

VÄÄKSYN OVITEHTAAN  
PINTAKÄSITTELYN  
KEHITTÄMINEN JA  
LIUOTINPÄÄSTÖJEN  
VÄHENTÄMINEN

Case: JELD-WEN Suomi Oy

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Prosessi- ja materiaalitekniikka  
Polymeeri- ja kuitutekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
Topias Takamäki

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Takamäki, Topias	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 34	Valmistumisaika Syksy 2018
Työn nimi <b>Vääksyn ovitehtaan pintakäsittelyn kehittäminen ja liuotinpäästöjen vähentäminen</b> Case: JELD-WEN Suomi Oy		
Tutkinto Insinööri (AMK), prosessi- ja materiaalitekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli ovivalmistaja JELD-WEN Suomi Oy. Työn tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia kehittää Vääksyn ovitehtaan pintakäsittelyä ja vähentää liuotin- eli VOC-päästöjä.</p> <p>Pintakäsittelyn kehittämisessä keskityttiin tutkimaan, voidaanko Vääksyn tehtaalla ovien pintakäsittelyssä ottaa tuotantokäyttöön pintamaali, jonka tiedettiin vähentävän ovien kellastumista sekä formaldehydi emissiota eli formaldehydipäästöjä. Tarve tuotekehitykseen oli noussut Saksan markkinoilta.</p> <p>Ympäristöviranomaiselle esitetyn VOC-päästöjen vähennyssuunnitelman mukaan tehtaalla VOC-päästöjä tulee vähentää joka vuosi. Liuotinpäästöjen vähentämiseksi työssä tutkittiin, voidaanko ovien pohjamaalauksessa käytettävä katalyyttipohjamaali vaihtaa mahdollisesti vähäpäästöisempään vaihtoehtoon tai kasvattaa vesipohjamaalauksen osuutta tuotannossa.</p> <p>Työn teoriaosuudessa esitellään kohdeyritys, käydään läpi pintakäsittelyn teoriaa, laatua ja päästöjä. Tutkimusosuudessa käydään läpi tehdyt testit ja niiden tulokset. Tutkimukset tehtiin Vääksyn tehtaalla testaamalla maalivaihtoehtoja tuotannossa. Testituloksia vertailtiin tuotannon nykytilaan ja ovien laatuvaatimuksiin.</p> <p>Työssä saatujen tuloksien perusteella testattua pintamaalia ei tulla ottamaan tuotantokäyttöön. VOC-päästöihin tutkimuksessa tehdyt testit eivät tuoneet vielä ratkaisua. Vesiohenteisten pohjamaalien osalta tutkimusta kannattaa vielä jatkaa. UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttö olisi ratkaisu pintakäsittelyn kehityskohteisiin ja liuotinpäästöjen vähentämiseen. Tutkimus tukeekin päätöstä siirtyä UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttöön.</p>		
Asiasanat pintakäsittely, pintamaali, pohjamaali, VOC-päästö, formadehydi emissio		

## Abstract

Author(s) Takamäki, Topias	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2018
	Number of pages 34	
Title of publication <b>Development of the surface finishing and reduction of VOC emissions at a door factory in Vääksy</b> Case: JELD-WEN Suomi Oy		
Name of Degree Bachelor's degree of materials and process technology		
Abstract <p>This thesis was made for a door manufacturer, JELD-WEN Suomi Oy. The purpose of the thesis was to examine possibilities to develop surface finishing and to reduce VOC emissions at their door factory in Vääksy.</p> <p>When developing surface finishing, the focus was examining the possibilities to start using a topcoat that is known to reduce doors yellowing and formaldehyde emission. The need for product development had come from the German market.</p> <p>The VOC emission reduction plan requires that the factory must reduce VOC emissions every year. One aim of the thesis was to study if the current primer can be changed to another with possible lower emissions or if it possible to increase the use of waterborne primers in production.</p> <p>The theoretical part presents the client company and goes through the theory of surface finishing, quality and emissions. In the practical part, tests and results are presented. Research was done in the Vääksy factory by testing coating alternatives in production. The results were compared to the current state of production and quality requirements of doors.</p> <p>As a result of the thesis, the tested topcoat will not be taken in production use. The tests did not provide a solution for reducing VOC emissions. It would be good to continue testing the use of a waterborne primer. The UV curable topcoat would be a solution to product development and reducing VOC emissions. The thesis supports the decision to move on to using UV curable topcoats.</p>		
Keywords surface finishing, topcoat, primer, VOC emission, formaldehyde emission		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
1.1	Alkusanat.....	1
1.2	Tausta, rajaukset ja tavoitteet .....	1
1.2.1	Tavoite 1.....	2
1.2.2	Tavoite 2.....	2
1.3	Tutkimusmenetelmät .....	3
2	JELD-WEN .....	4
2.1	Yrityksen kuvaus .....	4
2.2	Vääksyn tehtaan tuotanto .....	4
3	PINTAKÄSITTELY .....	5
3.1	Maalien raaka-aineet .....	5
3.2	Ohenteet.....	5
3.3	Kovetteet .....	6
3.4	Kuivumistavat .....	6
3.5	Maalityypit .....	7
3.5.1	Vesiohenteiset dispersiomaalit .....	8
3.5.2	Reaktiomaali: Katalyyttimaalit .....	8
3.5.3	UV-valossa kovettuvat maalit.....	8
3.6	Pintakäsittelyn työvaiheet .....	9
3.6.1	Esivalmistelut ja maalien levitys.....	9
3.6.2	Kuivaus ja jäähdytys.....	10
3.7	Oven rakenne .....	11
3.7.1	Lastulevy .....	11
3.7.2	HDF ja MDF.....	12
4	LAATU.....	13
4.1	Laadun määrittely .....	13
4.2	Hilaristikkokoe .....	13
4.3	Kiilto .....	14
4.4	Väri.....	15
4.5	JELD-WEN:in pintakäsittelyn laatu .....	16
5	PÄÄSTÖT.....	17
5.1	VOC .....	17

5.2	Formaldehydi.....	17
5.3	Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1.....	18
6	TUTKIMUS .....	19
6.1	Pintamaalitestit .....	19
6.1.1	Pintamaalitesti 1 .....	19
6.1.2	Pintamaalitesti 2 .....	22
6.1.3	Pintamaalitesti 3 .....	23
6.1.4	Pintamaalitesti 4 .....	25
6.2	Pohjamaalitestit .....	25
6.2.1	Pohjamaalitesti 1 .....	25
6.2.2	Pohjamaalitesti 2 .....	27
6.2.3	Pohjamaalitesti 3 .....	28
6.2.4	Pohjamaalitesti 4 .....	29
7	YHTEENVETO JA KEHITYSEHDOTUKSET .....	30
	LÄHTEET .....	32

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Alkusanat

Työskentelin kesällä 2018 JELD-WEN Suomi Oy:n Vääksyn ovitehtaalla. Kesätöissä ollessani syntyi pikkuhiljaa ajatus opinnäytetyön tekemisestä. Aihetta pohdittiin aluksi tuotantopäällikön kanssa, ja lopullisen muotonsa ja hyväksyntänsä opinnäytetyön aihe sai tehtaanjohtajalta. Toimeksiannoksi muotoutui Vääksyn ovitehtaan pintakäsittelyn kehittäminen ja liuotinpäästöjen vähentäminen.

Jatkuva tuotekehitys antaa yrityksen liiketoiminnalle jatkuvuuden. Saksasta saaduista asiakaspalautteista on noussut esiin tuotekehityskohteiksi ovien kellastumisen vähentäminen ja vähäpäästöisyys. Kellastuminen on ominaista katalyyttimaaleilla maalatuille tuotteille. Tämä on tärkeä kehityskohde myös muilla markkina-alueilla, sillä se parantaa laatua, vähentää reklamaatioita ja siten hävikkiä. Rakennusmateriaalien vähäpäästöisyys on nousemassa kuluttajille entistä tärkeämmäksi ominaisuudeksi, mikä on nähtävissä myös Saksan markkinoilla.

Tehtaan VOC-päästöjä tulee ympäristöviranomaiselle esitetyn vähennyssuunnitelman mukaan pystyä vähentämään joka vuosi. VOC-päästöt tarkoittavat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Lyhenne tulee englannin kielisistä sanoista: volatile, organic ja compound. Nousemuksesta johtuva tuotannon kasvu on haasteena päästöjen vähentämisessä. Jos vähennyssuunnitelman mukaisiin tavoitteisiin ei päästä, on Vääksyn tehtaalla tulevaisuudessa investoitava jälkipolttimeen.

## 1.2 Tausta, rajaukset ja tavoitteet

Opinnäytetyössä on kaksi tavoitetta. Ensimmäinen tavoite on kehittää ovien pintakäsittelyä. Pintakäsittelyn kehittäminen rajattiin koskemaan Tanskan ovitehtaan käytössä olevaa katalyyttipintamaalia. Maalin on todettu vähentävän ovien kellastumista sekä formaldehydiemissiota. Toinen tavoite on tutkia mahdollisuuksia vähentää tehtaan pintakäsittelystä syntyviä VOC-päästöjä. Tutkimuskysymykset on esitetty tarkemmin kohdissa 1.1.1 ja 1.1.2.

Pintamaalia on jo testattu keväällä 2018. Ongelmaksi muodostuivat

- kierrätysmaalin kokkaroituminen
- valmiin maalin liian nopea viskositeetin nousu
- maalin kuivuminen.



### 1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus voi olla kvantitatiivinen eli määrällinen, tai kvalitatiivinen eli laadullinen. Joskus tutkimus voi olla kumpaakin. (Heikkilä 2005, 16.) Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla selvitetään lukumääriä ja prosenttiosuuksia sekä asioiden välisiä riippuvuuksia tai tutkittavissa asioissa tapahtuneita muutoksia. Kvalitatiivinen tutkimus auttaa ymmärtämään tutkimuskohdetta ja selittämään sen käyttäytymistä. (Heikkilä 2005, 16.)

