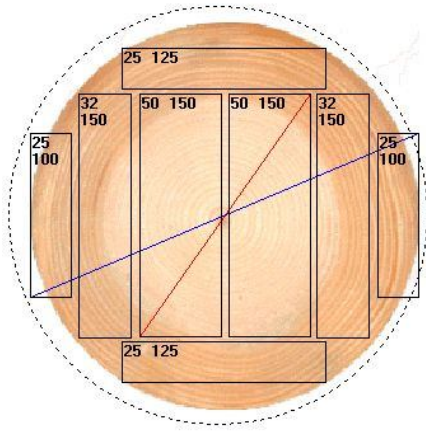


Kuva 6. Mahdollinen asete latvaläpimittaluokalla 205 – 215 mm

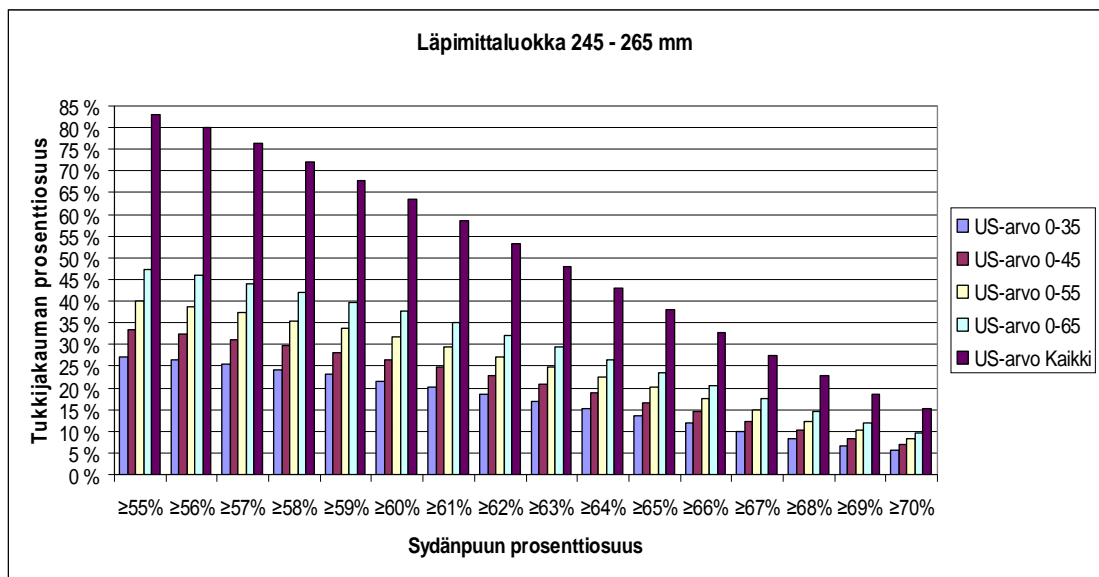


Kuva 7. Latvaläpimittaluokka 205 – 215 mm

Toinen mahdollinen latvaläpimittaluokka on 205 – 215 mm. Tästä läpimittaluokasta toteutus olisi mahdollinen sydänpuun prosenttiosuudella $\geq 66\%$. Tällöin sydänpuuta sydänlappeelle on vähintään 135,3 mm. Saapuvista tukeista pitäisi tämän sydänpuunosuuden saavuttaa 19,00 prosenttia. Asetteena voitaisiin käyttää kuvan 6 mukaiseta asetetta.



Kuva 8. Mahdollinen asete latvaläpimittaluokalla 245 – 265 mm



Kuva 9. Latvaläpimittaluokka 245 – 265 mm

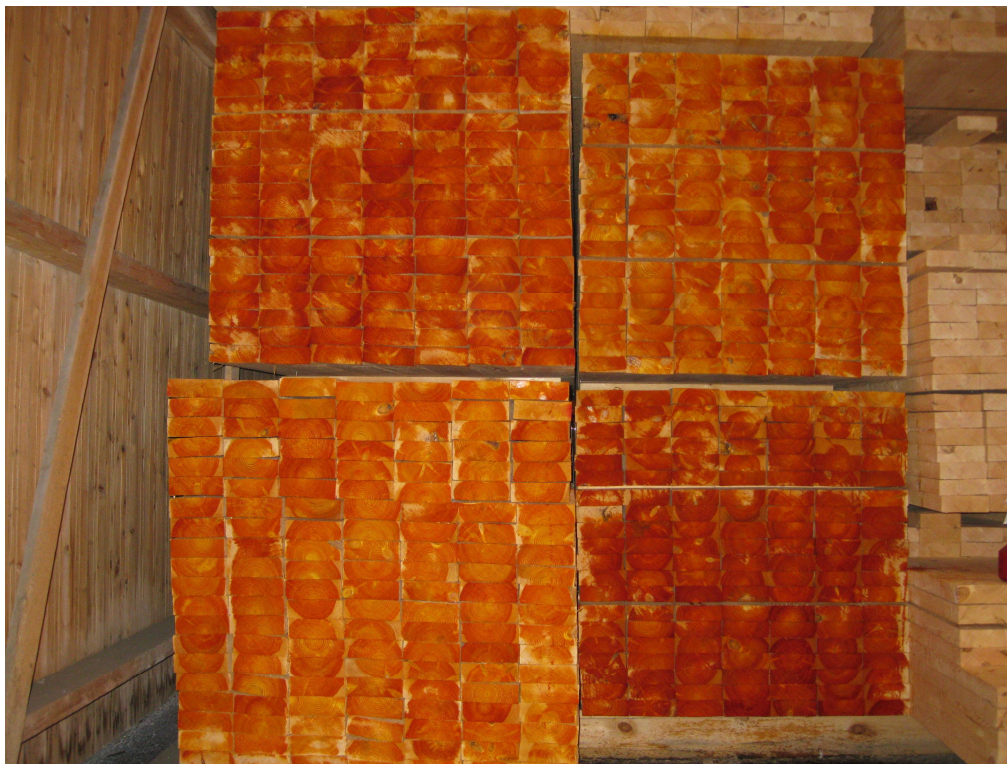
Kolmantena vaihtoehtona tutkittiin läpimittaluokkaa 245 – 265 mm. Tällä läpi mittaluokalla toteutus olisi selvästi kahta aikaisempaa vaihtoehtoa helpompi. Koska kyseessä on jo niin suuri latvaläpimittainen tukki, riittää $\geq 56\%$ jo saavuttamaan 137,2 mm sydänpuunhalkaisijan. Kaikista saapuvista tukeista 56 prosentin sydänpuun prosenttiosuuden saavuttaa 79,92 prosenttia. Tukan suuri latvaläpimitta mahdollistaa monen erilaisen asetteen käytön. Yksi mahdollisuus on kuvan 8 mukainen.

Latvaläpimitta-luokka	Minimi sydänpuunosuus	Pylväs U/S-arvo kaikki	Tukkijakauman prosenttiosuus
110 - 146 mm	135,00 mm	-	-
146 - 165 mm	135,00 mm	-	-
165 - 175 mm	135,00 mm	-	-
175 - 185 mm	135,00 mm	-	-
185 - 195 mm	135,00 mm	-	-
195 - 205 mm	136,50 mm	≥70 %	6,16 %
205 - 215 mm	135,30 mm	≥66 %	19,00 %
215 - 225 mm	135,45 mm	≥63 %	35,32 %
225 - 245 mm	135,00 mm	≥60 %	55,73 %
245 - 265 mm	137,20 mm	≥56 %	79,92 %
265 - 285 mm	145,75 mm	≥55 %	87,00 %
285 - 305 mm	156,75 mm	≥55 %	90,28 %
305 - 365 mm	165,75 mm	≥55 %	93,01 %

Taulukko 10. Mahdollinen toteutus kaikista läpimittaluokista

4.2 Koesahauksen tulokset

Tarvittavan tukkimäärän 740 kappaleen (kuva 3) saavuttamiseksi jouduttiin lajittelemaan 934 tukkia, jolloin tukeista 79,23 prosenttia oli kelpavia. Luettuna taulukoista tukeista 79,92 prosenttia olisi pitänyt saavuttaa tarvittava sydänpuunosuus. (Liite 10.)



