

Limittymien ehkäiseminen kuivassa väliviilussa

Koskisen Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Materiaalitekniikan
koulutusohjelma
Puutekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Rainer Manninen

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on suoritettu osana Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan alan insinööritutkintoa. Työn kirjallinen osa on tehty syksyn 2016 ja kevään 2017 aikana. Kokeellinen osa kirjoitettiin keväällä 2017. Työni ohjasi Koskisen Oy:n toimesta vuoropäällikkö Saija Korpela ja Lahden ammattikorkeakoulun ohjaajana toimi lehtori Ilkka Tarvainen.

Annan suuret kiitokset työni onnistumisesta Koskisen Oy:n puolen työn ohjaajalleni Saija Korpelalle sekä vanerin jatkojalostusosaston vuoropäällikölle Kalervo Kettuselle. Lisäksi kiitän puutekniikan lehtoria Ilkka Tarvaista työn ohjauksesta sekä koko Koskisen Oy:n henkilökuntaa avuliaasta käyttäytymisestä työni toteuttamisessa.

Lahdessa 2.3.2017

Rainer Manninen

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

MANNINEN, RAINER:

Limittymien ehkäiseminen kuivassa
väliviilussa
Koskisen Oy

Puutekniikan opinnäytetyö

67 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Työssä käsitellään vanerin valmistuksessa syntyvien viilulimittymien ehkäisemistä koivuvanerituotannon eri vaiheissa. Työ suoritettiin Koskisen Oy:n vaneriteollisuuden toimeksiantamana Järvelän vaneritehtaalla. Kokeelliset tutkimukset suoritettiin pääasiassa Lahden ammattikorkeakoulun puulaboratorion tiloissa.

Tutkimus jakautuu kahteen osioon, kirjalliseen ja kokeelliseen. Kirjallinen osuus selvittää lyhyesti vanerin valmistuksen perusteet, kertoo limittymien muodostumisesta eri tuotannonvaiheissa, niiden vaikutuksista käyttökohdeissa sekä limittymien esiintyvyydestä Koskisen Oy:llä.

Kokeellisessa osiossa selvitetään limittymien vaikutusta vanerin kosteusturpoamaan ja taivutuslujuuteen. Tutkimustuloksista muodostetaan tilastoja, joita vertailemalla visuaaliseen havaintoon pyritään havaitsemaan tuloksia heikentävät koekappaleiden ominaisuudet.

Työn lopussa tutkimustulokset ja havainnot vanerituotannosta kootaan ja niiden pohjalta annetaan ehdotuksia vanerituotannon parantamiseksi limittymien ehkäisemiseksi. Vaneriaihion ladonnan onnistumisella oli suurin merkitys limittymien syntyvyydessä. Limittymän sisältävien koekappaleiden taivutusmurtolujuus oli ennakoitua pienempi normaalirakenteiseen vaneriin verrattuna.

Asiasanat: koivuvaneri, limittymä, kosteusturpoama, taivutuslujuus, kuivan väliviilun saumaus, liimanauha

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Materials Engineering

MANNINEN, RAINER: Overlaps prevention in dry core
veneer
Koskisen Oy

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 67 pages, 8 pages of appendices

Spring 2017

ABSTRACT

This thesis deals with overlaps prevention in dry core veneer in different parts of birch plywood production. The study was accomplished as a commission by the Koskisen Oy plywood factory in Järvelä. Experimental parts were conducted in the wood laboratory of Lahti University of Applied Sciences.

The thesis is divided in two parts, literature and experimental parts. The literature part consists of a general presentation of plywood production. It also deals with how overlaps are formed, as well as their occurrence in Koskisen Oy production. The study also describes the effects that overlaps have in use.

The objective of the experimental part was to analyse how overlaps affect the moisture swelling and bending strength of plywood. Statistics were formed from the results and they were compared with visual observations.

In the final part of the study the results and observations about plywood production were combined, and based on them suggestions were given to improve overlaps prevention in dry core veneer in plywood production. Succeeding of veneer assembly were the main cause of overlaps. Also, the bending strength of samples which include overlaps was much smaller than expected.

Key words: birch plywood, overlap, moisture swelling, bending strength, dry core veneer composing, hot melt string

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	1
1 JOHDANTO	1
2 KOSKISEN OY	2
2.1 Yritys	2
2.1.1 Toimialat	3
2.1.2 Ympäristö ja arvot	4
2.2 Vanerituotannon kehitys Koskisella	5
2.3 Tulevaisuuden näkymät	6
3 KOIVUVANERIN TUOTANTOPROSESSI	7
3.1 Haudonta	7
3.2 Tukin kuorinta ja sahaus	8
3.3 Viilun sorvaus	9
3.4 Viilun kuivaus	9
3.5 Pintaviilun lajittelu	10
3.6 Pintaviilun paikkaus	11
3.7 Kuivan keskiviilun ja pintaviilun saumaus	12
3.8 Viilun jatkaminen	12
3.9 Vaneriaihion ladonta	13
3.10 Esi- ja kuumapuristus	14
3.11 Reunasahaus	15
3.12 Paksuuden ja ontouden tarkistus sekä pinnan kittaus	15
3.13 Hionta	16
3.14 Vanerin pinnoittaminen	16
3.15 Viimeistelysahaus ja lajittelu	17
3.16 Reunamaalaus ja pakkaus	18
4 LIMITYMÄ	19
4.1 Limittymän määrittely	19
4.1.1 Limittymän vaikutus käyttökohteissa	20
4.1.2 Limittymien esiintyvyys Koskisella	21
4.2 Viilun sorvauksen ja kuivauksen vaikutus limittymien syntyyn	22
4.3 Raute-narusaumauskoneen vaikutus limittymien syntyyn	24

4.4	Ladonnan vaikutus limittymien syntyyn	29
4.5	Muut vaikuttavat tekijät limittymien syntyyn	31
5	KOKEELLINEN OSUUS	33
5.1	Kosteusturpoaman määrittäminen	33
5.2	Taivutuslujuuden määrittäminen	34
5.3	Pitkämpäisen viilun syöttö	35
6	TULOKSET	37
6.1	Pinnoitetun vanerin kosteusturpoama	37
6.2	Pinnoittamattoman vanerin kosteusturpoama	41
6.3	Pinnoitetun vanerin taivutuslujuus	44
6.4	Pinnoittamattoman vanerin taivutuslujuus	48
6.5	Pitkämpäisen viilun saumaus	52
7	TULOSTEN TARKASTELU	53
7.1	Kosteusturpoama	53
7.2	Taivutuslujuus	54
7.3	Pitkämpäisen viilun saumaus	55
8	KEHITYSEHDOTYKSET	56
8.1	Sorvaus ja kuivaus	56
8.2	Saumauslinja	57
8.3	Ladonta	60
8.4	Muut toimenpiteet	60
9	JATKOTUTKIMUKSIA	61
9.1	Liimapisteet	61
9.2	Pitkämpäisen viilun saumaus	61
9.3	Jonttikoko	62
10	YHTEENVETO	64
	LÄHTEET	65
	LIITTEET	68

1 JOHDANTO

Sain Koskisen Oy:n Järvelän vaneritehtaalta toimeksiantona selvittää parannuskeinoja yhtiön vanerin valmistuksessa syntyvien saumattujen keskiviilujen viilulimittymien vähentämiseksi. Viilulimittymät ovat olleet tuotannossa ongelmana pitkään ja aiheuttavat yhtiölle jatkuvasti reklamaatioita asiakkaiden toimesta. Kosteuden turvottamina limittymät peilautuvat viilun pinnalle viiruina, joten niiden ehkäiseminen olisi yhtiölle merkittävä osa vanerin laadun takaamisesta.

Tutkimuksen kohteena on pääasiassa 50, 60 ja 80 tuumaa leveiden ja 1,5 mm paksujen koivuviilujen saumauksen tarkastelu. Tuotannossa käytetään Rauten saumauslinjastoa, ja yhtiön epäilyksenä on, että viilulimittymät aiheutuvat suurimmilta osin tässä toimintavaiheessa ja tämän koneen toiminnallisten vajaavaisuuksien vuoksi.

Saumauslinjaston lisäksi tarkastellaan limittymien esiintymistä sekä mahdollisten uusien viilulimittymien syntyä viilujen ladontalinjastolla. Ladontapisteen työntekijällä on suuri merkitys syntyvien limittymien ja niiden poistamisen valvojana. Tarkasteleltavat viilut liimataan ladontapisteellä vaneri-aihioksi ulkokäyttöön tarkoitetulla fenoliformaldehydiliimalla.

Selvitän myös, kuinka Koskisen Oy:n vaneritehtaan tuotantoprosessin alkuvaiheissa voitaisiin estää viilun laadun heikentyminen, jolla voisi olla merkitystä tulevien viilujen saumauksessa. Esimerkiksi sorvauksen ja kuivauksen paremmalla onnistumisella saattaisi olla vaikutusta tuotetun saumattavan viilun parempaan ja suurempaan laatuun.

2 KOSKISEN OY

2.1 Yritys

”Jos et tiedä, mitä teet, tee ainakin eri lailla kuin muut”.(Kalevi Koskinen, Koskisen 2017.)

Koskisen Oy on Suomen johtavimpia puutuoteteollisuuden yrityksiä. Kyseessä on perheyritys, joka on saanut alkunsa Kalle Koskisen sahausurasta vuonna 1909. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Kärkölässä (KUVA 1.), noin 30 km Lahden kaupungista lounaaseen. (Koskisen 2017.)

Koskisen Oy työllistää yli 1 000 työntekijää, joista lähes puolet ovat vaneriteollisuuden parissa. Tuotantoa yrityksellä on Suomen kolmessa eri kunnassa ja ulkomailla Puolassa sekä Venäjällä. Myyntikonttoreita on yhteensä yhdessätoista maassa ympäri maailmaa. Kaikesta yrityksen tuotannosta yli puolet menee vientiin. (50 vuotta vaneria 2016; Koskisen 2017a.)



KUVA 1. Koskisen Oy:n Järvelän tehdasalue (Koskisen Oy 2017)

Yritykselle on myönnetty kesällä 2016 avainlipputunnus sekä valtakunnallinen yrittäjäpalkinto. Avainlipputunnus on merkki kaikkien Koskisen Oy:n valmistamien puutuotteiden kotimaisuudesta sekä kotimaisuusasteen riittävästä osuudesta. Vuonna 1968 ensimmäisen kerran jaettu yrittäjäpalkinto myönnettiin yritykselle onnistuneesta ja rohkeasta yritystoiminnasta. (Koskisen 2017e; Koskisen 2017f.)

2.1.1 Toimialat

Koskitukki hankkii lähes 2 miljoonaa kuutiota puutavaraa yhtiönsä tuotannon toimintaan. Kuusi ja koivu ovat puulajeista suurimpia hankintamäärittäjiä. Puu hankitaan pääosin yksityisiltä metsäomistajilta. (Koskisen 2017a; Koskitukki 2017.)

Koskisen Oy:n sahateollisuus tuottaa pääsääntöisesti kuusesta ja männystä yli 350 000 m³ laadukasta sahatavaraa. Kärkölän saha valmistaa havusahatavaratuotteet, kun taas Hirvensalmen toimipisteellä sahataan koivutuotteita sekä asiakkaiden toiveiden mukaan räätälöityjä tuotteita pieniläpimittaisesta havupuusta. Vain noin viidesosa valmistetuista sahatavarasta jää Suomeen. (Koskisen 2017a.)

Vaneriteollisuuden tuotteista enemmistö kulkeutuu maailman tarpeisiin. Vaneria valmistetaan suurimmaksi osaksi suomalaisesta koivusta. Tuotanto on jatkuvassa muutoksessa uusien tuotevaatimusten myötä. Asiakkaiden toiveiden täyttämiseksi on täytynyt kehitellä muun muassa maailman ohuin viiluvaneri, paksuudeltaan vain 0,4 mm. (50 vuotta vaneria 2016, 29; Koskisen 2017a.)

Järvelässä sijaitsee Suomen ainoa lastulevytehdas, joten suurin osa sen tuottamasta yli 90 000 m³:stä lastulevystä jää Suomeen, vain noin 20 000 m³ lähtee vientituotteena Baltiaan ja Skandinavian maihin. Pääosa lastulevyn valmistusmateriaalista on peräisin sahateollisuuden purusta ja hakkeesta. (Koskisen 2017a.)

Herrala-talotehdas sijaitsee Heinolan Vierumäellä. Tehdas valmistaa julkisia ja yksityisiä elementtitaloja aina pientalosta kerrostaloihin, pienelementteistä jättielementteihin. (Koskisen 2017a.)

Koskisen Oy saa 98 % tarvitsemastaan energiasta ja lämmöstä Koskitukin bioerogialaitoksista. Tuotannossa ja puunkorjuussa (KUVA 2.) valmistuvia sivutuotteita käytetään polttoaineena laitoksissa, ylimääräinen puupolttoaine myydään läheisille kaukolämmön ja sähkön tuottajille. (Koskisen 2017a; Koskitukki 2017.)



KUVA 2. Metsien hakkuujäte käytetään bioenergiaksi.

2.1.2 Ympäristö ja arvot

Koskisella pyritään olemaan rohkeita ja luovia edelläkävijöitä niin päivittäisessä puutuotteiden valmistuksessa kuin ympäristöasioissa. Tuotanto suunnitellaan niin, että asiakkaiden toiveet täytyisivät parhaalla mahdollisella tavalla. (Koskisen 2017a.)

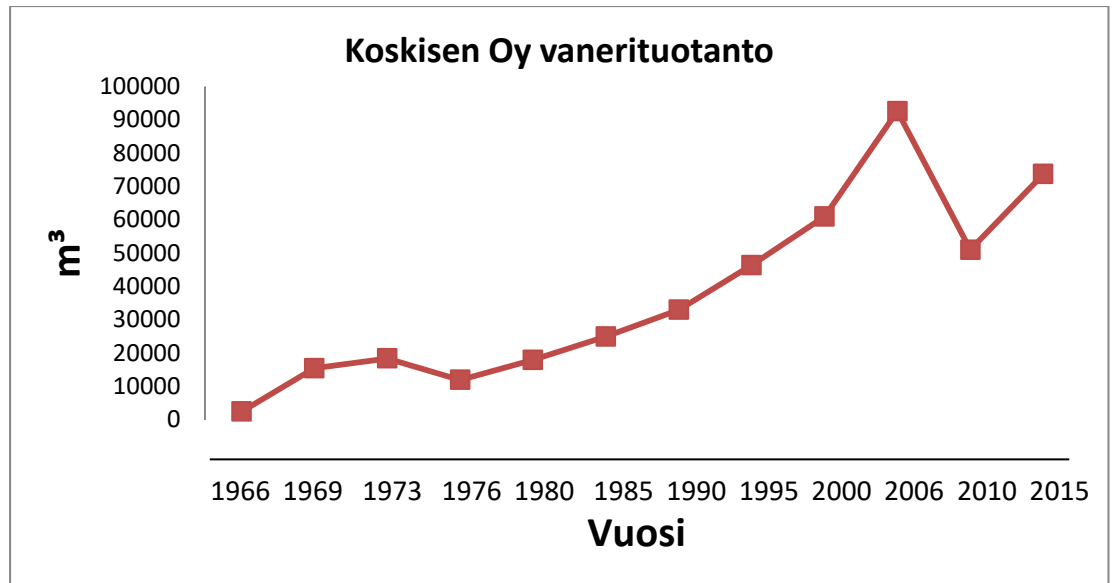
Luottamusta jaetaan tuotteiden hyvällä ja tasaisella laadulla sekä toimivalla toimituspalvelulla sitoutumalla kansainvälisiin ISO 9001-, -14001- ja -

26000 standardeihin. Jotta tuotannossa päästäisiin hyvään tulokseen, täytyy yrityksen olla jatkuvasti ajan hermolla vallitsevien trendien suhteen. Tuotteiden testausta ja jatkojalostusta pyritään suorittamaan päivittäin. Sertifikaatit PEFC Coc ja FSC Coc takaavat, että tuotannon käyttämä puutavara on hankittu asianmukaisesti luontoa, eläimiä ja työntekijöitä tai alkuperäisväestöä vahingoittamatta. Lisäksi yhtiö toteuttaa ympäristöministeriön Sitoumus2050:tä, joka velvoittaa yhtiötä parantamaan kokonaisjätteen määrää entistä energiatehokkaammaksi. (50 vuotta vaneria 2016, 40; Koskisen 2017d; SFS ry 2017; PEFC Suomi 2017; Forest Stewardship Council, 2017.)

2.2 Vanerituotannon kehitys Koskisella

Vaneritehtaan ensimmäisen vuoden eli vuoden 1966 täysitehoisen tuotannon kapasiteetti oli 15 000 m³ vaneria. Sen aikaiset tuotantokoneet hankittiin pääasiassa lahtelaiselta Rautelta, jonka kanssa yhteistyö jatkuu edelleen. Vanerikuution valmistamiseen kului tähän aikaan yli 20 työtuntia nykyisen 7,5 tunnin sijasta. Kysyntä on ollut kautta aikain suurta ulkomailla, johon nykyäänkin yli 90 % vanerista myydään. Tämän johdosta ensimmäinen myyntikonttori perustettiin vuonna 1985 Saksan Liittotasavallan Dysseldorfiiin. (50 vuotta vaneria 2016, 9, 16, 20, 72; Koskisen 2017a.)

Ajoittain tapahtuneet talouden taantumet ja erilaiset finanssikriisit ovat taittuneet kehitystyöllä ja uusilla tuotteilla. Aikoinaan suosioon nousseet LNG-tankkereiden eristysvanerit, kuljetusvaunuteollisuuteen kehitetty pinnoitettu vaneri, saumaton suurvaneri sekä dekoratiiviset rakenteet Puolan Katowicen konserttisaliin ovat näistä esimerkkejä. (50 vuotta vaneria 2016, 9, 16, 20, 72; Koskisen 2017a.)



KUVIO 1. Koskisen Oy:n vuosittainen vanerituotanto (50 vuotta vaneria 2016, 70,71.)

2.3 Tulevaisuuden näkymät

Vuonna 2015 määritelty Strategia 2020 vaalii laatua, brändiä, uusia innovaatioita, erikoistumista, asiakassuhteita sekä asiakkaiden vaatimuksiin keskittymistä. Myyntiä pyritään lisäämään Euroopan ulkopuolelle, vihreitä arvoja tullaan vaalimaan sekä toimitusaikaa nopeuttamaan. Nämä arvot vaativat monimutkaisempia ja automatisoidumpia koneita, tarkempaa laadunvalvontaa, jatkojalosteisiin keskittymistä, yhteistyötä asiakkaiden kanssa sekä hukkamateriaalin minimointia. Työntekijöiden hyvinvointiin ja työturvallisuuteen sekä koulutukseen keskitytään yhä tarkemmin. Vuoden 2019 tuotantotavoiteeksi määriteltiin 100 000 m³ vaneria, joista suurin osa koostuisi koivuvanerista. (50 vuotta vaneria 2016, 42, 82; Koskisen 2017a.)

3 KOIVUVANERIN TUOTANTOPROSESSI

3.1 Haudonta

Lajitellut koivutukit siirretään haudonta-altaaseen (KUVA 3.) maavaras-
tosta nippuina pyöräkuormaajan avulla. Koskisen Oy hautoo koivupöl-
lejään uittoaltaassa lämpimän veden avulla. Puita haudotaan pääsään-
töisesti noin vuorokauden verran, talvikuukausina hieman pitempään, noin
kaksi vuorokautta. Haudonnan aikana puun solut saavuttavat kyllästymis-
pisteensä ja lämpiävät lämpötilaan, jolloin niistä on helpompi sorvata hyvä-
laatuista viilua, toisin kuin kylmistä ja kuivemmista tukeista.

Suurin, eli noin 3,2 MPa:n vetolujuus saadaan hautomalla tukkeja 70 °C:n
lämpötilassa. Näin korkeassa lämpötilassa haudontakustannukset nouse-
vat ja voivat aiheuttaa tavallista enemmän puiden päiden halkeilua, koivun
värin muutoksia sekä lisätä hautomotyöntekijöiden työturvallisuusriskiä.
Hautomotyöntekijä seuraa tukkien liikkeitä koko reilun 50 metrin mittaisen
altaan läpi ja avaa tukkiniput ennen kuin nosturikuljettaja nostaa tukit kuo-
rintaan vievälle kuljettimelle. (Koponen 2002, 30-32.)



KUVA 3. Vaneritukkien hautomoallas

3.2 Tukin kuorinta ja sahaus

Tukkikuljetin tuo koivutukit roottorikuorijalle, joka poistaa kuoren ja sen mukana olevat epäpuhtaudet. Kuorinnan täytyy olla tarkkaa, koska tukin pinnan puumateriaali on arvokkainta. Irronnut kuori päätyy kuljettimelle, joka vie sen hakettamoon ja siitä edelleen lämpöenergiaksi. Jos kuorinnan jälkeen kuitenkin epäpuhtauksia tai metallia jää puumateriaaliin, kone-näköinen tunnistin huomaa ne ja likainen tukki katkaistaan lyhyiksi pätkiksi ja siirretään kuljettimilla haketettavaksi. Tämä ehkäisee katkaisusahan sekä sorvin terän vahingoittumista. (Koponen 2002, 33-36.)

Kuljetin siirtää kuoritut tukit kahdelle katkaisusahalle, jotka katkaisevat tukit 50", 60" ja 80" mittaisiksi (KUVA 4.). Tukin pää tasataan ja katkaistaan sellaiseen mittaan, josta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty ja joka olisi myös sopusoinnussa tulevien tilausten kanssa. Tasapäiseksi katkaistu tukki on helpompi kiinnittää sorviin, kuin vinopäinen. (Koponen 2002, 33-36.)



KUVA 4. Tukin pituuden sahaus sorvaukseen sopivaksi

3.3 Viilun sorvaus

Koskisen Oy käyttää Rauten valmistamaa sorvauslinjastoa. Sahatut tukit kulkeutuvat kuljettimella sorvauslinjalle ja sorvausjonoon. Jonosta tukkeja otetaan yksitellen keskityskoneeseen, joka pyöryttää pöllin akselinsa ympäri ja keskittää tukin oikeaan kohtaan sorvin karojen väliin. Kara pyörittää tukkia ja sorvin terä siirtyy tukin pinnalle. Tukki aluksi pyöristetään ja pyörityksessä syntynyt hukkamateriaali kulkeutuu hakkurin kautta lämpöenergiaksi. Viilumateriaali sorvataan lähes tasapintaisesta koivutukista sen jälkeen haluttuun paksuuteen, joka on yleensä noin 1,5 tai 2,0 mm. Viilun paksuuden tulisi olla tasalaatuista, jotta jatkossa esimerkiksi viilujen liimaus onnistuisi eikä liima läpäisisi viilua.

