



**Aalto-yliopisto**  
Kemian tekniikan  
korkeakoulu

**Kemian tekniikan korkeakoulu**  
**Puunjalostustekniikan tutkinto-ohjelma**

**Matti Eskelinen**

**PINTAVIILUN SORVAUSHALKEAMIEN VAIKUTUS**  
**VANERITUOTTEIDEN PINNOITUKSEEN**

**Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi diplomi-  
insinöörin tutkintoa varten Espoossa 20.6.2013.**

**Valvoja**

**Professori Jouni Paltakari**

**Ohjaaja**

**Diplomi-insinööri Lauri Kunnas /  
Professori Matti Kairi**

---

**Tekijä** Matti Eskelinen

---

**Työn nimi** Pintaviilun sorvaushalkeamien vaikutus vanerituotteiden pinnoitukseen

---

**Laitos** Puunjalostustekniikan laitos

---

**Professuuri** Puutekniikka

**Professuurikoodi** Puu-28

---

**Työn valvoja** Professori Jouni Paltakari

---

**Työn ohjaaja(t)/Työn tarkastaja(t)** DI Lauri Kunnas, Professori Matti Kairi

---

**Päivämäärä** 18.06.2013

**Sivumäärä** 68+11

**Kieli** Suomi

---

### **Tiivistelmä**

Sorvaushalkeamien vaikutusta pinnoitetun vanerilevyn ominaisuuksiin tutkittiin Jyräystestillä, A1-testillä sekä COBB testillä. Tutkimuksissa havainnoitiin sorvaushalkeamien vaikutusta puun ja pinnoitteen rajapinnassa. Tutkimukset tehtiin sekä sileille betonointikäyttöön tarkoitetuille levyille, että kuviopintaisille lattiamateriaaleiksi tarkoitetuille levyille.

Testi suoritettiin valmistamalla koelevyiksi levyjä joissa pintaviilu oli ladottu siten että sorvaushalkeamat asettuivat pinnoitetta vasten. Normaalitylanteessa sorvaushalkeamat ladotaan vanerilevyn runkoa vasten ja tiivis puoli viilusta asettuu pinnoitetta vasten.

Testien perusteella havaittiin sileiden levyjen ominaisuuksien parantuneen kokeellisella menetelmällä. Erityisesti ns.ripling ominaisuuden selkeä vähentyminen kokeellisissa levyissä on huomattavaa. Toisaalta kuviopintaisissa lattialevyissä jyräyskesto heikkeni huomattavasti kokeellisella menetelmällä.

---

**Avainsanat** Vaneri, Sorvaushalkeama, Pinnoitus, Puulevyt, ripling, LEAN

---

## ESIPUHE

Vuosi on pitkä aika. Kuitenkin diplomityötä tehdessä se tuntuu häkellyttävän lyhyeltä. maaliskuussa 2012 kuvittelin optimistisena tämänkin urakan olevan ohi ennen syksyä. Kuitenkin ylpeys käy lankeemuksen edellä ja huomasin hiovani tekstiä ja korjaavani kirjoitusvirheitä vielä tammikuun pimeinä iltoinakin.

Työ oli tapani mukaan itsenäistä suorittamista ja yksinäistä puurtamista. Arvokkaat neuvot professori Matti Kairilta, DI Anti Rohumaalta ja ohjaajaltani DI Lauri Kunnakselta avarsivat kuitenkin näkemystäni ja ohjasivat projektia oikeaan suuntaan. Suuri kiitos UPM-Kymmenelle tästä mahdollisuudesta ja arvokkaista resursseista joita he käyttööni tarjosivat. Lisäksi kiitos koko Lahden esikunnan väelle siitä tuesta jonka heiltä laboratoriotesteihin sain.

Tietenkin kiitosta täytyy antaa myös opiskelijatoverilleni, ja taisteluparilleni Tuukka Kyläkalliolle joka jaksoi jakaa näkemyksiä ja sparrata minua pitkinä syksyn päivinä.

Isääni ja äitiäni haluan kiittää kaikesta siitä tuesta jonka olen heiltä saanut niin tämän projektin kuin koko opiskeluaikani ajan..

Suurin kiitos kuluu kuitenkin morsiamelleni Tuulialle, jota ilman tämäkin olisi jäänyt syntymättä. Laitoit minut vääntäytymään tietokoneen ääreen myös silloin kun itse olin jo luovuttaa. En varmasti ole elämänkumppaneista se kaikkein helpoin. Kiitos!

Kiittäen!  
Mikkelissä, Kesäkuussa 2013

Matti Eskelinen

## **SANASTOA**

Koelevy = Levy joka on valmistettu ilman alapintaviilun kääntöä ja latomalla se sorvaushalkeamat pinnoitetta vasten. Levyt 1.-15. ja 26.-29.

Koekappale = Koelevystä sahattu kappale jota testataan

Normaalilevy = Levy joka on valmistettu latomalla kääntämällä alapintaviilu ja latomalla se sorvaushalkeamat vanerilevyn runkoa vasten. Levyt 16.-18. ja levy 30.

Normaalikappale = Normaalilevystä sahattu kappale jota testataan.

Levyaihio/vanerilevyn runko = vanerilevy ilman pintaviilua.

Ripling = laine kuvio joka muodostuu betonointikäyttöön tarkoitetun levyn pinnoitteeseen sen eläessä kosteusrasituksen mukana.

LEAN = Laatu- ja johtamisjärjestelmä filosofia.

ladontakuvio = resepti jolla levy on ladottu.

I = pitkittäinen viilu

”-”= Poikittainen viilu

SANASTOA .....	4
1. JOHDANTO .....	5
1.1 Työn taustat .....	5
1.2 Tavoitteet .....	6
1.3 Työn rakenne ja rajaus .....	6
2. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET .....	7
2.1 Koivuvanerin valmistus .....	7
2.2 Tukkien käsittely .....	8
2.3 Viilun valmistus .....	9
2.4 Kuivaus .....	13
2.5 Ladonta, puristus, viimeistely .....	14
2.6 Vaneriliimat .....	15
2.7 Puulevyjen pinnoitus .....	16
2.8 Pinnoitteen käyttäytyminen puuviilun pinnassa .....	19
2.9 Pinnoitettujen vanerilevyjen käyttö .....	20
2.10 Viilun ja vanerilevyn lujuuteen vaikuttavat ominaisuudet .....	21
3. DIPLOMITYÖN LEAN VIITEKEHYS .....	22
3.1 Kuljetukset .....	23
3.2 Varastot .....	24
3.3 Liike .....	24
3.4 Odotusaika .....	24
3.5 Yliprosessointi .....	25
3.6 Kanban .....	25
3.7 Läpimenoaika .....	26
4. TUTKIMUSMENETELMÄT .....	27
4.1 Jyräystesti, Standardi: SFS 3939 .....	27
4.2 Sääräsituksen testaus Liite 2. ....	28
5. KOEAJOT .....	29
5.1 Raaka-aine .....	31
5.2 Tehdaskuvaus .....	32
5.3 Viilun valmistus .....	33
5.4 Sorvaushalkeamat ennen kuumapuristusta .....	34
5.5 Halkeamat kuumapuristuksen jälkeen .....	37
5.6 Hionnan vaikutus pintaviluun. ....	39
5.6 Levyjen pinnoitus .....	41

6.	KÄYTETYT LABORATORIOTESTIT .....	42
6.1	COBB-testi SFS-EN 20535 .....	42
6.2	A1-testaus .....	43
6.3	Jyräystesti SFS 3939.....	44
7.	LABORATORIOTESTIEN TULOKSET .....	46
7.1	COBB testi.....	46
7.2	A1-testi .....	48
7.3	Jyräystesti .....	51
8.	TULOSTEN TARKASTELU.....	54
8.1	Sileäpintaiset tuotteet.....	54
8.2	kuviopintaiset lattiatuotteet.....	56
8.3	LEAN filosofian mukaiset prosessiparannukset .....	58
9.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	61
10.	JATKOSUOSITUKSET .....	63
11.	YHTEENVETO.....	64
	LÄHTEET.....	65
	LIITTEET .....	69

# 1. Johdanto

## 1.1 TYÖN TAUSTAT

Pinnoitetun vanerituotteen pinnan laatu on eräs tuotteen tärkeimpiä ominaisuuksia. Siihen vaikuttaa ratkaisevasti pinnoitteen laatu, mutta myös levyaihion laatu ja ominaisuudet. Pinnoitteen tarttuvuus, pysyvyys, ja tasavärisyys ovat ominaisuuksia joiden täytyy olla kunnossa jotta levy täyttää laatukriteerit. Sorvattaessa viilu irti tukista muodostuu vilun alapintaan sorvaushalkeamia. Nämä halkeamat määrittävät suurelta osin valmiin vanerilevyn pinnan ominaisuuksia. Valmistettaessa pinnoitettuja levyjä käännetään alemman pinnan pintaviilu siten että sorvaushalkeamat asettuvat vasten levyaihiota ja tiivis ehjä pinta asettuu pinnoitetta vasten. Kuitenkin halkeamien ollessa syviä tulevat ne uudestaan esiin kun levy hiotaan hiomakoneella. Tällöin levyn pinnoista hiotaan pois pieni kerros puumateriaalia, ja syvien halkeamien ollessa kyseessä ne paljastuvat esiin ehjän ja tiiviin puumateriaalin alta. Epäselvää on millä tavoin pinnoitetun levyn ominaisuuksiin vaikuttaa ladontatapa jossa pintaviilu ladotaan sorvaushalkeamat ylöspäin pinnoitetta vasten, jolloin hiomakoneella ne hioutuvat osittain tai kokonaan pois.

Työ suoritettiin UPM-Kymmene toimeksiannosta ja koeajot suoritettiin heidän Savonlinnan vaneritehtaallaan kesällä 2012. Laboratoriotestit suoritettiin Lahden tutkimuskeskuksessa.

## 1.2 TAVOITTEET

Työn tavoitteena oli selvittää ominaisuuksien muutos valmistettaessa levyjä siten että alapintaviilu jätetään kääntämättä ennen ladonta ja sorvaushalkeamat asettuvat pinnoitetta vasten. Sileistä betonointikäyttöön tarkoitettuista levyistä tarkasteltiin säänkestoa, ”ripling” ominaisuuksien muutosta ja pinnoitteen vedenläpäisevyyttä. Kuvioituista lattiamateriaalikäyttöön tarkoitettuista levyistä tarkasteltiin niiden jyräyskeston muutosta valmistustavan muuttuessa. Lisäksi työn tavoitteena oli selvittää pystytäänkö tehtaan toimintaa kehittämään LEAN viitekehyksen sisällä siten että viilunipujen kääntämiseen tarkoitettuja pinkankääntäjiä pystyttäisiin vähentämään tuotantoprosessissa ja siten virtaviivaistamaan tehtaan materiaalivirtaa ja siten karsimaan LEAN filosofian vastaisia hukkia.

## 1.3 TYÖN RAKENNE JA RAJAUS

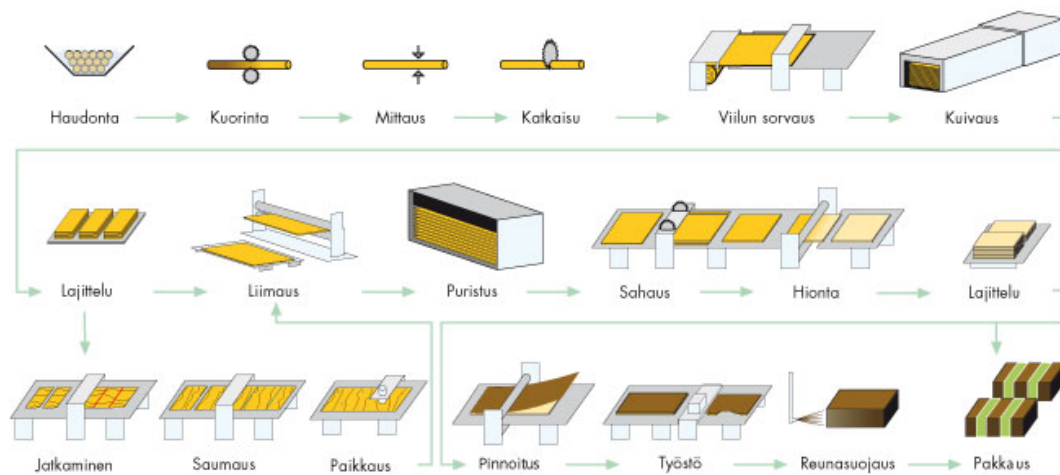
Työ koostuu kirjallisuustutkimuksesta, tehdaskoeajoista sekä laboratorio-  
tutkimuksesta. Koeajo-osuudessa selostetaan Savonlinnassa suoritettujen koeajojen suoritus ja tehdyt toimenpiteet. Laboratoriotestistä avataan testien suoritustapa, sekä tulokset. Lopuksi havaitut asiat kootaan yhteen ja tulokset tiivistetään. Työssä ei käsitellä sorvauksen, kuivauksen puristuksen tai pinnoitusparametrien vaikutusta pinnoitetun levyn ominaisuuksiin. Testatut koelevyt valmistetaan samanaikaisesti referenssinä toimivien normaalilevyjen kanssa jolloin edellä mainitut muuttujat eivät aiheuta eroja koelevyjen ja normaalilevyjen välille.



## 2. Aikaisemmat tutkimukset

### 2.1 KOIVUVANERIN VALMISTUS

Koivuvanerin valmistus voidaan jakaa neljään osa-alueeseen jotka ovat tukkien käsittely, viilun valmistus, vanerin valmistus, sekä jalostus ja viimeistely. kaikissa näissä osa-alueissa viilua jalostetaan teenpäin ja sille tuotetaan lisäarvoa. Tässä diplomityössä keskitytään pääasiassa levyjen valmistukseen sekä viimeistelyyn. Pohjatiетona sivutaan myös tukkien käsittelyä ja viilun valmistusta.



Kuva 1. Kaaviokuva vanerin tuotantoprosessista, UPM-Kymmene oyj.

## 2.2 TUKKIEN KÄSITTELY

Vaneriprosessi alkaa tukkien käsittelyllä. Tukkiniput haudotaan lämpimässä vedessä puuaineksen valmistamiseksi sorvausprosessiin. Haudonnan vaikutuksesta nostetaan lisäksi puun kosteus sorvauksen vaatimalle tasolle. (Koponen 2002 s.28)

Optimaalisena haudontalämpönä koivutukeille pidetään n. 70 °C, mutta käytännössä haudonta tehdään alle 40 °C:ssa. Tämä johtuu työturvallisuusmääräyksistä, sekä energiatehokkuusvaatimuksista. (Söyriä 1981 s.38)

Pär-Gustav Relander on diplomityössään 2003 tutkinut haudontalämpötilan vaikutusta viilun laatuun. Tutkimus on ollut osa laajempaa viilu 2005 projektia. Relander toteaa haudonnan olevan merkittävin yksittäinen syy sorvaushalkeamien muodostumiseen. Laboratorio-olosuhteissa sorvaushalkeamien muodostumiselle saatiin 19 % tehdasolosuhteita parempi tulos. Osittain syy löytyy laboratorion modernimmasta sorvista mutta Halla toteaa laboratorion 20 °C korkeamman haudontalämpötilan olevan merkittävin tekijä tuloksessa. (Relander 2003 s. 86)

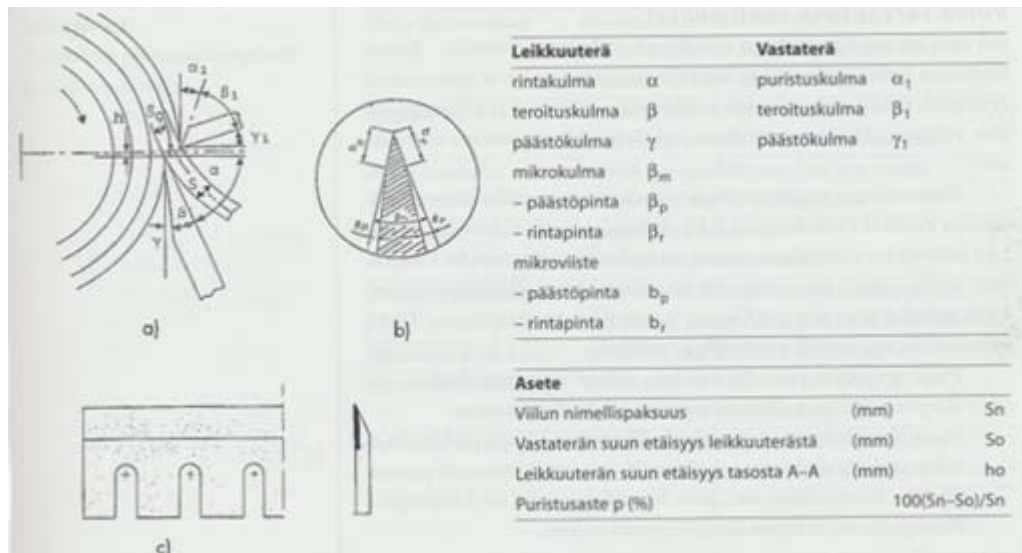
Haudonnan jälkeen tukit katkotaan haluttuun mittaan ja siirretään sorvattaviksi.

## 2.3 VIILUN VALMISTUS

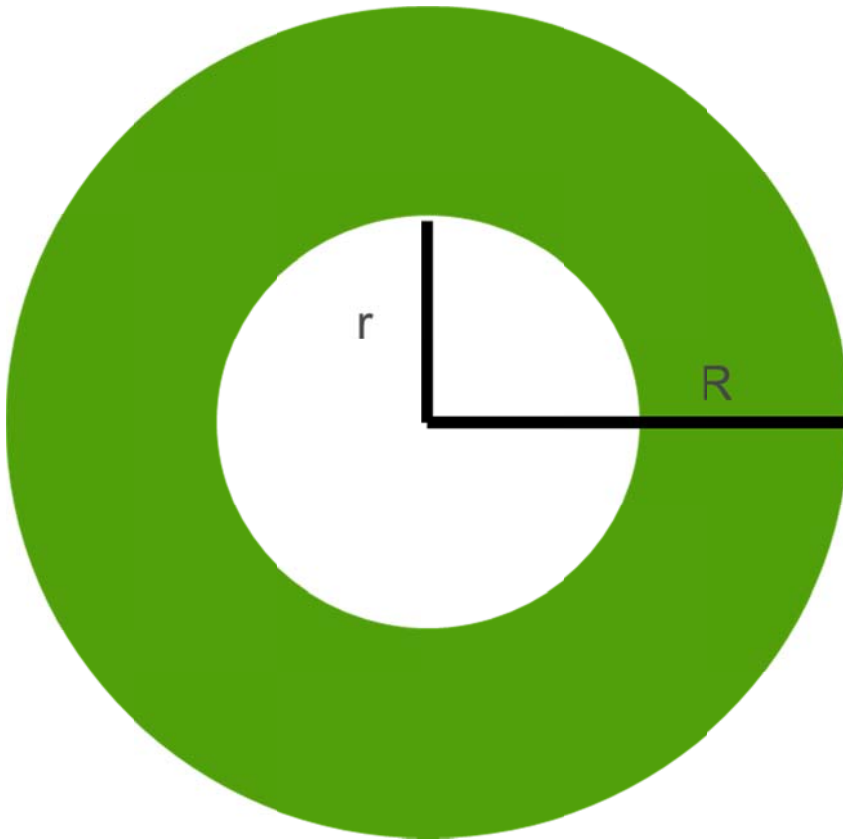
Koivuvaneriin käytettävä viilu valmistetaan sorvaamalla. Sorvauksessa viilu irrotetaan sorvaamalla se irti tukista. Sorvauksen päämuuttujat ovat sorvausasete ja sorvausnopeus joilla on molemmilla selkeä vaikutus sorvatun viilun laatuun.

