

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikan koulutusohjelma

Janne Anttonen

LIIMAPALKKITEHTAAN RAAKA-AINEEN LAATU

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Puutekniikka

ANTTONEN, JANNE	Liimapalkkitehtaan raaka-aineen laatu
Insinööriyö	34 sivua + 46 liitesivua
Työn ohjaajat	lehtori Risto Jääskeläinen tuotantopäällikkö Toni Keskitalo
Toimeksiantaja	Havesa Components Oy
Joulukuu 2009	
Avainsanat	liimapuu, sahatavara, laatu, mittaaminen, lujuuslajittelu, alimitta, vajaasärmä

Työn tarkoituksena oli tutkia Havesa Components Oy:n liimapalkkitehtaalle tulevan sahatavaran laatu. Sahatavarasta jalostetaan tehtaalla liimapuupalkkeja ja –tolppia sekä kolmelamellisia palkkeja. Tehdas saa raaka-aineen lujuuslajiteltuna läheisiltä oman yhtiön sahoilta. Sahatavaran yleislaatu on ollut huonoa, eikä siitä ole saatu toivottua määrää liimapuuksi soveltuvaa raaka-ainetta.

Suorittamillani mittauksilla oli tarkoitus selvittää sahatavarasta hylkyyn menevä osuus sekä suurimmat syyt hylkyyn. Mittaukset suoritettiin tehtaalla syys-, loka- ja marraskuussa 2009 niin, että käyntejä tehtaalla tuli yhteensä 20 kpl. Koekappaleita oli yhteensä 2 300 kpl. 1 000 kpl mitattiin 50 mm x 100 mm:n sahatavarasta, 600 kpl 36 mm x 100 mm:n sahatavarasta sekä 700 kpl 45 mm x 130 mm:n sahatavarasta. Koekappaleiden kokonaismäärä oli riittävä tutkimuksen tekemiseen.

Tulokset osoittivat, että raaka-aine oli yleislaadultaan vaihtelevaa. Hylkyyn menevän sahatavaran osuus oli erittäin suuri etenkin 36 mm x 100 mm:n sahatavaralla. 45 mm x 130 mm:n sahatavaralla saatiin erittäin mataliakin hylkyyn meneviä osuuksia. Suurimpana vikaisuutena oli alimitta, jota oli kaikilla sahatavaradimensioilla runsaasti. Myös vajaasärmää ja oksavikaa oli paljon.

Raaka-aineen laadussa oli paljon parantamisen varaa. Laatua parantavia keinoja raaka-ainetta valmistavalla sahalla voisi olla höylän säätöjen tarkastaminen, lujuuslajittelukoneen säätöjen tarkastaminen, visuaalisen laaduntarkkailun lisääminen koko valmistusprosessin ajalta, raaka-aineen varastointi suojaetuissa tiloissa sekä tiedonkulun parantaminen sahan ja liimapuutehtaan välillä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Wood Technology

ANTTONEN, JANNE

The Quality of Raw Material in the Gluelam Mill

Bachelor's Thesis

34 pages + 46 pages of appendices

Supervisor

Risto Jääskeläinen, MSc

Instructor

Toni Keskitalo, Production Manager

Commissioned by

Havesa Components Oy

December 2010

Keywords

gluelam, timber, quality, wane

The purpose of this research was to study the quality of the sawn timber coming to the Havesa Components Oy's gluelam mill. In the gluelam mill the sawn timber is processed into glue-laminated beams and poles, as well as beams of three lamellas. The factory gets the raw material strength graded from the company's own nearby sawmills. The general quality of the sawn timber has been low and from this raw material in question an insufficient amount has been suitable for laminated timber.

By measuring the sawn timber it was aimed to find out the proportion of the sawn timber going to reject as well as the main reasons for that. The measurements were carried out in the factory during September, October and November 2009, altogether adding up to 20 visits to the factory. A total number of 2300 sample units were measured. 1000 units were measured from 50 mm x 100 mm sawn timber, 600 units from 36 mm x 100 mm, and 700 units from 45 mm x 130 mm sawn timber. The total sample size was sufficient for carrying out adequate research.

The results showed that the general quality of the raw material varied. The proportion of the sawn timber going to reject was very high especially with the 36 mm x 100 mm sawn timber. With the 45 mm x 130 mm sawn timber on the other hand, also very low proportions of raw material going to reject were measured. The major defect of the raw material was the failing to meet the standard measures, which occurred plentifully among all the dimensions of the sawn timber. There was also a lot of defects caused by waness and knots in the sawn timber.

In the quality of the raw material there was a lot of room for improvement. Means for improving the quality in the raw material producing factory could be revising the plane adjustments, revising the adjustments of the strength grading machine, increasing the visual quality observation during the whole manufacturing process, storing the raw material in sheltered space, and improving the communications between the sawmill and the gluelam mill.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	TYÖN TAUSTA	6
	2.1 Tehtävä	6
	2.2 Yritysesittely	6
	2.2.1 Yritys	6
	2.2.2 Liimapalkkitehtaan tuotantoprosessi	7
3	LUJUUSLAJITELTU SAHATAVARA	8
	3.1 Lujuuslajittelun tarkoitus ja lajittelutavat	8
	3.2 Lajitteluohjeet ja laadut	9
	3.2.1 T-lajittelu, INSTA 142	9
	3.2.2 LT-lajittelu	12
	3.2.3 BS-lajittelu	12
	3.2.4 Eurooppalainen järjestelmä	14
4	LIIMAPUU	14
	4.1 Liimapuu rakennusmateriaalina	14
	4.2 Lamellien laatuvaatimukset	16
	4.3 Liimapuun laatuvaatimukset	17
5	LUXSCAN-SKANNERIN TOIMINTA	19
6	MITTAUSTEN TOTEUTUS	20
	6.1 Aikataulu	20
	6.2 Mittausmäärät	20
	6.3 Mittaustapa	21
	6.4 Laadutus	21
	6.5 Viat	22

7 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT	24
7.1 Hukka	24
7.1.1 Sahatavaran hukka dimensiossa 50 mm x 100 mm	24
7.1.2 Sahatavaran hukka dimensiossa 36 mm x 100 mm	25
7.1.3 Sahatavaran hukka dimensiossa 45 mm x 130 mm	26
7.2 Sahatavaran katkonnan syyt	26
7.2.1 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 50 mm x 100 mm	26
7.2.2 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 36 mm x 100 mm	27
7.2.3 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 45 mm x 130 mm	28
7.3 Päätelmät	29
7.3.1 Sahatavaran laatu dimensiossa 50 mm x 100 mm	29
7.3.2 Sahatavaran laatu dimensiossa 36 mm x 100 mm	30
7.3.3 Sahatavaran laatu dimensiossa 45 mm x 130 mm	30
7.3.4 Yleislaatu	30
8 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITTEET	
Liitteet 1 - 20	50 mm x 100 mm:n sahatavaran mittauspöytäkirjat
Liitteet 21 - 32	36 mm x 100 mm:n sahatavaran mittauspöytäkirjat
Liitteet 33 - 46	45 mm x 130 mm:n sahatavaran mittauspöytäkirjat

1 JOHDANTO

Havesa Components Oy:n Haminassa sijaitsevalle liimapalkkitehtaalle tulee lujuslajiteltua sahatavaraa yhtiön omilta sahoilta Haminan Neuvottomasta ja satamasta. Sahatavarasta jalostetaan liimapuupalkkeja. Ongelmana on ollut sahatavan laatu. Käyttösuhde on liian korkea sekä laadun vaihtelut ovat suuria. (1.)

Sahatavaran laadun tutkiminen kappale kerrallaan auttaa kertomaan, onko tehtaalle tulevan raaka-aineen laatu oikeasti huonoa ja vaihtelevaa vai onko tehtaan omassa lajittelussa parantamisen varaa eli haketetaanko tehtaalla liimapuuksi kelpaavaa sahatavaraa. Lisäksi työn tarkoituksena on selvittää, mitä vikoja raaka-aineessa on eniten.

Työn tulokset informoidaan yhtiön omille sahoille, joissa sahatavara tehdään. Tavoitteena on laadun pysyvä paraneminen.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 Tehtävä

Työn tehtävänä oli selvittää liimapalkkitehtaalle tulevan raaka-aineen laatu ja selvittää mitä eri vikoja raaka-aineessa on eniten. Työtä varten mitattiin yhteensä 2 300 sahatavarakappaletta kolmesta eri dimensiosta. Dimensiot olivat 50 mm x 100 mm, 36 mm x 100 mm sekä 45 mm x 130 mm.

2.2 Yritysesittely

2.2.1 Yritys

Havesa on erikoistunut höylätyn lujuslajitellun sahatavaran sekä liimapuupalkkien ja -tolppien valmistamiseen. Havesan muodostavat Haminan Veistosaha Oy, Havesa Timber Oy ja Havesa Components Oy. (2.)

