

Mikko Turunen

VÄLIVIILUN VAIKUTUS
OHUTVIILUVANERIN LAATUUN

Opinnäytetyö
Puutekniikka


Toukokuu 2009




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 27.4.2009
Tekijä(t) Mikko Turunen		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Puutekniikka
Nimeke Väliwiilun vaikutus ohutwiiluvanerin laatuun		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tutkii ohutwiiluvaneria ja kuinka väliwiilun laatu vaikuttaa valmiin ohutwiiluvanerin laatuun. Työssä selvitetään voisiko Vilkon Oy hyödyntää huonolaatuista väliwiilua paremmin, kuin mitä tähän asti on hyödynnetty.</p> <p>Työ suoritettiin valmistamalla vaneria väliwiilun eri laaduilla ja mittaamalla vanerin lujuuksia vetokokeilla. Valmiin vanerin pintalaatu tutkittiin silmämääräisesti. Näistä tuloksista on tehty raportti tässä opinnäytetyössä vertaamalla vetokokeista saatuja tuloksia väliwiiluista otettuihin kuviin.</p> <p>Tuloksista selviää, että huonolaatuisen väliwiilun käyttö ohutwiiluvanerin valmistuksessa voisi olla mahdollista tietyissä käyttökohteissa, joissa ei vaadita hyviä lujuusominaisuuksia. Myös kohteissa, joissa vanerin pinta jää piiloon, käyttö voisi olla mahdollista.</p> <p>Saadut tulokset ovat hyödyllisiä Vilkon Oy:lle sen suunnitellessa uusia tuotteita. Saatujen tulosten perusteella yritys saa kuvan millaista vaneria voisi olla mahdollista valmistaa heikkolaatuisesta väliwiilusta ja tuotekehitys voi siirtyä seuraavalle tasolle.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Koivuvaneri, ohutwiiluvaneri, wiilu, vaneri		
Sivumäärä 39 s. + liitteet 7 s.	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn200927048
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Ismo Kivistö		Opinnäytetyön toimeksiantaja Vilkon oy Miikka Lehtinen

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 27.4.2009
Author(s) Mikko Turunen	Degree programme and option Wood engineering	
Name of the bachelor's thesis Effect of the inner ply on the quality of thin plywood		
Abstract The purpose of this final thesis was to find out how inner ply's quality affects the quality of the final product. This thesis is made for Vilkon Oy who wanted to know if they could use lower quality plies in their manufacturing, which they don't do at the moment. The study was done by making plywood from lower quality plies of different degrees. Then the plywood was put to tensile strength tests. The results were combined with photos of the inner plies to make analyses. The Tests tell us that using lower quality inner plies is possible in some cases. If the final use doesn't require high strength of the plywood, then it is possible to use them. Also in some cases, if the plywood is concealed, and outer quality is not important, these plywoods could be used. The results of this thesis are useful for Vilkon Oy when they start developing their products further. It gives them better picture how the outcome would look like and planning is made easier because of the tests.		
Subject headings, (keywords) Birch plywood, thin plywood, veneer, plywood		
Pages 39 p. + notes 7p.	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn200927048
Remarks, notes on appendices		
Tutor Ismo Kivistö	Bachelor's thesis assigned by Vilkon Oy Miikka Lehtinen	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	VILKON OY	2
3	VANERIN VALMISTUS	3
3.1	Tukkien käsittely	3
3.1.1	Tukkien varastointi, mittaus ja kuljetus	3
3.1.2	Tukkien haudonta	4
3.1.3	Tukkien kuorinta	5
3.1.4	Tukkien katkaisu	5
3.2	Viilun valmistus	6
3.2.1	Viilun sorvaus	7
3.2.2	Sorvit	7
3.2.3	Sorvauksen vaatimukset	10
3.2.4	Viilun kuivaus	11
3.2.5	Viilun leikkaus ja lajittelu	12
3.2.6	Kuivauksen, leikkauksen ja lajittelun vaatimuksia	12
3.3	Vanerin liimaus	13
3.3.1	Ladonta	14
3.3.2	Puristus	15
3.4	Vanerin viimeistely	15
4	OHUTVIILUVANERIN VALMISTUS VILKON OY:SSÄ	16
4.1	Laadun vaatimukset	17
4.1.1	Lujuus	17
4.1.2	Pintalaatu	18
5	MITTAUSMENETELMÄT JA VÄLINEET	19
5.1	Tilanteen arviointi	19
5.2	Koelevyjen teko	20
5.3	Vetokokeet	21
6	TULOKSET	22
6.1	LAHO	23
6.1.1	Lahon vaikutus lujuuteen	23
6.1.2	Lahon vaikutus pintalaatuun	27

6.1.3	Päätelmiä lahon vaikutuksesta tuloksiin	29
6.2	OKSAT	30
6.2.1	Oksien vaikutus lujuteen.....	31
6.2.2	Oksien vaikutus pintalaatuun.....	33
6.2.3	Päätelmiä oksien vaikutuksesta tuloksiin	35
7	POHDINTA	37
	LÄHTEET	39
	LIITTEET.....	40
	Germanischer Lloyd (1953)	40
	Germanischer Lloyd (2006)	41
	Germanischer Lloyd (2006)	42
	1,5 mm vanerin vetokokeet	43
	2 mm vanerin vetokokeet	44
	4 mm vanerin vetokokeet	45
	liimasauman lujuuskokeet.....	45

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö käsittelee ohutviiluvaneria ja tutkii sen väliviilun laadun vaikutusta valmiin vanerin laatuun. Tavoitteena on selvittää voisiko Koskisen konserniin kuuluvan Vilkon Oy:n ohutviiluvanerin valmistuksessa käyttää huonompilaatuista viilua, kuin mitä tähän asti on käytetty. Työssä selvitetään kuinka väliviilussa olevat laho ja oksat vaikuttavat valmiin tuotteen ulkonäköön ja kestävyYTEEN.

Nykyisellään Vilkon Oy:n vaneritehtaalla ei hyödynnetä heikkolaatuista viilua. Jos heikkolaatuisia viiluja voitaisiin käyttää vanerin valmistuksessa, saataisiin siitä huomattavaa taloudellista hyötyä. Selvää on, että heikkolaatuinen viilu heikentää valmiin tuotteen laatua, mutta kaikissa vanerin käyttökohteissa ei tarvita parasta laatua. Pidimme monta palaveria työn tilanteen Vilkon Oy:n tiloissa insinöörityön ohjaajan kanssa, yksi keskustelu aina jokaisen eri testaus jakson jälkeen, ja sitä mukaa työn tavoite aina muuttui tai tarkentui.

Työssä käydään vanerin valmistuksen työvaiheita aina tukin käsittelystä valmiin vanerin viimeistelyyn. Ohutviiluvanerin valmistusosiossa käydään läpi muun muassa Vilkon Oy:ssä käytössä olevia vanerin laadun vaatimuksia. Mittausmenetelmät ja väli-
neet – osassa käsitellään työn aloitusta ja alkutilannetta ja sitä kuinka työn vaatimat kokeet ja testaukset suoritettiin.

Tulokset – osio on jaettu kahteen osaan. Osiot käsittelevät erikseen lahoa ja oksia, jotta tulosten lukeminen ja havainnointi olisi helpompaa. Tuloksissa on käytetty paljon kuvamateriaalia yhdistettynä numeerisiin taulukoihin, koska se auttaa huomattavasti tulosten ymmärtämistä. Lopuksi on pohdittu tulosten merkitystä ja kuinka tuloksia voisi soveltaa käytännössä.

Tämä insinöörityö esittelee erilaisia väliviilun laadusta aiheutuvia vaikutuksia, mutta tuotteen laajempi hyödyntäminen ja vanerin käyttökohteiden kehittäminen jää työntekijälle. Työn tarkoituksena on helpottaa vanerin käyttökohteiden etsintää.

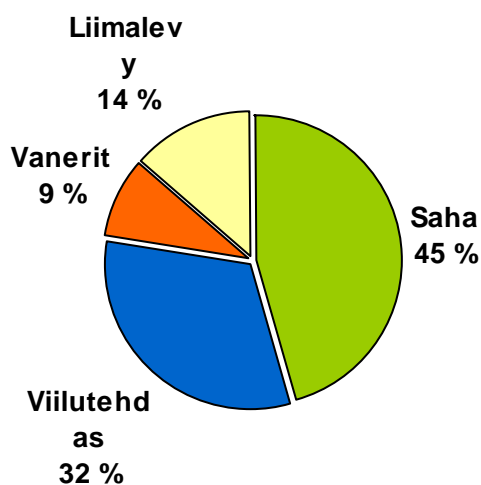
2 VILKON OY

Vilkon Oy on puualan yritys, jonka osaaminen keskittyy suomalaiseen koivuun. Se kuuluu Koskisen konserniin, vuonna 1931 perustettuun kansainvälisesti toimivaan puutuoteteollisuuden yritykseen, jonka tuotevalikoimaan kuuluvat mm. sahatavara, höylätavara, vaneri, lastulevy ja talopakettit. Konsernilla on toimipisteitä eri puolella suomea: Järvelässä on pääkonttori, saha, vaneritehdas ja lastulevytehdas. Vierumäellä on talotehdas (Herrala- ja Klassikko-talot) ja Hirvensalmella Vilkon Oy. Vilkon Oy:n Tehdas sijaitsee Suomen tärkeimmällä koivuraaka-aine alueella Hirvensalmella ja se aloitti sahaustoimintansa jo 1940-luvulla. Vilkon Oy:n tuotteita ovat mm.

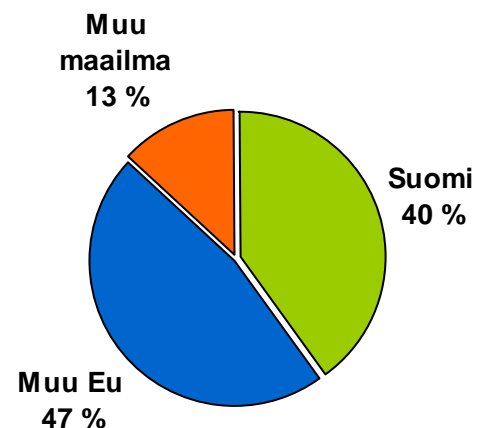
- Koivusahatavara (tuotantomäärä vuonna 2007 oli 12 800 m³)
- Koivuliimalevy (1 070 m³)
- Koivuaihio
- Koivuviilu (3800 m³)
- Koivuohutviiluvaneri (260 m³)

Yrityksen päämarkkinoita ovat huonekalu- ja puusepänteollisuus, ja tuotannosta 60 % menee vientiin. Yritys pyrkii kasvamaan keskittymällä laatuun, asiakastytyväisyyteen ja uusiin innovaatioihin. Yrityksen liikevaihto vuonna 2007 oli 11,4 milj. € ja henkilöstöä sillä on 90. Puunhankintaa se teki 45 000 m³(Vilkon Oy).

Liikevaihto yksiköittäin



Liikevaihto maantieteellisesti



3 VANERIN VALMISTUS

Vaneri on vähintään kolmesta ohuesta puuviilusta ristiin yhteen liimaamalla valmistettu levymäinen puutuote. Suomalainen vaneri valmistetaan yleensä ohuista ristiinliimatuista viiluista, mutta muitakin rakenteita valmistetaan. Koivu- ja kuusiviilun nimellispaksuus on 1.4 mm., paksuviiluisen havuvanerin viilunpaksuudet ovat 2.0 - 3.2 mm.