Sorvatun viilun laatuun liittyvät määreet ovat vetolujuus, pinnan karheus, tasalaatusuus sekä sorvaushalkeamien määrä ja syvyys. Tämän työn osalta keskitytään pääasiassa sorvaushalkeamiin.

Sorvaushalkeamat syntyvät sorvausprosessissa irrotettaessa viilu tukista. Sorvattaessa muodostuu viilumaton alapuolelle halkeamia. Nämä halkeamat tunnetaan sorvaushalkeamien nimellä ja niillä on selkeä vaikutus viilun lujuuteen. Sorvaushalkeamien syntyyn vaikuttavat viilun yläpuolelle syntyvät puristusjännitykset ja viilun alapinnalle syntyvät vetojännitykset jotka murtavat viilun alapinnan ja synnyttävät sinne runsaampaa halkeilua. (Koponen 2002 ss.38-43)



Kuva 2. Teräasete ja teriin liittyvät kulmat. Koponen 1995, sivu 43.



Kuva 3. Havainnekuva tukissa olevasta viilusta ja sen pintojen säteistä tukin keskustasta.

Lisäksi sorvaushalkeamien syntyä voidaan selittää yksinkertaisella geometrialla jossa luontaisesti ympyrän muodossa tukissa oleva viilu levitetään tasomaiseksi. Tällöin kuvan 3. mukaisen viilumaton alapuoliseksi pituudeksi saadaan  $2 * \pi * r$  ja yläpuoliseksi pituudeksi  $2 * \pi * R$ . Halkaisijan  $R$  ollessa huomattavasti suurempi halkaisijaan  $r$  verrattuna joutuu viilun alapinta antamaan periksi saavuttaakseen yhtäläisen pituuden yläpuolen kanssa ja näin alapuolelle syntyy halkeamia.

Sorvaushalkeamia voidaan hallita käyttämällä vastaterää joka lisää puristusastetta pienentäen siten vetojännitystä ja vähentää näin sorvaushalkeamien muodostumista. Teräaseteella on tässä tilanteessa ratkaiseva merkitys. Sorvattaessa koivuviilua yleisimmät asetearvot ovat:

**Leikkuuterä**

Teroituskulma 19°-20°

Päästökulma 0°-2°

Mikroteroituskulma 25°-30°

**Vastaterä**

Teroituskulma 50°

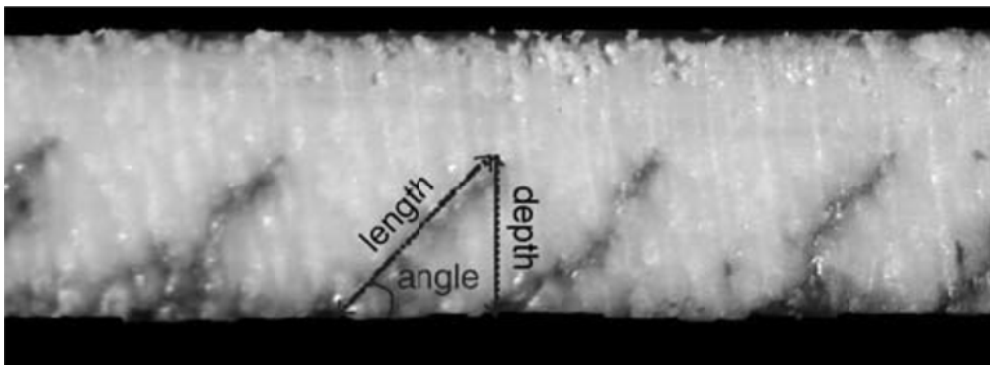
Puristuskulma 10°-35°

Puristusaste 15-20%

Sorvaushalkeamien vaikutukset pinnoitettaviin tuotteisiin

Pinnoituksen onnistumiseen vaikuttaa merkittävästi pinnan riittävän alhainen karheus. riittävän alhainen pinnankarheus saavutetaan hiomalla pinta hienolla hiomanauhalla ennen pinnoitusta. Pintaviilun sorvaushalkeamat aiheuttavat pintaan epätasaisuuksia jotka pyritään hiomaan pois ennen levyn pinnoitusta. Erityisesti liimautuvilla pinnoitteilla suoritettava pinnoitus, eli niin sanotun puristusmenetelmän käyttö vaatii erittäin tasaista ja sileää pintaa jotta pinnoitteen alta eivät näkyisi kaikki alustan kuopat ja halkeamat. (Koponen 2002 ss.44-46)

Sorvaushalkeamilla on vaikutusta myös pinnoitteen pysyvyyteen ja vanerituotteen lujuusominaisuuksiin. Erityisesti sorvaushalkeaman syvyys on ratkaisevassa asemassa tuotteen lujuusominaisuuksia tarkasteltaessa. Sorvaushalkeamien synty selittyy sekä sorvin terän ominaisuuksilla että sorvattavan puun ominaisuuksilla kuten lämpötilalla ja kosteusprosentilla. Kuitenkin aikaisempien tutkimusten tavoitteena on ollut pienentää sorvaushalkeamien määrää ja syvyyttä, ja lisätä tällä tavoin vanerin käyttöominaisuuksia ja tuoda lisäarvoa tuotteeseen.



Kuva 4. Sorvaushalkeamaa ja siihen liittyvät käsitteet. Tomppo 2009 s.29

## 2.4 KUIVAUS

Sorvauksen jälkeen viilumatto kuivataan liimausta varten. Koivuviilua valmistettaessa käytetään yleisimmin verkkokuivaajaa jonne viilumatto ajetaan kokonaisena ilman välivarastointia. Valmis viilu leikataan ladontamitoihinsa vasta kuivauksen jälkeen.

Kuivaus perustuu hygroskooppisuuteen, eli puun ominaisuuteen asettua ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan edellyttämään tasapainokosteuteen (Koponen 2002 s.49)

Viilujen kuivauksessa viilun loppukosteuden hajonnan hallinta on tärkeää. Viilut pyritään kuivaamaan 2-8 % kosteuteen, joka on liiman valmistajien suositus. Puu heterogeenisenä materiaalina aiheuttaa sen että haluttaessa saada mahdollisimman paljon ladontaan kelpaavaa viilumateriaalia joudutaan suurin osa viiluista kuivaan ylikuiviksi joka haurastuttaa viiluja ja saa ne rikkoutumaan helposti (Pulkkinen 2000 s.11)

Viilun kuivuessa puumateriaali itsessään muodostaa huomattavan vastuksen veden poistumiselle ja kuivausprosessi hidastuu. Pinnan kuivuminen aiheuttaa diffuusiovastuksen jonka vuoksi tarvittava energiamäärä kasvaa merkittävästi (Oksanen & Hukka 1997 s.24). Kuivausprosessissa onkin ensiarvoisen tärkeää huolehtia maltillisesta lämpötilan nostosta jotta kuivaus olisi mahdollisimman tehokasta.

## 2.5 LADONTA, PURISTUS, VIIMEISTELY

Kuivatut ja mittoihinsa leikatut viilut ladotaan vanerilevyiksi levittämällä viiluille liima ja latomalla ne vuorotellen ristikkäisiin syysuuntiin päällekkäin. Kerrosten määrä riippuu halutusta levypaksuudesta ja ominaisuuksista. Lisäksi osa viiluista käännetään sorvaushalkeamista johtuvien lujuusominaisuuksien vuoksi siten että valmiille levyille saadaan halutut lujuusarvot. (Veistinen & Pennanen 1997 s. 27)

Viilun kääntämiseen käytetään usein pinkankääntäjiä.



Kuva 5. Pinkankääntäjä



## 2.6 VANERILIIMAT

Yleisimmät vaneriliimoina käytettävät liimat ovat joko ureaformaldehydi-pohjaisia (UF) tai fenoliformaldehydipohjaisia (PF). Myös melamiiniformaldehydipohjaisia liimoja on käytössä. Kaikki näistä ovat korkeissa lämpötiloissa kovettuvia. (Koponen 1990 ss.103-104)

Vanerin tuoteominaisuudet määräytyvät pitkälti liimojen ominaisuuksien ja toiminnan sekä liimauksen onnistumisen kautta. Liimauksen onnistumisella ja liimojen ominaisuuksilla voi olla myös vaikutusta puun pintakäsittelyn onnistumiseen. (Gardner, Elder 1988 s.384)

Yleisimmin vanerin valmistuksessa käytetyn PF liiman ominaisuuksiin vaikuttavat mm. puristusaine ja puristuslämpötila. Lisäksi esipuristusajalla on oma merkittävä roolinsa ja vaikutuksensa. PF liima ei liimana, eikä pinnoituskalvoissa, tunkeudu puun sorvaushalkeamiin vaan jää kalvoksi levitetyle pinnalle. Halkeamat eivät siis täyty liimasta eikä kovettunut liima täten muodosta tukevaa rakennetta viilua kohtaan, se ainoastaan kiinnittää viilut toisiinsa, tai pinnoitteen viiluun. ( Koskelo 1997 s.89)

## 2.7 PUULEVYJEN PINNOITUS

Puulevyjen pinnoituksen tavoitteena on nostaa puulevyjen jalostusastetta liittämällä niihin pinta joka parantaa levyjen teknisiä ominaisuuksia ja suo- jaa itsessään herkkää puumateriaalia auringonvalolta, kemikaaleilta ja li- kaantumiselta. Pinnoitettuja levyjä voidaan käyttää vaativimmissa käyttö- kohteissa kuten betonivalumuotteina tai kuljetusvälineiden lattia ja seinä materiaaleina jossa ne joutuvat voimakkaan mekaanisen rasituksen alai- seksi. (Koponen 2002 .s.148)

Pinnoitteista voidaan erottaa kaksi pääryhmää, levityshetkellä nestemäiset pinnoitteet ja levityshetkellä kiinteät pinnoitteet. Nestemäisiin kuuluvat eri- laiset maalit, öljyt ja lakat. Nämä levitetään levyn päälle nestemäisinä ja kuivuessaan ne muodostavat levyyn tasaisen pinnan. Kiinteät pinnoitteet sisältävät liimautuvat ja liimattavat pinnoitteet jotka asetetaan levyn pin- taan kiinteänä ja ne joko liimataan erillisellä liimalla, tai ne liimautuvat le- vyyn kertamuovisten sideaineiden avulla. Sideainetyypeistä yleisimmät ovat fenoliformaldehydihartsit ja ureaformaldehydihartsit, myös melamiini formaldehydihartsia käytetään. (Koponen 2002 .s.149)

Pinnoitustekniikkana käytetään lämmön ja paineen yhteisvaikutukseen perustuvaa puristusta. Pinnoitetut levyt syötetään moniväliseen puristi- meen jossa ne puristetaan useamman levyn erissä. Puristuksen aikana lämpötila nousee 120–140°C ja paine säädellään pinnoitteen ominaisuuksien mukaan n.1,5-1,8MPa. Tämän seurauksena muovit sulavat ja kiinnit- tävät kalvon puupintaan. Puristusaika on 5-10min. ja puristus säädellään puristusdiagrammin mukaan jossa paine vaihtuu tietyn käyrän mukaisesti, yleisesti maksimipainetta pidetään n.1/3 puristusajasta. (Koponen 2002. ss.158-160)

Yleisin pinnoituskalvo on fenoliformaldehydihartsilla impregnoitu 60-220g/m<sup>2</sup> painoinen paperi. Paperi voi olla joko yksivärinen tai kuvioitu, yleisimmin käytetyissä pinnoitetuissa levyissä käytetään tummanruskeaa fenolikalvoa, johon voidaan lisäksi puristaa toiminnallisia kuvioita, kuten kitkaa lisäävää Wire- tai Hexakuvio. Tietyt tuotteet vaativat myös useamman kalvon käyttöä, ja tällöin voidaan visuaalisista syistä käyttää esimerkiksi maalauskalvoa (paksumpi, kevyesti hartsattu, peittävän värinen kalvo) jolla saadaan estettyä puupinnan voimakkaan kuvioinnin näkyminen ohuen fenolikalvon alta. Maalauskalvo myös peittää pinnan pienet epätaisuudet ja ehkäisee halkeilua. (Koponen 2002 ss.160-163)

Pinnoitteiden käytössä sovelletaan yleisesti kaksivaihejärjestelmää jossa ensimmäisessä vaiheessa valmistellaan pinnoite ja seuraavassa vaiheessa se liitetään levyn pintaan. Puun ja muovikomponenttien luontainen vetovoima on yleensä pieni. Tästä johtuen pinnoituksessa on joko nostettava puun reaktiivisuutta erilaisin pintakäsittelyin, tai parannettava pinnoitteen reaktiivisuutta käyttämällä happo- tai anhydridikäsittelyä. Asia liittyy kuitenkin enemmän pinnoitteen valmistusteknisiin ominaisuuksiin eikä sitä siksi käsitellä tarkemmin tämän työn puitteissa. (Järvelä 1998 s.295)

Pinnoitusteknisesti on tärkeää huomioida lämpötilan vaikutus. Pinnoituspuuristimessa lämpötila nousee yli veden höyrystymispisteen ja aiheuttaa näin höyryn muodostumista viilussa. Erityisesti ongelmaa muodostuu jos viilun kuivausprosessi ei ole täysin onnistunut, tai viilu on päässyt sitomaan kosteutta jossain prosessivaiheessa ennen pinnoitusta. Muodostuva höyry saattaa aiheuttaa pinnoitteeseen kuplia tai pahimmassa tapauksessa jopa reikiä. (Järvelä 1998 s.297)

Pinnoituksen onnistumiseen vaikuttaa kalvomateriaalin laadun lisäksi myös pohjalevyn pinnan sekä väliviilujen laatu.

Yleisimmät virheet on lueteltu taulukossa alla.

Taulukko 1. Pinnoitusvirheet, Koponen s.159

Virhe	Syy	Aiheuttaja
Pinnan huono ulkonäkö ja kalvon huono tartunta	Kalvon liianaikainen kovettuminen ja puupinnan pahlaminen	Lämpötila yli 140°C
Tartuntaa puristinlevyihin ja pinnan huonot fysikaaliset ominaisuudet	Riittämätön kalvon kovettuminen	Lämpötila alle 115°C
Pinta harmaa ja tartunta puuhun huono	Hartsin riittämätön imeytyminen puuhun	Liian alhainen puristusaine
Pinnan vaaleneminen ja höyrykuplien muodostuminen	Liiallinen imeytyminen ja vesihöyryn muodostuminen	Liian kostea peruslevy
Kalvon heikko tartunta, pinnoite erillisenä kerroksena	Hartsin riittämätön imeytyminen puuhun	Liian kuiva peruslevy
Alapinnan huono ulkonäkö ja kalvon tartunta	Alapinnan liian aikainen kovettuminen	Liian pitkä avoin aika

Pinnoituksen onnistumiseen vaikuttaa erityisesti levyn pintaviilun laatu. Pinnoitettavan levyn täytyy olla sileä ja tasainen, sillä erityisesti fenolimuovikalvoilla pinnan virheet näkyvät erittäin herkästi pinnoitetussa levyssä.

## 2.8 PINNOITTEEN KÄYTTÄYTYMINEN PUUVIILUN PINNASSA

Pinnoitteet voidaan jakaa vesi- ja liuotinhenteisiin pinnoitteisiin, sen mukaan perustuvatko ne vesi- vai liotinpitoiseen perusreseptiin. Pääsääntöisesti käytössä ovat liotinpohjaiset pinnoitteet.

Pinnoitteet käyttäytyvät hiukan eri tavoin kun ne asetetaan viilun pinnalle. Vesiliukoiset eivät normaaleissa prosessiolosuhteissa kykene läpäisemään viilun ulointa solukerrosta, joten ne tarttuvat kiinni solun pintaan. (Rijckaert s.280)

Liotinpohjaiset pinnoitteet pystyvät läpäisemään puun uloimman solukeroksen, mutta eivät kuitenkaan etenemään syvemmälle puun molekyylikentteeseen.

(Kamke ss.215-220)

Pinnoite etenee puussa kapillaari-ilmiön avulla tunkeutuen erilaisiin halkeamiin ja viilun pinnassa oleviin epätasaisuuksiin.

(De Meijer ss.44-49)

Fenolipinnoite ei kykene imeytymään puun soluihin vaan tarttuu ainoastaan puun pintakerrokseen. Tästä johtuen syntyvä sidos on suoraan verrannollinen puun ja pinnoitteen välisen rajapinnan lujuteen

(Furuno 2004 ss.354-356)

## 2.9 PINNOITETTUIJEN VANERILEVYJEN KÄYTTÖ

Työssä käsitellään sekä betonointikäyttöön tarkoitettuja sileäpintaisia vanerilevyjä, että kuljetusvälineiden lattiamateriaaliksi tarkoitettuja kuviopintaisia levyjä.

Sileäpintaisia vanerilevyjä käytetään betonirakentamisessa valumuottien raaka-aineena. Niiden vaatimukseen kuuluu hyvä taivutuslujuus sekä hyvä pinnan laatu joka käytännössä tarkoittaa sileyttä ja veden läpäisemättömyyttä. Sileys vaikuttaa valetun betonipinnan laatuun ja vedenläpäisemättömyys taas lisää levyn kestoikää.

(Opetushallitus ja UPM)

Kuviopintaiset lattiakäyttöön tarkoitetut vanerit ovat käytössä kuljetusvälineissä joissa ne joutuvat usein kohtaamaan suuria paineita ja kuormituksia erilaisten nosto ja kuljetuslaitteiden pyörien vuoksi. Lisäksi niihin kohdistuu teräviä iskuja ja muuta mekaanista hankausta.

