

# **Havuvanerin pintakäsittelylinjan tehokkuuden parantaminen**

Matti Hämäläinen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma

Kunnossapito

Tekijä(t) Hämäläinen, Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä Marraskuu 2018
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Havuvanerin pintakäsittelylinjan tehokkuuden parantaminen</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, Petri Luosma		
Toimeksiantaja(t) Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat, joka valmistaa sekä koivu- että havuvanereita. Pintakäsiteltyjä havuvanereita käytetään yhä enemmän rakennusteollisuudessa, ja tämä kysynnän kasvu edellytti havuvanerin pintakäsittelylinjan tehokkuuden parantamista.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää, kuinka havuvanerin pintakäsittelylinjan tehokkuutta voidaan parantaa. Työ rajattiin koskemaan pelkästään pintakäsittelylinjan toimintaa, eikä muita tuotannollisia viivästyksiä käsitelty. Pintakäsiteltyjä havuvanereita on tuotettava enemmän, joten pintakäsittelylinjan häiriöt ja hukka-aika oli minimoitava. Tavoitteena oli löytää pintakäsittelylinjalta sen keskeiset ongelmakohdat, jotka aiheuttivat turhia pysähdyksiä, ja laatia näille toteutuskelpoiset kehitysehdotukset.</p> <p>Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin perehtymällä pintakäsittelylinjan toimintaan havainnoinnin, haastattelujen sekä saatavilla olevien dokumenttien avulla. Pintakäsittelylinjan nykytilan kartoitus toteutettiin osallistumalla tuotannon toimiin operaattorien mukana. Operaattoreita haastateltiin kasvokkain avoimessa haastattelutilanteessa ja näin pystyttiin täydentämään havainnointia. Pintakäsittelylinjan seisokkien syitä oli varsin vajavasti dokumentoitu, joten nämä tiedot olivat hyvin marginaalisia.</p> <p>Pintakäsittelylinjan keskeisiin ongelmiin puututtiin ja tuloksena jokaiselle löydetylle ongelmakohteelle laadittiin kehitysehdotukset. Näistä kohteista otettiin valokuvat havainnollistamaan ongelman sijaintia sekä selventämään ehdotusten kohdetta. Tuloksena saatuja kehitysehdotuksia voidaan pitää toteutuskelpoisina kyseisellä linjalla. Tulosten todellinen hyöty paljastuu kuitenkin vasta, kun kehityskohteisiin tehdään tarvittavat muutokset ja näiden toteuttaminen vaatii myös jatkokehittämistä.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> )		
Vaneri, vanerin pintakäsittely, tuotannon tehokkuus		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Hämäläinen, Matti	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 43	Permission for web publication: x
Title of publication Improving the efficiency of a spruce plywood surface treatment line		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Kivistö Hannu, Luosma Petri		
Assigned by Metsä Wood Suolahti plywood mills		
Abstract  <p>The thesis was assigned by Metsä Wood Suolahti plywood mills which produces both birch and spruce plywood. Surface treated spruce plywood is increasingly used in the construction industry and this increase in demand required the improving the efficiency of the spruce plywood surface treatment line.</p> <p>The purpose of the thesis was to determine how to improve the efficiency of the spruce plywood surface treatment line. The work was done solely on the surface treatment line and no other production delays were processed. More surface treated spruce plywood needs to be produced so the waste time of the surface treatment line needed to be minimized. The purpose was to find the main problem areas in the surface treatment line that caused unnecessary pauses and to create development proposals to implement.</p> <p>The thesis started by observing the surface treatment line, conducting interviews and studying available documentation. The present state of the surface treatment line was investigated by participating in the production operations with the operators. The operators were interviewed face-to-face to complete the observation. The reasons for the downtime on the surface treatment line were quite poorly documented so the data was very marginal.</p> <p>The problem areas found on the surface treatment line were investigated and the results were the development proposals for the problem areas. Photos were taken to illustrate the location of the problem points and to clarify the objects of the development proposals. The resulting development proposals can be implemented on the surface treatment line. However, the real benefits of the results are revealed only when the necessary changes are made to the problem areas and the implementation also requires further development.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Plywood, plywood surface treatment, production efficiency		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Työn taustat ja tavoitteet .....	4
1.2	Tutkimusmenetelmät .....	4
1.3	Metsä Group.....	5
1.4	Metsä Wood .....	6
<b>2</b>	<b>Havuvanerin valmistus .....</b>	<b>7</b>
2.1	Tukkien lajittelu, kuorinta ja katkaisu .....	7
2.2	Tukkien haudonta.....	8
2.3	Sorvaus ja leikkaus.....	8
2.4	Kuivaus ja lajittelu .....	9
2.5	Saumaus .....	10
2.6	Ladonta.....	10
2.7	Esi- ja kuumapuristus .....	10
2.8	Viimeistely ja pakkaus .....	11
<b>3</b>	<b>Tuotantolinjan tehokkuus.....</b>	<b>12</b>
3.1	Tuotanto .....	12
3.1.1	Linjajärjestelmä ja layout.....	12
3.1.2	Sarjatuotanto .....	14
3.2	Tehokkuus ja tuottavuus .....	14
3.3	Laadunhallinta .....	15
<b>4</b>	<b>Lean-toimintamalli .....</b>	<b>16</b>
4.1	Hukka .....	16
4.2	Työturvallisuus ja ergonomia .....	18
4.3	Työn vakiinnuttaminen.....	18
4.4	Tuotannon virtaus .....	19

	2
4.5 Laadunvarmistus .....	19
4.6 5S .....	20
<b>5 Pintakäsittelylinja ja pintakäsiteltävät tuotteet.....</b>	<b>21</b>
<b>6 Nykytilan kartoitus ja kehitysehdotukset .....</b>	<b>22</b>
6.1 Vanerilevyjen syöttö.....	23
6.2 Pintakäsittelykone .....	27
6.3 Vanerilevyjen purku .....	30
<b>7 Pohdinta.....</b>	<b>33</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>35</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>37</b>
Liite 1. Havuvanerin pintakäsittelylinjan kehitysehdotukset .....	37

**Kuviot**

Kuvio 1. Metsä Group organisaatio (Metsä Group n.d.).....	6
Kuvio 2. Havuvanerin valmistuksen prosessikaavio.....	7
Kuvio 3. Syöttörullasto ja hissi .....	24
Kuvio 4. Likaantunut kirjoitin .....	25
Kuvio 5. Vanerilevyn oikaisu.....	26
Kuvio 6. Rullaston havainnekuva .....	27
Kuvio 7. Säästöventtiilit .....	28
Kuvio 8. Pinnankorkeuden mittaus .....	29
Kuvio 9. Risteysasema .....	30
Kuvio 10. Risteysasema ja purkuhissi.....	32

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehtiin Metsä Wood Suolahden vaneritehtaille, jossa työskentelin vuoden 2017 alkupuolelta vuoden 2018 alkuun. Aihe-ehdotus työhön tuli havuvaneritehtaan tuotantoinsinööriltä. Työ sovittiin tehtäväksi havuvanerin pintakäsittelylinjalla, jossa olen satunnaisesti työskennellyt. Tämä antoi opinnäytetyön teolle hyvän pohjustuksen. Ennalta tuttu työpiste sekä tutut operaattorit helpottivat ongelmakohtien löytämistä linjalta.

Pintakäsitteltyjen havuvanereiden kysyntä on kasvussa ja pintakäsittelylinjan toiminnassa on parantamisen varaa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten havuvanerin pintakäsittelylinjan tehokkuutta voidaan parantaa häiriöitä sekä hukkaa poistamalla ja laatia toteutuskelpoiset kehitysehdotukset. Linjan toiminnassa on turhia toistuvia pysäytyksiä ja linja on saatava toimimaan tehokkaammin jokapäiväisessä tuotannossa.

Työ rajattiin pelkästään pintakäsittelylinjan toimintaan, eikä muita tuotannollisia viivästyksiä käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Parannuskohteista laadittiin kehitysehdotukset toimeksiantajalle jatkokäsittelyä varten. Käytännön toteutusta linjan kehityskohteille ei tässä opinnäytetyössä tehty.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

Jokaisen tutkimuksen taustalla on aina jokin ongelma. Jotta ongelma voidaan ratkaista, täytyy ongelman syyt sekä konteksti selvittää. Kehittämistutkimuksessa pyritään käytännössä poistamaan ongelma tai parantamaan kohteen oloa jossain muodossa. (Kananen, J. 2015, 11.)

Opinnäytetyön toteutuksessa käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää eli laadullista tutkimustapaa.

Kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on pyrkiä ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä. Laadullisessa tutkimuksessa tutkija kerää tietoa ilmiöstä keskustelemalla ja kyselemällä ja tätä kautta tutkittava ilmiö alkaa hahmottua. Saatujen vastausten perusteella tehdään uusia kysymyksiä, jolloin kokonaiskuva ilmiöstä hahmottuu tutkijalle. Laadullisessa tutkimuksessa tuloksiin pyritään ilman määrällisiä keinoja ja tutkimuksen tulokset syntyvät sanoina ja lauseina eikä lukuina ja muina tilastoina. Laadullisessa tutkimuksessa ei ole määrällisen tutkimuksen kaltaisia tarkkoja menettelyohjeita eikä tarkkoja tulkintasääntöjä tuloksille vaan laadullisessa tutkimuksessa pyritään ilmiön syvälliseen ymmärtämiseen. (Mts. 34–35.)

Kvalitatiivisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiin kuuluvat haastattelut, havainnointi sekä dokumentit. Nämä voidaan jakaa primääriaineistoon, joka sisällyttää havainnot, haastattelut ja kyselyt sekä sekundääriaineistoon, johon kuuluvat olemassa olevat dokumentit. (Mts. 76.)