Vanerin valmistusprosessi aloitetaan vastaanottamalla tukit tehtaalle, jonka jälkeen ne katkaistaan pölleiksi. Tämän jälkeen valmistetaan viilu sorvaamalla tai leikkaamalla. Viilut kuivataan joko leikattuina tai ne leikataan kuivauksen jälkeen. Viilujen jatkojalostukseen sisältyvät paikkaus, viilujen jatkaminen, saumaus ja pintaviilujen lajittelu. Vanerin valmistus alkaa viilujen liimauksella ja ladonnalla, jonka jälkeen levyt puristetaan, viimeistellään, pakataan ja lähetetään asiakkaalle. Suuri osa vanereista jalostetaan. Vanerin valmistukseen kuuluvat kuvan osaprosessit

- tukkien käsittely
- viilun valmistus
- vanerin valmistus
- vanerin viimeistely ja pakkaus(Kuikka & Kunelius 1993, 96).

3.1 Tukkien käsittely

Tukkien käsittely sisältää tukkien varastoinnin, mittauksen, kuljetuksen, haudonnan, kuorinnan ja katkaisun.

3.1.1 Tukkien varastointi, mittaus ja kuljetus

Tukit mitataan Suomessa pysty- tai jälkimittauksella. Tukit saapuvat tehtaalle yleensä autolla, mutta myös uittamalla. Uitto vaatii kuitenkin suuria puuvarastoja, joita yrittään välttää, jotta puuraaka-aineeseen sitotuneen pääoman määrä voitaisiin minimoida. Kun tukit vastaanotetaan tehtaalle, seurataan tukkien kappalemääriä, tilavuutta, keskikokoa ja tilavuutta kuormittain otantamittauksella ja ns. kehysmittauksella. Sitteen saadaan selville tehtaalle tulleen puuraaka-aineen määrä ja laatu.

Vaneripuut kuljetaan tehtaalle yleensä tukkeina eikä runkoina, koska tukkien korjuu ja katkaisu metsässä tulee halvemmaksi. Myös kuljetuskustannukset ovat näin halvempia sekä tukkien käsittely, haudonta ja kuorinta yksinkertaistuvat.

Kun tukit ovat saapuneet tehtaalle, ne pudotetaan suoraan haudonta-altaaseen tai varastoidaan lauttoina vedessä. Haittana varastoimiselle vedessä on, että koivutukit uppoavat vedessä jo muutaman kuukauden ajan jälkeen. Maalla varastoimisessa on haittana suuri pilaantumisvaara, joten sitä varastoimistapaa pyritään välttämään. Tukkeja liikutellaan varasto-alueella yleensä trukeilla, joissa on tartunta-elimet tukkien käsitte-lyyn.

Tukkien varastointi toimii samalla ensimmäisenä välivarastona, joka tasaa metsästä tulevaa tukkivirtaa ja turvaa tehtaan häiriötöntä käyntiä. Välivarastojen tärkeys korostuu normaalista poikkeavissa olosuhteissa, esimerkiksi kelirikko-aikana tai kun tukkien toimittaminen tehtaalle estyy muista syistä. Jotta tukkien mittaus, varastointi ja kuljetukset onnistuisivat, on hallittava työskentelytekniikan lisäksi tukkien laatuvaatimukset, tukkiosaston toiminta, mittauksen ja varastoinnin tarkoitus (Koponen 2002, 29).

3.1.2 Tukkien haudonta

Haudonnan tarkoitus on lämmittää puu tilaan, jossa siitä saadaan käyttökelpoista viilua joko sorvaamalla tai leikkaamalla. Puun kosteus pyritään nostamaan tasolle, jossa viilu leikkautuu tasaisena sileänä ja riittävän lujana. Jotta saataisiin tällaista viilua, on puu-aineksen oltava riittävän muovautuvaa, elastista. Tämä saavutetaan kun puuta haudotaan korotetussa lämpötilassa riittävän pitkään, jollin myös puun kosteuspitoisuus nousee. Puun muovautuvuus ei kuitenkaan parane mentäessä yli puun syiden kyllästymispisteen (30%).

Tukin pituussuunnassa kosteuden ja lämmön liikkeet ovat noin kolme kertaa nopeampia kuin poikittaissuunnassa, josta aiheutuu että tukin päät kostuvat ja lämpiävät nopeammin kuin sisäosat. Tästä aiheutuu tukkien ja pöllien päiden halkeilua. Jäätynen puun sulattaminen sitoo huomattavasti lämpöenergiaa, ja onkin edullisempaa sulattaa tukit ensiksi vesivarastoinnin aikana ja kohottaa tukkien lämpötilaa haudonta-altaassa.

Sulattamisen aikana veden lämpötila ei saisi ylittää 5-7 °C tukiin päiden halkeilun vuoksi. Suomessa tukkeja haudotaan 15–60 °C vedessä 1-2 vuorokautta.

Haudontamenetelmistä Suomessa käytetään yleensä pehmeille puulajeille soveltuvia menetelmiä, kuten haudonta tukkeina lämpimässä vedessä, ja haudonta kuorittuina pölleinä lämpimässä vedessä ja upotettuina. Jälkimmäistä tapaa käytetään hyvin suurten pöllien sekä leikattujen viilujen valmistuksessa. Tukit puretaan altaaseen nippuina, siirretään altaan lävitse, niput aukaistaan ja siirretään välivarastokuljettimelle. Haudonta vaatii lämpöenergiaa noin 15 % tehtaan kokonaiskulutuksesta (Puuarkisto, viilunvalmistus).

3.1.3 Tukkien kuorinta

Tukit kuoritaan Suomessa yleensä haudonnan jälkeen, koska talvella puut ovat jäässä ja kuorinta ei onnistu. Kun tukit kuoritaan ennen sorvausta, saadaan kuorinnan ja katkaisun sivuotteet tehtyä hakkeeksi, joka soveltuu selluloosan valmistukseen. Samalla välttyään sorvin terien vahingoittumiselta esimerkiksi kuoreissa olevan hiekan johdosta, kun taas metallikappaleet tunnistetaan ilmaisimella ennen kuorintaa. Kuorinta myös nopeuttaa sorvausta.

Tukkien haudonta, kuorinta ja katkonta ovat yleensä samassa kokonaisuudessa peräkkäisinä työvaiheina. Kuorinta tapahtuu yleensä heti haudonnan jälkeen. Tällöin kuorinta on talvisin vielä sulaa. Suomessa yleisin käytettävä kuorimakonemalli on roottori-tyyppinen, jossa tukki kuljetetaan koneeseen syöttöteloilla. Ensin kone leikkaa kuoren kapeiksi suikaleiksi, jonka jälkeen kuori poistetaan puun pinnalta kuorintaterillä. Tässä pyritään siihen, että puun pinta ei vahingoittuisi, mutta kuorintajälki olisi riittävää selluloosan valmistukseen. Kuori kuljetetaan joko varastoon tai poltettavaksi lämpökattilassa. Koivun kuori sopii paremmin polttoon sen kuivuuden takia, toisin kuin kuusen joka on kosteampaa haudonnan jälkeen.

3.1.4 Tukkien katkaisu

Ennen sorvausta tukit on katkaistava viilun mitan edellyttämään mittaan. Suomessa käytetään yleensä mittoja 1300, 1600 ja 2600, joka on yleensä havupuulle käytetty mitta. Tukin katkaisussa pyritään optimoimaan sorvauksesta saatavan viilun laatu ja

määrä, minimoimaan raaka-aine kulutus katkaisussa, sovittamaan pölliön pituus ja saatavan viilun laatu tilauskannan mukaan.

Tukin katkaisu optimoidaan nykyisin usein tietokoneohjelmalla, joka mittaa tukin pituuden, läpimitan ja kartiokkuuden kameralla. Näin tietokone laskelmoi parhaat katkaisuvaihtoehdot. Katkaisussa pitää huomioida seuraavia asioita:

- Arvokkain osa koivu- ja havupuulla on sen pinta-osa, josta saadaan hyviä pintaviiluja.
- Tukit ovat usein mutkaisia, joten katkaisu pyritään tekemään mutkan kohdalta. Pölli täytyy katkaista kohtisuoraan pituussuuntaan nähden.

Tukin katkaisulla valikoidaan puuta sorvattaviksi pölleiksi ja katkaisijan ammattitaidolla on suuri merkitys. Tukki katkaistaan heilurikatkaisusahalla, joka katkaisee tukin hihnakuljettimen jälkeen katkaisupöydän vastetta vasten. Pyörösahan terän halkaisija on yli 1500 mm, jolloin tukin suurin paksuus voi olla n. 600 mm (Koponen 2002, 35).

3.2 Viilun valmistus

Vaneri tehdään liimaamalla ohuita ristikkäitä viiluja levyn tason suunnassa. Levyn laatu ja käyttökelpoisuus määräytyy yleensä viilun valmistuksessa ja viilujen liimauksessa. Viilu valmistetaan yleisimmin sorvaamalla, jossa viilu irroitetaan pöllistä spiraalina puun vuosirenkaita mukaillen. Pölli pyörii ja sitä kohti liikkuva teräkelkka ja siinä olevat terät leikkaavat viilun irti pöllistä.

Viilun voi myös irrottaa puusta leikkaamalla, joka on harvinaisempi tapa. Siinä terä leikkaa viilun pöllistä yleensä vuosirenkaita vastaan edestakaisella liikkeellä. Näin saadaan viilua, jossa on sopiva kuvio esimerkiksi puutuotteiden pinnoitukseen.

Sorvatun viilun on usein täytettävä tiukkoja vaatimuksia kaupallisen laadun ja teknisen laatutason mukaan. Kaupallisen laadun vaatimukset ovat vanerin pinnanlaatuun perustuvia standardeja ja asiakkaiden kanssa sovittuja muita vaatimuksia, erikoislaatuja ja rakenteita. Viilun valmistuksessa olisi tällöin huomioitava pintaviilujen ulkonäkövaatimukset, vanerin mittoihin vaikuttavat tekijät (viilun paksuus tärkeimpänä, pituus ja leveys) ja lujuusominaisuuksien täyttäminen erityisesti poikittaisvetolujuuden puolesta.

Teknisen laadun vaatimusten täyttämiseksi on huomioitava, että sorvista tuleva viilumatto on ehjä ja pitkä, ettei viilumatossa ole liikaa jännityksiä paikkauksen mahdollistamiseksi ja jotta viilu on tasapaksuista liimauksen onnistumisen kannalta. Sorvista ei saisi myöskään jäädä pintaviiluihin jälkiä ja viilun olisi vielä kestävä sorvauksen jälkeistä käsittelyä rikkoutumatta (Loukola 2001, 38).

3.2.1 Viilun sorvaus

Viilun sorvaus käsittää työvaiheet tukin katkaisun pölleiksi ja viilun kuivauksen väliltä. Näitä työvaiheita on:

- pölliin siirto sorvin väliavarastokuljettimelle
- pölliin siirto keskityslaitteeseen
- pölliin keskitys
- keskitetyn pölliin siirto sorvin karojen väliin
- viilun sorvaus (pölliin pyöristys ja sorvaus)
- viilun siirto kuivaukseen
- pölliin pyöristysjätteiden siirto käsittelyyn, joko hakkeeksi tai sellun raaka-aineeksi
- sorvin terien huolto

Viilun leikkaus ja lajittelu voi tapahtua kuivauksen jälkeenkin, jos viilu kuivataan yhtenä mattona. Muussa tapauksessa viilu leikataan ennen kuivausta ja kuivaus tapahtuu arkkeina.