(Opetushallitus ja UPM)

## 2.10 VIILUN JA VANERILEVYN LUJUUTEEN VAIKUTTAVAT OMINAISUUDET.

Palubicki ja Fucheng ovat tutkimuksissaan todenneet viilun laadun riippuvan paksuusvaihtelusta, pinnankarheudesta, käyristymisestä sekä sorvaushalkeamista. Vanerin lujuus on näiden lisäksi riippuvainen liimauksen onnistumisesta jonka yleisesti tiedetään olevan riippuvainen yllä mainituista asioista.

(Palubicki s.151)

Logren on diplomityössään todennut sorvaushalkeamien olevan suurin yksittäinen laatuun vaikuttava tekijä, johtuen niiden suorasta korrelaatiosta liimauksen laatuun. (Logren 2011 s.77)

Lisäksi viilun ominaisuuksiin vaikuttavat kuivausolosuhteet jotka aikaansaavat hemiselluloosan hajoamisen sekä tuottavat halkeamia kuivausjännitysten välityksellä (Tenhunen 2003 s.80).

### 3. Diplomityön LEAN viitekehys

Suurin osa moderneista tuotantolaitoksista hyödyntää tuotannossaan LEAN-tuotantofilosofiaan pohjautuvia ratkaisuja. LEANin hyödyt tulevat esiin erityisesti massatuotannossa joten sen käsittely erilaisissa prosessiolosuhteisiin tai tuotantotapoihin liittyvissä kehityshankkeissa on perusteltua.

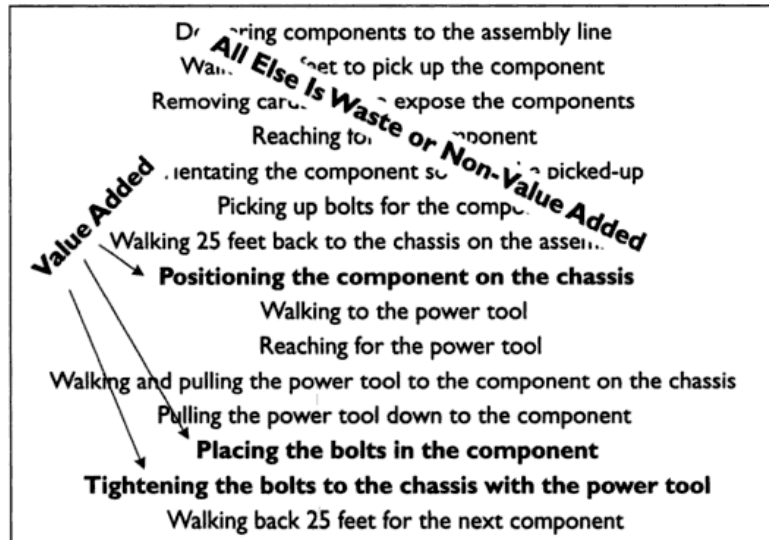
Lean ajattelu on johtamisfilosofia jonka juuret ovat Japanissa ja Toyota Motor Corporationin tavassa työskennellä. Lean ajattelun pohjana pidetään Womackin ja Jonesin kirjoittamaa kirjaa "The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Harper Perennial, 1991"

Lean ajattelun keskeinen osuus on hukkien minimointi ja poistaminen. Koko tuotantoprosessi perustuu lisäarvoajattelulle, ja lisäarvoa tuottamattomat osat karsitaan pois. Lean ajattelun mukainen tuotanto on asiakaslähteistä ja imuohjautuvaa. Jokaisen tehdyn toimenpiteen tai suoritteen on tuotettava asiakkaalle lisäarvoa, tai sen merkitys tuotantoketjussa tulee kyseenalaistaa. Toyota Motor Corporationin kehittämä Toyota production system on eräs muoto Lean ajattelusta ja sen soveltamisesta käytäntöön. Toyotalla hukiksi lasketaan. (Liker 2010 s.28-29)

- kuljetukset
- varastot
- liike
- odotusaika
- ylituotanto
- yliprosessointi
- viallinen tuote.



Kaikki nämä tekijät tuovat tuotantoprosessiin lisää pituutta, nostavat kustannuksia työvoiman, energian ja raaka-aineiden muodossa sekä sitovat pääomaa tuotantoprosessiin.



Kuva 6. Esimerkki LEAN-periaatteen mukaisista arvoa lisäävistä prosessivaiheista. Liker 2010 s.29

Diplomityön viitekehyksessä näistä sivutaan kuljetuksia, varastoja, liikettä, ja odotusaikaa

### 3.1 KULJETUKSET

Kuljetukset tarkoittavat tässä tapauksessa tuotantomateriaalien turhaa kuljetusta paikasta a, paikkaan b. materiaalien kuljettaminen tuotanto tai kokoonpanopaikkojen välillä sitoo aina vähintään energiaa, mutta usein myös työvoimaa. Tässä tapauksessa viiluvirta välillä kuivaus-ladonta tulisi olla suoraviivaista. Kuljetushukkaa syntyy kun viiluja joudutaan kuljettamaan joko saumaajille tai muille väliprosessointilaitteille, tai niitä joudutaan käsittelemään esimerkiksi pinkankääntölaitteilla. Nämä toimenpiteet vaativat usein trukkiavusteista työvoimaa. Eliminoimalla nämä materiaalivirrat kyetään kuljetukset minimoimaan, esimerkiksi siten että pintaviilupinkkoja

ei ajeta läpi pinkankääntölaitteen vaan suoraan ladontaan, säästetään sekä aikaa energiaa että työvoimaresursseja.

### 3.2 VARASTOT

Varastot, ja erityisesti puolivalmisteiden välivarastot sitovat usein merkittävän osan tuotantolaitoksen pääomasta. varastojen hinta lasketaan varastossa olevien hyödykkeiden hinnan summana ja verrattaessa sitä koko tuotantolaitoksen liikevaihtoon saadaan ulos suhdeluku jonka varastot sitovat liikevaihdosta. Pääoman sitominen varastoon on suoraan pois tuotavammista kohteista kuten investoinneista ja tuottaa uusissa linjainvestoinneissa lisäksi korkomenoja lisäämällä pääomantarvetta ja pitkittämällä takaisinmaksua. Viiluvirrantapauksessa varastot syntyvät epäsovivien tuotteiden kasaantumisesta.

### 3.3 LIIKE

Liikkeellä tarkoitetaan työntekijän työpisteeltä, tai työpisteellä suorittamaa turhaa liikettä joka ei kohdistu itse tuotteen kokoonpanoon siten että se tuottaisi asiakkaalle lisäarvoa., tällaista liikettä ovat esimerkiksi työkalujen ja tarvikkeiden varastosta haku, niiden etsiminen työpisteellä ja työpisteen sisällä suoritettu kokoonpanoon liittyvä liike joka johtuu huonosta työpistesuunnittelusta. Tässä tapauksessa turhaa liikettä syntyy jos pintaviilupinkat joudutaan kääntämään pinkankääntölaitteella. Tällöin työntekijä joutuu jättämään työnsä ja siirtymään pinkankääntölaitteelle kääntääkseen pin-

### 3.4 ODOTUSAIKA

Odotusaika tarkoittaa hukkaa joka syntyy kun työntekijä joutuu odottamaan automaattisen koneen tekemää työtä ilman että hän pystyy samanaikaisesti työskentelemään prosessin parantamiseksi. Tässä tapauksessa odotusajaksi voidaan katsoa aika joka kuluu operaattorin käyttäessä pin-

kankääntäjää, ja odotusaikaa joka kuluu viilupinkan siirtämiseen kääntäjältä ladontaan.

### 3.5 YLIPROSESSOINTI.

Yliprosessointi on yksi LEAN filosofian suurista kulmakivistä. LEAN filosofiassa merkittävin tuotteen ominaisuudet määräävä tekijä on asiakastarve. Kaikki tuotteelle tehtävät prosessointivaiheet tähtäävät asiakastyytyvyyteen. Lisäksi kaikki tuotteelle tehtävät toimenpiteet lisäävät tuotteen valmistuskustannuksia ja siten joko nostavat sen hintaa tai laskevat siitä saatavaa tuottoa. Täydellisen kilpailun vallitessa yliprosessointia, tai ylilaatua, tekevä yritys häviää kannattavuudessa kilpailijoilleensa. Pintaviilujen tapauksessa viilun kääntäminen, tai ylilaadun käyttäminen sellaisissa tuotteissa jossa sitä ei asiakkaan kannalta tarvitsisi käyttää johtaa tuotteen myyntikatteen pienentymiseen joko tuotantokustannusten, tai kysytyn määrän laskun kautta, jos tarvittavaan pintaan päästään myös karkeammalla viilulla on sen kääntäminen sileä puoli ylöspäin yliprosessointia. Sileämmät viilut voidaan käyttää vaativimpiin tuotteisiin ja saada kyseisen tuotteen valmistuskustannukset pienemmiksi, ja samalla tehostaa varaston hallintaa käyttämällä hallitummin pintaan sopivaa viilua josta tehtailla vallitsee yleensä pula.

### 3.6 KANBAN

Kanban järjestelmä on Japanilaisen Toyotan kehittämä imuohjaus järjestelmä tilanteisiin joissa täydellinen Lean periaatteen mukainen nollavarastoineen virtaus ei ole mahdollinen.

Kanban itsessään tarkoittaa kaksipuolista korttia, mutta tuotantokontekstissa sitä käytetään kuvaamaan pieniä välivarastoja. Se perustuu ajatuksen varastojen minimoinnista ja asiakkaan ja toimittajan yhteistyöhön jossa asiakkaan näkemyksiä pyritään ottamaan huomioon toimintaa suunniteltaessa. Kanban järjestelmässä tuotantosolu valmistaa vain silloin kun sillä on asiakkaasta johtuva tarve valmistaa. Puolivalmiit tuotteet on varas-

toitu ns. supermarketteihin joista tuotteita otetaan silloin kun niille on tarvetta. Varastoa täydennetään samassa suhteessa sieltä hävinneiden hyödykkeiden mukaan. Muuna aikana varastoon ei kosketa vaan tuotteet saavat olla valmiudessa. Näin syntyy vain pientä ylituotantoa tietystä tuotteesta ja välivarastojen hallintaa pystytään tehostamaan. Asiakkaalla tarkoitetaan seuraavan työvaiheen toimijaa joka käyttää varastoituja hyödykkeitä omassa työssään. Suuren mittakaavan imuohjaus prosessiin syntyy kuitenkin loppukäyttäjiltä jotka viimekädessä luovat laatu normit tuotteelle. Heidän tarpeensa vaikuttavat koko prosessiin ja sitä kautta myös tarvittaviin komponentteihin ja välivarastojen määrään.

(Liker 2010 s.106–107)

### 3.7 LÄPIMENOAIKA

Tuotannon läpimenoaika on yksi suurimmista tuotannon kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tuotannon läpimenoaika on suoraan verrannollinen tuotantoon sidottuun pääomaan. Läpimenoajan kutistua tuotantoon tarvittava pääoma pienenee, laskien samalla tuotteen valmistamiseen tarvittavia työtunteja, sekä pienentäen välivarastojen että valmiusvarastojen määrän tarvetta. Käytännössä lyhentämällä läpimenoaikaa tuotantoyksikö pystyy ketteröittämään toimintaansa, ja vastaamaan siten nopeammalla aikataululla asiakasvaatimuksiin.

## 4. Tutkimusmenetelmät

### 4.1 JYRÄYSTESTI, STANDARDI: SFS 3939

Jyräys testi mallintaa levyille aiheutuvaa rasitusta sen tavallisessa käyttökohteessa kuljetusvälineiteollisuudessa. Lavansiirtovälineiden, kuten haarukkanostimien pyörät aiheuttavat levyyn suuren rasituksen ja paineen. 1,5t haarukkanostimen pyörän aiheuttama pintapaine voi olla jopa  $5\text{kN/mm}^2$ . Kaupoissa käytettävien jakelurullakoiden nylonpyörien paineet voivat nousta tätäkin korkeammiksi. Suurin rasitus kohdistuu levyn pinnoitteeseen ja pintaviiluun ja näin ollen jyräystesti onkin tutkimuksen kannalta kaikkein olennaisin. Jyräyskulutuksessa pintaviilu saattaa murtua leikkausjännityksen voimasta leikkautumalla viilun keskeltä liimasaumojen suuntaisesti.

Jyräyskestävyyttä tutkitaan laitteella jossa pyörän aiheuttama pintapaine on  $2\text{-}4\text{kN/mm}^2$ . Laitte suorittaa edestakaisin etenevää liikettä koelevyn pinnalla, painaen samalla pyörää vasten levyä. Tulokseksi saatu luku kertoo, montako kertaa kuormitettu pyörä on ollut rasituskohdassa ennen Halkeamien ilmaantumista. Normaalisti koivuvanerin jyräyskestävyys on parempi kuin seka-, tai havuvanerin johtuen koiviilun suuremmasta tasoleikkauslujuudesta.

## 4.2 SÄÄRASITUKSEN TESTAUS LIITE 2.

Vanerilevyjen säärasitusta voidaan testata erilaisin keinoin altistamalla ne keinotekoisesti säärasituksille, kuten UV-valolle ja äärimmäisille kosteus ja lämpötilaolosuhteille. Työn puitteissa käsitellään koelevyjen altistuminen lämpötila ja kosteusolosuhteille.

Kosteus aiheuttaa puun turpoamista, joka puolestaan pinnoitetussa tuotteessa aiheuttaa kalvoon aaltomaisuutta ja jopa kalvon rikkoutumista.

Sään kestoa työssä tutkitaan A1-testillä jossa testattavat levyt alistetaan useille peräkkäisille sykleille.

## 4.3 COBB – Testi veden läpäisylle SFS-EN 20535

Veden läpäisyn testaamiseen käytetään COBB-testiä jossa koekappaleet alistetaan vesipatsaan alle ja tutkitaan pinnoitteen läpi puumateriaaliin imeytyneen veden massa.

## 5. Koeajot

Kokeellisen osuuden tarkoituksena oli kartoittaa sorvaushalkeamien nykyinen taso, niiden synty sekä pintaviilujen nykyinen käyttö. Lisäksi tarkoituksena on selvittää sorvaushalkeamiin vaikuttavien muuttujien kuten haudontaolosuhteiden ja sorvausparametrien taso, sekä verrata havaittua tasoa aikaisempiin tutkimuksiin.

Koejärjestelyt seurasivat tehtaan normaaleja tuotantoprosesseja ja olosuhteita. Päämääränä oli saada koejärjestely joka seuraa mahdollisimman tarkasti tehtaan normaalia tuotantoa ja antaa näin mahdollisuuden soveltaa saatuja tuloksia nykyiseen tuotantoon, ilman että tuotantoprosesseissa tarvitsee tehdä merkittäviä muutoksia.

Koeajoissa valmistettiin sileitä betonointikäyttöön tarkoitettuja levyjä, sekä Wire-kuviollisia lattiarakenteiksi tarkoitettuja levyjä.

Koeajot suoritettiin UPM-Kymmene Wood Oy:n Savonlinnan vaneritehtaalla kesä- ja heinäkuussa 2012.

Sileäpintaiset betonointikäyttöön tarkoitetut levyt valmistettiin 27.6–13.7 välisenä aikana. tarkemmat valmistuspäivämäärät löytyvät liitteestä 1. Valmistukseen käytettiin tehtaan SK2 linjalla sorvattua viilua. Levyt valmistettiin ladontapisteessä 2. Levyaihioden puristukseen käytettiin puristimen välejä 25–30. Sileäpintaisten levyjen pinnoitus tapahtui 02 – pinnoituslinjalla, ja kuvioitujen 01 – pinnoituslinjalla.

Sileiden levyjen levyaihioina käytettiin 18mm. 13ply rakenteella tehtyjä levyjä joiden ladontakuvio oli |---|-|-|---|

Levyt numeroitiin juoksevalla numerolla 1-25, joista 1-4 hylättiin laatuongelmien ja epäselvän viilun alkuperän vuoksi. levyt 5-15 sekä 19–25 ovat kokeellisella menetelmällä tehtyjä ns. koelevyjä joissa tutkitun pinnan pintaviilu on ladottu siten että sorvaushalkeamat ovat pinnoitetta vasten. levyt 16–19 on valmistettu normaalilla menetelmällä jossa pinnoitetta vasten on asetettu viilun tiivis puoli. Levyt pinnoitettiin 220g/m<sup>2</sup> fenolialdehydikalvolla. Ne seisoivat Savonlinnan varastossa noin viikon koeajojen päättymisen jälkeen, jonka jälkeen ne lähetettiin Lahteen testattaviksi. Lahdessa levyille suoritettiin COBB, sekä A1-testit.

Wire-kuviopintaiset lattiakäyttöön tarkoitetut tuotteet valmistettiin 16.8. Levyt numeroitiin juoksevalla numerolla 26-30, joista 26-29 olivat koelevyjä ja 30 normaalilevy. Valmistamiseen käytettiin SK2 linjalla sorvattua ja kuivatua viilua. Levyt ladottiin ladontapisteessä 2.

Levyaihioina käytettiin 30mm.23ply rakennetta jossa ladontakuvio oli |-|-|-|-|-|-|-|-|-|-|

Valmistuksen jälkeen ne lähetettiin Lahteen jossa niille suoritettiin jyräys-testit.



## 5.1 RAAKA-AINE

Tehdas käyttää raaka-aineenaan koivua jonka hankinta säde on n. 200 km. tehtaasta. Koeajojen yhteydessä käytettiin tuotantoon tarkoitettua raaka-ainetta, josta koeajojen sivussa tehtiin myös asiakastilauksia. Koeajot ajoitettiin siten että haudonta olosuhteet olivat kaikilla koekappaleilla mahdollisimman lähellä toisiaan, niin haudonta-ajan kuin haudonta lämpötilan osalta.

## 5.2 TEHDASKUVAUS

Tehtaalla tukit haudotaan avoimissa haudonta-altaissa.. Haudonta-ajat ovat tyypillisesti 1-3 vrk. ja haudonta lämpötila n.40 °C. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu korkeamman haudontalämpötilan tuovan selvää laatuparannusta tuotteeseen vähentyneiden ja pienentyneiden sorvaushalkeamien vuoksi. Kuitenkaan työturvallisuuslakien mukaan ei korkeampien lämpötilojen käyttö nykyisillä haudonta-altailla ole mahdollista. Lämpötilojen korotus suositeltuun 60–70 °C vaatisi merkittäviä investointeja haudonta-altaiden rakenteisiin, mm. katetut altaat, ja lisäksi se lisäisi merkittävästi tehtaan energian kulutusta. Energiana haudonta-altaita lämmitettäessä käytetään kuivaajien lämmön talteenoton kautta otettua höyryä. Kovilla pakkasilla on lisäksi mahdollista käyttää tuorehöyryä lämmönvaihtimen kautta.