Kuva 11. Koesahatut niput väriaineella käsiteltyinä

Koesahatut niput (kuva 11) käsiteltiin värjäysaineella, jonka avulla sydänpuu saatiin erotettua pintapuusta. Tarkempaan tarkasteluun otettiin neljä nippua, joista mitattiin sydänpuun leveys. Kaikissa nipuissa oli virheellisiä kappaleita, jotka eivät saavuttaneet 135 mm sydänpuun leveyttä. Yhteensä virheellisiä kappaleita oli yhdeksän, 560 kappaleesta.

Koesahauksessa saavutettiin halutut tulokset tukkiluokassa, joissa latvaläpimita on 245 – 265 mm. Lähes kaikki kappaleet olivat saavuttaneet halutun sydänpuunosuuden, eli 135 mm, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Koesahauksessa käytetystä latvaläpimitasta kyseisen sahatavaran valmistaminen oli helppoa, koska lähes 80 prosenttia saavutti halutun sydänpuunosuuden. Pienissä latvaläpimitaluokissa vain pieni osa saavuttaa riittävän sydänpuunosuuden, eikä se näin ollen ole taloudellisesti kannattavaa. Laaturajakaumaksi tuli A-laatua 10,80 prosenttia, B-laatua 40,21 prosenttia, C-laatua 48,70 prosenttia ja D-laatua 0,29 prosenttia. Laaturajakaumaan olisi voitu vaikuttaa käyttämällä lisäksi U/S-arvoparametreja tukkilajitteluvaiheessa.

5 YHTEENVETO

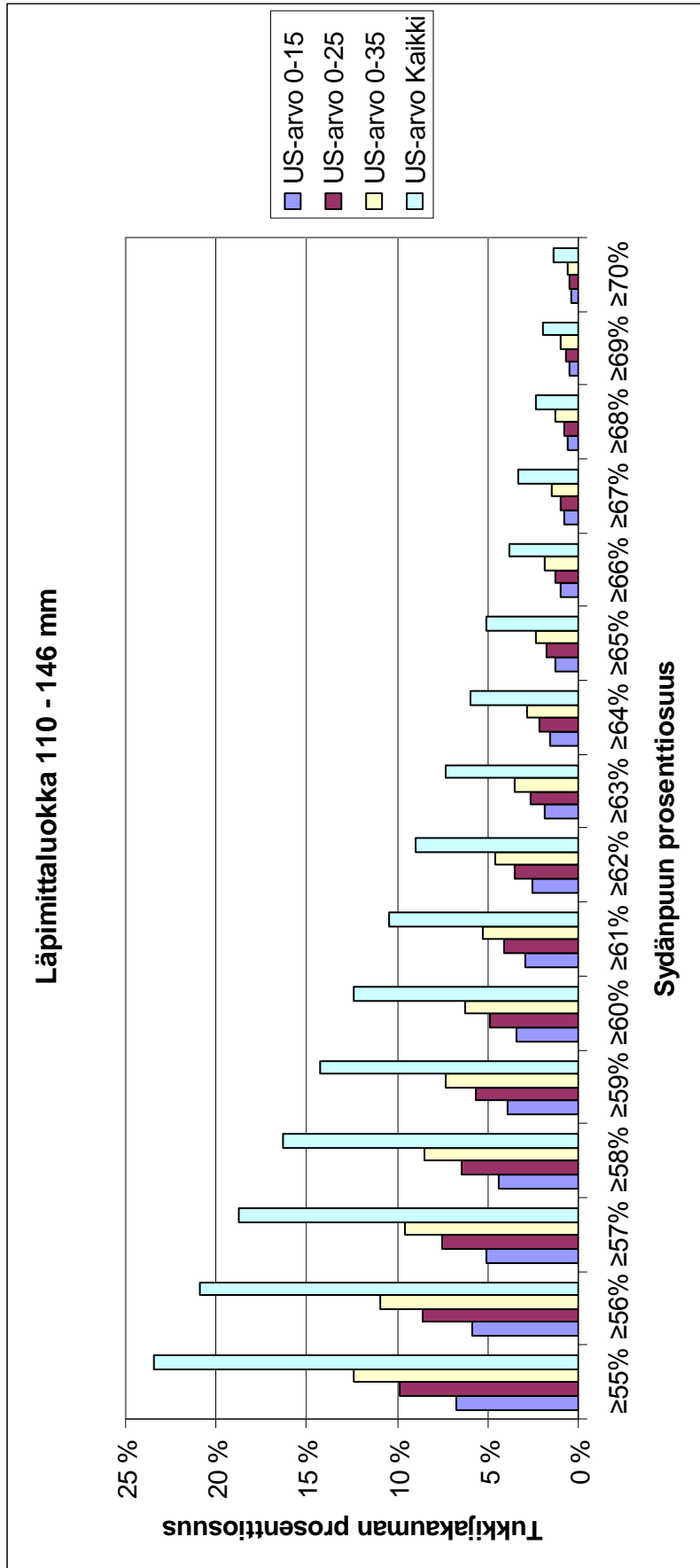
Voidaan todeta, että tehdyt kuvaajat antavat oikean suuntaiset tulokset. Sydänpuun osuuden määrä käyttäytyy oletetulla tavalla. Eli tukin latvaläpimitan kasvaessa myös sydänpuun prosentuaalinen osuus kasvaa. U/S-arvolla ei ollut oleellista merkitystä sydänpuunosuuden kanssa. Kuvaajia käyttämällä voi nähdä U/S-arvon vaikutuksen hallittuun latvaläpimitaan sekä sen, miten tukkien laatu vaikuttaa sydänpuun määrään. Tämän avulla on mahdollista nähdä, kuinka paljon sydänpuuta jää jäljelle kuhunkin latvaläpimitaluokkaan sen jälkeen, kun parhaat tukit on seulottu pois. Käytettäessä kuvaajia on muistettava huomioida virhemarginaali, joka johtuu tukkien saapumisesta eripuolilta hankinta-aluetta, sillä sydänpuun määrään vaikuttaa puun kasvunopeus sekä kasvupaikka. Kuvaajista voi kuitenkin todeta, mistä latvaläpimitaluokasta sahaus voitaisiin kannattavasti toteuttaa ja mistä latvaläpimitaluokasta toteutus ei ole taloudellisesti kannattavaa.

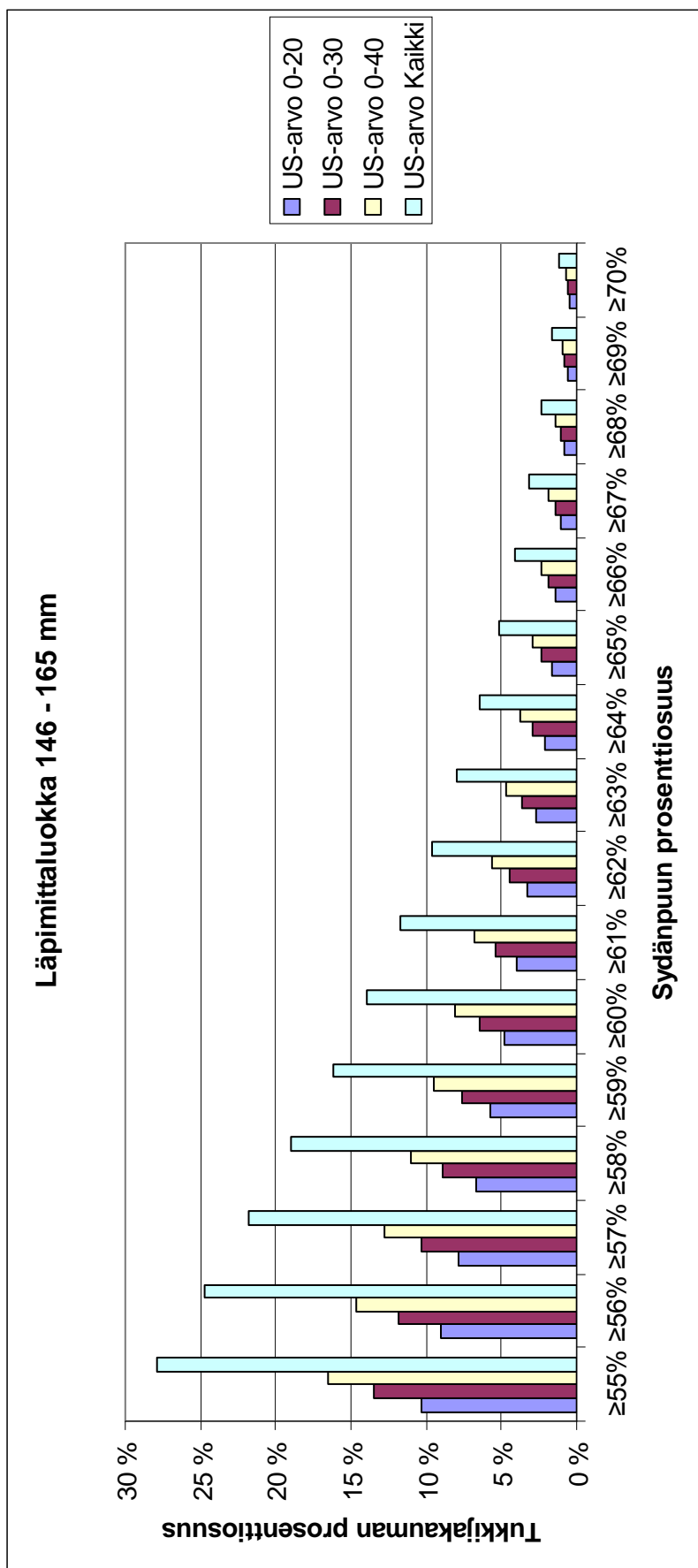
Tutkimuksen tuloksista olisi saanut tarkemmat käyttämällä suurempaa tukkimäärää. Tutkimuksessa olisi myös voinut tehdä koesahauksen U/S-arvo seulaa käyttämällä, jolloin olisi saatu varmuus myös tukkijakauman U/S-arvoon.