Opinnäytetyön aineistonkeruuseen käytettiin osallistuvaa havainnointia, sillä tällöin linjan ongelmakohdat oli mahdollista löytää linjan tehdessä tuotantoa sekä valokuvaaminen ja operaattorien haastattelut olivat mahdollista suorittaa tuotantolinjalla. Operaattorien haastattelut suoritettiin avoimena haastatteluna, koska tuotantolinjan seuraamisen ohessa avoin haastattelu onnistui parhaiten.

Tuotantolinjalla on käytössä tuotannoseurantajärjestelmä, mutta operaattorien väläisen seisokkisyyden kirjaamisen perusteella näistä dokumenteista ei saatu kattavaa kuvaa linjan ongelmakohdista.

### 1.3 Metsä Group

Metsä Group on yksi Suomen suurimpia metsäteollisuuden yhtiöitä. Se koostuu viidestä liiketoiminta-alueesta. Metsä Board keskittyy kartonkiin, Metsä Fibre sellu- ja sahateollisuuteen, Metsä Tissue pehmo- ja ruoanlattopapereihin, Metsä Forest puunhankintaan ja metsäpalveluihin sekä Metsä Wood puutuotteisiin. (Ks. Kuvio 1.) Metsä Groupilla on toimintaa kolmessakymmenessä maassa. Sen liikevaihto oli noin 5 miljardia euroa vuonna 2017 ja henkilöstöä on noin 9100. Metsä Groupin emoyhtiönä



toimii Metsäliitto Osuuskunta, jonka omistaa noin 104 000 suomalaista metsänomistajaa. (Metsä Group n.d.)

METSÄ GROUP				
		LIKEVAIHTO 5,0 MRD. EUROA		HENKILÖSTÖÄ 9 100
METSÄ FOREST PUUNHANKINTA JA METSÄPALVELUT	METSÄ WOOD PUUTUOTTEET	METSÄ FIBRE SELLU- JA SAHATEOLLISUUS	METSÄ BOARD KARTONKI	METSÄ TISSUE PEHMO- JA RUOANLAIITTOPAPERIT
LIKEVAIHTO 1,6 MRD. EUROA	LIKEVAIHTO 0,5 MRD. EUROA	LIKEVAIHTO 1,9 MRD. EUROA	LIKEVAIHTO 1,8 MRD. EUROA	LIKEVAIHTO 1,0 MRD. EUROA
HENKILÖSTÖ 800	HENKILÖSTÖ 1 400	HENKILÖSTÖ 1 200	HENKILÖSTÖ 2 400	HENKILÖSTÖ 2 800
METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 50.1%, METSÄ BOARD 24.9%, ITOCHU CORPORATION 25.0%	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 42.53% (OSUUS ÄÄNIMÄÄRÄSTÄ 62.15%)	METSÄLIITTO OSUUSKUNTA OMISTAA 100%
METSÄLIITTO OSUUSKUNTA		KONSERNIN EMOYRITYS	OMISTAJINA 104 000 SUOMALAISTA METSÄNOMISTAJAA	

Kuvio 1. Metsä Group organisaatio (Metsä Group n.d.)

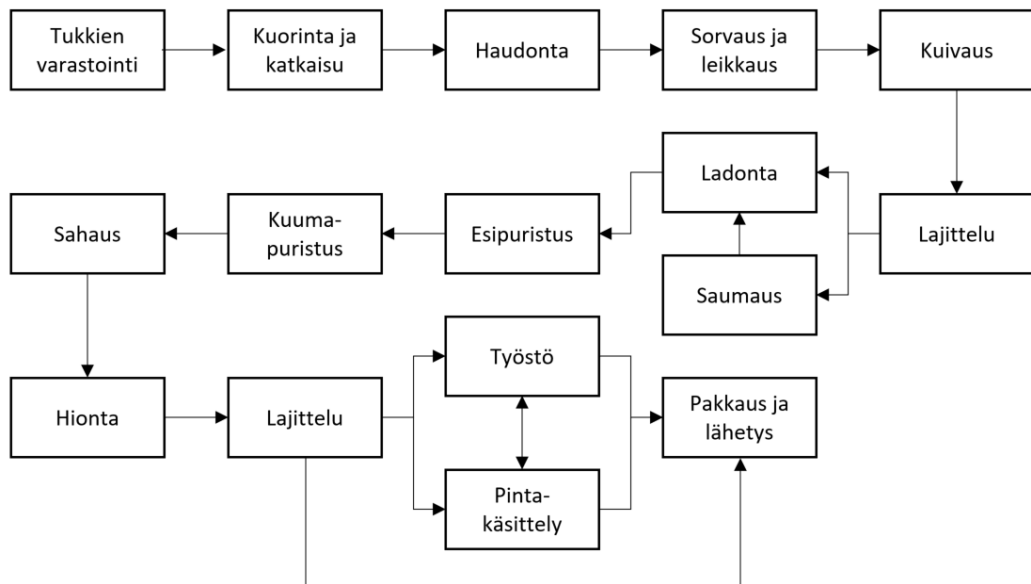
## 1.4 Metsä Wood

Metsä Wood on Metsä Group konsernin osa, joka keskittyy puutuotteisiin. Metsä Wood tuottaa puutuotteita rakennus-, teollisuus- ja jakeluasiakkaiden tarpeisiin. Metsä Woodin tärkeimpiä tuotteita ovat vanerit sekä Kerto LVL -tuotteet. Metsä Woodin liikevaihto oli 0,5 miljardia euroa vuonna 2017 ja henkilöstöä on noin 1400. (Metsä Wood lyhyesti n.d.)

Suolahden tehdas on perustettu vuonna 1920 ja se toimi alun perin sahana. Suolahden tehtaat tunnettiin Suolahden Finnforestin vaneritehtaina vuoteen 2012 asti. Tehtasalueella sijaitsee kolme tehdasta; havuvaneritehdas, koivuvaneritehdas sekä jalostetehdas. Havuvaneritehtaan vuosituotanto on noin 150 000 m<sup>3</sup> havuvaneria ja koivuvaneritehtaan vuosituotanto noin 55 000 m<sup>3</sup> koivuvaneria. Jalostetehtaalla jatkojalostetaan vanereita. Suolahden vaneritehtaat työllistävät noin 460 henkilöä. (Suolahden vaneritehtaiden esitysmateriaali 2017.)

## 2 Havuvanerin valmistus

Havuvanerin valmistus tapahtuu prosessinomaisina vaiheina puusta sorvaamalla viiluksi ja siitä edelleen vaneriksi. Vanerin valmistuksen eri vaiheissa pyritään käyttämään puuraaka-aine mahdollisimman tehokkaasti. Vanerin tuotantoprosessissa on monta eri vaihetta (Ks. kuvio 2.), mutta nykyään tuotanto on automatisoitu pitkälle. Operaattoreiden tehtävänä on valvoa ja varmistaa koneiden ja laitteiden sujuva käynti. (Puulevyteollisuus 2017, 47.)



Kuvio 2. Havuvanerin valmistuksen prosessikaavio

### 2.1 Tukkien lajittelu, kuorinta ja katkaisu

Puuraaka-aine saapuu tehtaallesi pääsääntöisesti autolla tai junalla. Tukkikuormat puretaan liikkuvilla nostureilla, kurottajilla tai pyöräkuormaajilla varastoitavaksi tai tukkilajittelulinjalle. Tukit lajitellaan tukkimittarilla laadun, pituuden sekä halkaisijan mukaan omiin laatuluokkiinsa. (Puulevyteollisuus 2017, 48–49.)

Lajittelun jälkeen tukit menevät kuorittavaksi. Kuorinnassa tukit pyritään kuorimaan mahdollisimman puhtaaksi aina jälsikerrokseen saakka. Tukkien pintaan ei saa jäädä

kuorta ollenkaan, mutta puun pinta ei saa kuitenkaan vahingoittua kuorimakoneessa. Pintaan jääneet jäljet pilaavat puun pinnasta saatavat arvokkaimmat pintaviilulaadut. Tukkien kuorinta tuotannon alkuvaiheessa on tärkeää myös sivutuotteiden kannalta. Prosessissa tuleva puhdas puujäte menee haketettavaksi sellun raaka-aineeksi, eikä selluhakkeessa sallita kuorta. (Mts. 52.)

Tukkien katkonta sorvipöilleiksi tapahtuu automaattisesti toimivilla ketjusahoilla tai heilurisahoilla kuorinnan jälkeen. Suomalaisilla vaneritehtailla yleisimpiä pöllipituuksia ovat 130 cm, 160 cm sekä 260 cm. Havuvaneritehtaille tulevat tukit on useimmiten katkottu jo metsässä sellaiseen mittaan, että pelkkä tukin kahtia katkaisu riittää. (Mts. 54.)

## 2.2 Tukkien haudonta

Haudonnan tarkoituksena on pehmentää puuainesta sen sisälämpötilaa nostamalla, jotta puut leikkautuvat sorvilla paremmin ja viilun laatu pysyy parempana. Tukkeja haudotaan lämpimässä vedessä, jolloin lämpö ja kosteus lisäävät puun elastisuutta. Haudotusta puusta sorvattu viilu on sileämpi pintaista sekä poikittaisvetolujuudeltaan kestävämpää. Yleisin Suomessa käytettävä hautomomenetelmä on lämminvesihautomoallas. Hautomoaltaan lämpötila havutukkeja haudottaessa on 40 - 55 °C ja haudontaaika noin vuorokauden. Tukit kulkevat katetun hautomorakennuksen altaan läpi, jonka jälkeen ne nostetaan nostimella sorville. (Puulevyteollisuus 2017, 49–50.)