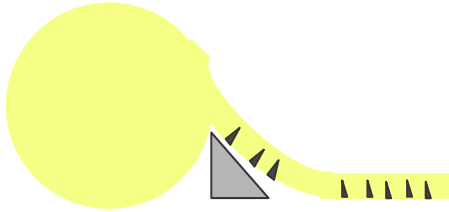
Tehtaalla on 4 tuotannossa olevaa sorvia, jotka on yhdistetty verkko-kuivaimiin. Viilu kulkee sorvista tray-tasojen kautta suoraan kuivaimiin ja leikataan määrämittaansa kuivauksen jälkeen.

Leikkauksen jälkeen viiluarkit niputetaan ja ne kulkevat pinkankääntäjien kautta ladontaan jossa ne ladotaan levyiksi halutun reseptin mukaan. Liimaukseen käytetään neljää puoliautomaattista liimavalssia ja kolmea kuumapuristinta. tämä mahdollistaa useiden erilaisten tuotereseptien valmistuksen samanaikaisesti.

Ladonnan jälkeen levyt sahataan määrämittäisiksi ja hiotaan jonka jälkeen ne jatkokäsitellään.

### 5.3 VIILUN VALMISTUS

Koeajo sorvauslinjana toimi tehtaan SK2 linja joka sisältää suurtehosorvin, jolla on mahdollista päästä jopa 300m/min. sorvausnopeuksiin. Maksiminopeutena koeajojen aikana käytettiin kuitenkin 210 m/min.



Kuva 7. Sorvaussuunta ja halkeamien syntyminen sorvattaessa.

Sorvi on tray-tasojen kautta yhteydessä verkkokuivaimeen. Kuivauksen jälkeen viilut kulkevat leikkauksen kautta ladontaan. Prosessi toimii lähes kokonaan ilman trukkitarvetta, johtuen lay-out suunnittelusta jossa siirrot on hoidettu traverssein sekä rullatasoilla.

Ladonta suoritettiin hyödyntäen tehtaan 2. ladontapistettä. Pisteessä toimii puoliautomaattinen yhdellä operaattorilla käsiteltävä liimausvalssi. Liiman levitysmäärät vaihtelevat välillä 165-175g/m<sup>2</sup>. Tällä vaihteluvälillä pysyttiin koko koeajojen ajan. Koeajoissa valmistettiin koelevyt muun tuotannon lomassa, siten että valmistetut levyt vastasivat muilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin asiakastuotteiksi tarkoitettuja levyjä.

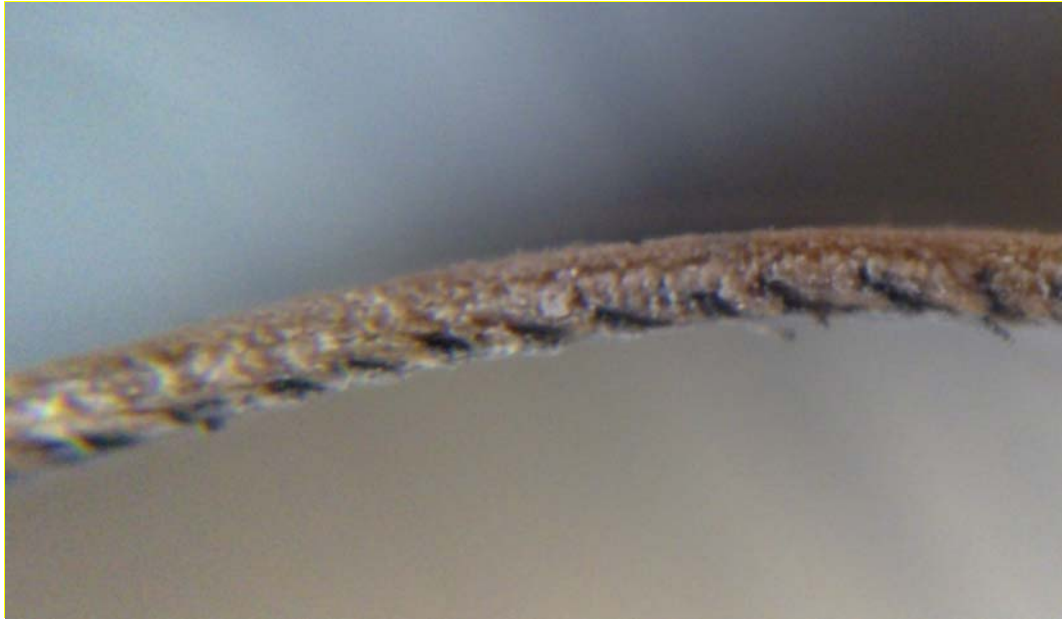
Ladottaessa koelevyjä koelademat pyrittiin sijoittamaan puristimeen menevän nipun päällimmäisiksi. Tämä tehtiin lähinnä sen vuoksi jotta koelademia pystyttiin seuraamaan jatkuvasti prosessin edetessä. Lademat puristettiin pääsääntöisesti kuumapuristimen ylimmillä väleillä, tämä siksi jotta ne saatiin sijoitettua päällimmäisiksi sahaukseen meneviin paaleihin.

Levyt valmistettiin kesä-heinäkuun aikana siten että viikoittain tehtiin pieni määrä levyjä, Valmistuspäivämäärät tarkemmin liitteessä.

#### 5.4 SORVAUSHALKEAMAT ENNEN KUUMAPURISTUSTA

Sorvilta lähtiessään viilun alapintaan muodostuu sorvaushalkeamia jotka määrittävät viilun lujuusominaisuuksia, etenkin poikittaisvetolujuutta.

Alla olevasta kuvasta nähdään sorvaushalkeamien syntyminen viiluun. Kyseinen koekappale on poimittu kuivauksen ja leikkauksen jälkeen muodostetusta viilupinkasta, ja sorvaushalkeamat on havainnoinnin helpottamiseksi värjätty.



Kuva 8. Sorvattu viilu jossa sorvaushalkeamat värjätty havainnollistamisen helpottamiseksi

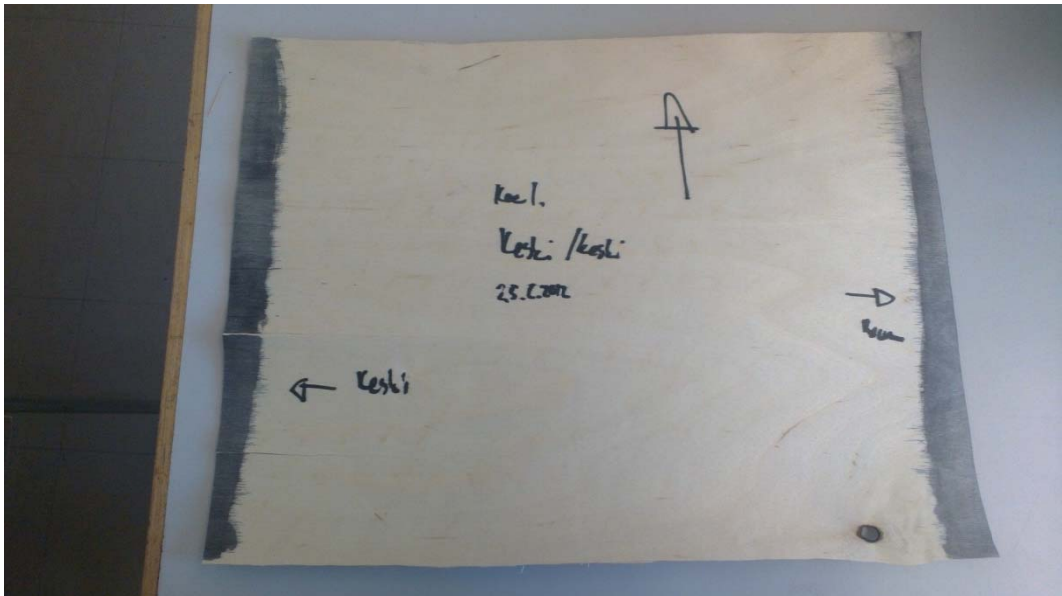
Sorvaushalkeamien syvyys mitataan käyttäen kangasväriä jolla viilut värjätään. Pipetin avulla kangasväriä (Dylon international Ltd. #8 Ebony Black) levitetään n. 2cm. matkalle viilun leveyssuunnassa keskelle koekappaleen alapintaa. Värin imeytyessä halkeamiin saadaan ne paremmin näkyviksi ja niiden syvyys voidaan mitata käyttäen apuna optisia välineitä

Testausta varten koeviilu leikattiin kolmeen osaan, ja kaikista osista värjättiin kaistaleet molemmilta laidoilta sekä keskeltä. Kuvan osoittamalla tavalla. Värjättyt viilut leikattiin halki ja värjäytyneet halkeamat tutkittiin luupin avulla. Näin saatiin tutkittua halkeamien vaihtelua viilun eri osien välillä.

Sorvaus suoritettiin prosessiolosuhteilla joissa suurin sorvausnopeus oli 210m/min. ja verkkokuivaajan lämpötila 170–175°C. Sorvatut tukit olivat olleet haudonnassa yli vuorokauden.



Kuva 9. Viilun sorvaushalkeamien koejärjestely



Kuva 10. värjätty viilu josta koepalat leikattu

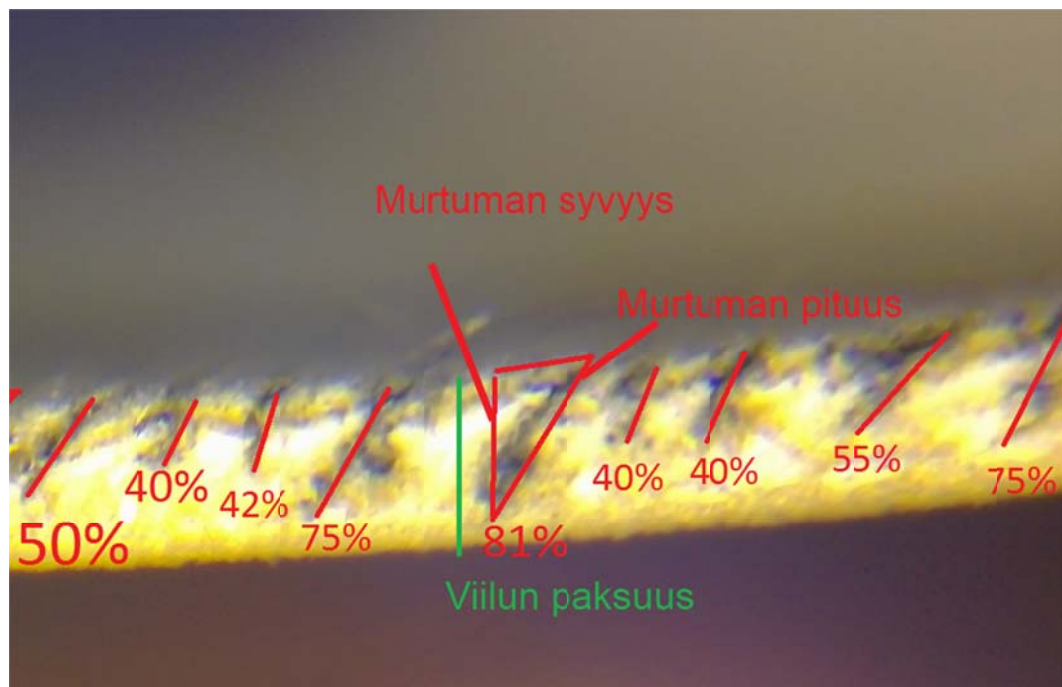
Halkeamien syvyyksien voidaan havaita vaihtelevan hieman leveyssuunnassa (Liite 6). Osittain tämä johtuu reunojen selkeästi keskustaa suuremmasta hajonnasta, jonka vuoksi reunojen keskiarvot nousevat selkeästi. Kuitenkin kokonaisuudessaan sorvaushalkeamien syvyydet jäävät alle 60 % levyn paksuudesta. Suurimmassa osassa viilua halkeamat jäävät alle 50 % paksuudesta, jota voidaan yli 200m/min. sorvausnopeudella pitää erittäin hyvänä tuloksena.

Kuitenkin täytyy huomata hajonnan suuruus. Halkeamien syvyysskaala ulottui 30 % aina 95 %. Pinnoitetun levyn ominaisuuksien, ja laadun määrytyessä levyn heikoimman kohdan mukaan on otettava huomioon paikalliset ääriarvokohdat, jotka suuren hajonnan tapauksessa saattavat muodostaa levyyn paikallisia heikkoja kohtia ja näin huonontaa levyn kokonaislaatua.

Tarkempi taulukko sorvaushalkeamista liitteessä 10.

Taulukko 2. Sorvaushalkeamien keskiarvo % ja hajonta

Keskiarvo	50,74 %
Hajonta	24,37

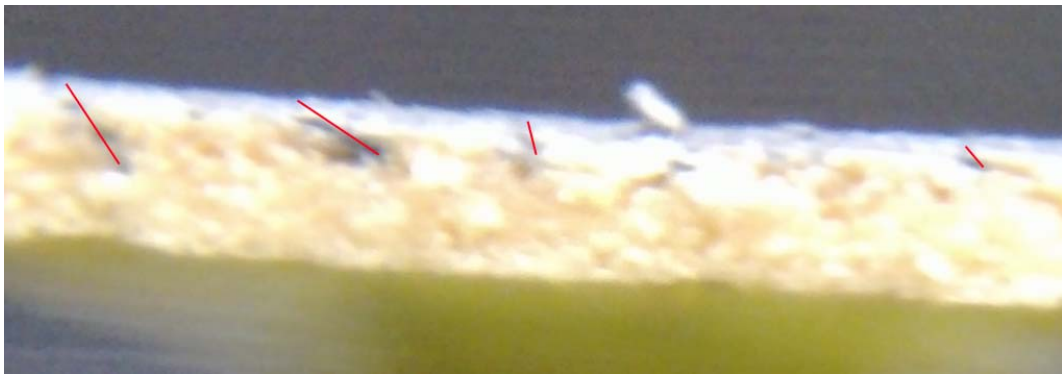


Kuva 11. Sorvaushalkeamien syvyyden määrittäminen

## 5.5 HALKEAMAT KUUMAPURISTUKSEN JÄLKEEN

Kuumapuristuksen jälkeen valmiiksi ladotuista koelevyistä irrotettiin pintaviilusta koepalat jotka värjättiin ja mitattiin uudestaan. Tämä tehtiin pintaviilun sorvaushalkeamien käyttäytymisen selvittämiseksi.

Havaittiin pintaviilun sorvaushalkeamien sulkeutuvan kuumapuristuksen aikana, siten että mustekokeessa musteen imeytyminen sorvaushalkeamiin oli lähes olematonta.



Kuva 12. Käännetty pinta kuumapuristuksen jälkeen. Sorvaushalkeamat yläpuolella.



Kuva 13. Kääntämätön pinta puristuksen jälkeen. Sorvaushalkeamat alapuolella

Havainto osoittaa kuumapuristuksessa käytetyn paineen puristavan pinta-  
viilun puumateriaalia kasaan, ja tiivistävän näin pinnan lähes homogeeni-  
seksi tippumatta siitä onko viilu käännetty vai ei.



## 5.6 HIONNAN VAIKUTUS PINTAVILUUN.

Ennen pinnoitusta koelevyt kulkevat hionnan läpi jossa varmistetaan pinnoituksen onnistumisen kannalta tärkeää pinnanlaatu. Pintakarkeus on eräs pinnoitukseen vaikuttavista ominaisuuksista ja sen aiheuttamia ongelmia hiominen ehkäisee erittäin hyvin. Lisäksi hionnassa levy saa lopullisen paksuutensa johon kyseisen tuotteen toleranssit sen määräävät.

Pintaviilua tutkittiin mittaamalla koelevyjen pintaviilujen paksuudet ennen ja jälkeen hionnan. Paksuudet mitattiin levyn reunasta mikrometriä käyttäen. Havainnot on taulukoitu liitteessä 11 ja alla keskiarvo ja hajonta taulukon pohjalta.

Taulukko 3. Koelevyjen pintaviilun paksuuden muutos hionnassa

	Paksuus ennen hiontaa mm.	Paksuus hionnan jälkeen mm.	Häviämä mm.	Häviämä %	Pyöristys %
<b>keskiarvo</b>	<b>1,44</b>	<b>1,05</b>	<b>0,39</b>	<b>0,26</b>	<b>26,21</b>
<b>Keskihajonta</b>	<b>0,28</b>	<b>0,23</b>	<b>0,16</b>	<b>0,10</b>	<b>10,34</b>

Taulukosta voidaan havaita keskimääräisen viilun häviämän olevan levyissä n. 20–40 %. Käytännössä siis jos viilun paksuudesta on hionnan jälkeen jäljellä n. 70 %, ja keskimääräinen sorvaushalkeamien syvyys on n. 40 %, on hionnan jälkeen normaaleissa levyissä edelleen jäljellä ehjää puupintaa. Levyissä joissa pintaviilu on käännetty, sorvaushalkeamat eivät ole kokonaan hioutuneet pois.



Kuva 14. Havainnekuva koelevystä.



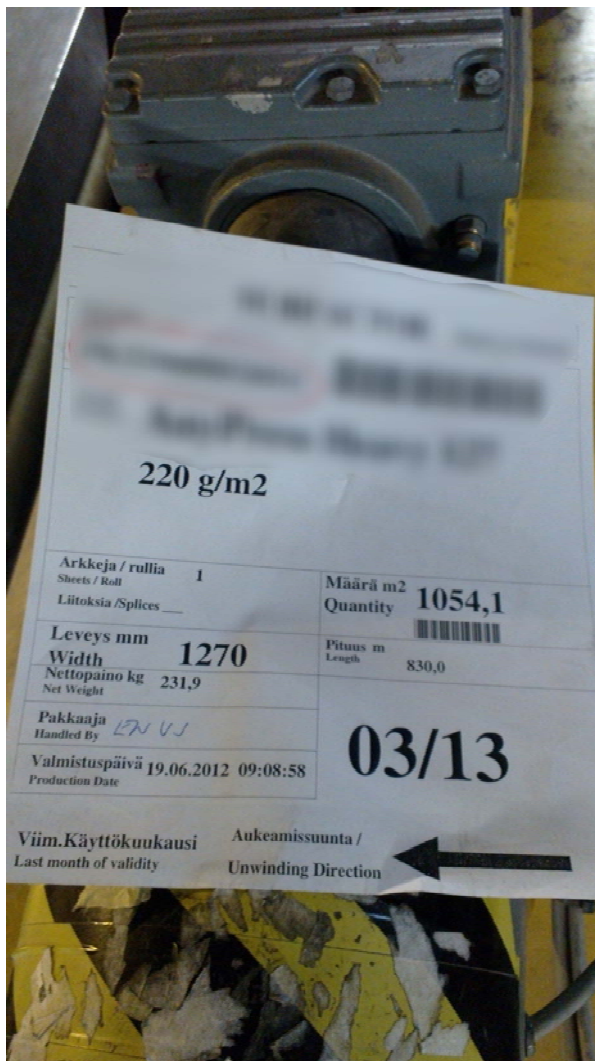
Kuva 15. havainnekuva normaalista levystä

Kuvista nähdään sorvaushalkeamien tilanne hionnan jälkeen. Sorvaushalkeamat eivät koelevyistä hioudu kokonaan pois, eivätkä normaaleissa levyissä pintaviilulla hioudu näkyviin. Tästä poikkeuksena ovat kuitenkin tilanne jossa pintaviilun sorvaushalkeamat ovat selkeästi keskiarvoa syvemmät. Paikoittain jopa 90 % yltäneet sorvaushalkeamat tulevat hionnan jälkeen näkyviin, kun levyt valmistetaan normaalilla menetelmällä.