Tapaustutkimus soveltuu hyvin lähestymistavaksi, kun pyrkimyksenä on tuottaa syvällistä ja yksityiskohtaista tietoa tutkittavasta tapauksesta (case). Tapaustutkimus vastaa yleensä kysymyksiin ”miten?” ja ”miksi?”. Sen tarkoituksena on tuottaa uuta tietoa kehittämisen avuksi. Tapaustutkimuksissa käytetään monenlaisia määrällisiä ja laadullisia menetelmiä tai niiden yhdistelmiä. Aineistot kerätään yleensä luonnollisissa tilanteissa. (Moilanen, Ojasalo & Ritalahti 2015, 52–55.) Tämä opinnäytetyö on kvantitatiivinen eli määrällinen. Tutkimus on tapaustutkimus, jossa käytetään tiedonkeruumenetelminä havainnointia ja mittamista. Analysointiin käytetään kerätyn tiedon vertailemistä nykytilanteeseen.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan luotettavuutta ja toistettavuutta (Tilastokeskus 2018a). Lähde-aineisto on luotettavaa, ja tutkimus on mahdollista toistaa toisena ajankohtana. Validiteetti tarkoittaa sitä, miten hyvin tutkimuksen mittausmenetelmä mittaa tutkittavan ilmiön ominaisuutta, mitä on tarkoitus mitata (Tilastokeskus 2018b). Teoria tukee tutkimuskysymyksiä. Tutkimuksessa tehtävät kokeet suunnitellaan etukäteen ja kokeiden tulokset tuottavat mittaustuloksia, joita voidaan vertailla nykytilanteeseen.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käytetään pääasiassa suomalaisia lähteitä. Aineistoa kerätään kirjallisista ja elektronisista lähteistä, kuten artikkeleista. Tutkimusosuudessa tieto saadaan tehtävistä testeistä.



## 2 JELD-WEN

### 2.1 Yrityksen kuvaus

Vuonna 1960 Amerikassa perustettu JELD-WEN Inc on yksi maailman suurimmista ovi- ja ikkunavalmistajista. Nykyään yrityksellä on toimintaa 22:ssa eri maassa ja se työllistää yli 21 000 henkilöä. Euroopan markkinoilla toiminta alkoi 1993. Suomessa JELD-WEN:llä on kaksi tehdasta, jotka sijaitsevat Vääksyssä ja Kuopiossa. (JELD-WEN Suomi Oy 2018a.)

Vääksyn tehtaan yhteydessä sijaitsevat JELD-WEN Suomi Oy:n pääkonttori ja logistiikka-keskus (JELD-WEN Suomi Oy 2018a). Työntekijöitä on tuotannossa 85 ja logistiikassa 15. Toimihenkilöitä on 30. Tehdas valmistaa väliovia ja saunanovia Kotimaan markkinoille ja vientiin.

### 2.2 Vääksyn tehtaan tuotanto

Tuotanto koostuu materiaalien varastoinnista, komponenttien valmistuksesta, kasauksesta, pintakäsittelystä, tuotteiden pakkaamisesta sekä valmiiden tuotteiden varastoinnista. Tehtaalla on kaksi maalauslinjaa, joita kutsutaan nimillä maalauslinja 1 ja maalauslinja 2. Maalauslinjalla 2 ovia UV-lakataan ja pohjamaalataan vesiohenteisella pohjamaalilla. Maalauslinjalla 1 ovia pintamaalataan ja joitakin ovimalleja pohjamaalataan katalyytti-maaleilla.

Eri ovilla on erilaiset pintakäsittelyprosessit. Tällä hetkellä prosessit etenevä seuraavasti:

- Unique-ovet (Kotimaa) pohjamaalataan maalauslinjalla 1, jonka jälkeen ovien reunat hiotaan ja maalataan käsin. Tämän jälkeen ovet välihiotaan koneellisesti maalauslinjalla 2 ja pintamaalataan maalauslinjalla 1.
- Unique-ovet (Skandi) pohjamaalataan maalauslinjalla 2 ja pintamaalataan maalauslinjalla 1.
- Craft-ovet (Skandi) UV-lakataan ja pohjamaalataan maalauslinjalla 2 ja pintamaalataan maalauslinjalla 1.
- Saksan ovet pohjamaalataan maalauslinjalla 1, jonka jälkeen ovien reunat hiotaan ja maalataan käsin. Seuraavaksi ovet välihiotaan käsin ja maalataan uusi pohjamaalikerros maalauslinjalla 1. Lopuksi ovet välihiotaan käsin ja pintamaalataan maalauslinjalla 1.

### 3 PINTAKÄSITTELY

#### 3.1 Maalien raaka-aineet

Maalit ovat monen eri raaka-aineen yhdistelmiä. Raaka-aineet, joista maalit koostuvat, voidaan jaotella neljään ryhmään:

- sideaineet
- pigmentit ja täyteaineet
- liuotteet ja ohenteet
- apuaineet.

(Tikkurila 2018c, 1.)

Sideaineiden tehtävä on sitoa maalin aineosat yhteen ja kiinnittää maali alustamateriaaliin. Pigmenteillä annetaan kalvolle haluttu väri ja peittävyys. Täyteaineilla taas säädellään maalin viskositeettia sekä maalikalvon kovuutta ja kiiltoa. Liuottimien tehtävä on liuottaa sideaineet ja parantaa maalin levittymis- ja tasoittumisominaisuuksia sekä säädellä kuivumisaikaa. Ohenteen tehtävä on vähentää maalin viskositeettia. (Tikkurila 2018c, 1–3.)

Nykyisin maaleissa ja lakoissa käytetään vielä apuaineina: pehmittimiä, stabilisaattoreita, kostutusaineita, emulgointiaineita tai kuivatusaineita (Koponen & Isomäki 2003). Näitä käytetään parantamaan maalin eri ominaisuuksia ja helpottamaan maalien valmistamista. Yleensä apuaineiden määrä maalissa on hyvin pieni, mutta ne saattavat olennaisesti parantaa maalin ominaisuuksia. (Tikkurila 2018c, 3.)

Maalivalmistajien tuotteet ovat mahdollisimman käyttövalmiita. Käyttäjän tehtäväksi jää yleensä maalin viskositeetin säätö ohenteella ja tarvittaessa kovetteiden lisäys maalianokseen. (Koponen & Isomäki 2003.)

#### 3.2 Ohenteet

Ohenteita käytetään muuttamaan pinnoite sopivaan muotoon, jotta sitä voidaan levittää halutulle alustalle. Ohenteen tarkoitus on liuottaa myös sideainetta ja antaa hyvät tasoitusominaisuudet. Lisäksi ohenteilla voidaan vaikuttaa alustan kostumiseen sekä säätää haihtumisnopeutta virheettömän kalvon saamiseksi. Nopean haihtumisen hankaluutena on, että kalvo asettuu nopeasti. Hitaamman haihtumisen seurauksena kalvo tasoittuu paremmin, mutta samalla myös valumisriski kasvaa ja pinkkavuus hankaloituu teollisella linjalla. (Tikkurila 2018c, 6.)

Ohenne valitaan linja- ja pinkkausnopeus huomioiden. Ohenne on sekoitus eri haihtumisnopeuden omaavista liuottimista. Liuottimen liuotuskyky rajoittuu tarpeen mukaan yhteen tai useampaan sideainetyyppiin. Ohenteet räätälöidään jokaisen pinnoitteen tavoiteominaisuuksien mukaan. Yleensä ongelmat aiheutuvat sopimattomista ohenteista tai vääristä ohennemääristä. Pinnoitteiden tuoteselosteissa on kerrottu ohennesuositukset. Ohenteen valinnassa vaikuttavat yleensä myös työ- ja ympäristösuojelulliset tekijät. (Tikkurila 2018c, 6.)

### 3.3 Kovetteet

Kovetteilla tarkoitetaan aineita, joita laitetaan maalin sekaan aikaansaamaan kovettumisreaktio. Kovetteet voidaan jakaa kahteen luokkaan: kovettajiin ja katalyytteihin. (Tikkurila 2018c, 5.) Kovettaja osallistuu kuivumisreaktioon muodostamalla kalvon joko lakka- tai maaliolosuhteiden kanssa. Katalyytti puolestaan ainoastaan katalysoi eli nopeuttaa reaktiota, eli se ei itse osallistu varsinaiseen reaktioon. (Tikkurila 2018c, 5.)

Polyuretaani- ja epoksinpinnoitteissa käytetään toisena komponenttina kovettajaa. Happokovettuvissa pinnoitteissa taas käytetään katalyyttiä. Kovettajan sekä katalyytin annostelussa tulee noudattaa tarkoin annettuja ohjeita hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kullekin tuotteelle on aina ilmoitettu tarvittava kovetteen määrä. (Tikkurila 2018c, 5.)

### 3.4 Kuivumistavat

Maalityypit voidaan luokitella kuivumistavan perusteella fysikaalisesti ja kemiallisesti kuivuviin maaleihin (Kuusela, Larsen, Pyykkönen, Susi & Virtanen 2007, 21). Fysikaalisessa kuivumisessa maalikerros saa kiinteän muodon liuotteiden ja ohenteiden poistuessa. Tällöin sideaineen molekyylit siirtyvät niin lähelle toisiaan, että sitoutuminen tapahtuu molekyylien välillä. (Koponen & Isomäki 2003.) Fysikaalisesti kuivuvat maalit voidaan jaotella seuraavasti:

- liuotinohenteiset maalit
- vesiohenteiset maalit
- liuotteettomat maalit

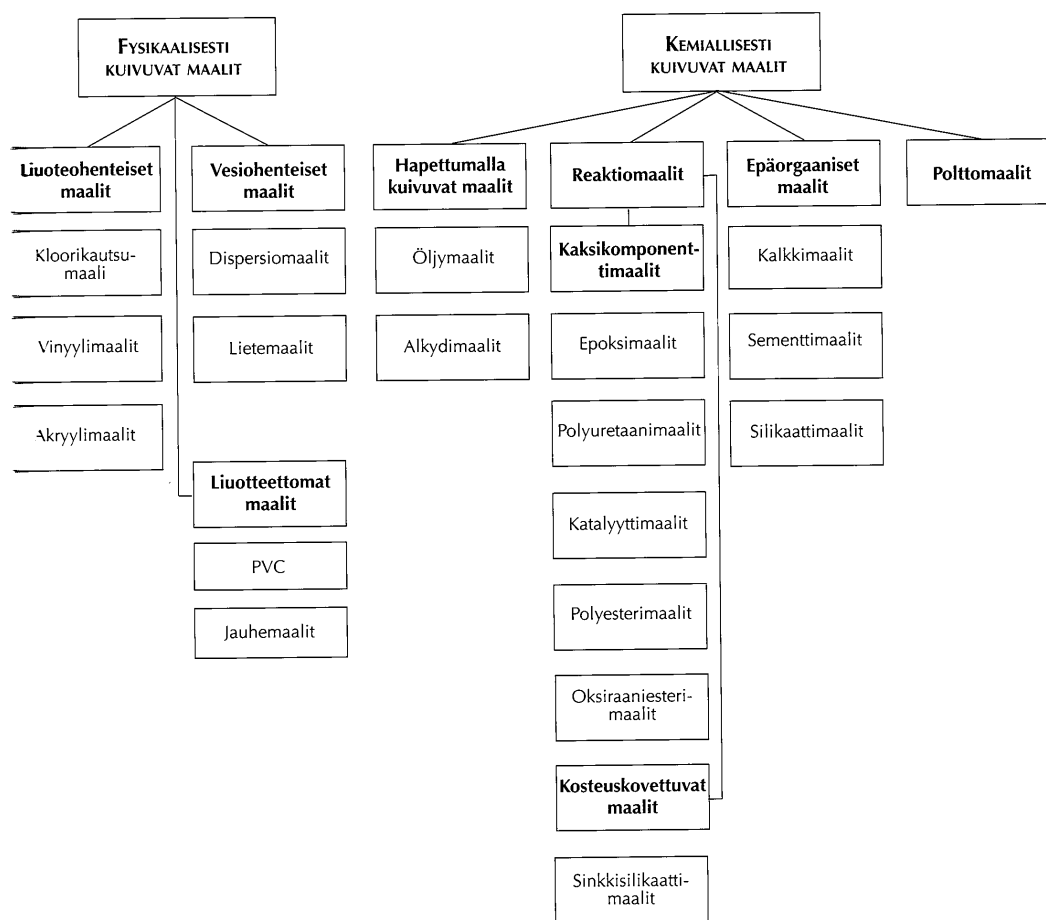
(Kuusela ym. 2007, 16).

Kemiallisesti kuivuvissa maaleissa maalien kalvo syntyy kemiallisessa reaktiossa, jossa pienimolekyylinen nestemäinen sideaine verkottuu. Syntynyt maalikalvo ei pehmene lämmössä eikä liukene liuotteisiin. Kemiallisesti kuivuvat maalit voidaan jaotella:

- hapettumalla kuivuvat maalit
- reaktiomaalit
- kemiallisesti kuivuvat polttomaalit
- epäorgaaniset maalit.

(Kuusela ym. 2007, 18.)

Tarkempi maalityyppien jaottelu on nähtävissä alla olevasta kuviosta 1.



Kuvio 1. Maalityyppien jako kuivumistavan mukaan (Kuusela ym. 2007, 21)

### 3.5 Maalityypit

JELD-WEN:n Vääksyn tehtaalla on käytössä vesiohenteisia dispersiomaaleja, katalyytti- maaleja ja UV-valossa kovettuvia lakkoja. Pääasiallisesti pintakäsittelyssä käytetään Vääksyn tehtaalla kahta maalia, joita kutsutaan tehtaalla nimillä Kuopion pintamaali ja Vääksyn pintamaali. Kuopion pintamaalia käytetään maalauksen kannalta helpommissa

ovissa linjanopeuden ollessa 8 m/min. Vääksyn pintamaalia käytetään haastavimmissa ovissa, jolloin linjanopeutena käytetään 6 m/min.

### 3.5.1 Vesiohenteiset dispersiomaalit

Vesi toimii vesiohenteisissa maaleissa maalin ohentajana ja se on lisätty maalinvalmistuksen yhteydessä. Maaleissa käytetään tarvittaessa pieniä määriä orgaanisia apuliuottimia esimerkiksi alkoholeja helpottamaan työstöä. (Tikkurila 2018a.) Maalikalvo kovettuu veden ja apuliuotteiden haihtuessa (Kuusela ym. 2007, 17).

Dispersiomaaleille on muodostunut nimitys lateksimaali. Lateksimaalit ovat maaleja, joissa pienet sideaineena toimivat polymeerihiukkaset, kuten akrylaatit, ovat vapaana vedessä. (Puuproffa 2018; Tikkurila 2018c, 2.) Maalit kuivuvat fysikaalisesti (Puuproffa 2018). Dispersiomaaleilla on kasvava merkitys VOC-päästöjen vähentämisessä (Tikkurila 2018c, 2).

### 3.5.2 Reaktiomaali: Katalyyttimaalit

Katalyyttimaalit sisältävät maaliosan ja happo-osan (Kuusela ym. 2007, 19). Katalyyttimaaleissa maalin sideaine alkaa muodostamaan verkkorakennetta maalin pH-arvon muuttuessa happamaksi kovetteen ansiosta. Katalyyttimaalissa kovete ei ole itse osana muodostuvaa maalikalvoa. Katalyyttikovete haihtuu pois maalikalvosta joko osittain tai kokonaan. (Jokinen 2018.) Maalikalvosta muodostuu kova ja kimmoisa kalvo (Kuusela ym. 2007, 19).

Katalyyttimaalit ovat liuteohenteisia, joten jälkiohennuksessa on käytettävä samoja liuotteita sisältäviä ohenteita. Orgaaniset liuotteet, kuten esimerkiksi alifaattisista hiilivedyistä koostuva alifaattinen liuotinbensiini, aiheuttavat maalien merkittävimmät ympäristöongelmat. (Tikkurila 2018a.)

### 3.5.3 UV-valossa kovettuvat maalit

UV-valossa kovettuvat maalit ja lakat ovat kemiallisesti kuivuvia reaktiomaaleja, jotka ovat yksikomponenttisiä. Kovettuminen tapahtuu UV-valon vaikutuksesta ilman kovetetta. (Tikkurilan puuteollisuusmaalien maalausneuvonta 2018.)

UV-kovettuvien akrylaattihartsien valmistusprosessissa akryylihapon annetaan reagoida hartsin kanssa. Tällaisia akrylaattihartseja ovat esimerkiksi epoksiakrylaatit, polyesteriakrylaatit ja polyuretaaniakrylaatit. Edellä mainitut sideaineet kovettuvat UV-valossa muutamissa sekunneissa. Vesiohenteisissa tuotteissa näitä sideainetyyppejä käytetään dispersiomuodossa. (Tikkurila 2018c, 2.)

### 3.6 Pintakäsittelyn työvaiheet

Pintakäsittely koostuu pohja- ja pintamaalausvaiheista. Maalauskerrojen välissä ovet välihiotaan. Teollisessa mittakaavassa maalaamo muodostuu pintakäsittelylinjasta, joka voi sisältää seuraavia osioita:

- harjaus ja hionta
- esilämmitys
- maalinlevitys
- kuivaus
- jäähtytys.

(Varis 2016, 246.)

Oviteollisuudessa pintakäsittelylinjat ovat usein rakennettu U:n muotoisiksi, jolloin linjanpäässä sijaitsee sivuttaissiirtäjä ja kääntäjä. Näin ovet tulevat maalatuksi molemmilta puolilta. (Tikkurila 2018c, 28.) Vääksyssä ovia pintakäsitetään kahdella automatisoiduilla maalauslinjalla. Tehtaan tuotanto on kuvattu tarkemmin kohdassa 2.1.

#### 3.6.1 Esivalmistelut ja maalien levitys

Maalauksen lopputuloksen kannalta on tärkeää, että maalattava pinta hiotaan ennen maalausta ja maalauskerrojen välissä. Tarkoituksena on tasoittaa alustamateriaalia ja antaa maalille sopiva tartunta-alusta. (Koponen & Isomäki 2003.) Tikkurilan mukaan huono hionta voi aiheuttaa ongelmia maalin kiinnitartumisessa (Tikkurila 2018c, 61).

Maalien levitysmenetelmiä on erilaisia. Tärkeimpiä ovat telamaalaus, valumaalaus ja ruiskumaalaus. (Varis 2016, 246.) Vääksyn tehtaalla käytetään ruiskutusmenetelmää. Myös maalin ruiskutusmenetelmiä on useampia esimerkkeinä niistä: hajoitusilmaruiskutus, korkeapaineruiskutus ja ilma-avusteinen korkeapaineruiskutus. Hajoitusilmaruiskutuksessa maali hajotetaan sumuksi paineilman avulla. Korkeapaineruiskutuksessa maali syötetään korkealla paineella ruiskun pienen suuttimen läpi. Purkautuessaan suuttimesta maali hajoaa sumuksi paine-erosta johtuen. Ilma-avusteinen korkeapaineruiskutus on sekoitus hajoitusilmaruiskutusta sekä korkeapaineruiskutusta. (Tikkurila 2018c, 19–20.)

Ovi- ja kalusteteollisuuden pintakäsittelylinjoilla käytetään maalien levitykseen yleensä vaakatraverssiruiskuautomaatteja. Vaakatraverssiruiskuautomaatissa ruiskut liikkuvat lineaarisella vakionopeudella kuljettimen yläpuolella. Linjanopeus on yleensä välillä 1.5-9

m/min. Ruiskutusatomaatteissa voidaan käyttää kaikkia yläpuolella mainittuja ruiskutusmenetelmiä. (Tikkurila 2018c, 22–23.)

Vääksyn tehtaalla pintakäsittelylinjoilla on vaakatraverssiruiskuautomaatit, joissa käytetään Airmix ruiskuja eli ilma-avusteisia korkeapaineruiskuja. Airmix ruiskujen etuna on korkea hyötysuhde. Maalausyksikkö kerää ohiruiskutuksen talteen. Ohiruiskutettu maali suodataan ja käytetään uuden maali jatkeena. (Sakoni Oy 2018.)

### 3.6.2 Kuivaus ja jäähdytys

Pintakäsittelylinjoilla käytetään erilaisia teknisiä ratkaisuja levitetyn maalikalvon kuivatukseen. Tällaisia ovat muun muassa kerrosuunit, UV-uunit ja kuivaustunnelit. (Tikkurila 2018c, 33.) Vääksyn tehtaalla on käytössä maalauslinjalla 2 kerrosuuni vesipohjamaalin kuivatukseen sekä UV-uuni UV-lakan kuivausta varten. Maalauslinjalla 1 on käytössä kuivaustunneli katalyyttimaalien kuivaukseen.

Kerrosuunien kuivaus perustuu konvektionaaliseen lämpöön. Uunit koostuvat haihdutus-, kuivaus- ja jäähdytysvyöhykkeistä, joita voi olla esimerkiksi kolme, neljä tai kuusi tarpeen mukaan. Kerrosuunien etuna on se, että ne vievät vähän lattiapinta-alaa. Toisaalta haittana on maalikalvon pidempi kuivausaika. (Tikkurila 2018c, 33–34.)

