

Tuulia Kuoppamäki

Maalaamon yhteen vuoroon siirtymiseen vaadittavat kehitystoimenpiteet

MSK Cabins Oy

Opinnäytetyö

Syksy 2014

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaation suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Tuulia Kuoppamäki

Työn nimi: Maalaamon yhteen vuoroon siirtymiseen vaadittavat kehitystoimenpiteet / MSK Cabins Oy

Ohjaaja: Martti Lehtonen

Vuosi: 2014 Sivumäärä: 41 Liitteiden lukumäärä: 2

Tämä työ on tehty yhteistyössä MSK Cabins Oy:n kanssa. Yritys valmistaa turvaohjaamot Valtra Oy Ab:n traktoreihin. MSK Cabinsin toimipiste sijaitsee Kauhavan Ylihärmässä.

Tämän työn tavoitteena on tutkia, olisiko MSK Cabinsin maalaamo siirrettävissä kahdesta vuorosta yhteen vuoroon. Kahdessa vuorossa valmistettiin 50 ohjaamo, yhdessä vuorossa valmistettavien ohjaamoiden määrä on 39. Maalaamon siirtäminen yhteen vuoroon on osa laajempaa projektia, jonka tavoitteena on saada koko MSK Cabinsin tuotanto yhteen vuoroon. Yhdessä vuorossa ovat jo osavalmistus, kokoonpano ja logistiikka. Kahdessa vuorossa on edelleen hitsaamo ja maalaamo.

Työssä tullaan esittelemään ensin työntutkimuksen ja teollisuustalouden teoriaosuutta, johon varsinainen tutkimus perustuu. Tämän jälkeen kerrotaan työntutkimuksen suorittamisesta. Tutkimuksen tavoitteena on saada selville maalaamon hitain työvaihe eli niin kutsuttu pullonkaula ja kartoittaa kyseisen työvaiheen tehoktusta vaativat työliikkeet. Työn lopuksi esitellään investointiehdotus, jonka avulla maalaamon työmäärä saataisiin yhteen vuoroon soveltuvaksi. Työssä ehdotettu investointi tullaan tekemään vuoden 2015 kesällä.

Avainsanat: jauhemaalauus, sinkkifosfointi, työntutkimus, jatkuva ajankäyttötutkimus, normaaliaikatutkimus, maalausrobotti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine automation specialisation

Author: Tuulia Kuoppamäki

Title of thesis: Development measures to be taken when switching to single-shift operation in the paint shop of MSK Cabins Oy

Supervisor: Martti Lehtonen

Year: 2014 Number of pages: 41 Number of appendices: 2

This thesis has been made in co-operation with MSK Cabins Oy. MSK Cabins produces safety cabins for the tractors of Valtra Oy Ab. MSK Cabins Oy is located in Ylihärmä, Kauhava.

The goal of this thesis was to investigate if it would be possible to move from two-shift-production to single-shift-production in the paint shop of MSK Cabins. Fifty cabins were produced during two shifts and in single-shift the quantity was 39 cabins. Switching the paint shop to single-shift-operation is a part of a larger project which aims to move all the functions in MSK Cabins' production to one-shift operation. At the moment, part production, assembly and logistic departments are already operating in one shift. The remaining departments in two-shift-operation are welding and paint shop.

This thesis first presents the theory about work measurement and industrial economy. After that there is a section that describes the actual execution of the work study. The goal of this study was to find out the slowest work phase in the paint shop production line and investigate the work movements that could be optimized. In the end of this thesis an investment suggestion is made. This suggestion will enable the production line of the paint shop to operate in one shift. The investment suggested in this thesis will be executed in the summer of 2015.