## 2.3 Sorvaus ja leikkaus

Sorvi on vanerin valmistuksen yksi tärkeimpiä koneita. Sorvauksessa keskeisin toiminto on pyörittää pölliä karojen välissä samalla, kun pöllin keskiötä kohti painetaan teräpenkissä olevaa leikkaavaa terää sekä vastaterää. Sorvattavan pöllin keskitys on tärkeä tekijä raaka-aineen käytön sekä viilun laadun optimoinnissa. Keskitys tapahtuu XY-keskittäjällä ennen sorvausta siten, että pölli on edullisimmassa asennossa sorvin

karoille mennessä. Pöllin pinnasta saatu puuaines on parempilaatuista kuin sydänpuu, joten pintaviilua tulee saada mahdollisimman paljon talteen. (Puulevyteollisuus 2017, 55–59.)

Sorvilta tuleva viilumatto kulkeutuu leikkurille varastokuljettimia pitkin. Viilumatto kuvataan konenäön avulla analysoiden viilumatossa olevat yksityiskohdat ja samassa järjestelmässä oleva kosteusmittari mittaa viilumaton kosteuden. Näiden tietojen perusteella järjestelmä optimoi viiluarkkien leikkauskohdat ja ohjaa siten leikkurin toimintaa sekä viilujen pinkkausta laatuluokkiin. (Mts. 60–61.)

## 2.4 Kuivaus ja lajittelu

Viilun kuivaamisen tavoitteena on saada viilut liimaukseen sopivaan kosteusarvoon. Viilun liian suuri kosteus vaikeuttaa liimausta sekä aiheuttaa vesihöyryn muodostusta kuumapuristuksessa. Viilujen liika kuivaus aiheuttaa puolestaan laadun heikkene- mistä. Havuviilun tavoitekosteutena voidaan pitää 6-8 prosenttia fenolipohjaisilla liimoilla liimatessa. (Puulevyteollisuus 2017, 63.)

Kuivaajan periaatteena on poistaa vettä puusta lämmön ja ilmakierron avulla. Kuivaaja lämmitetään pääsääntöisesti höyryn avulla, mutta on mahdollista käyttää myös kaasua tai termoöljyä. Havuviilua kuivatessa kuivaajan lämpötilat vaihtelevat 175 °C:sta aina yli 200 °C:een ja kuivaajan sisäkosteus on 700-900 grammaa vesihöyryä yhtä kiloa kuivaa ilmaa kohti (g/kg). Viilut syötetään syysuuntaisesti telakuivaajaan yksi tai useampi viilu rinnakkain ja sen jälkeen ne kulkevat kuivaajan telaparien läpi 4-6 kerroksessa. Kuivauksen jälkeen viilut tulevat kuivaajasta purkutasoille ja jatkavat matkaansa siitä lajitteluun, jossa viilut lajitellaan lopullisiin laatuluokkiinsa. Lajittelu tapahtuu konenäön sekä kosteusmittauksen perusteella säädettyjen parametrien mukaisesti. (Mts. 64–67.)

## 2.5 Saumaus

Viilujen saumauksen tarkoituksena on hyödyntää sorvattu viilu mahdollisimman hyvin ja näin ollen kasvattaa puuraaka-aineen saantoa. Saumauksessa käytetään hyödyksi kapeat saumuskappaleet sekä poistetaan viiluissa olevat isot viat. Konenäköjärjestelmä tunnistaa viilujen viat ja leikkaa vialliset kohdat pois viiluarkista. Leikattujen saumuskappaleiden liittäminen yhteen tapahtuu liimalla tai sulatelangalla ja saumauksen jälkeen arkit leikataan oikeaan mittaan. (Koponen 1995, 64–65.)

## 2.6 Ladonta

Vanerin ladonta on vanerinvalmistuksen yksi tärkeimmistä työvaiheista. Vanerin lujuus- ja kestävyysominaisuudet ovat ratkaisevia tekijöitä erilaisissa käyttöolosuhteissa. Vanerit jaotellaan käytettävän liiman perusteella sisävanereihin (interior) sekä ulkovanereihin (exterior). Ulkovanerin liimauksessa voidaan käyttää vain täydellisen säänkestävyyden omaavia fenolipohjaisia liimoja, sisävanerien liimauksessa käytössä on ureapohjaiset liimat. (Koponen 1995, 69.)

Vanerin kerrosmainen rakenne muodostuu ladonnassa pintaviiluista ja sisäviiluista levyksi, havuvanerissa pintaviilut ovat pääsääntöisesti syysuunnassaan pitkiä. Ristikäinen rakenne muodostuu latomalla viilut syysuuntaansa nähden ristikkäin ja sen ansiosta levyille saavutetaan tasaiset jäykkyy-, puristus-, veto- ja taivutusarvot. Vaneri on ominaisuuksiltaan lujaa ja käyttökelpoista painoonsa verrattuna, joten se soveltuu materiaaliksi vaativiin kohteisiin. (Puulevyteollisuus 2017, 80–81.)

## 2.7 Esi- ja kuumapuristus

Ladonnan jälkeisen esipuristuksen tarkoituksena on estää liimaa kuivumasta ennen kuumapuristusta ja parantaa liiman tartuntaa viiluihin. Esipuristin on hydraulisesti sulkeutuva yksivälinen puristin, jossa puristetaan koko ladelmapinkkaa kerralla. Esi-

puristuksessa levyt saavuttavat jo levymäisen muodon. Ladelman liimauksen kannalta on tärkeää, ettei ladonnan sekä esipuristuksen välille synny taukoja, eikä liima pääse kuivumaan. (Puulevyteollisuus 2017, 86.)

Kuumapuristimessa levyt syötetään puristimeen yksitellen. Kuumapuristimessa on 45-55 mm:n paksuisia sileitä levyjä, jotka lämmitetään prosessihöyryllä, vedellä tai termoöljyllä. Kuumat levyt muodostavat yleisesti 25-50 välisen puristimen, joihin levyt syötetään ja puretaan hissitoimisilla laitteistoilla. Havuvanerin valmistuksessa puristimen lämpötila on 125-170 °C ja puristuspaine 10-15 baaria. Levyjen puristusaika vaihtelee levypaksuuden mukaisesti niin, että peruspuristusaika on 2-3 minuuttia ja puristusaikaa lisätään jokaista paksuusmillimetriä kohti puolella minuutilla. (Mts. 86–87.)

## 2.8 Viimeistely ja pakkaus

Puristimelta tullessaan vanerilevyjen reunat ovat epätasaiset ja liimaiset, joten ne siirretään sahalle. Sahauksessa levyt sahataan lopulliseen mittaansa suorakulmaisiksi sekä suorareunaisiksi. Levyt voidaan sahata myös karsintamittaan jatkokäsittelyä varten ja sen jälkeen vasta lopulliseen mittaansa. (Puulevyteollisuus 2017, 90.)

Sahauksen jälkeen vanerilevyt menevät hiottaviksi. Hionnan tarkoituksena on saada vanerilevyn pinta sileäksi sekä levyn paksuus mittatoleranssiin. Hionnan yhteydessä levyt myös lajitellaan visuaalisesti pintalaadun mukaisesti. Vanerilevyt voidaan myös kitata ennen hiontaa, jolloin levyjen pintavikoja voidaan korjata. (Mts. 91–96.)

Ennen pakkausta vanerilevyt voidaan vielä jatkojalostaa mm. työstämällä, pinnoittamalla tai pintakäsittelemällä. Pakkaus tapahtuu pääosin automaattisella pakkauslinjalla, jossa valmiiden vanerilevypakettien alle laitetaan aluspuut ja kääritään muoviin kaikilta kuudelta sivulta. Käärinnässä käytetään kiristekalvoa, jolla paketista saadaan hyvin koossapysyvä. Pakkauslinjalla robotti asettaa myös tuote- ja tilaustietotarrat paketteihin. (Mts. 96–97.)

## 3 Tuotantolinjan tehokkuus

### 3.1 Tuotanto

Yritykset, jotka valmistavat tuotteita, tarvitsevat toimintoja, joilla raaka-aineista muodostetaan asiakkaille hyötyä tuottavia ratkaisuja ja tuotteita. Tuotanto terminä viittaa kaikkiin yrityksen toimintoihin, joita tarvitaan palvelujen ja tuotteiden aikaansaamiseksi. Yrityksen eri toiminnot osallistuvat tuotantoon eri tavoin, eikä tuotannon ja päätoimintojen välisiä rajoja voida määrittää tarkasti. (Martinsuo ym. 2016, 134.)

Prosessilähtöinen ajattelutapa poistaa turhan työn sekä suunnittelun ja kohdentaa resursseja oikeaan tuottavaan toimintaan. Tämä toimii kaiken perustana, minkä takia prosessien läpimenoaikoja on lyhennettävä sekä eri toimintojen työnkulku on tunnettava hyvin. Tuotantojärjestelmä on ihmisten ja teknisen välineistön muodostama kokonaisuus, jonka tavoitteena on valmistaa tuotteita hankituista raaka-aineista tuotanto-ohjelman mukaisesti. (Ojanen 2008a, 9.)

Tuotantoprosessissa pääkysymyksenä on, miten tuotannon resurssit järjestetään, jotta yritys tuottaa asiakkaalle toimitettavan arvon sekä toteuttaa tavoitteet. Yrityksen tavoitteellisen kapasiteettitason saavuttamiseksi on sen investoitava koneisiin ja laitteisiin sekä prosessien ja valmistusmenetelmien suunnitteluun. Tuotantoprosessissa koneet ja laitteet sekä valmistustavat ja materiaalivirrat on järjestettävä niin, että ne toteuttavat tuotannolle asetettuja tavoitteita parhaalla mahdollisella tavalla. (Martinsuo ym. 2016, 154–155.)