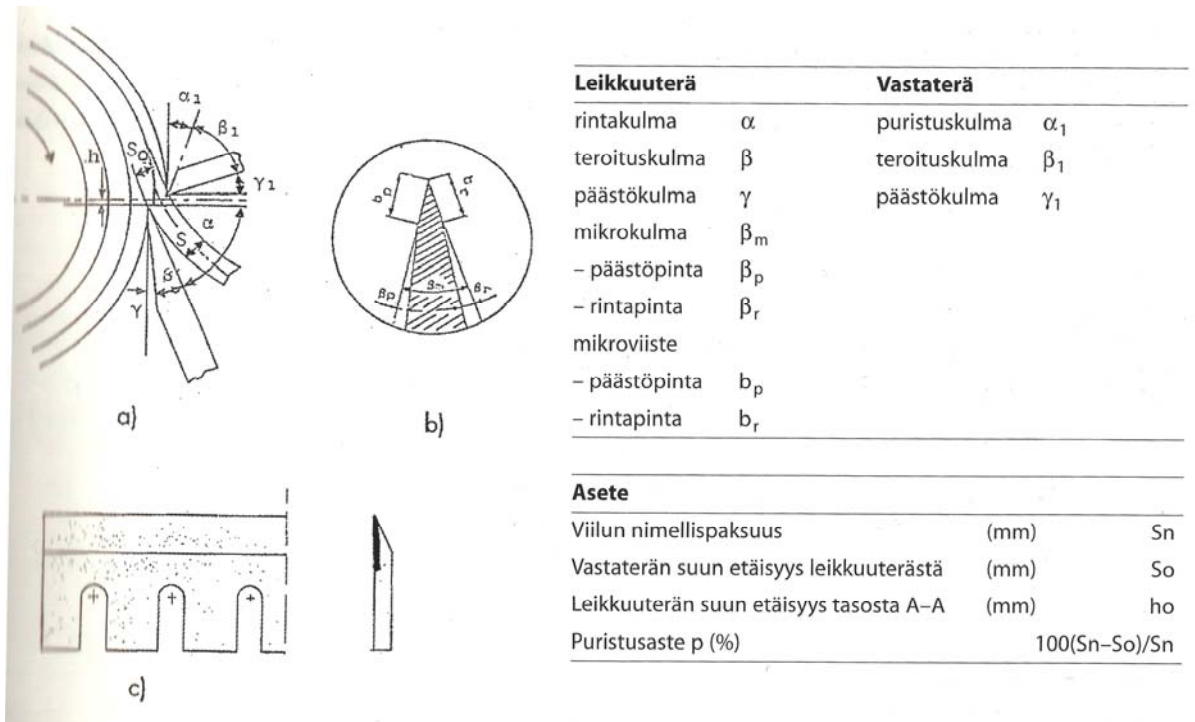
Pölliin keskittäminen sorvin karojen väliin on tärkeä vaihe viilun saannon kannalta. Pölliin pinta-osan puuaines on laadultaan parempaa kuin sydänosan ja hyvä keskittäminen kasvattaa arvokkaampien viilulaatujen osuutta. Keskitys tapahtuu tietokoneen avulla, joka laskee lasermittauksella saatujen pölliin muototietojen perusteella optimaalisen keskityskohdan. Xy-keskittäjä lukee tietokoneen arvon ja siirtää pölliin karojen väliin (Koponen 2002, 39).

3.2.2 Sorvit

Jotta saadaan hyvälaatuista viilua, käytetään menetelmää, jossa sorvin karoihin kiinnitetty pölli pyörii ja akselin suuntaiseen teräkelkkaan kiinnitetyä terää siirretään pölliä kohti. Näin viilu leikkaantuu pöllin pinnasta ja puristuu leikkaavan ja vastaterän välissä olevasta raosta. Viilun alapinnalle muodostuu halkeamia, koska viilu leikataan spiraalimaisesti.

Sorvauksen alussa karat ovat läpimitaltaan suuria, mutta ne vedetään loppuvaiheessa sisään ja käytetään pienempiä karoja. Tällä tavalla sorvausta voi jatkaa aina kunnes purilaan läpimitta on hyvin ohut, ja viilun saanto paranee. Leikkaava terä on kiinni teräpalkissa. Tukirullastolla pyritään estämään pöllin taipuminen sorvauksen aikana johtuen pölliin kohdistuvista voimista.

Viilusorvissa olevan vastaterän tehtävänä on pitää viilun irtoaminen leikkauksena ja estää repivä vuoleutuminen, jolloin viilun pinta rikkoutuisi. Vastaterän suun etäisyys leikkaavan terän pinnasta onkin pienempi kuin viilun paksuus ja leikkaus tapahtuu siten puristavien voimien alaisuudessa. Tämä aiheuttaa sen, että puu plastisoituu ja viiluun muodostuu vähemmän halkeamia ja pinta on sileä. Spiraalimaisen leikkaustavan johdosta viilun yläpinnalla muodostuu puristusjäännityksiä ja alapinnalla vetojäännityksiä, jotka aiheuttavat alapinnalla halkeamia. Vastaterän käyttö vähentää näitä halkeamia ja viilun puristusastella on suuri merkitys viilun valmistuksessa (Koponen 2002, 40).



Kuva 1 Viilusorvin teräasete a) teräasete b) leikkaavan terän suun mikroviiste c) leikkavan terän rakenne (Koponen 2002, 43)

Yleisiä asetearvoja koivu- ja kuusiviiluille:

- Leikkuuterä
 - o Teroituskulma β koivulle $19-20^\circ$ ja kuuselle $21-22^\circ$
 - o Päästökulma γ $0-2^\circ$
 - o Mikroteroituskulma β_m $25-30^\circ$
- Vastaterä
 - o Teroituskulma β_1 koivulle 50° ja kuuselle $60-80^\circ$
 - o Puristuskuulma α_1 $10-35^\circ$
 - o Puristusaste $15-20\%$

Vastaterän suu on usein pyörästetty kuten myös kuvassa, mutta käytetään myös kove-
raa terän suuta. Leikkaava terä koostuu terärungosta ja siihen kiinnitetystä erikoiste-
räksestä valmistetusta leikkaavasta osasta. Terän leikkauskulmaa säädetään leikkauk-
sen aikana ja sorvauksen jälkeen pitkä viiluraina katkaistaan arkeiksi, jotka usein laji-
tellaan ennen kuivausta kosteusryhmiin.

3.2.3 Sorvauksen vaatimukset

Sorvaus vaikuttaa oleellisesti vanerin laatuun. Sorvaukselle onkin paljon erilaisia vaatimuksia.

Ensimmäisenä vaatimusryhmänä on puuraaka-aineen asettamat rajoitukset. Jotta viilun laatu olisi hyvää, on puun oltava sorvaushetkellä mahdollisimman muovautuvaa, ts. plastista. Siihen tarvitaan seuraavat edellytykset:

- Puun täytyy olla riittävän kosteaa, ja alarajana pidetään puun syiden kyllästymispistettä, eli 30% kosteutta
- Puun lämpötilan olisi oltava sorvaushetkellä sopiva. Viilun poikittaisvetolujuus kohoaa jyrkästi jäätyneestä puusta aina 20° asteeseen asti, jolloin lujuuden nousu hidastuu.

Toisena ryhmänä ovat tekniset ja inhimilliset vaatimukset:

- Teräasetteen on sovittava puulajille jota työstetään.
- Terien on oltava myös hyvässä kunnossa, kuten myös keskittäjän ja sorvin.

Sorvaus on myös suurelta osin sorvaajan ammattitaidon varassa, vaikka työvaiheita on pyrittykin automatisoimaan. Hänen täytyy mm. arvioida viilun laatua, korjata vikoja sekä myös koneiden ja laitteiden huolto kuuluvat hänen työhönsä.

Taulukko 1 Sorvauksen yleisiä ongelmia ja niiden aiheuttajia (Koponen 2002, 45)

Viilun pinta karkeaa	Puristusaste joko liian alhainen, terä on tylsä, puu ei riittävän kosteaa tai lämmitä, teräasete väärä
Lyhytpäinen viilu	Leikkava terä väärin asennettu, terä on tylsä tai terärako on väärä
Pitkäpäinen viilu	Terärako on keskellä suurempi kuin päissä tai leikkaava terä on liian korkealla
Harva viilu	Liian alhainen puristusaste tai väärä teräasete
Viilussa ”pyykkilautaa”	väärä teräkulma, terä on liian alhaalla, terä värähtelee tai puu ei ole tarpeeksi kosteaa

Viilumatto ei ole suora	Leikkaava terä ja/tai vastaterä on vinossa
Viilun pinnassa hilsettä	Liian suuri puristusaste, tylsä terä tai pyöristämätön vastaterä
Kovera purilas	Suuri teräkulma, tukirullaston riittämätön paine tai liian alhainen puristusaste

3.2.4 Viilun kuivaus

Kun viilu tulee sorvauksesta, on se erittäin kosteaa ja se pitää kuivata ennen liimausta. Kuivaus voidaan tehdä heti sorvauksen jälkeen yhtenäisenä mattona verkkokuivauskoneessa tai se leikataan arkeiksi, lajitellaan koon ja laadun perusteella ja kuivataan telakuivauskoneessa. Sitten viilut vielä lajitellaan. Viilut kuivatetaan useimmiten kosteuteen 8-12%.

Viilu kutistuu kuivauksessa. Kuivauksen aikana vesi poistuu ensiksi solu-onteloista ja kun saavutetaan puun syiden kyllästymispiste(30 %), vasta sen jälkeen vesi poistuu solujen seinämistä. Tämä aiheuttaa kutistumisen ja se kasvaa suoraviivaisesti aina kuivaan puuhun asti. Sorvatun viilun tangentinsuuntainen kutistuma on koivuviilulla noin 8 % ja havuviilulla noin 6 % kun loppukosteus on 5 %. Vuosirenaan radiaalinen eli puun säteen suunnassa kuitstuma on pienempi. Viiluun muodostuu kutistumisen yhteydessä jännityksiä, jotka aiheuttavat kupruilua ja aaltoilua.

Kuivausilman lämpötilan nosto lyhentää luonnollisesti kuivausaikaa, mutta sitä rajoittaa viilun tummuminen korkeissa lämpötiloissa, sekä puun palaminen. Kuivausilman sisältämä kosteus on tärkeää. Kun suhteellinen kosteus laskee, kuivuu viillu nopeammin, mutta viilu kupruilee enemmän ja laatu kärsii. Viilu kuivataankin kosteudessa, jossa kuivauskoneen kastepiste ei ylity.

Kuivauskoneet jaetaan tela- ja verkkokuivaajiin riippuen viilun kuljetustavasta. Tela-kuivauskoneisiin syötetään viilut leikattuina arkkeina pituussuunnassa ja verkkokuivauskoneisiin suoraan sorvilta mattoina syysuunnassa poikittain.

Telakuivauskoneessa viilut syötetään koneeseen useampi rinnakkain ja ne kulkevat useassa kerroksessa kulkevien telojen vetäminä kuivaajan lävitse. Koneen lopussa jäähdytys, jossa puhalletaan kylmää ilmaa viiluille.

Verkkokuivauskoneessa viilu ajetaan sorvauksen jälkeen kuljettimella koneen taakse, jossa se syötetään parillisten verkkojen väliin. Viilumatto kulkee useita kertoja kuivauskoneen lävitse vuorotellen koneen alaosassa olevan jäähdytysvyöhykkeen ja yläosassa olevan kuivausvyöhykkeen välillä.

Kuivauksen aikana mitataan viilun loppu- ja alkukosteutta, kiertoilman puhallusta, poistoilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta, sekä kuivauskoneen nopeutta. Kuivauksessa pyritään tasaiseen viilun loppukosteuteen. Liimauksen onnistumisen kannalta hyvä kosteusprosentti on noin 6 % (Puuarkisto, viilun kuivaus).

3.2.5 Viilun leikkaus ja lajittelu

Sorvauksesta tai kuivauksesta tullut viilu leikataan pituussuunnassa pystysuorassa leikkaavalla terällä. Lajittelija katsoo kappaleen leveyden ja määrittää sen laadun. Konenäkölaite tunnistaa viilumatossa olevia aukkoja ja optimoi leikkauksen.

