

Janne Pyrrö

LUJITEMUOVITEHTAAN TUOTANNON KEHITTÄMINEN

LUJITEMUOVITEHTAAN TUOTANNON KEHITTÄMINEN

Janne Pyrrö
Opinnäytetyö
Kevät 2016
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotekniikka

Tekijä: Janne Pyrrö

Opinnäytetyön nimi: Lujitemuovitehtaan tuotannon kehittäminen

Työn ohjaajat: Jussi Voutilainen (Ykimuovi Finland Oy), Vesa Moilanen (OAMK)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2016 Sivumäärä: 34 + 1 liite

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Oulun Ylikiimingissä sijaitsevan Ykimuovi Finland Oy:n tuotannon kehittäminen. Ykimuovi on Victorius-konserniin kuuluva lujitemuovialan yritys. Työn ensimmäisenä tavoitteena oli vertailla alipaineinjektiota ja ruiskulaminointia valmistusmenetelminä ja tutkia, onko Ykimuovin järkevää siirtyä käyttämään alipaineinjektiota jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan. Tämän vertailun pohjalta toisena tavoitteena oli tehdä nykytilan kuvaus ja dokumentaatio Ykimuovin tuotannosta. Nykytilan kuvauksen pohjalta tarkoituksena oli löytää kehityskohteita tuotannosta, minkä jälkeen kehityskohteet ja -ideat käytiin läpi yrityksen johtohenkilöstön kanssa. Kohteet asetettiin tärkeysjärjestykseen ja niistä kolme tärkeintä ja ajankohtaisinta toteutettiin.

Työ aloitettiin tutustumalla teoreettisesti eri valmistusmenetelmiin, pääasiassa laminoitimenetelmiin ja injektiomenetelmiin. Teoreettisen osion jälkeen aloitettiin viikon mittainen ajanjakso, jonka aikana tutustuttiin tuotantoon. Tuotannossa seurattiin tuotteiden kulkua linjalla, työntekijöiden työskentelyä ja valmistusprosessin vaiheita. Viikon aikana mietittiin myös tuotannon kehitysideoita. Ideoita prosessoitiin noin viikko, jonka jälkeen ne esitettiin yrityksen johtohenkilöstölle. Esittelyn jälkeen valittiin kolme kehityskohdetta, jotka olivat tuotantotilojen ja muottivaraston siivous ja järjestely, tuotantotilan layoutin kehittäminen ja tuotekorttien laatiminen.

Työn tuloksina saatiin vertailu valmistusmenetelmistä, nykytilan kuvaus Ykimuovin tuotannosta, parannus tuotantolinjan ja muottivaraston siisteyteen ja järjestykseen, uusi tuotantolinjan layout ja tuotekortit useista tuoteryhmistä. Tuotantolinjan layoutissa päädyttiin tekemään myös rakenteellisia muutoksia purkamalla yksi väliseinä ja sijoittamalla uudelleen kattorakenteita kantavia tolppia. Suunnittelun rakennemuutoksille laati ulkopuolinen rakennesuunnittelija. Tuotekorttien laadinnan seurauksena tuotteen valmistus helpottui ja työntekijäkohtaiset erot materiaalien menekissä tulevat pieneneväksi.

Asiasanat: lujitemuovi, lasikuitu, nykytilan kuvaus, tuotannon kehittäminen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
1.1 Ykimuovi Finland Oy	5
1.2 Työn tavoitteet	5
1.3 Työn rakenne	5
2 LUJITEMUOVITUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT	7
2.1 Laminointimenetelmät	8
2.1.1 Märkälaminointi	8
2.1.2 Prepreg-laminointi	8
2.1.3 Ruiskulaminointi	9
2.1.4 Kuitukelaus	11
2.2 Injektiomenetelmät	12
2.2.1 Alipaineinjektio	13
2.2.2 RTM-menetelmä eli paineinjektio	14
2.2.3 Kalvainjektio	15
3 VALMISTUSMENETELMIEN VERTAILU	16
4 TUOTANNON NYKYTILA	19
4.1 Tuotantoprosessin vaiheet	19
4.2 Työvaiheiden sijainti tuotantoprosessissa	21
5 TUOTANNON KEHITYSKOhteet JA -IDEAT	23
6 TOTEUTETTAVAT KEHITYSKOhteet	26
6.1 Yleinen siisteys tuotantotiloissa ja muottivarastossa	26
6.2 Layoutin kehittäminen	27
6.3 Tuotekortit	29
7 KEHITYSTEN TULOKSET	31
8 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34
LIITTEET	
Liite 1 Tuotekortti Kaisla 470	

1 JOHDANTO

1.1 Ykimuovi Finland Oy

Ykimuovi Finland Oy on Oulun Ylikiimingissä sijaitseva lujitemuovituotteita valmistava yritys. Ykimuovi on osa Victoriuss-konsernia. Yritys on perustettu vuonna 1981, ja se on liittynyt osaksi Victoriuss-konsernia vuonna 2013.

Ykimuovin valmistamia tuotteita ovat muun muassa peräkärryn kuomut, soutuveneet, kylpyaltaat ja ahkiot. (Yritys. 2008.)

Yrityksen käyttämät raaka-aineet lujitemuovin valmistuksessa ovat lasikuituvahvisteinen polyesterihartsi ja erilaiset komposiittimateriaalit. Tuotteiden valmistusmenetelmä on pääosin ruiskulaminointi ja joissain tapauksissa myös käsinlaminointi. Ykimuovi tarjoaa tuotannon lisäksi myös tuotekehitystä ja muottien valmistusta. (Yritys. 2008.)

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tavoitteena on tutkia kirjalliselta pohjalta ruiskulaminointia ja alipaineinjektiota. Tutkimuksen perusteella arvioidaan, onko Ykimuovin järkevää siirtyä käyttämään alipaineinjektiota jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan. Tutkimus toimii pohjana myös työn toisena tavoitteena olevalle tuotannon nykytilan kuvaukselle. Tarkoituksena on selvittää ja dokumentoida Ykimuovin laminointilinjan nykytila ja sen pohjalta löytää kehityskohteita tuotannon kehittämiseksi. Löydetyt kehityskohteet priorisoidaan ja niistä tärkeimmät valitaan toteutettaviksi. Kehityskohteiden toteutuksen jälkeen kerätään ja analysoidaan tulokset.

1.3 Työn rakenne

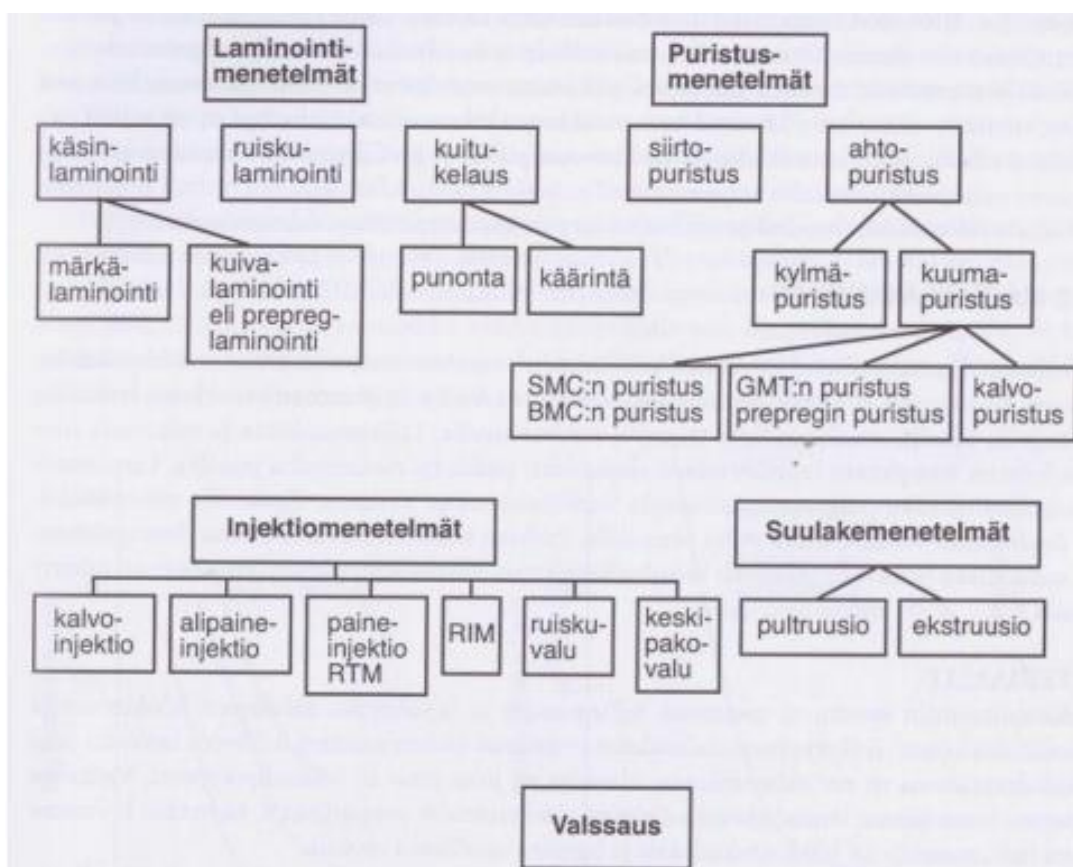
Työ aloitetaan teoriaosion, joka käsittelee lasikuitutuotteiden valmistusmenetelmiä. Osiossa perehdytään valmistusmenetelmien periaatteisiin, etuihin ja heikkouksiin. Teoriaosion jälkeen seuraa teoriaan pohjautuva valmistusmenetelmien

vertailu alipaineinjektio ja ruiskulaminoinnin välillä. Valmistusmenetelmien vertailun jälkeen alkaa osio, jossa kuvataan Ykimuovin tuotantoprosessin vaiheet ja tuotannon nykytila.

Tuotannon nykytilan kuvauksen jälkeen seuraa osio, jossa on esitelty nykytilan kuvauksen perusteella löydetyt kehityskohteet ja niille kehitysideat. Kehitysideoiden esittelyn jälkeen seuraa osio, jossa kerrotaan toteutettaviksi valitut kehitysideat. Ideoiden ja toteutuksen esittelyn jälkeen seuraa kehitysten tulokset ja työn yhteenveto.

2 LUJITEMUOVITUOTTEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT

Lujitemuovituotteiden valmistukseen on olemassa useita eri perusmenetelmiä. Näiden valmistusmenetelmien pääryhmät ovat laminointimenetelmät, puristusmenetelmät, injektio menetelmät, suolakemenetelmät ja valssaus (Saarela – Airasmaa – Kokko – Skrifvars – Komppa 2007, 153). Kuvassa 1 on esitetty yleisellä tasolla erilaisten lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmiä riippumatta tuotteiden materiaalista.



KUVA 1. Lujitemuovituotteiden valmistusmenetelmät (Saarela ym. 2007, 153)

Ykimuovin tuotteiden muoto ja materiaali rajaavat mahdollisia valmistusmenetelmiä. Kuvassa 1 esitetyistä valmistusmenetelmistä käsinvälinäminen, ruiskulaminointi ja alipaineinjektio soveltuvat Ykimuovin tuotteiden valmistamiseen.

2.1 Laminointimenetelmät

Laminointimenetelmiä ovat käsinlaminointi, ruiskulaminointi ja kuitukelaus. Käsinlaminointi voidaan jakaa märkälaminointiin ja prepreg- eli kuivalaminointiin. Laminaatin valmistus tapahtuu avomuottiin kerroksittain, jossa se kovetetaan joko yli- tai alipaineen avulla puristaen. Kovetus voi tapahtua myös ilman ulkoista painetta. (Saarela ym. 2007, 153.)

2.1.1 Märkälaminointi

Märkälaminointi on käsinlaminointimenetelmä, jossa lujitteet asetellaan avoimeen muottiin kerroksittain käsin ja käsityökaluin. Lujitteet kostutetaan juoksevilla hartsilla, joka levitetään siveltimellä, telalla tai lastalla. Myös hartsin ruiskuttaminen on mahdollista. Kostuttamisen jälkeen hartsin ja kuitujen väliin jäävä ilma poistetaan telaamalla. Parhaan lopputuloksen saamiseksi telaaminen tehdään jokaiselle laminaattikerrokselle erikseen. (Saarela ym. 2007, 154.)

Märkälaminoinnissa tuotteen voi kovettaa vapaasti muotissa. Laminaatin tiivistykseen voidaan käyttää alipainesäkkiä, jonka avulla laminaatin huokoisuus saadaan alhaisemmaksi ja lujitepitoisuus korkeammaksi verrattuna vapaaseen kovetukseen. Alipainesäkkikovetusta käytetään lähinnä epoksipohjaisten laminaattien valmistuksessa. (Saarela ym. 2007, 157.)

Märkälaminoinnin etuna on hyvin vapaa materiaalien ja rakenteiden valinta. Monimutkaisten ja suurien kappaleiden valmistus onnistuu kohtuullisin kustannuksin. Haittoina märkälaminoinnissa ovat esimerkiksi, että tuotteessa on vain yksi sileä pinta ja tuotteen laatu on hyvin paljon riippuvainen työntekijän ammattitaidosta. (Saarela ym. 2007, 158–159.)

2.1.2 Prepreg-laminointi

Prepreg- eli kuivalaminointi on myös käsinlaminointimenetelmä. Prepreg-materiaalit ovat kalvolle tai kahden muovikalvon väliin pakattuja puolivalmisteita, joissa hartsi on sidottu lujitteeseen. Kalvot poistetaan ennen prepregin leikkausta tai sen jälkeen. Leikatut prepreg-kerrokset asetellaan muottiin halutussa

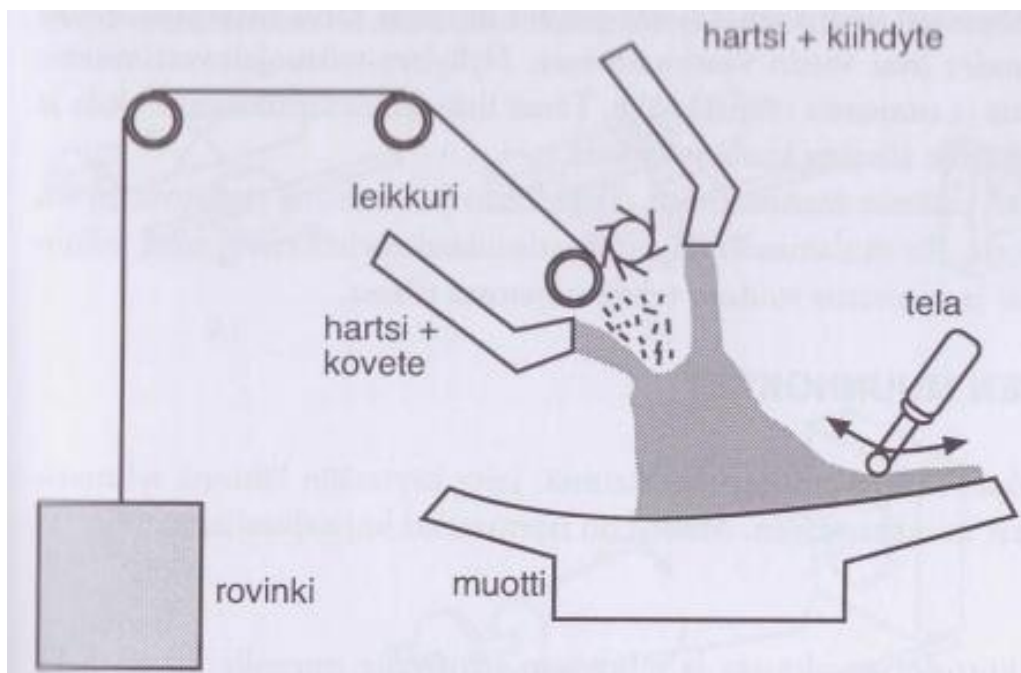
järjestyksessä ja suunnassa. Asettelyn jälkeen kerrokset telataan kiinni toisiinsa mahdollisimman ilmattomasti ja tiiviisti. (Saarela ym. 2007, 159.)

Prepreg-kappale kovetetaan alipainesäkin avulla. Yleensä kovetus tehdään autoklaavissa eli lämmitettävässä paineastiassa. Tätä kovetustapaa kutsutaan autoklaavikovetuksiksi. Autoklaavikovetuksella pyritään saamaan tuotteeseen korkea lujitesisältö ja minimoimaan laminaatissa olevien ilmahuokosten määrää. (Saarela ym. 2007, 159.)

Prepreg-laminointi on kehitetty rakenteellisesti vaativien tuotteiden valmistukseen, kuten avaruus- ja lentokoneiteollisuuden tarpeisiin. Prepreg-laminoinnin etuja ovat erinomaiset laminaattien fysikaaliset ominaisuudet, esikyllästyksestä aiheutuva hartsin oikea määrä, parempi laatu verrattuna avolaminointitekniikoihin johtuen hartsin tasaisesta leviämisestä kaikkialle ja laminointiprosessin siisteys ja helppous. Prepreg-laminointiin liittyviä heikkouksia ovat laminointiin käytettävien muottien kallis hinta, laminoinnin hitaus, kovetusjakson hitaus ja kalliit raaka-aineet. (Saarela ym. 2009, 160; Eskola 2009, 34.)

2.1.3 Ruiskulaminointi

Ruiskulaminoinnissa hartsi ja lujitteet ruiskutetaan muotin pinnalle niin sanotun ruiskutuspuistolilla. Ruiskutuspuistoliin kiinnitetty leikkuri leikkaa rovinkilujitteen halutun mittaisiksi katkokuiduiksi. Samanaikaisesti hartsi ja kovete sekoitetaan toisiinsa ruiskutuspuistolissa. Katkotut lujitteet kulkeutuvat muotille puistolilla aikaansaaman hartsisuihkun mukana. (Saarela ym. 2007, 161.) Ruiskulaminoinnin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Ruiskulaminoinnin periaate (Saarela ym. 2007, 161)

Ilmanpoisto ruiskutetussa laminaattikerroksessa suoritetaan samalla tavalla kuin märkälaminoinnissa eli telaamalla. Ruiskutettujen kerrosten väliin voidaan laminoida kudoksia tai muita lujitteita tai asettaa ydinaine. Laminaatin kovetus tapahtuu huoneenlämpötilassa tai hieman korotetussa lämpötilassa. Laminaatin pinnassa voidaan käyttää gelcoatia, maalia tai muovilevyjä. (Saarela ym. 2007, 161.)

Ruiskutuslaitteisto koostuu hartsi- ja kovetepumpuista, kuituleikkurista ja sekoituspäästä. Käytettävät pumput ovat mäntäpumppuja. Kuituleikkuri on kaksirullainen. Toinen rulla on kumitettu ja toisessa on ohuita teriä säteittäin tasaisin välein. Näiden rullien välissä tapahtuu rovinkilangan veto ja leikkaus. (Saarela ym. 2007, 161.)

Kovete ja hartsi sekoitetaan joko ulkoisena sekoituksena, sisäisenä sekoituksena tai matalapainesekoituksena. Hartsi ja kovete voidaan ruiskuttaa myös korkealla paineella ilman sekoitusta. Ulkoinen sekoitus tarkoittaa, että kovete ja hartsi sekoitetaan sekoituspään ulkopuolella. Sisäisessä sekoituksessa kovete ja hartsi sekoitetaan sekoituspään sisällä. Matalapainesekoituksessa sekoitta-

misen apuna käytetään ilmaa. Sekoitustavat vaikuttavat muodostuvan hartsi-suihkun kovetteen haihtumiseen, ilmapitoisuuteen ja leveyteen. Tavallisin sekoitustapa ruiskulaminoinnissa on sisäinen matalapainesekoitus. Sisäisellä matalapainesekoituksella saadaan riittävä pisaranmuodostus ilman kovetesumua ja hyvä kovetteen sekoittuminen hartsiin. Geeliruiskutuksessa hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi vaaditaan korkeapaineruisku, josta saadaan pieni pisarakoko. (Saarela ym. 2007, 161.)

Tyypilliset ruiskulaminoinnilla valmistettavat tuotteet ovat erilaisia muotokappaleita, esimerkiksi soutuveneet ja pienet säiliöt. Ruiskulaminointi soveltuu parhaiten pienille ja keskisuurille sarjoille, kun valmistettavalle tuotteelle ei aseteta erityisiä lujuusvaatimuksia. Käsinlaminointiin nähden ruiskulaminointi on tuottavuudeltaan moninkertainen. (Saarela ym. 2007, 162.)