#### 3.1.1 Linjajärjestelmä ja layout

Tavaratuotannon prosessit vaativat tavanomaisesti kiinteää laitekantaa suuria ja toistuvia materiaalivirtoja varten. Suomalaisessakin kielenkäytössä vakiintunut termi layout viittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoitteluun tuotantotiloissa. (Martinsuo ym. 2016, 155.)

Linjavalmistuksessa koneet järjestetään tietyn tuotteen työvaihejärjestyksen mukaisesti. Työvaiheiden kestoajat ja koneiden kapasiteetit suunnitellaan mahdollisuuksien

mukaan yhtä suuriksi muiden vaiheiden kanssa. Linjavalmistukselle luonteenomaisia piirteitä ovat:

- menetelmätaso on yleensä sama
- linjan läpäisy nopeus on suuri ja tuote valmistuu kulkiessaan keskeytyksettä linjan läpi
- välivarastoja on vähän
- työvaiheiden väliset kuljetukset ovat usein automaattisia tai sisältyvät työvaiheeseen
- henkilöstö on erikoistunutta
- eri työntekijöiden työtulos on sama ja työmäärät tasapainotettuja
- valmistuksen valvonta on yksinkertaista
- häiriö yhdessä pisteessä aiheuttaa yleensä koko linjan pysähdyksen ja järjestelmä on muutoinkin häiriöaltis
- työ voi olla yksitoikkoista
- poissaolojen varalta tarvitaan henkilöstöreserviä.

Linjavalmistusta käytetään suurten sarjojen valmistuksessa sen tehokkuuden sekä pienen tilantarpeen vuoksi. Asetusaikoja lyhentämällä linjalla voidaan myös valmistaa suhteellisen pieniä sarjoja. (Ojanen 2008c, 48–49.)

Linjajärjestelmä voi olla jaettu vaiheisiin tai siten, että henkilöstö vastaa koko tuoteyksikön kokoonpanosta ja laadusta ryhmänä alusta loppuun. Erätuotantoon soveltuvalla linjalla työntekijät kulkevat valmistettavan tuotteen mukana suorittaen kaikki työvaiheet, mutta äärimmilleen ositeltuna linjajärjestelmä on liukuhihnatyötä ja soveltuu siten suurien tuotantoerien valmistukseen. Olennaisinta linjan suunnittelussa on sijoittaa tuotteet sekä tarvittavat työkalut ja laitteet lähelle toisiaan. (Mts. 49.)

Linjavalmistus voi olla joko tuote- tai tuoteperhepohjainen. Tuotantolinja pyritään tasapainottamaan siten, että kuormituserot olisivat mahdollisimman pieniä. Kapasiteetin ylijäämää jää kuitenkin ja sitä kutsutaan linjan tasapainohävikiksi. Linjalla työskentelevien henkilöiden monitaitoisuus ja oma-aloitteisuus tasapainottavat linjan toimintaa, mutta tämä painottaa palkkauksen muuttamista kannustavaksi. (Ojanen 2008d, 166.)



### 3.1.2 Sarjatuotanto

Sarjatuotannossa valmistetaan tiettyä tuotetta tietty erä eli sarja kerrallaan ja eri tuotteiden sarjoja tuotantosuunnitelman mukaisesti peräkkäin. Sarjatuotannossa tiettyä linjaa käytetään usean eri tuotteen valmistukseen, sillä yhden tietyn tuotteen valmistusmäärät eivät salli erillisen tuotantolinjan varaamista vain yhdelle tuotteelle. Tuotantosarjojen eräkokoja määrittäessä tulee ottaa huomioon tuotteen vaihdosta toiseen aiheutuva asetus aika tuotantojärjestelmässä. (Martinsuo ym. 2016, 137–138.)

Asetusaikojen lyhentämällä pyritään tuotannon joustavuuden lisäämiseen ja eri tuotteiden valmistuksen nopeisiin vaihtomahdollisuuksiin. Myös pienistä tuotantoeristä saadaan kustannustehokkaita, jos eri sarjojen asetus aikoja saadaan lyhennettyä. Asetusaikojen lyhentäminen vaatii yritykseltä investointeja, joten asetus aikojen ja konekustannusten välillä joudutaan tekemään kompromisseja. Edullisia menetelmiä asetus ajan lyhentämiseen tulisi kuitenkin etsiä aktiivisesti. (Ojanen 2008b, 43.)

## 3.2 Tehokkuus ja tuottavuus

Tehokkuudella tarkoitetaan toteutuneita tuotoksia verrattuna odotettuihin tuotoksiin, joita tietyllä panostuksella oletetaan saavutettavan. Tuottavuudella tarkoitetaan toteutuneita tuotoksia suhteessa toteutuneisiin panoksiin, esimerkiksi tuotteen volyyymi verrattuna resursseihin ja raaka-aineisiin. (Martinsuo ym. 2016, 358.)

Tuotannollisen toiminnan tehokkuus syntyy tarpeellisesta materiaalista, oikeasta tiedosta, osaavista ihmisistä sekä työn organisoinnista. Järjestämällä nämä oikein voidaan taata tuotannon jatkuva virta. (Ojanen 2008a, 9.)

Tehokkuuden ja tuottavuuden parantamista varten on käytäntöjä, joilla voidaan vaikuttaa tuotantoprosessissa tuotoksiin, panoksiin, kapasiteettiin tai koko tuotantojärjestelmään. Esimerkkeinä tällaisista keinoista:

- kapasiteetin ja sen käyttöasteen parantaminen

- läpäisyajkojen lyhentäminen
- saannon parantaminen
- häiriöiden poistaminen
- työmenetelmien kehittäminen
- tuotantoprosessin layoutin kehittäminen
- itseohjautuvuuden kehittäminen.

Tuotannon tehokkuuteen suuresti vaikuttava tekijä on kapasiteetti ja sen käyttöaste. Kullakin tuotantolinjalla on todellinen kapasiteetti tietyllä aikajaksolla ja tätä kapasiteettia suunnitellaan käytettäväksi kuormitusasteen mukaisesti. Toteutunut käyttöaste voidaan laskea toteutuneen tuotannon jälkeen, eli kuinka tuotantolinjan tuotanto käytännössä tapahtui. Teoreettista maksimikapasiteettia on vaikea saavuttaa, sillä huoltotyöt, konerikot, asetusajat, henkilökunnan poissaolot, materiaali puutteet, viallisten tuotteiden valmistaminen sekä muut samantapaiset häiriöt on otettava huomioon kapasiteetissa. Nettokapasiteetti on siis tyypillisesti selvästi pienempi kuin teoreettinen maksimikapasiteetti. (Martinsuo ym. 2016, 360–361.)

### 3.3 Laadunhallinta

Laadun käsite on muuttunut tuotteiden virheettömyydestä kokonaisvaltaisempaa laatuajattelua kohti (Lavikainen 2008, 169). Laadunhallinta tarkoittaa suunnittelua, toteutustapoja sekä ohjausta, joita asiakastarpeiden täytyminen edellyttää. Laadunhallinnan lähtökohtana on se, mitä asiakkaat odottavat ja vaativat tuotteelta tai palvelulta sekä lupaus, jonka yritys tekee tuotteen tai palvelun ominaisuuksista. Yrityksissä laadunhallintaa on lähdetty lähestymään kolmella toisiinsa kytkeytyvällä tavalla: tuottamalla asiakkaiden tarpeisiin soveltuvaa laatua tarkoituksellisesti, kehittämällä ja ohjaamalla oman toiminnan laatua sekä laatu keskeisen ajattelumallin omaksumisella oman toimintansa ohjauksen periaatteeksi. (Martinsuo ym. 2016, 364.)

## 4 Lean-toimintamalli

Lean-toimintamalli kehitettiin Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta. Lean-ajattelu levisi ensin autoteollisuuteen ja tällä hetkellä se toimii johtavana tuotantoperiaatteena lähes kaikilla toimialoilla. (Kouri 2010, 6.)

Lean-toimintamalli näkyy tuotannon jatkuvassa kehitystyössä sekä tuotannon organisoimisissa ja on voimakkaasti sidoksissa henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeissa. Lean-toimintamallin periaatteena on kehittää toimintaa siellä, missä yrityksen työntekijän kädet likaantuvat ja missä asiakkaan saama arvo syntyy todellisuudessa. Lean-periaate kiteytyy siihen, että yrityksen voimavarat kohdennetaan yksinomaan niihin toimintoihin, jotka lisäävät asiakasarvoa. (Mts. 6–7.)

### 4.1 Hukka

Lean-toimintamallissa tuottavuus perustuu erilaisten hukkien poistoon, eikä työtahdin kasvattamiseen. Hukalla tarkoitetaan käytännössä kaikkea arvoa lisäämätöntä turhaa työtä. Näin ollen hukat estävät tehokkaan työn tekemisen ja niitä poistamalla työn tuottavuus ja laatu paranevat. (Kouri 2010, 10.)

*Hukan väsymätön poistaminen on lean-ajattelun ydin (mts. 86).*

Tuotannossa hukat järjestetään seitsemään luokkaan, jotka ovat helppo tunnistaa:

#### 1. Ylituotanto

Ylituotanto tarkoittaa valmistamista tarvittavaa määrää enemmän. Suuret eräkoot, varastoon valmistaminen ja keskeneräinen tuotanto johtavat muiden hukkien syntymiseen. Ylituotannon myötä myös tuotannon todellisten epäkohtien havaitseminen estetään, sillä suuret varastot piilottavat ongelmia ja lieventävät niiden vaikutusta. (Mts. 10.)