Keywords: powder coating, zinc phosphate, work measurement, continuing time-use-study, normal-time-study, robot painting

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Yritysesittely.....	7
1.2 Tausta.....	10
1.3 Tavoitteet	10
1.4 Työn rakenne ja rajaus.....	11
2 TYÖNTUTKIMUS JA KAPASITEETTI.....	12
2.1 Työntutkimus yleisesti	12
2.2 Työnmittauksen menetelmät	14
2.2.2 Jatkuva ajankäyttötutkimus	15
2.2.3 Normaalialikatutkimus.....	15
2.2.4 Havainnointitutkimus.....	16
2.2.5 Liikeikatutkimus.....	16
2.3 Kapasiteetti	17
2.4 Lämpäisy aika ja tahtiaika	18
2.4.1 Lämpäisy aika	18
2.4.2 Tahtiaika ja vaiheaika	18
3 MAALAAMON NYKYTILAN KUVAUS.....	20
3.1 Maalaamon laitteisto	20
3.2 Toiminnan kuvaus	21
4 TYÖNTUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN	24
4.1 Valmistelut	24
4.2 Valitut tutkimusmenetelmät	26
4.3 Normaalialikatutkimuksen kulku.....	27
4.3.1 Normaalialikatutkimuksen tulokset ja jatkotoimenpiteet.....	29
4.3.2 Maalausrobotin ajankäyttötutkimuksen valmistelut ja toteutus.....	30

	4
4.4 Ajankäyttötutkimuksen tulokset.....	30
4.5 Tämän hetkinen kapasiteetti	31
5 LINJASTON TEHOSTUSTA VAATIVAT KOHTEET.....	32
5.1 Esikäsitteilylinjan tehostus	32
5.2 Maalauslinjaston kehitys	32
6 MAHDOLLISET KEHITYSTOIMET	34
6.1 Jauhemaalauksen robotiikan kehittäminen	34
6.1.1 Nykyisen tekniikan tehostaminen.....	34
6.1.2 Kaksi seitsemänakselista robottia	35
6.1.3 Kolme robottia.....	35
6.2 Muut tutkimuksen yhteydessä havaitut parannuskohteet.....	36
7 KEHITYSTOIMEN VALINTA	37
7.1 Valittu kehitystoimenpide	37
7.2 Kehitystoimien kustannuslaskennallinen kanta	38
8 SOVELLETTAVUUS JA YHTEENVETO	39
8.1 Sovellettavuus tulevaisuudessa	39
8.2 Yhteenveto.....	39
LÄHTEET	40
LIITTEET	42

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. MSK Cabinsin ja Junkkarin tehtaot Ylihärmässä.....	7
Kuvio 2. Ensimmäinen Valmetin LUJA-ohjaamo.....	8
Kuvio 3. Uusi marraskuussa 2014 lanseerattu Valtra T4	9
Kuvio 4. Esimerkki aikalajien jaottelusta	13
Kuvio 5. Maalausrobotit ja pyörityslaite.....	21
Kuvio 6. Maalaamon pohjapiirustus	22
Kuvio 7. SRT-mallinen ohjaamon runko.....	27
Kuvio 8. Tutkimuksessa käytetty ACCUSPLIT-mittakello	28
Kuvio 9. Robottisolun simulointi kolmella robotilla.....	38

Käytetyt termit ja lyhenteet

Tahtiaika	Tahtiaika kuvaa aikaa, joka koneella kuluu yhden työkierron suorittamiseen. Käsityötä sisältävässä linjamaisessa työssä se kuvaa aikaa, jonka työkappale pysyy yhdessä työpisteessä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 30.)
Läpäisy aika	Läpäisy aika kuvaa sitä, miten pitkä aika kuluu tuotteen valmistamisen aloittamisesta siihen, kun tuote on valmis toimitettavaksi (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 29).
Joutuisuus	Joutuisuus on työntutkimukseen liittyvä termi, jolla kuvataan henkilön työn etenemisvauhtia tehtäessä käsityötä. Joutuisuus on työn tuloksellisuuden mittapuu. Joutuisuuden määrittää koulutettu työntutkija ja sillä pyritään tasapainottamaan ihmisten välisiä eroja työn aikoja tutkittaessa. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 29.)
Elpymisaika	Elpymisaika kuvaa aikaa, jonka työntekijä tarvitsee työn kuormittavuudesta palautumiseen. Elpymisaika riippuu työn rasittavuudesta. Vähimmäiselpymisajat on lain puitteissa taulukoitu. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 28.)
Normaaliaika	Työntutkimuksen tuloksena saatu tiettyyn työvaiheeseen kuluva aika, joka on normalisoitu joutuisuuskertoimella (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 29).