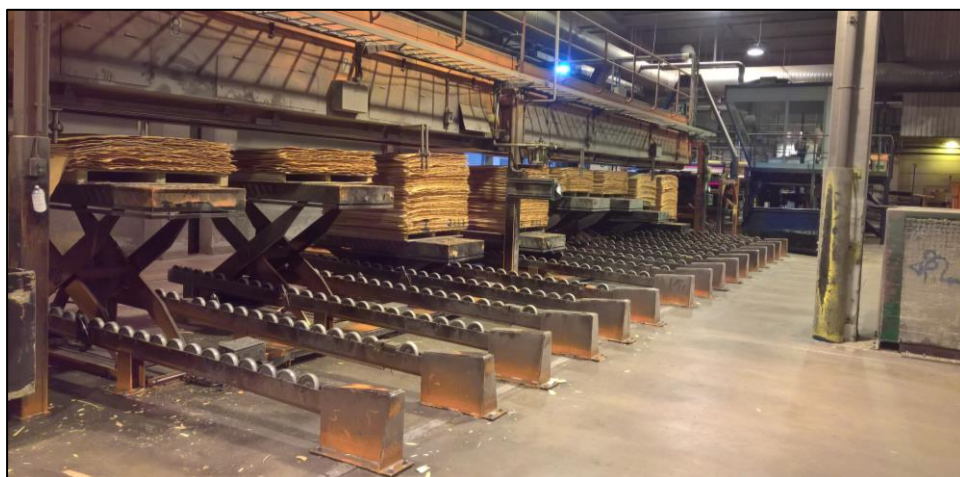
Valmistunut viilumatto kulkeutuu kuljettimella kohti kameralinjaa, joka kuvaa saadun viilun. Kuvatun viilun laadun perusteella leikkuri leikkaa viilumatosta tukin mittaisia viiluarkkeja. Arkit lajitellaan laadun perusteella pääpiirteittäin omiin pinkkoihinsa. Arkin leveyteen täytyy kuitenkin ottaa huomioon kuivauksessa tapahtuva tangentin suuntainen kuivuminen, joka on tuoreella koivuviilulla noin 8 %. Pituussuuntainen kutistuminen on varsin pientä. Viilusta pyritään leikkaamaan, jos vain mahdollista, mahdollisimman leveää viilua, jota on mahdollista käyttää ehjinä pintaviiluina isoissa vanereissa. Viilujen päiden halkeilu ja muut ulkonäkövirheet kuitenkin alentavat tällaisen viilun saantoa. Sorvatusta tukista saadaan hyödynnettyä noin 58 % viilumateriaaliksi, sorvauksen loputtua karoihin jää kiinni noin 65 mm paksu purilas, joka käytetään hyödyksi joko lämpöenergiana tai viilu- ja vanerinippujen aluspuina. (Koponen 2002, 38-40, 46, 79; Koskisen Plywood manufacture 2016; Trio floor 2017.)

3.4 Viilun kuivaus

Telakuivauslinjalla leikatut viilut kuivataan haluttuun loppukosteuteen eli hieman liimauskosteutta alhaisemmaksi. Kuivauskoneelle tuodut viilupinakat syöttölaite syöttää linjastolle kaksi tai kolme viilua rinnakkain. Leveämpi viilu eli niin sanottu ”lakana” kuivataan yksi viilu rinnakkain. Kuivauskoneen kostea kiertoilma on lämmitetty noin 175-180 °C lämpötilaan

tapauksesta riippuen. Kuivauskoneen loppuosassa viilun lämpötilaa alennetaan, jolloin mahdolliset viilun sisäiset kosteuserot tasaantuvat.

Kuivuttuaan viiluun voi kuitenkin syntyä erilaisia jännitteitä, jotka huonoimmassa tapauksessa halkaisevat viilun osittain tai kokonaan. Tämän vuoksi kuivatut viilut lajitellaan omiin pinkkoihinsa kuivauslaatunsa mukaan (KUVA 5.). Kuivauslaadun ja viilun kosteuspitoisuuden tarkastaa kamera-teknikka ja kosteusmittari. (Koponen 2002, 51.)



KUVA 5. Viilunkuivauksen lajitteluosasto

3.5 Pintaviilun lajittelu

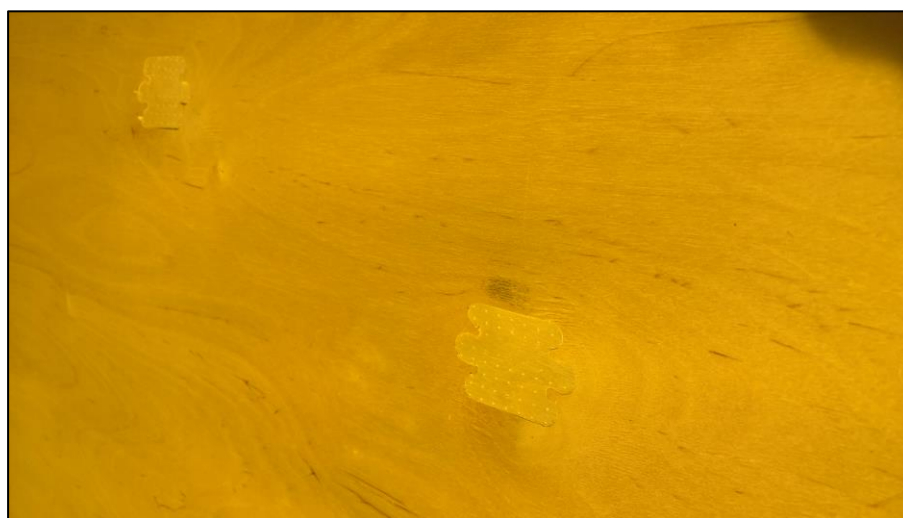
Pintaviilun lajittelu tapahtuu koneellisesti mm. B-, S-, BB- ja WG -laatuihin. Laatu määräytyy SFS 2413 –standardin mukaan oksien kokoluokan ja niiden summan perusteella sekä pinnan halkeilun ja värivikaisuuden perusteella. Hihnakuuljetin kuljettaa pintaviilun kameralinjaston läpi, jonka kuvaa työntekijä tarkastelee ja laadun perusteella painaa kyseisen laatu-
luokan nappia työpisteensä näppäimistöltä. Hihnakuuljetin kuljettaa kyseisen viilun työntekijän osoittamaan pinkkaan. Yritys lajittelee leveät ”lakanat” käsivoimin. Työpari tarkastelee pintaviilupinkassa olevia viiluja ja

pinnanlaadun mukaan siirtää ne oikeisiin pinoihinsa. (Vanerikäsikirja 2005; Koskisen 2017a.)

3.6 Pintaviilun paikkaus

Pintaviilulaaduista ainoastaan B- laatuluokkaa ei paikata, muihin laatu-
luokkiin saa laatuvaatimusten mukaan tulla jonkin verran puupaikkoja.
Viilun paikkaus tapahtuu Koskisella paikkauslinjastolla kahden eri työstö-
pään voimin. Kameratekniikan avulla viilun pinnasta paikallistetaan oksan
kohdat tai reijät sekä muut pienet viilun laatua haittaavat tekijät. (Koponen
2002, 61.)

Kuljetin siirtää pintaviilun paikkauskoneen tason päälle, jossa paikkaus-
kone tulkitsee kameran antaman kuvan ja irroittaa vian kohdalta perhosen
muotoisen viilunpalan talttapään avulla. Saman liikkeen aikana työstöpää
leikkaa sen mukana liikkuvasta viilusuikaleesta täysin identtisen palan
viilua ja painaa sen syntyneeseen reikään. Tätä toimintoa toistaen paik-
kauskoneisto liikkuu sivusuunnassa viilun pinnassa viilun loppuun asti
paikaten havaitut viat (KUVA 6.). Paikatut viilut pinkataan laatunsa
mukaan aluslevylle ennen saumaukseen siirtymistä. (Koponen 2002, 61.)

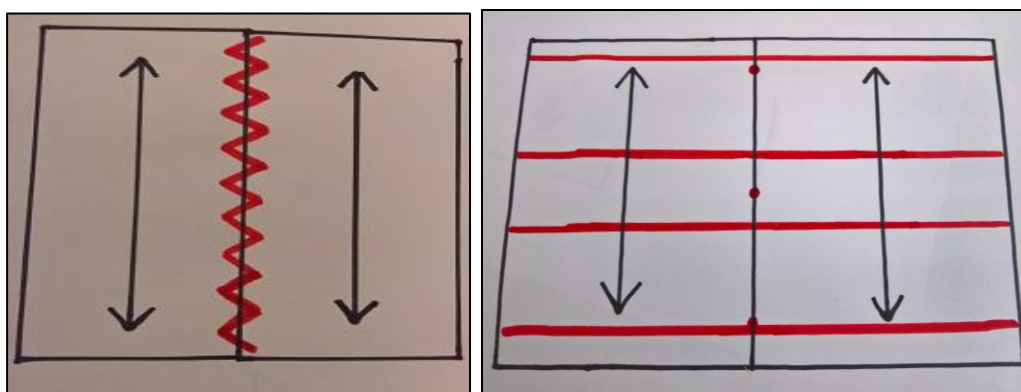


KUVA 6. Paikattu pintaviilu

3.7 Kuivan keskiviilun ja pintaviilun saumaus

Heikkolaatuiset viilulaadut menevät Koskisen Oy:llä keskiviilun saumauslinjastolle. Näistä viilulaaduista pyritään saamaan liimaukseen sopivaa kuivaa keskiviilua poistamalla niistä huonolaatuiset viiluosat. Hyvälaatuisien viilupalojen eli jonttien pituussuuntaiset sivut saumataan toisiinsa yhtenäiseksi viiluarkiksi. Jonttien yhdistämiseen käytetään viilujen väliin laitettavia sulateliimatippoja sekä koko viilun levyisiä sulateliimanauhoja (KUVA 7.).

Edellä mainituilla toimenpiteillä parannetaan viilun saantoa ja arkin levyttä kyetään lisäämään. Pintaviilun saumauslinjastoilla periaate on sama, mutta samansävyiset jontit yhdistetään toisiinsa pelkän pituus-suunnassa kulkevan sik-sak –kuvioisen liimanauhan avulla, jotta suurempaa ulkonäköhaittaa ei ilmenisi (KUVA 7). (Koponen 2002, 60-61.)



KUVA 7. Vasemmalla piirroskuva pintaviilun saumauksesta ja oikealla kuivan keskiviilun saumauskuvio. Nuolet kertovat viilujen syysuunnan.

3.8 Viilun jatkaminen

Jatkoslinjastossa valmistetaan jatkamalla syysuunnassaan pitempää viilua viilusta, joka ei sellaisenaan kelpaisi tuotantoon. Jatkaminen alkaa tasamalla toinen viilun pituussuuntainen sivu. Kameratekniikan avulla viilun

laatu tarkastetaan ja jos tasaamalla viilusta ei saada riittävän hyvälaatuisia, se hylätään. Hyväksytyjen viilujen syysuuntaisten sivujen ensimmäiseen päähän tehdään viiste viilupinnan alapuolelle ja jälkimmäiseen sivuun viilupinnan yläpuolelle. Jälkimmäiseen pintaan levitetään myös fenoliformaldehydiliimaa, johon seuraavan viilun etummaisen viistesauma liimataan paineen ja korkean lämmön avulla. Jatkoksen syntymisen jälkeen leikkuri leikkaa viilusta oikean mittaisen ja viilu pinkataan pohjalavan päälle (KUVA 8.).



KUVA 8. Jatkettu liimaviilu

3.9 Vaneriaihion ladonta

Koskisen vaneritehtaalla perinteinen ja normaalirakenteinen vaneri ladotaan viilurakenteellisesti siten, että viilujen määrä on pariton ja aihion alimmaisena ja päällimmäisenä viiluna on pintaviilu. Ensimmäinen viiluarkki asetetaan ladontapisteellä vasteita vasten, jota vasten on helpompi latoa tasaisesti aihiot päällekkäin. Pintaviilun syysuunta kertoo aihion leveyden ja säteen suunta aihion pituuden.

Pintaviilua seuraa jatkettu tai yhdestä arkista tehty liimaviilu, joka on telojen läpi kuljettuaan molemmin puolin liiman peitossa. Liimana käytetään standardin EN 314-2 kolmannen luokan liimaa, joka on tarkoitettu ulkokäyttöön. Voidaan myös käyttää sisäkäyttöön tarkoitettua saman standardin ykkösluokkaista ureaformaldehydiliimaa. Liima koostuu hartsista ja kovetteesta sekä vedestä. Hartsin ja kovetteen laatu ja määrä valitaan vanerin käyttökohteiden mukaan. Liiman levitysmäärä riippuu liimattavan viilun koosta. Liimaviilun syysuunta on kohtisuorassa pintaviilun syysuuntaan nähden.

Liimaviilua seuraa pintaviilun suuntainen kuiva keskiviilu, joka on joko saumattu, yhdestä palasta tehty tai kahdesta erillisestä viilusta valmistettu. Tämän jälkeen liimaviilu ja kuiva keskiviilu vuorottelevat, kunnes viimeisen liimaviilun jälkeen tulee aihion päättävä pintaviilu. Jos vanerilta vaaditaan erityisiä taivutus- ja lujuusominaisuuksia viilurakenteeseen tehdään poikkeuksia. Liiman kuivumisaika määrittelee vaneriaihioden ladonta-ajan pituuden. (Koponen 2002, 66, 68; Reppu.Lamk, 2016.)

3.10 Esi- ja kuumapuristus

Tämän jälkeen ladottu aihionippu siirretään ladontatyöntekijöiden toimesta esipuristukseen. Nipussa olevia vaneriaihiota esipuristetaan noin 0,5 MPa:n ylipaineella (KUVA 9), jonka jälkeen levyn lopullinen lujuus saadaan aikaan kuumapuristuksessa noin 125 °C lämpötilassa ja suurimmillaan noin 1,7 MPa:n ylipaineessa. Painetta loppua kohden tasaisesti alentamalla vältetään mahdolliset liimasaumojen repeämiset. Esi- ja kuumapuristusajat määräytyvät levyn paksuuden perusteella. Kuumat vanerit jäähdytetään ennen reunasahausta joko ajan kanssa pinoissaan sisä- ja ulkotiloissa tai karusellin muotoisessa viuhkakuljettimessa. Lämpimien, pinnottujen vanerien uhkana on, että liima lämpenee uudestaan ja vanerin lujuusominaisuudet heikkenevät. (Koponen 2002, 66, 71; Koskisen Plywood manufacture. 2016; Koskisen 2017a.)



KUVA 9. Vaneriahion esipuristus

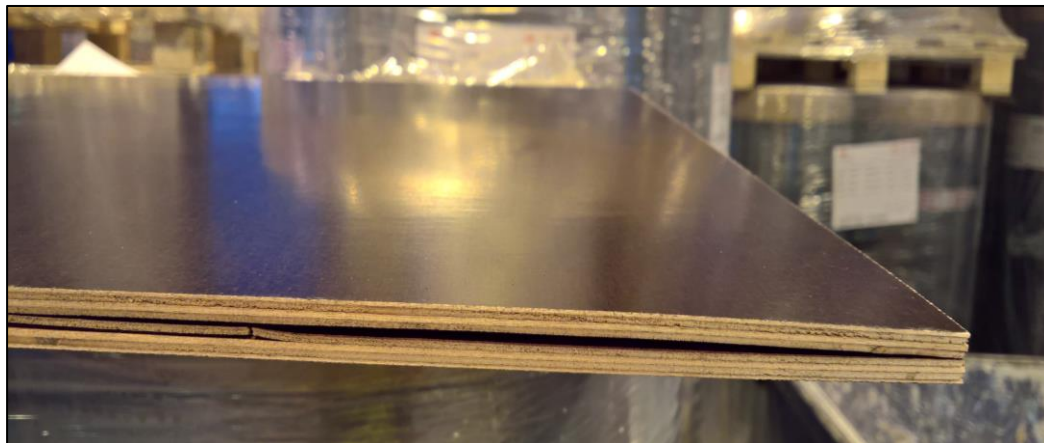
3.11 Reunasahaus

Vaneriahio on ladonnan ja puristuksen jälkeen epätasainen reunoiltaan. Aihion reunasahaus tapahtuu joko lopulliseen mittaan tai määrämittaan, riippuen myydäänkö vaneri pinnoittamattomana vai pinnoitettuna vai tehdäänkö levystä pienempiä vaneripaloja asiakkaan haluamiin kokoihin. Aihioista sahataan vähemmän niiltä sivuilta, jotka ovat olleet ladonnassa vastetta vasten. Sahauksessa irronnut vanerihukka haketetaan lämpöenergiaksi. (Koponen 2002, 75.)

3.12 Paksuuden ja ontoudun tarkistus sekä pinnan kittaus

Sahattujen vanerien paksuus määritetään konenäköisesti kolmessa linjassa ja jokaisessa linjassa on 64 eri tarkastuspistettä. Jos kymmenen samalla linjalla olevaa tarkastuspistettä ilmoittaa levyn paksuuden olevan toleranssin mittojen ulkopuolella, levy hylätään. Koskisen vaneritehtaalla vanerin liimauksen onnistuminen ja mahdollisten liimasaumojen ratkeaminen tarkastetaan ultraäänitekniikalla ennen kittauslinjastoa (KUVA 10). Tarkastelevan yksikön kahdeksan eri tarkastelupäätä määrittelee, jatkaako vaneri matkaansa kitattavaksi vai hylätäänkö se ulos tilauksesta. Vanerin

kittaus- ja lajittelulinjalla pintaviiluun saumauksen jälkeen syntyneet kolot, halkeamat tai paikkauksen irtoamiset täytetään puukitillä. (Koskisen 2016c.)



KUVA 10. Ontto vanerilevy

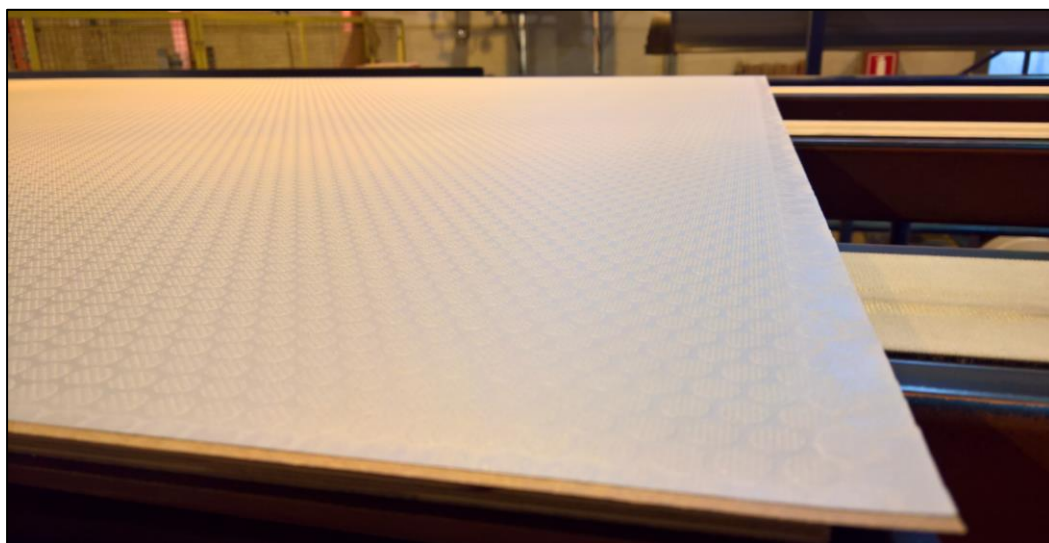
3.13 Hionta

Kitatut vanerilevyt liikkuvat yhtiön hiontalinjastolla yhteensä neljän eri karkeuspintaisen hiomanauhan telojen läpi pituussuunnassa. Hionnan tarkoituksena on saada levystä tasapaksu ja poistaa edellisistä työpisteistä syntyneen jäljet viilun pinnasta. Levyn paksuus tarkastetaan konenäön avulla hionnan jälkeen. Metrin matkalle ehtii syntymään noin 20 paksuuden tarkastuspistettä, jotta pienikin paksuuden muutos voitaisiin havaita. (Koponen 2002, 75; Koskisen 2016c.)

3.14 Vanerin pinnoittaminen

Pinnoitettujen vanerien osuus Koskisen Oy:n vanerituotannosta on 90 % ja lopusta 10 %:sta valmistuu pinnoittamatonta vanerilevyä. Pinnoitteita on eri paksuisia, värisävyisiä ja kymmeniä erilaisia ja voivat sisältää asiakkaan logon tai haluaman kuvan (KUVA 11.). Pinnoituksen tarkoituksena

on parantaa vanerilevyn ominaisuuksia esimerkiksi kosteudensietokykyä, hygieenisyyttä ja kitkaa. Kuumapuristimella noin 200 °C lämpötilassa pinnoitetaan itsestään liimautuvia fenolifilmejä sekä melamiinipinnoitteita. Kuumapuristamalla pinnoitetettujen vanerien varastoinnin kanssa täytyy olla tarkkana, koska pinnoituksen jälkeen pinnoitteen pinta voi nousta niin suureksi, että fenolipinnoite voi palaa ja täten muuttua käyttökelttomaksi.



KUVA 11. Pinnoitettu vanerilahio

3.15 Viimeistelysahaus ja lajittelu

Pinnoittamisen jälkeen ylimääräinen pinnoite tai levymitta sahataan pois, jotta päästään asiakkaan haluamaan levymittaan. Sahauksen jälkeen pinnoitetut vanerit viimeisen kerran lajitellaan ja varmistetaan, että asiakkaan tilaus täyttyy. Vaneilevyjen väliin voidaan asiakkaan pyynnöstä asettaa muoviarkki, joka estää vanerin pintojen hankautumiset kuljetuksen aikana. Hylätyt vanerit käytetään joko vanerinippujen suojalevyinä tai myydään II-laatusena vanerina.

3.16 Reunamaalaus ja pakkaus

Asiakkaan toiveiden mukaan vanerin sivusärmät reunamaalataan tai jätetään puupintaisiksi. Reunamalaus suoritetaan käsin maaliruiskulla. Syntynyt maalipinta antaa kosteussuojan vanerin sivupinnoille. Vaneri on sen jälkeen valmiina pakattavaksi laatutasonsa ja kokonsa mukaisella tavalla pahvilla, suojuvanereilla sekä muovikiskoilla. Pakattu vanerinippu siirretään varastoon (KUVA 12) tai suoraan toimitettavaksi asiakkaalle. (Koskisen 2017b.)



KUVA 12. Vanerinippuja valmisvarastolla

4 LIMITTYMÄ

4.1 Limittymän määrittely

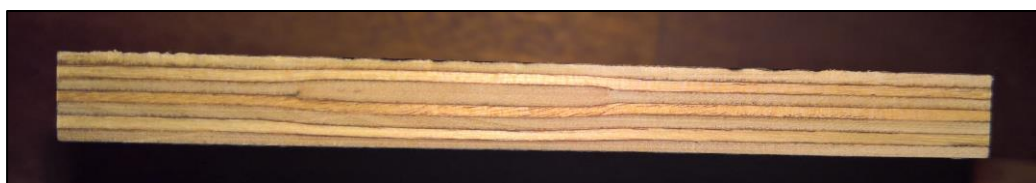
Keskityn kuvailemaan viilulimittymiä pelkästään saumatuissa viiluissa, vaikka niitä esiintyy myös jatketuissa liimaviiluissa ja pintaviiluissa.