#### 2. Odottelu ja viivästykset

Nämä aiheutuvat siitä, kun kone odottaa henkilön suoritusta tai henkilö koneen suoritusta (Tuominen 2010, 86). Odottelu ja viivästykset eivät tuo lisää

asiakasarvoa. Käytännössä kone- ja laitehäiriöt sekä materiaalipuutteen aiheuttamat viivästyksset muodostavat hukkaa. (Kouri 2010, 10.)

### 3. Tarpeettomat kuljetukset

Mikään tarpeeton kuljettaminen ei lisää arvoa asiakkaalle. Materiaalien ja tuotteiden turhaa liikuttelua tuotantovaiheiden välillä on vältettävä. (Mts. 10.)

### 4. Laatuvirheet

Laatuvirheet hukkaavat tuotantolinjan kapasiteettia ja materiaaleja sekä johtavat asiakastytymättömyyteen (mts. 10).

### 5. Tarpeettomat varastot

Nämä pidentävät läpimenoaikoja, lisäävät kustannuksia sekä piilottavat tuotannon eri ongelmia (mts. 10).

### 6. Ylikäsittely

Ylimääräistä tekemistä on kaikki tarpeeton kiillottaminen, työstäminen ja puuhaaminen, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. Kaikki sellainen on ylimääräistä, mikä ei anna lisäarvoa yritykselle tai asiakkaalle. (Tuominen 2010, 86.)

### 7. Tarpeeton liike työskentelyssä

Kaikki työssä tehdyt liikkeet, jotka eivät lisää tuotteen arvoa ovat ylimääräisiä (mts. 86).

Työntekijöiden luovuutta ei pidä unohtaa, sillä työntekijöillä on paras tieto työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta sekä niiden kehittämisestä (Kouri 2010, 11). Kun työntekijät ymmärtävät lean-tekniikat ja niiden käytön, niistä tulee osa jokapäiväistä työskentelyä. Tällöin työntekijöistä tulee kehittämisen ammattilaisia, jotka analysoivat jatkuvasti prosessia ja pyrkivät poistamaan hukkaa, lisäämään työnsä arvoa sekä tähtäämään täydellisyyteen. Hukkien tunnistamisen apuna voidaan ajatella, että jos

et tunnista hukkaa, tunnista lisää asiakasarvoa tuottava työ. Kaikki muu on hukkaa. (Tuominen 2010, 87–90.)

## 4.2 Työturvallisuus ja ergonomia

Lähtökohtana toiminnan kehittämiseen tulee aina olla työskentely-ympäristön turvallisuuden takaaminen. Työskentelymenetelmiä ja työn ergonomiaa kehittämällä edistetään työssä jaksamista sekä parannetaan työn tuottavuutta. (Kouri 2010, 12.)

Työturvallisuuden kehittämisen tarkoituksena on toteuttaa kehitysaskeleet tarkoituksenmukaisesti kunkin työpisteen tarpeet huomioon ottaen, eikä suinkaan työn teon hankaloittaminen. Jokainen puutteellisista tai huonoista työskentelyolosuhteista johtuva poissaolo tai työtapaturma on hukkaa. Ergonomiaan, viihtyvyyteen ja työturvallisuuteen panostaminen on siis työntekijän sekä myös yrityksen etu. (Mts. 12.)

## 4.3 Työn vakiinnuttaminen

Työmenetelmät tulee ensimmäisenä vakiinnuttaa, jotta voidaan selvittää, miten menetelmät vaikuttavat tuottavuuteen, laatuun ja turvallisuuteen. Jos kaikkien työskentelytavat ovat erilaiset, vaikuttavien tekijöiden määrittely on hankalaa. Työn vakiinnuttaminen ei kuitenkaan tarkoita, että oma-aloitteisuutta tulisi vähentää vaan työntekijät tulisi haastaa parempien toimintatapojen kehittämiseen. (Kouri 2010, 16.)

Työohjeet ovat suuressa roolissa työn vakiinnuttamisessa. Työohjeet tulisi olla yksinkertaisia, havainnollistavia sekä selkeitä. Työohjeet pyritään pitämään helposti luettavina sekä lyhyinä ja niissä kuvataan työn päävaiheet sekä tuottavuuteen, laatuun ja turvallisuuteen liittyvät asiat. Työohjeet tulee olla helposti saatavissa työntekijälle ja tavallisesti ohjeet laitetaan näkyville työpisteeseen. (Mts. 17.)

#### 4.4 Tuotannon virtaus

Tuotannon virtaus on lean-organisaation yksi tärkeimmistä periaatteista, joka pakottaa muiden lean-periaatteiden sekä työkalujen käyttöönottoa (Tuominen 2010, 72).

*Virtaus tarkoittaa prosessissa keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- ja tuotevarastoja (mts. 72).*

Tuotannon virtauttamisen tavoitteena on valmistaa tuotteet mahdollisimman nopeasti välittömän tarpeen perusteella, joka käytännössä tarkoittaa tuotteiden valmistusta pienissä erissä tilausten tai varastotarpeiden perusteella. Tavoitteena on pitää keskeneräinen tuotanto sekä välivarastot mahdollisimman pieninä, jotta tuotteet virtaavat pysähtymättä tuotannossa. (Kouri 2010, 20.)

Tuotannon virtausta tehostaessa tuotantoprosessin ongelmakohdat, kuten laatuongelmat sekä konehäiriöt nousevat nopeasti esille. Virtauttamisen onnistuminen edellyttää näiden ongelmien ja häiriöiden poistamista. (Mts. 20–21.)

#### 4.5 Laadunvarmistus

Laatu ja laadunvarmistaminen on lean-tuotannossa osa normaalia työskentelyä ja kaikkien työntekijöiden vastuulla. Jokaisen työntekijän on noudatettava laadunvarmistuksen ohjeita ja ilmoitettava poikkeuksista ja puutteista välittömästi. (Kouri 2010, 24.)

*Laatua ei tehdä tarkastamalla laatuosastolla, vaan kehittämällä tuotannon laaduntuottokykyä poistamalla ongelmat ja häiriöt niiden tullessa esiin (mts 24).*

Lean-toimintamallin mukaiset keskeiset laadun kehittämisperiaatteet ovat:

1. Jokainen työntekijä tarkastaa työnsä ohjeiden mukaisesti ja poikkeamiin puututaan heti (mts. 25).

2. Niin sanotuissa idioottivarmoissa menetelmissä virheet estetään teknisesti, esimerkiksi osilla, joita ei voi asentaa väärinpäin. Suoritus voidaan taas varmistaa esimerkiksi värjäämällä ruuvien päät kiristämisen jälkeen. (Mts. 25.)
3. Hyödynnetään laitteiden automaattisia virheentunnistusmenetelmiä, kuten koneiden omia vika-analyysijä, automaattimittauksia sekä työpisteen testilaitteita (mts. 25).

#### 4.6 5S

Siistissä ympäristössä voidaan tehdä tuottavaa ja laadukasta työtä. Tämä toimii lähtökohtana lean-toiminnassa. 5S on työkalu, jolla työympäristö pidetään siistinä ja järjestyksessä. 5S-menetelmän viisi vaihetta tulee japanin kielen sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistusta ja huolla), Seiketsu (vakiinnuta toimenpiteet) ja Shitsuke (ylläpidä). (Kouri 2010, 26.)

5S-menetelmää sovelletaan palvelu-, ja tuotantoympäristöissä ympäri maailmaa. Menetelmä soveltuu yrityksille, joilla on tarve parantaa virtausta, lyhentää läpimenoaikoja ja poistaa hukkaa. 5S-menetelmän avulla hukka tehdään näkyväksi, jotta se on mahdollista poistaa. (Väisänen 2013.)

Kaikki työntekijät osallistuvat 5S-menetelmän toteutukseen järjestämällä ja siivoamalla työpisteen sekä ylläpitämällä työpisteen siisteyttä. Ensimmäisessä vaiheessa **lajitellaan** materiaalit, työkalut sekä muut tavarat ja poistetaan ylimääräiset materiaalit ja tavarat työpisteestä. Tämän jälkeen toisessa vaiheessa **järjestetään** tarvittaville tavaroille tarkoituksenmukaiset paikat ja merkitään ne selvästi. Kolmannessa vaiheessa **puhdistetaan ja huolletaan** työpisteen koneet ja laitteet. Neljännessä vaiheessa **vakiinnutetaan** työpisteen toimenpiteet, johon kuuluu työpisteen rutiinomainen järjestely ja siivous. Viimeiseen 5S-menetelmän vaiheeseen kuuluu **ylläpitää** vakiintuneita käytäntöjä ja toteuttaa ensimmäistä kolmea vaihetta jatkuvasti. (Kouri 2010, 27.)

## 5 Pintakäsittelylinja ja pintakäsiteltävät tuotteet

Pintakäsittelylinjalla pintakäsitellään havuvanereita erilaisilla nestemäisillä pintakäsittelyaineilla. Vanerilevyt syötetään linjalle syöttöhississä olevasta vanerinipusta. Levyt kulkevat ensin kirjoittimen yli, jossa kuhunkin levyyn tulostetaan mustesuihkulla tuotteeseen kuuluvat tarvittavat tiedot. Kirjoittimen jälkeen levyt oikaistaan, jotta ne menevät suorassa pintakäsittelykoneeseen. Pintakäsittelykoneessa levyihin suihkutaan nestemäistä pintakäsittelyainetta suuttimien läpi tietyllä paineella ja levyjen pinnat harjataan koneen sisällä. Eri tuotetta ajaessa käytetään eri käsittelyaineita, ajonopeuksia ja suutinpaineita vaaditun levitysmäärän mukaisesti. Pintakäsittelyn jälkeen vanerilevyt pinkataan linjan loppupäässä ja määrätyn kappalemäärän saavuttaessaan levynippu ajetaan kuljettimia pitkin pakkauslinjalle.