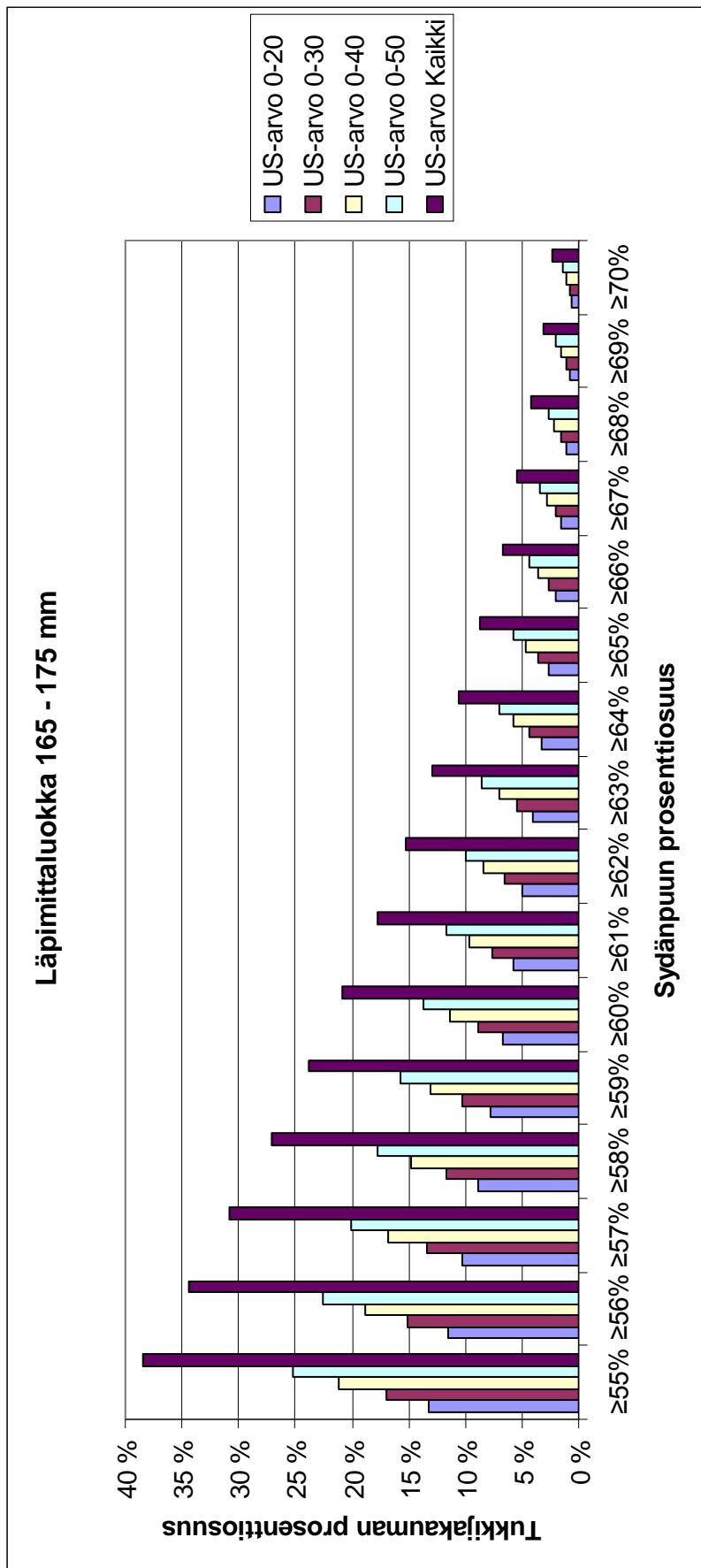
LÄHTEET

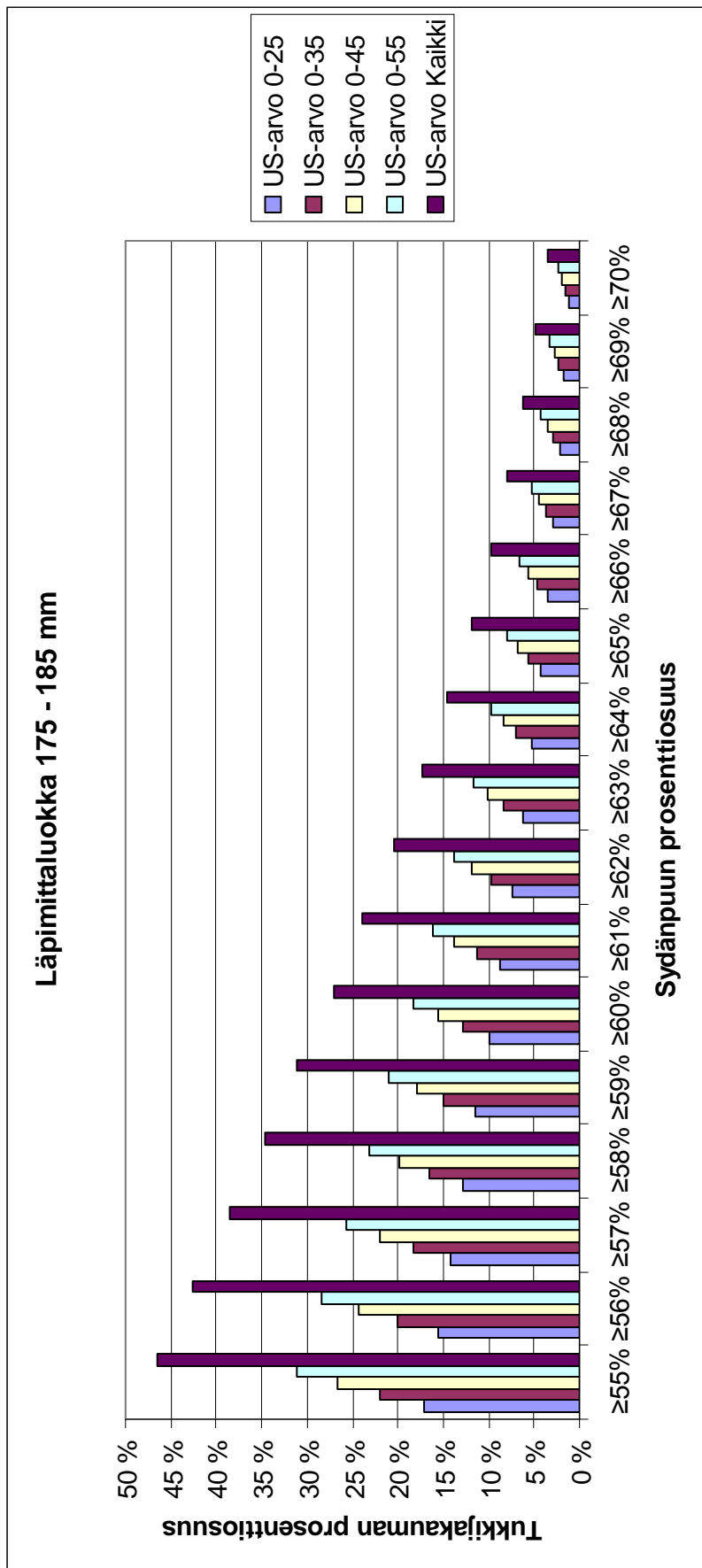
1. Keinänen, E. & Tahvanainen, V. 1995. Pohjolan jalot puut. Kuopio: Kuopion käsi- ja taideteollisuusakatemia.
2. Venäläinen, M. 2003. Männyn sydänpuu – luonnon omaa kestopuuta? Metsäntutkimus 1/2003. Saatavissa: <http://www.metla.fi/asiakaslehti/2003/2003-1/2003-1-venalainen.pdf> [viitattu 29.3.2009].
3. Karppanen, O. 2008. Oksapuu paljastaa lahonkestävimmän sydänpuun. Metsäntutkimus 1/2008. Saatavissa: <http://www.metla.fi/hanke/3220/metsantutkimus1-2008.pdf> [viitattu 29.3.2009].
4. Venäläinen, M. 2005. Suomalaisten puulajien luontainen käyttökelpoisuus rakentamisessa, jatkotutkimus. Metla. Saatavissa: <http://www.metla.fi/hanke/3220/index.htm> [viitattu 29.3.2009]
5. Venäläinen, M. 2006. Puuraaka-aineen luontainen lahonkestävyys. Metla. Saatavissa: <http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/puutiede-tanaan/esitykset.pdf> [viitattu 29.3.2009]
6. Löyttyniemi, K. 1986. Männyn sydänpuu – luonnon kestopuuta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 231. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
7. Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
8. Koski, A. 2008. Raakamäntyöljyn käytettävyys puunsuoja-aineena. Applicability of crude tall oil for wood protection. Väitöstutkimus. Saatavissa: <http://www.hallinto oulu.fi/viestin/vaitos08/koski.html> [viitattu 21.9.2009].
9. Heikkinen, J. 2008. Havaintoja männyn sydän- ja pintapuusta. PUU-lehti 2/2008, s. 40 – 41. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/kirjasto/puu-lehti-22008> [viitattu 27.9.2009].
10. RemaLog XRay 2006. Käyttäjän manuaali version 2.3. RemaControl.