KUVA 13. Limittyneet jontit

Sekä saumatuissa pintaviilussa, että kuivissa keskiviiluissa limittymiä voi esiintyä yhdestä usempaan vaneriaihiota kohden. Limittymä muodostuu vaneriaihioon yleisimmin, kun kaksi saumatun viiluarkin tai jontin pituus-suuntaista päätä puristuvat jopa 60 mm leveydeltä esipuristimen aikana päällekkäin (KUVA 14). Esipuristuksessa paineen vaikutuksesta limittyneet arkit ja jontit (KUVA 13) tarttuvat tiukasti toisiinsa. Limittymä aiheuttaa ympärillään olevissa viiluissa kuumapuristuksen jälkeen kasaanpuristumista ja suurentunutta sisäistä painetta, koska viiluja on siinä kohdin rakenteessa yksi enemmän kuin muualla kohdin vaneriaihiota. Limittymät alkavat kuumapuristuksen jälkeen irtoamaan tosistaan, koska limittyneiden viilujen päiden väliin ei ole ladonnan aikana levittänyt liimaa. Irtoamisen aiheuttaa vanerin varastoinnin ja käytön aikana tapahtuva vanerin sisäisen kosteuden muutos sekä limittymän kohtaan aiheuttava suurentunut sisäinen paine. (Leutola 2016.)

Toinen tapa, jolloin limittymä voi syntyä on, kun saumatusta jontista osittain lohkeaa viilunpala. Tämä lohjennut osa painuu ehjän jontin osan alle esipuristukseen joutuessaan. Nämä limittymät jäävät usein piiloon sahauksen jälkeen aihion leveyssuuntaista kylkeä tarkastellessa vaikka yleisemmät limittymät niistä näkeekin. Pahimmassa tapauksessa ensimmäisessä kuivaviilussa esiintyvien leveiden limittymien (+1 cm) aiheuttama minimaalinen paksuuden kasvu näkyy jo valmistusvaiheessa levyn pinnassa viivamaisena kohoumana. (Leutola 2016.)



KUVA 14. Vanerissa oleva noin 35 mm:n levyinen viilulimittymä

4.1.1 Limittymän vaikutus käyttökohteissa

Koskisen vaneritehtaan lajitteluosastoilla kaikki limittymät, joista levyn pintaan muodostuu kohouma, on lajiteltava pois. Suurin ongelma Koskisen valmistamissa vanereissa on kevyisiin kuljetusvälineisiin tarkoitettujen pinnoitettujen vanereiden limittymäesiintymät. Pinnoite edesauttaa limittymän näkymistä juovamaisena kuviona tuotteen pinnassa. Rakennusteollisuudessa, esimerkiksi betonivalumuoteissa olevat limittymäkohoumat aiheuttavat kuivuneeseen betoniin viivumaisia painaumia. Tarkoissa laserleikkauskohteissa viilu ei leikkaudu tasaisesti limittymän kohdalla olevan ylimääräisen viilukerroksen vuoksi. Myös erityistarkastelun kohteeksi joutuvat dekoratiiviset sisustus- tai huonekalukohteet eivät siedä limittymistä aiheutuvia kohoumia. (Leutola 2016.)

Visuaalisuuden lisäksi limittymät eivät muita ongelmia käytössä aiheuta. Mutta uskon, että jos vaneriaihiossa ilmenisi monta limittymää päällekkä-

käisissä väliviiluissa, voisi se vaikuttaa levyn kestävyteen taivutuslujuuden suhteen. Varsinkin rakennusteollisuudessa, jos raskas kuorma kohdistuisi suoraan kostean limittymäkeskittymän päälle, saattaisi syntyä riskitilanne.

4.1.2 Limittymien esiintyvyys Koskisella

Tein visuaalista tutkimusta 530 vanerilevyn erästä tarkastelemalla ja etsimällä kaikki vähintään 3 mm leveät limittymät levyjen molemmista leveys-suuntaisista kyljistä (KUVA 15). Limittymien paikoilla levyssä ei ollut merkitystä, kunhan ne eivät sijainneet pintaviilussa tai liimaviilussa.

Koko vanerierässä oli kuivia keskiviiluja 2 163 kappaletta ja niissä 351 kappaletta limittymiä. Tämä tarkoittaa, että noin 17 % viiluista sisälsi limittymän. Näistä limittymistä mahdollisesti vain kourallinen oli niin suuria tai niin pinnassa, että ne aiheuttaisivat pintaan visuaalisen poikkeaman ja mahdollisen reklamaation.



KUVA 15. Limittymäkeskittymiä vaneriaihioissa

4.2 Viilun sorvauksen ja kuivauksen vaikutus limittymien syntyyn

Pöllin pinnasta saadaan sorvaamalla parempilaatuista viilua, kuin sydänpuusta, koska koivun pintapuuta on vähäoksisempaa. Oksia sisältävät viilut joudutaan yleensä lajittelemaan huonompiin viilulaatuihin, koska ne ovat usein värivikaisia, lahon pilaannuttamia ja alttiimpia kuivausvioille. Vikaisuksiensa takia viilut täytyy useimmiten leikata ja saumata saumauslinjastoilla. Elämänsä aikana vähintään kerran pystykarsittujen 4,5 metriä pitkien koivupöllien tilavuudesta 22-55 % on pintapuuta. Pintapuun tilavuuteen suhteessa puun tilavuuteen vaikuttaa puun paksuus, jonka kasvaessa pintapuun määrä kasvaa. Edellä mainituille arvoille tukin halkaisija rinnankorkeudella vaihtelee välillä 25-35 cm. Pääsääntönä pidetään myös, että mitä alemmalla puun tyvessä tukki otetaan, sitä isompi on pintapuun määrä. (Kannisto, K. & Heräjärvi, H. 2006.)



KUVA 16. Sorvauksesta valmistunut märkä viilupinkka

Viilun sorvauksen tavoitteena on, että jatkotuotantoon syntyisi tasapaksua, mahdollisimman sileää ja syysuunnassa lujaa viilua (KUVA 16). Viilu sorvataan pöllistä irti spiraalisesti leikkaavan terän ja vastaterän raosta. Rako on pienempi, mitä viilun lopullinen paksuus, joten viilun täytyy puris-

tua kasaan, jotta se mahtuisi kulkeutumaan raosta. Puristusaine estää viilun ylä- ja alapintaan syntyvien halkeamien muodostumisen, joita kaikesta huolimatta esiintyy viilun alapinnalla enemmän viilun suoristuessa kuljetushihnalle. Syysyyntaisesti syntyvät halkeamat viilun pinnassa nostavat viilun pinta-alaa ja esimerkiksi liimaa imeytyy viiluun sen myötä silloista viilunpintaa enemmän. Terien asetteita kuitenkin muokataan viilun visuaalisen laaduntarkastelun perusteella jatkuvasti, jotta tavoitteisiin päästäisiin. (Koponen 2002; Tikkurila 2010.)

Koskisen Oy:n vaneritehtaalla ongelmina saumaukseen tullessaan viiluilla on aaltomaisuus, pitkäpäisyys sekä pinnan epätasaisuus. Sorvauksessa pinnan tasaisuuteen ja aaltomaisuuteen voi vaikuttaa terän tiuhemmalla teroituksella, suuremmalla terien puristusaineella sekä korkeammalla viilun kosteuspuhtausasteella ja lämmöllä. Pitkäpäisen viilun syntyä ehkäistään tasaisella leikkaus- ja vastaterän teräraolla koko pölyn matkalla sekä asettamalla leikkaava terä oikeaan korkeuteen.

Kuivauksen tavoitteena on, että viilusta saataisiin ehjää, aaltoilematonta ja kuivuudeltaan tasaista. Tämä takaa, että viilu olisi jatkossa helpompi työstää, esim. saumauksen liimanauhat tarttuisivat paremmin, eikä aaltoilu aiheuttaisi saumauksessa viilujen päällekkäin joutumista. Kuivauskoneen tietokoneen asetteisiin täytyy tehdä jatkuvaa muutosta riippuen viilun alkukosteudesta ja paksuuden vaihteluista sekä kuivatun viilun loppukosteudesta.

Viiluja koneeseen syöttävä työntekijä tarkastelee syöttämänsä viilun laatua ja merkkää syöttövaiheessa huonolaatuiset viilut repäisemällä viilusta pienen pituussuuntaisen palan irti. Kaventuneesta viilusta lopullisen huonon viilun osan leikkaaminen tapahtuu saumauskoneella. Viilunpalan irti repäisy voi kuitenkin johtaa pitkäpäisen viilun syntyyn, koska leikkautumissuunta ei välttämättä ole täysin kohtisuorainen viilun leveyteen nähden.

Biologisesti epätasaisina aineina viilut käyttäytyvät jokainen omalla tavallaan kuivausuunissa. Viilun epätasaisen solurakenteen ja tiheyden aiheuttamat sisäiset jännitteet voivat halkaista viilun kesken kuivauksen tai tehdä

viilusta epämuodostuneen, esim. pitkäpäisen. Kesäpuuta enemmän sisältävät viilut ovat tiheydeltään paljon suurempia kuin viilut, joissa on tilavuudeltaan enemmän kevätpuuta. Muun muassa pinnan epätasaisuuteen, aaltomaisuuteen sekä viilun värin tummenemiseen kuivauksen osalta vaikuttavat liian korkeat kuivauslämpötilat tai liian nopeat kuivausajat, kuivausuunin liian alhainen kosteuspitoisuus ja huono kuivausilmankierto. Tasaisen kovalla ilmankierrolla saadaan viilun pinnalta puhallettua eristävä rajapinta pois, jolloin kosteus haihtuu tehokkaasti ja tasaisesti joka puolelta viilua. Tehokkaalla ja toimivalla viilun lämpötilan alentamisella saadaan tasattua kuivumisessa syntyneet viilun sisäiset kosteudenvaihtelut. (Tikkurila 2010.)

4.3 Raute-narusaumauskoneen vaikutus limittymien syntyyn

Trukkikuski tuo saumattavan viilupinkan saumauskoneen alkupään rullastolle, josta logiikka siirtää saumaustyöntekijän ohjaamana pinkan nostohaarukalle. Siirtyneen viilupinkan tilalle voidaan välivarastoida uusi kuivatut viiluerä edellisen erän saumauksen ajaksi. Ala-asennossa oleva nostohaarukka nostaa viilupinkan saumaustyöntekijän pituuden mukaan oikealle korkeudelle ja kallistuu hieman saumauslinjaa päin, jotta viilut olisivat helpompi syöttää hihnakuljettimelle. (Raute Wood 1998.)

Saumauskoneen työntekijä tarkastelee syöttövastetta vasten asetetun viilun laatua (KUVA 17). Hän hylkää saumattavan viilun liiallisen oksaisuuden, lahon, kaarnaosien, kupruisuuden tai aaltomaisuuden takia. Lisäksi hän irroittaa ehjästä viilusta suuresti helkeilleet viilun osat ja heittää ne haketuslinjalle tai laittaa ne selvästi irti kuljettimen syöttövasteesta, jolloin konenäkö osaa tulkita viiluarkin saumauskelvottomaksi. Viilunpalan irtirepäisystä voi kuitenkin seurata pitkäpäisen viilun syntyminen, joka saattaa haitata saumauksen onnistumista.

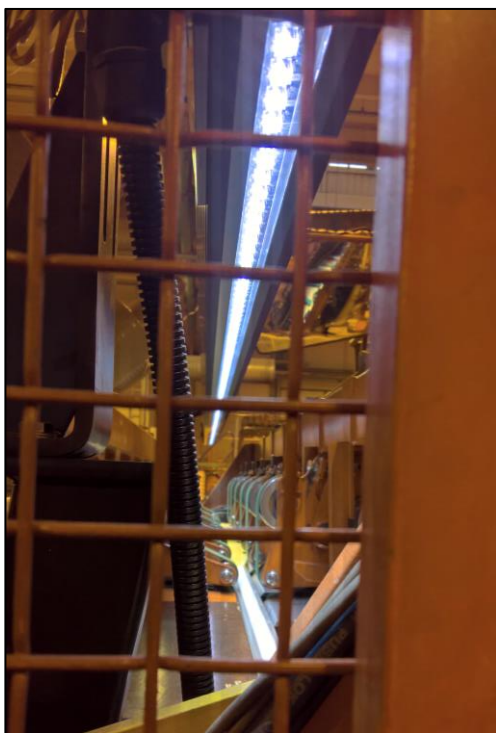


KUVA 17. Saumaukseen menevä viiluarkki

Servojärjestelmällä toimiva hinnakuljetin siirtää työntekijän visuaalisti hyväksymän viilun konenäön tarkastelemaksi. Viilun ala- sekä yläpinnalle heijastetaan kirkkaan valon (KUVA 18) avulla konenäkö sekä viivakamera havaitsevat viilussa olevat ennalta tietokoneelle määritetyt virheen arvot sekä paksuusvaihtelut. Tietokone siirtää virheidentunnistimien tulkitsemat tiedot virheleikkurille, joka leikkaa viilusta pois mahdolliset laadullisesti heikot kohdat jättäen jäljelle kuitenkin mahdollisimman suuren, mutta ehjän jontin eli viilun palan. Virheleikkurissa on kaksi liikkuvaa terää, sekä kiinteä kaksipuolinen väliterä. Alimmainen liikkuva terä ja sen vastainen kiinteä väliterä leikkaavat viilun alkupään suoraksi, kunhan kuljetinhihna on ensin työntänyt viilun suoristavaa vastetta vasten. Alimmainen terä liikkuu ylös-alas -suuntaan. Uuden viilun saapuessa se on ala-asennossa, jolloin viilu pääsee törmäämään vastetta vasten. Pään tasauksen jälkeen alaterä nousee, jolloin loppu viilusta pääsee liikkumaan leikkurin ohitse. Liikkuva yläterä ja kiinteän väliterän yläosa vastaavat viilun peräpäähän tasauksesta. Yläterä iskee viilun poikki määritellystä kohdasta kiinteää terää vasten. Ruuhkien välttämiseksi hylätyt viilut ja pääntasausjäte puhalletaan paineilmalla pois virheleikkurilta haketuskuljettimelle.

Ongelmana viilun päiden tasauksen kannalta on pitkäpäiset viilut, jolloin toinen viilunpäistä on viilunkuivauksen tai virhepalan irtirepäisyn jälkeen

pidempi kuin toinen. Päiden mittaero on kuitenkin niin pieni, etteivät virhetunnistimet sitä välttämättä huomaa, eikä viilunpäästä mahdollisesti tule tasattua. Saumauksessa pitkäpäisen viilun aiheuttamat ongelmat on, että viilun kapeampi pää on hyvin puskusaumattu, mutta leveämpi pää on limitynyt edellisen viilun päälle. Toinen mahdollisuus on, että leveämpi sivu on puskusaumattu päästään edelliseen viiluun ja kapeampaan sivuun liikuttaessa syntyy rakoa yhä enemmän ja enemmän (KUVA 27). Raon syntyminen aiheuttaa mahdollisesti ladonnassa syntyviä viiluvajaita vanerilevyjä. (Raute Wood, 1998.)



KUVA 18. Viilu valaistaan konenäön kohdalla virheiden havaitsemiseksi

Noin 30cm välein olevien viilua syöttötasoon panavien ketjukuljettimien avulla viilu siirtyy saumauspisteelle, jossa servomoottorit määrittelevät tarkan paikan viilulle, johon paininkuljettimet viilun siirtävät ja pitävät paikallaan. Seuraavan viilun etureuna tarkasti kohdistetaan edellisen viilun takareunaan ja puskusaumataan sulateliimatipan avulla (KUVA 19). Liima

jäähdytetään välittömästi pneumaattisesti paineilman avulla. Liimanauhojen syöttö tapahtuu ennalta lämmitettyjen vastusputkien läpi. Nauhat ovat etyylivinyyliaasetatipintasia polyesterisiä sulateliimanauhoja (KUVA 20). Nauhat syötetään viilun yläpinnalle ja vastusputkien lämmin ilma saa liimalla kyllästetyt nauhat reagoimaan ja tarttumaan viilun pintaan. Sulateliimanauhat jäähdytetään ja painetaan viilun pintaan vesijäähdytteisten paininpyörien avulla, jotta saumauksesta tulisi pitävä. (Raute Wood, 1998; Lemtapes Oy 2017)



KUVA 19. Puskusaumaan sulatettu liimatippa

Ongelmana on ollut saumattavien päiden kohdistaminen oikeaan kohtaan, jolloin jompikumpi tai molemmat viilun päät ovat menneet toistensa päälle aiheuttaen välittömästi limittymän. Tämä johtuu mahdollisesti puskausaukauksen sijainnista paininkuljettimiin nähden. Saumaus sijaitsee kohdassa, jossa siirrytään paininkuljetinriviltä toiselle. Kuljettimien paine-ero voi mahdollistaa toisen jontin painumista toisen alle.

Lisäksi liimanauhojen sulaminen ja tarttuminen on ollut epätasaista, jolloin nauha ei ole edes painettaessa kiinnittynyt viilun pintaan, vaan on jäänyt

irtonaiseksi viilun päälle. Tästä johtuen syysuunnassa saumaa kiinni pitävät liimapisteet joutuvat vastustamaan liimanauhalle kuuluvat leveyssuuntaiset voimat, eivätkä välttämättä kestä sitä. Liimanauhan kiinnittymättömyys johtuu mahdollisesti liimanauhan laadun eroavaisuuksista, liian alhaisesta lankalämmittimen sulattamislämpötilasta tai paininpyörän paineesta sekä osittain viiluarkin aaltomaisuudesta. Ajoittain myös sulate-liimatippon syöttöaukoissa on ollut ongelmaa, ettei jokaisesta aukosta liimaa puskusauman kiinnittämiseen ole saatu. (Raute Wood, 1998.)



KUVA 20. Liimanauharullasto

Viilun lopullinen oikeaan tavoiteleveyteen leikkaaminen tapahtuu arkki-leikkurin toimesta. Tämän jälkeen saumattu viilu pinkataan logiikan ohjaaman korkeussuunnassa liikkuvan pohjalevyn päälle. Viilupinkan päällä olevien kuljetinhihnojen avautuessa ja pinkkausvarsien työntäessä viilut pinkan päälle, viilu putoaa. Viilun tippuessa sopivalta korkeudelta pinkkaan saumauskohtien liian suuri venyminen ehkäistään, eikä mahdollista liimanauhan tai –pisteiden ratkeamista tapahdu. Saumauslinjan työntekijällä on myös mahdollisuus hylätä saumattu viilu ennen pinkkaamista, jos hän huomaa saumauslaadun olevan heikko. Viilukuljetin työntää viilun alas lasket-

tuja pinkkausvarsia vasten ja viilu putoaa lattialle viilupinkan eteen, josta työntekijä nostaa sen haketukseen tyhjennettävälle roskalavalle. Viilupinkan kasvaessa täyteen, logiikka on laskenut pohjalevyn täysin alasetoon ja saumauskoneen käyttäjä saa tiedon, että pinkka täytyy siirtää rullastolta eteenpäin. Ennen kuin trukkikuski nostaa pinkan välivarastoitavaksi tai suoraan ladontapisteelle, saumaustyöntekijä merkkää pinkan kylkeen spraymaalilla saumauspäivämäärän ja saumattavan viilun koon ja laadun. Uusi pinkan pohjalevy syötetään sivusta pinkkarin alle ja saumaus voi jatkua. (Raute Wood, 1998)

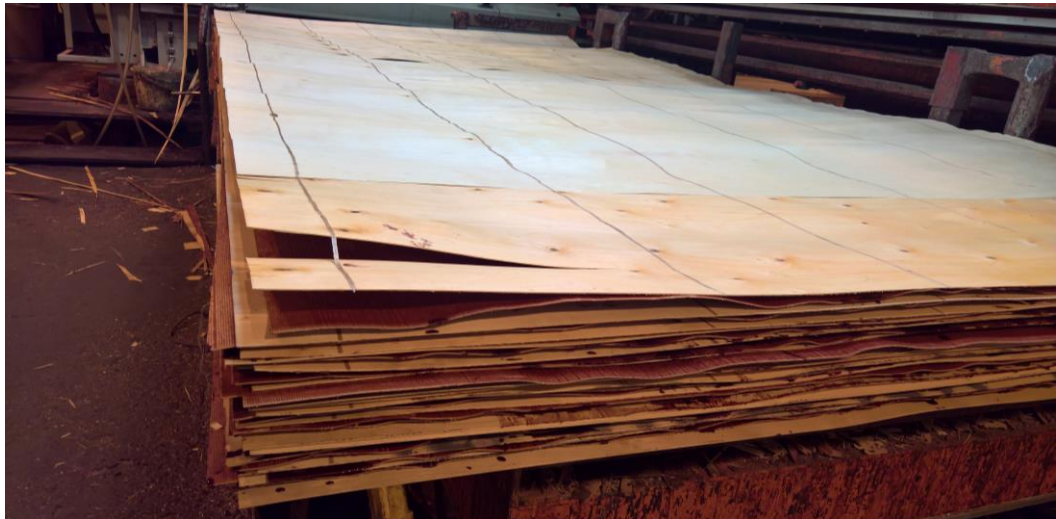
4.4 Ladonnan vaikutus limittymien syntyyn

Käsittelen ladonnassa vain saumatusta kuivasta keskiviilusta tehtyä vaneraihiota. En käy läpi kahdesta keskiviiluarkista valmistettua vaneria enkä myöskään ehjästä, kokonaisesta keskiviilusta valmistettua vaneria.

Liiman levitys on yhtäläinen jokaisessa ladontapisteessä ja tapahtuu telalevittimien avulla liimaviilun molemmille. Liima koostuu sisä- tai ulkokäyttötarkoituksensa perusteella urea- tai fenolipohjaisesta hartsista, kovetteesta ja vedestä. Liiman levitysmäärää kontrolloidaan liiman annostelun määrällä, telojen puristuspaineella sekä Ford-kupin avulla määritetyllä liiman viskositeetilla. Määrittäminen perustuu täyden kupin tyhjenemiseen kulunella ajalla. Liiman annostelumäärää mitataan liimatelojen lävitse kulkevan ennalta punnitun viiluarkin painon mittaamisella. Liima-arkin lopullisesta painosta vähennetään kuivan arkin paino, jolloin saadaan mitattua liimanlevitysmäärä arkin pinta-alaa kohden. Viiluarkin liimamäärä suhteutetaan neliömetrin kokoisen viiluarkin tavoitteelliseen liimamäärään ja sen pohjalta tehdään päätös levitysmäärän lisäämisestä tai vähentämisestä. (Plymac Oy 2004.)