Haminan Veistosaha Oy on perustettu vuonna 1986, jolloin yhtiö aloitti toimintansa Haminan keskustan läheisyydessä olevalla teollisuustontilla. Yhtiö muutti koko toimintansa 1990-luvun alussa Haminan satamaan. Kymmenen vuotta Haminan

Veistosaha Oy:n perustamisen jälkeen perustettiin Havesa Timber Oy Haminan Neuvottomaan n. 10 km:n päähän Haminan satamasta. Havesan jatkojalostustoimintaa vahvistava liimapuutehdas Havesa Components Oy aloitti toimintansa Neuvottomassa maaliskuussa 2007. Sahojen yhteinen vuosituotanto on noin 250 000 m³. Raaka-aineena käytetään kuusta ja mäntyä. Liimapuutuotannon kapasiteetti on noin 90 000 m³ vuodessa. Henkilöstöä tuotantolaitoksilla on yhteensä noin 130. (2.)

Havesa Components Oy tuottaa liimapuupalkkeja ja -tolppia sekä kolmelamellisia palkkeja. Palkit tehdään kuusesta ja männystä. Havesan liimapuulla on yleiseurooppalainen CE-merkintäoikeus, pohjoismainen L-leimausoikeus sekä FMFA:n myöntämä todistus Saksan markkinoille. (2.)

2.2.2 Liimapalkkitehtaan tuotantoprosessi

Lujuuslajiteltu sahatavara tulee vanteilla kiristettyinä nippuina tehtaalle sahoilta (kuva 1). Viereisellä sahalla sahattu raaka-aine tuodaan trukeilla tehtaalle, kun taas satamasta raaka-aine tuodaan kuorma-autoilla. Paketit varastoidaan tehtaalla ilmassa, jonka suhteellinen kosteus on 40...75 %. (7.)



Kuva 1. Sahatavaraniput odottavat tuotantolinjaan pääsyä

Paketit nostetaan syöttöketjuille, jolloin niistä otetaan vanne pois. Syöttöketjuja on kaksi, joten on mahdollista käyttää kahta eri lujuuslaatua palkin tekoon. Tällöin parempilaatuista raaka-ainetta käytetään liimapalkeissa ulkolamelleina. Tämän jälkeen vakuumi-nostolaite nostaa yhden kerroksen kerrallaan tuotantolinjaan. Kaikki kappaleet ovat käännettyinä puun sydänpuoli ylöspäin. Sahatavarakappaleet kuljetetaan LuxScan-skannerille, joka laaduttaa raaka-aineen kappale kerrallaan. Skanneri näkee raaka-aineessa esiintyviä vikaisuuksia ja optimoi niistä tiedon katkaisusahalle. Katkaisusaha katkoo sahatavaran skannerin ohjeen mukaan huonot pois. Kuljetin vie hyväksyttävät kappaleet, joiden minimipituus on 90 cm, varastoketjulle laaduittain.

Seuraavaksi kappaleet menevät varastoketjulta jyrsimelle, joka tekee kappaleisiin sormet. Sormiin lisätään liima ja ne puristetaan toisiinsa sormijatkoslamelleiksi. Lamellit höylätään ja katkotaan tilausten mukaan. Liimauksessa lamellien päälle valutetaan liima ja kovete ja ne pinkataan halutuiksi palkeiksi. Pinkka kuljetetaan puristimeen ja se puristetaan suurella paineella. Valmis palkki höylätään ja viimeistellään halutun loppulaadun mukaisesti. Lopuksi palkit pakataan ja muovitetaan asiakkaalle toimitettaviksi.

3 LUJUUSLAJITELTU SAHATAVARA

3.1 Lujuuslajittelun tarkoitus ja lajittelutavat

Sahatavaran suuri rakenteellinen käyttö ja sahatavaran lujuuden suuri vaihtelu on johtanut siihen, että puisten rakenteiden turvallisuuden takaamiseksi ja ylimitoituksen hillitsemiseksi on kyettävä arvioimaan sahatavaran vähimmäislujuudet. Arvioitaessa tietyn puulajin lujuutta on otettava huomioon toisaalta sekä puulajissa esiintyvät että satunnaiset puun ominaisuuksien vaihtelut ja toisaalta puussa esiintyvät lujuutta alentavat viat. Lujuuslajittelun tarkoituksena on erotella sahatavaraerästä lujuudeltaan eri tasoisia kappaleryhmiä, joille mitoituksessa voidaan antaa tarkoin määritellyt lujuusarvot. (3, 152.)

Sahatavara voidaan lajitella joko visuaalisesti tai koneellisesti.

Visuaalisessa lujuuslajittelussa tarkastellaan niitä puun ominaisuuksia ja vikoja, joiden oleellinen vaikutus puun lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiin tunnetaan. Kutakin

lujuuslaatua varten määritellään ominaisuudelle tai vialle suurin tai pienin sallittu arvo sen mukaan, miten se vaikuttaa lujuuteen. Puuaineessa olevia lujuutta alentavia vikoja ovat mm. oksat, vinosyisyys, poikkisyisyys, latvavika ja poikaoksa, halkeamat, lyly, laho ja hyönteisvahingot. Sahatavaran käytettävyyttä haittaavat vajaasärmä ja muotoviat kuten lape- ja syrjävääritys, kierous ja kuperuus. Laatuun vaikuttaa näiden vikojen koko ja sijainti. (3, 152–153.) Sahatavaran visuaalista lujuuslajittelua voivat säännöksien mukaan suorittaa vain ne henkilöt, joilla on riittävän pitkä kokemus sahatavaran käsittelystä ja jotka ovat suorittaneet hyväksyttävästi asian omaisten säännösten mukaisen lujuuslajittelukurssin. (4, 1.)

Sahatavaran koneellisessa lujuuslajittelussa käytetään joko taivuttavia koneita (Computermatic, Timgrader), kappaletta koskemattomia menetelmiä (Finnograder), kappaletta ”vasaralla” kopauttavia koneita (Dynagrade) tai näiden yhdistelmiä (EuroGreComat). Taivuttavien koneiden toiminta perustuu siihen, että puun lujuuden ja jäykkyyden välillä on korrelaatio. Jäykkyys voidaan mitata taivuttamalla sahatavarakappaletta joko vakiovoimalla tai vakiomuodonmuutokseen. Dynagraden lujuuslajittelukone iskee kappaletta ”vasaralla” ja mittaa kappaleen värähtelytaajuuden. Finnograder käyttää mikroaaltosäteilyä oksien, vinosyisyyden ja kosteuden määrittämiseen, gammasäteilyä tiheyden määrittämiseen ja infrapunasäteilyä pintalämpötilan määrittämiseen. Koneet eivät kuitenkaan ota huomioon kaikkia puun lujuuteen vaikuttavia vikoja, vaan ne on tarkastettava myös visuaalisesti.

3.2 Lajitteluohjeet ja laadut

3.2.1 T-lajittelu, INSTA 142

Suomessa sahatavaran lujuuslajittelu suoritetaan ns. T-lajitteluohjeiden perusteella (taulukko 1). Myös muissa pohjoismaissa on suunnilleen samansisältöiset ohjeet. Pohjoismaille on lisäksi laadittu yhteinen lujuuslajittelua koskeva standardi INSTA 142, joka ei merkittävästi sisällöltään poikkea suomalaisista T-lajitteluohjeista. (3, 154.) T-lajittelun lujuusluokat ovat T40, T30, T24 ja T18. Lujuusluokan numerotunnus tarkoittaa, että ko. lujuusluokkaan lajitellun kappaleen taivutusmurtolujuus on hetkellisessä kuormituksessa ja 15 %:n kosteudessa vähintään kyseisen numeroarvon (MPA) suuruinen. (4, 3.) Ruotsalaiset ja norjalaiset ohjeet määrittelevät yhden edellisiä huonomman lujuuslaadun T12. (3, 154.) T-lajiteltavan sahatavaran minimipaksuus on 32 mm ja minimileveys 75 mm. INSTA 142

määrittelemät visuaaliset lujuuslaadut ovat T3, T2, T1 ja T0, jotka vastaavat T-lajittelun laatuja T30, T24, T18 ja T14. Koneellinen lujuuslajittelu edellyttää PLY ry:n (Puurakenteiden laaduntarkastusyhdistys ry) lupaa ja valvontaa. Lisäksi lujuuslajittelun visuaalisen osuuden suorittajan on oltava pätevä lajittelija. (3, 156.)

Taulukko 1. T-lajittelun tiivistetyt ohjeet (4.)