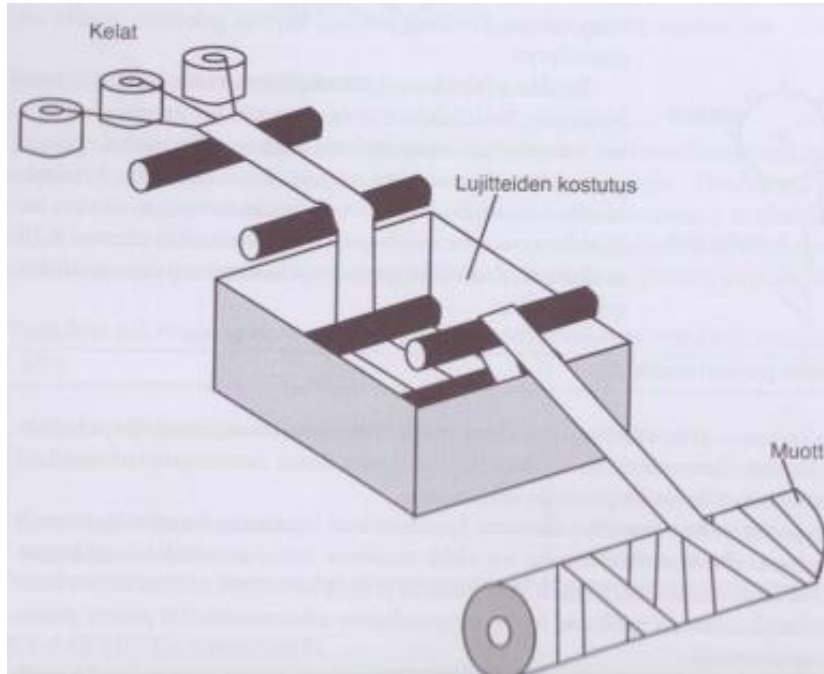
Ruiskulaminoinnin etuja ovat laminointiprosessin nopeus, muihin koneellisiin laminointitekniikoihin verrattuna pienet investointikustannukset, käytettävän lasikuitumateriaalin edullisuus verrattuna muissa tekniikoissa käytettäviin materiaaleihin, pienempi käsityön osuus verrattuna käsinlaminointiin ja kohtuulliset muotikustannukset. (Eskola 2009, 29.)

Ruiskulaminointiin liittyviä heikkouksia ovat hartsin ruiskutukseen liittyvät styreenipäästöt, kuidun leviämissuunnan hallinnan vaikeus ruiskutettaessa, työn tasaisuuden ja laadun riippuvuus työntekijästä ja laminaatin vaatimattomat lujuusominaisuudet lujitusaineena käytettävän katkotun rovingin vuoksi. Suurin heikkous edellä mainituista heikkouksista on hartsin ruiskuttamisen aiheuttamat styreenipäästöt. Työsuojeluvaatimukset edellyttävät, että tehtaat tulee olla varustettu kunnollisilla ilmastointilaitteilla ja työntekijöillä täytyy olla asianmukaiset suojaimet. (Saarela ym. 2007, 162; Eskola 2009, 29–30.)

2.1.4 Kuitukelaus

Kuitukelaus on avomuottimenetelmä, jota käytetään lähinnä kartiomaisten tai sylinterimäisten kuorien valmistamiseen. Kuitukelauksessa kuitukimput kostutetaan ja johdetaan pyörivälle muotille. Ainevahvuuden ollessa riittävä kappale

siirretään kovetusuuniin tai annetaan kovettua muotilla. Kun laminaatti on kovettunut, muotti poistetaan. (Saarela ym. 2007, 162.) Kuitukelauksen periaate on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Kuitukelauksen periaate (Saarela ym. 2007, 162)

Kuitukelauksella valmistetut tuotteet ovat mekaanisilta ominaisuuksiltaan hyviä lujitteiden jatkuvuuden ja suuntauksen takia. Kappaleiden on oltava muodoltaan sellaisia, että vetojännitys säilyy kuiduissa jatkuvasti kelauksen aikana. Siitä huolimatta kuitukelaukseen soveltuu monimutkaistenkin kappaleiden valmistukseen. Valmiin tuotteen kilpailukyky on erittäin hyvä sekä ominaisuuksiltaan että hinnaltaan. (Saarela ym. 2007, 164.)

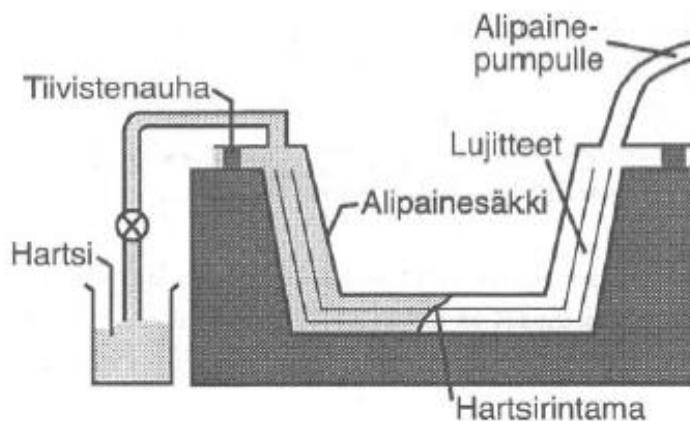
2.2 Injektiomenetelmät

Injektiomenetelmissä kaikki komponentit tai matriisi syötetään muottiin joko valamalla tai paineen avulla. RTM-menetelmässä eli paineinjektiossa matriisi injektoidaan suljettuun muottiin ylipaineella. Alipaineinjektiossa hartsi johdetaan alipaineimun avulla muottipuoliskon ja alipaineikalvon tai joustavan muottipuoliskon väliseen tilaan, jonne on asetettu lujiteaiho tai lujitteet. Kalvoinjektiossa matriisi on lujitekerrosten välillä tai muotin pinnalla hartsikalvona. (Saarela ym. 2007, 154.)

Käsilaminointiin verrattuna injektiotekniikat ovat nopeampia ja niiden toistettavuus on parempi. Injektioprosessit ovat myös suljettuja, joten haihtuvia aineita ei leviä työympäristöön. Koska lujitteet ovat kuivia, lujitteiden asettelu muottiin on suhteellisen helppoa. (Saarela ym. 2007, 168.)

2.2.1 Alipaineinjektio

Alipaineinjektiossa kuidut ja mahdolliset ydinmateriaalit asetetaan avoimeen muottiin. Toinen muottipinta korvataan alipainesäkillä tai joustavalla muottipuoliskolla. Hartsi johdetaan lujitteisiin erillisestä astiasta alipaineimun avulla. Hartsin virtausta voidaan edistää erikoislujitteilla tai erillisillä hartsinjohtokerroksilla. Erikoislujitteista esimerkkinä ovat yhdistelmälujitteet, joissa on hartsia hyvin johdettava huopakeros muiden lujitteiden lisänä. Valmistusnopeus alipaineinjektiolla on noin 3–6 kilogrammaa tunnissa (Saarela ym. 2007, 167; Komulainen 2011, 10). (Kuva 4.)



KUVA 4. Alipaineinjektio periaate (Saarela ym. 2007, 167)

Jos tuotteen molemmista pinnoista halutaan sileitä tai sarjasuuruus on riittävä, voidaan alipainesäkki korvata joustavalla muottipuoliskolla. Joustavaan muottipuoliskoon on usein yhdistetty myös muottien reunatiivistykset ja hartsinjohtokanavat. Joustavan muotin materiaali on yleensä silikonia tai lujitemuovia. (Saarela ym. 2007, 167.)

Alipaineinjektio soveltuu parhaiten sellaisten suurien, yksittäisten tuotteiden valmistukseen, joissa on monimutkaisia muotoja. Erittäin jyrkkäkulmaisten tuotteiden valmistus on kuitenkin vaikeaa. Tällä tekniikalla voidaan teoriassa valmistaa esimerkiksi kokonaisia veneitä kerralla valmiiksi, koska mittoja ei ole rajattu lainkaan. Avolaminointimuotit soveltuvat käytettäviksi myös alipaineinjektiossa. (Komulainen 2011, 10.)

Alipaineinjektio etuja ovat hyvä lopputuotteiden laatu, valmistetun tuotteen parempi kestävyys suuremman kuidun määrän vuoksi, erittäin vähäinen päästöjen vapautuminen ilmaan suljetun toimintaperiaatteen vuoksi sekä useimpien kuitujen ja hartsin käytön mahdollisuus, mikä mahdollistaa hyvin erilaisten tuotteiden valmistuksen alipaineinjektio avulla. Myös hartsin kulutus on pienempi kuin muilla tekniikoilla, koska alipaineinjektiossa hartsia käytetään ainoastaan se määrä, mitä valmistukseen tarvitaan. (Manninen 2009, 35-36; Eskola 2009,39.)

Heikkouksia alipaineinjektiossa ovat jätteen suuri määrä valmistettaessa suuria kappaleita, säkin puhkeamisen vaara ja tuotteen huono laatu, mikäli ei saavuteta täydellistä kuitujen kostumista. Heikkoutena on myös, että alipaineinjektioilla valmistettua tuotetta ei ole mahdollisuutta korjata tuotteen valmistuksen aikana. Koska prosessissa on herkkä virhemahdollisuus, alipaineinjektio käyttöönnotto aiheuttaa todennäköisesti jonkin verran viallisia tuotteita. Hartsin virtauksen säätäminen täsmälleen oikeaksi on erittäin haastavaa, ja se on yksi tekijä viallisten tuotteiden syntymisessä. (Eskola 2009, 40; Komulainen 2011, 11.)

2.2.2 RTM-menetelmä eli paineinjektio

Paineinjektiossa lujitteet tai lujiteaihiot asetellaan muottiin, joka suljetaan. Muotin sulkemisen jälkeen sinne injektoidaan hartsi ylipaineella. Kappale kovetetaan injektointivaiheen jälkeen, poistetaan muotista ja viimeistellään. Paineinjektioista on olemassa kaksi variaatiota: matalan lujitesisällön paineinjektio ja korkeanlujitesisällön paineinjektio. Matalan lujitesisällön paineinjektiossa valmistettavan kappaleen lujitepitoisuus on alhainen, jolloin injektointiprosessi on nopea. Korkean lujitesisällön paineinjektiossa kappaleen lujitepitoisuus pyritään saamaan mahdollisimman korkeaksi, jolloin injektointiprosessin nopeudesta joudutaan tinkimään. (Saarela ym. 2007, 167.)