UV-uunit tarvitsevat muihin uunityyppeihin verrattuna vähän tilaa. Uunissa on UV-säteilyä tuottavat elohopea- tai galliumlamput, joka kovettavat maalipinnan muutamissa sekunneissa. Kuivaustavan etuna on se, että UV-kuivaus ei vaadi yleensä erillistä haihdutusvyöhykettä. Haittana on taas lamppujen tehon heikentyminen ajan kuluessa. (Tikkurila 2018c, 35.) UV-kuivaus soveltuu vain UV-valossa kovettuvien maalien ja lakkojen kuivaukseen.

Kuivaustunnelit jaetaan eri vyöhykkeisiin:

- esilämmitysvyöhyke
- haihdutusvyöhyke
- kuivausvyöhyke
- jäähdytysvyöhyke (Tikkurila 2018c, 33).

Ennen varsinaista pintakäsittelyä on esilämmitysvyöhyke, jonka tarkoituksena on nopeuttaa liuottimien haihtumista ja tasata pintalämpöeroja, lämmittämällä kappaleet ennen pintakäsittelyä. (Tikkurila 2018c, 33.) Haihdutusvyöhykkeessä maalikalvo tasaantuu, laskeutuu, mahdolliset ilmakuplat puhkeavat ja osa liuottimista poistuu. Tämän saavuttamiseksi

haihdutusvyöhykkeen ilman nopeuden ja lämpötilan tulee olla riittävän matalat. (Tikkurila 2018c, 33.)

Kuivausvyöhykkeessä ilman nopeus ja lämpötila ovat korkeammat kuin haihdutusvyöhykkeessä. Kuivumisen nopeuttamiseksi kuivausvyöhykkeessä käytetään apuna myös IR-säteilyä. Kuivauksessa pinnoitekalvosta haihtuvat loput ohenteet. Liika liuottimien määrä kuivausvaiheessa voi aiheuttaa pinnan kiehumista. Tavoitteena on, että kuivauksen jälkeen pinnoitetut kappaleet olisivat käsittelykuivia tai pinkattavissa. (Tikkurila 2018c, 33.)

Jäähdytysvyöhykkeessä kappale jäähdytetään käsiteltävään ja pinkattavaan lämpötilaan. Erityisesti vesiohenteisilla dispersio-, katalyytti- ja polyuretaanimaaleilla jäähdytys on tärkeä osa kuivausta, koska kuivumisreaktio voi olla vielä keskeneräinen ja liian aikainen pinkkaus saattaa aiheuttaa kiillottumia maalipinnassa. Liian lämpimien kappaleiden pinkkaaminen saattaa aiheuttaa myös maalatujen kappaleiden toisiinsa kiinnitarttumista ja painaumajälkiä. (Tikkurila 2018c, 33.)

### 3.7 Oven rakenne

Työssä pintakäsiteltävien ovien rakenne on esitetty alla olevassa kuvassa (kuva 1). Oven kehys on sormijatkettua massiivipuuta, joka on vuorattu puukuitulevyllä. Peilit ovat MDF-levyä tai lastulevyä ovimallista riippuen. (JELD-WEN Suomi Oy 2018b.)



KUVA 1. Oven rakenne (JELD-WEN Suomi Oy 2018b)

#### 3.7.1 Lastulevy

Lastulevy on puupohjainen levy ja monilta ominaisuuksiltaan puunkaltainen. Levyn raaka-aineena käytetään puunjalostuksen sivutuotteina syntyvää haketta, sahanpurua ja lastua sekä pienpuuta ja kierrätyspuuta. Lastuiksi prosessoidun raaka-aineen sekaan lisätään lämpötilassa kovettuvaa liimaa, jonka jälkeen lastumatto kuumapuristetaan levyksi. Levyn



rakenne on kolmikerroksinen, jossa pinnalla olevat lastut ovat pienempiä. Johtuen valmistusmenetelmästä lastulevy on tasalaatuista ja säilyttää hyvin suorautensa. (Varis 2017, 200–203.)

Lastulevyä voidaan käyttää sellaisenaan raakalevynä tai jalostaa eteenpäin esimerkiksi melamiinipinnoitetuksi lastulevyksi (Varis 2017, 200). Jalostuksessa lastulevyjä voidaan pinnoittaa muun muassa filmipinnoitteilla, muovikalvoilla, laminaateilla, puuviilulla, metallikalvoilla ja paperilla. Levy on pinnoitettava molemmilta puolilta käyristymisen estämiseksi. (Varis 2017, 216.)

### 3.7.2 HDF ja MDF

MDF-levy valmistetaan ns. kuivamenetelmällä eli märkäkuitu kuivataan ja viedään kuivana sirotteluun ja puristukseen. Valmistusprosessissa kuitujen sekaan sekoitetaan liima, joka kovettuu kuumapuristimessa. Prosessi muistuttaa lastulevyprosessia, jossa syntyvä levy on molemmilta pinnoilta sileä. Euroopan puulevyteollisuudessa MDF:ää tuotetaan toiseksi eniten. (Varis 2017, 227.)

MDF-levytyypit voidaan jakaa kolmeen luokkaan riippuen levyn tiheydestä: HDF (High Density MDF), LDF (Low Density MDF) ja ULDF (Ultra Low Density MDF). Levyjen koneistettavuus on hyvä, koska ne on valmistettu kuiduista. Johtuen hyvästä koneistettavuudesta kalusteteollisuus ja oviteollisuus ovat merkittäviä MDF-levyn käyttäjiä. (Varis 2017, 230.)

MDF levyjen pintakäsittelyssä suurimman haasteen luo kuitujen pystyyn nouseminen maalattaessa. Kuitujen turpoaminen ja nousu on vahvinta kohdissa, joista levyn tiivis pinta on jyrsky auki, esimerkkinä ovipeilien urat. Jyrskityn pinnan alla levyaines on huokoisempaa, siksi maali imeytyy materiaaliin enemmän ja nostattaa kuituja. (Tikkurila 2018c, 13.)

Kuitujen nousu on ongelmana etenkin vesiohenteisten maalien kanssa. Parhaimpaan lopputulokseen päästään käyttämällä liuotinohenteisiä maaleja ja hiomalla urat jokaisen maalauskerroksen välissä. Maalattaessa vesiohenteisillä tuotteilla päästään parhaimpaan lopputulokseen maalaamalla kaksi pohjamaalikerrosta. Ensimmäinen kerros on ohut, ja se kuivataan nopeasti. Tämän jälkeen maalataan toinen paksumpi kerros. Ensimmäistä pohjamaalikerrosta ei hiota, vaan hionta tehdään vasta ennen pintamaalausta. (Tikkurila 2018c, 13.)

HDF-levy on tiiviimpää kuin MDF-levy. Se on helpompi maalata, ja ongelmallinen kuitujen nouseminen ei ole niin voimakasta. Muuten levyn maalaaminen ei eroa MDF-levyjen maalauksesta. (Tikkurila 2018c, 13.)

## 4 LAATU

### 4.1 Laadun määrittely

Laadun määritelmiä on paljon. Laatu myös muodostuu monista asioista eikä tarkoita ainoastaan tuotteen virheettömyyttä. (Kuusela ym. 2007, 129.) Kirjassa ”Pinnalle, Maalaustyön perustaidot”, laatu on määritelty alla olevalla tavalla.

*Yleisesti laadulla tarkoitetaan asiakkaiden tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla* (Kuusela ym. 2007, 129).

Laatua on vaikea arvioida pelkästään lopputarkastuksen perusteella. Tästä syystä laatua ohjataan ja valvotaan koko maalausprosessin aikana. Laadun varmistuksessa varmistetaan, että

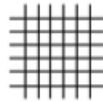
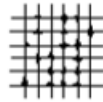
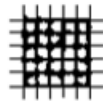

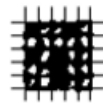
- maalaus on sopimuksien, ohjeiden ja standardien mukainen
- maalaustyössä virheet on minimoitu
- maalaus tehdään mahdollisimman taloudellisesti.

Tavoitteena on varmistaa, että asiakas saa odotustensa mukaisen lopputuotteen. (Kuusela ym. 2007, 130.) Maalauksen tarkastus tehdään useimmiten silmämääräisesti, jolloin on huolehdittava riittävästä valon voimakkuudesta. Tuloksien perusteella päätetään lisätarkastustarpeista. (Kuusela ym. 2007, 131.)

### 4.2 Hilaristikkokoe

Hilaristikkokoe on yksi menetelmistä, joilla voidaan tutkia maalin kiinnitarttumista alustamateriaaliin. Kokeessa maalikalvon läpi viilletään suorakulmainen ristikko, jonka jälkeen ristikko harjataan standardin ohjeiden mukaisesti. Kovilla alustamateriaaleilla käytetään harjauksen lisäksi teippiä. Ristikkoa tarkastellaan visuaalisesti ja annetaan kiinnitarttumista arvio standardin SFS-EN ISO 2409 arvosteluasteikon mukaan (Taulukko 2). (Kuusela ym. 2007, 134.) JELD-WEN:in sisäisten laatumääritelmien mukaan hyväksyttävä tulos hilaristikkokokeesta on 0-3.

Taulukko 2. Koetulosten luokittelu (SFS-EN ISO 2409 2013, 26)

Luokitus	Kuvaus	Ulkonäkö leikkausalueella, josta hilseilyä on tapahtunut <sup>a)</sup> (Esimerkki kuudelle rinnakkaisleikkaukselle)
0	Leikkausurien reunat ovat täysin sileät, yksikään ristikon ruuduista ei ole irronnut.	
1	Pientä hilseilyä urien leikkauspisteissä. Leikkausristikon alueesta korkeintaan 5 % on vaurioitunut.	
2	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta tai urien leikkauspisteissä. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 5 % mutta korkeintaan 15 %.	
3	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta osittain tai kokonaan suurina kaistaleina tai on hilseillyt osittain tai kokonaan ruutujen eri osista. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 15 % mutta korkeintaan 35 %.	
4	Pinnoite on hilseillyt urien reunoilta osittain tai kokonaan suurina kaistaleina tai joitain ruutuja on irronnut osittain tai kokonaan. Leikkausristikon alueesta on vaurioitunut enemmän kuin 35 % mutta korkeintaan 65 %.	
5	Mikä tahansa hilseily, jota ei voida luokitella edes luokitteluasteen 4 mukaisesti.	-
<sup>a)</sup> Luvut ovat esimerkkejä hilaristikosta eri luokissa. Ilmoitetut prosenttiosuudet perustuvat kuvien perusteella saatuun silmämääräiseen vaikutelmaan, eikä samoja prosenttiosuuksia välttämättä saada digitaalisella kuvantamisella.		