11. Kuismanen, H. 3.11.2009. Myynti- ja toimituspäällikkö. Metsäliitto Osuuskunta
Finnforest Kyrön saha. Sähköpostikeskustelu.

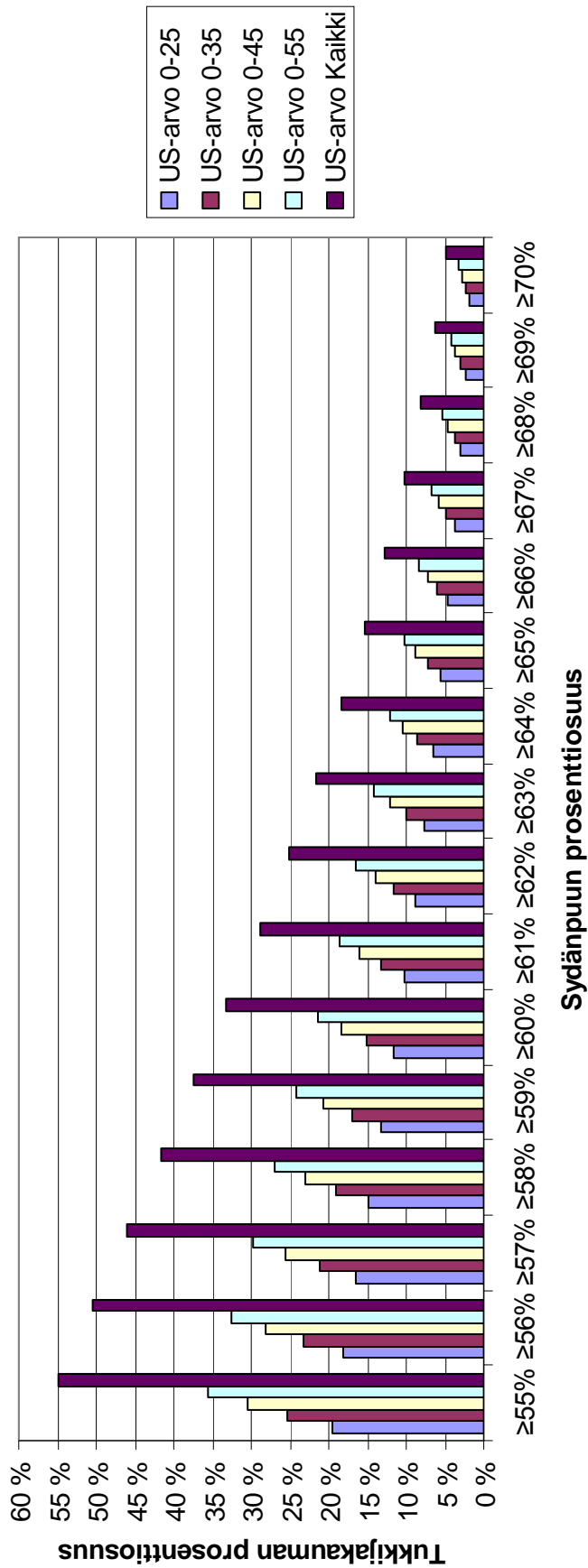




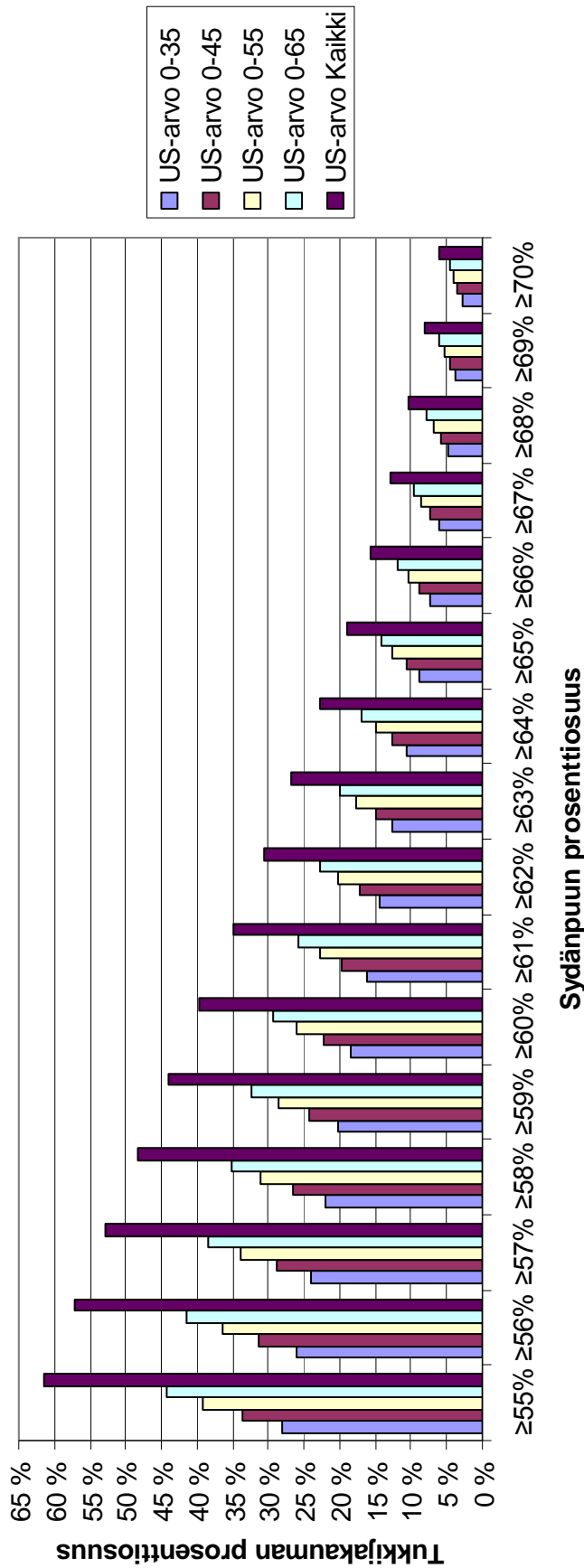