Paineinjektio etuna ovat kohtuulliset muottikustannukset, koska muotit pystytään valmistamaan edullisista materiaaleista kohtuullisen alhaisen muottipaineen ja kovetuslämpötilan takia. Etuna on myös valmiin tuotteen molempien pintojen sileys kiinteiden muottipuoliskojen vuoksi. (Saarela ym. 2007, 174.)

Suurin paineinjektioimenetelmän heikkous on käyttöönottokustannus verrattuna muihin tekniikoihin. Myös hartsi on vaikea saada leviämään tasaisesti kaikkialle muottiin. Mikäli hartsi ei leviä tasaisesti, se kerrostuu reunoihin. Paineinjektio on myös hidas suurille sarjoille, koska sen muottiaika on noin 15–20 minuuttia. (Eskola 2009, 44; Saarela ym. 2007, 172.)

2.2.3 Kalvoinjektio

Kalvoinjektiossa kalvo on kerroksittain kuivien lujitekerrosten välillä tai yhtenä kerroksena muotin pinnalla. Hartsi täytyy lämmittää juoksevaksi ennen varsinaista injektointia, koska se on puolikovassa B-tilassa. Hartsi virtaa lujitteisiin lähinnä paksuussuuntaisesti, ja näin ollen tämän menetelmän etuna on erittäin lyhyt virtausmatka. (Saarela ym. 2007, 168.)

Kalvoinjektio soveltuu parhaiten levymäisten, korkeasti kuormitettujen kappaleiden valmistamiseen. Kyseinen injektioimenetelmä onkin kehitetty erityisesti ilmailuteollisuuden tarpeisiin. Kalvoinjektio etuja ovat kontrolloitu hartsimäärä, varma kostutus ja hyvä pinnanlaatu. (Pöntinen 2007, 8; Saarela ym. 2007, 175.)

3 VALMISTUSMENETELMIEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan teoreettiselta pohjalta ruiskulaminointia ja alipaineinjektiota. Lisäksi selvitetään, onko Ykimuovin järkevää siirtyä käyttämään alipaineinjektiota jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan.

Valmistusmenetelmän valinnassa erittäin tärkeä valintakriteeri on yrityksen tuotantovolyymi. Myös tuotevalikoima, yrityksen investointipotentiaali ja lopputuotteiden käyttökohteet täytyy ottaa huomioon menetelmää valittaessa. Suljettuja laminointitekniikoita käytettäessä tuotantomäärien tulisi olla suuria, jotta kyseiset tekniikat olisivat kannattavia. (Eskola 2009, 49.)

Alipaineinjektion ja ruiskulaminoinnin käyttöönottokustannukset ovat suunnilleen samalla tasolla. Eräiden venevalmistajien mukaan valmistusprosessissa vaadittava alipainepumppu maksaa noin 15 000 euroa. Tämän lisäksi kustannuksia tulee myös lähinnä alipainesäkistä ja tiivistysmateriaaleista. Ruiskulaminoinnissa ainoa käyttöönottoon vaadittava investointi on laminointiruisku. (Eskola 2009, 74.)

Materiaalikustannukset alipaineinjektiossa ovat noin 30 % alhaisemmat kuin ruiskulaminoinnissa. Tämä aiheutuu siitä, että alipaineinjektiossa käytetään vain täsmälleen tarvittava määrä hartsia. Molempien menetelmien kokonaisvalmistuskustannukset ovat kuitenkin samalla tasolla, koska alipaineinjektion käsin tehtävät työvaiheet kestävät melko kauan. Tämän vuoksi työkustannusten määrä nousee alipaineinjektiossa suuremmaksi kuin ruiskulaminoinnissa. (Eskola 2009, 74.)

Suljetun toimintaperiaatteen vuoksi alipaineinjektion käyttö ei aiheuta juuri lainkaan haitallisia päästöjä. Ruiskulaminoinnissa puolestaan hartsin ruiskuttamisesta aiheutuu styreenipäästöjä. Näiden päästöjen vuoksi ruiskulaminointitehtaiden täytyy olla varustettu asianmukaisilla ilmastointilaitteilla. Tämä aiheuttaa lisäkustannuksia lähinnä ruiskulaminointimenetelmän käyttöönottovaiheessa. (Eskola 2009, 29.)

Valmistusnopeudeltaan alipaineinjektio ei venevalmistajien mukaan ole käytännössä juuri lainkaan nopeampi valmistusmenetelmä kuin ruiskulaminointi. Vaikkakin alipaineinjektiossa alipaineimu on nopea prosessi, aikaa kuluu itse prosessin valmisteluun. Esimerkiksi alipainesäkki täytyy asetella ja tiivistää huolellisesti ja alipainelaitteisto täytyy asentaa paikalleen. Tämän vuoksi valmistusprosessi kestää kokonaisuudessaan yhtä kauan käytettäessä kumpaa valmistusmenetelmää tahansa. Toisaalta alipaineinjektiovalmistajien mukaan alkuvalmistelut on mahdollista tehdä alle tunnissa, kun työntekijät ovat sisäistäneet uuden valmistusmenetelmän. (Eskola 2009, 73.)

Lujuusominaisuuksiltaan alipaineinjektiolla valmistettu tuote on vahvempi kuin ruiskulaminoinnilla valmistettu tuote. Tämä aiheutuu siitä, että alipaineinjektiossa hartsi levittyy tasaisesti kaikkiin laminaattikerroksiin. Myös kuitupitoisuus on suurempi alipaineinjektiossa, mikä vuoksi lopputuote on kestävämpi. Alipaineinjektiolla valmistetut tuotteet ovat myös kevyempiä kuin ruiskulaminoimalla valmistetut, koska alipaineinjektiolla valmistaessa käytettävien raaka-aineiden määrä on pienempi. (Manninen 2011, 36.)

Alipaineinjektiossa molemmat tuotteen pinnat on mahdollista saada sileäksi käytettäessä joustavaa muottipuoliskoa. Joustavan muottipuoliskon käyttöönoton kannattavuuteen vaikuttaa myös tuotteen sarjasuus. Ruiskulaminoinnissa tuotteeseen ei ole mahdollista saada kuin yksi sileä pinta. (Saarela ym. 2007, 166.)

Ruiskulaminointia käytettäessä tuotteen korjaus onnistuu myös kesken laminointiprosessin. Tämän vuoksi epäonnistuneita kappaleita syntyy erittäin harvoin. Alipaineinjektiossa tuotteen korjaus kesken laminointiprosessin ei onnistu, jonka vuoksi varsinkin kyseisen tekniikan käyttöönottovaiheessa syntyy runsaasti epäonnistuneita kappaleita. Alipaineinjektio edellyttää myös erittäin huolellista muottien suunnittelua ja valmistusta ruiskulaminointimenetelmään verrattuna, koska tuotteen korjaus kesken prosessin ei onnistu. (Eskola 2009, 55–56.)

Haasteena alipaineinjektiossa on säkin käyttäminen. Vakuumputken ja hartsi-putkien sijoittaminen säkkiin on erittäin tarkkaa, ja väärin sijoitettu putki saattaa pilata koko prosessin. Säkin täytyy olla myös kokonaan ehyt, sillä pienikin reikä

voi aiheuttaa ilman pääsyn säkkiin, jolloin lopputuotteen rakenne voi vaarantua. (Vacuum Infusion: Part one. 2016.)

Monet valmistajat ovat käytännössä todenneet, että alipaineinjektion käyttöönotto saattaa aiheuttaa jopa kuukausia kestävänsisäänajon, jonka aikana ei välttämättä saada valmistettua yhtään myyntikelpoista tuotetta. Tämän vuoksi alipaineinjektio ei ole saavuttanut suurta suosiota veneiden runkojen valmistuksessa. (Eskola 2009, 72.)

Teoreettiselta pohjalta vertailtuna Ykimuovin ei kannata siirtyä käyttämään alipaineinjektioita jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijasta. Alipaineinjektioon siirtyminen aiheuttaisi suurella todennäköisyydellä suuria lisäkustannuksia käyttööntovaiheessa pilalle menevien tuotteiden ja laitteiston hankintakustannusten takia.

Tuotantomäärät ovat tutkimusten mukaan molemmilla menetelmillä likipitään samat. Muotteja jouduttaisiin suunnittelemaan ja valmistamaan uusiksi, sillä hyvin kulmikkaiden tuotteiden valmistus ei ole mahdollista alipaineinjektioilla.

Ainoa alipaineinjektioon siirtymiseen puoltava tekijä on tällä hetkellä se, että styreenipäästöt saataisiin pois liki kokonaan. Tämä aiheutuu siitä, ettei hartsia ruiskuteta, jolloin styreeniä ei pääse vapautumaan ilmaan. Ykimuovin tuotantotiloissa on käytössä määräysten mukaiset tehokkaat ilmastointilaitteet, joiden avulla styreenipitoisuudet pysyvät sallituissa rajoissa.

4 TUOTANNON NYKYTILA

Ykimuovin laminointilinja 1:n nykytilan selvittäminen aloitettiin tutustumalla tuotantoon noin viikon ajan kestäneellä jaksolla. Lähtökohtana oli, että Ykimuovilla ei ollut laisinkaan dokumentaatiota koko tuotantoprosessista. Tämän vuoksi nykytilan kuvaus tehtiin hyvin yleisellä tasolla, eikä esimerkiksi työvaihekohtaisia aikoja mitattu lainkaan. Tavoitteena oli saada dokumentaatio ja käsitys tuotantoprosessista sekä samalla kehityskohteita tuotannon parantamiseksi.

Tuotantoon tutustumiseen käytetyllä viikon ajanjaksolla kerättiin tietoa tuotannosta sekä haastatteleamalla työntekijöitä että itse havainnoimalla tuotannon toimintaa. Tämän viikon aikana sai hyvän käsityksen yrityksen tuotantoprosessista. Myös kehitystä vaativat asiat ja kohteet löytyivät suhteellisen helposti tuotannon toimia seuraamalla.