Ominaisuuden nimi	Ominaisuuden suurin sallittu määrä			
	T40	T30	T24	T18
Oksat				
Syrjäoksa	t / 4	t / 3	t / 2	2 t / 3
Lapeoksa	b / 8	b / 6	b / 4	b / 3
Oksasumma	Suurimman sallitun syrjä- ja lapeoksan mittalukujen summa			
Poikaoksa, latvavika	Ei sallita	b/3, keskellä	b/2, keskellä	
Tiheys kg / m³ mänty	500	450	400	350
(kosteus 15 %) kuusi	470	420	370	320
Vuosirengasväli	3 mm	5 mm	8 mm	12 mm
Vinosyisyys	1 : 14	1 : 10	1 : 7	1 : 5
Poikkisyisyys	Ei sallita			
Lyly	Ei sallita	Vähän	Sallitaan	
Halkeamat Kuivaushalkeama	t / 4	t / 3	t / 2	
Rengashalkeama	Ei sallita	t / 4	t / 3	
Muotoviat 2 m:n matkalla				
Syrjäväyryys	3 mm	6 mm	10 mm	13 mm
Lapeväyryys	10 mm	13 mm	17 mm	20 mm
Kierous	b / 40	b / 25	b / 20	b / 15
Koveruus	b / 40	b / 25	b / 20	b / 15
Vajaasärmä Syrjällä	t / 4	t / 3	t / 2	
Lappeella	b / 6	b / 4	b / 3	
Kaamaroso Pituus	b	2 b	3 b	
Syvyys	t / 6	t / 4	t / 3	
Leveys	b / 5	b / 5	b / 5	
Sinistymä Pinta	Lievää	Sallitaan		
Tukki	Ei sallita	Lievää	Sallitaan	
Laho Kova	Ei sallita			Sallitaan
Pehmeä	Ei sallita			
Toukanreikiä	Ei sallita	Pieniä reikiä sallitaan rajoitetusti		
Pihkapuu	Sallitaan			
Vesipuu	Ei sallita	Sallitaan		
Kuori	Ei sallita			

t = sahatavaran paksuus, b = sahatavaran leveys, L = sahatavaran pituus

3.2.2 LT-lajittelu

Liimapuussa käytettävät lamellit lujuuslajitellaan Suomessa LT-ohjeiden perusteella. LT-lajittelu on T-lajittelun sovellutus. Lamellien yksiselitteinen käyttötapa, laudat liimataan lappeilta toisiinsa, mahdollistaa sellaisten vikojen suurempana sallimisen, joilla on merkitystä sahatavaran syrjällä taivutuksessa. Toisaalta kiinnitetään suurempaa huomiota myös ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat lamellien liimattavuuteen. LT-lajittelussa määritellään neljä visuaalista liimapuulamellien lujuuslaatua, LT40, LT30, LT20 ja LT10. (3, 156.)

3.2.3 BS-lajittelu

Englantilainen standardi BS 4978 sisältää visuaaliset lujuuslajitteluohjeet kahdelle sahatavaran lujuuslaadulle, erityisrakennelaatu SS (engl. special structure) ja yleisrakennelaatu GS (general structure) sekä kolmelle liimapuulamellien lujuuslaadulle LA, LB ja LC. Standardin määrittelemiä koneellisia lujuuslaatuja ovat M75, M50, MSS ja MGS. Koneellisista lujuuslaaduista MSS vastaa visuaalista MS-laatua, MGS visuaalista GS-laatua, M50 sijoittuu MSS ja MGS laatujen väliin ja M75 on paras lujuuslaatu. Ohjeiden mukaan voidaan lajitella pohjoismaista mäntyä ja kuusta (taulukko 2). (3, 156.)

BS- ja T-lajittelu eroavat toisistaan merkittävimmin oksan lujuusvaikutuksen arvioinnissa. T-lajittelussa oksa mitataan kohtisuoraan kappaleen pituussuuntaa vastaan ja lisäksi lasketaan oksasumma siltä kohtaa kappaletta, jossa se on suurin. BS-lajittelussa mitataan kappaleen heikoimman kohdan oksasuhde KAR (=knot area ratio), jolla tarkoitetaan tietyn poikkileikkauksen kaikkien oksien projisoitujen poikkileikkauspinta-alojen suhdetta kappaleen poikkileikkauspinta-alaan. Oksasuhde kuvaa poikkileikkauksen oksien kokoa ja lujuusvaikutusta. Laadun määräytymisessä on merkitystä myös reunasuhteella, jolla tarkoitetaan reuna-alueen oksien projisoitujen poikkipinta-alojen suhdetta reuna-alueen pinta-alaan. Reuna-alueella tarkoitetaan sahatavaran syrjiin liittyviä alueita, jotka ovat $\frac{1}{4}$ poikkipinta-alasta. Reunasuhde kuvaa kappaleen reunoissa esiintyvien oksien kokoa ja lujuusvaikutusta. Reunassa olevilla oksilla on erityisesti merkitystä kappaleen syrjän suuntaisessa taivutuksessa. Reuna- ja oksasuhteen on todettu korreloivan hyvin sahatavarakappaleen lujuuden kanssa. (3, 156–159.)

Taulukko 2. BS 4978-lajittelun tiivistetyt ohjeet (4.)

Ominaisuuden nimi	Ominaisuuden suurin sallittu määrä	
	SS	GS
Oksat Reunasuhde ehto: RS = 1/2 RS > 1/2	Oksasuhde (OS) = 1/3 Oksasuhde (OS) = 1/5	Oksasuhde (OS) = 1/2 Oksasuhde (OS) = 1/3
Vinosyisyys	1:10	1:6
Vuosirengasväli	6 mm	10 mm
Halkeamat ei läpi halkeama läpi halkeama	alle puolet pituudesta (< L/2) kaksi kertaa leveys (= 2 x b)	ei rajoituksia alle 600 mm jokaisella juoksumetrillä
Vajaasärmä Muotoviat 2 m:n matkalla lape vääryys syrjä vääryys kierous koveruus	syrjällä 1/3 paksuudesta (t), lappeella 1/3 x leveydestä (b)	
	10 mm	20 mm
	8 mm	12 mm
	1 mm 25 mm:n matkalla	2 mm 25 mm:n matkalla
	Sallitaan	
Pihkakolot, rosot ei läpi menevä läpi menevä	Pituus = b Pituus = b / 2	
Toukanreikiä	Sallitaan vähän, ei kuitenkaan puupistiäisen reikiä	
Pintasininen	Ei sallita	
Tukkinainen	Ei sallita	
Lahot	Ei sallita	
Poikkisyisyys	Ei sallita	
Kuori	Ei sallita	
Epänormaalit viat	Ei sallita, ellei lujouden aleneminen ole pienempi kuin muiden vikojen aiheuttama aleneminen	

t = sahatavaran paksuus, b = sahatavaran leveys, L = sahatavaran pituus

3.2.4 Eurooppalainen järjestelmä

Standardi EN 338 määrittelee havupuulle lujuusluokat C40, C35, C30, C27, C24, C22, C18, C16 ja C14 sekä lujuusluokkien ominaislujuudet, -jäykkyydet ja -tiheydet. Luokkien lukuarvot viittaavat kunkin luokan ominaistavutuslujuuteen. Luokalla C40 on korkeimmat lujuusarvot ja C14 huonoimmat. (3, 159.)

Euroopassa on useita erilaisia lujuuslajitteluohjeita, jotka koskevat eri puulajeja/puulajiryhmiä ja jotka ottavat huomioon maantieteellisen alkuperän, erilaiset kokovaatimukset ja erilaisten käyttökohteiden vaatimukset, käytettävissä olevan materiaalin laadun ja historialliset perinteet. Tämän vuoksi ei yhtä eurooppalaista lujuuslajitteluohjetta ole voitu laatia. Niinpä on laadittu standardi SFS-EN 518, joka määrittelee ne vaatimukset, joiden mukaan visuaalinen lujuuslajitteluohje tai –standardi on laadittava (kuva 2). (3, 160.)



Kuva 2. Standardin mukaan leimattu sahatavarakappale (7.)

4 LIIMAPUU

4.1 Liimapuu rakennusmateriaalina

Liimapuulla tarkoitetaan laudoista tai lankuista yhteenliimattua rakenne-elementtiä, jossa syyn suunta on elementin pituussuunnassa ja liimapuusaumat ovat samansuuntaiset kuin poikkileikkauksen leveysuunta (joka yleensä on pienempi sivu). (5, 11) Liimapuulla on monia muilta rakennusmateriaaleilta puuttuvia hyviä ominaisuuksia. Lisäksi liimapuu optimoi puumateriaalin hyvät ominaisuudet.

Rakennusteknisille mahdollisuuksille se ei aseta rajoja. Se on uusiutuva rakennusmateriaali. Materiaalin käytön tehokkuus on erittäin korkea. Lamellit sormijatketaan antaen rajattoman pituuden ja liimataan toisiinsa halutun poikkileikkausdimension aikaansaamiseksi. Tällä tavoin on mahdollista valmistaa erittäin suuria rakennusosia. Liimapuun avulla voi rakennuttaja, suunnittelija tai rakentaja hyödyntää suurien puuelementtien vahvuutta ja monipuolisuutta. (5, 8.)