Pintakäsiteltyjä havuvanereita käytetään paljon rakennusteollisuudessa ja näiden kysyntä on jatkuvassa kasvussa. Pintakäsiteltyjen havuvanereiden ominaisuudet ovat käsittelemättömiä vanereita selvästi paremmat ja tätä on alettu arvostamaan rakennusteollisuudessa.

Linjalla käytettäviä pintakäsittelyaineita on käytännössä kolme erilaista:

- Homesuoja-aine
- Palosuoja-aine
- Kosteussuoja-aine

### **Homesuojattu havuvaneri**

Metsä Wood Spruce MouldGuard -havuvaneri on homehtumisriskiä vähentävällä puunsuoja-aineella pintakäsitelty. Vanerilevyn homeenkesto on 4-5 kertaa pidempi käsittelemättömään vaneriin verrattuna ja se sopii olosuhteisiin, joissa suhteellinen ilmankosteus on yli 75 %. (Metsä Wood Spruce MouldGuard n.d.)

### **Palosuojattu havuvaneri**

Metsä Wood FireResist -havuvaneri on pintakäsitelty palosuoja-aineella, joka parantaa vanerin palonkestoa. Palosuojalevyjä voidaan käyttää rakenteissa, jotka vaativat paloturvallisia rakennusmateriaaleja. Tuotteet kuuluvat standardin EN 13501-1 B-



luokkaan. Vanerilevyjä on käytettävä kuivissa sisätiloissa täysin säältä suojattuna. (Spruce Ply FireResist 2018.)

### **Kosteussuojattu havuvaneri**

Metsä Wood Spruce WeatherGuard -havuvaneri on kosteutta hylkivällä pintäkäsittely-aineella käsitelty. Käsitelty pinta vähentää veden imeytymistä vaneriin sekä hylkii sadevettä. Levyt on tarkoitettu rakentamisen aikaista kosteutta vastaan, jonka ansiosta rakenteilla on lyhyempi kuivatusaika sekä parempi mittapysyvyys. (Metsä Wood Spruce WeatherGuard 2014.)

### **Muottivaneri**

Metsä Wood EcoForm -muottivaneri on betonivalumuotteihin tarkoitettu pintäkäsittely havuvaneri (Metsä Wood EcoForm 2013.). Muottivaneri pintakäsittellään samalla pintakäsittelyaineella kuin kosteusuojattu havuvaneri, mutta vahvemmallalla seoksella. Muottivanerin reunat on myös suojattu maalaamalla kosteuden pääsyn ehkäisemiseksi (mt.).

## **6 Nykytilan kartoitus ja kehitysehdotukset**

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin perehtymällä pintakäsittelylinjan toimintaan tarkemmin. Linjan häiriöihin ja muihin pysähdyksiin kiinnitettiin erityistä huomiota, jotta pysähdysten syihin päästiin syventymään. Operaattorien kanssa keskustellessa saatiin selvitettyä linjan pysähdysten syitä ja niiden vaikutuksia. Linjan tuotannonseurantajärjestelmästä löytyvistä dokumenteista ei saatu kattavaa kuvaa linjan ongelmakohdista, sillä seisokkisyitä oli raportoitu vain satunnaisesti sekä ilman ongelmankuvausta.

Pintakäsittelylinjan nykytilan kartoitus tehtiin pääosin osallistuvana havainnointina sekä operaattoreita haastatteleamalla. Nykytilan kartoittamisen jälkeen laadittiin kehi-

tysehdotukset löydettyjen ongelmakohtien parantamiseksi. Kehitysehdotukset laadittiin perehtymällä löydettyyn ongelmaan ja pohtimalla toimivinta sekä toteutuskelpoista ratkaisua kuhunkin kehityskohteeseen. Kehitysehdotusten luomiseen käytettiin hyödyksi omaa kokemusta, operaattorien haastattelua sekä tiedonhakua erilaisten toimintatapojen ja laitteiden käyttämisestä vastaavissa tilanteissa. Linjalta otettiin myös valokuvia havainnollistamaan kehityskohteiden sijaintia.

Nykytilan kartoittamisen ja analysoinnin perusteella voidaan todeta, että pintakäsittelylinjan toiminta itse prosessina on varsin mutkaton, mutta toistuvia pysähdyksiä aiheutuu yksittäisten levyjen sekä myös kokonaisten vanerinippujen osalta. Pintakäsittelylinjan ongelmakohtiin laadittiin kehitysehdotukset ongelman kuvausten jälkeen.

## 6.1 Vanerilevyjen syöttö

### **Syöttörullasto ja syöttöhissi**

Vanerilevyniput nostetaan pintakäsittelylinjan syöttörullastolle trukilla, josta ne ajetaan syöttöhissiin. Vaneriniput jäävät välillä jumiin syöttörullille kierojen levyjen takia. Operaattorin on käytävä työntämässä vanerinippu käsin liikkeelle tai joissain tapauksissa pyydettyä trukikuskia työntämään. Syöttörullaston telat on jaettu kolmeen osaan, joista vain reunimmaiseta telat vetävät. (Ks. kuvio 3.) Syöttöhissi laskee myös satunnaisesti eri korkeuksille vaikeuttaen vanerinippujen kulkua syöttörullastolta hissiin. Tämä johtuu hissin alarajasta, jonka eteen päättyy välillä puunkappaleita.



Kuvio 3. Syöttörullasto ja hissi

Syöttörullaston telat tulisi saada kaikki vetäviksi, jotta myös kierossa olevat vaneririput saataisiin ajettua syöttöhissiin ongelmitta. Tähän toimisi apuna myös telojen vaihto hiekkateloiksi, jolloin telojen pito paranisi huomattavasti.

Syöttöhissin raja tulisi vaihtaa sellaiseksi, millä taataan aina sama korkeus ala-asennossa. Tähän toimisi esimerkiksi induktiivinen anturi, jolloin vaneripuista tulleet puunkappaleet tai muut metallittomat vierasesineet eivät vaikuttaisi rajan toimintaan.

Syöttörullaston ja hissin parannukset vähentäisivät hukkaan mennyttä aikaa runsaasti, sillä jos operaattori ei itse saa vanerinippua liikkeelle rullastolla trukkipuskin pyytämisen apuun kestää monesti useita minutteja.

## Kirjoittimet

Syöttöhissistä lähtiessään levyt kulkevat mustesuihkukirjoittimen yli, jossa levyihin merkitään tarvittavat tiedot. Kirjoittimia on kaksi kappaletta molemmin puolin syöttöä. Hyvän tulostusjäljen takaamiseksi on kirjoittimien päät puhdistettava noin 150 levyn välein, jotka ajaa linjan läpi noin 25 minuutissa. Puhdistuksen ajaksi pintakäsittelylinja on pysäytettävä joka kerta ja tästä aiheutuu noin puolen minuutin seisaus. Kirjoittimien likaantuminen johtuu hiontapölystä sekä muusta irtonaisesta puuaineksesta, joka on jäänyt vanerilevyjen väliin tuotannon muissa vaiheissa. (Ks. kuvio 4.)



Kuvio 4. Likaantunut kirjoitin

Kirjoittimen puhtaana pitämiseksi syöttöön tulisi laittaa imulaatikot sekä harjat ennen kirjoittimia, jolloin levyistä irtoava puuaines saataisiin poistettua. Tämän jälkeen kirjoittimia ei tarvitsisi puhdistaa niin usein ja tuotannon tehokkuutta saataisiin nostettua.



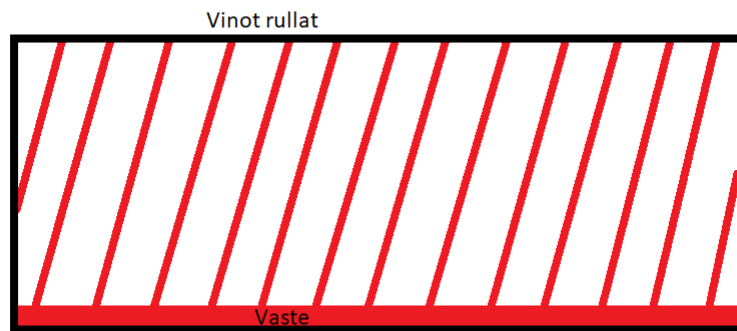
## Levyn oikaisu

Syötettävät levyt oikaistaan rullastolla ennen pintakäsittelykonetta sivuttain liikkuvilla rullilla (ks. kuvio 5.), jotta syötettävät levyt menevät suorassa koneen läpi. Varsinkin ohuita (9-12 mm) vanerilevyjä ajettaessa levyt ovat välillä niin kieroja, että oikaisurullat eivät kosketa levyä joka kulmasta. Tällöin levy menee vinossa kohti pintakäsittelykonetta ja tökkää usein koneen reunaan menemättä sisään ollenkaan. Linja täytyy pysäyttää ja levy oikaista käsin tässä tilanteessa. Vinossa menevät ohuet levyt menevät välillä pintakäsittelykoneen suuaukon ohi ja puristuvat tällöin paininpyörän sekä vasteen väliin rikkoen levyn kulman.



Kuvio 5. Vanerilevyn oikaisu

Levyjen oikaisuun olisi apua erilaisesta oikaisurullastosta, jossa eteenpäin vievät telat olisivat vinossa sekä rullaston reunalla vaste. Vinot rullat pakottaisivat levyt aina samaan kohtaan rullaston reunaan vastetta vasten. (Ks kuvio 6.)