4.1 Tuotantoprosessin vaiheet

Ykimuovi valmistaa suurimman osan tuotteista ruiskulaminoimalla. Kuvassa 5 on esitetty tuotantoprosessi alusta loppuun lukuun ottamatta tuotteen tilaus- ja toimitusprosesseja.



KUVA 5. Tuotantoprosessin vaiheet

Tuotteen valmistus alkaa vaiheesta 1, jossa etsitään ja valitaan laminoitavan tuotteen muotti. Muotit sijaitsevat tuotantotiloissa, katetussa ulkovarastossa ja pihalla. Muotin löytämisen jälkeen vaiheessa 2 suoritetaan puhdistustoimenpiteet. Puhdistustoimenpiteitä ovat peseminen ja paineilmapuhallus. Puhdistuksen jälkeen muotti saatetaan joutua kiillottamaan, mikäli muottia on jouduttu säilyttämään ulkoilmassa tai sen pinta on mennyt muuten heikohkoksi. Muotteja voi joutua myös korjaamaan, mikäli niissä havaitaan särkymiä tai virheitä. Muotin hyvä pinnanlaatu on erittäin tärkeää, sillä se vaikuttaa suoraan lopputuotteen pinnanlaatuun.

Vaiheessa 3 levitetään irrotusaine muottiin sen puhdistuksen jälkeen. Irrotusaineen avulla laminoitava tuote ei jää muottiin kiinni. Irrotusaineen levittämisen jälkeen seuraa vaihe 4, joka on gelcoat in levitys ruiskulla. Gelcoat on pinnoite, joka antaa kappaleelle ulkonäön ja suojaa lasikuitua muun muassa kolhuilta. Pinnoitteen annetaan kuivua ennen laminointia. Puhdistustoimenpiteet, irrotusaineen levitys ja gelcoat in levitys suoritetaan maalaustyöpisteellä.

Kun gelcoat on kuivunut tarpeeksi, suoritetaan lasikuidun laminointi (vaihe 5). Ykimuovilla valmistusmenetelmänä on ruiskulaminointi. Ruiskulaminoinnissa hartsia ja katkottu lasikuitu ruiskutetaan samanaikaisesti muotin pintaan. Tiettyissä tapauksissa vahvikkeena käytetään myös lasikuitumattoa. Laminoinnin jälkeen suoritetaan telaus (vaihe 6), jonka tehtävänä on imeyttää hartsia lasikuituun ja poistaa ilmakuplat laminaatista. Telauksen jälkeen laminoitu tuote jätetään kuivumaan (vaihe 7). Laminaatin täytyy kuivua kunnolla, jotta toinen pinta voidaan hioa maalausta varten.

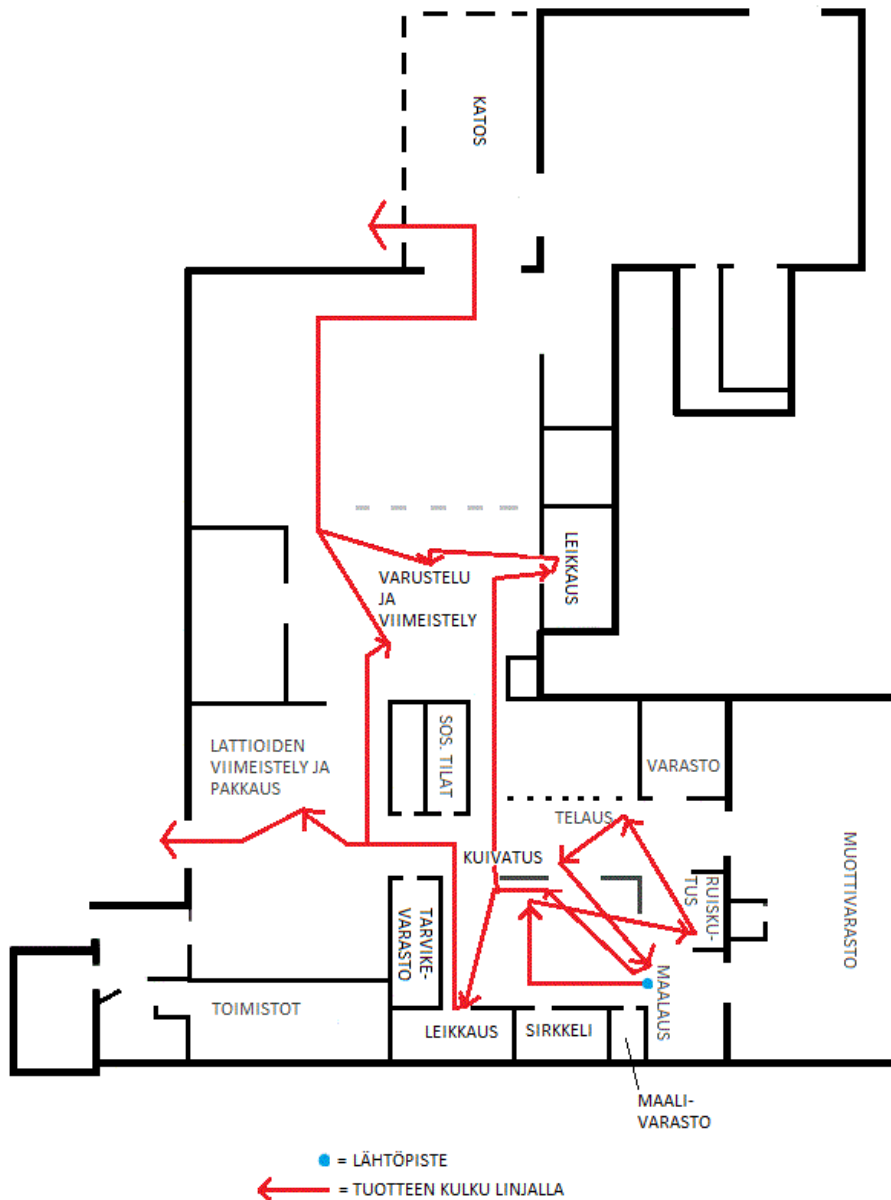
Vaihe 8 eli hionta aloitetaan laminaatin ollessa riittävän kuiva. Hionta suoritetaan käsin, ja sen tarkoituksena on tasoittaa pienet epätasaisuudet pinnasta. Maalaus suoritetaan hionnan jälkeen käyttäen sekä pensseliä että ruiskua (vaihe 9). Tässä vaiheessa maalina käytetään topcoatia. Maalauksen jälkeen tuote jätetään kuivumaan leikkausta varten (vaihe 10). Leikkaus aloitetaan irrottamalla tuote muotista. Irrottamisen jälkeen tuotteen reunat leikataan oikeisiin mittoihin. Leikkausprosessi suoritetaan kulmahiomakoneella (vaihe 11).

Viimeistelyssä tuotteeseen lisätään mahdolliset varusteet ja tarkastetaan lopputuote virheiden varalta (vaihe 12). Mikäli tuotteessa havaitaan esimerkiksi jokin vika pinnassa, se korjataan viimeistään tässä vaiheessa. Tuotteiden pakkaus suoritetaan tapauskohtaisesti (vaihe 13). Esimerkiksi perävaunujen kuomut asennetaan usein suoraan paikalleen perävaunuun, kun muun muassa teknisten tilojen lattiat pakataan pahvilaatikoihin.

4.2 Työvaiheiden sijainti tuotantoprosessissa

Nykytilassa tuotteen kulku laminoitilinjalla on hyvin epäloogista. Suurimmaksi osaksi tähän vaikuttaa tuotantotilan pieni koko ja valmistettavien tuotteiden suuri koko. Näin ollen myös keskeneräiset tuotteet ja tuotteiden muotit vievät suuren osan tilasta.

Rakennuksen muoto asettaa rajoituksia tuotantolinjan työpisteiden sijoitukselle. Mikäli kyseessä olisi esimerkiksi suorakaiteen muotoinen teollisuushalli, tuotteen kulusta työvaiheiden läpi olisi mahdollista saada paljon yksinkertaisempi. Tuotantolinjan layout ja tuotteen kulku linjalla on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Ykimuovin tuotantolinjan layout ja tuotteen kulku tuotantolinjalla

Kuvassa 6 esitetystä layoutista voidaan havaita tuotteen kulun epäloogisuus tuotantolinjalla. Lähtöpisteeksi on valittu maalauksen työpiste, koska nykytilassa käytettävät muotit eivät sijaitse muottivarastossa, vaan pitkin tuotantoaluetta. Lähtöpisteen tulisi olla muottivarastossa. Materiaalivirroissa on kuvattu yhden tuotteen kulku linjaston läpi, eli niissä ei ole otettu huomioon esimerkiksi kuivatuksen aiheuttamaa ruuhkaa tuotantoalueella. Kun keskeneräisiä tuotteita on runsaasti kuivumassa, tuotteen kulku työpisteestä toiseen mutkistuu entisestään.

5 TUOTANNON KEHITYSKOhteET JA -IDEAT

Tuotantoa seuratessa havaittiin sekä hyvällä tasolla olevia, positiivisia asioita että kehitystä vaativia asioita. Positiivisia huomioita oli työntekijöiden hyvällä tasolla oleva osaaminen, jota ilman tuotanto ei toimisi laisinkaan. Ruiskulaminointi on haastava valmistusmenetelmä, sillä tuotteen laatu riippuu suurilta osin työntekijöiden ammattitaidosta. Etenkin laminaatin ruiskutus on erittäin haastava työvaihe. Positiivisiin asioihin voidaan lukea myös, että työntekijät käyttävät työnteon aikana tarvittavia suojarusteita. Työkalut ja laminointiruiskut ovat hyvässä kunnossa, mikä edesauttaa työn tuottavuudessa ja vähentää hukka-aikaa. Myös laadusta huolehtiminen on hyvällä tasolla, sillä työntekijät valvovat tuotteen laatua valmistusprosessin aikana ja suorittavat tarvittavat korjaustoimenpiteet, mikäli tarvetta on.