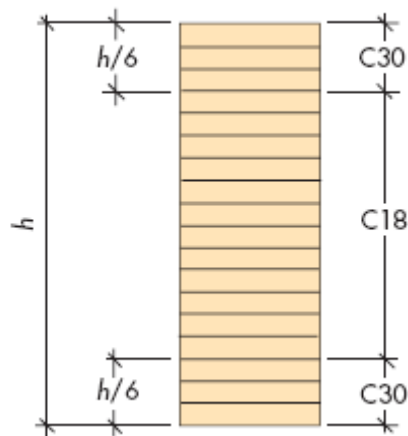
Liimapuulla on paremmat lujuus- ja jäykkyysominaisuudet kuin samankokoisella sahatavarakappaleella. Suhteessa omaan painoonsa liimapuu on terästä vahvempaa. Tämä tarkoittaa sitä, että liimapuulla on mahdollista päästä pitkiin jänneväleihin ilman välitukia. Se tarkoittaa myös sitä, että arkkitehdeillä ja rakennesuunnittelijoilla on käytännössä rajoittamattomat mahdollisuudet rakenteiden suunnitteluun liimapuusta, oli sitten kyseessä pientalon rakenne, tavaratalon katto tai maantiesilta. Jos lähtökohdaksi asetetaan hyvin hoidetun raaka-aineresurssin optimoitu hyödyntäminen, liimapuu on yksi parhaimmista tuotteista. Se on rakennusmateriaali, jota valmistetaan tyydyttämään erittäin korkeita rakenteellisen vaatimustason tarpeita. (5, 8.)

Ensimmäinen liimapuupatentti myönnettiin Saksassa noin vuonna 1900. Toinen saksalainen patentti vuodelta 1906 (Hetzer Binder) oli varsinainen modernin liimapuuvalmistuksen käynnistysajankohta. Ruotsin ensimmäisiä liimapuukonstruktioita ovat rautatieasemien odotushallit Tukholmassa, Göteborgissa ja Malmössä. Ne rakennettiin 1920-luvulla. Suomen ensimmäiset liimapuurakenteet olivat sotakorvaustoimituksiin kuuluvien puulaivojen runkorakenteita. (5, 8–9.)

Suurin osa Pohjoismaissa myytävästä liimapuusta käytetään talonrakentamiseen, varsinkin teollisuus- ja varastorakennuksiin, kouluihin, päiväkoteihin, liike- ja urheilurakennuksiin sekä asuntoihin. Näihin käytetään yhteensä noin 75 prosenttia liimapuusta. Liimapuu on kuitenkin hyvin käyttökelpoinen materiaali, jota on sovellettu mitä erilaisimpiin tarkoituksiin: muotti- ja telinerakenteista leikkipaikkarakenteisiin, venemastoista siltarakenteisiin, parkkitaloihin, hyppyrimäkiin ja voimajohtopylväisiin. (5, 9.)

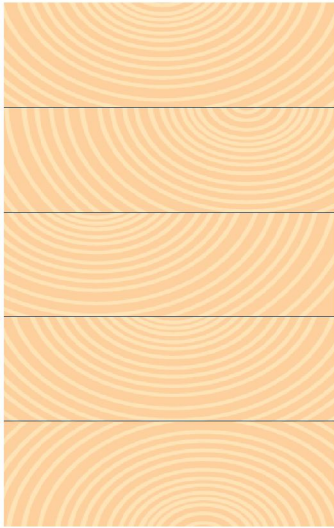
4.2 Lamellien laatuvaatimukset

Puutavara toimitetaan kuivattuna ja lujuuslajiteltuna liimapuutehtaalle yleensä suoraan sahalta. Yhteenliimattavan lamellipuutavaran kosteussisältö saa olla 8–15 prosenttia. Liittyvissä lamelleissa kosteus voi poiketa korkeintaan 4 prosenttia. Liimasauman lujuus on tällöin parempi ja kosteus riittävän lähellä tasapainoarvoa valmiissa rakenteessa, jotta halkeamamuodostus ei olisi häiritsevää. Puun tiettyä halkeamamuodostusta ei voi välttää. Sillä ei yleensä ole mitään vaikutusta rakenteen kantokykyyn. Liimapuupoikkileikkaus voidaan valmistaa lamelleista, joilla on suurin piirtein sama lujuus. Tällöin kyseessä on homogeeninen liimapuu. Jotta puutavaran lujuutta voidaan hyödyntää paremmin, on syytä käyttää hyvälaatuista puutavaraa poikkileikkauksen uloimmilla sivuilla, joissa jännitykset normaalisti ovat suurimmat (kuva 3). Valmistuspaikalla tarvitaankin samanaikaisesti tilaa ainakin kahden erilaisen puutavaran lujuusluokan varastointia varten.



Kuva 3. Yhdistetyn liimapuupoikkileikkauksen valmistus (5, 12.)

Sormijatkoksessa puutavara yhdistetään lamelleiksi. Lamellit katkaistaan halutun pituisiksi ja pinotaan päällekkäin. Yhdistetyssä liimapuussa otetaan siten huomioon ulko- ja sisälamellien sisäinen järjestys. Sisäisten jännitysten vähentämiseksi lamellit käännetään siten, että sydänlape on aina samaan suuntaan koko poikkileikkauksessa. Ulkolamellien sydänlapeet käännetään pääsääntöisesti ulospäin (kuva 4).



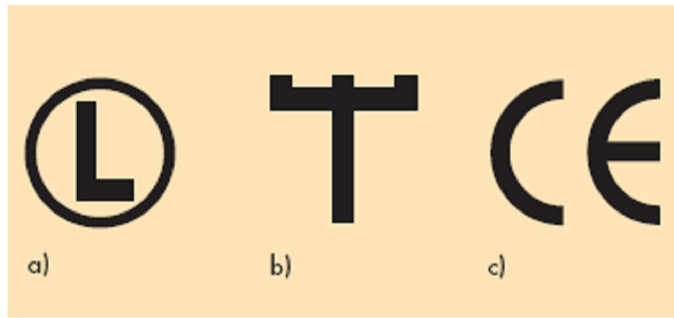
Kuva 4. Lamellien sydänlappeiden suunta

Yrityksen oma laadunvalvoja valvoo, dokumentoi ja kirjaa sellaiset olosuhteet, joilla on merkitystä tuotteen laadulle: muun muassa lamellipuutavaran kosteus, lämpötila ja hallin ilmankosteus, liimauksen aloittaminen ja lopettaminen.

Myös sormijatkosten ja liimasaumojen lujuutta ja laatua valvotaan jatkuvasti. Sisäistä tarkastusta valvoo viranomaisten hyväksymä valvoja. (5, 12.)

4.3 Liimapuun laatuvaatimukset

Liimapuun valmistus vaatii suurta tarkkuutta esimerkiksi sormijatkosten jyrkimisessä, liiman valmistuksessa ja levityksessä sekä puristuspaineen asettamisessa ja puristusajan mittauksessa. Jotta laatu pysyisi tasaisena ja korkeana, valmistajalla pitää olla dokumentoitu laadunvarmistusjärjestelmä ja jatkuva sisäinen laadunvalvonta, joka sisältää muun muassa säännöllisiä näytteidenottoja liimasaumojen lujuuden ja pysyvyyden varmistamiseksi. Valmistuksessa kontrolloitu liimapuu merkitään pohjoismaissa L-merkillä (kuva 4). Liimapuuta, jossa on vähemmän kuin neljä lamellia ja joka muuten valmistetaan ja kontrolloidaan L-puun säännösten mukaisesti, nimitetään liimatuksi rakennepuutavaraksi. (5, 15.)



Kuva 4. L-merkki, Boverketin haarukkamerkki ja CE-merkki.

L-merkkiä (a) käyttävät liimapuuvalmistajat osoittaakseen, että tuote on valmistuksessa kontrolloitu ja hyväksytty. Ruotsissa vaaditaan lisäksi Boverketin haarukkamerkki (b). Tulevaisuudessa merkintä voidaan korvata tai täydentää CE-merkillä (c).

Liimapuu, joka valmistetaan kansallisten tai eurooppalaisten normien mukaisesti, kuuluu tiettyihin lujuusluokkiin. Lujuusluokitus määritellään poikkileikkauksessa käytetyn puutavaran lujuuden ja sijainnin mukaan. Eri lujuusluokkien lujuus- ja jäykkyysarvot määritellään kyseessä olevassa normissa. Pohjoismainen liimapuu valmistetaan yleensä lujuusluokkaan L40. Eurocode 5 esinormin (ENV 1995) kansallisen sovellosohjeen mukaan lujuusluokan L40 katsotaan Suomessa vastaavan lujuusluokkaa GL32. Liimapuuta, joka valmistetaan normien määräyksistä poikkeavalla tavalla (esimerkiksi eri poikkileikkauksella), saadaan käyttää kantavana rakenteena vain jos se on tyyppihyväksytty. (5, 15.)

Liimapuulla on pääasiassa samat ominaisuudet kuin tavallisella rakennepuutavaramateriaalilla:

- lujuus vaihtelee jännitys- ja syysuunnan kulmasta riippuen (anisotropia)
- lujuus heikentyy kosteuden kasvaessa
- lujuus heikentyy kuormitusajan kasvaessa
- materiaaliominaisuuksien suuri vaihtelu sekä samassa elementissä että eri elementtien välillä (heterogeeninen) (5, 15.)

Verrattuna vastaavaan rakennepuutavaramateriaalista tehtyyn elementtiin liimapuuelementillä on keskimäärin korkeampi lujuus ja pienempi lujuushajonta. (5, 13.)