Pintaviilut, saumattavat keskiviilut ja liimaviilut voidaan kuljettaa ladontaan koneellisesti tai ihmiskäsin siirtäen. Ladontaprosessin kuvaus käsittää koneellisesti viiluja kuljettavan ladontapisteen toiminnan. Ladontapisteen prosessi aloitetaan siirtämällä trukkikuskin tuomat viiluniput viilukuljettimelle. Viilun koko ja rakenne määritellään tilauksen perusteella tietoko-

neelle. Ladontapisteelle ajetaan rullakuljettimilla ladontaan tarkoitettu pohjalevy, joka nostetaan sopivalle ladontakorkeudelle. Ladontakoneen käynnistyessä viilukuljetin tuo pintaviilun ladontapisteelle siksak-saumauskuvion ollessa ahiosta ulospäin ja työntekijän asettaessa viilun ladontavastetta vasten. Täten siksak-kuvio ei jää pintaviilun alle, jolloin se voisi muodostaa kohouman pinnan alle. Liimaviilu siirtyy kuljettimen tuomana hihnakuljettimelle. Liimavalssin läpi kulkeutuva liimaliivu asetetaan pintaviilun päälle. Seuraavaksi viilukuljetin tuo kuivaviilun, jonka jälkeen liima- ja kuivaviilut vuorottelevat kunnes tietokone laskee viilukerrosten tulleen täyteen ja päättää vaneriaihion pintaviilulla. Pinta-viilun päälle tulee taas uusi pintaviilu ja ladonta alkaa alusta (KUVA 21). (Koponen 2002; Plymac Oy 2004.)



KUVA 21. Ladonnassa oleva vaneriaihio

Ongelmakohtia, jotka voivat ladonnan aikana aiheuttaa kuivan keskiviilun limittymiä ovat viilukuljettimien puuttellinen toiminta, liimaviilun syötön häiriöt, liian suuri ladontanopeus sekä ladontatyöntekijän toiminta.

Viilukuljettimia Koskisen veritehtaalla on kahdenlaisia, joko ylhäältä tai edestäpäin viiluja syöttäviä. Edestäpäin syötettävän viilun kuljettimen suuri

syöttönopeus vaatii työntekijältä reaktionopeutta ja joustavia käsiä, jotta syötettävä viilu törmäisi pehmeästi latojan kämmeniin. Pahimmassa tapauksessa viilukuljettimen syöttämä viilu törmää täysin jäykille käsivarsille tai ladontatyöntekijän kehoon. Tällöin viilun nopeuden yhtäkkinen hidastuminen aiheuttaa pahimmassa tapauksessa kuivissa keskiviiluissa liimatiippon ja –nauhojen ratkeamisen. Liimaviilun syötössäkin voi syntyä ongelmia ja vääraikaisuutta, jos viilun paikantamiseen käytettävän valokennot ja peilit ovat likaisia. Likaisten tunnistimien takia syöttöä saattaa tapahtua jatkuvasti, joten viilu voi tulla työntekijän tiedostamatta liimavalssilta ladotun aihion päälle ja liikuttaa keskiviilujen saumoja. (Plymac Oy, 2004.)

Ladontatyöntekijä on paljon vartijana limittymien lopullisen ehkäisyn kannalta. Vaneriaihion ladonnan aikana pystytään visuaalisella tarkastelulla havaitsemaan saumauksessa tai ladonnan aikana syntyneet viilulimittymät ja korjaamaan ne tai poistamaan kyseinen viilu kokonaan haketukseen. Aihion ladontanopeus on kuitenkin Koskisen Oy:n vaneritehtaan ladontapisteellä niin suuri, että itse ladontatyöntekijän vieressä seisoessani ja pelkästään limittymiin keskittyessäni en ehtinyt koko viilun leveydeltä limittymiä huomaamaan, joten en usko ladontatyöntekijänkään jokaista limittymää huomaavan tehdessään muutkin ladontaan kuuluvat työt samaan aikaan. Aihion ladonnan pystyy kuitenkin tarvittaessa keskeyttämään latojan huomattessa koneen toiminnassa häiriön tai viilussa jonkin vian.

Ladontapisteellä ladonnan aikana limittymiä etsiessäni havaitsin yhteensä 21 limittymää yhteensä 841:ssa kuivasta keskiviilussa. Tämä tarkoittaa, että limittymiä havaitsin noin 2 % ladotuista kuivista keskiviiluista. Lukua vertaamalla valmiiden vanerien limittymien esiintymislukuun (n.17 %) voi todeta limittymien havaitsemisen haastavaksi ladonnan aikana.

4.5 Muut vaikuttavat tekijät limittymien syntyyn

Jotta liiman tarttuvuus viilun pintaan olisi parhaimmillaan, viilun kosteuspitoisuus pyritään optimoimaan mahdollisimman lähelle oikeaa liimaus-

kosteutta. Oikeaa arvoa kosteammassa viilussa liiman sideaine alkaa imeytyä viilun sisään ja liimasauman paksuus jää vajaavaiseksi. Erittäin kuivan viilun liimauksessa liimassa oleva kosteus ei riitä liimasauman muodostamiseen vaan liiman sisältämä vesi imeytyy viiluun. (Koponen 2002, 72; Vaneri-käsikirja 2005, 22.)

Mahdollisesti, jos saumatut keskiviilut ovat erittäin kuivia saumaukseen tullessaan, liimanauhat eivät tarttuisi parhaalla mahdollisella tavalla viilun pintaan. Lisäksi, jos samaisia viiluja varastoidaan ennen ladontaa, niiden kosteusprosentti voi nousta muutamia prosenttiyksiköitä. Tämä tottakai tarkoittaa vanerin tangentin suuntaiseen kasvamiseen jonkin verran, mahdollisesti aiheuttaen liimanauhojen ja tippojen ratkeamisen ja jonttien päällekkäin työntymisen.

Viiluja varastoidaan vaneritehtaalla pääsääntöisesti hyvin, mutta poikkeuksiakin on. Viilut pinotaan aina aluspuista ja kahdesta vanerilevystä valmistetulle alustalle. Alustoja on eripituisia viilujen kokoluokkien mukaan. Samanpituisilla alustoilla olevat viilut tulisivat pinota päällekkäin, jotta päällä olevan viilupinon paino jakautuisi tasaisesti alemman viilupinon päälle. Jos päällimmäisen alustan pinta-ala on pienempi kuin alemman viilupinkan, aiheutuu alemman viilupinkan päällimmäisiin viiluihin venymistä, joka voi aiheuttaa viilujen halkeilua, liimanauhojen venymistä ja liimatippojen ratkeamista.

5 KOKEELLINEN OSUUS

5.1 Kosteusturpoaman määrittäminen

Kosteusturpoamisen määrittämisen tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon enemmän turpoamista kosteuden muutos voi aiheuttaa limittymän sisältämässä vanerissa, kuin vanerissa, joka ei sisällä limittymää. Lisäksi selvitetään kuinka paljon enemmän sama koekappale turpoaa limittymän kohdalta kuin muualta levystä. Limittymä on leveydeltään vähintään 3 mm:n mittainen ja koko kappaleen pituinen. Pituus on koekappaleissa lyhyempi särmä ja leveys pidempi särmä. Koeolosuhteet pyrittiin järjestämään mahdollisimman lähelle tavanomaisia 3-luokkaisen exterior-vanerin käyttökohteiden olosuhteita.



KUVA 22. Pinnoitetut koekappaleet

Koekappaleiksi valikoidaan 1,5 mm:n viilusta valmistettuja koivuvanereita. Mirror-rakenteisia futura-melamiini pinnoitteisesta (KUVA 22) sekä viilupintaista vanerista valmistetaan kosteusturpoamisen määrittämistä varten 33 kappaletta normaalirakenteisia ja 33 kappaletta limittymän sisältämiä koekappaleita. Mirror-rakenteisessa vanerissa kaksi keskimmäistä viilua on suunnattu poikittaiseen suuntaan pintaviiluun nähden. Koekappaleiden koot pinnoitetulla vanerilla (6-ply) ovat 9*27*190mm ja pinnoittamattomalla vanerilla (9-ply) 12*50*290mm. Limittymän sisältämät kappaleet pyrittiin

sahaamaan niin, että limittymä olisi keskellä kappaleen leveyssuuntaista särmää. Vanereissa ei ole reunamaalauksia, jotta vesi pääsisi paremmin imeytymään vaneriin.

Aluksi jokaisesta koekappalelaadusta punnitaan kolme vanerikappaletta. Tämän jälkeen kaikista koekappaleista mitataan lähtöpaksuus. Lähtöpaksuus määritellään limittymän sisältämästä kappaleesta limittymän päältä sekä kappaleen toisesta päästä $3\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ etäisyydeltä kappaleen pääty-särmästä. Kappaleista, joissa limittymää ei ole lähtöpaksuus määritellään kappaleen molemmista päistä $3\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$ etäisyydeltä kappaleen pääty-särmistä. Kappaleisiin piirretään numerot 1 ja 2, jotta varmistutaan, että kappaleista mitataan upotuksen jälkeen paksuudet samoista kohdista. Tämän jälkeen kappaleet upotetaan noin $+20\text{ °C}$:een vesijohtoveteen 23 ± 1 tunniksi kivipainoilla varmistaen (KUVA 23). Upotuksen jälkeen kappaleiden paksuudet mitataan uudelleen.

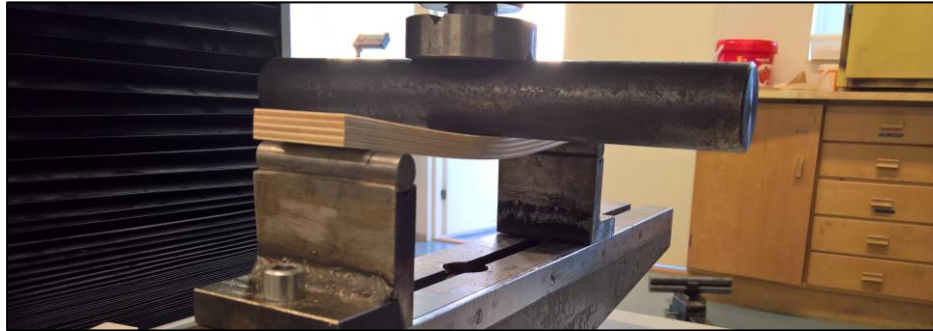


KUVA 23. Vesiupotuksessa olevat koekappaleet

5.2 Taivutuslujuuden määrittäminen

Taivutuslujuuden testaus suoritetaan Lahden ammattikorkeakoulun puu-laboratorion Shimadzu AG-IC/100 kN -aineenkoestuskoneella. Koe tehdään kolmepistetaivutuksella, jossa koekappale on tuettu alapinnaltaan molemmista päistään $2,5 \pm 1\text{ cm}$ etäisyydeltä kappaleen päätysärmästä

(KUVA 24). Kappaleen yläpinnalla keskikohdassa on voima-anturiin kiinnitetty painin. Kappaletta kuormitetaan yläpinnaltaan ja voima-anturi määrittelee kappaleen murtumispisteen. Taivutusvälinä on kappaleen paksuus*20, eli 9 mm:n pinnoitetulla vanerilla 140 mm ja 12 mm:n pinnoittamattomalla vanerilla 240 mm.



KUVA 24. Koekappale kolmipistetäivutuksessa

Taivutuslujuus määritetään sekä limittymän sisältämistä, että normaali-rakenteisista vanereista. Tavoitteena on selvittää, onko limittymillä heikentävää vaikutusta kappaleen taivutuslujuuteen. Koekappaleiden numeroinnisen avulla voidaan jälkeinpäin tarkkailla, onko vanerin rakenteessa ollut mahdollisesti jotain poikkeavaa, jonka vuoksi kappaleen murtolujuus oli juuri havaitun suuruinen. Koekappaleiden murtumisljuuksia verrataan toisiinsa kokeen jälkeen. Koekappaleina käytetään samoja kappaleita, joista kosteusturpoama aikaisemmin mitattiin. Koekappaleet ovat saaneet kuivua laboratorio-olosuhteissa noin 4 vuorokautta, kunnes vesiupotusta edeltänyt paino on jälleen saavutettu ja ylimääräinen vesi on haihtunut pois vanereista. Märkiä kappaleita ei siis kuivateta kuivausuunin noin +100 °C:n lämmössä, koska se ei vastaisi luonnollisia käyttöolosuhteita.

5.3 Pitkämpäisen viilun syöttö

Suoritin kokeellisen tutkimuksen vaneritehtaalla syöttämällä pitkämpäisiä viiluja saumauslinjastolle (KUVA 26). Tavoitteena oli havaita, kuinka virhe-

leikkauspiste onnistuu tasaamaan kyseiset pitkäpäiset viilut, jotta ne eivät pääsisi saumaukseen asti. Viiluja valmistin 50 kappaletta 60" pitkistä viiluista leikkaamalla viilun toisen pään $40\pm 2\text{cm}$ leveäksi ja toisen pään tätä $8\pm 2\text{cm}$ kapeammaksi. Tällaisen, tavallista suuremman pitkäpäisyyden omaavan viilun liikeitä olisi helpompi seurata virheleikkauksessa.



KUVA 26. Kokeeseen valmistettu pitkäpäinen viilu

Saumasvaiheessa pitkäpäisellä viilulla on tapana aiheuttaa, joko rako kahden viilun väliin, jolloin viilun leveämpi pää yhdistyy edellä olevan viilun kanssa kapeamman pää ollessa irti, tai limittymä viilujen välille, jolloin kapeampi viilun pää yhdistyy edellä olevan viilun kanssa leveämmän viilun pään siirtyessä edellä olevan viilun päälle (KUVA 27).



KUVA 27. Pitkäpäisen viilun saumausmahdollisuudet

6 TULOKSET

6.1 Pinnoitetun vanerin kosteusturpoama

Pinnoitetuista vanereista mitattiin kosteusprosentti ennen vanereiden upottamista vesijohtoveteen (TAULUKKO 1). Kosteusprosentti määriteltiin kuivaus-punnitusmenetelmän avulla alla olevan kaavan avulla (KUVA 28).

Kosteusprosentti = (märkäpaino – kuivapaino) / kuivapaino *100 %

Vanerin märkäpainosta vähennetään vanerin kuivapaino, joka jaetaan vanerin kuivapainolla. Koetilanteessa vanerin märkäpainona tarkoitetaan vanerin painoa puumateriaalin kosteuden ollessa tasapainossa laboratorio-olosuhteiden kanssa. Vanereiden kosteuden annettiin mukautua laboratorio-oloihin 7 ± 1 vuorokauden ajan. Kuivapaino tarkoittaa kappaleen painoa sen jälkeen, kun kappaletta on lämmitetty noin vuorokauden ajan noin $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa kuivausuunissa. (Salmi 2005.)



KUVA 28. Vanerin kuivapainon mittaus kuivauksen jälkeen

Kymmenen pinnoitetun vanerin kosteusprosentiksi saatiin noin 4,4 % ennen veteen upotusta. Kosteusprosentti oli siis huomattavasti alhaisempi, kuin tavanomainen valmiin vanerin 7-12 %:n varastointilämpötila. Tämä voi näkyä testaustuloksissa hivenen suurempina kosteusturpoamina verrattuna normaalin kosteuden omaavaan vaneriin. Kappaleiden välisiin kosteusturpoamiin tämä ei merkittävästi vaikuttanut, koska kappaleiden kosteusprosentteissa ei ollut suuria poikkeavuuksia suurimman ja pienimmän arvon ollessa 5,0 % ja 3,7 %.

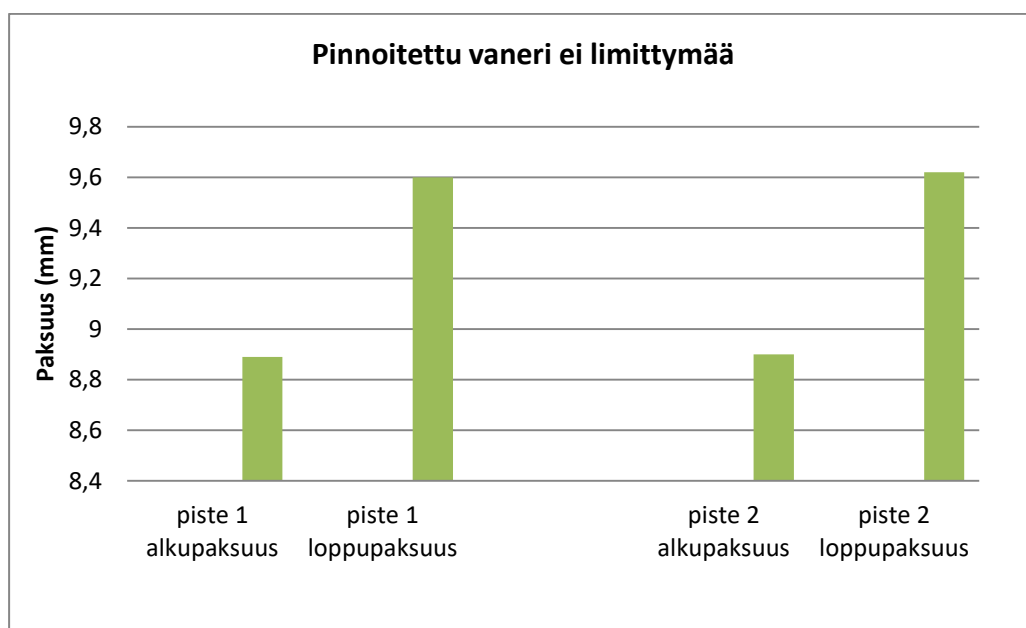
TAULUKKO 1. Pinnoitettujen vanereiden alkukosteusprosentit

Vanerin kappalenumero	Vanerin märkápaino (g)	Vanerin kuivapaino (g)	Kosteus (%)
1	35,7	34,3	4,1
2	35,9	34,6	3,8
3	36,6	35,3	3,7
4	34,5	33,2	3,9
5	29,9	28,4	5,3
6	36,1	34,8	3,7
7	29,8	28,4	4,9
8	35,5	33,8	5,0
9	30,4	29,0	4,8
10	30,1	28,7	4,9

Kosteusturpoama määriteltiin pinnoitetuista limittymän sisältämistä vanereista 35 kappaleesta sekä 37 limittymättömästä vanerikappaleesta. Limittyneessä vanerissa mittauspiste 1 oli kappaleen päässä $3\text{cm} \pm 1\text{cm}$ etäisyydellä kappaleen päätysärmästä. Mittauspiste 2 oli kohtisuoraan limittymäkohdan yläpuolella. Vanerissa, joka ei limittymää sisällä pisteet 1

ja 2 olivat kappaleen molemmissa päissä 3 cm±1 cm etäisyydellä kappaleen päätysärmistä. Pinnoittamattomia vanereita oli puolestaan 32 kappaletta kumpaakin laatua ja mittauspisteet sijaitsivat kappaleissa samoissa kohdissa kuin pinnoitetuissa vanereissa.

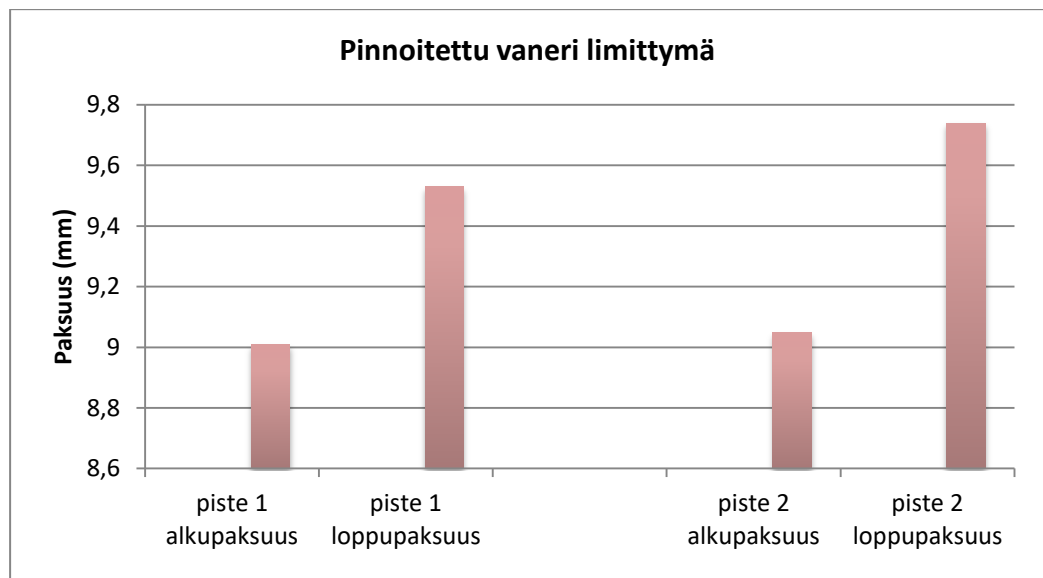
Pinnoitetussa vanerissa, joka ei sisältänyt limittymää alkupaksuus 37 kappaleen osalta oli keskimäärin 8,9 mm pisteessä 1, upotuksen jälkeen paksuus oli sen sijaan n.9,6 mm. Kosteusturpoamaa oli siten noin 0,7 mm eli 7,9 %. Pisteessä 2 alkupaksuus oli keskimäärin 8,9 mm ja upotuksen jälkeen 9,6 mm. Kosteusturpoamaa oli siis noin 0,7 mm eli 7,9 %. Suurin yksittäinen turpoama sekä pisteessä 1 että pisteessä 2 oli 0,9 mm. Veden lämpötila, johon kappaleet upotettiin oli +21,3 °C ja upotusaika 23 tuntia. (KUVIO 2).



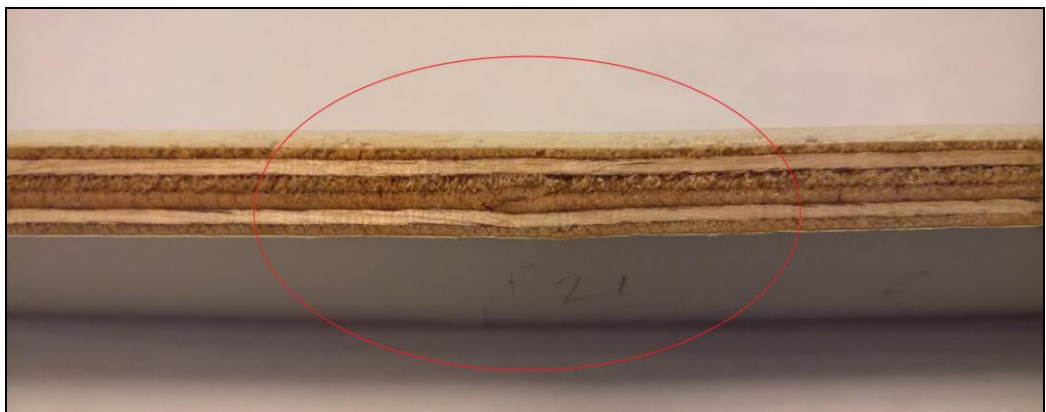
KUVIO 2. Pinnoitettujen limittymättömien vereiden kosteusturpoama

Pinnoitetussa vanerissa (KUVA 29), joka sisälsi limittymän alkupaksuus 35 kappaleen osalta oli keskimäärin 9,1 mm pisteessä 1, upotuksen jälkeen paksuus oli sen sijaan noin 9,5 mm. Kosteusturpoamaa oli siten noin 0,4 mm eli 4,4 %. Pisteessä 2 alkupaksuus oli keskimäärin 9,1 mm ja upotuk-

sen jälkeen noin 9,7 mm. Kosteusturpoamaa oli siis noin 0,6 mm eli 6,6 % (KUVIO 3). Suurin yksittäinen turpoama pisteessä 1 oli 0,8 mm ja 1,1 mm pisteessä 2. Veden lämpötila, johon kappaleet upotettiin oli +20,8 °C ja upotusaika 22 tuntia.