Tämän jälkeen kappaleet erotellaan ehjiin arkkeihin, saumattaviin kappaleisiin ja poistettavaan jätteeseen. Viilut siirretään yleensä lajittelun jälkeen imuhihnakuljettimella kuormauspaikalle, jossa ne ladotaan yleensä lavoille. Jos viilut leikataan märkinä, on otettava huomioon arkkien kutistuminen kuivauksessa. Koivuviilut lajitellaan yleensä seuraavasti kuivauksen yhteydessä:

- paremmat pintaviilulaadut
- keskimäiset viilut, tavallisesti 2-4 laatuluokkaa
- paikattava pintaviilulaatu
- saumauskappaleet
- saumattavat pintaviilut
- päästä sahattava viilulaatu

3.2.6 Kuivauksen, leikkauksen ja lajittelun vaatimuksia

Vanerin liimauksen onnistuminen vaatii sen, että viilun kuivaus täyttää sille asetetut vaatimukset. Kuivaus, onnistunut leikkaus ja lajittelu vaikuttavat merkittävästi valmiin vanerin laatuun. Kuivauksen vaatimukset ovat periaatteessa kuivauskoneen virheettömään toimintaan tähtääviä, sekä myös kuivausprosessin säätämistä oikeaksi. Kuivauksen onnistuminen perustuu suuresti kosteuspitoisuuksien mittauksiin ja viilun teknisen laadun tarkkailuun.

Taulukko 2 Kuivauksessa esiintyviä ongelmia ja niiden ratkaisuja (Koponen 2002, 58).

Halkeileva viilu	Syntyy viilun päiden nopeassa kuivumisessa keskiosaan nähden. Voidaan korjata sorvausasetteella, Hiljentämällä kuivaajan nopeutta, kasvattamalla kuivausilman suhteellista kosteutta.
Kupruileva viilu	Aiheutuu liian harvasta sorvauksesta tai liiasta viilun kuivuudesta. Lisätään koneen nopeutta tai kuivausilman suhteellista kosteutta.
Viilu aaltoilee	Viilussa on kosteuseroja, tai kevät- ja kesäpuun eroista johtuvaa.
Viilun värin muutokset	Viilun tummuminen tai väriviat johtuvat liiasta kuumuudesta tai pitkästä kuivausajasta
Pihkainen viilu	Kuivauslämpötilan tulee olla vähintään 185° C jotta pihka haihtuu.

Viilujen leikkauksessa määritellään myös niiden laatu. Leikkaajan ammattitaidolla on yhä suuri vaikutus viilujen saantoon ja laatuun, vaikka prosessia on automatisoitu. Parhaat pintaviilulaadut lajitellaan käsin tai konenäöllä. Lajittelijan on tunnettava hyvin pintaviilun laadun määräykset, asiakkaiden omat lajitteluohjeet sekä kaikki viiluissa esiintyvät viat.

3.3 Vanerin liimaus

Vaneri valmistetaan liimaamalla, jolloin viilukerrokset sidotaan liimaamalla korotussa lämpötilassa ja paineessa. Liimaukseen kuuluvat seuraavat työvaiheet:

- liimaseoksen valmistus
 - o liima-aineiden varastointi
 - o liiman sekoittaminen
- ladonta
 - o liiman levitys
 - o ladonta levyaihioksi
- puristus
 - o esipuristus huoneen lämpötilassa
 - o kuumapuristus yli 100 °C:n lämpötilassa.

Vanerit jaetaan liimauksen perusteella sisävanereihin, interior, ja ulkovanereihin, exterior. Vain fenolipohjaisilla liimoilla saavutetaan täydellinen sään kestävyys, ja sitä käytetäänkin ulkovanereissa. Urealiimat ovat sisävaneriliimoja. Urea-melamiiniliimat sopivat kosteisiin tiloihin (Koponen 2002, 65).

3.3.1 Ladonta

Liima levitetään ja viilut ladotaan ladonta-aseamalla, joka voi olla pitkälle automatisoitu linja tai yksinkertainen pöytä-asema. Liiman levitysmenetelmiä ovat mm.

- levitys telalevittimellä
 - o 2-telalevitin
 - o 4-telalevitin
- liiman ruiskutus
- liiman valukonelevitys
- liiman juovalevitys.

Viilut kootaan ladonnassa vaneriaihioiksi, ja liima levitetään useimmiten joka toiselle viilulle telalevittimellä. Viilut ladotaan ristiin vuosikasvustojen suunnassa, ja erilaiset vanerirakenteet ovat standardisoituja lujuuden ja muiden vaatimusten mukaan. Esi-merkkinä ladonnan pohjalle tulee pitkittäinen pintaviilu jossa on liimaa, sen päälle liimoitetut poikittainen ja pitkittäinen väliviilu, ja lopuksi pitkittäinen pintaviilu ilman liimaa.

3.3.2 Puristus

Kun liima on levitetty ja viilut ladottu vaneriaihioksi seuraa puristus vaneriksi.

Vanerin puristuksessa käytetään useimmiten esipuristusta huoneenlämpötilassa, jonka jälkeen seuraa kuumapuristus korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Esipuristus tapahtuu 5-10 minuutissa 0,5-1,0 MPa:n paineessa. Siitä saavutetaan, että levyaihioiden kosteus tasaantuu viilukerrosten välillä, ne voidaan syöttää automaattisesti kuumapuristimeen ja aihioita voidaan varastoida 1-2 tuntia työvaiheiden välillä.

Kuumapuristuksessa vaneriaihion ollessa puristuslevyjen välissä, sisäosiin alkaa joutua lämpöä, ja ilmiö kiihtyy paineen saavuttaessa suurimman arvonsa. Tällöin liima notkistuu ja imeytyy viiluihin. Puristusaikaan vaikuttavat liiman kovettumiseen kuluva ns. perusaika sekä sisimpien liimasaumojen lämpiämiseen kuluva aika. Puristusajan laskentaan käytetään likimäärin seuraavia kaavoja:

Aika fenoliliimalla = 3.0 min + 0.5 min x levyn paksuusmillimetri

Aika urealiimalla = 1.5 min + 0.5 min x levyn paksuusmillimetri (Kuikka & Kunelius, 69).

3.4 Vanerin viimeistely

Vanerin viimeistelyssä levyt saavat lopullisen muotonsa. Viimeistelyn työvaiheita ovat:

- reunojen sahaus
- hionta
- vanerin paloittelu
- lajittelu ja vikojen korjaus
- pakkaus, varastointi ja lähetys.

Vanerin reunat sahataan ennen hiontaa. Reunoista poistetaan liimauksesta jäänyt työvara, useimmin 30-50 mm. Levyt sahataan määrämittaan, vakiomittaan tai ns. karsintamittaan, jollaisia levyjä käytetään esim. pinnoitukseen. Sahat ovat useimmin varustettuna pyöröterillä, joiden halkaisijat ovat 200-350 mm ja syöttönopeus 20-60 m/min.

Hionnassa levyt hiotaan tasapaksuiksi ja toleranssien mukaisiksi. Pinnat puhdistuvat aiempien työvaiheiden jäljistä. Hionta tehdään useimmiten leveänauhahiomakoneella,

johon levy syötetään pintaviiluun nähden poikittain. Hiomakone puristaa levyn telojen väliin, jotka syöttävät vanerin hiomanauhojen väliin. Hiomanauhoja on yleensä yhteensä neljä kappaletta, alussa karkeammat ja loppuussa hienommat viimeistelyyn.

Suomessa on tyypillistä, että vaneri paloitellaan asiakkaan toivomiin mittoihin, ns. määrämittoihin. Paloittelu tapahtuu usein viimeistelyn osana.

Tehtaassa tarkastetaan usein kaikki lähtevät levyt. Tarkastelu tapahtuu visuaalisesti ja siinä tarkastetaan pinnan laatu, mitat, sekä erotellaan korjattavat ja hylkykappaleet. Pinnan vikoja voidaan korjata kittaamalla tai paikkaamalla. Tarkastamiseen on kehitetty konenäkölaitteita, mutta useimmiten se tapahtuu ihmissilmällä. Tehtaat noudattavat erityisiä standardeja, jotka ovat usein myös asiakkaiden toivomuksia, ja vanerit lajitellaan usein seuraavien virheiden mukaan:

- puuraaka-aineesta johtuvat virheet:
 - o oksaisuus, oksien koko, laatu ja määrä
 - o väri ja värieroavaisuudet
 - o hyönteistuhojen jäljet
 - o lahoamisesta aiheutuneet virheet
- valmistusvirheet:
 - o kuorimakoneen terien tai telojen jäljet
 - o sorvauksessa syntyneet vesijuovat ja karkeus
 - o kuivauksessa tulleet halkeamat
 - o ladonnan ja puristuksen virheet, kuten painumat ja virheellinen liimaus
 - o sahauksen virheet, kuten epäsuorat reunat, väärät mitat
 - o hionnasta johtuvat aallokkuus tai väärä paksuus

Jotta vanerit voidaan kuljettaa asiakkaalle, on ne pakattava. Vanerit pakataan joko pienpaaleihin tai palleteihin riippuen kuljetustavasta ja niiden määräyksistä. Palletin pohjaan käytetään sorvauksesta jääneitä purilaita, ja reunat suojataan huonolaatuisilla vanereilla. Pakkaukset sidotaan metalli- tai muovivanteilla (Koponen 2002, 74).

4 OHUTVIILUVANERIN VALMISTUS VILKON OY:SSÄ

Vilkon Oy valmistaa VilkoPly –ohutviiluvaneria, joka on ristiinliimattu koivuviiluista. Viilut ovat normaalia ohuempia, 0,15 mm – 0,5 mm paksuja, ja saumattomia. Levyjen paksuuksia ja niissä käytettyjä viilukerroksia (ply):

0,4 mm, 3 ply
0,6 mm, 3 ply
0,8 mm, 3 ply
1,0 mm, 3 ply
1,5 mm, 3 ply
2,0 mm, 4 ply
2,5 mm, 5 ply
3,0 mm, 6 ply
3,5 mm, 7 ply
4,0 mm, 8 ply
4,5 mm, 9 ply
5,0 mm, 10 ply

Ohutviiluvaneria käytetään mm. soittimissa, huonekaluissa, lahjoissa ja käyntikortissa. Sen käyttömahdollisuudet ovat hyvät, koska ohutviiluvaneri tarjoaa erinomaisen taivutuslujuuden ja sitä on helppo työstää. Esimerkiksi 1,5 mm paksuinen VilkoPly vaneri taipuu jopa 180 astetta murtumatta (Koskisen Oy).

Valmistusprosessi on pitkälle samanlainen kuin paksummallakin viilulla tehtyjen vanerilevyjen valmistuksessa. Valmistuksessa ohuiden viilujen käsittely on vaikeampaa niiden haurauden vuoksi, ja viilujen siirtelyssä joudutaan usein käyttämään apuna ihmisiä koneiden ja kuljettimien sijasta. Sorvaus tapahtuu niin, että puun pinnasta saatava hyvälaatuinen viilu käytetään ohutviilun tekoon, ja kun sorvaaja katsoo viilun laadun heikkenevän liikaa, hän vaihtaa sorvauspaksuutta ja sorvaa paksumpaa viilua muuhun käyttöön.

4.1 Laadun vaatimukset

Laadun vaatimukset ovat jaettu lujuuden ja pintalaadun vaatimuksiin.

4.1.1 Lujuus

Vilkon Oy käyttää ohutviiluvanerin standardina Germanischer Lloydin (2006) (Liite no2) ”Requirements for Materials, Bonding Methods and Wood Protection” –sertifikaattia, josta seuraavat kuivan kappaleen lujuusarvot ovat:

Vetolujuus pitkittäin	Vetolujuus poikittain	Pitkittäin + Poikittain
Vähintään 75 N/mm ²	Vähintään 45 N/mm ²	Vähintään 140 N/mm ²

Liimasauman vetolujuusarvot (GL 2006): vähintään **2 N/mm²**

4.1.2 Pintalaatu

Seuraavat pintalaadun määreet on saatu Germanischer Lloyd –standardista (GL 2006) ja Vilkon Oy:ltä.