### 4.3 Kiilto

Kiiltoaste kuvaa mitattavan pinnan valon heijastusominaisuutta. Kiiltoon vaikuttavat: heijastuskerroin, heijastuskulma ja pinnan tasaisuus. (Mitaten Finland 2015.) Kiiltoa voidaan mitata kiiltomittarilla. Kiiltomittari määrittää laskennallisen kiiltoasteen heijastamalla ihmisilmälle näkyvää valon aallonpituutta kappaleen pintaan tietyssä kulmassa ja mittaamalla pinnasta heijastuvan valon intensiteetin. (Suomen Turvaprojektit Oy 2018.) Puuteollisuudessa kiillon mittauksessa käytetään yleensä 60° heijastuskulmaa. Alapuolella taulukossa

3 on esitetty kiiltoasteiden luokittelu. (Tikkurila 2018c, 51). JELD-WENIN sisäisten laatu-määritelmien mukaan ovien kiillon tulisi olla välillä 20-25 kiiltoyksikköä.

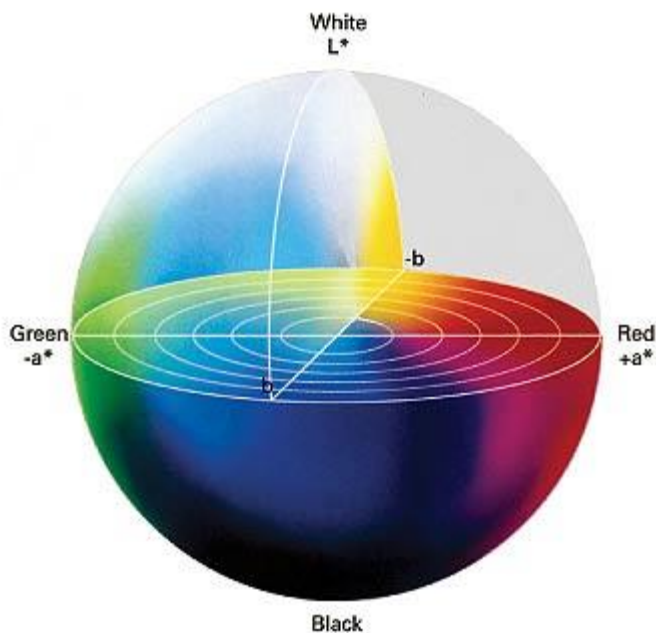
Taulukko 3. Kiiltoasteiden luokittelu (Tikkurila 2018c, 51)

Kiiltoyksikkö	Nimellinen merkintä	RYL numerointi
90-100	täyskiiltävä	1
81-90	korkeakiiltoinen	1
61-80	kiiltävä	2
36-60	puolikiiltävä	3
11-35	puolihimmeä	4
6-10	himmeä	5
0-5	täyshimmeä	6

#### 4.4 Väri

Silmät pystyvät havaitsemaan värieroja, mutta ongelmana tuotantoa ajatellen on silmien antaman tiedon epämääräisyys. Tuotannossa apuna värierojen havaitsemiseen voidaan käyttää värimittaria, joka antaa numeeriset arvot värierojen suuruudelle ja suunnalle. Värimittarit käyttävät yleensä CIELAB-väriavaruutta (kuva 2) numeerisien väriarvojen antamiseen. CIELAB-värijärjestelmässä on kolme koordinaattia:

- L musta - valkea
- A vihreä - punainen
- B keltainen - sininen. (Mitaten Finland 2015.)



Kuva 2. CIELAB väriavaruus (Williams 2002)

Väriero ilmoitetaan deltalukuna  $\Delta$ . Värieron mittarina käytetään yleensä kokonaisvärieroa  $\Delta E$ , joka lasketaan kaavalla 1. (Goldschmidt & Streitberger 2003, 367; Mitaten Finland 2015.) JELD-WEN:in sisäisten laatumääritelmien mukaan kokonaisvärieron tulee olla alle  $\Delta E$  0.7.

Kaava 1. Kokonaisvärieron laskukaava

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

#### 4.5 JELD-WEN:in pintakäsittelyn laatu

Alla JELD-WEN:in käyttämät puuvien pintakäsittelyn laatumääritteet, jotka perustuvat standardiin SFS 4434 EHD Puuvien laatumääritykset (JELD-WEN 2018b).

*Oven ja karmin pinnan virhettä tulee arvioida normaalilta katseluetäisyydeltä, joka tarkoittaa 1-2 metriä. Valon tulee kohdistua oven pinnalle katsojan takaa. Pintaa arvioidaan kokonaisuutena ja huomioon otetaan pinnalle ominainen rakenne. Pinnan tulee olla yleisvaikutelmaltaan yhdenmukainen. (JELD-WEN 2018b.)*

## 5 PÄÄSTÖT

### 5.1 VOC

Kysyntää ympäristöystävällisemmälle tuotannolle luo kuluttajien lisääntynyt halu suojella ympäristöä. Ympäristöasioiden huomioon ottamisen ohella voidaan yrityksessä kasvattaa työntekijöiden motivaatiota sekä parantaa tuotannon laadukkuutta. Ympäristön suojeleminen on vähitellen laajenemassa tuotannosta tuotteiden koko elinkaariin, lainsäädännöistä sekä yritysten oma-aloitteisuudesta johtuen. (Hakala & Lyytimäki 2008.)

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä kutsutaan VOC-yhdisteiksi, joita ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt, aldehydit, halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit (Hengitysliitto 2018b). Liuotepäästöjä kutsutaan yleisesti VOC-päästöiksi. Tutkimusten mukaan VOC-päästöt myötävaikuttavat otsonin muodostumiseen ja ovat suurina pitoisuuksina haitallisia ihmisille, eläimille ja ympäristölle. (Tikkurila 2018b.)

Erilaisia haitallisia VOC-yhdisteitä on paljon, mutta etenkin useamman VOC-yhdisteen yhteisvaikutuksen epäillään olevan terveydelle haitallisia. Uusissa taloissa VOC-päästöt ovat korkeimmillaan noin puoli vuotta. Päästöt ovat peräisin rakennusmateriaalien liuotin- ja raaka-ainejäämistä sekä valmistusprosesseissa syntyvistä reaktio- ja hajoamistuotteista. (Hengitysliitto 2018b.)

Teollisuudesta syntyviä VOC-päästöjä rajoitetaan lainsäädännöllä. Suomen teollisuudessa VOC-päästöjä aiheuttavien tuotteiden käyttöä rajoittavat valtioneuvoston asettama teollisuus- ja tuote-VOC-asetus sekä EU:n alueella voimassa olevat VOC-direktiivit. (Tikkurila 2018b.)

### 5.2 Formaldehydi

Formaldehydi on aldehydeihin kuuluva pistävän hajuinen ja väritön kaasu. Se voi aiheuttaa silmien ja ylähengitysteiden ärsytystä jo pieninä pitoisuuksina. (Hengitysliitto 2018a.) Formaldehydi on luokiteltu EU:n luokituslainsäädännön mukaan mahdollisesti syöpää aiheuttavaksi (H350) ja sen epäillään aiheuttavan perimävaurioita (H341). Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luokitellut formaldehydin ihmiselle syöpää aiheuttavaksi tutkimuksien ja eläinkokeiden perusteella. (Jumpponen & Veijalainen 2018)

Formaldehydiä muodostuu muun muassa metaanin hapettumisen seurauksena, joten puhtaassa ulkoilmassakin on formaldehydiä pieniä määriä. Sisätiloissa formaldehydipitoisuudet ovat usein suurempia. Rakennus- ja sisustusmateriaalit ovat sisätilojen pääasiallisia formaldehydin päästölähteitä. Päästölähteitä voivat olla esimerkiksi happokovettuvilla

maaleilla käsitellyt kiintokalusteet, koska suurin osa happokovettuvissa maaleissa käytävistä sideaineista vapauttaa formaldehydiä. (Jumpponen & Veijalainen 2018; Heikkilä, Priha & Savela 1991, 6.) Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut sisäilman formaldehydipitoisuuksille raja-arvot (545/2015) asumisterveysasetuksessa (Hengitysliitto 2018a).

### 5.3 Rakennusmateriaalien päästöluokitus M1

Hyvän sisäilman aikaansaamiseksi on sisäilma-asiat otettava huomioon rakentamisen kaikissa vaiheissa. Sisäilmaan vaikuttaa muun muassa käytettävät rakennusmateriaalit. Rakennusmateriaalien päästöluokitus on Sisäilmayhdistys ry:n kehittämä. Päästöluokituksen hakeminen perustuu vapaaehtoisuuteen ja luokituksen myöntää Rakennustietosäätiö RTS sr. Luokituksen tarkoituksena on edistää vähäpäästöisten rakennusmateriaalien käyttöä ja kehitystä. (Rakennustietosäätiö RTS sr 2018b.)

Luokitus haetaan tuote- ja yrityskohtaisesti. Yritys voi käyttää myönnettyä M1-luokitustunusta markkinoinnissa vain luokitelluiden tuotteiden kohdalla. Luokitus on voimassa kerrallaan kolme vuotta, jonka jälkeen se on uusittava. (Rakennustietosäätiö RTS sr 2018b.) Rakennusmateriaalien päästöluokituksessa on vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille. M1-merkki kertoo, että tuote on vähäpäästöinen. Päästöluokituksessa luokitellaan:

- rakennusmateriaaleja
- kiintokalusteita, kuten keittiökaappeja, tasoja ja ovia
- päällystämättömiä huonekaluja, kuten lipastoja, hyllyjä, tuoleja ja kaappeja.

(Rakennustietosäätiö RTS sr 2018b.)

Neljän viikon ikäisistä tuotteista testataan seuraavat ominaisuudet:

- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio
- formaldehydin emissio
- ammoniakin emissio
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden emissio
- haju.

(Rakennustietosäätiö RTS sr 2018a.)

## 6 TUTKIMUS

### 6.1 Pintamaalitestit

Pintamaalitestien tarkoituksena oli selvittää Tanskan tehtaalla käytössä olevan maalin soveltuvuutta Vääksyn tuotantoon. Testejä tehtiin kolme: pintamaalitestit 1, 2 ja 3. Näiden lisäksi tehtiin alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta poiketen ylimääräinen pintamaalitesti 4, jonka tarkoituksena oli selvittää alustavasti, UV-valossa kovettuvan vesiohenteisen pintamaalin soveltuvuutta Vääksyn tehtaassa valmistettaville oville.