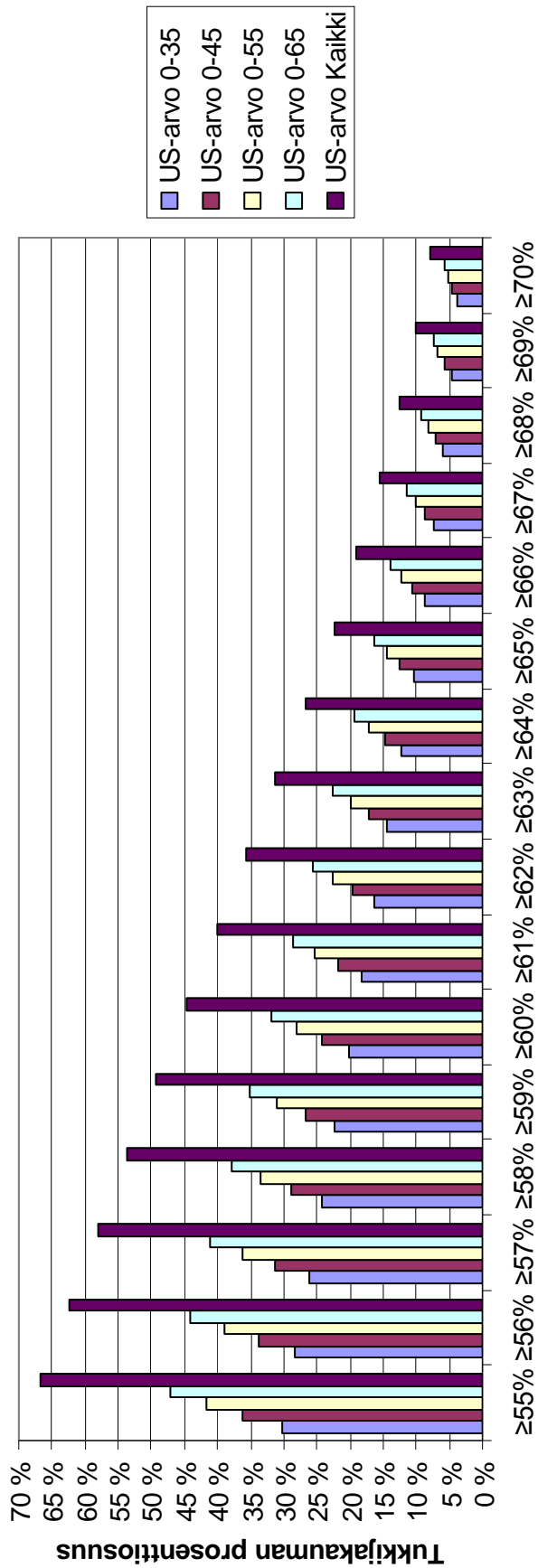
Läpimittaluokka 185 - 195 mm



Läpimittaluokka 195 - 205 mm

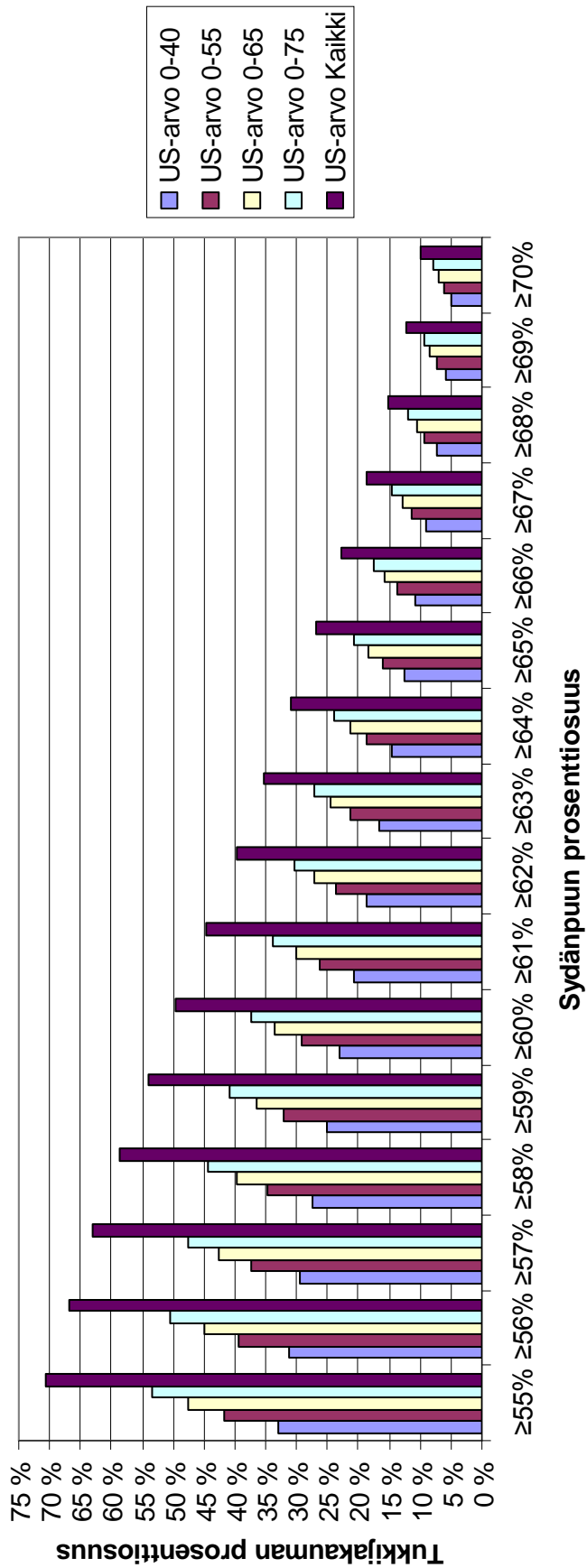


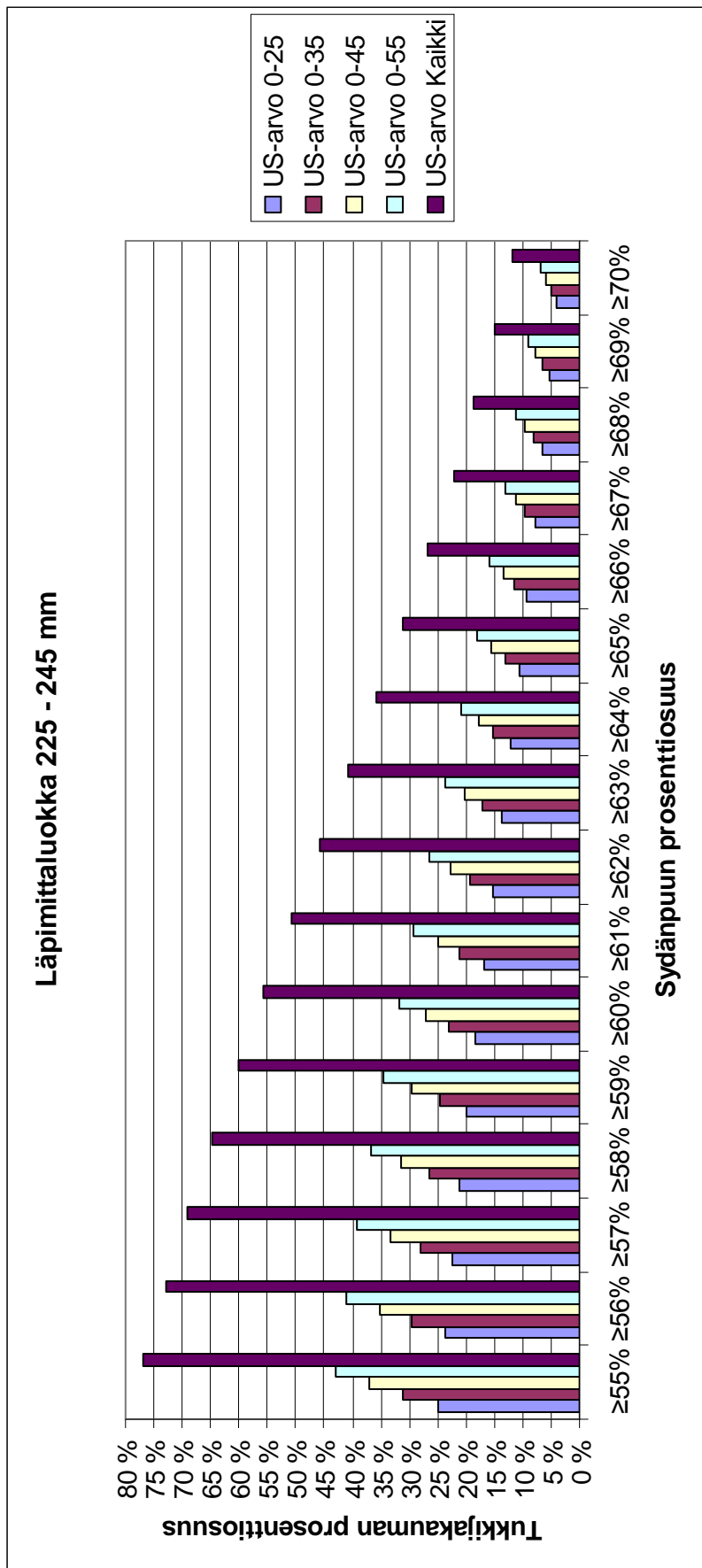