KUVIO 3. Limittymän sisältämien pinnoitettujen vanereiden kosteusturpoama



KUVA 29. Esimerkki limittymän sisältävästä pinnoitetusta koekappaleesta

6.2 Pinnoittamattoman vanerin kosteusturpoama

Pinnoittamattomien vanereiden alkukosteusprosentti määriteltiin samalla kuiva-punnitus –menetelmällä, kuin edellä mainittujen pinnoitettujen vanereiden kanssa tehtiin.

TAULUKKO 2. Pinnoittamattomien vanereiden alkukosteusprosentit

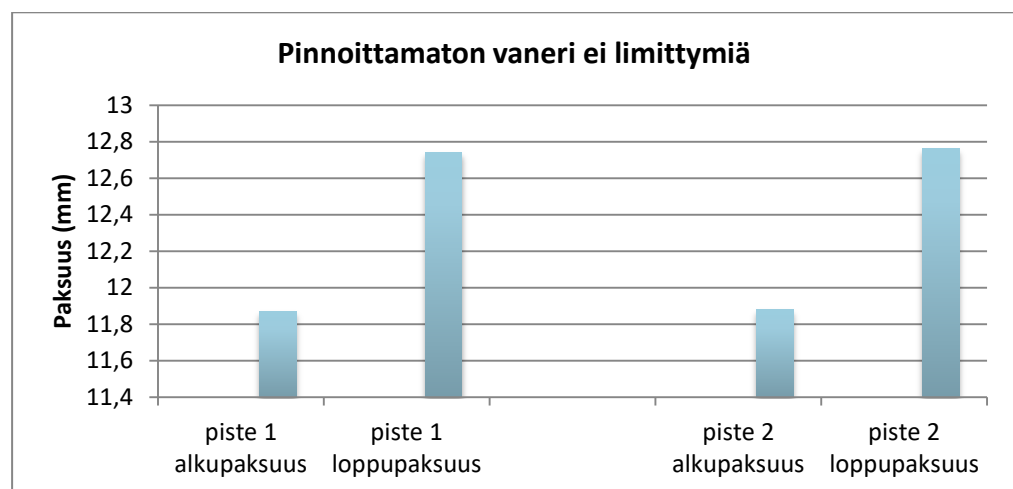
Vanerin kappalenumero	Vanerin märkäpaino (g)	Vanerin kuivapaino (g)	Kosteus (%)
1	101,0	95,7	5,5
2	136,4	127,4	7,1
3	133,9	125,3	6,9
4	145,7	136,5	6,7
5	134,6	125,9	6,9
6	136,2	127,5	6,8
7	145,6	136,5	6,7
8	131,9	123,6	6,7
9	130,5	122,2	6,8
10	131,7	123,9	6,1

Kymmenen vanerin kosteusprosentiksi saatiin noin 6,6 % ennen veteen upotusta (TAULUKKO 2). Kosteusprosentti oli siis hieman alhaisempi, kuin

tavanomainen valmiin vanerin 7-12 %:n varastointilämpötila. Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut testaustuloksiin, koska kosteus oli niin lähellä normaalia vanerin varastointikosteutta ja kaikille kappaleille kosteus oli suurin piirtein sama suurimman ja pienimmän kosteuden arvon ollessa 7,1 % ja 5,5 %.

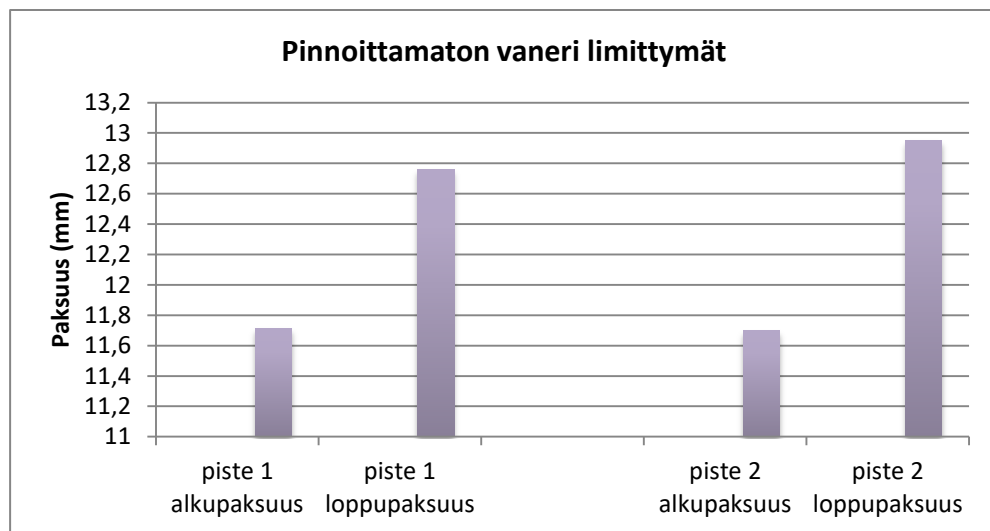
Kosteusturpoama määriteltiin pinnoittamattomista vanereista 32 kappaleesta kumpaakin laatua. Limittyneessä vanerissa mittauspiste 1 oli kappaleen päässä 3 cm±1 cm etäisyydellä kappaleen päätysärmästä. Mittauspiste 2 oli kohtisuoraan limittymäkohdan yläpuolella. Vanerissa, joka ei limittymää sisältänyt pisteet 1 ja 2 olivat kappaleen molemmissa päissä 3 cm±1 cm etäisyydellä kappaleen päätysärmistä.

Pinnoittamattomassa vanerissa, joka ei sisältänyt limittymää alkupaksuus 32 kappaleen osalta oli keskimäärin 11,9 mm pisteessä 1, upotuksen jälkeen paksuus oli sen sijaan n.12,7 mm. Kosteusturpoamaa oli siten noin 0,8 mm eli 6,7 %. Pisteessä 2 alkupaksuus oli keskimäärin 11,9 mm ja upotuksen jälkeen noin 12,8 mm. Kosteusturpoamaa oli siis noin 0,9 mm eli 7,6 % (KUVIO 4). Suurin yksittäinen turpoama sekä pisteessä 1 että pisteessä 2 oli 1,1 mm. Veden lämpötila, johon kappaleet upotettiin oli +21,0 °C ja upotusaika 24 tuntia.

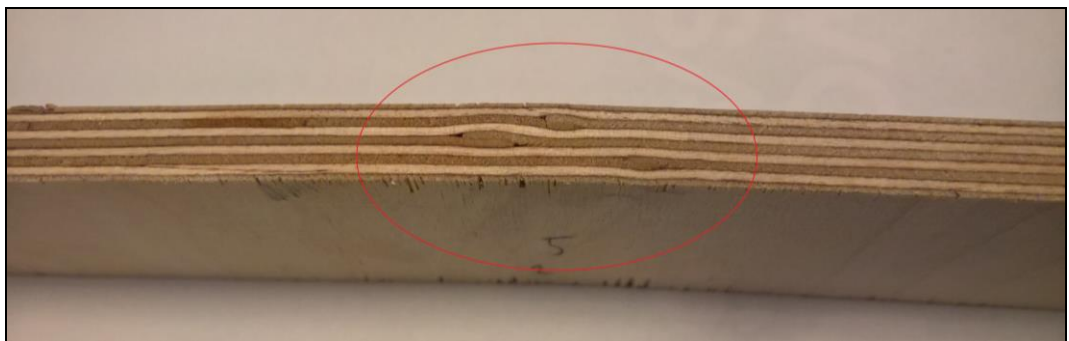


KUVIO 4. Pinnoittamattomien ja limittymättömien vanereiden kosteusturpoama

Pinnoittamattomassa vanerissa (KUVA 30), joka sisältää limittymän alkupaksuus 32 kappaleen osalta oli keskimäärin 11,7 mm pisteessä 1, upotuksen jälkeen paksuus oli sen sijaan 12,8 mm. Kosteusturpoamaa oli siten noin 1,1 mm eli 10,6 %. Pisteessä 2 alkupaksuus oli keskimäärin 11,7 mm ja upotuksen jälkeen 13,0 mm. Kosteusturpoamaa oli siis noin 1,3 mm eli 11,1 %. Suurin yksittäinen turpoama pisteessä 1 oli 1,3 mm ja 1,6 mm pisteessä 2 (KUVIO 5). Veden lämpötila, johon kappaleet upotettiin oli +21,3°C ja upotusaika 23 tuntia.



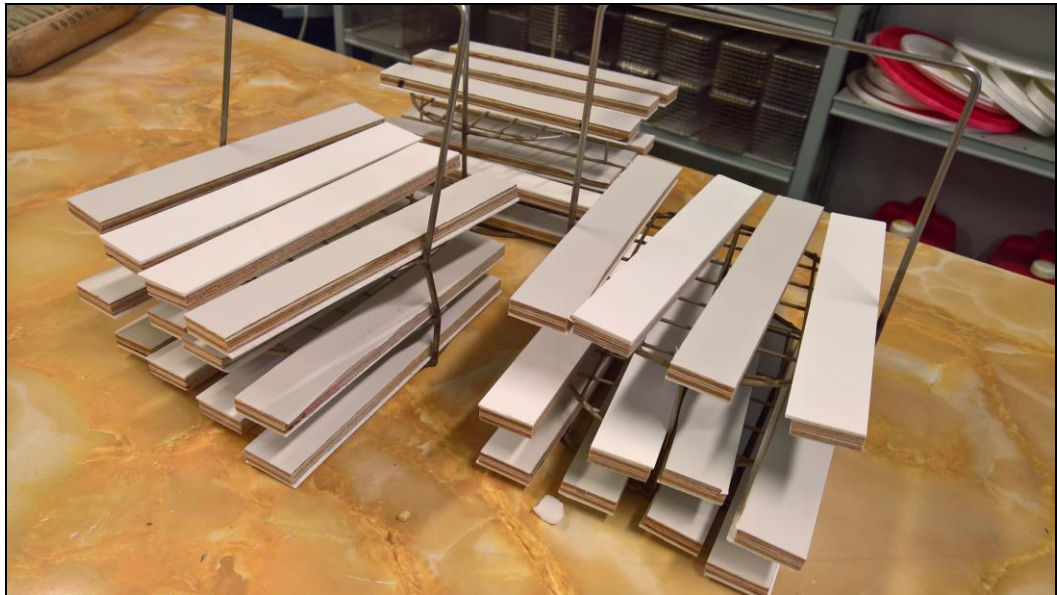
KUVIO 5. Pinnoittamattomien limittymän sisältämien vanereiden kosteusturpoama



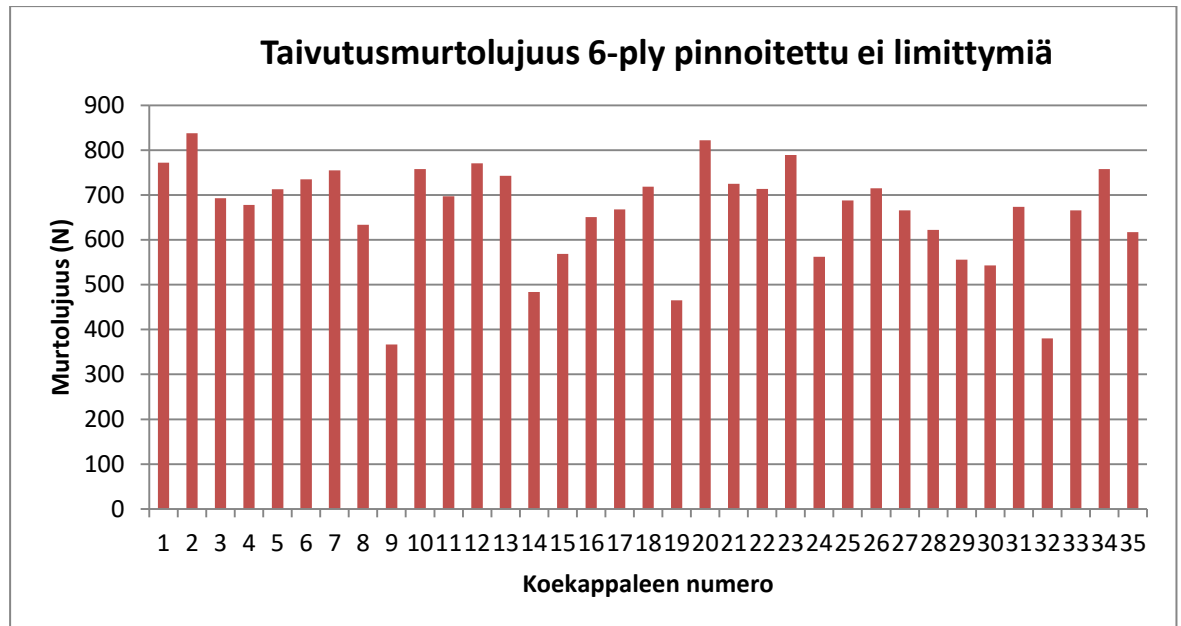
KUVA 30. Esimerkki limittymän sisältävästä pinnoittamattomasta koekappaleesta

6.3 Pinnoitetun vanerin taivutuslujuus

Futura-melamiini –pinnaiset vanerit annettiin kuivua kosteusturpoaman mittauksen jälkeen kunnes kappaleiden painot olivat saavuttaneet ennen vesiupotusta mitatun lähtöpainonsa (KUVA 31). Tasapainokosteuteensa kuivuneet koekappaleet asetetaan kolmipistetaivutukseen siten, että 190 mm pitkä koekappale oli keskellä tukipisteitä. Tukipisteet olivat 140 mm:n etäisyydellä toisistaan, joten tukipisteiden yli tuli 25 mm koekappaletta tukipistettä kohden. Koekappaleet taivutettiin futurapinnoite alaspäin, jotta paksummalla melamiinipinnoiteella ei olisi haittaavaa vaikutusta murtumalujuuden määrittämiseen. Taivutusnopeus oli 10,2 mm/min.

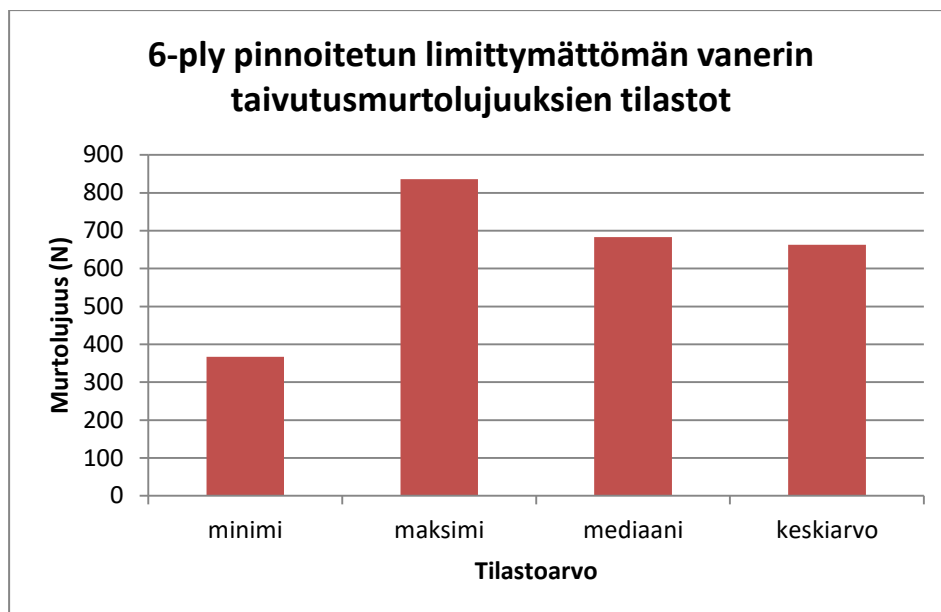


KUVA 31. Pinnoitetut koekappaleet kuivumassa laboratoriossa



KUVIO 6. Pinnoitettujen limittymättömien koekappaleiden murtolujuus

Limittymättömiä pinnoitettuja koekappaleita taivutettiin yhteensä 35 kappaletta (LIITE 1). Limittymää sisältämättömien koekappaleiden keskimääräinen taivutusmurtolujuus oli noin 663 N, korkeimman arvon ollessa 836 N ja alimman 367 N. Koekappaleita taivutettiin yhteensä 35 kappaletta (KUVIO 6). Limittymää sisältämättömien koekappaleiden keskimääräinen taivutusmurtolujuus oli noin 663 N, korkeimman arvon ollessa 836 N ja alimman 367 N. Koekappaleiden numeroimisen helpottamana voimme todeta, että kappaleen numero 9 alhaisen taivutusmurtolujuuden syynä oli taivutuspiistettä kohtisuoraan alapuolella ollut liimaviilun jatkoskohta (KUVA 32). Jatkoskohta sijaitti toisessa viilussa futura-pinnoitteesta luki-en. Koekappaleet murtuivat pääsääntöisesti ennakoidulla tavalla kohtisuoraan taivutuspiisteen alta muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.



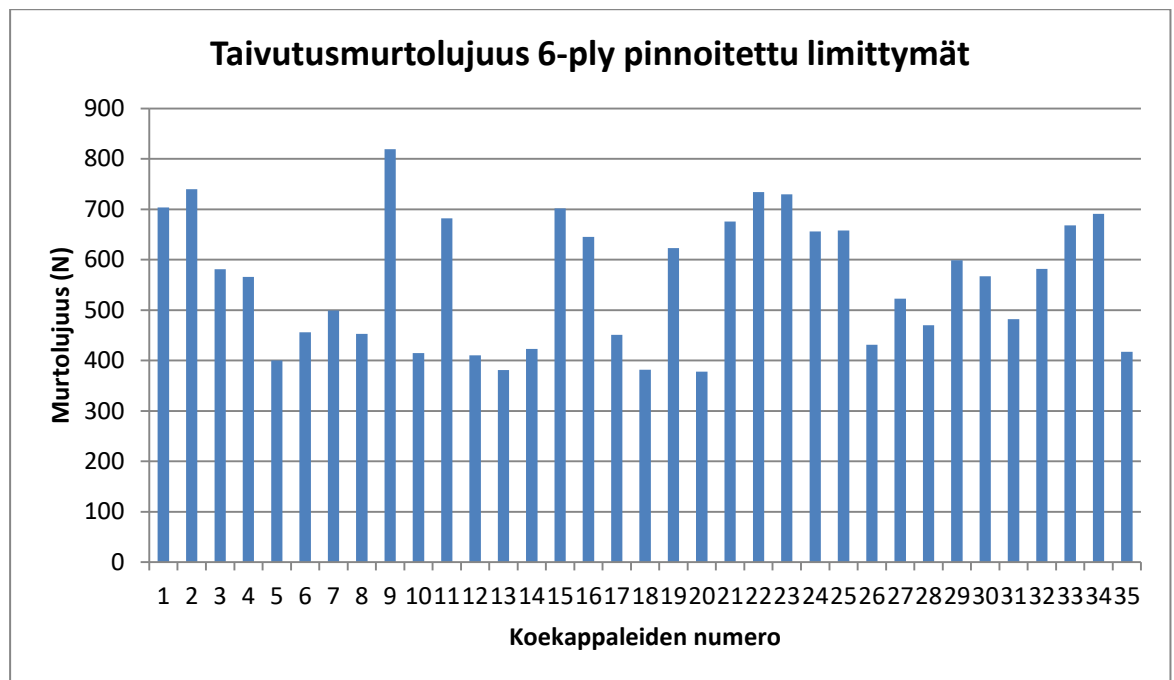
KUVIO 7. 6-ply pinnoitetun limittymättömän vanerin tilastojakauma

Tilastollisesta jakaumasta voidaan todeta, että mediaani oli hieman keskiarvoa korkeampi. Taivutusmurtolujuudeltaan keskiarvon ylittäviä koekappaleita oli 22 kappaletta ja täten sen alittavia oli 13. Tämän vuoksi keskiarvo oli lähempänä taivutuslujuudeltaan suurinta kappaletta, kuin taivutuslujuudeltaan heikointa kappaletta. Vaikka murtolujuudeltaan keskiarvoa vahvempia kappaleita oli paljon enemmän kuin keskiarvon alittavia, mediaani ei noussut kovinkaan paljon keskiarvoa suuremmaksi. Selvästi keskiarvoa heikompien kappaleiden määrä sai mediaanin pysymään lähellä keskiarvoa (KUVIO 7).



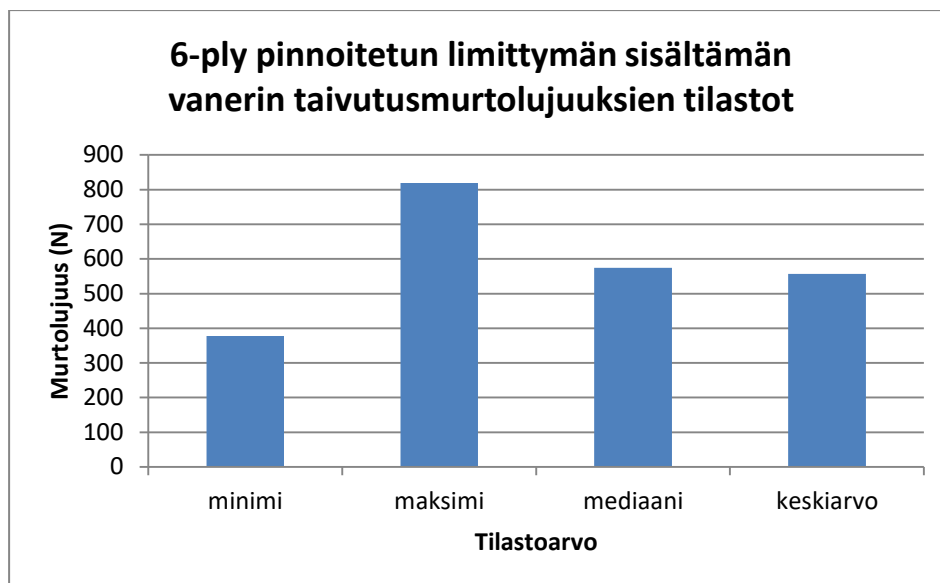
KUVA 32. Pinnoitetun limittymättömän kappaleen numero 9 murtuminen

Limittymän sisältäviä pinnoitettuja vanerikappaleita taivutettiin yhteensä 35 kappaletta (LIITE 2). Futurapinta alaspäin taivutettavat vanerit aseteltiin kolmipiste-taivutukseen siten, että limittymän kohta keskitettiin kohtisuoraan taivutuspuolelle. Koekappaleen ylimääräinen osa ei siis välttämättä tullut yhtä paljon yli molemmista tukipisteistä. Tällä ei ollut kuitenkaan merkitystä koetuloksiin. Kappaleiden keskimääräinen taivutusmurtolujuus oli 557 N, korkeimman arvon ollessa 819 N ja alimman 378 N (KUVIO 8).