## 5.6 LEVYJEN PINNOITUS

Sileäpintaiset levyt pinnoitettiin tehtaan 02-pinnoituslinjalla, ns. uudella puolella ja kuviopintaiset 01-linjalla, ns. vanhalla puolella

Sileäpintaiset levyt pinnoitettiin ruskealla 220g/m<sup>2</sup> fenoliformaldehydi kalvolla joka kuumapuristettiin kiinni sileäpintaisilla puristinlevyillä varustetulla monivälipuristimella. Kuvioitujen lattiamateriaalilevyjen prosessi oli lähes tulkoon identtinen mutta puristuslevyinä käytettiin Wire-kuviollisia puristinlevyjä.



Kuva 16. Wire-kuviollisten levyjen pinnoitukseen käytetyn filmin etiketti.

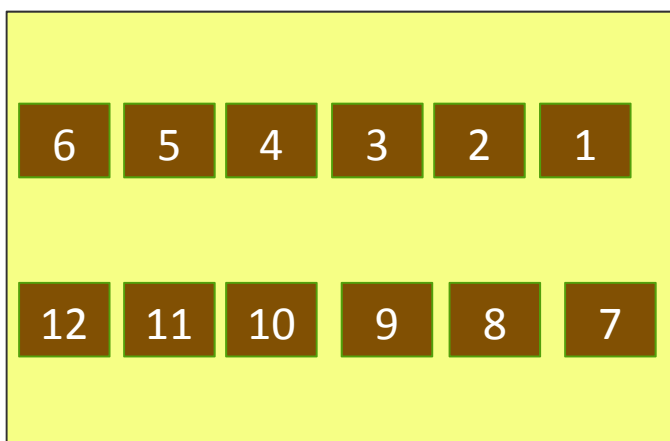
Pinnoituksessa koelevyt ja normaalilevyt pinnoitettiin samassa erässä ja näin ollen myös identtisillä pinnoitusresepteillä. Puristusajat ja paineet olivat täysin normaalin tuotantoprosessin mukaiset.

## 6. Käytetyt laborioritotestit

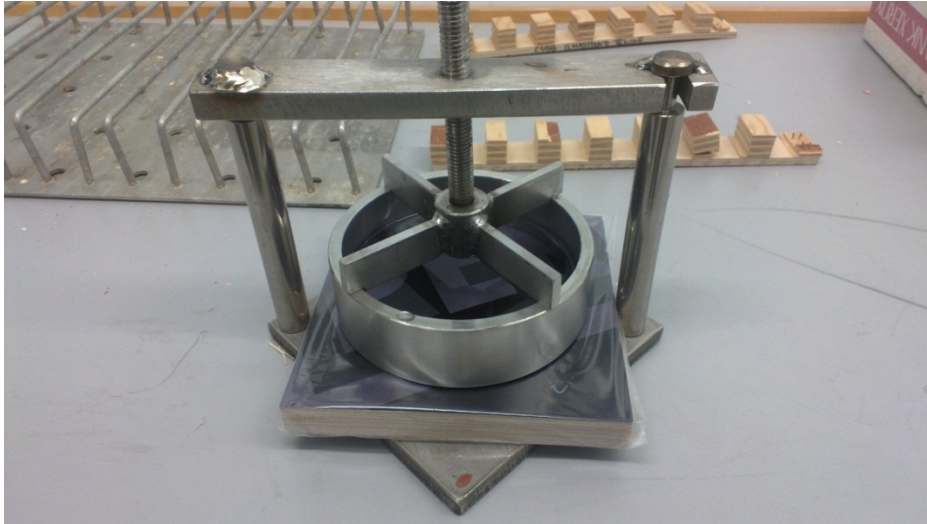
### 6.1 COBB-TESTI SFS-EN 20535

COBB-testi mittaa veden imeytymistä pinnoitteen läpi pinnoitteen alla olevaan viiluun. Tulokset ilmoitetaan  $\text{g/m}^2$  yksikössä ja ne ovat vertailukelpoisia standardiarvojen kanssa. COBB-testissä olennaisina osina ovat 7 vrk. ilmaantumisaika olosuhdehuoneessa sekä 7 vrk. imeytymisaika vesirasiuksessa. Tarkempi kuvaus COBB testin suorituksesta liitteessä 1.

Levyt sahattiin alla näkyvin sahausmallein. Samaa sahausmallia. käytettiin myös A1-testille.



Kuva 17. Sahauskuvio levyille 5-25



Kuva 18. Levyn COBB- testaus

## 6.2 A1-TESTAUS

A1-testissä testataan vanerilevyn ja sen pinnoitteen kykyä sietää vaihtelevia ääriolosuhteita. Testissä levyjä liotetaan 8 tuntia jonka jälkeen ne pakastetaan 16 tunniksi, ja tämän jälkeen ne altistetaan korkealle lämpötilalle 24 tunniksi.

Tarkempi testikuvaus löytyy liitteestä 3.

Käsittely aiheuttaa levyn viiluille ja sen rakenteelle muutoksia. Liotuksessa kappaleen kosteus tavoittaa PSK:n, jolloin normaalisti ilmankosteuden saavuttaneet solut turpoavat. Pakastus heti välittömästi liotuksen jälkeen saa puussa olevan veden jäätymään, ja jäätyessään kasvattamaan tilavuuttaan, joka ennestään laajentaa soluja ja rikkoo puun rakennetta.

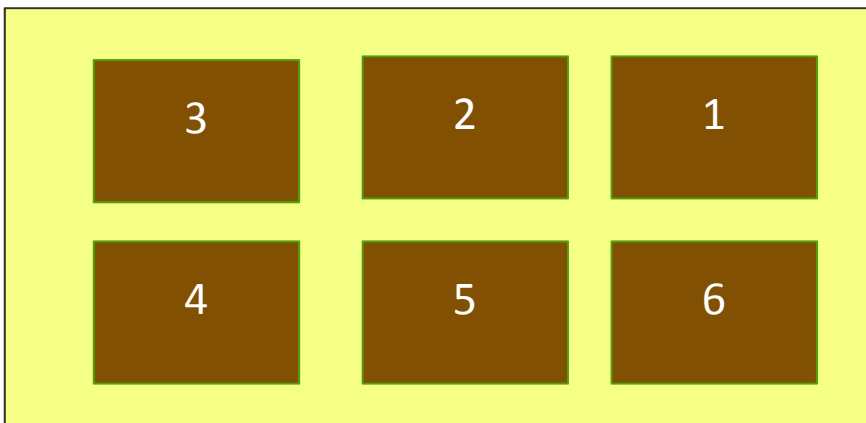
Jäätyneiden kappaleiden kuumennus 65 asteeseen aiheuttaa ensin niihin muodostuneen jäänlämpötilan nousun ja laajentumisen, mikä puolestaan jatkaa jo alkanutta puumateriaalin vaurioitumista.

Testissä puumateriaalin vaurioituminen näkyy muutoksina pinnassa. Pinnoitetun tuotteen pintaan syntyy aaltokuviota ns. ”ripling” joka johtuu levyn pintalana muutoksista olosuhteiden ja lämpötilan muutosten vuoksi.

### 6.3 JYRÄYSTEesti SFS 3939

Jyräystestillä mitataan pinnoitetun vanerilevyn jyräyskestävyyttä. Jyräyskestävyys on merkittävä tekijä kuljetusvälinekäyttöön tarkoitettuissa lattia-materiaalissa, joka altistuu jatkuvasti trukin, tai muun kuormansiirtovälineen, renkaiden aiheuttamalle paineelle. Jyräystestillä mitataan sekä pinnoitteen tarttumista ja kestoja pinta viilussa että pintaviilun kykyä kestää jatkuvaa renkaiden aiheuttamaa painetta.

Jyräystestiä varten levyt sahattiin alla näkyvän mallin mukaan.



Kuva 19. Jyräystestin sahausrakenne, levyt 25-30

Testissä jyräystä demonstroidaan metallipyörällä joka on kuormitettu 300 kg:n massalla. pyörän tekemät kierrokset lasketaan ja siten saadaan selville levyn pinnoitteen kesto jatkuvassa jyräysrasituksessa. Jyräystestin testikuvaus löytyy liitteestä 3.



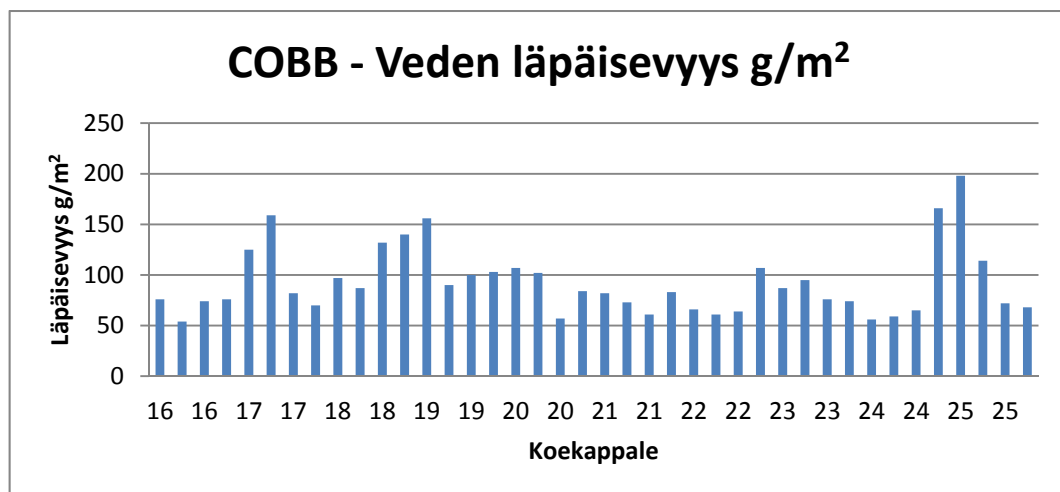
Kuva 20. Jyräystestin koelaitteisto

## 7. Laboratoriotestien tulokset

### 7.1 COBB TESTI

COBB-testin taulukosta voidaan parhaiten havaita suuri hajonta joka veden imeytymisen välillä vallitsee (taulukko liitteessä 6).

Kuvasta 21. voidaan havaita sama ilmiö kuin liitteen 6. taulukosta. hajonta testatuissa kappaleissa on erittäin suuri ja tuloksista on vaikea löytää selkeää trendiä. Eroa ei saa tehtyä koekappaleiden välillä, mutta selkeää eroa ei löydy myöskään saman levyn sisällä. Toisaalta levystä 17 sahatut kappaleet näyttävät imeneen keskiarvoa enemmän kosteutta toisaalta taas sama ilmiö näyttää toistuvan levyssä 25.

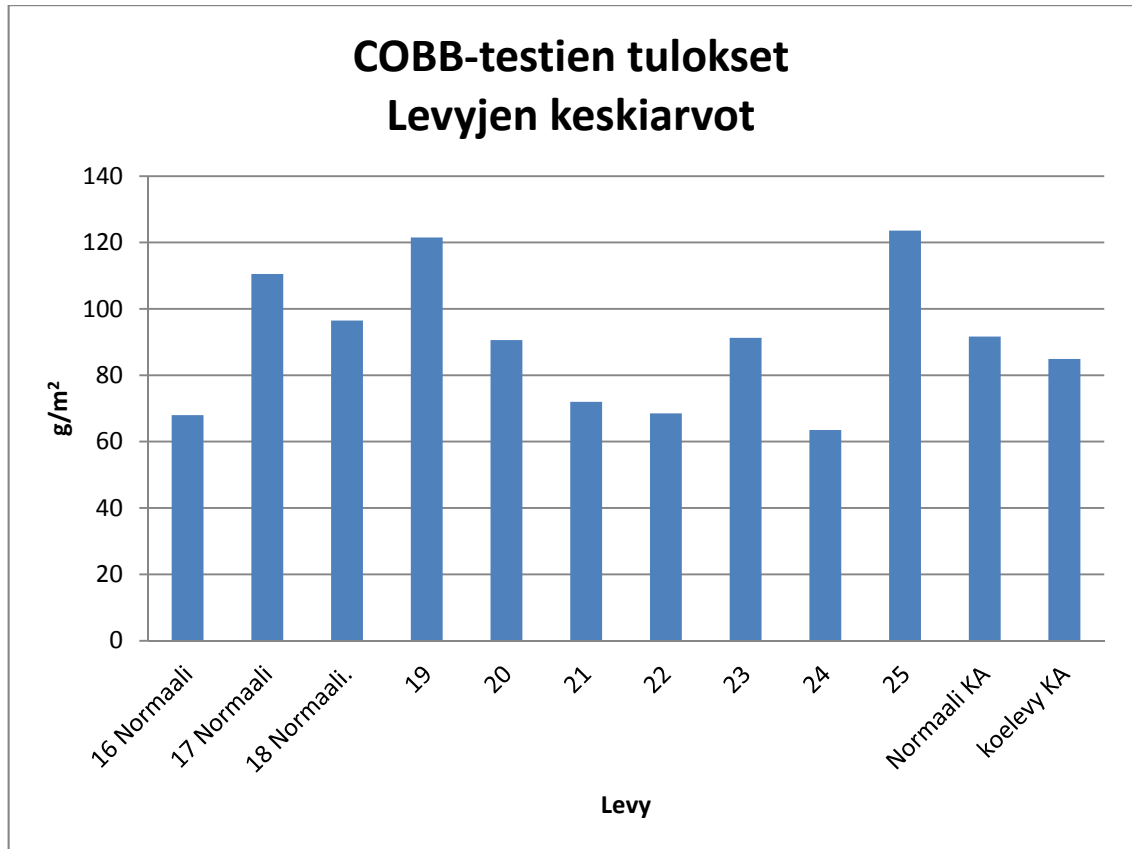


Kuva 21. COBB tulokset.

Levyjen sisäisten mittausten keskiarvoista voidaan nähdä sama tulos kuin kokonaiskuvaajistakin. Vaihtelu eri levyjen välillä on erittäin suurta eivätkä normaalilla tavalla tehdyt 16, 17 tai 18 erotu lähes laisinkaan muusta otosjoukosta. Vaihteluväli n.70 – 110 on vain hieman pienempi kuin koelevyjen 70 – 120. Keskiarvoltaan kolmen normaalin levyn joukko on jopa imenyt enemmän kosteutta ( $91 \text{ g/m}^2$ ) kuin koelevyjoukko ( $84 \text{ g/m}^2$ )



Kuvasta 22. voidaan todeta. hajonnan ryhmien välillä olevan suurta. Normaali levyt eivät erotu koelevyistä ja yhtenäistä trendiä on mahdoton piirtää. Koelevyistä 29 ja 25 on saatu mittauksen korkeimmat arvot, mutta toisaalta 24 mittauksen alin arvo.



Kuva 22. COBB keskiarvot

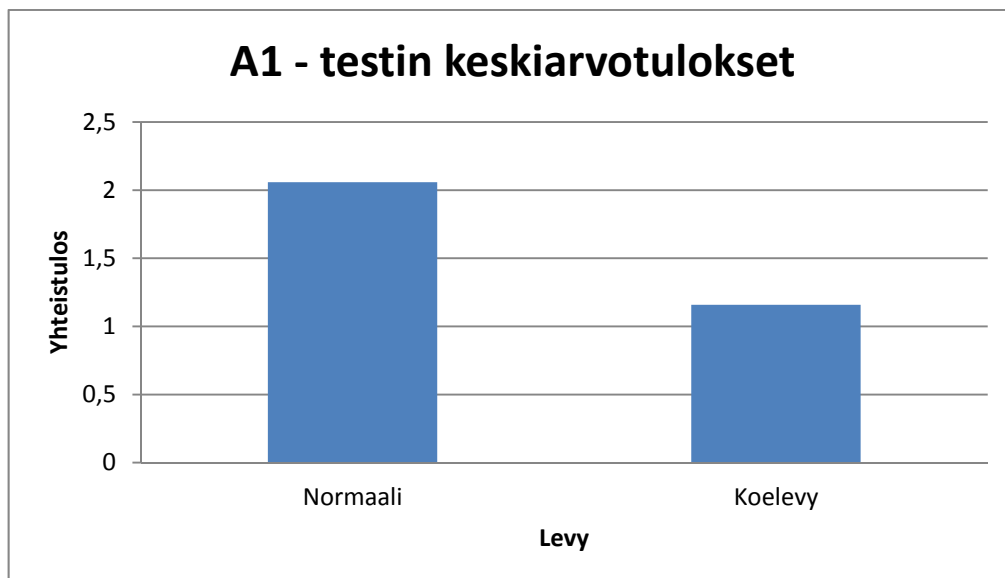
## 7.2 A1-TESTI

A1-testin koekappaleita arvioitaessa annettiin kappaleen virheille numeeriset arvot asteikolla 0-1

Kappaleen laatua tarkasteltaessa arvioitiin pinnan laineisuus, eli rippling, reunojen lohkeilu sekä pinnan halkeilu. Virheetön kappale sai arvokseen 0 ja mitä enemmän virheitä kappale sisälsi sitä suurempi oli sen saama arvo maksimiarvon ollessa 3.

Tarkemmat tulokset löytyvät Kuvasta liitteestä 5.