Läpimittaluokka 205 - 215 mm

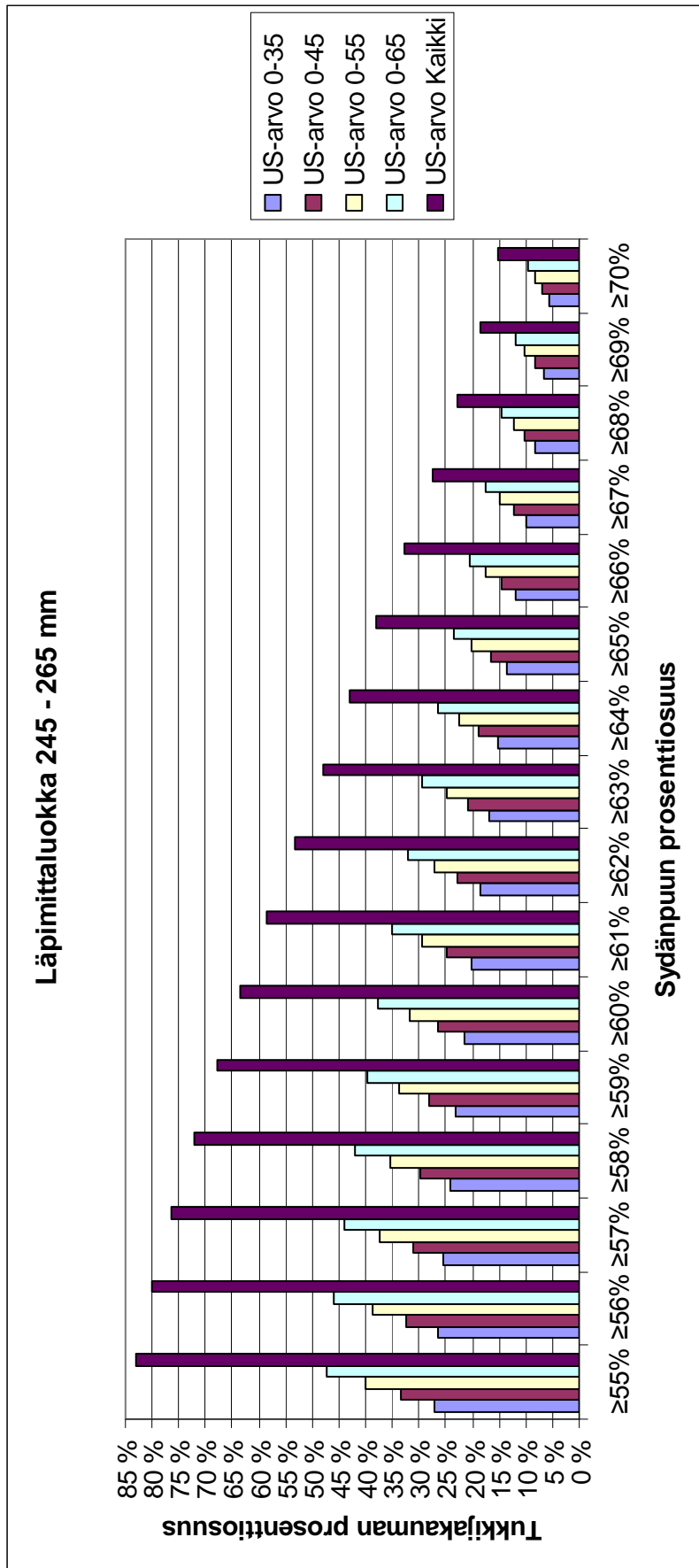


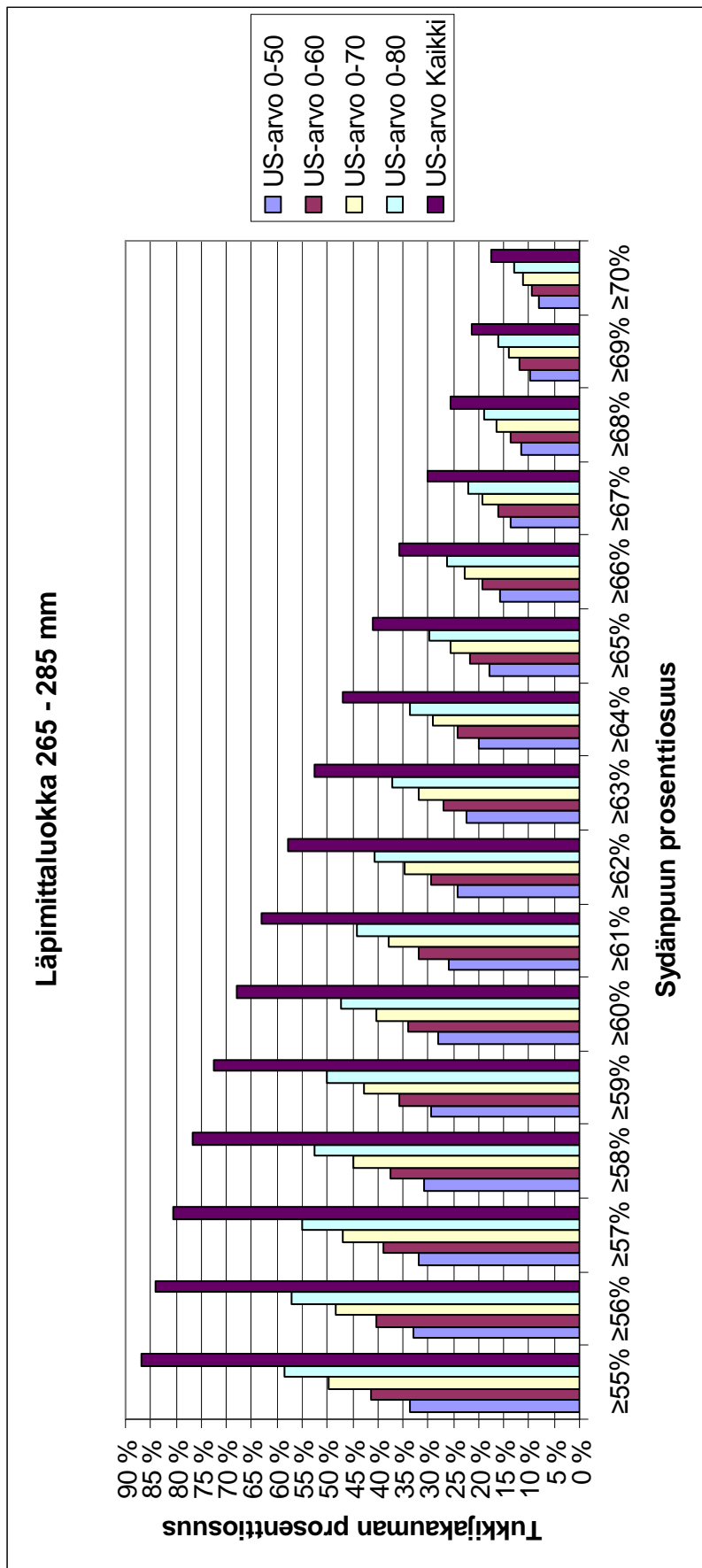
Sydänpuun prosenttiosuus

Läpimittaluokka 215 - 225 mm

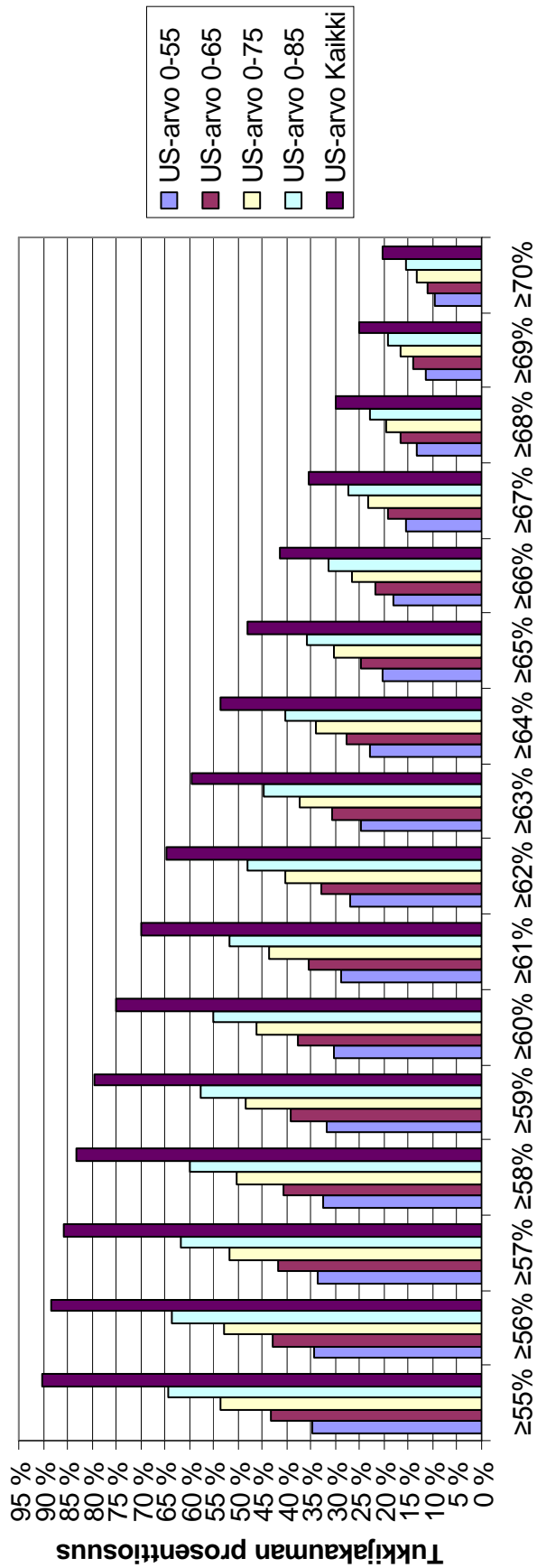