Liimapuu on ensi sijassa rakennemateriaali, jonka tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus, jäykkyys ja kestävyys. Liimapuuelementillä ei yleensä ole puusepäntuotteilta

ja huonekaluilta vaadittavaa puutavaralaatua ja viimeistelypintaa. Useimmiten vakiotuotteet kuitenkin täyttävät normaalit ulkonäkövaatimukset, jos niitä käsitellään huolellisesti kuljetuksessa ja asennuksessa. Käytännöllisistä ja esteettisistä syistä kaikki neljä sivua höylätään ennen toimitusta. Asiakkaan vaatimukset tuotteen ulkonäöstä ratkaisevat sen, kuinka paljon höylätään. Suomessa valmiin liimapuuelementin pinnat jaetaan karkeahöylättyihin, höylättyihin, puhtaaksi höylättyihin kunnostamattomiin sekä puhtaaksi höylättyihin kunnostettuihin pintoihin. Karkeahöylätty liimapuu voi sisältää työstämättömiä kohtia ja liimatahroja, kun taas puhtaaksi höylätty kunnostettu pinta on ulkonäöltään erittäin laadukas. (5, 15–19.)

Liimapuu voidaan pintakäsitellä samoin kuin tavallinen puutavara, esimerkiksi kuultokäsittelyllä, peittomaalauksella tai lakkauksella. Lisäksi liimapuu voidaan lahosuojata kyllästämällä lamellit ennen liimausta. Liimapuuta voidaan myös kyllästyä liimauksen jälkeen, mutta kyllästyslaitoksen mitat rajoittavat elementin kokoa. Kyllästys voidaan toteuttaa vain männyllä.

Liimapuuelementit toimitetaan tavallisesti muovikalvoon tai paperiin pakattuna yksittäin tai niputettuna. Näkyväksi jäävät liimapuuelementit suojataan näin sateelta sekä kuljetus-, varastointi- ja asennusaikaiselta likaantumiselta. Liimapuuelementit voidaan tarvittaessa toimittaa kulmasuojauksin kuljetus- ja asennusvahinkojen vähentämiseksi. (5, 22.)

5 LUXSCAN-SKANNERIN TOIMINTA

Raaka-aine lujuuslajitellaan Dynagraden koputtavalla lujuuslajittelukoneella ja raakahöylätään ennen Havesa Components Oy:n liimapalkkitehtaalle toimittamista. Sahatavara lajitellaan tehtaalla vielä ennen liimausta. Liimapuutehtaalla raaka-aineen laaduttamisen tekee Luxscan-skanneri. Skanneri voi laaduttaa sahatavarakappaleita 150 metrin minuuttivauhtia.

Sahatavarakappale kulkee skannerin läpi skannerin antaman syöttöluvan mukaan. Vikojen tunnistus synkronisoidaan kuljetinhinnan pulssianturilla, kun valokenno on tunnistanut kappaleen. Skanneri ottaa ja käsittelee yhden sivun kuvat reaaliajassa. Kappaleen viat tunnistetaan ja paikallistetaan. Optimointiohjelma optimoi katkaisumitat vikojen tunnistuksen ja asiakkaan tekemien määritysten perusteella.

Skanneri esim. ymmärtää liian kieron kappaleen optimoinnin katkaisemalla sen keskeltä jolloin kappale hyväksytään. Skanneri siirtää katkaisusahalle tiedot sahatavarakappaleen mitoista ja sahauskohdista. (6.)

Skanneri on mahdollista ohjelmoida näkemään mm. oksat (ehjät, mustat, irralliset, halkeilleet), pihkataskut, vajaasärmät, lahot, sinistymät, kierot ja alimittaiset. Jatkosalueen skanneri jättää tarpeeksi hyvälaatuisiksi. (6.)

6 MITTAUSTEN TOTEUTUS

6.1 Aikataulu

Mittaukset toteutettiin syys-, loka- ja marraskuussa 2009 Haminan Neuvottomassa Havesa Components Oy:n liimapalkkitehtaalla. Mittaukset tehtiin siten, että käyntejä tehtaalla tuli yhteensä 20 kpl.

6.2 Mittausmäärät

Yhteensä mitattavia sahatavaroita oli 2 300 kpl. Mitattavat dimensiot olivat 50 mm x 100 mm (sahatavaran paksuus mm x leveys mm), 36 mm x 100 mm sekä 45 mm x 130 mm. Tutkimuksessa mitattu sahatavara tuli Havesa Timber Oy:n Neuvottoman sahalta.

Sahatavara tuotiin liimapalkkitehtaalle sahauserissä. Tutkimuksessa pyrittiin käyttämään mahdollisimman montaa eri sahauserää kullakin dimensiolla. 50x100 (50 mm x 100 mm:n) sahatavaralla sahauseriä oli 6, 36x100 (36 mm x 100 mm:n) sahatavaralla 3 erää ja 45x130 (45 mm x 130 mm:n) sahatavaralla 4 erää.

Raaka-aine varastoidaan liimapalkkitehtaan varastoalueella niputtain. Yhdessä nipussa on 50x100:lla 200 sahatavarakappaletta, 36x100:lla 280 kpl ja 45x130:lla 175 kpl. 50x100:n ja 45x130:n sahatavaralla mitattavista nipuista mitattiin 50 sahatavarakappaletta. 36x100:n sahatavaralla mitattiin 100 sahatavarakappaletta/nippu. Näillä määrillä saatiin luotettava tulos nippujen laadusta.

50x100:n sahatavaralla kolmessa ensimmäisessä erässä jokaisessa oli 4 mitattavaa nippua, neljännessä erässä 2 nippua sekä viidennessä ja kuudennessa molemmissa 3 nippua. Yhteensä mitattavia sahatavarakappaleita 50x100:lla kertyi 1 000.

36x100:n sahatavaralla jokaisessa 3 erässä oli 2 nippua, joten mitattavia sahatavarakappaleita oli 600.

45x130:n sahatavaralla ensimmäisessä erässä oli 4 mitattavaa nippua, toisessa 2 nippua, kolmannessa 5 nippua ja neljännessä 3 nippua. Mitattavaa kertyi siis 700 kpl.

Mitattujen nippujen määrät eri sahauserissä olivat vaihtelevat. Tutkimus tehtiin tuotannon käydessä, joten aina ei ollut mahdollisuutta ehtiä joka erästä mitata samaa määrää. Mitattujen sahatavarakappaleiden määrä on kuitenkin hyvä mielekkään ja todenmukaisen tutkimustuloksen saamiseksi.

6.3 Mittaustapa

Mittaukset kestivät n. 2 ½ kuukautta. Tehtaalla mittauksia tehtiin 2–3 kertaa viikossa. Sahauserän saapuessa tehtaalle joka erästä siirrettiin tyhjälle varastopaikalle 2–5 nippua eroon muista sahauserän nipuista. Niput avattiin ja sahatavarakappaleet yksi kerrallaan mitattiin ja laadutettiin tarkasti. Mittausten jälkeen nippu sidottiin ja vietiin joko varastoon tai tuotantoon. Mittasin kappaleet yksin, ja tehtaan trukkikuski siirsi niput.

6.4 Laadutus

Jokainen mitattava sahatavarakappale laadutettiin joka sivulta. Mittauksista otettiin ylös sahatavarakappaleen kokonaispituus, tuotantoon kelpaamattoman sahatavaran pituus (hylky) sekä päävika, jonka perusteella hylkäys tapahtui. Mittauksissa toimittiin täsmälleen samalla tavalla kuin tehtaan tuotannossa laadutuksen tekevä skanneri.

Mittauksissa huomiottiin tuotannon laitteista johtuva pituusraja. Minimipituus tuotantoon kelpaavalle sahatavarakappaleelle on 90 cm. Joten esim. mittauksissa ei alle 90 cm kappaleita hyväksytty vaan ne merkittiin hylkyyn.

Vikaisuuksista ei kirjattu muistiin kuin päävika. Esim. jos toisessa päässä on 10 cm vajaasärmää ja toisessa 40 cm alimittaa niin muistiin kirjattiin vain alimitta. Kuitenkin hylkyyn kirjattiin meneväksi 50 cm. Tämä helpotti tulosten kirjaamista ja vertailua. Tutkimuksen tarkoituksena on kuitenkin saada selville suurimmat viat ja sahatavaran yleislaatu.

6.5 Viat

Sahatavaran laadutuksessa hylkäyksen perusteeksi etsittiin eri vikaisuuksia. Tehtaan tuotantopäällikkö Toni Keskitalo kertoi tutkimusta varten tarkasti hylkäykseen johtavat viat ja niiden raja-arvot:

- **Vajaasärmäksi** nimitetään sitä osaa sahatavaran pinnasta, jota sahanterä ei ole koskettanut (kuva 5). (9, 54.) Vajaasärmää sallitaan alimitan raja-arvoon asti.