Ensimmäisenä kehitystä vaativana kohteena on laminointilinjan epäjärjestys ja siisteys. Roskaa ja harvoin käytettäviä muotteja on kerääntynyt seinien viereen ja vievät jo muutenkin vähissä olevaa tilaa. Havaintojen perusteella syynä tähän epäjärjestykseen on työntekijöiden motivaation ja ajan puute siivous- ja järjestelytoimenpiteisiin, tavaroiden merkattujen paikkojen puuttuminen sekä roska-astioiden vähäisyys ja sijainti tuotanto-alueella.

Edellä mainittuihin siisteys- ja järjestysongelmiin ratkaisuna voisi olla tuotantotiloihin sijoitettavat jäteastiat, joihin on merkattu jätteen tyyppi lajittelua varten. Jäteastioiden sijainti tulisi olla suurimpien jätteenaiheuttajien välittömässä läheisyydessä, mutta kuitenkin siten, ettei ne ole esteenä tuotannolle. Siisteyden ylläpidon voisi toteuttaa esimerkiksi työpäivän loppuun sijoittuvalla noin 15–30 min pituisella siivousajalla vallitsevan siisteystilanteen mukaan. Tässä ajassa ehtii siivota päivän aikana tulleet jätteet jäteastioihin. Järjestelytyön voisi antaa työntekijöille myös niin sanottuna urakkana, eli mitä nopeammin tilat siivotaan, sitä nopeammin pääsee töistä pois.

Koska tuotantotilat ovat hyvin pienet ja rajalliset, isot tuotteet ja muotit tekevät tilan käytöstä erittäin haasteellista. Eri vaiheissa oleville tuotteille ei ole määritetty paikkaa, mihin ne laitetaan työvaiheiden jälkeen. Tämän vuoksi kesken-

eräiset tuotteet ovat siellä, mihin ne ovat jääneet edellisen työvaiheiden jäljiltä. Havaittiin, että tuotteille määritettyjen paikkojen puutteen takia tuotantotilat menevät välillä niin tukkoon, ettei edes pakollisia liikkeitä trukilla pystytä suorittamaan ilman kulkuväylän raivausta. Tämä hidastaa tuotantoa siltä osin, että mikäli esimerkiksi seuraavaksi valmistukseen tulevan tuotteen muotti on kaikkien keskeneräisten tuotteiden takana, tuotannon aloitus viivästyy siksi aikaa, kunnes muotti on saatu tuotantopaikalle.

Tuotantotilojen välittömässä läheisyydessä sijaitseva ulkovarasto on tarkoitettu muottien varastointiin. Varastossa olevat muotit ovat kuitenkin suurilta osin epäjärjestyksessä. Varastoitavia muotteja käytetään myös erittäin harvoin tai ei lainkaan. Tämä asia johtaa siihen, että eniten valmistettavien tuotteiden muotteja joudutaan säilyttämään myös laminointilinjalla. Varaston epäjärjestys aiheutuu osittain muottien suuruudesta ja varaston pienuudesta. Suurin syy epäjärjestykseen on kuitenkin se, että varasto on ollut vähällä käytöllä ja kaikki siellä olevat tavarat on vain viety sinne ajattelematta lainkaan varaston käytettävyyttä.

Muottivaraston järjestely tulisi suorittaa siten, että aluksi priorisoidaan tuotteiden muotit menekin mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että eniten menevien tuotteiden muotit sijaitsevat parhailla paikoilla saatavuuden ja haettavuuden näkökulmasta. Myös tuotteiden sesonkiluontoisuus ja muottien suuri koko esimerkiksi veneiden osalta tulee ottaa huomioon.

Muottivarastoon voisi paikoitussuunnitelman lisäksi merkitä selvästi, mikä tuote kuuluu millekin paikalle. Lisäksi varastosta olisi hyvä laatia piirustus, johon on merkitty kunkin muotin sijainti varastossa. Yksittäisten muottien sijaintia ei voi piirustukseen merkitä niiden suuren määrän vuoksi, mutta esimerkiksi tuoteryhmäkohtaiset sijainnit voi merkitä piirustukseen. Tämä vähentäisi työntekijöiden tarvetta etsiä muotteja, kun ne olisivat piirustuksen mukaisilla sovituilla paikoilla. Uusien työntekijöiden kohdalla tämä helpottaa myös asiaa, sillä uusilla työntekijöillä ei ole uuteen työpaikkaan tullessa kaikki tuotantolaitoksen paikat tuttuja.

Tuotantotilan layout on myös yksi kehitystä vaativa kohde. Nykyisessä layoutissa tuotteet kiertävät ristiin rastiin eri työvaiheiden välillä. Ongelma koros-

tuu etenkin silloin, kun isot tuotteet ovat tuotannossa. Tällöin muotit ja kesken-eräiset tuotteet jäävät esimerkiksi kuivumaan paikkaan, josta toisen tuotteen täytyisi kulkea seuraavaan työvaiheeseen. Layoutin kehittämisessä täytyy ottaa huomioon rajallinen tuotantotila sekä suurten muottien ja keskeneräisten tuotteiden tilanvienti. Myös keväisin alkava venetuotanto vaikuttaa suurelta osin layoutin suunnitteluun ja toimivuuteen.

Työkalujen ja tarvikkeiden säilytyshyllyt vaativat myös kehitystoimenpiteitä. Nykyisellään hyllyissä olevat tavarat ovat epäjärjestyksessä, eikä niille ole juurikaan olemassa merkattuja paikkoja. Tämän vuoksi työntekijät joutuvat etsimään tarvitsemiaan työkaluja ja tarvikkeita. Tähän liittyen kaikki etsintään käytettävä aika on pois tuotantoajasta. Hyllyjä voisi kehittää siten, että karsitaan kunkin työpisteen läheisyydessä olevista säilytyshyllyistä kaikki tarpeeton pois ja tarpeellisille tavaroille merkataan selvästi oma paikkansa hyllyssä. Tähän kehitykseen liittyy myös työntekijöiden valistaminen siihen, että mikäli hyllystä ottaa jonkin työkalun, se täytyy käytön jälkeen palauttaa samaan merkattuun paikkaan.

Työohjeiden puuttuminen on myös yksi kehitystä kaipaava asia. Nykytilassa työntekijät tekevät työnsä rutiinin ja kokemuksen avulla. Tämä hankaloittaa etenkin uusien työntekijöiden perehdyttämistä, sillä työn toteutustapa saattaa osittain vaihdella eri työntekijöiden kesken. Tähän liittyen havaittiin myös, että ruiskutuksessa kuluvan materiaalin määrässä tietylle tuotteelle on työntekijäkohtaisia eroja. Työohjeiden puuttumisen vuoksi myös uuden työntekijän perehdyttäminen vie enemmän aikaa, sillä uusi työntekijä ei voi perehtyä yrityksen tuotantoon kirjallisen materiaalin avulla.

Ohjeistusta voisi parantaa laatimalla niin sanotut tuotekortit, joissa määritellään tuote, valmistuksessa käytettävät materiaalit ja niiden määrät sekä valmistuksessa huomioon otettavia asioita. Tuotekortit helpottaisivat myös työnjohtoa siltä osin, että jokaisesta tuotteesta olisi erikseen dokumentaatio, josta käy ilmi tärkeimmät tuotteeseen liittyvät asiat.

6 TOTEUTETTAVAT KEHITYSKOhteet

Edellisessä luvussa esitetyt kehityskohteet ja -ideat priorisoitiin yhdessä johtohenkilöstön kanssa ja niistä valittiin toteutettavaksi kolme tällä hetkellä tärkeimmäksi katsottua kohdetta. Ensimmäiseksi kohteeksi valittiin tuotantotilojen ja muottivaraston siisteys ja järjestely, sillä se oli helpoimmin toteutettavissa ja tilan tarve oli huomattava. Toiseksi kohteeksi valittiin layoutin kehittäminen. Tämä nähtiin tärkeimmäksi kohteeksi, koska tuotteen kiertokulkua työvaiheiden välillä piti saada sujuvammaksi tuotannon lisääntyttyä. Kolmantena kohteena oli tuotekorttien laatiminen. Tuotekortit oli tarkoitus laatia ensisijaisesti veneille, perävaunujen kuomuille ja muutamille yksittäisille tuotteille.

6.1 Yleinen siisteys tuotantotiloissa ja muottivarastossa

Tuotantoalueen ja muottivaraston järjestykseen tehtiin kehitystoimenpiteet lähinnä siivoamalla ja uudelleenjärjestelemällä. Siivous- ja järjestelytoimenpiteissä käytettiin pohjana 5S-menetelmää. Kyseistä menetelmää ei kuitenkaan otettu käyttöön laajamittaisesti tässä vaiheessa tulevien layoutin muutoksien vuoksi.

Muottivarastossa muotit priorisoitiin käyttötarpeen mukaan, minkä jälkeen eniten käytettävät muotit jätettiin muottivarastoon hyvään järjestykseen ja vähän tai ei ollenkaan käytettävät muotit siirrettiin pois muottivarastosta ulkoilmaan varastoitavaksi. Muottivarastosta siivottiin pois myös muut sinne kertyneet jätteet ja kuulumattomat tavarat.

Tuotantoalueen siistiminen suoritettiin siten, että kaikki ylimääräinen jäte ja romu kerättiin pois seinien vierestä ja koko tuotantolinjalta. Tämä vapautti paljon tilaa muun muassa muoteille ja keskeneräisille tuotteille. Kyseessä olevat toimenpiteet tehtiin juuri oikeaan aikaan, sillä Ykimuovi on tällä hetkellä aloittamassa joka keväistä veneiden tuotantoa. Veneiden muotit ovat erittäin suuria, joten jokainen siivoamalla ja järjestelemällä saatu lisäneliö tuotantotiloissa tulee hyötykäyttöön. Työn sujuvuus lisääntyi myös, koska keskeneräisille tuotteille on enemmän tilaa, eikä niitä tarvitse jättää kulkureiteille.