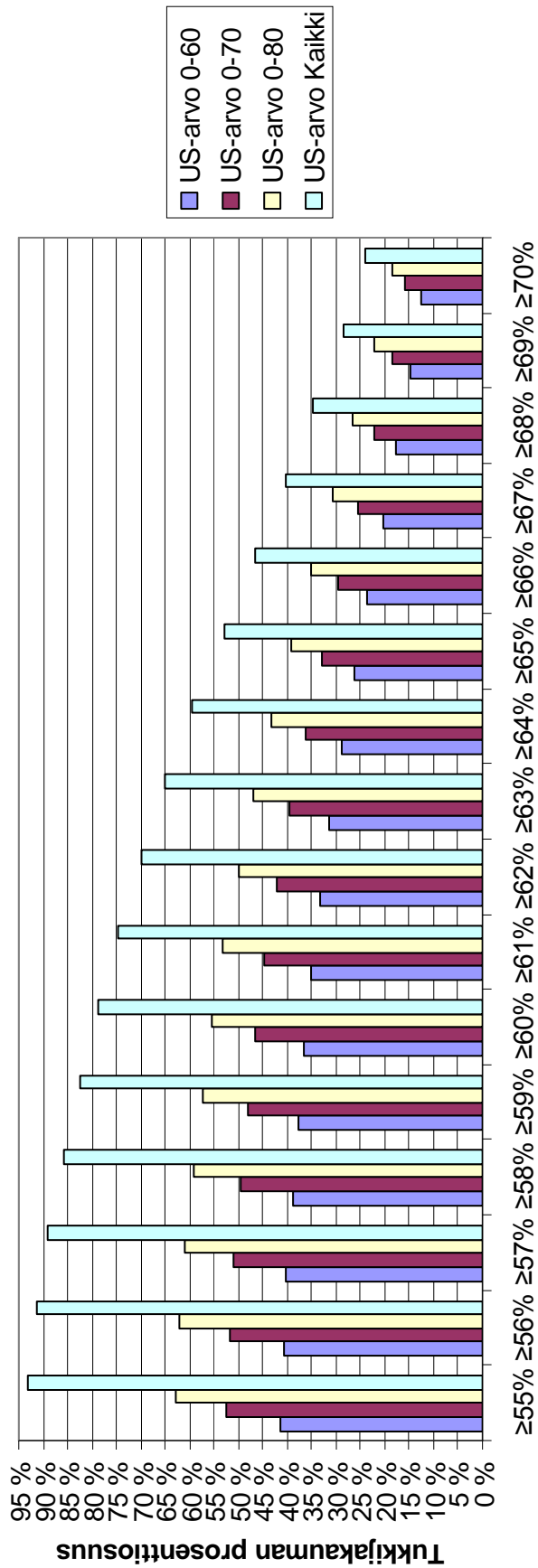




Läpimittaluokka 285 - 305 mm



Läpimittaluokka 305 - 365 mm



Sydänpuun prosenttiosuus

Esimerkki Remalog XRay-laitteen tiedosto.