4.1.2.1 GL -laadut

GL I = Sallittuja ovat viat, jotka ovat 30 mm:n sisällä viilun reunasta, ja yksi rivi terveitä oksia, joiden koko ei ylitä 6 mm.

GL II = Puolen levyn kokoisen suorakaiteen muotoisen palan on vastattava GL 1:n vaatimuksia ja GL 1:n laatumääräyksiä kuten myös 2/3:n koko alueesta. Oksia sallitaan: kork. 10 mm avoimia kahdessa rivissä. Minimietäisyys virheiden välillä 200 mm. Viallisia liitoksia, halkeamia ja limittyymiä sallitaan, jos ne vastaavat sijainti- ja etäisyysvaatimuksia.

4.1.2.2 Vilkon Oy:n laadut

A = Paras pintalaatu, jonka väri on vaalea ja syykuvio tasainen.

AB = Vaalea pintalaatu, joka sallii lievää väriä ja suonikkuutta, 2 – 3kpl maksimissaan n. 5 mm oksaa ja poikkeamaa syyrakenteessa.

B = Pintalaatu, jossa ilmenee koivulle luontaisia ominaisuuksia. Sallitaan lievää väriä koko pinnassa, suonikkuutta, lievää loimua ja 4 – 5 kpl maksimissaan 7- 8 mm oksia.

BR= Pintalaatu, joka sallii väripoikkeamat (väriä, keltaista, punaa, perskaa, sinistä) suonta, loimua, pientä oksaa ja 4 – 5 kpl maksimissaan 10 mm oksaa. Muutama pieni halkeama (avoin tai reunan päällä). Muutama pieni kurttu.

C = Pintalaatu joka sallii väripoikkeamat, suonta, loimua, pientä oksaa, 10 kpl maksimissaan 15 mm oksia, pieniä sinisiä halkeamia, perskaa.

5 MITTAUSMENETELMÄT JA VÄLINEET

Osiossa käsitellään käytettyjä tutkimustapoja ja – välineitä.

5.1 Tilanteen arviointi

Aloitimme tutkimustyön arvioimalla nykyistä tilannetta. Viilun työstö alkaa sorvauksesta, joten sorvaus oli luonnollinen kohde.

Viilun sorvaaja arvioi itse viilun laadun silmämääräisesti. Hän määrittelee omaan tietoon ja kokemukseensa perustuen mitä viilua kannattaa mistäkin puusta sorvata, ja miten paljon. Aluksi hyvälaatuisesta puun pintaosasta sorvataan ohutviilua ja kun sorvaajan mielestä viilun laatu heikkenee, hän aloittaa paksumman viilun sorvauksen vaihtamalla sorvauspaksuutta.

Kokeilimme eri vuorojen sorvareiden kanssa miten heidän viilun laadun näkemykset rajoittuvat. Käytännön testissämme sorvari sorvasi viilua siihen asti, kuin hän normaalisti sorvaa, kunnes hän vaihtaisi viilun paksuutta paksumpaan. Merkkasimme tämän kohdan viiluun, ja sorvari sorvasi vielä hieman lisää samaa paksuutta, jotta näkisimme kuinka viilun laatu alkaa huononemaan hänen ensin määrittelemän laadun rajan jälkeen. Näistä viilun rajakohdista otimme lisäksi kuvia myöhempää tarkastelua varten, joista selvisivät viilun sorvauksessa käytetyt rajat.

5.2 Koelevyjen teko

Koelevyjä varten oli valittava sopivat väliwiilut. Valituissa viiluissa tuli olla hyvän laatuista viilua, jotta saataisiin vertailupohjaa, sekä asteittain huonompia viiluja erilaisin virhein. Huonommissa viiluissa oli niin lahoa kuin oksiaakin. Pintaviilu pidettiin tasalaatuisena, jotta se ei aiheuttaisi hajontaa tuloksiin. Tutkittaviksi koelevyiksi valittiin 1.5 mm, 2.0 mm ja 4 mm paksuiset levyt, koska työntilaaajan mukaan niitä valmistetaan eniten.

Viilut kuvattiin, ja joissakin tapauksissa piirrettiin paperille oksien ja lahojen paikat sekä niiden koot, jotka mitattiin työntö- ja metrimitoilla. Ennen puristusta koelevyt merkattiin levyn pintaan kirjaimella(A-L), jotta ne tunnistaat puristuksen jälkeen.

Puristamisen jälkeen katsottiin valmiin levyn pintalaatu silmämääräisesti. Heijastamalla valoa levyn pintaan saatiin pienetkin virheet näkyviin. Painumat ja limittymät mitattiin ja kuvattiin myöhempää tarkastelua varten.

Koelevyt annettiin työstettäväksi, jotta niistä saatiin koekappaleet vetokokeita varten. Kuivat vetokoekappaleet (Kuva 2) tehtiin standardin Germanischer Lloyd ”Rules for surveying and testing of plywood for aircraft” (1953) mukaan, jossa myös kuvailtiin testauksen suoritus (LIITE 1).

Test Specimens for Tensile Strength of the Wood

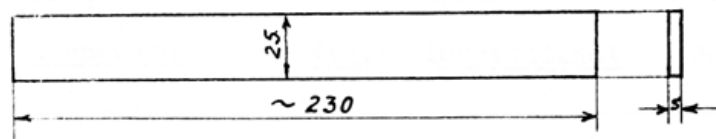
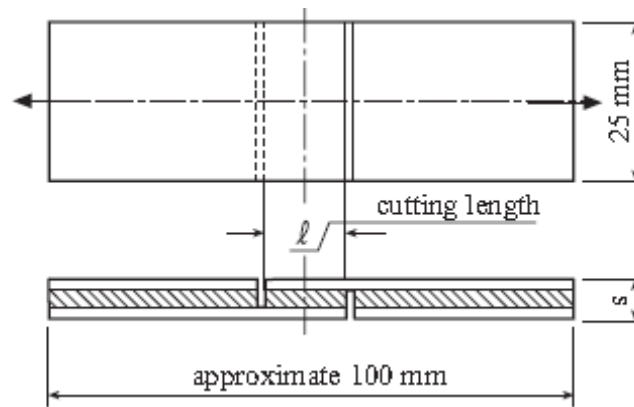


Fig.1 Test specimen for plywood up to 4 mm thickness

Kuva 2 Kuivan vetokoekappaleen mitoitus (Germanischer Lloyd 1953)



Kuva 3 3 -viiluisen vanerin liimasauman koekappale (Germanischer Lloyd 2006)

Liimasauman vetokoekappaleet sahattiin myös standardin Germanischer Lloyd (2006) mukaan. Jokaisessa levyn paksuudessa oli eri sahausvyvydet (Liite 3).

5.3 Vetokokeet

Vetokoe suoritettiin Shimadzu Autograph AG 100 –laitteella (kuva 4) ja Shimadzu WinAG v 2.16 –ohjelmistolla.



Kuva 4 Shimadzu Autograph AG

100

Staattiset; Veto-, puristus- ja taivustus-
testaukset

Kuormitusalueella 1-100 kN, tarkkus-
luokka 1

Hankintavuosi	1993
Paino [kg]	3005
Jännite [V]	3-vaihe
Teho [kW]	6
Ohjelmat	SHIMADZU WinAG v 2.16 vetotestaus veto- ja puristustestaus taivutustestaus

Testaus aloitettiin kalibroimalla Shimadzu – vetokoe laite. Koneeseen syötettiin aina työntömitalla mitatut tarkat arvot koekappaleista. Oikeanlaisten leukojen valinta tehtiin laboratorioinsinöörin avustuksella ja käymällä sähköpostikeskustelua Koskisen Oy:n laadunvalvonnan kanssa (Behm 2008).

Vetokoekappale asetettiin leukojen väliin ja kun oikeat nopeusarvot oli syötetty käyttöjärjestelmään, voitiin aloittaa testaus. Vetokoe laite alkoi pikkuhiljaa venyttää kappaletta leukojen välissä, ja samalla tietokoneen ruudulle piirtyi kuvaaja käytetyn voiman ja kappaleen venymisen suhteesta. Numeeriset arvot sai myös näkyviin. Kun kappale murtui, sai sen murtolujuusarvot taulukkoon ja sama toistettiin muiden kappaleiden kanssa koneen nollauksen jälkeen.

Vetokoekappaleita oli yhdestä levystä yhteensä 6: 3 pitkittäissuunnassa ja 3 poikittaissuunnassa (Liite 1). Koekappaleista laskettiin keskiarvo, pitkittäissuuntaisista oma ja poikittaissuuntaisista oma. Nämä arvot tuli olla standardin ilmoittaman rajan sisällä. Sen lisäksi poikittais- ja pitkittäissuuntaisten kappaleiden keskiarvot tuli laskea yhteen, josta saadun arvon tuli myös täyttää standardin vaatimukset. Liimasauman vetokoekappaleita tuli keittää 3 tuntia ennen testausta, jonka jälkeen ne jäähdytettiin. Muuten testaus oli samanlaista kuin kuivien vetokoekappaleidenkin testaus, mutta koekappaleita oli 5, joista keskiarvoon huomioitiin 3 parasta arvoa (Behm 2008).

On huomioitava, että lujuusmittaukset tehtiin Germanischer Lloyd standardin mukaisesti, jotta saataisiin kuvaa kuinka levyn lujuus heikkenee väliiviilun laadun mukana. Käytetyt väliviilut ovat kuitenkin liian heikkolaatuisia käytettäväksi missään tuon kyseisen standardin vaatimassa kohteessa (Liite 2, kohta 6).

Lopuksi tulokset sai Excel- taulukkona, ja halutessaan jokaisesta kappaleesta oli saatavana oma kuvaaja.

6 TULOKSET

Veto- ja liimasauman vetokokeiden tuloksissa rajana käytetään Germanischer Lloyd'in standardin mukaisia rajoja, jotka ovat pitkittäisvetolujuudelle vähintään 70 N/mm², poikittaisvetolujuudelle vähintään 45 N/mm² ja niiden yhteenlasketulle keskiarvojen summalle vähintään 140 N/mm². Liimasauman lujuus tulee olla vähintään 2 N/mm². Jos tulos ei ole standardin täyttävä, on lukema korostettu punaisella.

Pintalaatua on arvioitu silmämääräisesti heijastamalla valmista levyä valoa vasten, jolloin pintalaadussa näkyvät eroavaisuudet tulevat parhaiten esiin. Apuna on käytetty levyistä otettuja valokuvia havainnollistamaan tuloksia. Kaikista saaduista tuloksista on valittu ne, jotka parhaiten kuvaavat virheiden, oksien ja lahon, eri asteita. Loput tulokset ovat nähtävissä liitteissä (Liite 4).

6.1 LAHO

Seuraavassa lahon vaikutuksia lujuuteen ja pintalaatuun.

6.1.1 Lahon vaikutus lujuuteen



Kuva 5 levyn B väliwiilu

Taulukko 1 levyn B poikittais- ja pitkittäisvetolujuudet

Units	Max_Force kN	Max_Displacement mm	Max_Stress N/mm ²
Bpoikit1	4,9	4,631	97,6096
Bpoikit2	6,205	5,363	123,606
Bpoikit3	6,045	5,492	120,418
		ka	116,3099
		min	97,6096
		max	123,606
Bpitkit1	3,765	5,1115	75
Bpitkit2	3,49	10,001	69,5219
Bpitkit3	3,745	3,109	74,6016
		ka	73,53088
		min	69,5219
		max	75
yht (pit+poik)			189,8408

Taulukko 2 levyn B liimasauman lujuus

B1	0.10625	0.307	2.11653 4
B2	0.12375	0.335	2.46513 9
B3	0.105	0.302	2.09163 3
B4	0.11125	0.3185	2.21613 5
B5	0.105	0.2765	2.09163 3
		ka	2.26593 6
		min	2.09163 3
		max	2.46513 9

Levyn B (kuva 5) vetokoetuloksissa ei näy mitään, mikä viittaisi lahon tuloksia heikentävään vaikutukseen. Poikittais- ja pitkittäisvetolujuudet ovat GL –standardin (Germanischer Lloyd) mukaisissa rajoissa ja liimasauman lujuustulokset pysyvät myös rajojen sisällä.