1 JOHDANTO

1.1 Yritysesittely

MSK Cabins Oy on Kauhavan Ylihärmässä sijaitseva ohjaamotehdas, joka valmistaa traktoreiden turvaohjaamot AGCO-konserniin kuuluvalla Valtra Oy Ab:lle. Muita AGCO-konserniin kuuluvia traktorivalmistajia ovat Challenger, Massey Ferguson ja Fendt. (MSK Group Oy 2014b; Agco Corporation 2014.)



Kuvio 1. MSK Cabinsin ja Junkkarin tehtaat Ylihärmässä

MSK Cabins Oy on yksi MSK Group Oy:n tytäryhtiöistä. Muita tytäryhtiöitä ovat muoviosia alihankintana valmistava MSK Plast Oy, maatalouskoneita valmistava Junkkari Oy sekä autojen peräkärrijä valmistava Juncar Oy. MSK Cabins Oy tunnettiin vuoteen 2014 saakka Maaseudun Kone Oy:n nimellä. MSK Group Oy on perheyritys. Koko MSK Groupissa työskenteli vuonna 2013 yhteensä 484 henkilöä ja MSK Cabinsilla tästä määrästä työskenteli 235 henkilöä. (MSK Group Oy 2014a; Kauppalehti Oy 2014a; Kauppalehti Oy 2014b.)

Maaseudun Kone Oy:n perusti huhtikuussa 1950 Ville Isosaari. Ensimmäinen toimipiste perustettiin Ylihärmän Kankaankylän entiseen meijeriin. Maaseudun Koneen ensimmäinen tuote oli puimakoneen perään liitettävä vanerinen olkilietso.

Myöhemmin tuotantoon tuli monia erilaisia maatalouskoneita. Vuonna 1961 Maaseudun Koneelle rakennettiin uudet toimitilaan Kankaankylään toiminnan laajetessa. (Jutila 2000, 12–17; MSK Group 2014c.)

Idea traktoriin kiinnitettävästä turvaohjaamosta kehittyi vuoden 1962 joulukuussa. Isosaarien naapuriperheessä tapahtuneessa turmassa avomallisen traktorin kuljettaja menehtyi traktorin kaaduttua hänen päälleen. Isosaaren 1963 alussa suunnittelema ohjaamomalli, joka muistutti lähinnä putkesta valmistettua turvakehikkoa, pystyttiin asentamaan useamman eri merkkisen traktorin rungon päälle ja se esiteltiin Seinäjoen maatalousnäyttelyssä kesällä 1963. Vuonna 1969 turvaohjaamo tuli Suomessa pakolliseksi traktoreihin. 1970-luvun alussa Valmet suunnitteli ensimmäisen 502-traktorin, joka sisälsi kiinteästi asennetun, Maaseudun Koneen valmistaman turvaohjaamon. (Jutila 2000, 62–65.)



Kuvio 2. Ensimmäinen Valmetin LUJA-ohjaamo

Vuonna 1996 MSK Groupin kaikkien tytäryhtiöiden toiminta keskitettiin Ylihärjän kirkonylälle. Vuosien saatossa innovatiivisen tuotekehityksen myötä traktorin kehikkoa muistuttavasta ohjaamosta on muovautunut monipuolinen turvaohjaamo, jonka perusominaisuuksiin kuuluu äänieristys, ilmastointi, pölytiiviyys ja ergonomia. Vuoden 2014 marraskuussa Valtra toi markkinoille äärimmilleen vietyä tuotekehitystä ja nykyteknologiaa hyödyntävän T4-traktorin, joka on jatketta MSK Cabinsin ja Valtran 1960-luvulta saakka jatkuneelle yhteistyölle. (MSK Group Oy 2014c; Valtra Oy Ab 2014.)