Kuvio 6. Rullaston havainnekuva

Levyjen mennessä suorassa koneeseen, välttyttäisiin turhilta pysähdyksiltä sekä mahdollisilta levyjen rikkoutumisilta.

## 6.2 Pintakäsittelykone

### **Suutinpaineen säätö**

Levyjä pintakäsitellessä ruiskutettavan nesteen paine tulee säätää tietyksi pintakäsittelyaineesta riippuen. Painetta säädetään manuaalisilla säätöventtiileillä, jotka ovat todella herkkiä eivätkä sijaintinsa vuoksi ole ergonomisia säätää. Venttiilit ovat pintakäsittelykoneen sivussa melkein kävelytason korkeudessa (ks. kuvio 7.), joten säätäminen on haastavaa. Painetta joudutaan säätämään myös kesken ajon, jotta paine pysyy oikeissa arvoissa. Suutinpaineen laskiessa liian alas tuotteiden tasalaatuisuus kärsii sekä linja pysähtyy lopulta tietyn painerajan alittamisen johdosta.



Kuvio 7. Säätoventtiilit

Pintakäsittelylinjan paineensäätoventtiilit tulisi vaihtaa automaattisesti toimiviin, jolloin paineen putoamisesta johtuvia pysähdyksiä tulisi vähemmän ja ruiskutuspainne pysyisi tasaisena koko ajan. Tämä lisäisi linjan tehokkuutta sekä varmistaisi levitysmäärän pysymisen tasaisena ja lisäisi tätä kautta myös tuotteen tasalaatuisuutta. Tämän myötä myös työpisteen ergonomia parantuisi.

### **Pintakäsittelyaineen lisäys**

Pintakäsittelyainetta lisätään linjan omaan altaaseen isommasta säiliöstä. Nesteen pumppaus tapahtuu automaattisesti nestepinnan laskemisen myötä. Nestettä pumpataan linjalle ajettujen levyjen määrästä sekä vaadittavasta levitysmäärästä riippuen noin 30 minuutin välein ja linja pysähtyy noin 30 sekunniksi täytön ajaksi.

Nesteen pumppaus olisi mahdollista myös ajon aikana, eikä se vaikuta muuhun linjan toimivuuteen. Tämä olisi mahdollista toteuttaa ohjelmanmuutoksella ja tällöin pysähdykset vähenisivät myös nesteen pumppauksen osalta.



### Levitysmäärän mittaus

Pintakäsittelylinjan nesteen levitysmäärää mitataan levykoon sekä nestealtaan pinnankorkeuden mukaan tietyin väliajoin. Nestealtaassa on kelluva pinnankorkeusmittari, joka mittaa pinnan korkeutta jatkuvasti. (Ks. Kuvio 8.) Ongelmana pinnankorkeuden mittauksessa on altaaseen syntyvä vahto, jolloin kelluva mittauspää ei anna luotettavaa tulosta. Operaattorin täytyy poistaa vahtoa sekä käyttää vaahdonestoainetta, jota tarkkan mittaustuloksen saamiseksi on lisättävä nesteen sekaan useasti.



Kuvio 8. Pinnankorkeuden mittaus

Nesteen levitysmäärän mittausta olisi hankala toteuttaa virtausmittauksen perusteella, sillä pintakäsittelykoneesta poistuva neste valuu vapaasti takaisin nestealtaaseen. Luotettavampia mittaustuloksia saataisiin anturilla, joka mittaa nesteen pinnan tasoa tarkemmin ja ei ole riippuvainen altaassa olevasta vaahdosta. Esimerkiksi Sick LFP pinnankorkeusmittarit pystyvät mittaamaan nestepinnankorkeutta tarkasti vaah-



dosta riippumatta (LFP Inox AND LFP Cubid. 2016). Tämä lisää levitysmäärän mittauksen luotettavuutta ja samalla tuotteen tasalaatuisuutta eikä operaattorin tarvitsi huolehtia levitysmäärämittauksen onnistumisesta.

### 6.3 Vanerilevyjen purku

#### Risteysasema

Pintakäsittelykoneesta ulos tullessaan vanerilevyt menevät risteysasemalle, mistä ne siirretään purkuhissiin. Risteysasemalla sivuttaissuuntaiset hihnat nousevat ylös telojen välistä ja levy lähtee liikkumaan sivusuunnassa hihnojen avulla. (Ks. kuvio 9.) Varsinkin paksuja painavia levyjä ajettaessa ohuet hihnat luistavat märän levyn alla ja levy lähtee vinossa risteysasemalta. Vinossa lähtenyt levy jää usein puolitiehen, eikä pääse purkuhissiin saakka. Tämän takia linja on pysäytettävä ja levy oiottava käsin.



Kuvio 9. Risteysasema

Risteysasemalle tulisi laittaa leveämmät hihnat tai vaihtoehtoisesti enemmän hihnoja, jotta painavien levyjen massa jakautuisi hihnoille paremmin, eivätkä levyt lähitisi luistamaan hihnoilla. Tämä vähentäisi linjan seisokkiaikaa merkittävästi, sillä operaattorin on kierrettävä joka kerta linjan taakse päästäkseen oikomaan vinoon mennyttä levyä.

### **Pinkkaus**

Levyt tulevat risteysasemalta purkuhissiin mihin ne pinkataan kappalemäärältään tietyn mukaisiksi vanerinipuiksi. Risteysaseman hihnat tuovat levyn purkuhissiin, missä levyt tasataan pinkkaan paineilmasylintereillä. Jokaisen levyn kasvattaessa pinkan korkeutta purkuhissi laskee alaspäin, jotta vanerilevyt saadaan pinkattua vanerinipuiksi. Lämpimistä levyistä johtuen levyt höyryävät tullessaan pintakäsittelylinjan läpi ja tämä höyry sotkee pinkan korkeutta seuraavan valokennon toimintaa. (Ks. kuvio 10.) Valokenno vaikuttaa pelkän höyryn määrästä ja luulee siis, että hississä on enemmän levyjä ja laskee sitä myöten myös hissiä. Tämä aiheuttaa sen, että vanerilevyt tippuva risteysasemalta hissiin niin alas, etteivät tasaussylinterit yletä levyyn. Vanerinipusta tulee tällöin epätasainen ja sitä joudutaan suoristamaan jälkikäteen. Operaattorilla ei ole suoraa näköyhteyttä pinkkarille, joten levyjä saattaa mennä vinoon monta perättäin ja tällöin nipun oikominen vaikeutuu.



Kuvio 10. Risteysasema ja purkuhissi

Pinkan korkeudentunnistus tulisi toteuttaa antureilla, jotka eivät vaikuta höyrystä. Kapasiivisella anturilla voitaisiin seurata pinkan korkeutta luotettavasti säätämällä se niin, ettei se vaikuta pelkästä höyrystä vaan ainoastaan kun levy on tullut purkuhissiin. Pinkkarille tulisi asentaa myös peili tai kamera, jotta operaattorilla olisi näköyhteys myös pinkkarille.

Levynippujen oikominen vie turhaa aikaa ja varsinkin silloin, kun vanerilevyjä on pinnattu vinoon monta peräkkäin. Tällöin nipun oikomisessa menee useita minuutteja, jotka ovat pois tuotantoajasta.

### **Vanerinipun tiedot pakkaukseen**

Suurin osa pintakäsitellyistä vanerinipuista menee suoraan pakkaukseen pintakäsittelyn jälkeen. Jokaista valmista vanerinippua kohden operaattorin on käytävä laitta-

massa nippuun lappu missä näkyy vanerilevyjen kappalemäärä, mitat sekä muut tiedot. Linja täytyy pysäyttää sen ajaksi, kun operaattori vie lapun valmiiseen nippuun ja linja voidaan käynnistää uudelleen vasta sen jälkeen.

Valmiin vanerinipun tiedot voisi siirtää sähköisesti pakkaukseen, sillä niput kulkevat suoraan siirtokuljettimilla pakkauslinjalle. Jokaista eri tilausta ajettaessa tilausnumero laitetaan jo valmiiksi linjan käyttöpaneeliin levitysmäärätietoja varten, joten tiedot voisivat kulkeutua myös pakkaukseen. Tämän myötä valmiit vaneriniput voitaisiin ajaa suoraan siirtokuljettimille ilman operaattorin käyntiä nipun luona.

## 7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli paikallistaa havuvanerin pintakäsittelylinjan ongelmakohdat ja tehdä näille kehitysehdotukset tuotannon tehokkuuden parantamiseksi. Opinnäytetyön toimeksianto oli selkeä ja hyvin perusteltu, minkä takia tutkimuksen tavoite oli helppo omaksua. Linjan tarkempaan toimintaan tutustuminen oli helppoa tuttujen operaattorien johdosta. Operaattorit olivat hyvin avuliaita sekä vastasivat tarkasti kaikkiin esitettyihin kysymyksiin. Myös oma aikaisempi työskentely kyseisellä linjalla auttoi pääsemään alkuun tutkimuksessa.

Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin pintakäsittelylinjan tehokkuutta nostavien kehitysehdotusten myötä. Linjan ongelmakohdat löydettiin sekä näille laadittiin toteutuskelpoiset kehitysehdotukset. Tutkiminen onnistui kokonaisuutena hyvin, mutta oli aikaa vievää. Pintakäsittelylinjalla oli käytävä useaan otteeseen sekä paikalla oli oltava mahdollisimman pitkään, jotta linjalla olevat ongelmakohdat tulivat ilmi myös tositalanteessa. Opinnäytetyön tekemistä vaikeutti myös vuorotyön tekeminen toisella tehtaalla. Aikataulujen sovitus oli haastavaa ja toisella tehtaalla työskentely vei ison osan ajasta.