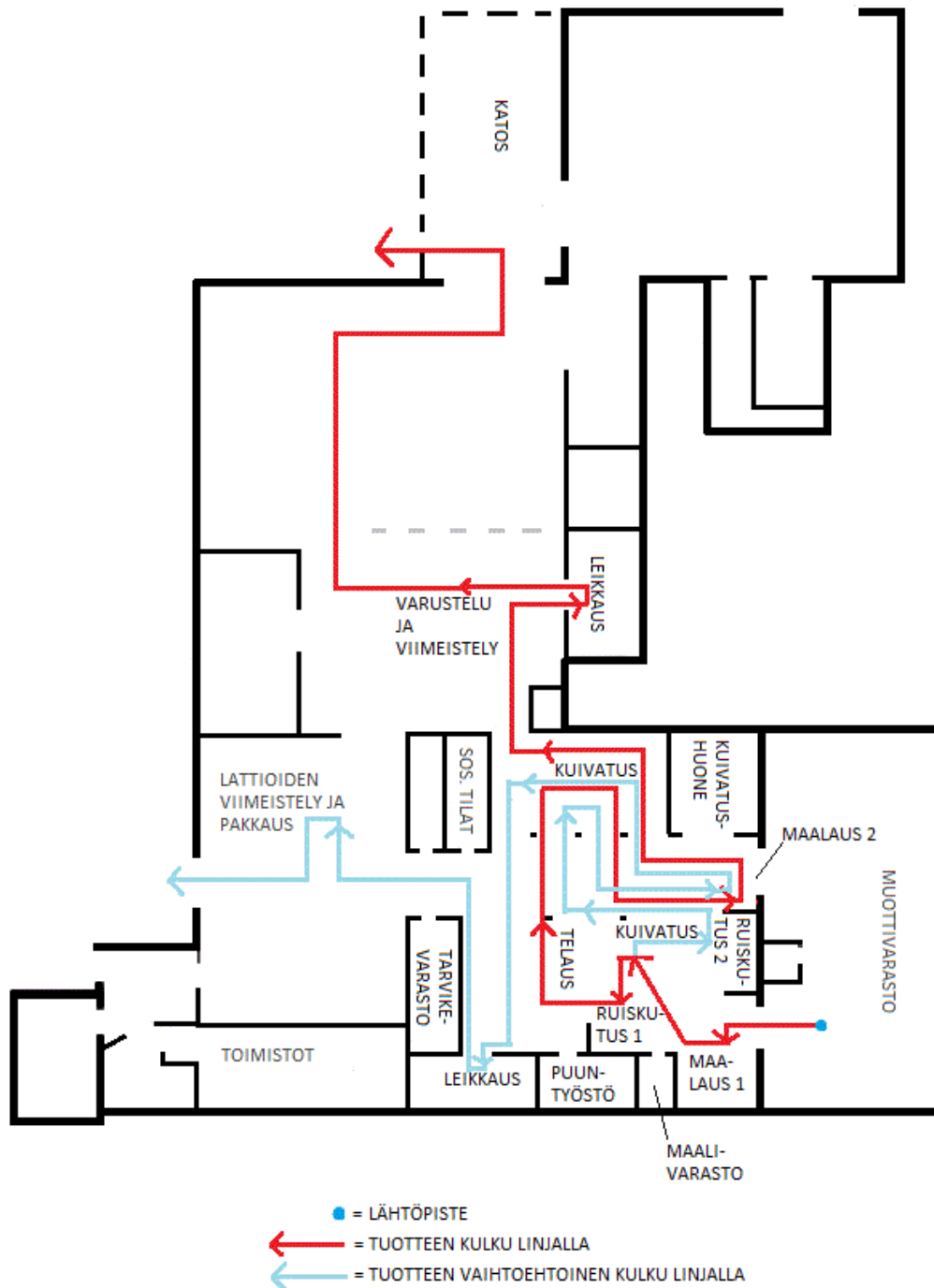
Myös työntekijöitä pyrittiin motivoimaan tuotantotilojen siistinä pitämiseen. Työntekijöitä kehoitettiin viemään tuotannossa syntyvät jätteet suoraan jäteastiaan tai keräämään yhteen paikkaan ja työpäivän lopulla viemään jätteet suoraan isolle jätelavalle. Työntekijöille korostettiin tuotantotilojen siisteyden merkitystä etenkin siinä vaiheessa, kun tuotantomäärät ja muottien koko kasvavat venetuotannon alkaessa. Siisteyden ylläpitoon panostettiin myös palkkaamalla uusi työntekijä, jonka tehtävänä on huolehtia tuotantolinjan siisteydestä ja järjestyksestä sekä muottien ja muottivaraston järjestelystä.

6.2 Layoutin kehittäminen

Layoutin kehittäminen oli tärkeimmäksi priorisoitu kehityskohde. Vanhaa layoutia tutkittaessa tuli esille monia ideoita, joiden avulla tuotantoprosessia saadaan suoraviivaistettua ja tuotteiden kiertokulkua tuotantoalueella hieman järkevämmäksi. Layoutin muutokset on suunniteltu alkavaa venetuotantoa silmällä pitäen, sillä suurikokoisille muoteille ja keskeneräisille tuotteille on löydettävä selkeä kulkureitti työvaiheiden välillä kuitenkin siten, ettei muu tuotanto kärsi.

Layoutin suunnittelussa haasteina olivat tiettyjen työpisteiden, esimerkiksi leikkaustilan siirtämisen vaikeus ja tilojen pieni koko tuotantomääriin nähden. Siirrettävissä olevat työpisteet, kuten maalaus ja ruiskutus, siirrettiin kaikista optimaalisimpiin paikkoihin.

Tuotantotilaan päädyttiin tekemään myös rakenteellisia muutoksia. Rakenteellisina muutoksina olivat väliseinien purku tuotantotilasta ja kattorakenteita kantavien tolppien uudelleensijoittelu. Väliseinän purun ja tolppien uudelleensijoittelun suunnitteli ulkopuolinen rakennesuunnittelija. Rakenteellisten muutosten avulla tuotteen kulkua työvaiheiden läpi saadaan järjeistettyä ja turhia tuotteen liikkeitä vähennettyä. Uusi layout ja tuotteen kulku linjastolla on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Tuotantolinjan uusi layout ja tuotteen kulku linjalla

Kuvasta 7 voidaan havaita, että layoutiin tehdyt muutokset yksinkertaistivat huomattavasti tuotteen kulkua työvaiheiden läpi. Tuotteelle otettiin myös huomioon vaihtoehtoinen kulkureitti, jota hyödynnetään tuotannon lisääntyessä. Kulkureitti on suunniteltu suurimpien päätuotteiden mukaan. Linjalle lisättiin yksi maalaus-

paikka ja yksi ruiskutuspaikka. Tämä tekee tuotannosta huomattavasti sujuvampaa. Maalausasteet määritettiin siten, että maalaus 1 -piste suorittaa pohjatyöt eli muotin puhdistuksen, irrotusaineen levityksen ja gelcoat-in levityksen. Maalaus 2 -piste suorittaa pintatyöt eli hionnan ja topcoat-in levityksen.

Layoutin uudistukseen kuuluu myös tuotantohallissa ruiskutuspaikan läheisyydessä sijaitsevan huoneen muuttaminen kuivatushuoneeksi. Huoneeseen asennetaan lämmitysjärjestelmä, jolla huoneen lämpötila saadaan nostettua tietylle tasolle. Lämmitys nopeuttaa tuotteen kuivumista, jolloin tuotteen läpimenoaika linjastolla pienenee. Myös styreenin haju lähtee pois tuotteesta sitä lämmitettäessä.

Muottivaraston sijainti ja sinne kulkeminen otettiin myös huomioon layoutia suunniteltaessa. Tarkoituksena on, että muotti saadaan haettua varastosta heti ensimmäiselle työpisteelle. Tällä pyritään siihen, ettei muotit ole kulkureittien tukkeena ja muottien siirtely edestakaisin vähentyy.

6.3 Tuotekortit

Kolmas tärkeä kehitystä vaativa kohde oli työohjeiden ja tuotteiden dokumentaation puute. Parhaana ratkaisuna tähän löydettiin tuotekorttien laatiminen yrityksen valmistamille tuotteille. Tuotekorttien perusrakenteesta käy ilmi tuote, tuotteessa käytettävät materiaalmäärät, tarvittavat lisäosat, tuotteen viimeistelytarpeet ja muita valmistuksessa huomioitavia asioita. Näiden perusasioiden lisäksi tuotekohtaisista korteista käy ilmi tuoteryhmäkohtaisia huomioita valmistuksesta ja tuotteiden pakkauksesta. Esimerkki tuotekortista on esitetty liitteessä 1.

Tuotekortit laadittiin pääryhmien perusteella kahdelle eri ryhmälle, jotka olivat veneet ja perävaunujen kuomut. Pääryhmien lisäksi yksittäisiä kortteja laadittiin esimerkiksi teknisen tilan lattialle. Veneiden tuotekorttien laatimisen katsottiin olevan kaikkein tärkein ja ajankohtaisin asia alkavan venetuotannon takia. Tuotekortit laadittiin kaikista valmistettavista venemalleista.

Tuotekorteille määritettiin maksimi mitaksi yksi A4-arkki, johon tuli sisältyä kaikki tarvittava tieto tuotteesta. Varsinaista vaihe vaiheelta läpikäytävää työohjeistusta ei laadittu, vaan työohjeeksi riittävät tuotekorteissa mainitut tiedot. Tämä johtuu siitä, että valmistusmenetelmä on hyvin yksinkertainen ja työvaiheet ovat jokaisessa tuotteessa likipitään samat.

Dokumentaatioiden suurimpana hyötynä on se, että tuotteiden valmistuksessa käytettävät materiaalmäärät ovat tiedossa ja dokumentoituna. Tämän vuoksi materiaalin menekin seuranta ja kohdistaminen helpottuu. Myös työntekijöiden väliset erot materiaalin kulutuksessa tietylle tuotteelle saadaan minimoitua. Materiaalmäärien dokumentaatioista on hyötyä myös uusien työntekijöiden perehdyttämisessä, sillä materiaalmäärät ja -tyypit eivät ole enää vain työntekijöiden muistin varassa.

Tuotekortit helpottavat suuresti esimerkiksi veneiden viimeistelyä, koska korteissa on mainittu tarkasti varusteiden tyypit ja koko. Tällä vältetään se, että tuotteisiin laitetaan väärä osia. Toisin sanoen virheiden mahdollisuus varusteluvaiheessa vähenee huomattavasti, koska kuhunkin tuotteeseen kuuluvat osat ovat dokumentoituina eivätkä vain työntekijöiden muistin varassa.

Työnjohdon osalta tuotekortit helpottavat myös tuotteen valmistuksessa tarvittavien materiaalien ja muiden osien hankintaa. Merkittävämpi näistä kahdesta edellä mainitusta asiasta on muut osat, jotka käytännössä ovat tuotekohtaisia osia eivätkä välttämättä sovellu käytettäväksi muiden tuoteryhmien tuotteissa.