Kuvio 3. Uusi marraskuussa 2014 lanseerattu Valtra T4

MSK Cabinsin tuotanto perustuu massakustomointiin, jolloin jokainen ohjaamo valmistetaan yksilöllisesti asiakkaan toiveiden mukaisesti. Joustavan räätälöinnin ja nopeiden läpimenoaikojen saavuttamiseksi tuote- ja tuotannosuunnittelu täytyy olla huippuunsa kehittynyttä. Maaseudun Kone Oy:llä on sertifioitua ISO 9001- ja ISO 14001-laatu- ja ympäristöjärjestelmät. (MSK Group Oy 2014b.)

1.2 Tausta

Vuoden 2014 helmikuussa MSK Cabinsin kokoonpanolinja sekä sitä palvelevat osakokoonpanosolut haluttiin siirtää kahdesta vuorosta yhteen vuoroon. Kahden vuoron aikana valmistettiin 50 ohjaamoä päivässä, mikä tarkoitti 25 ohjaamon valmistamista yhden työvuoron aikana.

Pääasiakkaan Valtran muutettua omaa päivävuhtiaan tuotannosuunnittelu ja tuotannon kehityksen henkilöt laskivat asiakasta parhaiten palvelevaksi päivävuuhdiksi MSK Cabinsilla 39 kappaletta päivässä. Tämä määrä pystyttiin valmistamaan kokoonpanossa yhdessä vuorossa tekemällä pieniä muutoksia linjalla tehtävien töiden tasapainotukseen ja henkilöstömäärään sekä laajentamalla osakokoonpanosoluja.

MSK Cabinsin hitsaamo jäi edelleen kahteen vuoroon, sillä konekapasiteetti ei riittänyt yhteen vuoroon siirtymiseen. Hitsaamossa sopeutustoimia tehtiin henkilöstömäärää optimoimalla. Hitsaamon ja kokoonpanon välissä sijaitseva maalaamo jäi osittain kahteen vuoroon. Ohjaamon rungon levystä valmistettavia osia valmistava osavalmistus oli jo valmiiksi yhdessä vuorossa. Sen ylikapasiteettia tasoitettiin henkilöstöpolitiikan avulla. Ohjaamon runkoputkia valmistava putkisolu jää tulevaisuudessakin kahteen vuoroon. Putkisolulla työskentelee vain yksi henkilö vuoron aikana valvoen automatiikkaa. Solun konekapasiteettia ei käytössä olevilla keinoilla pystytä tehostamaan enempää.

1.3 Tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on tutkia, olisiko MSK Cabinsin maalaamo mahdollista siirtää täysin yhteen vuoroon. Tällä hetkellä maalaamosta valmistuu runkoja maalaavalta isommalta maalauslinjalta 39 runkoa kahdessa vuorossa.

Maalaamossa on myös pienempiä, runkoon kiinnitettäviä osia maalaava pienempi maalauslinja. Tämä linja pystyttiin keväällä 2014 siirtämään yhteen vuoroon maalaattavien kappaleiden eräkokoja muuttamalla ja osien maalausjärjestystä tehostamalla.

Työn tavoitteena on esittää tarvittavat kehityskohteet ja mahdolliset tarvittavat laitehankinnat, joiden avulla maalaamon runkolinjan tahtiaikaa pystyttäisiin pienentämään. Näin voitaisiin tehostaa maalauslinjaa niin, että koko maalaamo voisi toimia yhdessä vuorossa.

1.4 Työn rakenne ja rajaus

Tässä työssä selvitetään maalaamon kehityskohteita ja niiden vaikutusta tahtiaikaan. Työn alussa tutustutaan teoreettisiin työntutkimuksen periaatteisiin, joiden avulla voidaan tutkia maalaamon runkolinjalla tehostusta vaativat kohteet. MSK Cabinsin pääasiakkaalla, Valtralla, on tiukat esikäsittelyyn ja maalaukseen liittyvät laatu- ja ulkonäkövaatimukselliset standardit, jotka tulee huomioida, mikäli maalauslinjalle tehdään muutoksia. Työssä kuvataan myös maalaamon tämän hetkinen käytössä oleva laitteisto ja sen toiminta.