Kuva 6 levyn E väliwiilu

Taulukko 3 levyn E vetolujuus

Units	Max_Force	Max_Displ	Max_Stress
	kN	mm	N/mm ²
Epoikit2	4,85	4,097	96,6135
Epoikit3	4,44	3,878	88,4462
		ka	93,89107
		min	88,4462
		max	96,6135
Epitkit1	3,04	2,5665	60,5578
Epitkit2	3,28	2,471	65,3386
Epitkit3	3,56	2,7	70,9163
		ka	66,93225 yht (pit+poi 160,823)
		min	60,5578
		max	70,9163

Taulukko 4 levyn E liimasauman

lujuus

E1	0.085	0.295	1.69322 7
E2	0.1	0.3525	1.99203 2
E3	0.1075	0.297	2.14143 4
E4	0.06875	0.245	1.36952 2
E5	0.09	0.2655	1.79282 9
		ka	1.97543 2
		min	1.36952 2
		max	2.14143 4

Levyn E (kuva 6) tuloksissa poikittais- ja pitkittäisvetokokeiden tulokset ovat rajojen sisällä, kuten niiden yhteenlaskettu summakin. Liimasauman lujuuskokeessa taas on havaittavissa heittoa, ja tulosten keskiarvo ei pysynyt enää rajojen sisäpuolella.



Kuva 7 levyn D väliwiilu

Taulukko 5 levyn D pitkittäis- ja poikittaisvetolujuudet

Units	Max_Force kN	Max_Disp mm	Max_Stress N/mm2
Dpoikit1	8,595	5,223	85,6076
Dpoikit2	8,915	5,438	88,7948
Dpoikit3	7,855	5,124	78,2371
		ka	85,358575
		min	78,2371
		max	88,7948
Dpitkit1	6,96	4,124	69,3227
Dpitkit2	8,155	4,6195	81,2251
Dpitkit3	7,44	4,348	74,1036
		ka	74,68875
		min	69,3227
		max	81,2251
			yht (pit+poi) 160,0473

Taulukko 6 levyn D liimasauman lujuus

D1	0,09375	0,167	0,933765
D2	0,2175	0,369	2,166335
D3	0,14875	0,289	1,481574
D4	0,1775	0,29	1,767928
D5	0,15125	0,266	1,506474
		ka	1,813579
		min	0,933765
		max	2,166335

Levyn D(kuva 7) pitkittäis- ja poikittaisvetolujuudet pysyivät standardin rajojen sisäpuolella, kuten myös niiden yhteenlaskettu summakin. Liimasauman vetolujuudessa vaadittu raja 2 N/mm² ei taas ylity, vaan tulos on negatiivinen.

6.1.2 Lahon vaikutus pintalaatuun



Kuva 8 levyn B väliiilu



Kuva 9 valmiin levyn B pinta

Levyn B (kuva 8 & kuva 9) väliiilun ei todettu aiheuttavan valmiin levyn pinnassa mitään näkyvää painumaa, eikä limittyymiä esiintynyt.



Kuva 10 levyn E väliwiilu



Kuva 11 valmiin levyn E pinta

Levyn E (kuva 10 & kuva 11)väliwiilu ei aiheuttanut valmiissa levyssä painumia eikä myöskään limittymiä. Levyn pinta oli tasainen ja niiltä osin virheetön.



Kuva 12 levyn D väliviilu



Kuva 13 valmiin levy D pinta

Levyn D (kuva 12 & kuva 13) väliviilu aiheutti valmiin levyn pinnassa näkyviä viirumaisia limittyymiä. Niitä oli melko reilusti sekä syykuvion suuntaisesti että ristiin syykuvion kanssa.

6.1.3 Päätelmiä lahon vaikutuksesta tuloksiin

Saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että laholla ei ole suurta vaikutusta pitkitäis- ja poikittaisvetokokeisiin ainakaan testeissä käytetyillä lahon esimerkkiviiluilla. Tulokset pysyivät vetolujuuksien osalta Germanischer Lloydin standardin vaatimuksissa.

Lahon vaikutus liimasauman lujuuteen näyttäisi olevan selvempää, ja lahon laajuuden kasvaessa tulokset eivät pysyneet enää standardin rajoissa. Sekä levyn E, että D osalta liimasauman vetokokeen tulos oli heikompi kuin mitä standardi vaatii. Syynä tähän voi olla se, että laho viilu ei kuivu viilun kuivauksessa yhtä hyvin kuin hyvälaatuinen viilu ja tästä johtuen puristuksessa liima ei imeydy viiluun tarkoituksen mukai-

sella tavalla. Hannu Kuposen mukaan *liima imeytyy liiaksi kosteaan viiluun eikä sideaine riitä sauman muodostamiseen* (Koponen, 72).

Lahon vaikutus pintalaatuun on saatujen tulosten perusteella myös melko vähäistä. Kun laho on yhtenäistä kuten levyissä E ja B, eikä viilussa esiinny halkeamia, toimii laho ilmeisesti vanerin ”täytteenä” siinä missä hyvälaatuinenkin viilu. Lahosta ei tällöin tulosten perusteella tule valmiin levyn pintaan virheitä. Kun laho on voimakkaampaa ja siinä esiintyy halkeamaa kuten levyssä D, seuraa siitä levyn pintaan kapeita limittyviä.

lahon vaikutukset saatujen tulosten perusteella näyttäisivät rajoittuvan liimauksen ongelmiin. Myös kun lahossa esiintyy halkeamaa, näyttäisi se vaikuttavan valmiin vanerin pintalaatua heikentävästi.

6.2 OKSAT

Seuraavassa käsitellään oksien vaikutuksesta lujuuteen ja pintalaatuun.

6.2.1 Oksien vaikutus lujuuteen



Kuva 14 levyn F väliwiilu



Kuva 15 Fpoikit1 koekappaleen murtumakohta ja siinä näkyvä oksa

Taulukko 7 levyn F poikkittais- ja pitkittäisvetolujuudet

Units	Max_Force kN	Max_Displacement mm	Max_Stress N/mm ²
Fpoikit1	1,35	3,759	35,8566
Fpoikit2	1,195	3,015	31,7397
Fpoikit3	2,34	4,262	62,1514
		ka	43,24923
		min	31,7397
		max	62,1514
Fpitkit1	3,035	3,474	80,6109
Fpitkit2	3,065	3,509	81,4077
Fpitkit3	3,795	4,633	100,797
		ka	87,6052
		min	80,6109
		max	100,797

lyht (pit+poi) 130,8544

Taulukko 8 levyn F liimasauman lujuus

F1	0,18875	0,246	5,01328
F2	0,17125	0,255	4,548473
F3	0,19625	0,286	5,212483
F4	0,20125	0,302	5,345286
F5	0,22875	0,3115	6,075697
		ka	5,544489
		min	4,548473
		max	6,075697

Levyn F (kuva 14) vetolujuuskokeet eivät pysyneet poikkitaisten vetolujuuksien osalta standardin vaatimassa 45 N/mm² lukemassa. Tarkastellessa koekappaleita Fpoikit1 (kuva 15) ja Fpoikit2 oli huomattavissa, että koekappaleet olivat katkenneet oksan

kohdalta. Se on todennäköinen syy heikkoon vetokoetulokseen. Liimasauman kohdalta tulokset ovat liiankin hyviä, ja voidaan olettaa mittauksessa tapahtuneen jonkinlaisen virheen, mistä johtuen tulokset ovat liian suuria. Tämä virhe aiheutui todennäköisesti koekappaleiden liiallisesta kuivumisesta ennen testausta.



Kuva 16 levyn H väliwiilu

Taulukko 9 levyn H poikittais- ja pitkittäisvetolujuudet

	Max_Force	Max_Disp	Max_Stress
Units	kN	mm	N/mm ²
Hpoikit1	2,42	4,0855	64,2762
Hpoikit2	1,59	3,081	42,2311
Hpoikit3	0,69	1,574	18,3267
		ka	41,61133
		min	18,3267
		max	64,2762
Hpitkit1	3,355	3,704	89,1102
Hpitkit2	4,725	4,7285	125,498
Hpitkit3	3,83	3,663	101,726
		ka	105,4447 yht (pit+poi 147,0561
		min	89,1102
		max	125,498

Taulukko 10 levyn H liimasauman lujuus

H1	0,2725	0,325	7,237716
H2	0,2675	0,3025	7,104914
H3	0,12	0,186	3,187251
H4	0,17	0,2295	4,515272
H5	0,15125	0,2145	4,017264
		ka	6,285967
		min	3,187251
		max	7,237716

Levyn H (kuva 16) lujuuskokeissa oli havaittavissa samaa kuin levyn F kokeissakin. Poikittaisvetolujuudet eivät mahtuneet GL –standardin rajoihin. Tarkastellessa koekappaleita Hpoikit2 ja Hpoikit3 oli havaittavissa myös että ne olivat katkenneet oksan kohdalta, kuten levyn F tapauksessakin (kuva 15). Liimasauman vetolujuudet olivat myös liian korkeita kuten levyn F. Tämä aiheuttaa epäilyjä kokeiden onnistumisen suhteen ja mittauksessa onkin varmasti sattunut jonkinasteinen virhe. Tämä virhe aiheutui todennäköisesti koekappaleiden liiallisesta kuivumisesta ennen testausta.

6.2.2 Oksien vaikutus pintalaatuun



Kuva 17 levyn H väliviilu



Kuva 18 valmiin levyn H pinta

Levyn H väliviilu (kuva 17) ei aiheutanut valmiin levyn pintaan minkäänlaisia virheitä. Valmiin levyn pinta oli tasainen, eikä siinä näkynyt painumia.



Kuva 19 levyn O väliiilu



Kuva 20 valmiin levyn O pinta

Levyn O väliiilusta (kuva 19) aiheutui pintaan painumia, jotka olivat kooltaan saman kokoisia väliiilussa olleen reiän kanssa. Painuma näkyy kuvassa keskellä olevan oksan vierellä, valon heijastumassa näkyvänä ”varjona”. Painumat erottuvat ihmissilmään vain valoa vasten heijastamalla.



Kuva 21 levyn P väliwiilu



Kuva 22 valmiin levyn P pinta

Levyn P väliwiilussa (kuva 21) olevat reiät aiheuttivat painumia valmiin levyn pintaan. Painuma on kooltaan lähes saman kokoinen väliwiilussa olevan reiän oksan reiän kanssa. Painuma näkyy keskellä kuvaa olevassa valon heijastumassa ”varjona”, mutta näkyy ihmissilmään vain heijastamalla levyä valoa vasten.

6.2.3 Päätelmiä oksien vaikutuksesta tuloksiin

Oksien vaikutus vetolujuuksiin on testien perusteella melko suuri. Jos oksa osuu veto-koekappaleen kohdalle, katkeaa kappale yleensä juuri tästä oksan kohdalta aiheuttaen keskimääräistä alhaisemman vetolujuuden. Miltei kaikki vetokoekappaleet, joista tuli muista poikkeava arvo, johtui siitä että koekappaleeseen oli osunut oksa tai oksan reikä. Todennäköisyys sille, että koekappaleessa on oksa kasvaa aina luonnollisesti kun väliwiilussa on enemmän oksia. Oksan heikentämä vetokoetulos saattaa vääristää kokonaiskuvaa levyn lujuudesta, koska oksa on kuitenkin niin pienellä alalla verrattuna koko levyn alaan.