KUVIO 8. Pinnoitettujen limittymän sisältävien kappaleiden murtolujuus

Vanereissa, joissa limittymää ei ollut kestäivät noin 19,0 % enemmän taivutusvoimaa, kuin koekappaleet, joissa limittymä esiintyi. Huomattavaa oli myös, että alle 500 N kestäviä kappaleita limittymän sisältämissä vanereissa oli 15 kappaletta, kun taas limittymättömässä vanerissa niitä oli vain 4.



KUVIO 9. 6-ply pinnoitetun limittymän sisältämän vanerin tilastojakauma

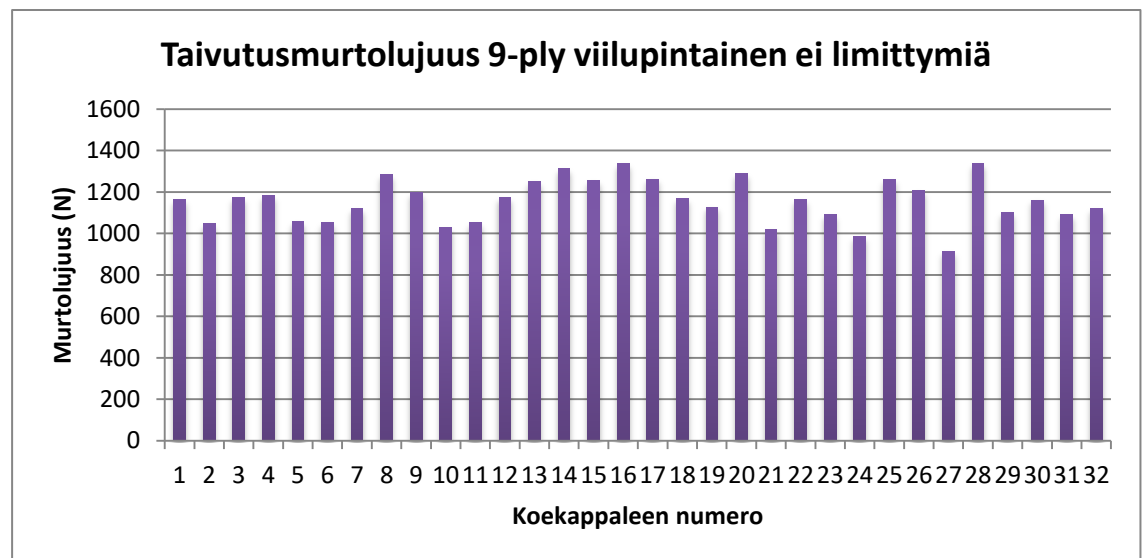
Tilastollisesta jakaumasta voidaan todeta, että mediaani oli hieman keskiarvoa korkeampi. Taivutusmurtolujuudeltaan keskiarvon ylittäviä koekappaleita oli 18 kappaletta ja täten sen alittavia oli 17. Tämän vuoksi keskiarvo oli hivenen lähempänä taivutuslujuudeltaan suurinta kappaletta, kuin taivutuslujuudeltaan heikointa kappaletta. Kuitenkin keskiarvo oli selvästi alempi ja kauempana maksimista kuin limittymättömissä koekappaleissa, koska erittäin alhaisen murtolujuuden omaavia koekappaleita oli runsaasti. Heikoin kappale kesti 46 % vahvimman kappaleen taivutusmurtolujuudesta (KUVIO 9).

6.4 Pinnoittamattoman vanerin taivutuslujuus

Pinnoittamattomat vanerit annettiin kuivua kosteusturpoaman mittauksen jälkeen kunnes kappaleiden painot olivat saavuttaneet ennen vesiupotusta mitatun lähtöpainonsa. Tasapainokosteuteensa kuivuneet koekappaleet asetettiin kolmipistetaivutukseen siten, että 240 mm pitkä koekappale oli keskellä tukipisteitä. Tukipisteet olivat 190 mm:n etäisyydellä toisistaan, joten tukipisteen yli tuli keskimäärin 25 mm koekappaletta tukipistettä kohden riippuen, kuinka tarkasti leveysärmän keskelle limittymän esiintymä

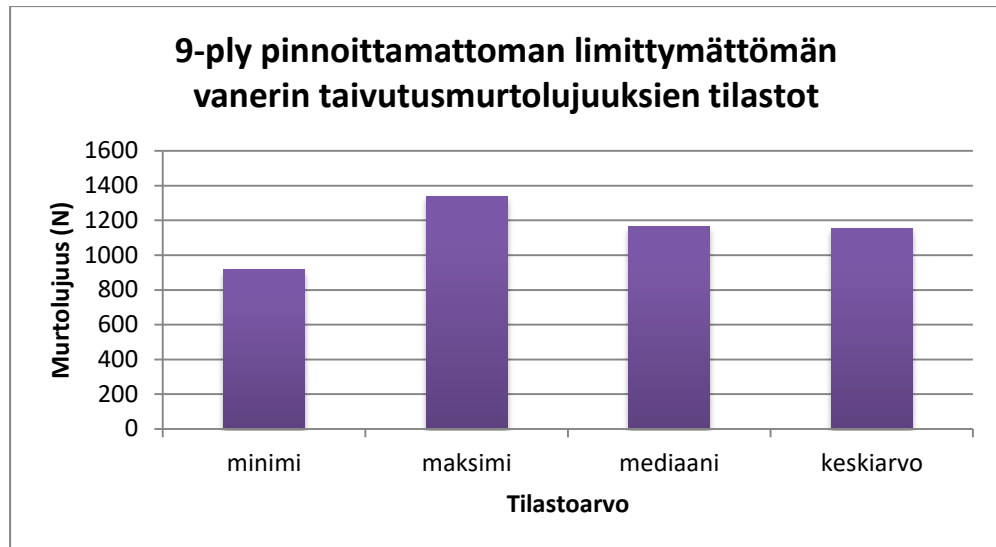
on saatu sahattua. Koekappaleet taivutettiin se puoli alaspäin, jota lähempänä limittymä esiintyi. Taivutusnopeus oli 10,2 mm/min.

Limittymättömiä viilupintaisia koekappaleita taivutettiin yhteensä 32 kappaletta (LIITE 3). Limittymää sisältämättömien koekappaleiden keskimääräinen taivutusmurtolujuus oli noin 1156 N, korkeimman arvon ollessa 1340 N ja alimman 915 N. Koekappaleiden taivutusmurtolujuudet olivat pääsääntöisesti tasaisia ja murtuivat pääsääntöisesti ennakoidulla tavalla kohtisuoraan taivutuspuolelta (KUVIO 10).



KUVIO 10. Pinnoittamattomien limittymättömien kappaleiden murtolujuus

Tilastollisesta jakaumasta voidaan todeta, että mediaani oli lähes samanarvoinen kuin keskiarvo. Tämä johtui erittäin tasaisista kappaleiden välisistä taivutusmurtolujuuksista. Taivutusmurtolujuudeltaan keskiarvon ylittäviä koekappaleita oli 18 kappaletta ja täten sen alittavia oli 14. Tämän vuoksi keskiarvo oli hieman lähempänä taivutuslujuudeltaan suurinta kappaletta, kuin taivutuslujuudeltaan heikointa kappaletta. Kappaleiden tasaisista murtolujuuksista kertoo hyvin se, että heikoin kappale oli noin 68 % vahvimman kappaleen kestävydestä, kun taas pinnoitetulla limittymättömällä vanerilla se oli vain 44 % (KUVIO 11).

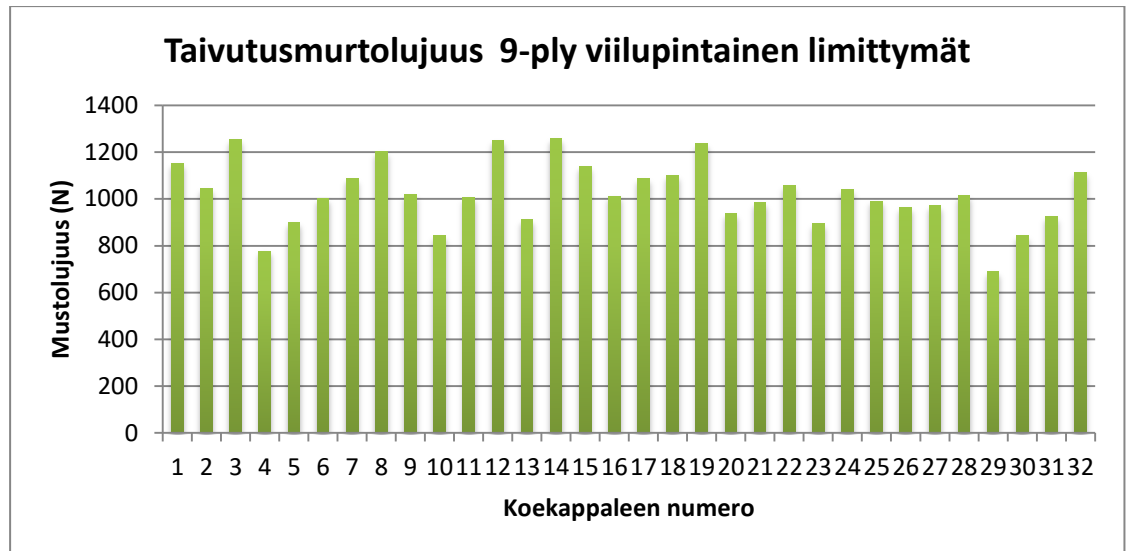


KUVIO 11. 9-ply pinnoitetun limittymättömän vanerin tilastojakauma

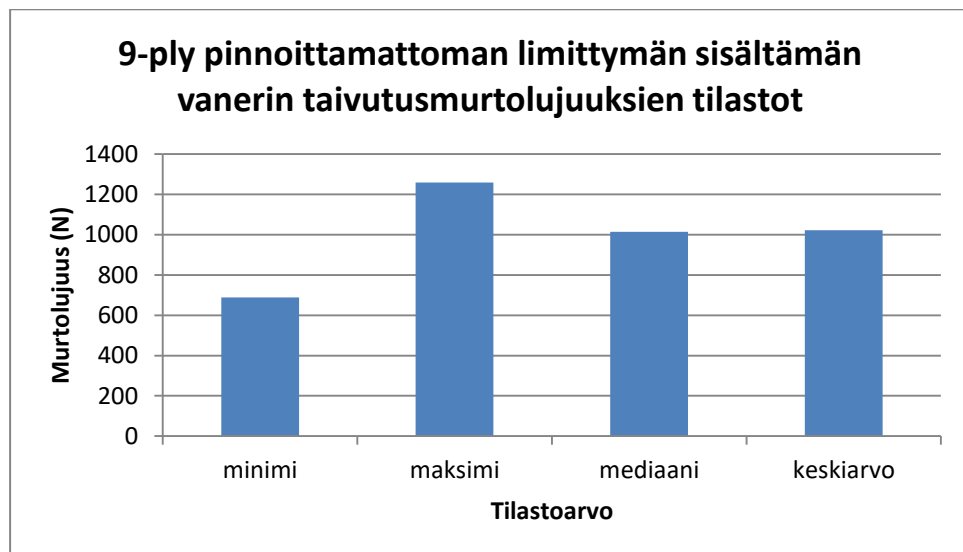
Limittymän sisältäviä viilupintaisia koekappaleita taivutettiin yhteensä 32 kappaletta (LIITE 4). Limittymää sisältävien koekappaleiden keskimääräinen taivutusmurtolujuus oli noin 1022 N, korkeimman arvon ollessa 1259 N ja alimman 688 N. Kappaleet murtuivat pääsääntöisesti ennakoitulla tavalla kohtisuoraan taivutuspisteen alta (KUVA 33). Limittymän sisältävien koekappaleiden taivutusmurtolujuuksissa oli suurempaa vaihtelua, kuin vastaavissa koekappaleissa, joissa ei limittymää ollut. Limittymättömät koekappaleet kestivät noin 13,1 % enemmän taivutusvoimaa, kuin limittymän sisältäneet kappaleet. Koekappaleiden väliset taivutusmurtolujuudet limittymän sisältämällä koekappaleiden välillä olivat kuitenkin tasaisia (KUVIO 12).



KUVA 33. Viilupintaisen limittymän sisältämän vanerin murtuminen



KUVIO 12. Pinnoittamattomien limittymän sisältävien kappaleiden murtolujuus



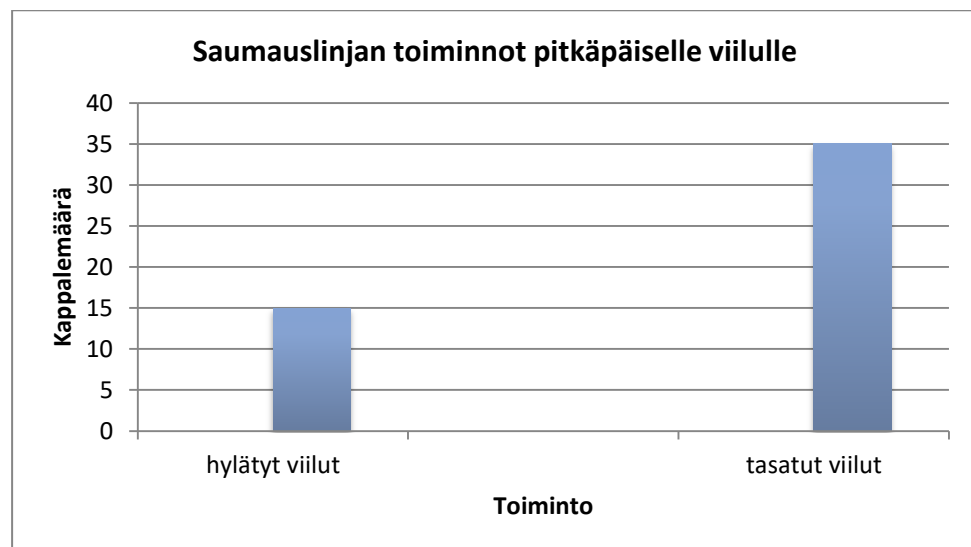
KUVIO 13. 9-ply pinnoittamattoman limittymän sisältämän vanerin tilastojakauma

Tilastollisesta jakaumasta voidaan todeta, että mediaani oli lähes samanarvoinen kuin keskiarvo. Keskiarvo oli kuitenkin ainoana näissä koekappaleissa korkeampi testattavat neljä viilulaatua huomioiden. Taivutusmurtolujuudeltaan keskiarvon ylitäviä koekappaleita oli 14

kappaletta ja täten sen alittavia oli 18. Koekappaleissa oli lähes saman verran heikkoja ja vahvoja kappaleita, sen vuoksi mediaani oli lähellä keskiarvoa vaikkakin taivutusmurtolujuuksien hajonta oli limittymättömiä koekappaleita suurempi. Heikoimman kappaleen murtolujuus oli 53 % vahvimman kappaleen murtolujuudesta (KUVIO 13).

6.5 Pitkämpäisen viulun saumaus

Vaneritehtaalla valmistamani pitkämpäiset viulut syötettiin kahdessa 25 kappaleen erässä saumauskoneeseen. Kaikki syötetyt viulut konenäkö tarkasteli ja sen perusteella viulut hylättiin suoraan hakekuljettimelle tai tasattiin suorakulmaisiksi virheleikkurin toimesta kapeamman särmän mukaan. 50 kappaleen viuluerästä suoraan hylätyiksi joutui 15 viilua ja 35 viilua tasattiin suorakulmaiseksi (KUVIO 14). Yksikään pitkämpäisistä viuluista ei päässyt kulkeutumaan pitkämpäisenä jonttien saumausvaiheeseen.



KUVIO 14. Pitkämpäisille koeviuluille tapahtuneet toiminnot virheleikkurille joutuessaan

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Kosteusturpoama

Koskisen Oy:llä oli entuudestaan tiedossa kuinka limittymän sisältämä vaneri käyttäytyy kosteuspitoisuuden kasvaessa. Tuloksista voidaan myös todeta sama havainto, että limittymän kohdalla kappaleen kosteusturpoama oli suurempi kuin muualla levyssä. Yhdessäkään kappaleessa limittymän kohdalla kosteusturpoama ei ollut pienempi kuin normaalirakenteisen mittauspisteen kohdassa.

9 mm paksun pinnoitetun vanerin turpoama oli koekappaleissa keskimäärin 0,2 mm suurempi limittymän kohdalla kuin kohdassa, jossa ei limittymää ollut. Tämä limittymä näkyy vanerin pinnalla kohoumana, vaikka pinnoite oli valkoista. Tummemmista pinnoitteista limittymän aiheuttama kohouma tulisi näkymään vielä paremmin. Voidaan myös todeta, että mitä suurempi limittymä vanerissa oli, sitä voimakkaammin se turposi.

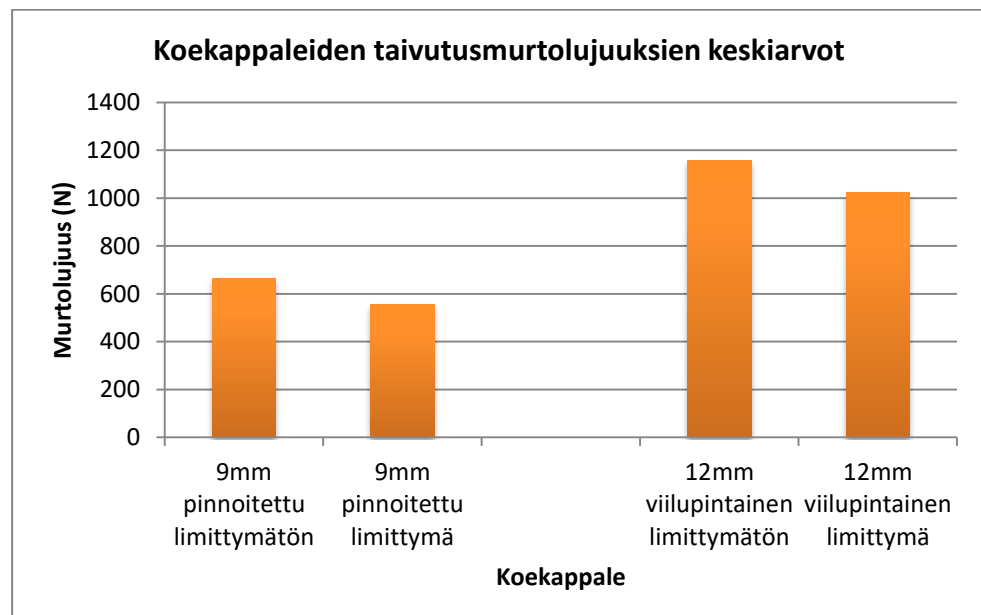
Viilupintaisissa 12 mm paksuissa koekappaleissa keskimääräinen kosteusturpoama oli myös noin 0,2 mm suurempi limittymän kohdalla kuin kohdassa, jossa ei limittymää ollut. Limittymän havaitseminen ei ollut helppoa kosteasta viilusta, mutta viilun kuivuessa limittymän kohdalle muodostui tummentunut viirumainen alue. Kuvien ottaminen limittymistä oli kuitenkin mahdotonta kameran liian pienen värierottelukyvyn vuoksi. Vanerin pintaan limittymät myös tuntuivat selvästi pintaa tunnusteltaessa.

Muita kosteusturpoaman aikana havaittuja vanerimuutoksia olivat ajoittaiset pintaviilujen halkeamiset ja sen myötä toistensa päälle limittymiset. Lisäksi vesiupotuksen aikana fenoliformaldehydiliimaa liukeni huomattavasti upotusastian vesijohtoveteen värjäten veden haalean kahvin väriseksi (KUVA 23).

7.2 Taivutuslujuus

Taivutusmurtolujuuksien ei ole uskottu putoavan merkittävästi, vaikka kappale sisältäisi limittymän. Aloin kuitenkin epäilemään tätä, koska limittymät ovat ns. valmiiksi poikki olevia viiluja, koska limittyneiden jonttien välissä ei ole edes liimaa sidosaineena. Kostena ollessaan taivutuslujuuden heikkeneminen olisi vielä suurempaa puun solujen seinämien ollessaan etäämpänä toisistaan. (Puuinfo 2011.)

Pinnoitettujen 9 mm paksujen ja limittymän sisältäneiden vanereiden murtolujuus oli keskimäärin noin 84 % vastaavan limittymättömän vanerin murtolujuudesta. Viilupintaisten limittymän sisältämien vanereiden murtolujuus oli puolestaan hieman parempi eli keskimäärin noin 88 % normaalirakenteisen vanerin lujuudesta (KUVIO 15). Limittymän sisältävän vanerin murtolujuuteen heikkenemiseen vaikuttaa, että limittymä esiintyisi mahdollisimman lähellä kappaleen alapuolen pintaviilua. Limittymän leveydellä oli myös vaikutusta, että mitä leveämpi limittymä olisi, sitä heikompi olisi taivutusmurtolujuus.



KUVIO 15. Taivutusmurtolujuuksien vertaus

Vanerirakentamisessa käytetään materiaalin valinnoissa varmuuskertoimia. Eli rakenteet valmistetaan paljon kestävimmiksi, kuin niille suunniteltu kuormitus vaatisi. Harvoin myöskään rasitus kohdistuu näin tarkasti juuri limittymän päälle ja limittymän pituiselle alueelle. Näiden tulosten perusteella pitäisin kuitenkin kiinni varmuuskertoimen olemassaolosta rakennusteollisuudessa.

7.3 Pitkämpäisen viilun saumaus

Pitkämpäisten viilujen koesyötöstä ei syntynyt limittyviä aiheuttavia jontteja. Viilujen pitkämpäisyys oli kuitenkin todella iso, eikä näin suuria (8 ± 2 cm) leveyseroja viilujen saumaukseen tavallisesti tule. Linjaston suuren syöttönopeuden vuoksi näin suuren leveyseron omaavien viilujen virheleikkauksen tarkastelu oli kuitenkin helpompaa, kuin viilujen, joiden päiden leveyssuuntainen ero olisi pienempi. Voidaan todeta, että suuret 8 ± 2 cm leveyseroltaan olevat pitkämpäiset viilut eivät aiheuta saumausvaiheessa viilujen limittymisiä.

8 KEHITYSEHDOTYKSET

8.1 Sorvaus ja kuivaus

Sorvaukseen tullessaan sahatut koivutukit kulkevat hihnakuuljettimella melko pitkän matkan. Yli puolet kulkumatkasta tapahtuu lämmittämättömissä katetuissa ulkotiloissa. Tällöin, varsinkin kovilla talvipakkasilla lämpöä haihtuu varsin paljon kuoritun tukin pinnalta. Ajoittaiset häiriötilanteet katkaisusahalla tai sorvauslinjastoilla katkaisevat hihnakuuljettimien liikkeen, jolloin tukit joutuvat tavallista pidempään odottelemaan sorvaukseen pääsyä. Tukin arvokkaan pintapuun lämpötila pääsee laskemaan, joka vaikuttaa sorvaustuloksen onnistumiseen ja viilun laatuun.