Teoreettisen osuuden jälkeen siirrytään suorittamaan tehostuskohteiden selvittämiseen vaadittavat työntutkimuksen mittaukset käytännössä. Työntutkimuksen tuloksien tulkinnan jälkeen tehdään suunnitelma tehostustoimenpiteistä ja mahdollisista laitehankinnoista sekä ennakoidaan niiden vaikutusta tahtiaikaan.

Työn pääpaino on maalaamon runkolinjan tutkinnassa. Tutkittava kohde alkaa maalaamon esikäsittelylinjan ensimmäisestä vaiheesta ja päättyy jauhemaalauksen viimeiseen vaiheeseen. Hitsaamon ja maalaamon sekä maalaamon ja kokonpanon rajapintojen vaikutus ja haasteet eivät kuulu tämä työn piiriin.

2 TYÖNTUTKIMUS JA KAPASITEETTI

2.1 Työntutkimus yleisesti

Työntutkimus on materiaalin, henkilöstön ja työkalujen yhteistoiminnan selvittämistä ja mittaamista. Työntutkimuksen avulla tähdätään optimaalisen työmenetelmän löytämiseen. Työtä mittaamalla voidaan selvittää määrätyn työtehtävän vaatima työaika ja eri menetelmien vaikutus ajan suuruuteen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 493.)

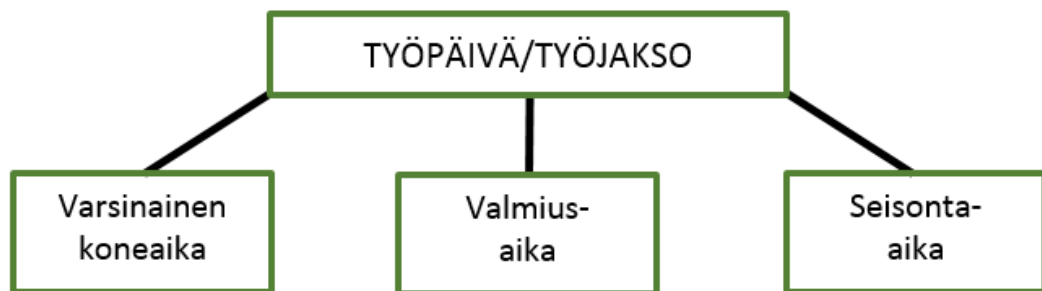
Tutkittavaa työtä voidaan lähestyä kolmesta eri näkökulmasta. Taloudellisessa näkökulmassa halutaan selvittää työmenetelmien vaikutusta kustannuksiin. Usein työ jaetaan lisäarvoa tuottaviin ja tuottamattomiin työvaiheisiin. Myös muita kustannuksia ja laatuongelmia aiheuttavat työvaiheet pyritään selvittämään. Tuotannon pullonkauloja ja runsasta materiaalin siirtoa vaativia töitä selvittämällä tuotantoa voidaan tehostaa merkittävästi. Teknologisessa näkökulmassa tutkitaan erilaisten työtekniikoiden hyödyntämistä ja monipuolisten työkalujen käytön vaikutusta työhön kuluvaan aikaan. Mahdollisten tulevien investointien kannattavuutta voidaan näin mitata. Työntekijälähtöisessä näkökulmassa lähestytään työtä ergonomian, työhyvinvoinnin ja työturvallisuuden lähtökohdista. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 4.)

Työntutkimuksen tavoitteena on löytää kustannustehokas ja turvallinen tapa tehdä työtä. Tutkimalla tehokkaimmaksi todistettu työmenetelmä tulee vakiinnutua ja perehdyttää jokainen työntekijä sen käyttöön. Työntutkimukseen kuuluu myös oleellisesti työnmittaus, joka tarkoittaa määrättyyn työhön vaadittavan työajan selvittämistä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 4.)