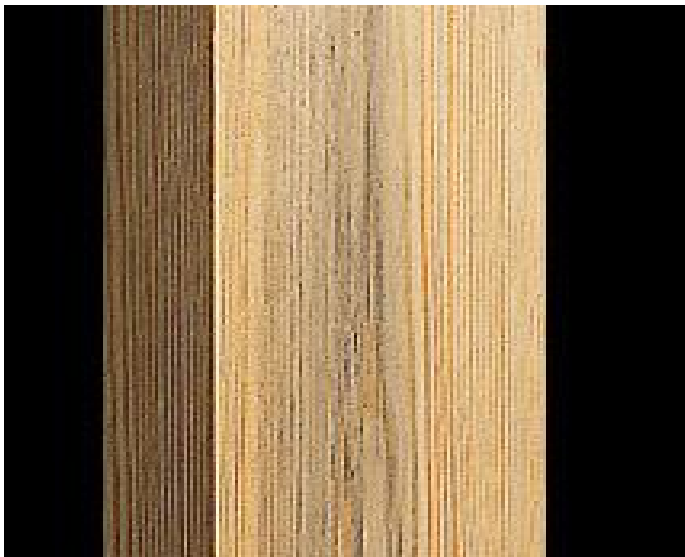
Kuva 5. Vajaasärmää

- **Alimittaisuus** on vika kappaleen paksuuden tai leveyden mitan alittaessa raja-arvo. Raja-arvo on 2 mm alempi kuin kappaleen nimellimitat. Esim. 50x100 sahatavaralla raja-arvot ovat 48 mm ja 98 mm.
- **Oksavika** syntyy kun sahatavaran lappeella tai syrjällä on joko mustaoksa, poikaoksa tai laho-oksa (kuva 6). Terveet oksat sallittiin suurinakin.



Kuva 6. Oksavikaa

- **Kierous** on kappaleen kierremäinen poikkeama tasosta. Kierous saadaan liimapuutuotannossa yleensä katkaisemalla pois, mutta erittäin kierot kappaleet pitää hylätä.
- **Sinistymä** on kappaleen sinertävä värinmuutos sahatavaran pinnalla, joka oli hylkäykseen johtava vika (kuva 7).



Kuva 7. Sinistymää

- **Laho** on sienten ja bakteerien aiheuttama puun hajoaminen. Laho sisältävät kappaleet laadutettiin hylkyyn.

- Jos **sormijatkosalueella** on **oksa**, jonka leveys on yli 6mm tai **syyhäiriöitä**, kappaleen päästä laadutettiin hylkyyn se pituus, jonka katkaisun jälkeen kappaleen pää on sormijatkamiseen sopiva. Sormijatkosalue on 100 mm kappaleen päistä.
- **Kuivumis-, sydän- ja rengashalkeama** laadutettiin hylkyyn.
- Trukin käsittelyssä tai tuotannon koneista syntyneet **käsittelyvirheet** laadutettiin hylkyyn.
- **Hyönteisvauriot** ovat puuta syövien hyönteisten puuhun tekemiä koloja tai pistoja. (9, 60.) Liimapuun raaka-aineeksi hyönteisvaurioita sisältävä puu ei kelpaa.
- **Lyly** on puuhun muodostunut muusta puuaineesta poikkeava syykokoomus. Lylyn takia puun lujuus kärsii, joten lylyä sisältämä puuaines merkittiin hylkyyn.
- **Pihkakolo** laadutettiin hylkyyn, jos se oli suuri.

Sahatavaran kosteusprosenttia ei työssä mitattu, koska raaka-aineen lujuuslajittelun yhteydessä on kosteusmittaus. Raaka-aine on siten kosteudeltaan tasalaatuista liimapalkkitehtaalle tullessaan.

7 TULOKSET JA PÄÄTELMÄT

7.1 Hukka

Hukkaprosentti on hylkyyn menevän sahatavaran määrä verrattuna sahatavaran kokonaismäärään. Se lasketaan jakamalla hylkyyn menevän sahatavaran metrimäärä sahatavaran kokonaismetrimäärällä.

7.1.1 Sahatavaran hukka dimensiossa 50 mm x 100 mm

Taulukossa 3 on saadut hukkaprosentit taulukoitu erittäin, taulukossa 4 kokonaishylkyprosentti. Tulosten perusteella voi päätellä, ettei merkittäviä eroja skannerin tuloksiin ole. Sahatavaran laatu oli mitattuna samankaltaista kuin skannerin antamat tulokset.

Taulukko 3. 50 mm x 100 mm:n sahatavaran hukkaprosentit erittäin

Erä	Skannerin hukka%	Mitattu hukka%
1	6,54	9,82
2	9,21	12,56
3	8,09	5,20
4	11,37	7,95
5	8,56	9,10
6	10,61	7,51

Taulukko 4. 50 mm x 100 mm:n sahatavaran kokonaishukkaprosentti

Kokonaishukka%	
Skanneri	Mitattu
9,43	8,68

7.1.2 Sahatavaran hukka dimensiossa 36 mm x 100 mm

36 mm x 100 mm:n sahatavaralla mitattu laatu oli todella paljon huonompi kuin skannerin laaduttama laatu. Hukkaprosentit olivat lähes kaksi kertaa suurempia kuten taulukoista 5 ja 6 voi havaita.

Taulukko 5. 36 mm x 100 mm:n sahatavaran hukkaprosentit erittäin

Erä	Skannerin hukka%	Mitattu hukka%
1	14,47	26,36
2	12,11	22,09
3	11,07	18,07

Taulukko 6. 36 mm x 100 mm:n sahatavaran kokonaishukkaprosentti

Kokonaishukka%	
Skanneri	Mitattu
11,77	22,40

7.1.3 Sahatavaran hukka dimensiossa 45 mm x 130 mm

45 mm x 130 mm:n sahatavaralla mitattu laatu on suunnilleen sama kuin skannerin mittaama laatu. Kokonaishukkaprosentti on skannerin mittaamana vain noin puolitoista prosenttia suurempi, kuten taulukosta 8 voi havaita.

Taulukko 7. 45 mm x 130 mm:n sahatavaran hukkaprosentit erittäin

Erä	Skannerin hukka%	Mitattu hukka%
1	8,58	8,77
2	9,41	8,25
3	10,02	8,39
4	9,02	3,94

Taulukko 8. 45 mm x 130 mm:n sahatavaran kokonaishukkaprosentti

Kokonaishukka%	
Skanneri	Mitattu
9,06	7,51

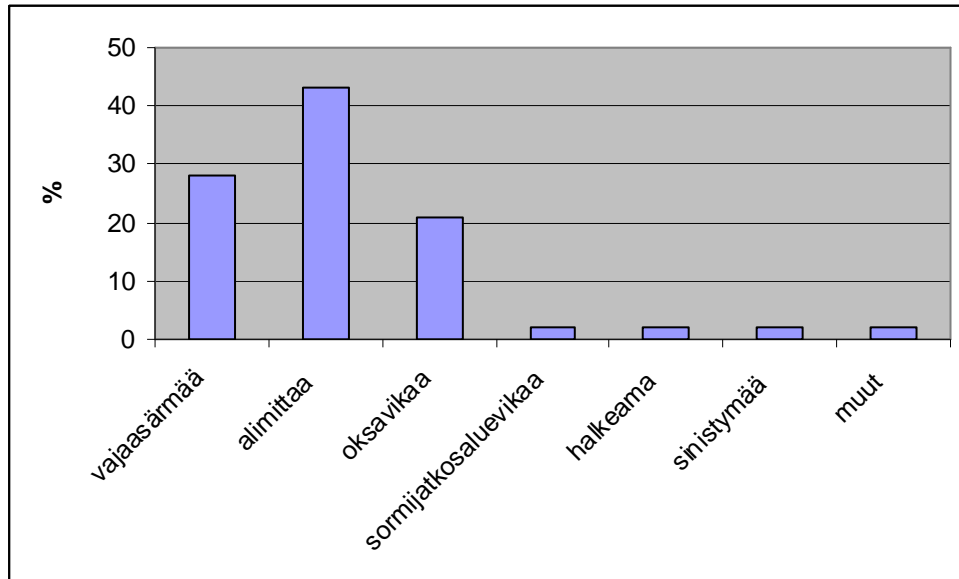
7.2 Sahatavaran katkonnan syyt

Toinen päätarkoitus tutkimuksen tekemiselle oli saada selville pääviat, mitä liimapalkkitehtaalle tulevassa raaka-aineessa oli. Syitä hylkyyn laaduttamiselle oli vajaasärmä, alimittia, oksavika, sormialueen vika, sinistymä, laho, pihkakolo, käsittelyvika, lyly, halkeama, kierous ja hyönteisten tekemä tuho.

7.2.1 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 50 mm x 100 mm

Taulukossa 9 on taulukoitu syyt, mitä mitatuissa 50 mm x 100 mm:n sahatavarassa esiintyi. Eniten oli alimittia, yli 40 % kaikista vioista. Toiseksi eniten vajaasärmää, 28 % ja kolmanneksi eniten oksavikaa, n. 20 %.

Taulukko 9. Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 50 mm x 100 mm



Alimittaa esiintyi eniten lähes joka erässä, kuten taulukosta 10 voi havaita. Vain erässä 5 ja 6 alimittaa ei esiintynyt kahden eniten esiintyneen vian joukossa.