#### 6.1.1 Pintamaalitesti 1

##### TESTIN SELOSTUS:

Ensimmäisessä testissä kokeiltiin, onnistuuko maalaus maalintoimittajan edustajan ehdottamalla nopeammalla ohenteella. Testiovinä oli 56 kappaletta vesipohjamaalattuja Unique-ovia (Skandi).

Ensin maalattiin 28 ovea normaaleilla ajo-arvoilla. Seuraavaksi maalattiin 28 oven sarja nostamalla kahden IR-uuni tehoja. Tarkoituksena oli kokeilla, vaikuttavatko korkeammat IR-uunien tehot kuivamiseen.

Ovet pinottiin eri nippuihin ja jätettiin pinkkaustettiin. Pinkkaustestin tarkoituksena oli varmistaa, että ovet ovat kuivaneet riittävän hyvin eivätkä tartu toisiinsa kiinni. Ovien annettiin olla nipuissa vuorokausi. Taulukossa 4 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mittaustulokset.



Taulukko 4. Testiajotaulukko

28.8.2018		Ajo 1	Ajo 2
Ovimalli		Unique (Skandi)	Unique (Skandi)
Alustamateriaali		VL1412+ED1225-5505	VL1412+ED1225-5505
Kappalemäärä		28	28
Maali		DH940-9001	DH940-9001
Sävy		NCS S 0502-Y	NCS S 0502-Y
Ohenne		DT890 (1.6 L)	DT890 (1.6L)
Kovettaja 12%		DV309	DV309
Viskositeetti		22 sek	22 sek
Levitys		110 g/m <sup>2</sup>	110 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila		25 °C	25 °C
Linjanopeus		8 m/min	8 m/min
IR-lohko1		23%	23%
IR-lohko 2		80%	100%
IR-lohko 3		90%	100%
IR-lohko 4		100%	100%
Oven pintalämpö esilämmityksen jälkeen		36 °C	36 °C
Oven pintalämpö uunin jälkeen		78 °C	82 °C
Pinkkaus lämpötila		28 °C	30 °C
<b>Kiilto</b>	Peili	27-29	28-30
	Sivu	31-33	31-33
<b>Kokonaisväriero</b>	Peili	ΔE 0.45	ΔE 0.45
	Sivu	ΔE 0.29	ΔE 0.29
<b>Hilaristikkokoe</b>	Peili	2	2
	Sivu	2	2

## HAVAINNOT:

Maalin levityksessä ei ollut ongelmia. Ohenne toimi hyvin maalauksen aikana. Kierrätysmaali ei puuroutunut eikä valmiin maalin viskositeetti noussut maalauksen kannalta liian nopeasti. Valmiin maalin viskositeetti mitattiin uudelleen noin 40 minuuttia sekoituksen jälkeen eikä huomattavaa eroa ollut.

Johtuen maalin korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta maalauskaapin suodattimet täytyi vaihtaa joka kierroksen jälkeen. Tällä hetkellä tuotantokäytössä olevalla Kuopion pintamaalilla maalattaessa suodattimet vaihdetaan joka neljäs kierros. Kierrätysmaalia ei käytetty testin aikana johtuen pienestä sarjasta.

## TULOKSET:

Maalatuista ovista mitattiin kiilto ja sävy sekä suoritettiin hilaristikkokoe. Kiilto oli hieman korkea, mutta maalitoimittajan edustajan mukaan helposti säädettävissä maalin valmistusvaiheessa. Pinkkaustestin jälkeen ovet olivat tiukasti kiinni toisissaan. Ovissa oli järjestäen kohtia, jotka olivat kiillottuneet, myös haju oli voimakas. Edellä mainitut tekijät viittaavat

maalin riittämättömään kuivamiseen. Nippujen välillä pinnanlaadussa tai kuivamisessa ei ollut havaittavia eroja.

Kaiken kaikkiaan 56 ovesta 14 ovea meni hiottaviksi ja uudelleen maalattaviksi. Syynä oli huomattavat kiillottumat ja yksittäiset maalikuplat. Kuvassa 3 näkyy yksi kiillottumien takia hylkyyn mennyt ovi. Todennäköisesti liuottimet eivät ehtineet haihtua riittävästi haihdutusvyöhykkeessä ennen maalikalvon muodostumista ja aiheuttivat pinnankiehumista kuivausvaiheessa muodostaen kuplia maalikalvoon.

Keväällä suoritetun testin ja pintamaalitestin 1 perusteella pintamaali ei ehdi kuivamaan Vääksyn pintakäsittelylinjalla 8m/min linjanopeudella. Testit sulki pois mahdollisuuden korvata Kuopion pintamaali testatulla maalilla.



Kuva 3. Kiillottumia ovessa

## 6.1.2 Pintamaalitestit 2

## TESTIN SELOSTUS:

Testin 2 tarkoituksena oli selvittää, kuivaako maali, jos linjanopeus on 6 m/min. Maalattavina ovina oli 50 vesipohjamaalattua Unique-ovea (Skandi).

Aluksi 25 ovea maalattiin normaaleilla IR-uunien tehoilla, jonka jälkeen kahden IR-uunin tehoja nostettiin kuten pintamaalitestissä 1. Maalattut ovet pinottiin kahteen eri nippuun ja jätettiin vuorokaudeksi pinkkaustestiin. Taulukossa 5 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mittaustulokset.

Taulukko 5. Testiajotaulukko

25.9.2018		Ajo 1	Ajo 2
Ovimalli		Unique (Skandi)	Unique (Skandi)
Alustamateriaali		VL1412+ED1225-5505	VL1412+ED1225-5505
Kappalemäärä		28	28
Maali		DH940-9001	DH940-9001
Sävy		NCS S 0502-Y	NCS S 0502-Y
Ohenne		DT890 (1.7 L)	DT890 (1.7L)
Kovettaja 12%		DV309	DV309
Viskositeetti		22 sek	22 sek
Levitys		110 g/m <sup>2</sup>	110 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila		22 °C	22 °C
Linjanopeus		6 m/min	6 m/min
IR-lohko1		23%	23%
IR-lohko 2		80%	100%
IR-lohko 3		90%	100%
IR-lohko 4		100%	100%
Oven pintalämpö uunin jälkeen		78 °C	82 °C
<b>Kiilto</b>	Peili	20-22	28-30
	Sivu	21-23	31-33
<b>Kokonaisväriero</b>	Peili	ΔE 0.54	ΔE 0.45
	Sivu	ΔE 0.69	ΔE 0.44

## HAVAINNOT:

Kiiltoasteessa testien välillä oli eroja. Syynä, ensimmäisenä maalattun nipun ovien alhaiseen kiiltoon, oli todennäköisesti aikaisemmasta testistä jäänyt pilaantunut maali, jolla maalaus aloitettiin. Purkki oli avattu ja se oli noin kuukauden vanha. Myös kokonaisväriero oli suurempi ensimmäisen ajon ovissa.

## TULOKSET:

Ensimmäisenä maalatun nipun seitsemän alinta ovea naksahelivat hieman pinkkaustestin jälkeen, mutta irtosivat kuitenkin helposti toisistaan. Kaikki korkeammilla IR-uunien tehoilla ajetut ovet olivat irti toisistaan.

Ovissa oli vähäisiä kiillottumia, jotka olivat havaittavissa vain kirkkaan valon alla oikeasta kulmasta katsottaessa (Kuva 4). Saksan ovien kanssa kiillottumia ei syntyisi, koska ovien väliin asetetaan pinoamisvaiheessa rimat. Myöskään aikaisemmassa testissä esiintyneitä maalikuplia ei ovissa ollut.



Kuva 4. Vähäisiä kiillottumia valmiissa maalipinnassa

### 6.1.3 Pintamaalitestit 3

#### TESTIN SELOSTUS:

Testin tarkoituksena oli maalata suurempi sarja ovia maalin toimintavarmuuden testaamiseksi sekä testata, että kierrätysmaalia voidaan käyttää uuden maalin jatkeena. Testissä maalattiin 260 kappaletta Craft-mallisia ovia.

Tarkoituksena oli ottaa yhdestä maalatusta ovesta M1-testeihin menevä koepala. M1-testin edellytyksenä oli, että maalauksen aikana ei havaita maalin tuotantokäyttöön ottamiseen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä. Pinkkaustesti suoritettiin yhdellä ovinipulla. Taulukossa 6 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mittaustulokset.

Taulukko 6. Testiajotaulukko

1.10.2018		Ajo 1
Ovimalli		Craft (Skandi)
Alustamateriaali		UL1767+ED1225-5505
Kappalemäärä		260
Maali		DH940-9001
Sävy		NCS S 0502-Y
Ohenne		DT890 (1.9 L)
Kovettaja 12%		DV309
Viskositeetti		22 sek
Levitys		110 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila		23 °C
Linjanopeus		6 m/min
IR-lohko1		23%
IR-lohko 2		100%
IR-lohko 3		100%
IR-lohko 4		100%
Oven pintalämpö esilämmityksen jälkeen		36 °C
Oven pintalämpö uunin jälkeen		82 °C
Pinkkaus lämoötila		30 °C
<b>Kiilto</b>	Peili	28-33
	Sivu	30-36
<b>Kokonaisväriero</b>	Peili	$\Delta E$ 0.07-0.14
	Sivu	$\Delta E$ 0.08-0.15

#### HAVAINNOT:

Maalausyksikön suodattimet tukkeutuivat nopeasti. Tästä syystä suodattimet täytyi vaihtaa joka kierros. Maalia kerääntyi paljon maalausyksikön pintoihin sekä ruiskuihin. Maalausyksikkö oli huomattavasti hitaampi ja työläämpi puhdistaa verrattuna nykyisin käytössä olevilla maaleilla maalattaessa.

#### TULOKSET:

Testissä todettiin, että kierrätysmaali toimii uuden maalin jatkeena. Mutta näyttää siltä, että nykyinen maalaustyön aikana tehtävien maalausyksikön puhdistuksien taajuus ei ole riittävä testatulle maalille. Maalatuista ovista noin 40 ovea ei mennyt läpi laaduntarkastuksesta pääasiassa maalitipoista johtuen.

Pinkkaustestissä olleet ovet naksahelivat irrotettaessa ja niihin oli syntynyt kiillottumia. Syynä ongelman uusiutumiseen oli mahdollisesti painavammat testiovet.