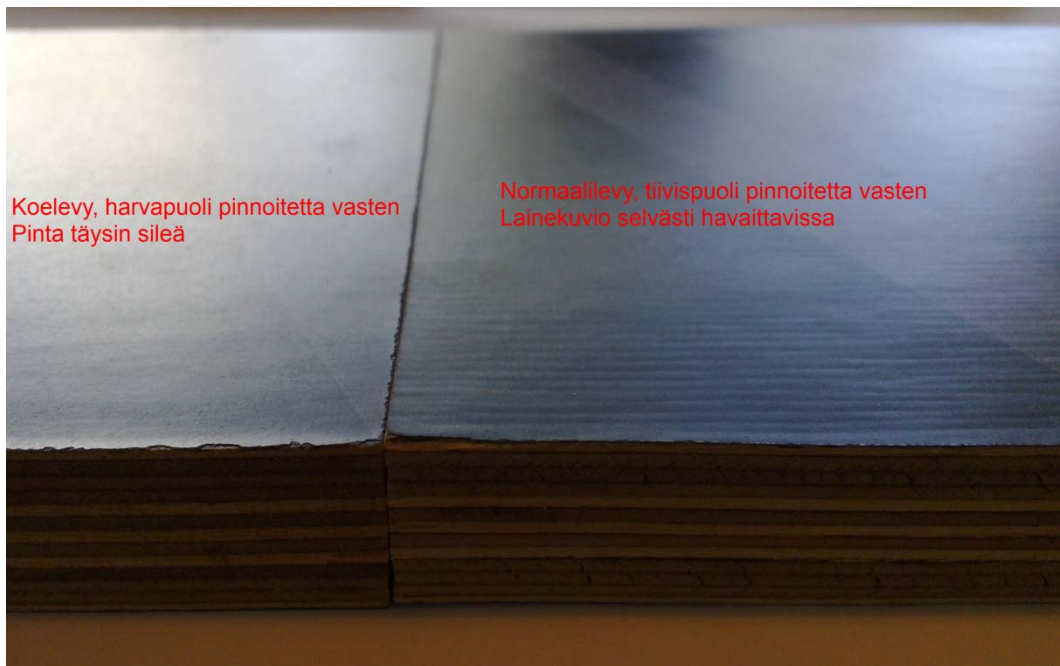
Kuvasta 23. havaitaan selkeä ero normaalilevyjen ja koelevyjen keskiarvoille. Eron ollessa yli 100% on varianssianalyysin tekeminen tarpeetonta ja kuvaajista voidaan todeta tulosten paikkaansapitävyys.



Kuva 23. Kappaleiden keskiarvot

Kuvasta 24. huomataan sorvaushalkeamien etenemisen vaikutus pinnoitteen laatuun. Oikealla puolella olevassa, normaalilla tuotantotekniikalla valmistetussa, kappaleessa sorvaushalkeamat ovat edenneet pinnoitteeseen asti ja aiheuttaneet pintaan selvästi havaittavaa aaltokuviota. A1 kierroja jatkettaessa olisi pinnoite lopulta halkeillut aaltokuvion kohdalta, ja levy olisi ollut käyttökelvoton.

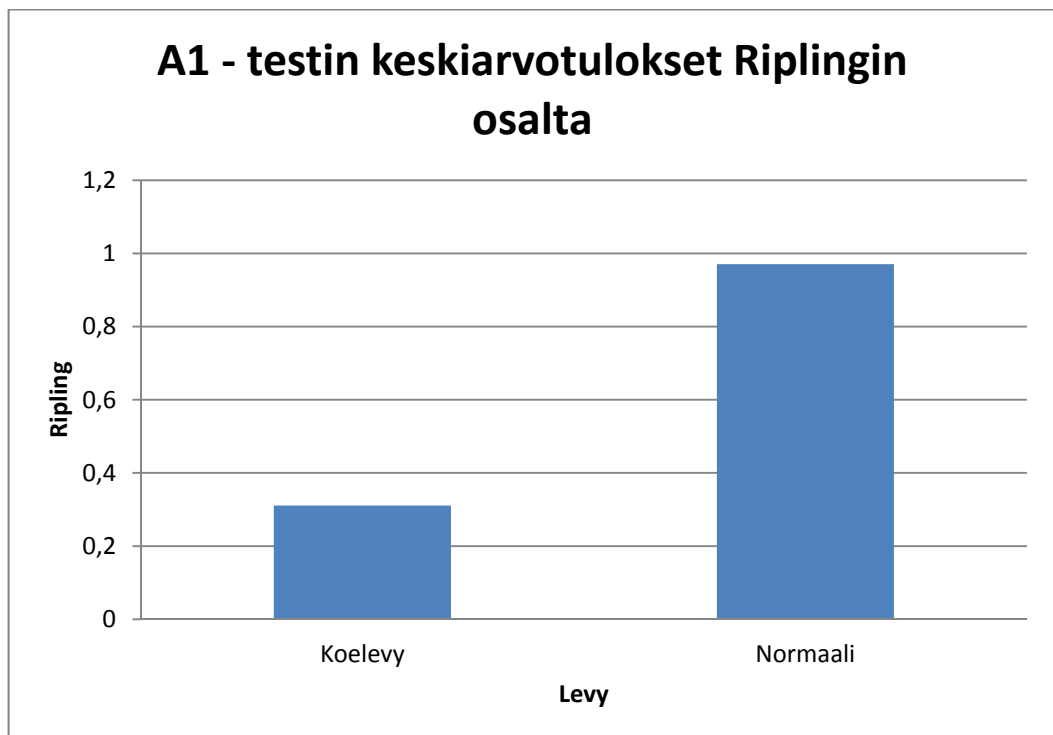
Vasemmalla puolella nähtävä koekappale, jossa pintaviilu on asetettu sorvaushalkeamat pinnoitteeseen päin, on pinnan laadultaan edelleen hyvä. Aaltokuviota, halkeilua tai muuta selkeästi erottuvaa pintavirhettä ei esiinny ja ero oikeanpuoleiseen kappaleeseen on silmin havaittava.



Kuva 24. Ripling ero koekappaleen ja normaalikappaleen välillä

Merkittävin ero koelevyjen ja normaalilevyjen välillä oli ns. ripling. Riplin kuvaa siis pintaan muodostuvaa aaltokuviota ja voidaan laskea virheeksi. Ripling ominaisuus on myöskin selkeä laatuviirhe valmiissa tuotteessa.

Alla olevasta taulukosta ja kuvaajasta voidaan huomata selvä ero koelevyjen hyväksi normaalilevyihin nähden. Koelevyjen riplingvirheet ovat n. 30% normaalilevyjen vastaavista



Kuv 25. Ripling ero koe- ja normaalilevyjen välillä

### 7.3 JYRÄYSTEСТИ

Jyräystestin koetaulukko kertoo testatun levyn, ja myös testatun kappaleen numeron. Taulukkoa tulkitessa on tärkeää huomioida laitteen numero 3 hieman alhaisempi massa-asetus, joka näkyy tuloksissa parempana testituloksena. Kuvaajassa levyt 26.–29. ovat koelevyjä ja levy 30 on normaalilevy. Jyräystestin tulokset löytyvät kokonaisuudessaan liittestä 7.

Kuvaajamuodossa voidaan havaita selkeä ero normaaleiden levyjen keskiarvoissa koelevyihin nähden. (kuva 26)

Koelevyjen tuloksien ollessa pääsääntöisesti alle 1000 kierrosta yltyvät normaalin levyt koetulokset yli 1400 kierroksen keskiarvon



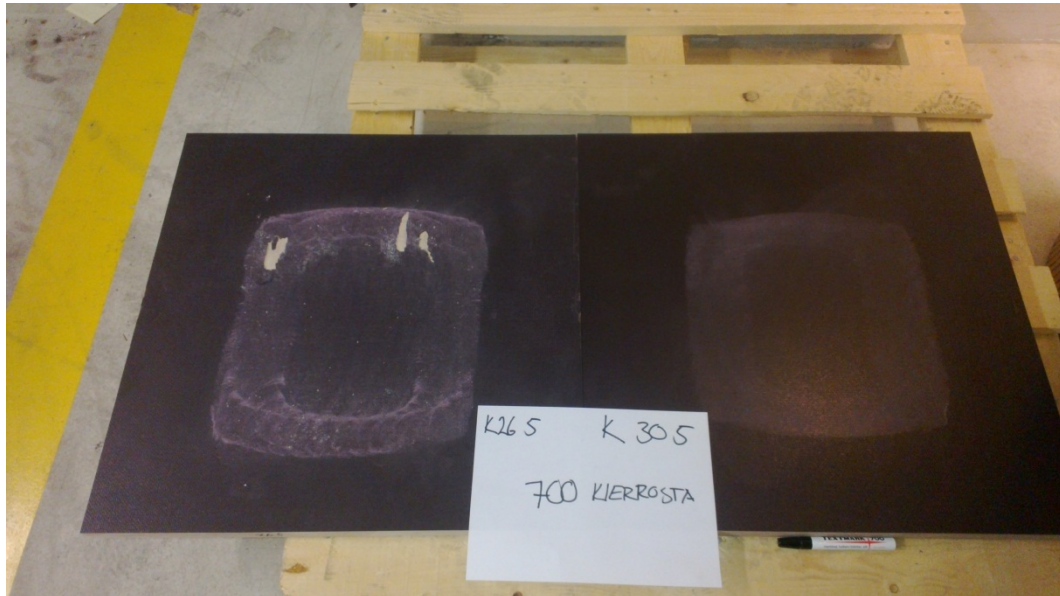
Kuvaaja 26. Jyräystestien keskiarvot

Taulukko 4. Jyräystestin levyjen keskiarvot ja hajonnat

	koelevy	normaalilevy
Keskiarvo: kierrosta	843,2	1480
Hajonta	190	355

Kuvasta 27 voidaan havaita tilanne 700 kierroksen kohdalla normaalilevyn (30) ja testilevyn (26) välillä. Normaalin levyn ollessa vielä täysin ehjä ja pinnan halkeamaton on testilevyn pinnalla havaittavissa selkeät halkeamat ja pinnoitteen vauriot.

Ero on todella selkeä. Vaikka 30/5 oli normaalilevyistä heikoin, on sen tulos silti 59 % parempi kuin kappaleen 26/5.



Kuva 27. Jyräysvertailu 700 kierroksen kohdalla

Kuvasta 28. havaitaan tyypillinen tilanne jyräystestissä rikkoutuneesta pinnasta. Levyn 26 kpl 6 on rikkoutunut 577 kierroksen kohdalla ja kappale pinnoitetta on irronnut. Kappaleen voidaan havaita murtuneen irti vilusta siten että irronneessa kappaleessa pinnoite itsessään on edelleen kiinni viilussa. Tämä tarkoittaa sitä että pinnoite itsessään ei ole syy pinnan rikkoutumiseen vaan pintaviilun pintakerros on leikkautunut irti. irronneesta lastusta voidaan selkeästi nähdä edelleen kiinni oleva puuaines.



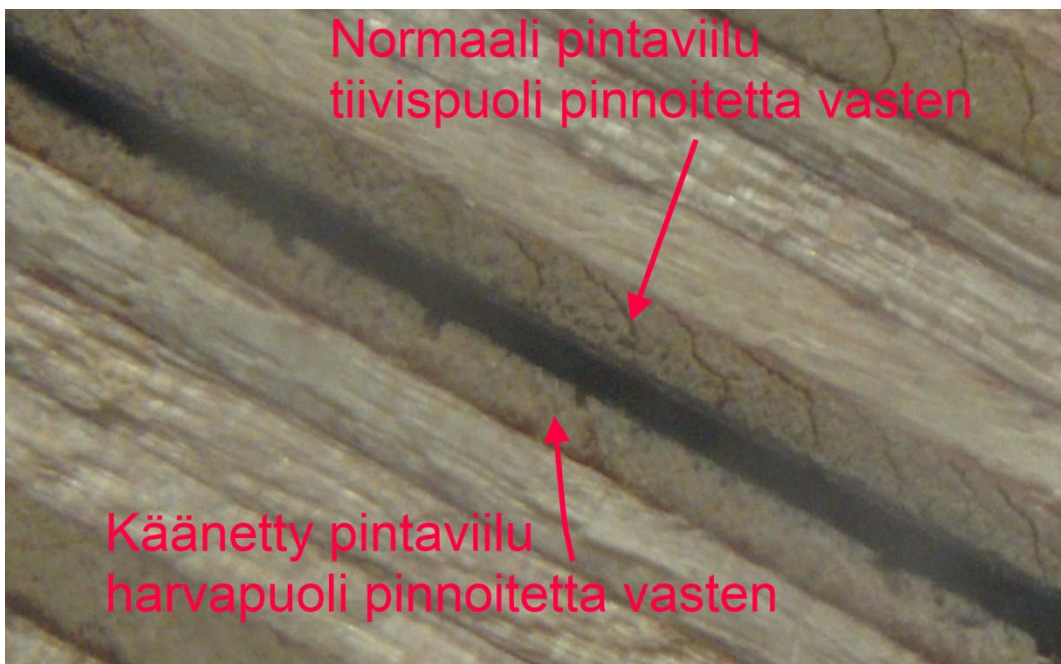
Kuva 28. Pinnan rikkoutuminen jyräyksen vaikutuksesta

## 8. Tulosten tarkastelu

### 8.1 SILEÄPINTAISET TUOTTEET

Sileäpintaisilla tuotteilla laatuero on testien perusteella päinvastainen kuin kuviopinnoitteisilla tuotteilla. Veden imeytymisessä kalvon läpi (COBB) ei ole havaittavissa selkeää eroa. Sen sijaan olosuhderasituksessa kokeellisesti valmistetut koekappaleet ylsivät selkeästi parempiin tuloksiin kuin normaalilla tuotantotavalla valmistetut kappaleet.

Kuvasta 29. voidaan havaita selkeä ero pintaviilujen välillä. Yläpuolella normaalisti valmistettu levy jossa sorvaushalkeamat ovat vasten sisäviiluja, ja alapuolella koekappale jossa sorvaushalkeamat ovat pinnoitetta vasten.



Kuva 29. Sorvaushalkeamien ero pintaviiluissa normaalilevyn ja koelevyn välillä.



Yläpuolisesta kappaleesta sorvaushalkeamat ovat selkeästi näkyvissä, ja on helppo nähdä kuinka ne rasituksen aikana ovat laajentuneet ja edenneet kiinni pinnoitteeseen.

Alapuolisesta koekappaleesta voidaan havaita sorvaushalkeamien lähes täydellinen puuttuminen pintaviilusta. Sorvaushalkeamat eivät ole edenneet juuri lainkaan ja pintaviilu itsessään on selvästi tiivimpi ja parempilaatuinen.

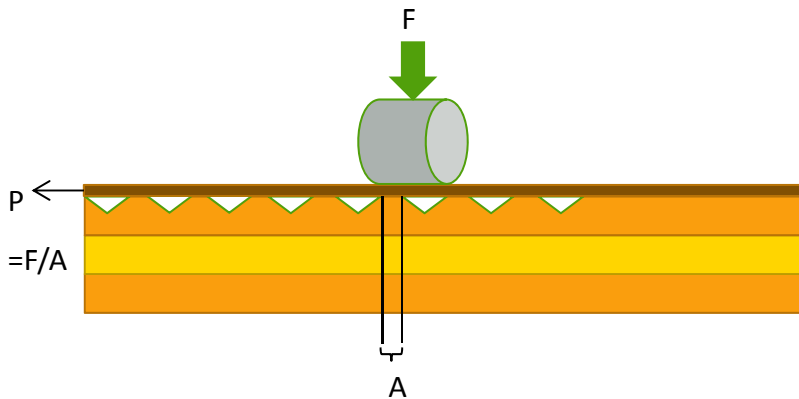
Kyseinen ero pintaviilujen välillä aiheuttaa selvän eron kosteusreagoinnissa. Käännetty viilu, josta siis on hiomavaiheessa suurin osa sorvaushalkeamista hiottu pois, reagoi huomattavasti maltillisemmin kosteuteen ja olosuhdemuutoksiin. Tämä ominaisuus on merkittävä tarkasteltaessa vanerilevyä sen käyttökohteessa betonointimuottiteollisuudessa. Levy josta reunasuojaus päästä kosteutta lävitseen kestää paremmin kosteuden vaihtelua. Lisäksi rakennusteollisuudessa käytettävät pinnoitettu levyt jotka altistuvat säävaihteluille, kestävät paremmin jos ne valmistetaan kokeellisella menetelmällä.

## 8.2 KUVIOPINTAISET LATTIATUOTTEET.

Kuviopintaisissa lattiarakennelevyissä on havaittavissa selkeä ero koelevyjen ja normaalisti valmistettujen levyjen välillä. Koelevyjen jyräyskesto on huomattavasti huonompi kuin normaali levyjen. Näin ollen valmistustapa jossa pintaviilu liimataan siten että sorvatun viilumaton alapuoli, ts. se puoli jolle sorvaushalkeamat muodostuvat, asetetaan suoraan pinnoitetta vasten, ei sovi tuotantokäyttöön.

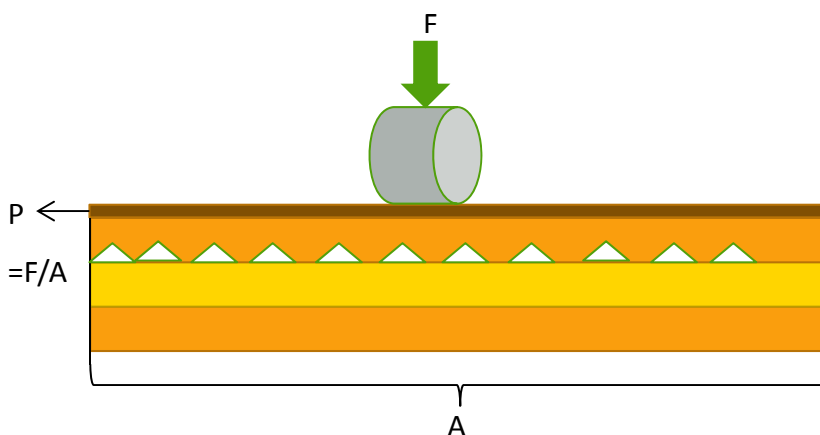
Huomattavasti laskenut jyräyskesto johtuu siitä että jyräysrasituksessa leikkausvoima pintaviilussa kasvaa liian suureksi jotta katkonainen pintaviilu pystyisi rasitusta kestäämään. Paine viilussa kasvaa ja samassa suhteessa kasvaa myös leikkausvoima. Leikkausvoiman kasvaessa puun lujuusarvoa suuremmaksi pintaviilu repeytyy

Alla olevista kärjistetyistä havainnekuvista pystytään näkemään sorvaushalkeamien vaikutus pintaviiluun kohdistuvaan leikkausvoimaan. Kuvassa 25. on tilanne koelevyissä. Sorvaushalkeamat muodostavat selkeän epä-jatkuvuuskohdan pintaviilun pinta-alassa. Tästä syystä pinta-ala kuormite-tussa kohdassa jää pieneksi josta seuraa suuri viiluun kohdistuva paine. Paineen vaikutuksesta pintaviilu murtuu.



Kuva 25. Koelevyyn kohdistuva paine jyräyksessä

Alemmassa kuvassa on havainnollistamisen helpottamiseksi tilanne normaalilla tuotantotavalla valmistetun levyn suhteen. Tässä tapauksessa paine levittyy selkeästi suuremmalle pinta-alalle, ajoittain koko levyn mat-kalle ja näin ollen leikkausvoima jää oleellisesti pienemmäksi ja rasittaa näin ollen pintaviilua selvästi vähemmän.