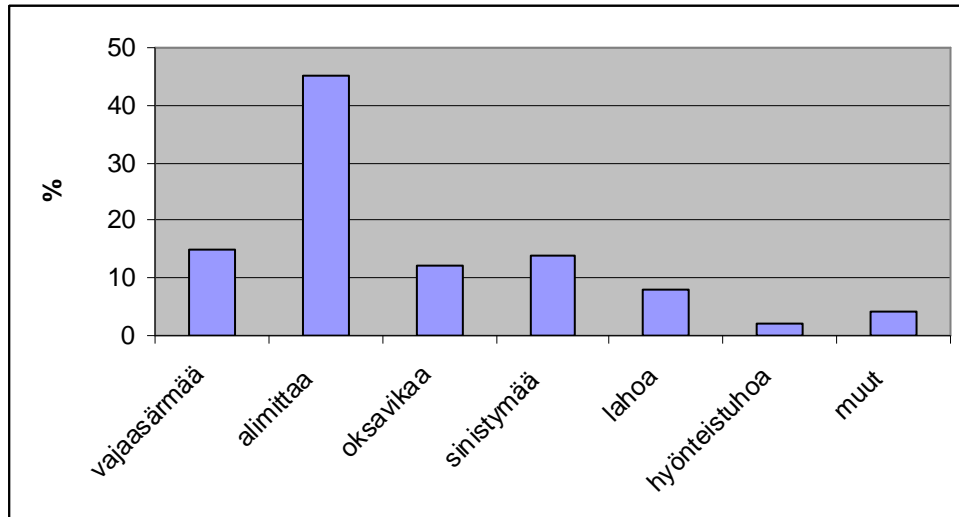
Taulukko 10. Kaksi eniten mitattua vikaa erittäin 50 mm x 100 mm:n sahatavaralla

Erä	1. vika	2. vika
1	alimittaa (66 %)	vajaasärmää (13 %)
2	alimittaa (43 %)	vajaasärmää (33 %)
3	alimittaa (53 %)	oksavikaa (23 %)
4	alimittaa (43 %)	vajaasärmää (38 %)
5	oksavikaa (38 %)	vajaasärmää (32 %)
6	oksavikaa (42 %)	vajaasärmää (35 %)

7.2.2 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 36 mm x 100 mm

Alimittaa oli 36 mm x 100 mm sahatavaran mittauksissakin ylivoimaisesti eniten esiintynyt vika. Sitä oli 45 % kaikista mitatuista vioista, kuten taulukosta 11 voi havaita. Eroa seuraavaan syntyi 30 %-yksikköä, sillä vajaasärmää oli 15 % kaikista mitatuista vioista. Kolmanneksi eniten oli sinistymää ja neljänneksi eniten oksavikaa.

Taulukko 11. Sahatavaran katkonnan syyt dimensiassa 36 mm x 100 mm



Taulukosta 12 voi havaita, että 36 mm x 100 mm sahatavaran ensimmäinen erä oli todella alamittaista, koska 86 % erästä mitatuista vioista oli alamittaa. Vaikka toisen ja kolmannen erän eniten esiintyvä vika oli sinistymä, alimitta oli koko 36 mm x 100 mm sahatavaran reilusti useimmin mitattu vika (taulukko 11).

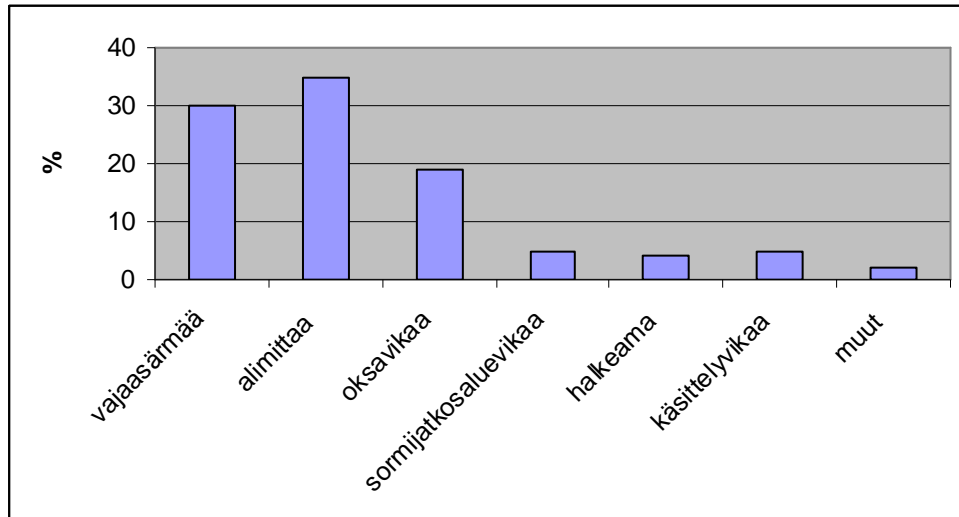
Taulukko 12. Kaksi eniten mitattua vikaa erittäin 36 mm x 100 mm sahatavaralla

Erä	1. vika	2. vika
1	alimitteä (86 %)	vajaasärmää (9 %)
2	sinistymää (27 %)	oksavikaa (22 %)
3	sinistymää (25 %)	lahoa (21 %)

7.2.3 Sahatavaran katkonnan syyt dimensiassa 45 mm x 130 mm

Myös 45 mm x 130 mm:n sahatavaralla eniten mitattu vika oli alimitta (taulukko 13). Vikojen esiintyvyys oli huomattavasti tasaisempi 45 mm x 130 mm:llä kuin muilla dimensioilla. Alimitteä oli 35 %, vajaasärmää 30 % ja oksavikaa 19 % kaikista mitatuista vioista.

Taulukko 13. Sahatavaran katkonnan syyt dimensiossa 45 mm x 130 mm



Erien välilläkin 45 mm x 130 mm:n sahatavaran mittaustulokset olivat tasaiset, kuten taulukosta 14 näkee. Eniten mitatut viat alimittaa ja vajaasärmää olivat kaksi eniten mitattua vikaa joka erässä.

Taulukko 14. Kaksi eniten mitattua vikaa erittäin 45 mm x 130 mm sahatavaralla

Erä	1. vika	2. vika
1	alimittaa (39 %)	vajaasärmää (25 %)
2	vajaasärmää (41 %)	alimittaa (25 %)
3	alimittaa (35 %)	vajaasärmää (30 %)
4	alimittaa (24 %)	vajaasärmää (22 %)

7.3 Päätelmät

7.3.1 Sahatavaran laatu dimensiossa 50 mm x 100 mm

50 mm x 100 mm sahatavaran laatu oli hyvää. Mitattu hukkaprosentti jäi hieman pienemmäksi kuin skannerin laaduttamana. Erien välillä ei suuria eroja hukan määrässä ollut.

Mitatuista vioista eniten oli alimittaa, noin 40 %. Toiseksi eniten mitattiin vajaasärmää ja kolmanneksi eniten oksavikaa. Näiden kolmen eniten mitatun vian jälkeen muita vikoja oli vain satunnaisesti.

7.3.2 Sahatavaran laatu dimensiossa 36 mm x 100 mm

36 mm x 100 mm:n sahatavaran laatu oli tutkimuksen mukaan erittäin huonoa. Hukkaprosentti oli lähes kaksi kertaa suurempi kuin skannerin mittaamana. Erien välillä tämä tulos toistui lähes symmetrisesti.

Ensimmäisen erän mitatuista vioista alimittaa esiintyi yli 80 % kaikista mitatuista vioista. Tämä tulos voi johtua vain sahaus-, höyläys- tai kuivausvirheestä sahatavaran alkujalostusvaiheessa. Muissa erissä alimittaa esiintyi vähän.

Kolmannen erän vioista kaksi eniten esiintynyttä oli sinistymä ja laho. Niinpä voi päätellä, että kolmannen erän puutavara oli osin pilaantunutta. Joko sahalle tulleet tukit olivat pilaantuneita tai sahatavaraa oli varastoitu kosteassa tilassa liian pitkään sahauksen tai höyläyksen jälkeen. Joissain mittauskappaleissa havaitut hyönteistuhot puoltavat ensimmäistä vaihtoehtoa.

7.3.3 Sahatavaran laatu dimensiossa 45 mm x 130 mm

45 mm x 130 mm:n sahatavaran mitattu laatu oli hyvää. Kokonaishukkaprosentti oli reilusti alempi kuin skannerin mittaamana. Erän 4 hukkaprosentti oli yli puolet pienempi kuin skannerin ilmoittama tulos.

45 mm x 130 mm:n sahatavarasta löytyneet viat olivat jakaantuneet tasaisemmin kuin muiden dimensioiden mittauksissa. Alimittaa oli eniten tässäkin dimensiossa, mutta ero muihin vikoihin oli pienempi. Kun 50 mm x 100 mm:n sahatavaralla alimitan ja vajasärmän ero oli n. 15 %-yksikköä ja 36 mm x 100 mm:n sahatavaralla n. 30 %-yksikköä, niin 45 mm x 130 mm:n sahatavaralla ero oli 5 %-yksikköä. Alimitta, vajasärämä ja oksavika olivat 45 mm x 130 mm:n sahatavarassa huomattavasti muita vikoja enemmän esiintyneet viat.