Asiakkaan tarpeiden täyttäminen kilpailukyvyyn saavuttamiseksi vaatii jatkuvaa panostamista joustavaan toimintatapaan, laatuun ja toimitusaikojen luotettavuuteen. Työntutkimuksen hyödyntämisellä on useita merkittäviä etuja läpi koko tuotantoketjun. Työntutkimuksen avulla voidaan kehittää tuotteiden suunnittelua siten, että tehokas valmistusmenetelmä otetaan jo tuotteen piirustuksia laadittaessa huomioon. Tuotannon pohjapiirustusten suunnittelussa työntutkimuksen avulla voidaan

vähentää arvoa tuottamatonta työtä, kuten materiaalin siirtoa. Työpisteiden ja -välineiden suunnittelussa pyritään löytämään ergonomiset ja tehokkaat vaihtoehdot. Tuotannon ohjauksessa työaika voidaan käyttää tehokkaasti hyödyksi ja työntekijöitä voidaan ohjata tekemään oikeita töitä oikeaan aikaan. Työntutkimuksella voidaan myös tarkentaa ja ennakoida tuotteelle kilpailukykyinen hinta. Työntutkimusta hyödynnetään usein suorituspalkkauksessa, jolloin palkkauksen perusteeksi tarvitaan mitattuja arvoja tehdystä työstä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 4–6.)

Tutkimuksen kohteena voi henkilön sijaan olla myös kone, kokonainen tuotantolinja tai tuotantoketjussa etenevä tuote. Näissä tilanteissa työjakso voidaan jakaa koneen tai tuotantolinjan näkökulmasta erilaisiin aikalajeihin. Aikalajien jako vaihtelee tapauskohtaisesti. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 13.) Kuviossa 4 on esitetty yksi esimerkki aikalajien jaosta.



Kuvio 4. Esimerkki aikalajien jaottelusta

Varsinainen koneaika kuvaa aikaa, jolloin kone on käynnissä ja tekee työtä. Valmiusaikana koneen käyttö olisi mahdollista, mutta se ei ole käynnissä. Tällaisia tilanteita esiintyy muun muassa silloin, kun konetta käyttävä työntekijä tekee käsin suoritettavaa työvaihetta, antaa koneelle asetusarvoja, konetta kuormitetaan vajalla määrällä tai työnkulussa on jokin häiriö, joka estää koneen käynnistämisen. Seisonta-aikana kone on kokonaan pois käytöstä ennakoitujen huoltotoimenpiteiden tai koneen toimintahäiriön vuoksi. Tämän kaltaista tutkimusta tehtäessä on merkittävää kirjata ylös häiriöiden ja keskeytysten syy, jotta niihin voidaan puuttua ja nostaa näin koneen toiminta-astetta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

2.2 Työnmittauksen menetelmät

Työnmittauksesta puhuttaessa tarkoitetaan tutkimusta, jonka tavoitteena on selvittää tietyn tuotteen läpimenoaika tai aika, joka kuuluu määrätyn työtehtävän suorittamiseen. Työvauhti ja työn suorittamistapa varioivat tutkittavasta henkilöstä riippuen. Normalisoitu aika eli normiaika kuvastaa aikaa, joka määrättyyn työtehtävään kuluu harjaantuneelta, keskimääräisen ammattitaidon omaavalta ja normaalityöllisyydellä toimivalla työntekijältä normaaliolosuhteissa. Työmenetelmän tulee tutkimushetkellä olla standardoitu, jotta tutkimus on toistettavissa. Työmenetelmät tulee ennen tutkimusta kuvata riittävällä tarkkuudella. Mitatun tuloksen on noudatettava normiksi hyväksytyä joutuisuustasoa, joten työtahdin poiketessa standardoidusta tasosta on aika normalisoitava joutuisuuskertoimella. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 22.)

Työnmittauksessa käytössä olevat eri menetelmät:

1. Kellotutkimus (jaetaan normaaliaikatutkimukseen ja ajankäyttötutkimukseen)
2. Havainnointitutkimus
3. Liikeaikatutkimus
4. Haastattelu
5. Aikalaskelmat. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2003, 423.)