Halkaisija mm	Tilavuus		Kartiokkuus		Kuori Kkor mm	Soikeus Soik. mm	Lenkous Lenk. mm/m	Mutk. mm	Tiheys	Sydänpuun Lpm	US-arvo Mä	Sydänpuuosuus %
	Tilavuus m ³	Atilavuus m ³	Kar mm/m	Rkar mm/m								
245,0	0,259m ³	0,258m ³	9,3	0,3	-10,8	14,5	3,9	5,9	434	155	52	63
245,0	0,263m ³	0,263m ³	24,0	10,2	-8,2	9,4	3,4	8,0	560	147	114	60
245,0	0,384m ³	0,384m ³	13,5	8,7	-9,3	20,7	4,7	7,3	409	170	34	69
245,0	0,329m ³	0,328m ³	15,9	3,6	-8,1	11,5	3,3	8,4	453	166	91	68
245,0	0,290m ³	0,289m ³	13,2	0,6	-9,3	11,7	7,0	7,4	474	159	100	65
245,0	0,274m ³	0,273m ³	6,9	1,3	-11,0	7,6	2,0	7,1	453	149	49	61
245,0	0,306m ³	0,305m ³	3,8	6,8	-8,1	25,3	1,9	9,6	462	164	102	67
245,0	0,264m ³	0,263m ³	6,8	0,1	-11,0	18,9	7,0	8,8	405	160	61	65
245,0	0,268m ³	0,268m ³	8,7	4,7	-9,5	16,4	7,3	11,3	485	164	52	67
245,0	0,362m ³	0,361m ³	18,7	2,6	-8,2	9,3	12,9	10,2	417	170	78	69
245,0	0,270m ³	0,269m ³	7,6	0,1	-11,0	16,1	3,4	5,2	405	161	65	66
245,0	0,320m ³	0,320m ³	10,1	7,6	-8,2	3,0	6,3	8,6	432	142	97	58
245,0	0,378m ³	0,377m ³	26,9	0,0	-10,7	6,1	3,9	7,5	416	151	0	62
245,0	0,299m ³	0,298m ³	8,7	3,6	-8,2	5,1	10,2	13,3	402	166	30	68
245,0	0,317m ³	0,317m ³	21,5	3,9	-8,2	1,4	9,8	9,0	535	159	70	65
245,0	0,305m ³	0,304m ³	12,1	0,6	-10,3	3,7	7,7	11,7	398	138	56	56
245,0	0,318m ³	0,317m ³	14,2	3,6	-8,2	10,2	10,1	9,2	469	167	98	68
245,0	0,298m ³	0,298m ³	10,1	0,2	-10,7	7,4	3,9	8,0	412	133	56	54
245,0	0,329m ³	0,328m ³	7,8	8,1	-8,1	8,0	3,8	9,9	423	146	73	60
245,0	0,260m ³	0,260m ³	8,7	0,3	-10,8	5,6	4,0	7,5	400	166	24	68
245,0	0,349m ³	0,349m ³	16,0	7,0	-8,1	17,3	7,7	7,0	430	132	49	54
245,0	0,251m ³	0,251m ³	7,9	0,6	-10,4	5,8	3,2	6,1	400	171	35	70
245,0	0,285m ³	0,285m ³	15,5	6,3	-8,1	5,5	5,6	10,2	384	173	58	71
245,0	0,298m ³	0,298m ³	18,2	2,9	-10,8	10,4	8,1	8,9	476	138	80	56
245,0	0,258m ³	0,258m ³	7,9	0,7	-10,7	14,9	3,9	5,6	441	153	46	62
245,0	0,299m ³	0,299m ³	16,0	4,7	-8,1	8,4	4,1	7,0	471	126	62	51
245,0	0,335m ³	0,335m ³	17,2	1,0	-8,0	13,4	6,4	6,9	488	151	114	62
245,0	0,292m ³	0,292m ³	7,2	0,0	-11,0	8,5	1,8	5,8	382	153	0	62
245,0	0,287m ³	0,286m ³	8,4	0,0	-10,7	1,3	1,8	6,3	370	154	46	63
245,0	0,280m ³	0,279m ³	9,3	0,9	-10,8	3,0	5,2	5,6	459	152	72	62
245,0	0,251m ³	0,250m ³	14,6	5,5	-9,5	13,4	6,3	13,5	405	144	23	59
245,0	0,270m ³	0,269m ³	14,5	0,9	-10,8	13,5	3,0	10,3	373	127	0	52
245,0	0,282m ³	0,281m ³	12,8	4,8	-8,0	11,5	7,8	7,3	364	115	38	47
245,0	0,293m ³	0,292m ³	21,0	0,0	-10,3	4,6	5,6	10,2	406	124	0	51
245,0	0,291m ³	0,290m ³	16,6	8,6	-8,0	0,7	4,3	6,6	492	184	99	75
245,0	0,277m ³	0,276m ³	15,2	2,7	-7,9	9,4	5,3	10,7	388	143	44	58
245,0	0,250m ³	0,249m ³	7,8	0,7	-10,3	4,3	3,1	8,6	402	156	22	64
245,0	0,290m ³	0,290m ³	9,0	5,0	-8,0	3,0	2,0	4,0	433	94	110	38
245,0	0,290m ³	0,280m ³	16,0	2,0	-8,0	3,0	4,0	7,0	444	130	47	53
245,0	0,220m ³	0,220m ³	7,0	1,0	-10,0	12,0	5,0	10,0	408	119	37	49
245,0	0,290m ³	0,290m ³	9,0	1,0	-10,0	1,0	4,0	14,0	396	161	5	66
245,0	0,336m ³	0,336m ³	12,5	11,1	-8,0	16,3	3,7	7,6	420	160	72	65
245,0	0,310m ³	0,310m ³	14,0	7,0	-10,0	2,0	4,0	7,0	418	148	0	60
245,0	0,310m ³	0,310m ³	8,0	2,0	-10,0	15,0	4,0	10,0	471	150	70	61
245,0	0,270m ³	0,270m ³	12,0	4,0	-8,0	9,0	5,0	8,0	423	155	26	63
245,0	0,300m ³	0,300m ³	11,0	6,0	-9,0	2,0	10,0	11,0	405	161	24	66
245,0	0,320m ³	0,310m ³	13,0	1,0	-10,0	2,0	2,0	8,0	414	125	0	51
245,0	0,270m ³	0,270m ³	12,0	4,0	-8,0	1,0	4,0	9,0	430	123	90	50
245,0	0,340m ³	0,340m ³	15,0	10,0	-8,0	7,0	7,0	9,0	434	157	70	64
245,0	0,330m ³	0,330m ³	16,0	5,0	-9,0	28,0	11,0	10,0	396	185	54	76
245,0	0,260m ³	0,260m ³	9,0	3,0	-8,0	6,0	5,0	7,0	407	160	69	65
245,0	0,290m ³	0,290m ³	11,0	3,0	-7,0	1,0	1,0	5,0	414	138	61	56
245,0	0,370m ³	0,370m ³	12,0	5,0	-8,0	19,0	3,0	10,0	416	158	47	64
245,0	0,320m ³	0,320m ³	7,0	2,0	-10,0	13,0	2,0	7,0	388	155	15	63
245,0	0,260m ³	0,260m ³	10,0	0,0	-10,0	6,0	5,0	8,0	404	129	1	53
245,0	0,290m ³	0,290m ³	7,0	1,0	-10,0	3,0	2,0	4,0	427	171	10	70
245,0	0,360m ³	0,360m ³	14,0	6,0	-8,0	21,0	6,0	8,0	490	178	102	73
245,0	0,210m ³	0,210m ³	6,0	0,0	-10,0	1,0	2,0	6,0	458	171	32	70
245,0	0,280m ³	0,280m ³	7,0	1,0	-10,0	12,0	6,0	14,0	379	164	2	67
245,0	0,250m ³	0,250m ³	7,0	0,0	-10,0	7,0	3,0	6,0	372	147	21	60
245,0	0,310m ³	0,310m ³	10,0	1,0	-11,0	7,0	3,0	6,0	406	153	27	62
245,0	0,260m ³	0,260m ³	15,0	8,0	-8,0	19,0	6,0	10,0	461	155	83	63
245,0	0,300m ³	0,300m ³	11,0	6,0	-8,0	4,0	4,0	7,0	423	145	69	59
245,0	0,240m ³	0,230m ³	16,0	0,0	-11,0	4,0	4,0	7,0	447	134	57	55
245,0	0,260m ³	0,260m ³	10,0	1,0	-10,0	9,0	6,0	8,0	430	141	11	58
245,0	0,320m ³	0,320m ³	9,0	8,0	-8,0	16,0	6,0	6,0	471	145	64	59
245,0	0,350m ³	0,350m ³	18,0	0,0	-8,0	8,0	8,0	9,0	455	173	35	71
245,0	0,360m ³	0,360m ³	18,0	4,0	-8,0	16,0	2,0	7,0	406	159	83	65
245,0	0,300m ³	0,300m ³	9,0	0,0	-10,0	2,0	2,0	8,0	412	155	36	63
245,0	0,350m ³	0,350m ³	17,0	8,0	-9,0	29,0	9,0	12,0	508	160	115	65
245,0	0,330m ³	0,330m ³	15,0	2,0	-8,0	8,0	6,0	8,0	389	200	42	82
245,0	0,270m ³	0,270m ³	10,0	2,0	-8,0	14,0	6,0	7,0	399	106	50	43
245,0	0,300m ³	0,300m ³	14,0	2,0	-9,0	10,0	8,0	9,0	399	158	67	64
245,0	0,340m ³	0,340m ³	11,0	3,0	-8,0	5,0	5,0	7,0	464	155	38	63
245,0	0,400m ³	0,400m ³	15,0	6,0	-8,0	7,0	7,0	14,0	427	154	25	63
245,0	0,300m ³	0,300m ³	7,0	0,0	-10,0	17,0	2,0	5,0	379	148	24	60
245,0	0,360m ³	0,360m ³	18,0	8,0	-10,0	18,0	4,0	12,0	437	159	0	65