Näyttää siltä, että maali ei ehdi kuivua riittävästi Vääksyn pintakäsittelylinjalla. Maalin käyttö lisäisi myös maalaustyön aikana tehtävien puhdistuksien tarvetta ja vähentäisi maalauskapasiteettia. Tuloksien perusteella maalia ei tulla ottamaan tuotantokäyttöön, joten tarvetta M1-testin suorittamiseen ei syntynyt.

#### 6.1.4 Pintamaalitestit 4

##### TESTIN SELOSTUS:

Ratkaisu tehtaalla VOC-päästöihin, maalattujen ovien kellastumiseen ja ovien formaldehydiemission vähentämiseen, saattaisi olla UV-valossa kovettuvan vesiohenteisen pintamaalin käyttöönotto. Testimielessä kuusi Vääksyssä pohjamaalattua ovea päätettiin lähettää maalitoimittajalle vesiohenteisella UV-valossa kovettuvalla pintamaalilla maalattavaksi. Neljä ovista oli maalattu vesiohenteisella pohjamaalilla ja kaksi katalyyttipohjamaalilla. Ovet oli välihiottu koneellisesti maalauslinja 2:lla.

##### TULOKSET:

Silmämääräisesti ovet näyttivät hyviltä eikä eroa katalyytti- ja vesipohjamaalilla maalattujen ovien välillä ollut havaittavissa. On todennäköistä, että tulevaisuudessa tehtaalla joudutaan siirtymään UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttöön. Muutos vaatii investointeja, kun pintamaalauslinja muutetaan UV-valossa kovettuville maaleille sopivaksi. Täysin uuden menetelmän käyttöönottoon liittyy kuitenkin aina haasteita.

#### 6.2 Pohjamaalitestit

Pohjamaalitestien tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia liuotinpäästöjen vähentämiseen. Testeissä 1, 2 ja 3 testattiin maalitoimittajan ehdottaman katalyyttipohjamaalin soveltuvuutta Vääksyn tuotantoon. Pohjamaalitestissä neljä tutkittiin mahdollisuutta lisätä vesipohjamaalauksen määrä tuotannossa.

##### 6.2.1 Pohjamaalitesti 1

##### TESTIN SELOSTUS:

Ensimmäisessä testissä maalattiin maalitoimittajan edustajan ehdottamalla katalyyttipohjamaalilla 56 ovea, minkä jälkeen ohenteen määrää vähennettiin ja ajossa 2 maalattiin vielä 24 ovea. Erona nykyisin käytössä olevaan DF1301-9002 maaliin on maalin pienempi

kuiva-ainepitoisuus ja korkeampi sideainepitoisuus. Taulukossa 7 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mittaustulokset.

Taulukko 7. Testiajotaulukko

4.9.2018		Ajo 1	Ajo 2
Ovimalli		Unique (Kotimaa)	Unique (Kotimaa)
Alustamateriaali		HDF	HDF
Kappalemäärä		56	24
Maali		DF1300-9011	DF1300-9011
Ohenne		NT019 (3 L)	NT019 (2.5L)
Kovettaja 10%		DV309	DV309
Viskositeetti		24 sek	30 sek
Levitys		110 g/m <sup>2</sup>	110 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila		26 °C	26 °C
Linjanopeus		8 m/min	8 m/min
Oven pintalämpö uunin jälkeen		79 °C	79 °C
<b>Hilaristikkokoe</b>	Peili	2	2
	Sivu	3	3
<b>Kiilto Vääksyn pintamaalilla</b>	Peili		21-23
	Sivu		25-27
<b>Kokonaisväriero Vääksyn pintamaalilla</b>	Peili		ΔE 0,68
	Sivu		ΔE 0,51
<b>Kiilto Kuopion pintamaalilla</b>	Peili		21-23
	Sivu		22-24
<b>Kokonaisväriero Kuopion pintamaalilla</b>	Peili		ΔE 0,60
	Sivu		ΔE 0,77

#### HAVAINNOT:

Maali toimi hyvin ruiskuissa eikä maalauksen kannalta muitakaan ongelmia ilmennyt. Ajossa 2 korkeammalla viskositeetilla pohjamaalattujen ovien pinnan laatu oli parempi. Maalauksen jälki oli täyttävämpi ja sileämpi. Pohjamaali testattiin myös reunamaalauksessa. Maali toimi ruiskussa hyvin ja sen hiottavuus oli parempi kuin nykyisen katalyytti-pohjamaalin.

#### TULOKSET:

Koska pohjamaali tasoittui hyvin, haluttiin tarkastella, onko pinnanlaatu riittävän hyvä ilman välilihontaa. Kaksi ovea ajosta 2 pintamaalattiin ilman välilihontaa: toinen Kuopion pintamaalilla ja toinen Vääksyn pintamaalilla. Molempien pintamaalattujen ovien pinnanlaatu oli hyvä. Ongelmakohtina olivat oven kehyksien peilin puoleiset sivut, jotka molemmilla maaleilla jäivät karheiksi.

## 6.2.2 Pohjamaalitestit 2

## TESTIN SELOSTUS:

Ensimmäisen pohjamaalitestin perusteella maali näytti toimivan ilman ongelmia. Maalilla päätettiin maalata suurempi sarja ovia maalin toiminnan varmistamiseksi. Maalattavavina oli 56 Unique-ovea (Kotimaa) ja 25 Saksan markkinoille menevää ovea. Taulukossa 8 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mitaustulokset.

Taulukko 8. Testiajotaulukko

20.9.2018		Ajo 1	Ajo 2
Ovimalli		Unique (Kotimaa)	Unique (Kotimaa) + [Saksa]
Alustamateriaali		HDF	HDF [HDF + MDF]
Kappalemäärä		28	28 + [25]
Maali		DF1300-9011	DF1300-9011
Ohenne		NT019 (1.8 L)	NT019 (2 L)
Kovettaja 10%		DV309	DV309
Viskositeetti		30 sek	27 sek
Levitys		110 g/m <sup>2</sup>	110 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila		23 °C	23 °C
Linjanopeus		8 m/min	8 m/min
<b>Kiilto Vääksyn pintamaalilla</b>	Peili		21-23
	Sivu		20-22
<b>Kokonaisväriero Vääksyn pintamaalilla</b>	Peili		ΔE 0,45
	Sivu		ΔE 0,34

## HAVAINNOT:

Testissä käytetty maali oli eri erää kuin aikaisemmassa testissä käytetty. Maalia täytyi ohentaa huomattavasti vähemmän 30 sekunnin viskositeettiin pääsemiseksi. Ero oli 0,7 litraa. Maalintoimittajan edustajan mukaan toimitus viskositeetin toleranssi on  $\pm 5$  sekuntia, joten pahimmillaan eroa maalien viskositeeteissa voi olla 10 sekuntia. Ensimmäisenä maalattujen ovien kehyksien pinta jäi hieman karheaksi, joten viskositeettia laskettiin 27 sekuntiin.

## TULOKSET:

Viskositeetin laskun jälkeen maali tasoittui paremmin ja maalauksen pinnanlaatu vastasi aikaisemman testin ovia. Maalauksen onnistumista ilman välihiontaa testattiin uudestaan maalaamalla yksi ovista Vääksyn pintamaalilla. Kehyksen peilin puoleiset reunat jäivät yhtä karheiksi kuin aikaisemmassa testissä.



### 6.2.3 Pohjamaalitestit 3

#### TESTIN SELOSTUS:

Testin tarkoituksena oli jatkaa maalin toimintavarmuuden testausta sekä testata voidaanko levitysmäärä pienentää nykyisellä katalyyttipohjamaalilla käytettävään 100 g/m<sup>2</sup>:ssä. Maalattavina oli 84 Unique-ovea (Skandi) ja 25 Saksan ovea, joihin aikaisemmassa testissä maalattiin ensimmäinen pohjamaalikerros. Taulukossa 9 on esitetty testin tarkemmat tiedot ja mittaustulokset.

Taulukko 9. Testiajotaulukko

24.9.2018	Ajo 1	Ajo 2
Ovimalli	Unique (Skandi) + [Saksa]	Unique (Skandi)
Alustamateriaali	VL1412 [DF1300-9011]	VL1412
Kappalemäärä	56 + [25]	28
Maali	DF1300-9011	DF1300-9011
Ohenne	NT019 (2 L)	NT019 (2.1 L)
Kovettaja 10%	DV309	DV309
Viskositeetti	30 sek	28 sek
Levitys	110 g/m <sup>2</sup>	100 g/m <sup>2</sup>
Maalaamon lämpötila	22 °C	22 °C
Linjanopeus	8 m/min	8 m/min

#### HAVAINNOT:

Maalauksen aikana havaittiin, että maali kuivaa hitaammin ruiskuautomaatissa kuin nykyisin käytössä oleva katalyyttipohjamaali. Tämä helpottaa maalaustyön aikana tehtäviä puhdistuksia sekä mahdollisesti vähentäisi niiden tarvetta.

#### TULOKSET:

Maali tasoittui paremmin 30:n sekuntin viskositeetillä kuin pohjamaalitestissä 3. Tämä johtui todennäköisesti alustamateriaalista, joka ei ollut käsittelemätöntä HDF-levyä. Pienemmällä levitysmäärällä maalatuissa ovissa oli havaittavissa maalauksen harsomaisuutta, joten levitysmäärä kyseisellä maalilla tulisi olla suurempi kuin 100 g/m<sup>2</sup>:lle.

#### 6.2.4 Pohjamaalitestit 4

##### TESTIN SELOSTUS:

Testin tarkoituksena oli testata, voidaanko kotimaan Unique-ovien maalauksessa siirtyä vesiohenteisen pohjamaalin käyttöön. Nykyisin ovet maalataan katalyyttipohjamaalilla. Maalattava pinta oli käsittelemätöntä HDF-levyä sekä paperilla päällystettyä lastulevyä. Testiovia oli kolme kappaletta.

Tällä hetkellä vesipohjamaalattavien ovien kehyksien komponentit UV-lakataan tai koko kasattu ovi UV-lakataan ennen vesipohjamaalauksia. Kotimaan Unique-ovien lakkausta ei kuitenkaan voida tehdä, koska

- oven kehyksen komponenttien muoto rajoittaa komponenttien lakkaamisen
- ovien peilissä käytettävä pinnoitettu lastulevy estää koko oven UV-lakkauksen.

##### HAVAINNOT:

Pohjamaalauksen jälkeen pinnanlaatu näytti olevan riittävän hyvä. Ovet päätettiin välihuoone-erimenetelmällä käsin, maalauslinjalla 1 ja maalauslinjalla 2. Pintamaalauksen jälkeen vertailtiin hionnan vaikutusta lopputulokseen.