Työntutkimuksessa käytettävä työnmittausmenetelmä on määritettävä jokaisella käyttökerralla erikseen riippuen käytössä olevasta menetelmästä, tutkimukselta vaadittavasta tarkkuustasosta sekä tutkimuskohteesta. Seuraavaksi tutustutaan lähemmin MSK Cabinsilla käytössä oleviin työnmittausmenetelmiin. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 22.)

2.2.2 Jatkuva ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimuksen avulla voidaan erinomaisesti selvittää tuottavaa työtä oleva työnteon osuus työpäivän aikana ja tätä kautta puuttua hitaisiin ja turhiin työvaiheisiin tuotannon tehostamiseksi. Ajankäyttötutkimuksen avulla voidaan myös tasa-painottaa esimerkiksi tuotantosolun työntekijöiden keskeistä työkuormaa. Ajankäyttötutkimuksen avulla voidaan myös paljastaa epäkohtia eri työmenetelmissä ja kehittää käytössä olevaa tekniikkaa. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 1999, 455–456.)

Jatkuva ajankäyttötutkimus suoritetaan pidemmän ajanjakson aikana. Siinä tarkkaillaan työntekijän tai työn toimintoja keskeytyksettä. Jatkovaa ajankäyttötutkimusta suositellaan käytettäväksi, mikäli työn vaiheet eivät ole ennalta tiedossa tai työ muodostuu pitkäkestoisista työvaiheista. Jatkuvaan ajankäyttötutkimukseen kuuluu myös työn joutuisuuden määrittäminen, mikäli tutkittava kohde on henkilö. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

Jatkovaa ajankäyttötutkimusta suoritettaessa työntutkimuskellon annetaan käydä pysäytyksettä ja aina työlajin vaihtuessa merkitään ylös, miten kauan työvaihe kesti. Ajankäyttötutkimuksen avulla työpäivän aikana tehtävät toiminnot voidaan jakaa esimerkiksi tekemisaikaan, tauko-aikaan, apuaikaan ja häiriö-aikaan. Tarpeen vaatiessa nämä aikalajit voidaan jaotella vielä tarkemmiksi alakategorioiksi. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 23.)

2.2.3 Normaaliaikatutkimus

Normaaliaikatutkimuksen tavoitteena on määrittää tiettyyn työtehtävään käytettävä tavoiteaika eli normiaika. Normaaliaikatutkimuksen optimaalisia käyttökohteita ovat käsin tehtävien, melko lyhyiden ja samassa järjestyksessä toistuvien työvaiheiden normiaikojen määrittäminen. Tutkimuksen kohteena oleva työ tulee suorittaa standardoidulla menetelmällä ja vakio-olosuhteissa. Normaaliaikatutkimukseen kuuluu joutuisuuskertoimen määrittäminen. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 22–23.)

Mikäli tutkittavaan työhön kuuluu myös koneella tehtäviä vaiheita, ei joutuisuutta näille työvaiheille voida määritellä. Näissä tapauksissa koneen tekemän työajan eli koneajan joutuisuus kompensoidaan menetelmäkertoimella. Menetelmäkerrointa käsitellään työntutkimuslaskelmissa joutuisuuden tapaan. Menetelmäkerrointa ei käytetä, mikäli tutkittavana on pitkiä koneaikoja tai automatisoituja tuotantolinjoja. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25–29.)

2.2.4 Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimuksessa pyritään selvittämään eri työvaiheiden tai tapahtumien suhteellinen esiintymä. Eri työvaiheet tai aikalajit jaotellaan valmiiksi riippuen tutkimuskohteesta. Tutkimuksen aikana seurataan määrätyn väliajoin, mikä työvaihe tai aikalaji on meneillään. Tarpeeksi pitkään jatkuneen tutkimuksen jälkeen voidaan määritellä kunkin tapahtuman suhteellinen esiintymä työpäivän aikana. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 22.)

Havainnointitutkimuksessa voidaan tutkia useampaa kohdetta yhtäaikaaisesti. Tutkittavat kohteet voivat olla joko koneita tai henkilöitä. Mikäli kaikki tutkimuskohteet sijaitsevat samalla osastolla, voidaan havainnointitutkimuksen avulla saavuttaa mainio kokonaiskuva kyseisen osaston toiminnasta, tehokkuudesta ja työtehtävien tasapainoisuudesta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 22.)