Kuva 26. Normaalilevyn kohdistuva paine jyräyksessä

### 8.3 LEAN FILOSFIAN MUKAISET PROSESSIPARANNUKSET

LEAN filosofian mukainen hukkien karsiminen tarkoittaa käytännössä yhden viilutyypin, käännetyt pintaviilut, poistamista tuoteresepteistä. Tällä pystytään eliminoimaan pinkan käännöstä johtuva tarpeeton työ, trukilla tehtävä tarpeeton työ sekä ylimääräisiin välivarastoihin sitoutunut pääoma. Tärkeää on huomata että tämä toteutuu vain tuotteilla joissa pintaviilut ovat epäsymmetriset, siten että toista pintaa ei tarvitse kääntää.

Alla olevassa taulukossa on havaitut aika-arvot pinkankääntämiseen tarvittavasta työstä.

taulukko 5. LEAN laskelmat levytuotannosta

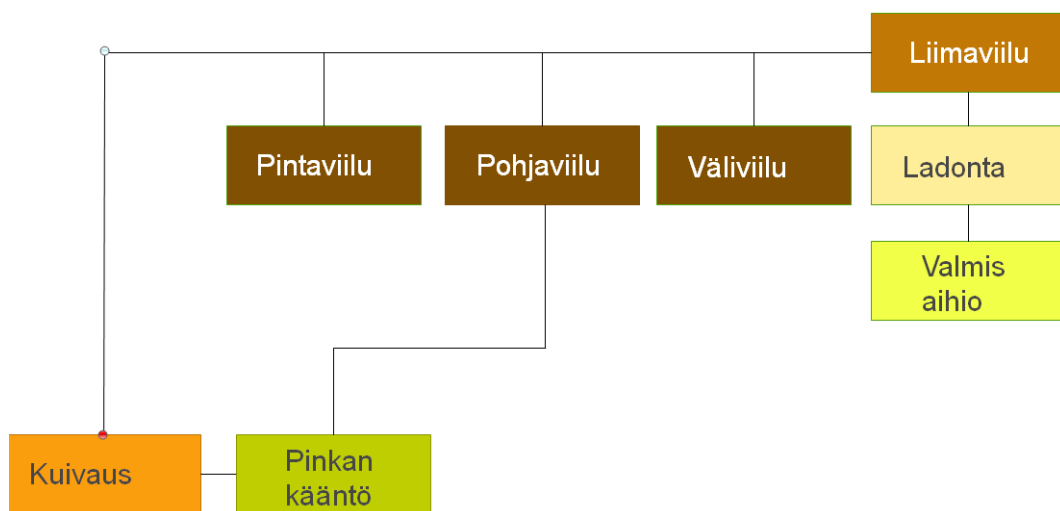
Vaihe	Aika min.	toistot/vuoro [min.]	toistot/vuoro max.	Kumulatiivinen [min]	Kumulatiivinen max [min.]
Siirto käännettäjälle	1	4	20	4	20
Kääntö	2	4	20	8	40
Siirto Traverssille	1	4	20	4	20
YHT	5	4	20	16	80

Taulukosta voidaan havaita yhden pinkan kääntämisen vievän keskimäärin 5 minuuttia aikaa, ja pinkkoja joudutaan kääntämään tuotteesta riippuen 5-20. Suurimmaksi hukatuksi aika-arvoksi saadaan lähes 80 minuuttia, joka sisältä sekä konetuntiaikaa että henkilötuntiaikaa trukkipuskurin muodossa.

LEAN periaatteen mukaista virtauksen parannusta ja hukkien minimoimista voidaan hyödyntää tuotteissa joihin pintaviilun kääntäminen ei tuo selkeää parannusta, tässä tapauksessa sileäpintaiset betonointituotteet. Niiden tuotteiden osuus tuotannosta on ratkaisevassa asemassa. Virtausta on mahdollista tehostaa poistamalla pinkankääntäjä prosessista jos tuotespesifikaatio siihen antaa mahdollisuuden.

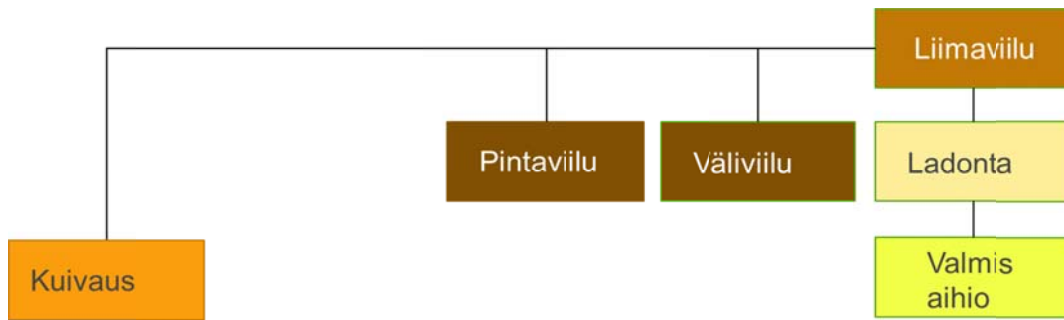
Erityisesti vähenevät turhista kuljetuksista, siirroista sekä odottamisesta johtuvat hukat. Lisäksi varastohukat vähenevät tapauksissa joissa on mahdollista poistaa käännetty viilu tuotantoprosessista ja siten sen varastointitarve.

Kuvassa 27. on kuvattu yksinkertaistettu prosessikaavio ennen materiaalivirtauksen tehostamista. Näkyvillä ovat pinkankääntäjä sekä erilliset paikat pohja ja pintaviiluille. Viilujen reitti haarautuu kuivauksen jälkeen siten että osa tavarasta kulkee pinkankääntäjän kautta.



Kuva 27. Nykyinen virtaus tuotannossa

Kuvassa 28. on tilanne jos pinkankäännöstä välivaiheena luovutaan ja materiaalivirtaa suoraviivaistetaan siten että kuivauksesta tulevat viilut saadaan ajettua suoraan ladonta-asemaan ilman pinkan käntöä. Tällöin myös erillisestä pinta/pohjaviiluerittelystä pystytään luopumaan ja ladontaprosessi on mahdollista hoitaa yhdellä sekä ylä- että alapinnan toimittavalla viilulokerolla. Tämä kuitenkin vaatii sen että ylä- ja alapinnat on mahdollista latoa identtisesti.



Kuva 28. LEAN mallin mukainen virtaus tuotannossa

Mahdollisuus pinkankääntäjän poistoon riippuu sileäpintaisten ja kuviopin- taisten levyjen osuuksista tuotannosta ja vaatii tuekseen uusia tutkimuksia tuotantomäärien suhteen. Linjan tuotannon keskittyessä vahvasti sileäpin- taiseihin tuotteisiin jolle voidaan selkeästi osoittaa käyttöpinta. on kääntäjä mahdollista poistaa prosessin välistä, jolloin syntyy säästöjä sekä inves- tointivaiheessa jolloin pinkankääntäjään ei tarvitse investoida, sekä käyttö- vaiheessa jolloin tuotantolaitokseen sidotut pääomakustannukset jäävät pienemmiksi..

Käytännössä prosessissa täytyy huomioida tarve joka tapauksessa kään- tää toinen pintaviilu, silloin kun valmistetaan pinnoiltaan identtistä tuotetta. Nykytilanteesta, jossa alapintaviilu on käännetty siten että sorvaushal- keamat asettuvat vanerin runkoa vasten ei pystytä saamaan merkittävää virtausparannusta tilanteessa jossa puolestaan yläpintaviilu joudutaan kääntämään sorvaushalkeamat pinnoitetta vasten.

## 9. Johtopäätökset

Pintaviilun laadulla on selkeä merkitys. Lattiamateriaaleissa jyräyskestävyys laski 38 % ja ei näin ollen saavuta vaadittua laatuarvoa. Sileissä pinnoitteissa, eli betonointituotteissa laatu sen sijaan parani, ollen lähes 120 % parempi kuin referenssilevyjen laatuarvo.

Betonointituotteissa erityisesti A1-testillä havaittu ripling taipumuksen vähentyminen luo kuvan koelevyjen normaalia paremmasta laadusta. Ripling on ongelmana betonointituotteissa jotka joutuvat kestävästi kosteita olosuhteita, ja asettamalla pintaviilu samoin kuin koelevyissä pystytään tätä taipumusta hillitsemään tai jopa ehkäisemään se.

Lattiamateriaaleissa on tuloksilla merkitystä tilanteissa joissa laatuerokeaman vuoksi on tarpeellista tarkistaa kyseisen tuotteen valmistustapa. Heikko jyräyskestävyys antaa selkeästi viitteitä ns. väärinpäin ladotusta pintaviilusta.

Lisäksi on huomattava mahdollisuus vaikuttaa levyjen laatuun hiomaparametreja muuttamalla. Viilu jossa sorvaushalkeamat asettuvat pinnoitetta vasten on mahdollista hioa hyvinkin ohueksi, jolloin mahdollisimman paljon tiivistä puupintaa asettuu pinnoitteen tueksi. Erityisesti betonointilevyissä tämänkaltaisen valmistustapa parantaa levyn ominaisuuksia. Pinta joka on asetettu sorvaushalkeamat levyn runkoa vasten, pitäisi hioa mahdollisimman ohueksi jotta sorvaushalkeamat eivät paljastu pinnoitteen alta. Tämä edesauttaa erityisesti lattiamateriaaleissa pinnan jyräyskestävyyden parantamista.

Tuloksista on kuitenkin huomioitava ensinnäkin koeajojen suppeus. Tuotannolliset muutokset vaativat pidemmän aikavälin seurannan, sekä lisäksi laajemman valikoiman testejä jotta varmoja johtopäätöksiä voidaan tehdä. Lisäksi on huomioitava että pintaviilun asettelua suurempi vaikutus on aina viilun ja pinnoitteen laadulla sekä prosessin virheettömyydellä. Koeajoissa

valmistetut kappaleet pystyttiin valmistamaan hyvälaatuisesta viilusta ja moderneissa tuotanto-olosuhteissa. Tämä edesauttoi luotettavien tuloksien saamista, mutta sama testin tai sen tuloksien soveltaminen heikompi-laatuiseen raaka-aineeseen tai vähemmän moderneihin olosuhteisiin vaatii uusia paikallisia koeajoja ja testejä.

Tulosten valossa suositellaan jatkotutkimuksia etenkin kuviopinnoitteisten lattiavanereiden osalta. Koeajojen perusteella voidaan todeta huomattava ero koelevyjen ja normaalilevyjen välillä, mutta selkeää johtopäätöksiä tuotantosuunnan muuttamisesta ei näin lyhytkestoisen kokeen perusteella voi kuitenkaan tehdä. Testit suositellaan toistettaviksi vuoden ajan 3 kuukauden sykleissä siten, että koekappaleita kertyy huomattavasti suurempi määrä. Erityisesti kuviopintaisten lattialevyjen koekappalemäärää on tarve kasvattaa huomattavasti.

Kokonaisuutena voidaan kuitenkin todeta pintaviilun ladonnalla ja sen sorvaushalkeamilla olevan selkeä vaikutus pinnoitettavan tuotteen ominaisuuksiin. Jatkotutkimuksilla nämä havainnot pystytään varmistamaan ja tuloksia sekä johtopäätöksiä jalostamaan ja viemään niitä tuotantoprosessiin.

Työn LEAN osuus tähtäsi prosessin suoraviivaistumiseen ja pinkankääntäjien vähentämiseen. Molemmat ovat mahdollisia jos tuotesortimentti rakennetaan siten että pintaviilun kääntöön ei tule tarvetta. Esimerkiksi kuviopintaisten lattialevyjen alapintaviillut pystytään latomaan ilman pinkan kääntämistä, sillä ne eivät ole tuotteessa funktionaalisia osia. Kuitenkin suurimmassa osassa tuotteista levyn pinnat ovat identtiset ja siten funktionaalisia, jolloin toinen pinta täytyy kääntää. Näin ollen tällaisissa tilanteissa ei ole mahdollista hakea säästöjä pienentämällä LEAN:iin kuuluvia hukkia.



## **10. Jatkosuositukset**

Suosittelavaa on jatkaa testausta säännöllisesti esimerkiksi kuukauden välein jotta pitkän aikavälin otanta saadaan huomioitua. Lisäksi suositellaan uusien testien käyttöönottoa jotta nyt testaamatta jääneet muuttajat pystytään havaitsemaan. Erityisesti suositellaan testattaviksi lattialevyjä ja havainnoimaan niiden valmistusprosessia pintaviilun näkökulmasta. Lattialevyjen pieni otanta itse työssä aiheuttaa epätarkkuutta joka saadaan suljettua pois laajentamalla otoskokoa ja lisäämällä testejä. Lisäksi vuodenajan vaikutus sorvatun viilun laatuun on myös huomioitava jotta pystytään varmistamaan johtopäätösten oikeellisuus ennen tuotantoreseptien muutosta.

## 11. Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää onko perusteltua kääntää pinnoitetun vanerituotteen pintaviilu osana valmistusprosessia. Erityisesti kiinnitettiin huomiota sorvaushalkeamien käytökseen ja niiden vaikutusta pinnoitetun tuotteen laatuun. Lisäksi arvioitiin kääntötarpeen poistumisen vaikutusta tehtaan valmistusprosessiin LEAN-filosofian kannalta. Työssä tutkittiin sekä sileitä, että kuvioituja levyjä ja koelevyt valmistettiin kesä-elokuun aikana 2012. Valmiit levyt sahattiin koepaloiksi ja testattiin laboratorioolosuhteissa Lahden tutkimuskeskuksessa.

Tulosten perusteella pintaviilun kääntämisellä on vaikutus tuotteen laatuun. Halkeamien ollessa ylöspäin sileiden tuotteiden laatu parani, johtuen ”ripling” ominaisuuden vähenemisestä. Kuvioituilla tuotteilla murtumat ylöspäin ladottu pintaviilu puolestaan laski tuotteen laatua, sillä jyräyskestävyys pieneni selkeästi. Jyräystestien luotettavuutta heikentää melko pieni koekappalemäärä.

Pinkankääntäjien poistamisen todettiin suoraviivaistavan tuotantoprosessia ja olevan näin LEAN-filosofian mukaista. Kuitenkin pinkankääntäjien tarve on arvioitava tapauskohtaisesti tehtaan tuotantosuunnitelman mukaan, eikä pelkästään tämän työn pohjalta voi tehdä oletuksia tuotantoprosessin muuttamiseksi.

Tehdyt testit suositellaan toistamaan eri vuodenaikoina ja seuranta suositellaan jatkamaan testijatkoa pidemmällä aikavälillä, jotta pystytään käyttämään pitkän aikavälin tietoa johtopäätöksiä tehtäessä.

## Lähteet

De Meijer, Mari & Thurich, Katharina & Militz, Holger. 2001. Quantitative measurements of capillary coating penetration in relation to wood and coating properties. Holz als Roh- und Werkstoff vol 59:1. P 35-45. ISBN 0018-3768.

Devallance, D.B. & Funck, J. W. &Reeb, J.E.2007. Douglas-fir plywood gluebond quality as influenced by veneer roughness, lathe checks, and annual ring characteristics. Forest product journal. Vol. 57:1-2 pp. 21-28. ISSN: 0015-7473.

Furuno, T . Imamura, Y. & Kajita H. 2004 The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls. Wood Science and Technology. Vol. 37: 5 pp.349-361, DOI: 10.1007/s00226-003-0176-6

Gardner D. J. & Elder , T.J. 1988 Surface activation treatment of wood and its effect on the gel time of phenol-formaldehyde resin. Wood and Fiber Sciences. vol. 20:3 ss. 378-385. ISSN:0735-6161

He, G & Riedl B.2004 Curing kinetics of phenol formaldehyde resin and wood-resin interactions in the presence of wood substrates. WOOD science and technology. Vol. 38:1. ss. 69-81. DOI: 10.1007/s0026-003-0221-5. ISSN: 0043-7719

IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. Täydentäneet A. D. McNaught. A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). ISBN 0-9678550-9-8.

Järvelä P. K. Tervala O. Järvelä P. A Coating plywood with a thermoplastic. International Journal of Adhesion & Adhesives vol.19:4 pp. 296-301 DOI: 10.1016/S0143-7496(98)00075-X

Kamke, Frederick A. & Lee, Jong N. 2007. Adhesive penetration in wood – a review. Wood and Fiber Science. Vol 39:2. Pp. 205-220.

Koponen H. 2002 Puulevytuotanto. Edita Oy. Helsinki 201s. ISBN: 952-13-1450-8

Korpijaakko S. 1999 Koivuviilun lujuuteen vaikuttavat tekijät erityisesti raskaan kuljetusvälineiteollisuuden lattiavanerin valmistuksen kannalta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto Espoo 112s.

Koskelo T. 1997. Puuviilutuotteiden lujuus ja kosteusteknisten ominaisuuksien kannalta merkittävät halkeamat ja solurakennemutokset. Lisen-siaattityö Teknillinen Korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto. Espoo 122+28s.

Kärkkäinen, M. 2003 Puutieteen perusteet. Metsälehti kustannus. Hämeenlinna 451s. ISBN: 952-5118-51-7

Liker J.K. 2010 Toyotan tapaan. WS Bookwell Oy. Jyväskylä 320s. ISBN: 978-952-220-226-0

Logren J. 2011. The Effect of peeling check depth on bond quality in Birch plywood . Master's Thesis. Teknillinen Korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto. Espoo s. 77

Oksanen , O. & Hukka, A. Viilun kuuivauksen laadun parantaminen, väli-raportti. TKK Puutekniikka 1997/II 5+3s.

Opetushallitus [online]. 2004 [viitattu 12.11.2012], Puutuoteteollisuus - Vanerin käyttö Saatavilla:

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puulevytuotanto/index\\_vanerin\\_kaytto.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/ensijalostus/puulevytuotanto/index_vanerin_kaytto.html)

Palubicki, B. & Marchal, R. & Butaud, J-C. & Denaud, L-E. & Bléron, L & Collet, R &Kowaluk, G. 2010. A Method of Lathe Check Measurement; SMOF device and it software. European Journal of Wood and Wood Products. Vol 68:2 ss. 151-159. DOI10.1007/s00107-009-0360-y. ISSN: 0018-3768

Relander P.G. 2003 Haudonta ja sorvausolosuhteiden vaikutus koivuviilun ominaisuuksiin. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto Espoo 103s.

Rijckaert, V. & Stevens, M. & Van Acker, J. & de Meijer, M. & Militz, H. 2001. Quantitative assessment of the penetration of water-borne and solvent-borne wood coatings in Scots pine sapwood. Holz als Roh- und Werkstoff vol 59:4. P 278-287.