##### TULOKSET:

Pintamaalauksen jälkeen oli havaittavissa, että yhden pohjamaalikerroksen täyttävyyden ei riittä tasoittamaan HDF-levyn epätasaisuuksia. Myös vähäistä kuidun nousua oli havaittavissa kaikkien ovien kehyksissä. Kuvassa 5 on maalauslinjalla 2 hiottu ovi pintamaalauksen jälkeen. Hiontamenetelmällä ei ollut juurikaan vaikutusta lopputulokseen. Testin perusteella yksi pohjamaalikerros ei ole riittävä. Ovet voitaisiin mahdollisesti vesipohjamaalata, jos maalattaisiin kaksi pohjamaalikerrosta.



Kuva 5. Kuitujen nousua ja epätasaisuutta valmiissa maalipinnassa

## 7 YHTEENVETO JA KEHITYSEHDOTUKSET

Pintamaalitestien 1-3 perusteella testattu pintamaali ei ehdi kuivua riittävästi Vääksyn maalauslinjalla käytettävillä linjanopeuksilla. Maalin aggressiivinen tarttumisen maalausyksikön pintoihin on myös tekijä, joka ei puolla uuden maalivaihtoehdon käyttöönottoa. Näin ollen maali ei myöskään sovellu muiden käytössä olevien pintamaalien korvaajaksi.

Testatussa pintamaalissa on hyvinä ominaisuuksina pienempi formaldehydin emissio ja kellastumisen väheneminen. Koska maalista ei ole pintakäsittelyn kehittämistavoitteiden ratkaisijaksi, niin yritys joutuu jatkamaan uuden katalyyttipintamaalivaihtoehdon etsimistä tai siirtyä UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttämiseen. UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttöönotto vaatii kuitenkin investointeja ja tuo mukanaan uuden menetelmän käyttöönottoon liittyvät haasteet.

Maalitoimittajan ehdottamalla uudella katalyyttipohjamaalilla tehdyt pohjamaalitestit onnistuivat hyvin eikä niiden perusteella maalin käyttöönotossa olisi ongelmia. Testeissä maalin hyvinä puolina tuli esiin maalaustyön aikana tehtävien maalausyksikön puhdistuksien tarpeen väheneminen, mikä voisi samalla kasvattaa maalauskapasiteettia. Maalin käyttö myös helpottaisi reunamaalauksessa tehtävää hiontaa.

Testien jälkeen maalintoimittajan toimittaman VOC-laskelman mukaan pohjamaalin vaihdolla ei kuitenkaan saavutettaisi VOC-päästöjen alenemista. Laskelman mukaan VOC-päästöt pysyisivät samassa tai jopa kasvaisivat riippuen maalin todellisesta toimitusviskositeetista. Tehtaalla tehtiin päätös, että maalia ei sen hyvistä ominaisuuksista huolimatta oteta käyttöön, johtuen VOC-päästöjen kasvun mahdollisuudesta.

VOC-päästöjen alentamisessa toisena vaihtoehtona oli vesipohjamaalauksen lisääminen. Suoritetun testin perusteella vesipohjamaalin täyttävyyks ei ollut riittävä yhdellä maalikerroksella. Maalatuissa ovissa oli myös havaittavissa pintamaalauksen jälkeen vähäistä kuitujen nousua. Vesipohjamaalitestiä voidaan haluttaessa jatkaa tulevaisuudessa, testaamalla maalaustekniikkaa, jonka tiedetään vähentävän kuitujen nousua MDF -levyissä. Tekniikassa maalataan ensimmäiseksi ohut kerros, joka kuivataan nopeasti, ja jonka jälkeen maalataan paksumpi kerros. (Tikkurila 2018, 13.) Samalla se toisi pohjamaalikerrokseen paksuutta, jolloin maalin täyttävyyks kasvaa.

Tutkimus tukee päätöstä siirtyä UV-valossa kovettuvien pintamaalien käyttöön, mikä poistaisi tuotteiden kellastumisongelman ja pienentäisi ovien formaldehydi emissiota sekä vähentäisi tehtaan VOC-päästöjä. Ennen siirtymistä on hyvä kuitenkin tutkia UV-kovettuvia maalivaihtoehtoja ja tehdä testejä, minkälaisia ongelmia niiden kanssa tulee ja voidaanko

ongelmat ratkaista. Samalla tulee tehdä kustannuslaskelmat uuden menetelmän kannattavuudesta.

Tutkimus oli mielenkiintoinen ja opettavainen. Haluankin kiittää Vääksyn tehtaan henkilökuntaa saamastani mahdollisuudesta ja tuesta opinnäytetyön aikana. Toivon Vääksyn ovi-  
tehtaalle jatkossa menestystä ja kaikkea hyvää.

## LÄHTEET

### **Painetut lähteet:**

Goldschmidt, A. & Streitberger, H. 2003. BASF HANDBOOK ON Basics of Coating Technology. Hannover: Primedia.

Heikkilä, P., Priha, E. & Savela, A. 1991. Altisteet työssä Formaldehydi. Helsinki: Työterveyslaitos työsuojelurahasto.

Hakala, H. & Lyytimäki, J. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Helsinki: Helsinki University Press.

Heikkilä, T. 2005. Tilastollinen tutkimus. 5.-6. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kuusela, A., Larsen, S. (toim.), Pyykkönen, K., Susi, A. & Virtanen, J. 2007. Pinnalle - Maalaustyön perustaidot. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.

Moilanen, K., Ojasalo, K. & Ritalahti, J. 2015. Kehittämistyön menetelmät. 3-4. painos. Mikkeli: Sanoma Pro Oy.

SFS-EN ISO 2409, 2013. Maalit ja lakat. Hilaristikkokoe. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry

Varis, R. 2017. Puulevyteollisuus. Jyväskylä: Kirjakaari Oy.

### **Elektroniset lähteet:**

Hengitysliitto 2018a. Formaldehydi [viitattu 2.10.2018]. Saatavissa: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet/formaldehydi>

Hengitysliitto 2018b. VOC-yhdisteet [viitattu 3.10.2018]. Saatavissa: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet/voc-yhdisteet>

JELD-WEN Suomi Oy 2018a. JELD-WEN Suomi Oy [Viitattu 12.10.2018]. Saatavissa: <https://www.jeld-wen.fi/jeld-wenista/>

JELD-WEN Suomi Oy 2018b Sisäovien tekniset tiedot [Viitattu 12.10.2018]. Saatavissa: [https://www.jeld-wen.fi/ohjeet/ovien-tekniset-tiedot/sisaovien\\_tekniset\\_tiedot/](https://www.jeld-wen.fi/ohjeet/ovien-tekniset-tiedot/sisaovien_tekniset_tiedot/)

Jokinen, I. 2018. Maalikemiaa [viitattu 6.10.2018]. Saatavissa: <http://pintaweb.net/Kalvonmuodostus.pdf>

Jumpponen, M. & Veijalainen, H. 2018. Formaldehydin käyttö ja esiintyminen työssä. TTL [viitattu 3.10.2018]. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/formaldehydi/>

Koponen, H. & Isomäki, O. 2003. Puutuoteprosessit. Maalaus ja lakkaus. EDU [viitattu 2.10.2018]. Saatavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/alkutuotteiden\\_jalostus/pintakasittely/index\\_maalaus\\_ja\\_lakkaus.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/alkutuotteiden_jalostus/pintakasittely/index_maalaus_ja_lakkaus.html)

Mitaten Finland 2015. Kiiltomittaus [viitattu 11.10.2018]. Saatavissa: <http://mitaten.fi/kiiltomittaritmenu.html>

Puuproffa 2018. Maalituotteet [viitattu 6.10.2018]. Saatavissa: [http://www.puuproffa.fi/Puu-Proffa\\_2012/7/pintakasittely/maalituotteet](http://www.puuproffa.fi/Puu-Proffa_2012/7/pintakasittely/maalituotteet)

Rakennustietosäätiö RTS sr 2018a. Kuinka haen M1-luokitusta [viitattu 2.10.2018]. Saatavissa: <http://m1.rts.fi/kuinka-haen-m1-luokitusta>

Rakennustietosäätiö RTS sr 2018b. M1-vaatimukset ja luokiteltujen tuotteiden käyttö [viitattu 2.10.2018]. Saatavissa: <http://m1.rts.fi/m1-vaatimukset-ja-luokiteltujen-tuotteiden-kaytto>

Sakoni Oy 2018. Yleistä maalauksesta [viitattu 5.10.2018]. Saatavissa: <http://maalauuskone.fi/yleista-maalauksesta/>

Suomen Turvaprojektit Oy 2018. SADT kiiltomittarit [viitattu 11.10.2018]. Saatavissa: <https://ndt-tukku.fi/pinnoitetarkastus/pinnoitepaksuusmittarit/kiiltomittarit>

Tikkurila 2018a. Liuotteet [viitattu 6.10.2018]. Saatavissa: [https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/ymparisto/maalien\\_raaka-aineet/liuotteet\\_ja\\_ohenteet](https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/ymparisto/maalien_raaka-aineet/liuotteet_ja_ohenteet)

Tikkurila 2018b. Mitä on VOC [viitattu 4.10.2018]. Saatavissa: [https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/ymparisto/mita\\_on\\_voc](https://www.tikkurila.fi/ammattilaiset/ratkaisut/ymparisto/mita_on_voc)

Tikkurila 2018c. Puun teollinen pintakäsittely [viitattu 1.10.2018]. Saatavissa: [https://www.tikkurila.fi/files/4265/Puun\\_teollinen\\_pintakasittely\\_2009.pdf](https://www.tikkurila.fi/files/4265/Puun_teollinen_pintakasittely_2009.pdf)

Tilastokeskus 2018a. Käsitteet [viitattu 11.11.2018]. Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/reliabiliteetti.html>

Tilastokeskus 2018b. Käsitteet [viitattu 11.11.2018]. Saatavissa: <https://www.stat.fi/meta/kas/validiteetti.html>

Williams, A. 2002. Graybalance: A key element in color reproduction [viitattu 8.11.2018]. Saatavissa: [http://www.newsandtecharchives.com/issues/2002/02-02/ifra/02-02\\_greybalance.htm](http://www.newsandtecharchives.com/issues/2002/02-02/ifra/02-02_greybalance.htm)

**Suulliset lähteet:**

Tikkurilan puuteollisuusmaalien maalausneuvonta 2018. Haastattelu 2.11.2018.