Linjan nykytilan kartoitus tehtiin haastattelemalla sekä osallistuvana havainnointina, jolloin pystyttiin havainnoimaan linjan ongelmakohtia ja operaattorien tekemiä toimenpiteitä linjan käydessä. Lisäksi linjalla olevan tuotannonseurausjärjestelmän his-

toriaa analysoitiin, mutta järjestelmästä saatujen tietojen vajavuuden takia nämä tiedot olivat hyvin marginaalisia. Kattavien historiatietojen saaminen olisi mahdollistanut kattavamman perustan ongelmakohdista. Kehityskohteet löytyivät kuitenkin operaattorien avointen haastattelujen sekä oman havainnoinnin pohjalta. Kehityskohteiden etsimisessä oli mukana operaattoreita, jotka ovat työskennelleet linjalla useita vuosia. Tutkimusmenetelmät koettiin hyvin soveltuvaksi työn toteuttamiseen ja sen vuoksi työn tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tutkimuksessa esitettyjen kehitysehdotusten todellinen hyöty paljastuu kuitenkin vasta, kun ehdotukset toteutetaan ja tällöin tarvitaan varmasti vielä jatkokehittämistä.



## Lähteet

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja 212

Koponen, H. 1995. Puulevytuotanto. Saarijärvi: Gummerus.

Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus

Lavikainen, P. 2008. Laatu. Julkaisussa Taidolla tuottavuuteen – työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Toim. T. Käki. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, 169-185

LFP Inox AND LFP Cubid. 2016. Tuoteinformaatio. Viitattu 3.11.2018

[https://cdn.sick.com/media/docs/3/93/093/Product\\_information\\_LFP\\_Inox\\_AND\\_LFP\\_Cubic\\_en\\_IM0059093.PDF](https://cdn.sick.com/media/docs/3/93/093/Product_information_LFP_Inox_AND_LFP_Cubic_en_IM0059093.PDF)

Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. Helsinki: Edita Publishing

Metsä Group. N.d. Viitattu 10.5.2018 <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Metsä Wood EcoForm. 2013. Tuotetiedot. Viitattu 30.5.2018. <https://www.metsa-wood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-EcoForm-svenska.pdf>

Metsä Wood lyhyesti. N.d. Viitattu 10.5.2018 <https://www.metsawood.com/fi/yrittys/Pages/Yritys.aspx>

Metsä Wood Spruce MouldGuard. N.d. Tuotetiedot. Viitattu 15.5.2018.

<https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Spruce-MouldGuard-suomi.pdf>

Metsä Wood Spruce WeatherGuard. 2014. Tuotetiedot. Viitattu 15.5.2018.

<https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Spruce-WeatherGuard-suomi.pdf>

Ojanen, R. 2008a. Tuottavuuden kehitystyökalujen esittely. Julkaisussa Taidolla tuottavuuteen - työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Toim. T. Käki. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, 7-19.

Ojanen, R. 2008b. Työkalu- ja ohjainsuunnittelu sekä tuottavuus. Julkaisussa Taidolla tuottavuuteen - työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Toim. T. Käki. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, 42-45.

Ojanen, R. 2008c. Prosessi- ja layout-suunnittelu. Julkaisussa Taidolla tuottavuuteen - työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Toim. T. Käki. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, 46-64.

Ojanen, R. 2008d. Tuotannon ohjaus ja ohjattavuus. Julkaisussa Taidolla tuottavuuteen - työkaluja tuottavuuden kehittämiseen. Toim. T. Käki. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, 155-168.

Puulevyteollisuus. 2017. Toim. R. Varis. Jyväskylä: Suomen Puuteollisuusinsinöörien Yhdistys

Spruce Ply FireResist. 2018. Tuotetiedot. Viitattu 10.5.2018. <https://www.metsa-wood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsaWood-Spruce-Fire-Resist-suomi.pdf>

Suolahden vaneritehtaat esitysmateriaali 2017. Metsä Wood.

Tuominen, K. 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Helsinki: Readme.fi

Väisänen, J. 2013. Viiden ässän kehitystyökalu. Artikkelit Six Sigma –sivustolla. Viitattu 26.9.2018. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/viiden-assaen-kehitystyoevalu/>

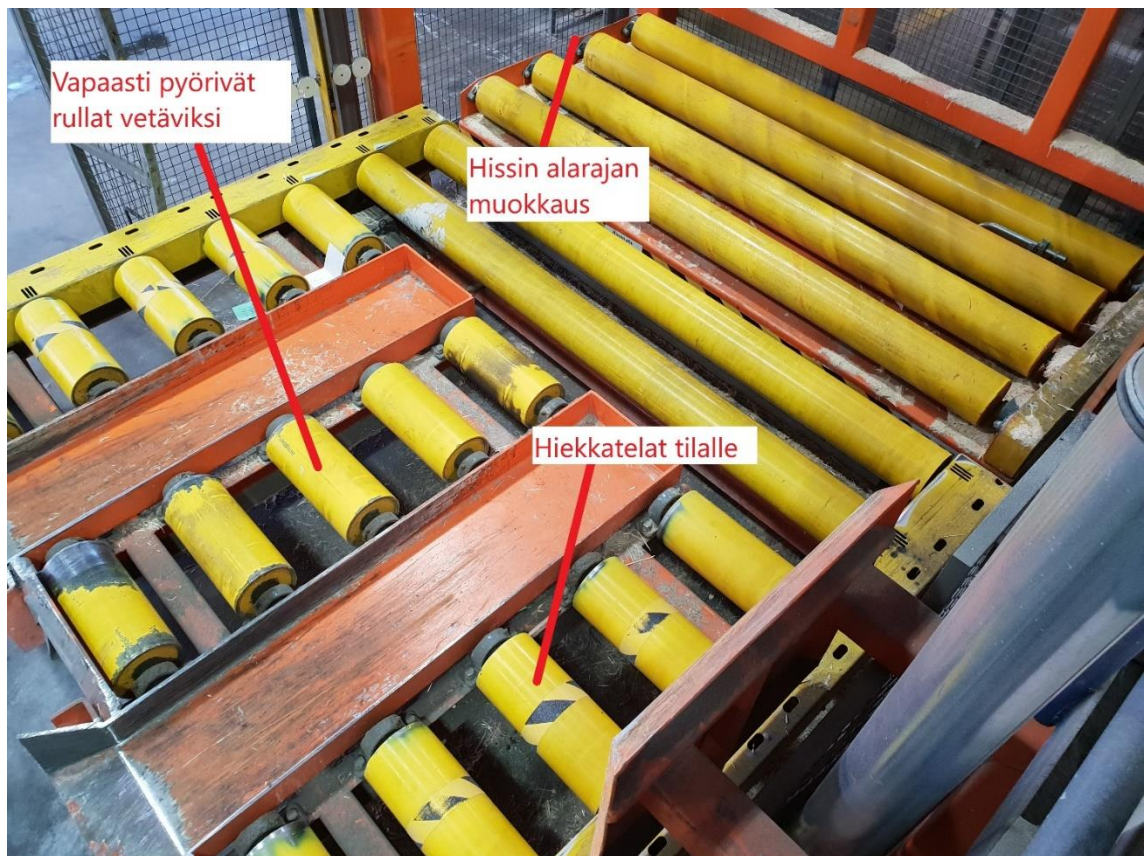
## Liitteet

Liite 1. Havuvanerin pintakäsittelylinjan kehitysehdotukset

### Havuvanerin pintakäsittelylinjan kehitysehdotukset

#### 1. Syöttörullasto ja syöttöhissi

Syöttörullaston kaikki telat vetäviksi sekä hiekkatelat lisäämään pitoa. Hissin alarajan muokkaus niin, että hissi laskeutuu aina samalle tasolle alas tullessaan (esimerkiksi induktiivinen anturi).





## 2. Kirjoittimet

Kirjoittimien etupuolelle imulaatikot ja harjat, jotka poistavat hiontapölyn sekä muun ylimääräisen tavaran, joka likaa kirjoittimet.



### 3. Levyn oikaisu

Oikaisurullaston muutos siten, että vinot rullat pakottavat levyt vasteeseen ennen pintakäsittelyä.





#### 4. Suutinpaineen säätö

Automaattisesti säätävät venttiilit, jotka pitävät suutinpaineen tasaisena.



## 5. Pintakäsittelyaineen lisäys

Ohjelmamuutos siten, että pintakäsittelylinja ei pysähdy, kun pumpataan lisää nestettä altaaseen.

## 6. Levitysmäärän mittaus

Nestealtaan pinnankorkeusmittarin vaihto luotettavampaan mittariin, joka ei ole riippuvainen altaaseen syntyvästä vaahdosta. Esimerkiksi Sick LFP pinnankorkeusmittari, joka mittaa tarkasti vaahdosta riippumatta.





## 7. Risteysasema

Risteysasemalle leveämmät ja pitävämmät hihnat tai enemmän hihnoja estämään le-  
vyn kääntymistä.



## 8. Pinkkaus

Valokennojen vaihto sellaisiin, jotka eivät vaikuta höyrystä. Esimerkiksi kapasitiivinen anturi, joka tunnistamaan milloin levy on todellisuudessa mennyt purkuhissiin. Pinkkarille tulisi asentaa myös peili, jotta operaattorilla on sinne näköyhteys.



## 9. Vanerinipun tiedot pakkaukseen

Valmiin vanerinipun tiedot suoraan pintakäsittelylinjalta pakkaukseen sähköisesti. Käyttöpaneelille laitetaan ajossa olevan tilauksen tiedot jo valmiiksi, joten tiedot voisivat välittyä myös pakkaukseen.