Söyriälä P. 1981. Raaka-aineen sekä sorvaus- ja liimausolosuhteiden vaikutus koivuvanerin lujuusominaisuuksiin. Espoo: VTT Offsetpaino. 59s. (VTT, tutkimuksia 17/1981)

Tenhunen J. 2003.Effects of drying parameters on the properties of birch veneer and plywood. Master's Thesis. Teknillinen Korkeakoulu. Puunjalostustekniikan osasto. Espoo p.58

Tomppo, L. & Tiitta, M. &Lappalainen, R 2009 Ultrasound evaluation of lathe check depth in birch veneer, European journal of Wood and Wood products. Vol.67:1 pp. 27-35. DOI: 10.1007/s00107-008-0276-y. ISSN:0018-3768

UPM-Kymmene oyj. WISA-vanerit[online] 2012 [viitattu 12.11.2012] Vaneerin käyttö. Saatavilla: <http://www.wisaplywood.com/fi/vaneri-ja-viilu/vaneri/vanerin-ominaisuudet/Pages/default.aspx>

Veistinen , J. & Pennala, E. 1997 Finnforestin vanerikäsikirja. Finnforest Oy. Lahti. 195s. ISBN:951-97765-0-8.

## **Liitteet**

## COBB-Testi

Pinnan vedenläpäisyn mittaaminen

Sovellettava standardi SFS-EN 20535

Testattavat kappaleet:

Sahataan 3 kpl 145 x145 mm näytteitä.

Näytteitä ilmastoidaan ennen testiä 7 vrk. ilmastointihoneessa.

Testauslaitteisto

- COBB- laite halkaisija 113mm
- Vaaka
- 1 tai 2l muovipussi

Testin suoritus

1. Ilmastoinnin jälkeen kappaleet punnitaan 10 mg:n tarkkuudella
2. Näytepalat asetetaan muovipusseihin jiossa COBB-renkaan kokoinen reikä
3. COBB-laitteen sylinteri asetetaan tiiviisti näytten pintaan
4. Sylinteriin kaadetaan tislattua vettä lähelle ristikon alapintaa
5. annetaan imeytyä 7 vrk.
6. Ennen loppupunnitusta kuivataan huolellisesti ylimääräisestä vedestä

Veden läpäisevyys ( $\text{g/m}^2$ )  $= (\text{loppupaino} - \text{alkupaino}) / 0,0100\text{m}^2$



## A1-Testi

Näytteen olosuhdekeston mittaaminen

10X48h sykli =480h

Testattavat kappaleet

125 X 125 mm. näytekappaleet.

Testauslaitteisto

- Vesiallas
- Pakastin
- testausuuni

Testin suoritus

1. Kappaleet upotetaan vesialtaaseen jossa veden lämpötila 20 °C ja annetaan liota 8h
2. Kappaleet siirretään pakastimeen jossa lämpötila -16 °C ja niitä pakastetaan 16h
3. Kappaleet siirretään lämpökaappiin jossa niitä lämmitetään 70 °C 24h
4. Tämän jälkeen sykli aloitetaan alusta.

Jokaisen syklin jälkeen kappaleet tarkastetaan, ja niistä kirjataan ylös selkeät muutokset pinnanlaadussa tai muissa ominaisuuksissa.

## Jyräystesti

Testissä testataan lattialevyn ja lattiapinnoitteen kestoja kuormavaunun nivelpyörällä. Tarkasteltavia ilmiöitä ovat pinnoitteen kulumisen ja vaurioituminen, pinnoitteen ja vanerin välinen tartunta, vanerin pinnan ja viilukerosten vaurioituminen sekä ulkonäön muutokset

Standardi: SFS 3939

Laitteisto on standardin mukainen seuraavin poikkeuksia,:

Kuorma on 300kg (=3000N)

Alustana käytetään metallilevyä ja pyöränä metallipyörää

Jyräyspyörän

- halkaisija on 110mm.
- leveys 50mm.
- akselien ero on 40mm.

Jyräysliikkeet, jotka ovat kohtisuorassa toisiinsa nähden:

- pidempi liikematka n.390mm. nopeus n.7 ½ sykliä/min.
- Lyhempi liikematka n.260mm. nopeus n. 2 sykliä/min.

Testin suoritus:

Koekappale asetetaan siten että pintaviilun syysuunta on pidemmän jyräysliikkeen suuntainen

Pyörä lasketaan varovasti laitteen pinnalle

Sykleille asetetaan tarkasteluväli esimerkiksi 200 sykliä.

Kappale tarkastetaan jokaisen tarkasteluvälin jälkeen.

Testi lopetetaan kun koekappaleen pinta alkaa kupruilla tai hajoaa muulla tavoin.

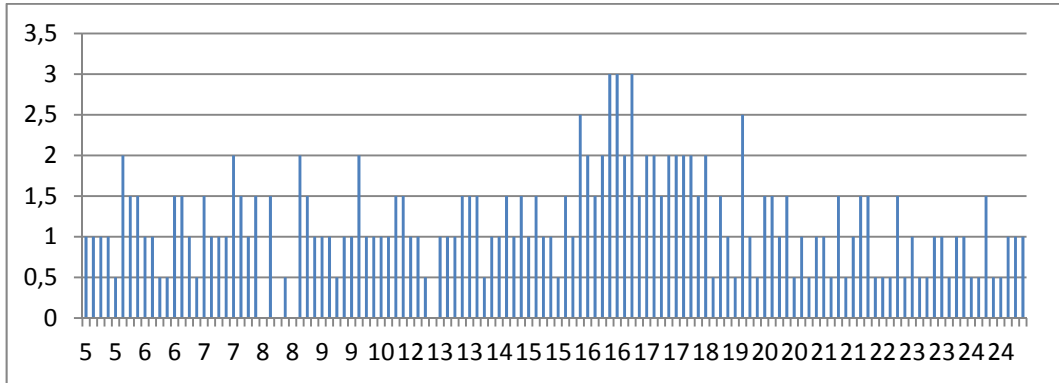
## LIITE 4.

Taulukko tukin lämpötilasta sorvilla koeajojen aikana.

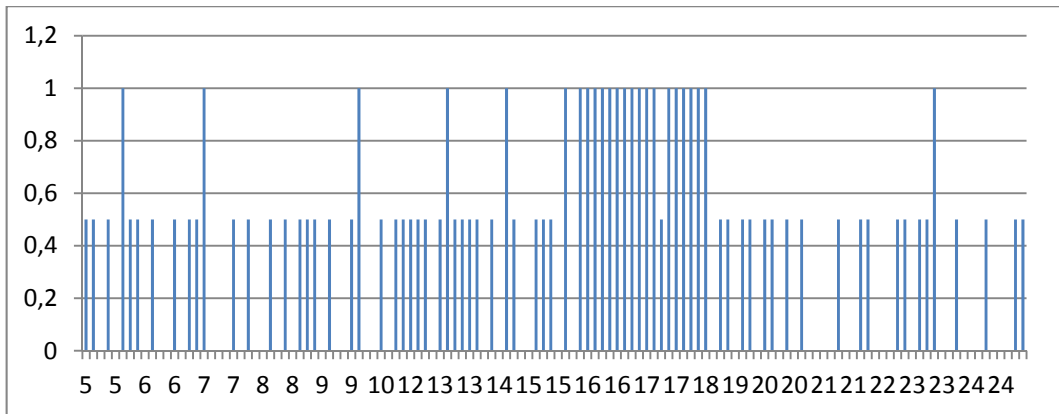
Haudontalämmöt	Lämpötila °C
17.kesä	43,2
18.kesä	41
19.kesä	42,4
20.kesä	41
21.kesä	41
22.kesä	39,8
23.kesä	40
24.kesä	42,1
25.kesä	40,1
26.kesä	40,9
27.kesä	41,3
28.kesä	40,3
29.kesä	39,6
30.kesä	41,2
01.heinä	41,1
02.heinä	40,6
03.heinä	40,2
04.heinä	40,8
05.heinä	40,7
06.heinä	41,1
07.heinä	39,9
08.heinä	40,5
09.heinä	41,2
10.heinä	40,6
11.heinä	39,7
12.heinä	39,5
13.heinä	40,3
14.heinä	41,5
15.heinä	40,7
16.heinä	39,8
Keskiarvo	40,73666667

LIITE 5.

Kuvaajat A1-testin kokonaistuloksista sekä kuvaaja A1 testin Ripling arvoista.



Kuvaaja: A1 testin kokonaisarvot



Kuvaaja: A1-testin ripling tulokset.

## LIITE 6.

Taulukko COBB-testin tuloksista

	Levy	kpl	alkumassa g	loppumassa g	massan muutos g	Läpäisevyys g/m <sup>2</sup>	huom.
Normaali	16	4	278,32	279,08	0,76	76	
Normaali	16	9	279,53	280,07	0,54	54	
Normaali	16	10	277,76	278,5	0,74	74	
Normaali	17	6	268,7	269,46	0,76	76	
Normaali	17	10	271,6	272,85	1,25	125	
Normaali	17	4	270,14	271,73	1,59	159	
Normaali	17	5	273,13	273,95	0,82	82	
Normaali	18	3	272,31	273,01	0,7	70	
Normaali	18	7	273,84	274,81	0,97	97	
Normaali	18	5	273,63	274,5	0,87	87	
Normaali	18	6	276,82	278,14	1,32	132	
Koe	19	3	261,31	262,71	1,4	140	
Koe	19	4	262,21	263,77	1,56	156	
Koe	19	6	261,6	262,5	0,9	90	
Koe	19	9	263,28	264,28	1	100	
Koe	20	10	257,58	258,61	1,03	103	
Koe	20	1	257,61	258,68	1,07	107	
Koe	20	5	257,07	258,09	1,02	102	
Koe	20	6	253,64	254,21	0,57	57	
Koe	20	7	253,96	254,8	0,84	84	
Koe	21	7	257,83	258,65	0,82	82	
Koe	21	3	257,57	258,3	0,73	73	
Koe	21	4	258,48	259,09	0,61	61	
Koe	22	5	264,24	265,07	0,83	83	
Koe	22	10	258,38	259,04	0,66	66	
Koe	22	8	264,71	265,32	0,61	61	
Koe	22	9	258,99	259,63	0,64	64	
Koe	23	9	267,15	268,22	1,07	107	
Koe	23	6	266,37	267,24	0,87	87	
Koe	23	8	266,22	267,17	0,95	95	
Koe	23	3	263,03	263,79	0,76	76	
Koe	24	10	269,52	270,26	0,74	74	
Koe	24	5	270,95	271,51	0,56	56	
Koe	24	8	269,94	270,53	0,59	59	
Koe	24	9	271,28	271,93	0,65	65	
Koe	25	2	270,07	271,73	1,66	166	
Koe	25	9	266,43	268,41	1,98	198	naarmuja
Koe	25	10	273,95	275,09	1,14	114	
Koe	25	8	271,93	272,65	0,72	72	
Koe	25	7	267,94	268,62	0,68	68	

## LIITE 7.

## Jyräystestin tulokset

	Levy	kpl	laite	kierrokset	KA
Koe	<b>26</b>	5	2	<b>650</b>	<b>752,5</b>
Koe	<b>26</b>	6	4	<b>575</b>	
Koe	<b>26</b>	3	3	<b>1300</b>	
Koe	<b>26</b>	4	4	<b>680</b>	
Koe	<b>26</b>	1	2	<b>680</b>	
Koe	<b>26</b>	2	2	<b>630</b>	
Koe	<b>27</b>	6	4	<b>750</b>	<b>1156</b>
Koe	<b>27</b>	3	4	<b>900</b>	
Koe	<b>27</b>	4	4	<b>1080</b>	
Koe	<b>27</b>	2	2	<b>1150</b>	
Koe	<b>27</b>	1	3	<b>1900</b>	
Koe	<b>28</b>	5	4	<b>620</b>	<b>1033,3333</b>
Koe	<b>28</b>	6	3	<b>1200</b>	
Koe	<b>28</b>	9	2	<b>750</b>	
Koe	<b>28</b>	2	4	<b>880</b>	
Koe	<b>28</b>	3	3	<b>1750</b>	
Koe	<b>28</b>	1	2	<b>1000</b>	
Koe	<b>29</b>	6	2	<b>803</b>	<b>966,6</b>
Koe	<b>29</b>	5	4	<b>1000</b>	
Koe	<b>29</b>	4	4	<b>1000</b>	
Koe	<b>29</b>	2	4	<b>860</b>	
Koe	<b>29</b>	3	2	<b>1170</b>	
Normaali	<b>30</b>	5	4	<b>1000</b>	<b>1583,3333</b>
Normaali	<b>30</b>	6	3	<b>2300</b>	
Normaali	<b>30</b>	3	2	<b>1700</b>	
Normaali	<b>30</b>	4	2	<b>1750</b>	
Normaali	<b>30</b>	2	4	<b>1550</b>	
Normaali	<b>30</b>	1	4	<b>1200</b>	
Standardi	<b>31</b>			<b>1750</b>	<b>1750</b>

## LIITE 8.

## Koelevyjen valmistusajat.

levy	pvm.	aika	tyyppi
1	27.kesä		sileä
2	27.kesä		sileä
3	27.kesä		sileä
4	27.kesä		sileä
5	03.heinä		sileä
6	03.heinä		sileä
7	03.heinä		sileä
8	03.heinä		sileä
9	03.heinä		sileä
10	03.heinä		sileä
11	04.heinä		sileä
12	04.heinä		sileä
13	04.heinä		sileä
14	04.heinä		sileä
15	04.heinä		sileä
16	04.heinä		sileä
17	04.heinä		sileä
18	11.heinä		sileä
19	11.heinä		sileä
20	11.heinä		sileä
21	13.heinä		sileä
22	13.heinä		sileä
23	13.heinä		sileä
24	13.heinä		sileä
25	16.elo		kuvio
26	16.elo		kuvio
27	16.elo		kuvio
28	16.elo		kuvio
29	16.elo		kuvio
30	16.elo		kuvio

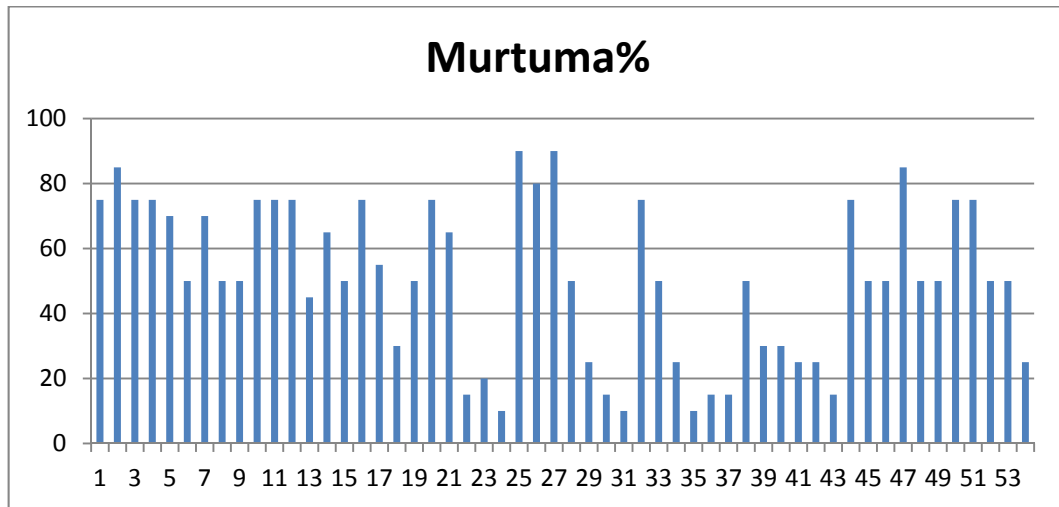
## LIITE 9.

Taulukko Sorvaushalkeamien hajonnasta tutkitussa viiluissa

	Oikea	Keski	Vasen
Viilu	Syvyys %	Syvyys %	Syvyys %
1	50	50	50
2	75	50	66
3	55	38	83
4	40	43	63
5	40	44	50
6	81	55	76
7	75	25	33
8	42	45	33
9	40	38	33
10	50	38	83
11	67	35	87
12	66	50	56
13	48	38	55
14	70	38	43
15	50	20	23
16	52	42	23
17	65	57	68
18	45	57	70
19	70	43	43
20	55	40	65
21	30	32	54
22	70	50	33
23	43	42	24
24	30	46	34
25	23	39	66
26	55	35	54
27	34	38	55
28	56	41	37
29	23	56	65
30	21	22	55
31	22	39	47
32	53	22	28
33	34	23	36
34	70	23	42
35	42	24	60
Keskiarvo	49,771429	39,371429	51,228571
Vaihteluväli	16,807011	10,566556	17,850829



## Sorvaushalkeamien syvyydet



Halkeama % mitatuissa viiluissa

## LIITE 11.

## Viilun häviämä hionnassa

Kappale	Paksuus ennen hiontaa mm.	Paksuus hionnan jälkeen mm.	Häviämä mm.	%	Pyöristys %
1	1,49	0,9	0,59	0,4	40
2	1,47	1,2	0,27	0,18	18
3	1,48	1,2	0,28	0,19	19
4	1,5	1	0,5	0,33	33
5	1,51	1	0,51	0,34	34
6	1,45	0,93	0,52	0,36	36
7	1,42	0,9	0,52	0,37	37
8	1,49	0,9	0,59	0,4	40
9	1,52	1,2	0,32	0,21	21
10	1,43	1,4	0,03	0,02	2
11	1,45	1,3	0,15	0,1	10
12	1,45	1	0,45	0,31	31
13	1,47	1,1	0,37	0,25	25
14	1,46	1	0,46	0,32	32
15	1,5	1,1	0,4	0,27	27
16	1,49	1,2	0,29	0,19	19
17	1,48	1	0,48	0,32	32
18	1,47	0,9	0,57	0,39	39
19	1,45	1,3	0,15	0,1	10
20	1,46	1,1	0,36	0,25	25
21	1,9	1,2	0,7	0,37	37
22	1,5	1,2	0,3	0,2	20
23	1,5	1	0,5	0,33	33
24	1,5	1,2	0,3	0,2	20
25	1,47	1,1	0,37	0,25	25
26	1,48	0,9	0,58	0,39	39
27	1,49	1	0,49	0,33	33
28	1,48	0,9	0,58	0,39	39
29	1,5	1,2	0,3	0,2	20
30	1,47	1,2	0,27	0,18	18
<b>keskiarvo</b>	<b>1,49</b>	<b>1,08</b>	<b>0,41</b>	<b>0,27</b>	<b>27,15</b>
<b>Keskihajonta</b>	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>0,16</b>	<b>0,10</b>	<b>9,98</b>