Parannuksina, jotta tukin lämpötilan laskeminen saataisiin estettyä, ehdotaisin seuraavia toimenpiteitä. Tukin haudontalämpötilaa nostettaisiin nykyistä korkeammaksi, kustannukset ja siitä koituvat turvallisuusriskit kuitenkin huomioiden. Hihnakuuljettimien nopeammalla liikkeellä sekä kate-
tun ulkotilan lämpöeristyksellä tukkien ulkotiloissa viettämä aika saataisiin pienennettyä tai kokonaan poistettua. Lisäksi katkaisusahan ja sorvauksen huoltovälejä tiuhennettaisiin, sekä linjaston toiminnan puutteista sattuneisiin häiriötilanteisiin tehtäisiin tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Viilun kuivausparametrit vaihtelevat sen mukaan millainen on viilun alkukosteus, haluttu loppukosteus sekä kuivatun viilun paksuus. Alkukosteuden mittaamiseen ei riitä, että vain pinkan päällimmäisistä viiluista mitattaisiin kosteuspitoisuus. Pinnalla olevat viilut kuivuvat nopeasti ja satojen kappaleiden viilupinoissa keskemällä viilupinkkaa olevat viilut ovat paljon märempiä. Jos syötettävän viilun kosteus muuttuu paljon viiluerän aikana, olisi suositeltavaa keskeyttää viilun syöttäminen ja muuttaa kuivausparametreja.

Kuivauksessa suosittelen, ettei viilun repimistä tehtäisi syöttöpäässä olevat työntekijän toimesta, jotta pitkäpäisiä viiluja ei syntyisi. Tässä on kuitenkin ongelmana se, että kuivauslinjastolla konenäkö ei kaikkia viilussa

olevia virheitä tunnista, joita repimisellä pyritään tuomaan esille. (KUVA 34).



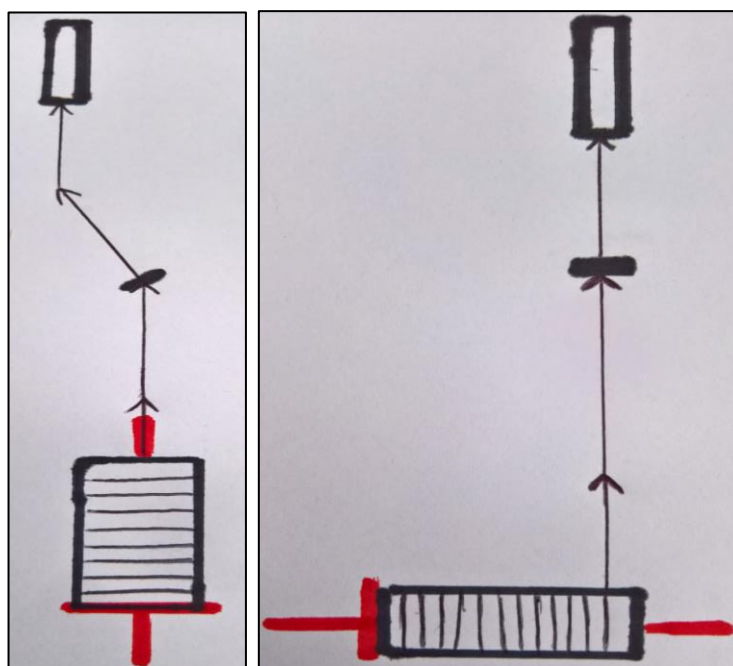
KUVA 34. Kuivauslinjaston konenäkötekniikka

8.2 Saumauslinja

Saumauslinjalla limittyviä syntyy siis pitkäpäisten viilujen aikaansaamina. Pitkäpäisten viilujen saumauksen ehkäisemiseksi ehdottaisin viilunleveysmittaria, joka mittaisi viilujen molempien päiden leveydet ennen konenäön tarkastelua ja virheleikkausta. Lyhyemmän viilunpään perusteella virheleikkuri leikkaisi viilunpäät tasamittaisiksi ja suorakulmaisiksi. Lisäksi viilujen repimistä ja täten mahdollisten pitkäpäisten viilujen syntyä tulisi vähentää ja puolestaan luottaa virheleikkuriin, joka osaa hoitaa virheiden leikkauksen moitteettomasti.

Liimanauha on paikoin erittäin ohuesti liimautunut, joka johtuu nauhan kierteisyydestä (KUVA 20). Liimanauhan kierteisyys saataisiin poistettua kääntämällä liimanauhat nykyisestä pystyasennosta vaaka-asentoon. Vaaka-asennossa nauhat purkautuisivat suorina rulliltaan (KUVA 35).

Rullia jouduttasiin kuitenkin pyörittämään automatisoidusti samaa tahtia, kuin nauhaa saumaukseen tarvittasiin, koska nauhan vetolujuus ei itsessään jaksaisi pyörittää painavaa nauharullaa. Rullat tulisivat vielä sijoittaa kohtisuoraan niille kuuluvan vastusputken kanssa ja matkalla putkelle olisi tiukka ohjausrullasto, joka estäisi nauhan kiertämisen ja samalla pitäisi nauhan rittäävällä kireydellä. Nauhan leveyden kasvattamisen mahdollisuutta voisi nauhan toimittajalta myös kysyä, koska sillä on vaikutusta liimanauhan vetolujuuteen.

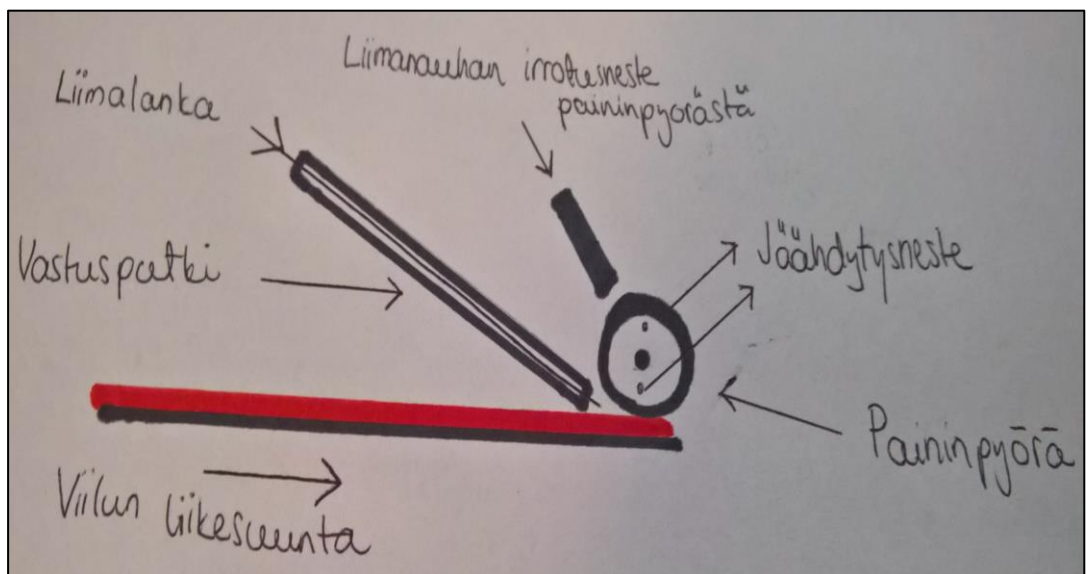


KUVA 35. Vasemmalla nykyinen nauhan purkautuminen, oikealla uusi ehdotus

Viilun aaltomaisuuteen ei voida saumauksessa vaikuttaa, mutta saumauskohdan molempiin päihin voitaisiin asentaa kameratekniikka, joka tunnistaisi saumauksessa päällekkäin menneet jontit ja hylkäisi ne tiputtamalla limittyneet viilut lattialle ennen pinkkaamiseen joutumista. Myös saumauskohdassa paininteloilta toiselle siirtymisen vuoksi tulisi tarkastuttaa painin-

telojen yhtäläinen paine, jottei ainakaan sen vuoksi aaltoileva viilu nousisi toisen päälle.

Heikkoon ja epätasaiseen liimanauhan tarttuvuuteen paininpyörien paineella ei suurempaa vaikutusta ollut. Liimanauhan sulamisella sen sijaan oli suuri vaikutus. Mitä paremmin nauha oli sulanut, sitä tiukemmin se tarttui. Vastusputkien säännöllinen huolto ja putsaus parantaisivat nauhan tasaisemman sulamisen ja vastusputken lämmönjohtamisen. Lisäksi nauhallalla on väljempi liikkua putkessa, jolloin sen katkeamisenkin mahdollisuus pienenisi (KUVA 36). Ehdottaisin viiluihin molemminpuolista liimanauhaa tai lisäämään nauhojen määrää yhdellä puolella, jos nauhaa ei saada muilla konstein pitävämmäksi.



KUVA 36. Liimanauhan liimaaminen viilun pintaan

Saumauslinjastolla tulisi huolehtia ajoittain epäkunnossa olleiden liimapisteiden toiminnasta. Huoltamalla ja putsamalla pisteet säännöllisesti ne eivät ehtisi tukkiutumaan ja puskusaumauksen laatu pysyisi hyvänä. Jos liimapisteitä ei saada putsattua kylminä, voidaan liimapisteen syöttöaukon

lämpötilaa nostaa niin suureksi, että jähmettyneestä ja reijän tukkineesta liimasta tulee jälleen juoksevaa ja helpommin irtoavaa.

8.3 Ladonta

Ladontapisteillä tulisi huolehtia tuotantoa ohjaavien kameroiden ja heijastuspeilien puhtaudesta ja toiminnasta. Likaisten heijastinpintojen aiheuttamat virhesyötöt aiheuttavat kaaostilanteita ladontapisteessä. Viilukuljettimen puhdistus tulisi olla myös säännöllistä ja tapahtua aina virhesyötön jälkeen. Pitäisin varsin merkittävänä, jos ladontapisteiden ladontanopeutta voisi alentaa. Tällöin ladontatyöntekijällä olisi hieman enemmän aikaa havaita viiluissa mahdollisesti olevat tai ladonnan aikana mahdollisesti syntyneet limittymät.

8.4 Muut toimenpiteet

Viilun kosteuspitoisuuksia tarkasteltaisiin tuotannon aikana entistä tiiviimmin, jotta liian kuivia tai kosteita viiluja ei pääsisi saumaus- ja ladontavaiheeseen. Saumauksesta tulleet liian kuivat viilut voivat turvota kosteuden noustua, jos eivät pääse suoraan ladontaan, vaan joutuvat odottamaan varastoituina. Lisäksi liimanauhan pysyvyys heikkenee, jos viilun kosteuspitoisuus poikkeaa merkittävästi vaaditusta.

Viilujen pinkkaamisessa tulisi käyttää oikeankokoisia aluslevyjä ja isompikokoisen viilupinkan päälle ei koskaan tulisi nostaa pinta-alaltaan pienempikokoista viilupinkkaa. Pinta-alaltaan isompia viilupinkkoja voidaan kuitenkin nostaa pinta-alaltaan pienempien viilupinkkojen päälle. Tästä voi toisaalta muodostua pinkkojen romahtamisvaara, jos pinta-aloilla on kovin suuri ero toisiinsa nähden.

Yleisesti vaneritehtaan kaikkien koneiden tiuhemmalla huoltamisella ja tuotannon ongelmakohtiin ajoissa puuttumalla saataisiin estettyä huonolaatuisten viilujen suuren määrän pääsyn tuotantoon ja asiakkaan käyttöön.

9 JATKOTUTKIMUKSIA

Tutkimustyöhön käytetävän ajan lyhyiden vuoksi en kaikkia potentiaalisia tutkimustöitä limittymien ehkäisemiseksi ehtinyt suorittamaan. Myös kuljetusmahdollisuudet saumattujen viilujen toimittamiseen koululleni tutkittavaksi olivat rajalliset. Ehdotan Koskisen Oy:lle muutamia tutkimustöitä, joita jatkossa voisi yrityksen toimesta tehdä.

9.1 Liimapisteet

Saumauslinjalla puskusaumaukseen käytettävien liimatippojen määrän vaihtelulla tavanomaisesta määrästä voitaisiin saada hyvää tietoutta kuinka suuri merkitys sauman pysyvyyteen liimatipoilla on. Myös tippojen sulatuslämpötilaa muttamalla voitaisiin tulkita saataisiinko esimerkiksi korkeammalla sulatuslämpötilalla saumasta lujempi.

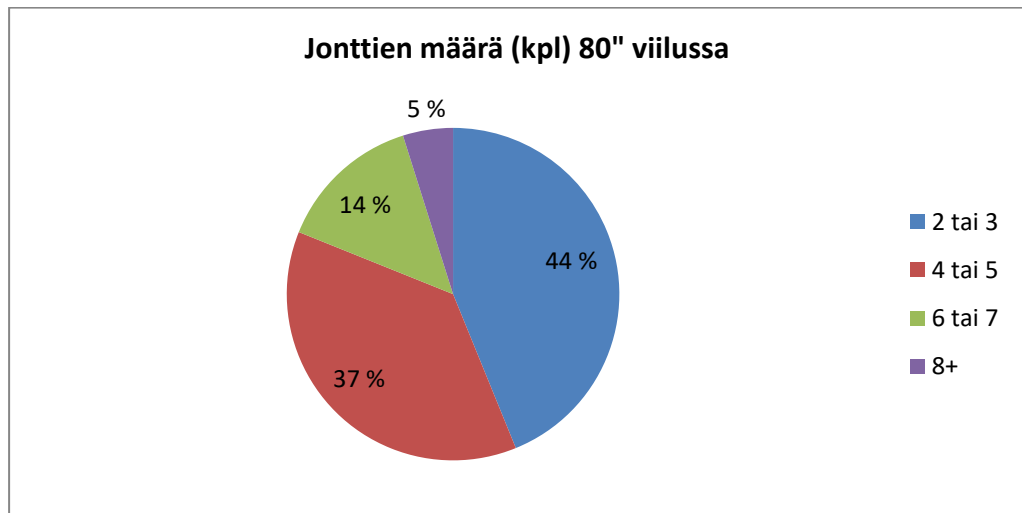
Liimapisteiden paremman pysyvyyden vuoksi viilujonttien poikittaisvetolujuus mahdollisesti kasvaisi. Liimatippojen ensisijainen tehtävähän on vastustaa sauman irtoaminen poikittaisten vetolujuuksien aikaansaamina. Liimanauhojen tehtävä on vastustaa pitkittäisiä saumaan kohdistuvia voimia.

9.2 Pitkämpäisen viilun saumaus

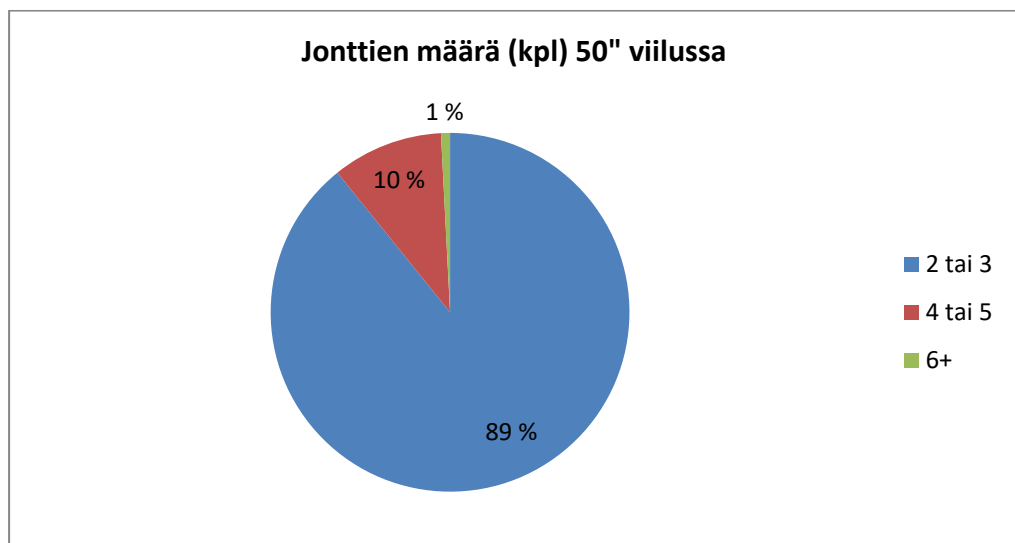
Tekemäni tutkimus koski leveysiltään erittäin paljon poikkeavien pitkäpäisten viilujen virheleikkausta ja saumausta. Eikä tekemäni tutkimuksen perusteella limittyneitä viiluja pitkäpäisyyden vuoksi syntynyt. Jatkossa voitaisiin tutkia pienempiä pitkäpäisyyksiä omaavia viiluja, esimerkiksi viilujenpäiden leveysmitalta 1-3 cm:ä poikkeavien viilujen virheleikkausta ja saumausta. Virheleikkauksen tarkastelu näin lyhyillä leveyseroilla on erittäin hakalaa havaita paljaalla silmällä, joten kameratekniikan apua voitaisiin hyödyntää.

9.3 Jonttikoko

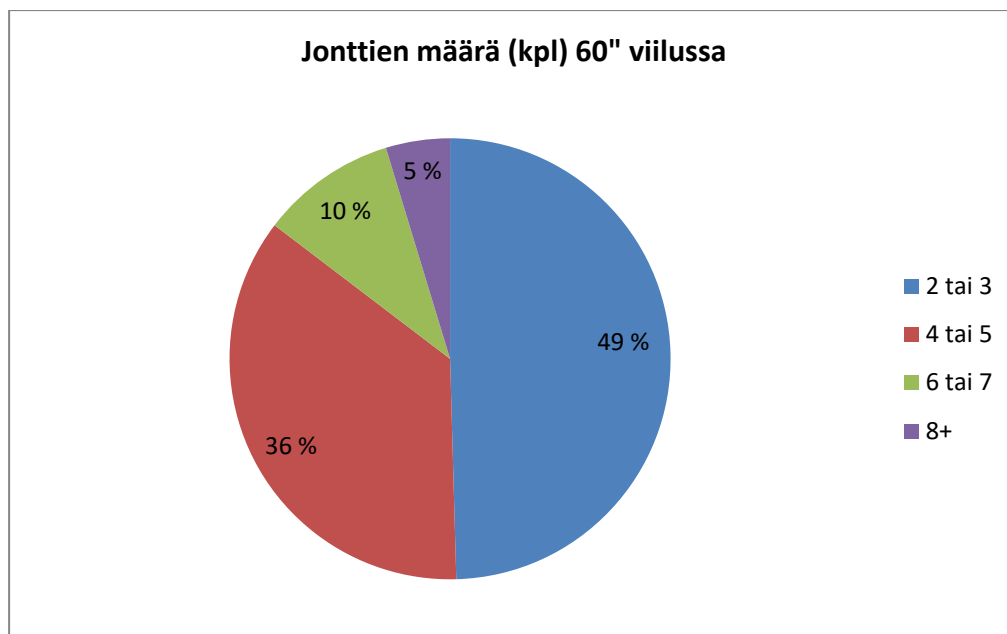
Jos kuivat keskiviilut olisivat yhtä ja samaa ehjää viilua, viiluun ei syntyisi saumauksesta johtuvia limittyimiä ollenkaan. Nykyistä jontin minimimittaa kasvattamalla voitaisiin karsia pois saumattuja viiluja, joissa on yli kymmenen saumaa. Tein visuaalisen tutkimuksen tarkastelemalla kolmen viilukoon saumattujen viilujen jonttimääriä (KUVIO 17, 18, 19).



KUVIO 17. 80" viilun jonttimäärien jakauma 349 kappaleen viiluerässä



KUVIO 18. 50" viilun jonttimäärien jakauma 370 kappaleen viiluerässä



KUVIO 19. 60" viilun jonttimäärien jakauma 553 kappaleen viiluerässä

Tulosten perusteella 50" viilu valmistui suurilta osin kahdesta tai kolmesta jontista. Pieni jonttien kappalemäärä viilussa selittyy sillä, että 50" viilu oli suhteessa paljon kapeampi kuin pidemmät kaksi viilukokoa. Jonttien määrästä suhteesta viilun leveyteen voidaan puolestaan todeta, että 80" pitkä oli saumattu parhaimman laatusesta viilusta.

Jatkossa voitaisiin tutkia, kuinka paljon limittymämäärät levyissä piene- nisivät, jos saumukseen menevät jontit olisivat pidempiä. Jonttikoon kasvattaminen kuitenkin nostaisi hukkaviilun määrä, mutta tarkoituksena olisi selvittää syntyisikö suuremmalla jonttikoolla vähemmän reklamaation aiheuttamia limittymiä levyissä, jotka korvaisivat hukkaviiluun menevät kustannukset.

10 YHTEENVETO

Koskisen Oy:n vaneritehtaalla on jo pitkään pohdittu limittymien syntymissyitä. Asiakkaille pyritään tarjoamaan mahdollisimman laadukkaita tuotteita ja heidän toiveitaan pyritään mahdollisimman hyvin kuuntelemaan. Tuotantoon ja tuotteisiin tehdään mahdollisesti muutoksia, jos se edesauttaisi paremman laadun saamista ja asiakastytyvyyttä.

Viilun valmistus alkaa tukkien riittävästä haudonnasta tarpeeksi lämpimässä vedessä. Onnistuneen ja hyvälaatuisen viilu takaamiseksi viilun sorvauksen täytyy olla ammattilaisten hoitamaa, jotta syntyisi tasapaksua, ehjää ja suoraa viilua, jonka kuivattaminenkin olisi jatkossa helpompaa. Viilun kuivaus täytyy suorittaa niin, että viilu olisi aaltoilematonta, päistään suoraa ja oikean kosteuspitoisuuden omaavaa.

Viilun saumaaminen tulisi hoitaa hyvässä kunnossa olevilla työstökoneilla, jotta kuivatusta viilusta saadaan eroteltua tehokkaasti huonolaatuinen viilu ja syntyneistä jonteista saataisiin muodostettua tiivis ja pitävä liimasauma. Liimapisteitä tulisi olla tasaisesti puskusaumassa ja liimanauhan täytyisi liimautua tasaisesti ja mahdollisimman leveästi viilun pintaan. Saumatut viilut tulisi varastoida oikeanlaisissa pinoissaan ja muuttumattomissa kosteusolosuhteissa, jotta saumojen turha venyminen ja ratkeilu ehkäistäisiin kosteusturpoamiselta ja pinkkojen epätasaiselta painojakaumalta.

Ladontapisteellä voi vielä suuresti vaikuttaa syntyvään vanerinlaatuun. Sopivalla ladontanopeudella ja puhtailla tunnistusantureilla ladontatyöntekijällä on riittävän pitkä aika reagoida ladottavan viilun laatuun. Jos huonolaatuinen viilu pääsee vaneriaihioon, se voi pilata koko vanerin.