7 KEHITYSTEN TULOKSET

Valituista kehityskohteista kaksi ehdittiin suorittaa suunnitellulla tavalla. Siivousjärjestelyt ja tuotekorttien laatiminen onnistuivat käytössä olleen ajan puitteissa. Layoutin muutokset ovat parasta aikaa käynnissä tuotantotiloissa, joten sen tuloksia ei voida tässä vaiheessa arvioida. Yleisen siisteyden parantaminen on kehityskohde, jonka tuloksia voisi havainnoida esimerkiksi kuvien avulla. Layoutin muutoksista saatavia tuloksia olisi mahdollista tutkia esimerkiksi tuotekohtaisen läpimenoajan avulla.

Yleisen siisteyden parantaminen tuotantolinjalla vaikutti positiivisesti tuotantoon. Keskeneneräisille tuotteille tuli enemmän tilaa, kun seinien viereltä saatiin kaikki ylimääräiset jätteet ja käyttämättömät muotit pois. Myös muottivaraston järjestely ja vähän käytettävien muottien varastointi muualle havaittiin positiiviseksi asiaksi. Muottien noutaminen varastosta ja palauttaminen varastoon helpottui suuresti. Työntekijöillä kuluu paljon vähemmän aikaa muotteja etsiessä ja niitä noutaessa kuin aiemmin, joten tämä myös osaltaan vähensi tuotannon hukka-aikaa.

Tuotekorttien osalta tulokseksi voidaan lukea se, että korteilla saatiin dokumentoitua tuotantoa tuotteiden osalta ja pienennettyä työntekijäkohtaisia eroja muun muassa materiaalien menekissä. Tuotekorttien vaikutukset etenkin materiaalien menekkiin näkyvät kuitenkin selkeämmin vasta lähitulevaisuudessa, kun työntekijät omaksuvat kortit ja alkavat käyttää niitä hyödykseen. Tuotteiden laadulliset erot työntekijöiden välillä tulevat myös tasoittumaan korttien avulla, ja tuotteiden painoerot pienenevät.

Tuloksena voidaan mainita myös se, että kirjallisen vertailun ja aiempien tutkimusten perusteella Ykimuovin ei kannata siirtyä käyttämään alipaineinjektiota jo nykyisin käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan. Ainoa saavutettava hyöty alipaineinjektiosta olisi tällä hetkellä styreenipäästöjen väheneminen. Ykimuovilla kuitenkin hallitaan styreenipäästöjä erittäin tehokkaalla ilmastointijärjestelmällä, joka mahdollistaa ruiskulaminoinnin käytön valmistusmenetelmänä ja styreenipitoisuuksien pysymisen lain vaatimissa rajoissa.

8 YHTEENVETO

Tämän työn ensimmäisenä tavoitteena oli vertailla ja tutkia teoreettiselta pohjalta alipaineinjektiota ja ruiskulaminointia. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, kannattaako lujitemuovituotteita valmistavan Ykimuovi Finland Oy:n siirtyä käyttämään valmistusmenetelmänä alipaineinjektiota jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan. Tähän vertailuun pohjautuen työn toisena tavoitteena oli tehdä tuotannon nykytilan kuvaus ja dokumentaatio Ykimuovin tuotannosta. Nykytilan kuvauksen pohjalta tarkoituksena oli löytää kehityskohteita tuotannosta, priorisoida ne ja toteuttaa tärkeimmät.

Työ aloitettiin tutustumalla kirjallisuuteen lujitemuovien valmistusmenetelmistä. Kirjallisuuteen ja teoriaan tutustumisen jälkeen laadittiin valmistusmenetelmien vertailu alipaineinjektiosta ja ruiskulaminoinnista. Kirjallisuuden ja teorian perusteella tehdyn tutkimuksen mukaan Ykimuovin ei kannata siirtyä käyttämään alipaineinjektiota valmistusmenetelmänä jo käytössä olevan ruiskulaminoinnin sijaan. Saavutettavat edut olisivat hyvin pieniä käyttöönottokustannuksiin nähden. Alipaineinjektion käyttöönottovaiheessa saattaa olla jopa useita kuukausia kestävä sisäänajojakso, jonka aikana ei välttämättä saada tuotettua yhtään myyntikelpoista tuotetta. Myös valmistuksessa käytettävät muotit jouduttaisiin suunnittelemaan osittain uudelleen.

Valmistusmenetelmien vertailun jälkeen aloitettiin viikon kestävä seurantajakso laminointilinjalla. Jakson aikana tarkasteltiin lähinnä tuotantoprosessin vaiheita ja tuotteen kulkua tuotannossa. Seurantajakson aikana ja sen jälkeen löydettiin monia kehityskohteita tuotannon parantamiseksi. Kehityskohteet käytiin läpi yrityksen esimiesten kanssa ja ehdotuksista priorisoitiin kolme tärkeintä ja ajankohtaisinta kehitysideaa.

Ensimmäisenä kehityskohteena oli tuotantoalueen ja muottivaraston siisteys, joka oli erittäin huonolla tasolla. Jätteitä ja vähän käytettäviä muotteja oli paljon seinien vierellä ja kulkuväylillä. Myös muottivarasto oli erittäin sekavassa järjes-

tyksessä. Laminointilinjalle ja muottivarastoon suoritettiin kattava siivous- ja järjestelyurakka, jonka ansiosta jo ennestään pienelle tuotantoalueelle vapautui runsaasti lisää tilaa.

Toisena kehityskohteenä esille nostettiin layoutin kehittäminen. Aiemmassa layoutissa tuotteet kulkivat työvaiheiden välillä ristiin rastiin ja keskeneräiset tuotteet tukkivat kulkureitit tilan ahtauden vuoksi. Materiaalivirtojen yksinkertaistamiseksi tuotantotilaan päädyttiin tekemään työpisteiden uudelleensijoittelun lisäksi myös rakenteellisia muutoksia. Muutokset toteutetaan siten, että tuotantotilassa olevat väliseinät puretaan kokonaan. Näin tuotantotilaan saadaan muodostettua avoin tila. Kantavien rakenteiden rakennesuunnittelun teki ulkopuolinen tah.

Kolmas kehityskohde oli puuttuva tuotannon dokumentointi ja työohjeistus. Yrityksessä ei aiemmin ollut minkäänlaisia dokumentaatioita tuotettavista tuotteista eikä tuotannosta. Tämän ongelman tiimoilta päädyttiin laatimaan tuotekortit, joista selviävät tuotteiden materiaalien määrät ja valmistuksessa tarvittavat osat ja viimeistelyohjeet. Tuotekortit tulevat auttamaan myös materiaalin menekin hallinnassa, koska työntekijäkohtaiset erot tasoittuvat tuotekorttien myötä. Tuotekortit toimivat apuna myös uusien työntekijöiden perehdyttäessä.

Tulevaisuudessa yrityksen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota siisteyden ja järjestyksen ylläpitoon. Tähän liittyen 5S-menetelmä kannattaisi ottaa käyttöön laajamittaisesti. Tämä auttaisi siisteyden ja hyvän järjestyksen säilymisessä ja ylläpidossa. 5S-menetelmän käyttöönotto tulee ajoittaa ajankohtaan, jolloin suunnitellut layoutin muutokset on saatu tehtyä ja suurin sesonkiaika on mennyt ohi.

LÄHTEET

Eskola, Tuomas 2009. Lasikuituveneiden laminointitekniikoiden vaikutus venealan kannattavuuteen. Pro gradu -tutkielma. Vaasa: Vaasan yliopisto, teknillinen tiedekunta. Saatavissa: <https://www.tritonia.fi/download/gradu/3708>. Hakupäivä 22.2.2016.

Komulainen, Johannes 2011. Suuret kuormaa kantavat hybridi- ja komposiittirakenteet. Diplomityö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, materiaalitekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20528/komulainen.pdf?sequence=3>. Hakupäivä 23.2.2016.

Manninen, Miika 2009. Suomen veneteollisuuden kehittäminen. Pro gradu -tutkielma. Vaasa: Vaasan yliopisto, teknillinen tiedekunta. Saatavissa: http://www.finnboat.fi/linked/fi/BPIT_Suomen_veneteollisuuden_kehittaminen_Manninen.pdf. Hakupäivä 26.2.2016.

Pöntinen, Karri 2007. Permeabiliteetin mittausten menetelmän kartoitus. Opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, muovitekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11681/2007-10-23-07.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 23.2.2016

Saarela, Olli – Airasmaa, Ilkka – Kokko, Juha – Skrifvars, Mikael – Komppa, Veikko 2007. Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

Vacuum Infusion: Part one. 2016. Fibre Glast. Saatavissa: <http://www.fibreglast.com/product/vacuum-infusion-Guide>. Hakupäivä 23.2.2016.

Yritys. 2008. Ylikiiminki: Ykimuovi Oy. Saatavissa: <http://www.ykimuovi.fi/yritys.html>. Hakupäivä 15.2.2016.

KAISLA 470



Gelcoat: Ashland 15020 / Vaaleanvihreä

Topcoat: Ashland 12050 / Kermankeltainen

Materiaalimäärät/ (lanka):

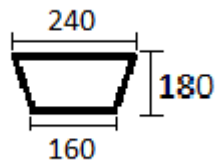
- Pohja (puolikas): **5,0kg**
- Reuna (puolikas): **2,0kg**
- Sisäosat:
 - Etu: **2,0kg**
 - Keski: **1,0kg**
 - Taka: **1,8kg**
- Kiinnitys: **5,0kg**
- Köli (hiekkahartsii): **~20kg**

Insertit:

- Jalkatavit 6 kpl (20cm x 20cm rima, pituus 85mm)
- Keulakolmio
- Perälaudan tuki (12mm filmiviira)

Viimeistelytarpeet:

- Kynsilaudan ja perälaudan asennus
 - Perälauta (12mm filmiviira):



- Pohjapropun reikä 2kpl
- Keulakoukun asennus
- Hankaimien asennus
- Valmistuslaatan ja CE-merkinnän kiinnitys
- Tarrojen kiinnitys
- 2-komponentti reunalista
- Kondensiotulpat pieni 3kpl