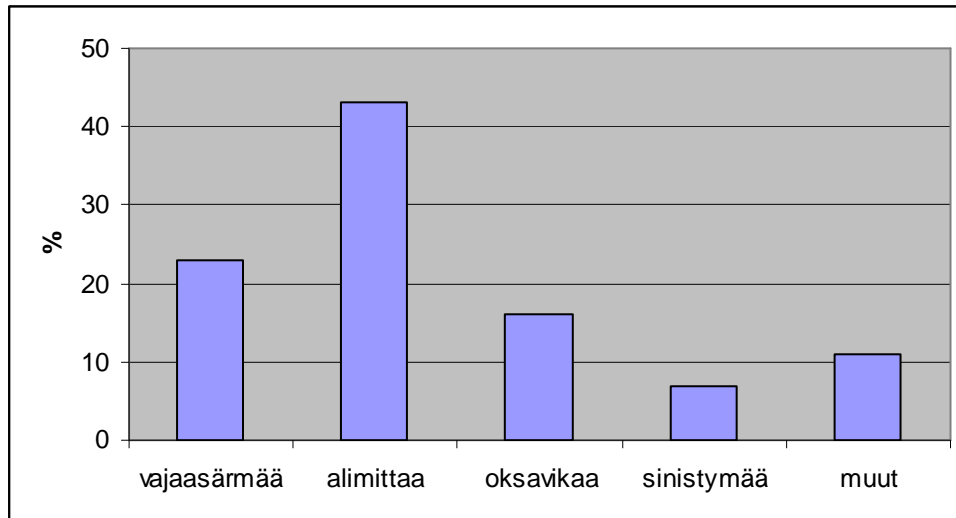
7.3.4 Yleislaatu

Liimapalkkitehtaalla kokonaishukkaprosentti syksyn (elokuu-marraskuu) ajalta oli kaikissa kolmessa työssä käytettävässä dimensiossa **9,93 %**. Tutkimusta varten mitatut kaikki 2 300 mittauskappaletta antoivat tuloksena kokonaishukkaprosentin

11,33 %. Mitattu laatu vastaa tehtaan skannerin mittaamaa laatua. Vain 36 mm x 100 mm:n sahatavaralla mitatut kaksi kertaa suuremmat hukkaprosentit verrattuna skannerin mittattuihin hukkaprosentteihin erosivat suuresti toisistaan.

Kaikkien mitattujen 2 300 sahatavarakappaleen katkonnan syyt on taulukoitu taulukossa 15. Alimittaa on reilusti eniten, yli 40 % mitatuista vioista.

Taulukko 15. Kaikkien mitattujen sahatavarakappaleiden katkonnan syyt



Tutkimukseen annetut alimitan rajat olivat 2 mm alle sahatavaradimension (esim. 48 mm x 98 mm). Sahatavara oli raakahöylätty ennen liimapalkkitehtaalte tuloa. Mittaukset tehtiin tarkasti digitaalisella työntömitalla. Jo 0,2 mm alimittarajan alitukset johtivat puutavaran hylkyyn kirjaamiseen. Tuloksista voi päätellä, että raaka-aine on ehdottomasti liian alimittaista. Joko informaatio liimapalkkitehtaan ja höylän kanssa sallituista mittarajoista ei kulje ja höylä tekee alimittaista raaka-ainetta tietämättään tai laaduntarkkailu ja mittauksen tekeminen höylällä on huolimaton. Huomionarvoista on myös, että suurin osa mitatuista alimitoista oli n. 10-40 cm matkalla mitatun kappaleen jommassa kummassa päässä. Se viittaisi höyläkoneesta tulevaan virheeseen.

Myös suurta vajaasärmää oli paljon, yli 20 % kaikista vioista. Joissain mitatuissa nipuissa oli valtavasti pitkä, yli puolen metrin pituista isoa vajaasärmää. Sahatavara on kulkenut koneellisen lujuslajittelun läpi, jossa on myös visuaalista lajittelua tekevä työntekijä. Vajaasärmät pitäisi liimapalkiksi tehtävästä raaka-aineesta saada ehdottomasti pois.

Isoja mustia oksia, poikaoksia tai laho-oksia oli kappaleissa jonkinverran, jotka nekin on varmasti otettavissa pois visuaalista tarkkailua lisäämällä raaka-aineen lajittelun yhteydessä. Myös lujuuslajittelua tekevän koneen säädöt kannattaa tarkastaa jotta isoja lujuutta heikentäviä vikaoksia sisältävä sahatavara ei raaka-aineeksi asti pääsisi.

Muiden vikojen osalta voi nostaa 36 mm x 100 mm raaka-aineen kolmannen erän, joka oli ainakin osaltaan pilaantunutta. Lahoja ja sinistymää oli paljon. Raaka-aine oli luultavasti valmistettu pilaantuneista tukeista, koska erässä oli myös hyönteisten tekemää tuhoa. Lahoja sisältävä raaka-aine ei missään nimessä saisi päästä läpi lujuuslajittelusta.

Taulukko 16 osoittaa mielenkiintoisen huomion niiden kappaleiden määrästä, joissa ei havaittu yhtään vikaa verrattuna kaikkiin kappaleisiin. 50 mm x 100 mm:n sahatavaralla, joka oli laadultaan hyvää verrattuna 36 mm x 100 mm:n sahatavaraan, onkin vähiten täysin hyvälaatuisia kappaleita. Tämä johtuu siitä, että 50 mm x 100 mm:n sahatavarassa oli paljon päistään vähän alimittaisia tai muita pikkuvikaisia kappaleita eikä täysin viattomia ollut paljon. 36 mm x 100 mm:n sahatavaralla vikaa oli paljon mutta viat olivat keskittyneet vähempään kappalemäärään.

Taulukko 16. Täysin hyvälaatuisten kappaleiden määrä

Dimensio	Viattomat kappaleet
50 mm x 100 mm	19,2 %
36 mm x 100 mm	30,2 %
45 mm x 130 mm	37,9 %

Täysin hyvälaatuisia kappaleita 2300 mittauskappaleesta oli **638 kappaletta**. Laatuaparantavia keinoja voisi olla höyläkoneen säätöjen tarkastaminen, lujuuslajittelukoneen säätöjen tarkastaminen, visuaalisen laaduntarkkailun lisääminen koko valmistusprosessin ajalta tukkilajittelusta höylään, raaka-aineen varastointi suojatuissa tiloissa sekä tiedonkulun parantaminen sahan ja liimapuutehtaan välillä.

8 YHTEENVETO

Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää liimapalkkitehtaalte tulevan raaka-aineen laatu. Tutkimus tehtiin tutkimalla tarkasti sahatavarakappale kappaleelta yhteensä 2 300 kappaleesta. Kappalemäärä on uskottava tutkimuksen tekemiselle, ja tuloksista

saa oikean kuvan raaka-aineen laadusta. Tutkimus tehtiin kolmesta eri dimensiosta, 50 mm x 100mm, 36 mm x 100 mm sekä 45 mm x 130 mm. Sahatavarakappaleista tutkittiin vikojen perusteella syntyvän hukan määrä ja kirjattiin ylös syyt sahatavaroiden katkomiselle. Hukan määrää verrattiin tehtaalla laaduttavan skannerin antamiin tuloksiin.

Hukan määrä oli suunnilleen sama kuin skannerin antamat tulokset. Vain 36 mm x 100 mm:n sahatavaralla hukka oli mittausten perusteella huomattavasti suurempi kuin skannerin antamilla tuloksilla. Katkontaan johtavista syistä alimittaa esiintyi eniten. Myös vajaasärmää ja oksavikaa oli paljon. Tulokset todentavat raaka-aineen laadun. Laatu oli vaihtelevaa ja joiltain osin täysin kelpaamatonta liimapuun raaka-aineeksi.

Tutkimuksen tietoja kannattaa käyttää apuna toimissa liimapalkkitehtaan raaka-aineen parantamiseksi. Työn tulokset kertovat mitä vikaa kappaleissa oli eniten. Tietojen avulla on helpompaa etsiä kohteita, missä raaka-aineen laatua kannattaa yrittää parantaa.

LÄHTEET

1. Keskitalo, T. Suullinen haastattelu 9.9.2009. Neuvoton; Havesa Components Oy.
2. Havesa. 1.11.2009. Internet-sivut <http://www.havesa.fi>.
3. Sipi, M. 2002. Sahatavaratuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
4. Kärkkäinen, J. Sahatavaran lujuuslajittelu. Opintomoniste: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
5. Carling, Olle. 2002. Liimapuu käsikirja. Print & Media Center i Sundsvall AB.
6. Lappalainen, M. Suullinen haastattelu 16.9.2009. Neuvoton; Havesa Components Oy.
7. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. 1.11.2009. Internet-sivut http://kuvat.kyamk.fi/tiedotus/CE_sahatavara/.
8. Kärkkäinen J. 2007. Liimapuukannatteiden valmistus ja laadunvalvonta. Opintomoniste: Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
9. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. 1994. Pohjoismainen sahatavara. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.