Oksan vaikutus pintalaatuun testattiin pienempikokoisella oksalla ja isommilla oksan rei'illä. Pienempi oksa ei aiheuttanut mitään näkyvää levyn pintaan, kun taas isommista oksan rei'istä aiheutui painumat, jotka näkyvä heijastettaessa valoa vasten. Kiinni oleva oksa ei siis testien perusteella aiheuta mitään virheitä levyyn, kun taas reikä väliviilussa alkaa aiheuttaa painuman n. 20 – 30 mm reiän halkaisijasta lähtien.

Viiluja, joissa on kiinni olevia oksia voisi siis näiden kokeiden perusteella käyttää vaneri levyihin, joissa ei tarvita lujusominaisuuksia, mutta levyn ulkonäön tulisi olla kohtuullisen ehyt ja virheetön. Sellaisia väliviiluja, joissa on irtonaisia oksia ja oksan reikiä voisi mahdollisesti käyttää vanereihin, joissa ei vaadita ulkonäöllisiä ominaisuuksia. Näissä ”suuri reikäisissä” viiluissa vanerin hyvät perusominaisuudet kuitenkin säilyvät, kuten taipumislujuus, koska reiät ovat vain harvakseltaan levyssä.

7 POHDINTA

Insinööriyössä onnistuttiin saavuttamaan ne tavoitteet melko hyvin mitä sille oli asetettu työn aloittamisen aikaan. Alkuhetkillä työn toteutus ja tulosten esittämisen muoto ei ollut vielä täysin selvää, vaan sekä työskentelytavat ja se mihin tutkimukset lopulta keskittyivät, alkoivat muodostua vasta kun ensimmäiset testit olivat suoritettu. Pidimme monta palaveria työn tilanneen Vilkon Oy:n tiloissa insinööriyön ohjaajan kanssa, yksi keskustelu aina jokaisen eri testaus jakson jälkeen, ja sitä mukaa työn tavoite aina muuttui tai tarkentui. Lopulta työn tavoite oli tutkia onko huonolaatuisen väliviilun käyttö mahdollista esimerkiksi kohteissa, joissa ei tarvita hyviä lujuusarvoja, vaan jos valmis vaneri näyttää kohtuullisen hyvältä, se voisi kelvata tiettyihin kohteisiin.

Tuloksista ilmenee, että tietynlainen viilu voi toimia vanerin ”täytteenä” vaikka se ei omaisikaan riittäviä laadullisia ominaisuuksia vaativampaan käyttöön. Jos viilussa ei ilmene paksuuden vaihteluja, kuten esimerkiksi halkeamia lahossa, oksan reikiä tai muita vastaavia vikoja, on vaikea sanoa valmista vaneria katsomalla, että sisällä oleva viilu on huonolaatuista. Jos ohutviiluvanerissa taas on päällepäin näkyviä painumia tai limittyviä, voisi tällaista vaneria tarjota asiakkaille, jotka käyttävät vaneria kohteissa, joissa se ei jää näkyviin. Mielestäni saadut tulokset voivat auttaa työn tilannutta Vilkon Oy:tä tuotekehityksessä ja viilun paremmassa hyödyntämisessä.

Saadut tulokset ovat mielestäni luotettavia, mutta jotta niitä voisi alkaa yleistämään, olisi tehtävä lisää kokeita. Tulosten lukumäärä tulisi olla suurempi, jotta ne alkaisivat olla täysin luotettavalla tasolla. Nyt saadut tulokset ovat mielestäni suuntaa-antavia. Ne auttavat kokonais kuvan hahmottamisessa ja helpottavat tehtäessä päätöksiä seuraavista askeleista kohti huonolaatuisen viilun hyödyntämistä.

Insinööriyön tekeminen oli itselle hyvin opettavainen kokemus. Työn kuluessa sain käyttää ensimmäistä kertaa opittuja insinöörin työskentelytapoja: työn suunnittelu, keskustelutilaisuudet, testaukset ja tulosten analysoiminen. Toivon, että myös työnantajalle tämä oli hyvä kokemus, ja siitä on hyötyä ohjatessa seuraavia insinööritöitä. Mieluusti näkisin, että työstä on hyötyä myös työelämässä ja Vilkon Oy:n vaneritehtaan toiminnassa. Yksi työn tarkoituksista oli myös selkeyttää tuotannon työntehtäjä-

den kuvaa vanerin valmistuksesta ja viilun vaikutuksista vanerissa, sekä antaa heille selkeä tutkimus, josta tulokset on helppoa nähdä ja tarkistaa tarvittaessa.

Työn edetessä ja sen valmistuessa ilmeni myös joitakin ongelmakohtia, jotka on hyvä huomioda, ettei vastaavaa tapahtuisi uudelleen. Varmasti suurin virhe, joka ilmeni tehdessä analyysia saaduista liimasauman lujuusmittauksista, oli työnantajan huomauttamien tulosten liian suuret arvot joidenkin koekappaleiden kohdalla. Virhe tapahtui todennäköisesti vetokokeita tehtäessä ja johtuu todennäköisesti siitä, että koekappaleet, joiden tulisi olla täysin märkiä, ehtivät liiaksi kuivumaan. Teoriaa tukee myös se, että epäilyttävät tulokset sattuivat juuri ohuimmista koevanereista tehdyille koekappaleille, jotka kuivuvat nopeammin kuin paksummat kappaleet.

Jälkeenpäin ajatellen olisi ollut myös hyödyllistä mitata viilujen kosteuksia ennen vanereiden puristusta. Todennäköisesti lahoa sisältävät viilut olisivat olleet kosteampia, ja siitä voi aiheutua ongelmia liimauksessa ja liimasauman kestossa. Myös valmiissa vanereissa esiintyvien painaumien ja limittymien paksuuksien mittaus olisi ollut hyödyllistä. Siitä voisi saada selville onko vaneri ohuempaa painauman kohdalla, vai palautuuko pintaviilu puristuksen jälkeen samalle tasolle sen pinnan kanssa, jossa alla on ehyt väliviilu. Mutta nämä seikat jäävät nyt odottamaan seuraavaa insinööri-työtä.

Kaiken kaikkiaan insinööri-työn tekeminen oli hyvin mielenkiintoista. Työnantaja pystyi joustamaan tarvittaessa esimerkiksi työn aikataulun suhteen. Työn tekeminen oli hyvin itsenäistä ja samalla hyvin motivoivaa, koska tiesin työstä olevan mahdollisesti hyötyä työn tilaajallekin.

LÄHTEET

Behm, Tarja & Jaakkola, Riitta 2008. Sähköpostikeskustelu 1.4. - 18.4.2008. Laadun-
tarkkailija. Koskisen Oy.

Koponen, Hannu 2002. Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. Helsinki: Edita.

Koskisen Oy. VilkoPly: Monien mahdollisuuksien ohutviiluvaneri. Mainoslehti.

Kuikka, Kalervo & Kunelius, Kauko 1993. Puutekniikka 2: Materiaalit. Keuruu: Ota-
va.

Loukola, Sakari 2001. Puusta pitkään: Puutuotteiden suunnittelu ja valmistus. Jyväskylä: Gummerrus.

Metsäteollisuus ry 2005. Vanerikäsikirja. Lahti: Markprint.

Vilkon Oy. Koskisen koivutuoteteollisuus: Yritysesittely.

Requirements for Materials, Bonding Methods and Wood Protection 2006. Germanischer Lloyd. PDF dokumentti.

Rules for surveying and testing of plywood for aircraft 1953. Germanischer Lloyd. PDF dokumentti.

Puuarkisto. Pro Puu -yhdistys. WWW-dokumentti. <http://www.puuproffa.fi/arkisto/>. Päivitystietoja ei saatavilla. Luettu 13.4.2008.

LITTEET

Liite no1 Germanischer Lloyd (1953)

- 8 -

4) Tensile Strength of the Wood:

The strengths have to be determined by stretching at least 3 test specimens in longitudinal direction and 3 specimens transverse to the grain direction of each test board by means of a gauged tensile testing machine.

The following minimum strengths are required:

For Birch, Beech and Alder
or timber of similar qualities

longitudinal to grain direction of face plies = 700 kg/cm²
transverse to grain direction of face plies = 450 kg/cm²
longitudinal + transverse
to grain direction of face plies = 1400 kg/cm²

For Okumé (Gaboon) and Poplar
or timber of similar qualities

longitudinal to grain direction of face plies = 450 kg/cm²
transverse to grain direction of face plies = 300 kg/cm²
longitudinal + transverse
to grain direction of face plies = 900 kg/cm²

Lower values but not exceeding 10 % are permissible for boards over 3 mm thickness.

The average value of the results of the same test board has to be considered as definitive result of the testing.

See Table I

Dimensions of Test Specimens:

For test boards under 4 mm thickness specimens 250 × 25 mm
according to Fig.1

For test boards over 4 mm thickness specimens
according to Fig.2

See also Table II

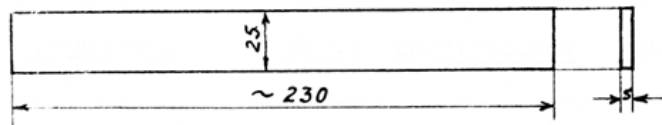
Test Specimens for Tensile Strength of the Wood

Fig.1 Test specimen for plywood up to 4 mm thickness

Liite no2 Germanischer Lloyd (2006)

II - Part 2 Section 1 D Requirements for Materials, Bonding Methods and Wood Protection Chapter 2
GL 2006 Page 1-9

3.2 The joints shall be sealed perfectly and shall bond the veneers to each other by butt joints. The joints shall be glued on a suitable joint bonding machine.

3.3 The joints of the various veneer layers shall be staggered.

3.4 The strips of veneer of the outer layers shall be put together so that they match with regard to timber and colour.

3.5 Paper or plastic adhesive strips may not be used to secure or repair inner veneer layers.

3.6 Metal clamps used for securing purposes may only be positioned on the edges of the panels. They shall on no account remain on the panels when they are cut to standard dimensions.

4. Strength groups

4.1 With regard to their suitability for the production of aviation plywood, the timbers listed below are currently approved; these have been divided into two strength groups.

Table 1.4 Strength groups

Timber	Strength group	Mean tensile strength of plywood MPa		
		Longitudinal	Transverse	Long. + transv. (added)
Birch Beech Alder	F1	≥ 70	≥ 45	≥ 140
Okumé (Gaboon) Poplar	F2	≥ 45	≥ 30	≥ 90
		≥ 45	≥ 30	≥ 90

4.2 In the case of panels over 3 mm thick, these values may be reduced by a maximum of 10 %.

4.3 Other types of wood may only be used for making plywood panels upon agreement with GL. The manufacturer shall always remain responsible for the correct selection of the quality and type of wood.

5. Plywood grades

5.1 Plywood of the two strength groups is subdivided into two grades after inspecting its external and internal quality. In relation to their respective groups, grades I and II are identical with regard to type of wood, strength, production and bonding. They differ

insofar that the panels of grade I can be used completely, while the panels of grade II are restricted to partial use because of local manufacturing defects or timber flaws.

5.2 The defects of grade II shall be limited to one third of the panel area. Two thirds of the panel shall be free of defects and suitable for use. The defects are identified during inspection by marking.

5.3 The visible side of the plywood panel shall be manufactured virtually without any defects and, furthermore, the quality, colour and grain shall be combined in such a manner that they match. The hidden surface may have small colour differences or slight blemishes which do not influence the strength of the panel.

6. Defects

6.1 The following wood and production defects are not permissible in the outer and inner veneer layers:

- loose, mouldering knots, rotten knots, holes in the middle layers
- firm knots over 6 mm diameter
- in the case of three-ply panels, more than four knots in one layer of a 100 × 100 cm large panel
- a distance of less than 200 mm between the knots.
- in the case of five- or multi-ply panels, more than six knots in one layer and less than 150 mm distance between the knots.