Vaneritehtaalla pystyttäisiin tekemään monia muutoksia aikaisemmissa tuotannon vaiheissa viilun laadun parantamiseksi. Huonoimmassa tapauksessa heikkolaatuiset vanerit hylätään vasta viimeisessä lajittelussa tai loppukäyttökohteessa asiakkaan toimesta.

LÄHTEET

Painetut lähteet

JuntKa & PehkSa. 1998. Raute Wood. Viilunsaumauslinja käyttöohje.

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

Koskisen Oy, 2003. Laatukäsikirja. Viilun automaattiladonta asema 6.

Koskisen Oy, 2017. Vaneriteollisuus. Vikakappaleluettelo.

Koskisen Oy, 2016. 50 vuotta vaneria. Lahti: Kirjapaino Markprint Oy.

Plymac Oy, 2004. Plywood machines. Viilujen ladontalinja.

Tikkurila, 2010. Puun teollinen pintakäsittely. Tikkurila Oyj, Industry.

Elektroniset lähteet

Koskisen Oy. 2017a. Omistautunut puulle [viitattu 15.1.2017]. Saatavissa: <http://www.koskisen.fi/>

Koskisen Oy. 2017b. Yleiset pakkausohjeet. Tiedostopankki [viitattu 15.1.2017]. Saatavissa: <https://link.koskisen.com/system/modules/digistore/InlineStream.aspx?file=RDpcQVRMQU5USVMuc2VydmljZXMtZmlsZXN5c3RlbVxkaWdpc3Rvc mVcZGF0YTFcS29za2lzZW5cYnJvY2h1cmVzXGJyb2NodXJlc1xwbHI3b2 9kXEtv2tpc2VuX1BseXdvb2RfcGFja2luZy5wZGY=&d=MzAxMjAxNw==>

PEFC. 2017. Sertifiointi. Suomen Metsäsertifiointi ry [viitattu 22.1.2017]. Saatavissa: <http://pefc.fi/sertifiointi/>

FSC Finland. 2017. Sertifiointi. Forest Stewardship Council [viitattu 22.1.2017]. Saatavissa: <https://fi.fsc.org/fi-fi/sertifiointi>

Koskisen Oy. 2016c. Plywood Industry. The most noble wood products born under pressure [viitattu 22.1.2017]. Saatavissa:

<http://www.reppu.lamk.fi>

Koskisen Oy. 2017d. Yritysvastuuraportti. Tiedostopankki [viitattu 25.1.2017] Saatavissa:

https://link.koskisen.com/_system/modules/digistore/InlineStream.aspx?file=RDpcQVRMQU5USVMuc2VydmljZXMtZmlsZXN5c3RlVxkaWdpc3Rvc mVcZGF0YTFcS29za2lzZW5cQnJvY2h1cmVzXFJhcG9ydGI0XEtv2tpc2 VuX3lyaXR5c3Zhc3R1dXJhcG9ydHRpXzlwMTUucGRm&d=MzAxMjAxN W==

Triofloor. 2013. Puulajiopas. Suunnittelijan työvälineet [viitattu 26.1.2017]. Saatavissa:

<http://triofloor.fi/fileadmin/tiedostot/oppaat/1puulajiopas2013.pdf>

Puuinfo. 2005. Vanerikäsikirja. Mesäteollisuus ry [viitattu 28.1.2017].

Saatavissa:

<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Vanerik%C3%A4sikirja.pdf>

Metsäwood. 2016. Vanerit. Vanerin käyttökohteet [viitattu 28.1.2017].

<http://www.metsawood.com/fi/tuotteet/vanerit/vanerin-kayttokohteet/Pages/default.aspx>

Koskisen Oy. 2017e. Koskisen Oy:n puutuotteille Avainlippu-tunnus. Omistautunut puulle [viitattu 30.1.2017]. Saatavissa:

<http://omistautunutpuulle.koskisen.fi/fi/konserni/koskisen-oy-n-puutuotteille-avainlippu-tunnus>

Koskisen Oy. 2017f. Suomen valtakunnallinen ylittäjäpalkinto 2016 Koskisen Oy:lle. Omistautunut puulle [viitattu 30.1.2017]. Saatavissa:

<http://omistautunutpuulle.koskisen.fi/fi/konserni/suomen-valtakunnallinen-yrittajapalkinto-2016-koskisen-oylle>

Salmi. 2005. Puuraaka-aine. Puun kosteus [viitattu 30.1.2017].

Saatavissa:

http://reppu.lamk.fi/pluginfile.php/486073/mod_resource/content/0/Jari/Jari_2009/KOSTEUSStiheys06092005_2_.pdf

Kannisto, K. & Heräjärvi, H. 2006. Metsätieteen aikakauskirja. Rauduskoivun pystykarsinta oksasaksilla – vaikutus puun laatuun ja taloudelliseen tuotoon [viitattu 17.2.2017]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff06/ff064491.pdf>

Puuinfo 2011. Tekninen tiedote. Puun kosteuskäyttäytyminen [viitattu 17.2.2017]. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/kysymyksia-ja-vastauksia/puun_kosteuskayttaytyminen_lattia.pdf

Leutola, J. 2016. Koskisen Oy. Intranet.

LIITTEET

LIITE 1. 6-ply pinnoitetun limittymättömän vanerin taivutuskoee

3-D Taivutus_Puu				
Key Word		Product Name	pinnoite ei limittymä	
Test File Name	3P_taivutus_kimmomoduuli(PARAS)_20170220_1354.xtai	Method File Name	3P_taivutus_kimmomoduuli(PARAS).xmai	
Report Date	20.2.2017	Test Date	20.2.2017	
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend	
Speed	10.2mm/min	Shape	Plate	
No of Batches:	35	Qty/Batch:	1	
Name	Max_Force	Max_Stress	Elastic modulus	Elastic
Parameters	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas		Force 100 – 400 N
Unit	N	N/mm2		N/mm2
pinnoite ei lim	771.500	71.4352	3148.43	3124.35
Average	771.500	71.4352	3148.43	3124.35
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	836.438	77.4479	3531.10	3489.84
Average	836.438	77.4479	3531.10	3489.84
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	693.094	64.1754	3111.41	2982.38
Average	693.094	64.1754	3111.41	2982.38
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	678.063	62.7836	2933.50	2779.76
Average	678.063	62.7836	2933.50	2779.76
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	713.625	66.0764	2891.09	2736.71
Average	713.625	66.0764	2891.09	2736.71
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	735.031	68.0585	3212.46	3113.21
Average	735.031	68.0585	3212.46	3113.21
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	755.281	69.9335	2960.03	2781.19
Average	755.281	69.9335	2960.03	2781.19
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	633.656	58.6719	2758.53	2528.07
Average	633.656	58.6719	2758.53	2528.07
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	366.781	33.9612	1440.17	--
Average	366.781	33.9612	1440.17	--
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	758.031	70.1881	2412.61	2264.96
Average	758.031	70.1881	2412.61	2264.96
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	697.125	64.5486	2548.53	2500.82
Average	697.125	64.5486	2548.53	2500.82
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	771.219	71.4091	3009.16	2870.69
Average	771.219	71.4091	3009.16	2870.69
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	743.188	68.8137	3326.56	3251.11
Average	743.188	68.8137	3326.56	3251.11
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	483.500	44.7685	2516.93	2416.02
Average	483.500	44.7685	2516.93	2416.02
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	569.188	52.7026	2590.51	2424.99
Average	569.188	52.7026	2590.51	2424.99
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	650.969	60.2749	2431.11	2359.32
Average	650.969	60.2749	2431.11	2359.32
Standard Deviation	--	--	--	--

pinnoite ei lim	667.844	61.8374	3086.94	3030.33
Average	667.844	61.8374	3086.94	3030.33
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	719.094	66.5828	2664.30	2464.90
Average	719.094	66.5828	2664.30	2464.90
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	464.625	43.0208	2425.58	2075.12
Average	464.625	43.0208	2425.58	2075.12
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	822.375	76.1458	3337.36	3269.09
Average	822.375	76.1458	3337.36	3269.09
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	725.344	67.1615	3028.72	2820.20
Average	725.344	67.1615	3028.72	2820.20
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	713.500	66.0648	2888.15	2753.92
Average	713.500	66.0648	2888.15	2753.92
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	789.469	73.0990	2861.53	2696.51
Average	789.469	73.0990	2861.53	2696.51
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	561.875	52.0255	2480.59	2276.69
Average	561.875	52.0255	2480.59	2276.69
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	687.844	63.6892	2577.65	2441.79
Average	687.844	63.6892	2577.65	2441.79
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	715.063	66.2095	2848.62	2654.98
Average	715.063	66.2095	2848.62	2654.98
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	666.000	61.6667	2889.67	2809.22
Average	666.000	61.6667	2889.67	2809.22
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	621.500	57.5463	2547.12	2327.17
Average	621.500	57.5463	2547.12	2327.17
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	556.188	51.4988	2642.14	2523.59
Average	556.188	51.4988	2642.14	2523.59
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	542.750	50.2546	2496.82	2231.80
Average	542.750	50.2546	2496.82	2231.80
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	674.438	62.4479	2994.65	2766.03
Average	674.438	62.4479	2994.65	2766.03
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	380.031	35.1881	1407.13	--
Average	380.031	35.1881	1407.13	--
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	665.938	61.6609	3044.29	2910.44
Average	665.938	61.6609	3044.29	2910.44
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	758.125	70.1968	3214.93	3087.41
Average	758.125	70.1968	3214.93	3087.41
Standard Deviation	--	--	--	--
pinnoite ei lim	617.188	57.1470	2731.49	2514.06
Average	617.188	57.1470	2731.49	2514.06
Standard Deviation	--	--	--	--
TotalAverage	663.025	61.3912	2771.14	2705.35
TotalStandard Deviation	113.789	10.5360	445.289	340.496

LIITE 2. 6-ply pinnoitetun limittymän sisältämän vanerin taivutuskoee

3-D Taivutus_Puu				
Key Word		Product Name	pinnoite limittymät	
Test File Name	3P_taiutus_kimmomoduu lilla(PARAS) _20170221_0828 pinnoite limittymät.xtai	Method File Name	3P_taiutus_kimmomoduu lilla(PARAS).xmai	
Report Date	21.2.2017	Test Date	21.2.2017	
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend	
Speed	10.2mm/min	Shape	Plate	
No of Batches:	35	Qty/Batch:	1	
Name Parameters	Max_Force Calc. at Entire Areas	Max_Stress Calc. at Entire Areas	Elastic modulus	Elastic Force 100 – 400 N
Unit	N	N/mm2		N/mm2
1_1	703.594	67.5604	2890.20	2778.91
Average	703.594	67.5604	2890.20	2778.91
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	740.156	71.0712	2924.69	2741.37
Average	740.156	71.0712	2924.69	2741.37
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	581.219	55.8098	2767.63	2792.22
Average	581.219	55.8098	2767.63	2792.22
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	565.969	54.3454	2761.80	2840.14
Average	565.969	54.3454	2761.80	2840.14
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	400.031	38.4118	2932.89	670.253
Average	400.031	38.4118	2932.89	670.253
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	456.313	43.8160	2586.29	1886.02
Average	456.313	43.8160	2586.29	1886.02
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	499.250	47.9390	3119.47	2797.33
Average	499.250	47.9390	3119.47	2797.33
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	453.313	43.5280	2685.46	1291.35
Average	453.313	43.5280	2685.46	1291.35
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	818.656	78.6090	3322.26	3264.60
Average	818.656	78.6090	3322.26	3264.60
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	414.938	39.8431	3066.73	903.972
Average	414.938	39.8431	3066.73	903.972
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	682.875	65.5710	3287.57	3124.46
Average	682.875	65.5710	3287.57	3124.46
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	409.719	39.3420	2919.72	663.033
Average	409.719	39.3420	2919.72	663.033
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	381.875	36.6684	2901.41	--
Average	381.875	36.6684	2901.41	--
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	422.750	40.5933	3146.47	1073.39
Average	422.750	40.5933	3146.47	1073.39
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	701.563	67.3654	3485.45	3261.93
Average	701.563	67.3654	3485.45	3261.93
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	644.906	61.9252	3065.03	2887.00
Average	644.906	61.9252	3065.03	2887.00

Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	450.750	43.2819	3116.23	2591.21
Average	450.750	43.2819	3116.23	2591.21
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	382.000	36.6804	2694.52	--
Average	382.000	36.6804	2694.52	--
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	622.688	59.7917	2964.47	2730.40
Average	622.688	59.7917	2964.47	2730.40
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	377.875	36.2843	2581.63	--
Average	377.875	36.2843	2581.63	--
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	676.406	64.9498	2946.71	2779.06
Average	676.406	64.9498	2946.71	2779.06
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	734.375	70.5161	2879.45	2708.49
Average	734.375	70.5161	2879.45	2708.49
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	729.781	70.0750	2790.62	2624.86
Average	729.781	70.0750	2790.62	2624.86
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	656.219	63.0114	3121.73	2989.38
Average	656.219	63.0114	3121.73	2989.38
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	657.938	63.1764	3413.27	3295.04
Average	657.938	63.1764	3413.27	3295.04
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	430.656	41.3525	3307.70	1472.14
Average	430.656	41.3525	3307.70	1472.14
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	523.063	50.2255	2659.45	2391.36
Average	523.063	50.2255	2659.45	2391.36
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	470.031	45.1333	2419.17	1994.89
Average	470.031	45.1333	2419.17	1994.89
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	598.781	57.4961	2690.40	2549.86
Average	598.781	57.4961	2690.40	2549.86
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	466.594	44.8032	2694.82	2129.80
Average	466.594	44.8032	2694.82	2129.80
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	482.375	46.3186	2678.64	1417.57
Average	482.375	46.3186	2678.64	1417.57
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	582.281	55.9118	2956.87	2791.17
Average	582.281	55.9118	2956.87	2791.17
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	667.938	64.1367	2795.72	2591.45
Average	667.938	64.1367	2795.72	2591.45
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	691.219	66.3722	3213.22	3063.82
Average	691.219	66.3722	3213.22	3063.82
Standard Deviation	--	--	--	--
1 _ 1	417.125	40.0532	1847.06	1354.55
Average	417.125	40.0532	1847.06	1354.55
Standard Deviation	--	--	--	--
TotalAverage	557.006	53.4848	2903.85	2326.59
TotalStandard Deviation	129.782	12.4620	313.932	797.953

LIITE 3. 9-ply viilupintaisen limittymättömän vanerin taivutuskoe

3-D Taivutus_Puu				
Key Word		Product Name	puhdas ei limittyiä	
Test File Name	3P_taiutus_kimmomoduuli(PARAS)_20170221_0954_puhdas_ei_limittyiä.xtai	Method File Name	3P_taiutus_kimmomoduuli(PARAS).xmai	
Report Date	21.2.2017	Test Date	21.2.2017	
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend	
Speed	10.2mm/min	Shape	Plate	
No of Batches:	38	Qty/Batch:	1	
Name	Max_Force	Max_Stress	Elastic modulus	Elastic
Parameters	Calc. at Entire	Calc. at Entire		Force 100 – 400 N
Unit	Areas	Areas		
	N	N/mm2		N/mm2
1_1	1163.94	58.1969	4724.41	4767.54
Average	1163.94	58.1969	4724.41	4767.54
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1049.19	52.4594	4580.47	4452.60
Average	1049.19	52.4594	4580.47	4452.60
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1172.19	58.6094	4687.87	4697.06
Average	1172.19	58.6094	4687.87	4697.06
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1182.06	59.1031	4607.30	4629.18
Average	1182.06	59.1031	4607.30	4629.18
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1060.00	53.0000	4709.38	4722.62
Average	1060.00	53.0000	4709.38	4722.62
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1051.94	52.5969	5132.69	5146.27
Average	1051.94	52.5969	5132.69	5146.27
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1119.63	55.9813	4818.12	4840.14
Average	1119.63	55.9813	4818.12	4840.14
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1284.75	64.2375	5311.19	5334.67
Average	1284.75	64.2375	5311.19	5334.67
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1198.50	59.9250	4835.34	4839.96
Average	1198.50	59.9250	4835.34	4839.96
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1030.38	51.5188	4038.53	4067.33
Average	1030.38	51.5188	4038.53	4067.33
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1052.75	52.6375	4804.30	4820.11
Average	1052.75	52.6375	4804.30	4820.11
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1175.75	58.7875	5794.94	5813.10
Average	1175.75	58.7875	5794.94	5813.10
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1253.00	62.6500	5272.89	5315.73
Average	1253.00	62.6500	5272.89	5315.73
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1313.56	65.6781	5473.66	5473.63
Average	1313.56	65.6781	5473.66	5473.63
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1254.13	62.7063	5638.80	5649.11
Average	1254.13	62.7063	5638.80	5649.11
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1338.31	66.9156	5619.00	5651.37
Average	1338.31	66.9156	5619.00	5651.37

Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1262.81	63.1406	5217.13	5239.55
Average	1262.81	63.1406	5217.13	5239.55
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1170.00	58.5000	5714.57	5800.03
Average	1170.00	58.5000	5714.57	5800.03
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1126.94	56.3469	5144.77	5183.68
Average	1126.94	56.3469	5144.77	5183.68
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1290.75	64.5375	5642.01	5682.59
Average	1290.75	64.5375	5642.01	5682.59
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1020.31	51.0156	4432.07	4455.49
Average	1020.31	51.0156	4432.07	4455.49
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1164.69	58.2344	4560.60	4595.98
Average	1164.69	58.2344	4560.60	4595.98
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1089.50	54.4750	4536.70	4548.81
Average	1089.50	54.4750	4536.70	4548.81
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	985.125	49.2563	4829.12	4845.23
Average	985.125	49.2563	4829.12	4845.23
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1261.25	63.0625	4909.28	4967.90
Average	1261.25	63.0625	4909.28	4967.90
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1205.56	60.2781	5044.92	5092.50
Average	1205.56	60.2781	5044.92	5092.50
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	914.969	45.7484	4508.04	4519.44
Average	914.969	45.7484	4508.04	4519.44
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1340.31	67.0156	5155.09	5164.77
Average	1340.31	67.0156	5155.09	5164.77
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1102.31	55.1156	4294.90	4335.81
Average	1102.31	55.1156	4294.90	4335.81
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1161.19	58.0594	4469.65	4502.61
Average	1161.19	58.0594	4469.65	4502.61
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1091.63	54.5813	4192.79	4237.55
Average	1091.63	54.5813	4192.79	4237.55
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1120.19	56.0094	4513.85	4548.60
Average	1120.19	56.0094	4513.85	4548.60
Standard Deviation	--	--	--	--
TotalAverage	1156.49	57.8244	4912.95	4935.65
TotalStandard Deviation	106.671	5.33356	471.714	477.583

LIITE 4. 9-ply viilupintaisen limittymän sisältämän vanerin taivutuskoee

3-D Taivutus_Puu				
Key Word		Product Name	Puhdas limittymä	
Test File Name	3P.taivutus_kimmomoduuli(PARAS)_20170221_1133_puhdas_limittymät.xtai	Method File Name	3P.taivutus_kimmomoduuli(PARAS).xml	
Report Date	21.2.2017	Test Date	21.2.2017	
Test Mode	Single	Test Type	3 Point Bend	
Speed	10.2mm/min	Shape	Plate	
No of Batches:	35	Qty/Batch:	1	
Name	Max_Force	Max_Stress	Elastic modulus	Elastic
Parameters	Calc. at Entire	Calc. at Entire		Force 100 – 400 N
Unit	Areas	Areas		N/mm2
	N	N/mm2		
1_1	1150.06	57.5031	4469.90	4524.80
Average	1150.06	57.5031	4469.90	4524.80
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1043.06	52.1531	4052.35	4108.26
Average	1043.06	52.1531	4052.35	4108.26
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1252.88	62.6438	5254.41	5297.65
Average	1252.88	62.6438	5254.41	5297.65
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	776.500	38.8250	4305.84	4280.71
Average	776.500	38.8250	4305.84	4280.71
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	901.781	45.0891	4186.24	4185.57
Average	901.781	45.0891	4186.24	4185.57
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1001.31	50.0656	4165.13	4178.90
Average	1001.31	50.0656	4165.13	4178.90
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1088.25	54.4125	4258.45	4306.32
Average	1088.25	54.4125	4258.45	4306.32
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1200.56	60.0281	4528.46	4613.01
Average	1200.56	60.0281	4528.46	4613.01
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1020.25	51.0125	4820.76	4835.63
Average	1020.25	51.0125	4820.76	4835.63
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	843.594	42.1797	4539.85	4543.36
Average	843.594	42.1797	4539.85	4543.36
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1003.69	50.1844	4593.83	4612.65
Average	1003.69	50.1844	4593.83	4612.65
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1250.75	62.5375	4761.24	4785.74
Average	1250.75	62.5375	4761.24	4785.74
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	910.656	45.5328	4556.56	4570.13
Average	910.656	45.5328	4556.56	4570.13
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1259.13	62.9563	4868.84	4913.04
Average	1259.13	62.9563	4868.84	4913.04
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1139.06	56.9531	4729.27	4758.85
Average	1139.06	56.9531	4729.27	4758.85
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1011.63	50.5813	4526.14	4539.70
Average	1011.63	50.5813	4526.14	4539.70

Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1087.75	54.3875	4459.04	4495.31
Average	1087.75	54.3875	4459.04	4495.31
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1098.19	54.9094	4683.70	4680.63
Average	1098.19	54.9094	4683.70	4680.63
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1237.00	61.8500	4649.05	4703.88
Average	1237.00	61.8500	4649.05	4703.88
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	936.344	46.8172	4395.20	4406.71
Average	936.344	46.8172	4395.20	4406.71
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	985.125	49.2563	4587.10	4636.97
Average	985.125	49.2563	4587.10	4636.97
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1056.94	52.8469	4578.79	4603.70
Average	1056.94	52.8469	4578.79	4603.70
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	895.500	44.7750	4229.03	4205.49
Average	895.500	44.7750	4229.03	4205.49
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1039.94	51.9969	4177.58	4204.46
Average	1039.94	51.9969	4177.58	4204.46
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	991.250	49.5625	4369.37	4407.81
Average	991.250	49.5625	4369.37	4407.81
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	964.125	48.2063	4599.71	4616.48
Average	964.125	48.2063	4599.71	4616.48
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	970.813	48.5406	4031.74	4077.36
Average	970.813	48.5406	4031.74	4077.36
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1015.56	50.7781	4859.76	4880.24
Average	1015.56	50.7781	4859.76	4880.24
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	688.469	34.4234	4048.91	3984.81
Average	688.469	34.4234	4048.91	3984.81
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	844.125	42.2063	4333.03	4290.09
Average	844.125	42.2063	4333.03	4290.09
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	924.469	46.2234	4420.03	4458.26
Average	924.469	46.2234	4420.03	4458.26
Standard Deviation	--	--	--	--
1_1	1112.75	55.6375	4865.99	4895.61
Average	1112.75	55.6375	4865.99	4895.61
Standard Deviation	--	--	--	--
TotalAverage	1021.92	51.0961	4497.04	4518.82
TotalStandard Deviation	138.969	6.94845	281.632	291.372