If the panel sizes are different to those specified above, the number of the permissible knots changes in accordance with the area. Knots up to 30 mm from the edge do not have to be taken into consideration.

- short-grained, curly-grained and cross-grained wood, variegated appearance and discolourations, and mould stains if they decrease the strength and bending capability significantly.

Small signs of mould stains as well as bark specks do not have to be taken into consideration.

Short-grained or curly-grained wood covers such wood whose grain is interrupted and which has different growth directions (see photo, DIN 68256).

- knot and shake scars and intergrown knots (see photo, DIN 68256)

Furthermore, the following manufacturing errors are not allowed:

- joints which transgress the defined type, and inserted pieces (shims)
- unbonded, open and badly closed joints

Liite no3 Germanischer Lloyd (2006)

7.5.3 All panels up to a thickness which allows examination against light shall be subject to this inspection:

- Light timber, e.g. birch: up to 3,0 mm thickness,
- Darker timber, such as beech or okumé (gaboon): up to 1,5 mm thickness.

7.6 Thickness deviations

Deviations in production, especially with regard to the thickness, shall comply with the requirements of the customer. If no other specifications exist, then the values listed in B.2 shall be used.

7.7 Moisture test

7.7.1 Two kiln-drying samples are used for determining the moisture of plywood. This shall be done in accordance with DIN 52375. The moisture content of the plywood shall be 5 – 12 % ex works.

7.7.2 Measurements of the moisture content of plywood by means of electrical measuring instruments can only be approved if check measurements using the kiln-dried samples have shown approximately identical values.

7.8 Tensile strength

7.8.1 The strength of at least three samples parallel to and three samples at right angles to the fibre direction of the outer layers of each test panel shall be determined by means of tensile testing in a calibrated testing machine.

7.8.2 The tensile strength shall be determined in accordance with DIN 52377, using the test pieces specified therein.

7.8.3 The average value of the results for the same test panel is taken as the result of the test.

7.9 Tensile lap-shear test

7.9.1 The tensile lap-shear test shall be carried out in accordance with DIN 53255.

7.9.2 The tensile lap-shear strength shall be determined with at least five samples from each test panel in a wet condition by shearing off the bonded area in a calibrated testing machine, as well as with two boiling samples of 10 cm × 10 cm dimensions:

- samples for 3-ply panels in accordance with Fig. 1.2
- samples for 5-ply panels in accordance with Figs. 1.3 and 1.6
- samples for 7-ply panels in accordance with Figs. 1.4 and 1.7
- samples for 9-ply panels in accordance with Fig. 1.5

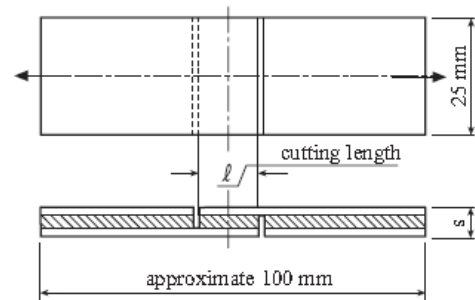


Fig. 1.2 Longitudinal sample for a 3-ply plywood panel

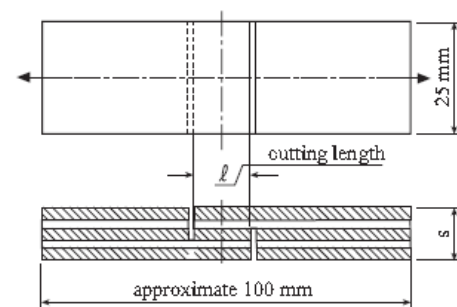


Fig. 1.3 Transverse sample for a 5-ply plywood panel

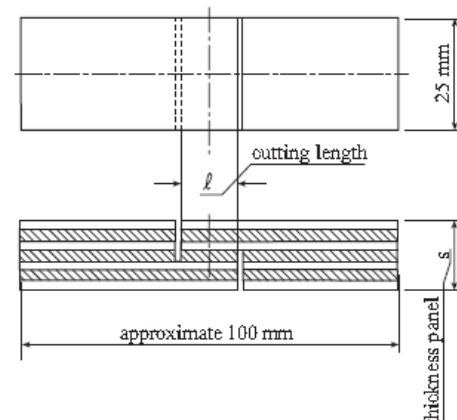


Fig. 1.4 Longitudinal sample for a 7-ply plywood panel

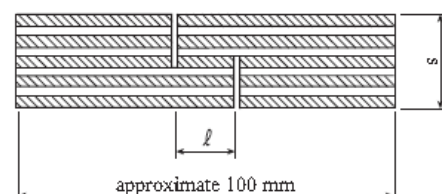


Fig. 1.5 Transverse sample for a 9-ply plywood panel

Liite no4 1,5 mm vanerin vetokokeet

Units	Max_Force kN	Max_Displacement mm	Max_Stress N/mm ²	
Fpoikit1	1,35	3,759	35,8566	
Fpoikit2	1,195	3,015	31,7397	
Fpoikit3	2,34	4,262	62,1514	
		ka	43,2492	
		min	31,7397	
		max	62,1514	
Fpitkit1	3,035	3,474	80,6109	
Fpitkit2	3,065	3,509	81,4077	
Fpitkit3	3,795	4,633	100,797	
		ka	87,6052	yht (pit+poik) 130,854 4
		min	80,6109	
		max	100,797	
Hpoikit1	2,42	4,0855	64,2762	
Hpoikit2	1,59	3,081	42,2311	
Hpoikit3	0,69	1,574	18,3267	
		ka	41,6113	
		min	18,3267	
		max	64,2762	
Hpitkit1	3,355	3,704	89,1102	
Hpitkit2	4,725	4,7285	125,498	
Hpitkit3	3,83	3,663	101,726	
		ka	105,444	yht (pit+poik) 147,056 7 1
		min	89,1102	
		max	125,498	
Cpoikit1	2,4	3,69	63,745	
Cpoikit2	2,925	4,5355	77,6892	
Cpoikit3	3,07	5,664	81,5405	
		ka	75,1659	
		min	63,745	
		max	81,5405	
Cpitkit1	3,505	4,981	93,0943	
Cpitkit2	3,855	4,4765	102,39	
Cpitkit3	3,525	4,464	93,6255	
		ka	95,6838	yht (pit+poik) 170,849 3 8
		min	93,0943	
		max	102,39	

Liite no5 2 mm vanerin vetokokeet

Units	Max_Force kN	Max_Dis p mm	Max_Stress N/mm2	
Bpoikit1	4,9	4,631	97,6096	
Bpoikit2	6,205	5,363	123,606	
Bpoikit3	6,045	5,492	120,418	
			116,309	
		ka	9	
		min	97,6096	
		max	123,606	
Bpitkit1	3,765	5,1115	75	
Bpitkit2	3,49	10,001	69,5219	
Bpitkit3	3,745	3,109	74,6016	
			73,5308	yht
		ka	8	(pit+poik) 189,840
		min	69,5219	8
		max	75	
Epoikit1	4,615	4,094	91,9323	
Epoikit2	4,85	4,097	96,6135	
Epoikit3	4,44	3,878	88,4462	
			93,4013	
		ka	8	
		min	88,4462	
		max	96,6135	
Epitkit1	3,04	2,5665	60,5578	
Epitkit2	3,28	2,471	65,3386	
Epitkit3	3,56	2,7	70,9163	
			66,9322	yht
		ka	5	(pit+poik) 160,333
		min	60,5578	6
		max	70,9163	
Gpoikit1	2,555	2,213	50,8964	
Gpoikit2	2,325	2,024	46,3147	
Gpoikit3	3,605	2,558	71,8128	
			60,2091	
		ka	8	
		min	46,3147	
		max	71,8128	
Gpitkit1	3,92	2,791	78,0876	
Gpitkit2	4,36	3,4115	86,8526	
Gpitkit3	4,405	3,187	87,749	
			85,1095	yht
		ka	5	(pit+poik) 145,318
		min	78,0876	7
		max	87,749	

Liite no6 4 mm vanerin vetokokeet

Units	Max_Force kN	Max_Displacement mm	Max_Stress N/mm2		
Apoikit1	9,245	4,652	92,0817		
Apoikit2	9,555	5,877	95,1693		
Apoikit3	9,64	5,929	96,0159		
		ka	94,8207		
		min	92,0817		
		max	96,0159		
Apitkit1	6,86	4,286	68,3267		
Apitkit2	9,76	5,32	97,2112		
Apitkit3	7,315	3,969	72,8586		
		ka	77,81378	yht (pit+poik)	172,634
		min	68,3267		5
		max	97,2112		
Dpoikit1	8,595	5,223	85,6076		
Dpoikit2	8,915	5,438	88,7948		
Dpoikit3	7,855	5,124	78,2371		
		ka	85,35858		
		min	78,2371		
		max	88,7948		
Dpitkit1	6,96	4,124	69,3227		
Dpitkit2	8,155	4,6195	81,2251		
Dpitkit3	7,44	4,348	74,1036		
		ka	74,68875	yht (pit+poik)	160,047
		min	69,3227		3
		max	81,2251		

Liite no7 liimasauman lujuuskokeet

Units	kN	mm	N/mm2
C1	0,22125	0,2825	5,87649 4
C2	0,1625	0,254	4,31606 9
C3	0,21375	0,294	5,67729 1
C4	0,25375	0,354	6,73970 8
C5	0,2425	0,317	6,44090 3
		ka	6,35236 8
		min	4,31606 9
		max	6,73970 8

F1	0,18875	0,246	5,01328
F2	0,17125	0,255	4,54847 3
F3	0,19625	0,286	5,21248 3
F4	0,20125	0,302	5,34528 6
F5	0,22875	0,3115	6,07569 7
		ka	5,54448 9
		min	4,54847 3
		max	6,07569 7
H1	0,2725	0,325	7,23771 6
H2	0,2675	0,3025	7,10491 4
H3	0,12	0,186	3,18725 1
H4	0,17	0,2295	4,51527 2
H5	0,15125	0,2145	4,01726 4
		ka	6,28596 7
		min	3,18725 1
		max	7,23771 6
B1	0,10625	0,307	2,11653 4
B2	0,12375	0,335	2,46513 9
B3	0,105	0,302	2,09163 3
B4	0,11125	0,3185	2,21613 5
B5	0,105	0,2765	2,09163 3
		ka	2,26593 6
		min	2,09163 3
		max	2,46513 9
E1	0,085	0,295	1,69322 7
E2	0,1	0,3525	1,99203 2
E3	0,1075	0,297	2,14143 4
E4	0,06875	0,245	1,36952 2
E5	0,09	0,2655	1,79282 9
		ka	1,97543 2
		min	1,36952 2

		max	2,14143 4
G1	0,08875	0,3545	1,76792 8
G2	0,12875	0,342	2,56474 1
G3	0,08125	0,303	1,61852 6
G4	0,07375	0,2055	1,46912 4
G5	0,08	0,2495	1,59362 5
		ka	1,98373 2
		min	1,46912 4
		max	2,56474 1
D1	0,09375	0,167	0,93376 5
D2	0,2175	0,369	2,16633 5
D3	0,14875	0,289	1,48157 4
D4	0,1775	0,29	1,76792 8
D5	0,15125	0,266	1,50647 4
		ka	1,81357 9
		min	0,93376 5
		max	2,16633 5
A1	0,39875	0,531	3,97161 4
A2	0,5625	0,668	5,60259
A3	0,3725	0,5315	3,71015 9
A4	0,38625	0,5225	3,84711 2
A5	0,55625	0,6455	5,54033 9
		ka	5,03818 1
		min	3,71015 9
		max	5,60259