2.2.5 Liikeaikatutkimus

Liikeaikatutkimuksien laskelmat perustuvat työvaiheiden jakamiseen tarpeeksi yksityiskohtaisiin osiin. Kun työvaihe on lyhennetty tarpeeksi lyhyeksi, on sille voitu määrittää yleispätevä suoritus aika. Suoritusajat on taulukoitu. Vakioidut suoritusajat lasketaan yhteen ja saadaan näin tulokseksi koko työtehtävään kulunut aika. Liikeaikatutkimuksessa ei käytetä kelloa lainkaan. Liikeaikatutkimukset ovat erityisen käyttökelpoisia lyhyihin työvaiheisiin, joita esiintyy erityisesti elektroniikkateollisuudessa. Tunnetuin liikeaikatutkimuksen menetelmä on MTM (Methods Time Measurement) ja sen eri muunnelmät. MSK Cabinsilla on käytössä Max MOST-liikeaikatutkimusmenetelmä. Liikeaikatutkimusten etuna on se, että niiden avulla

voidaan määrittää tuotantoon kuluvia aikoja jo tuotannon suunnitteluvaiheella. Näin ollen tuotantoon kuluvia kustannuksia voidaan arvioida jo etukäteen ja sen avulla valmistettavan tuotteen hinta kyetään estimoimaan mahdollisimman lähelle todellista hintaa. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 493; EK-SAK tuotavuustyöryhmä 2011, 23; Kanawaty 1992, 383.)

2.3 Kapasiteetti

Kapasiteetilla kuvataan tuotantoyksikön tai sen osa-alueen määrättyssä aikayksikössä saavutettavaa suorituskyykyä. Suureena käytetään teollisuusalaista riippuen tuoteyksikköä, kuten kappaletta/tunti, kappaletta/päivä, tonnia/päivä, kuutiota/päivä ja niin edelleen. Mikäli kapasiteettitarve eri tuotteilla vaihtelee, voidaan käyttää yksikkönä tuotantoresurssin käyttöaikaa, esimerkiksi tuntia/päivä. Yksikköä, jonka kapasiteettia voidaan tutkia kokonaisuutena, kutsutaan kuormitusryhmäksi ja sen määrittäminen riippuu tuotannon ohjauksen tarpeiden mukaisesti. Kuormitusryhmä voi olla koko tehtaan tuotantokapasiteetti tai määrätyn tuotantolinjan päivittäinen kapasiteetti. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 399.)

Kapasiteettia hallitaan kuormitusryhmän kapasiteetin ja tarvittavien töiden suunnittelun kuormituksen perusteella. Kuormitus määrittää, miten paljon suunnitellut työt varaavat kapasiteettia. Puhuttaessa kuormitussuhteesta kuvataan suunnitellun kuormituksen suhdetta maksimikapasiteettiin. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 400.)

Edellä kuvattiin teoreettisesti määritettävää maksimikapasiteettia. Nettokapasiteetti kuvaa todellisuudessa saatavilla olevaa kapasiteettia, joka on aina pienempi kuin teoreettinen kapasiteetti. Nettokapasiteetin ero teoreettiseen kapasiteettiin johtuu häiriöistä, materiaalipuutteista, konerikoista- ja huolloista, laatuvirheellisten tuotteiden valmistuksesta ja eri syistä johtuvista poissaoloista. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 400.)

2.4 Lämpäisy aika ja tahtiaika

Tässä luvussa käsitellään tuotannon lämpäisy aika ja yhden työvaiheen tahtiaikaa. Luvussa käsitellään myös tahtiajan vaikutusta lämpäisy aikaan.

2.4.1 Lämpäisy aika

Lämpäisy aika kertoo ajan, joka vaaditaan tuotteen kulkuun määrätyn toimintaketjun läpi. Kokonaislämpäisy ajalla kuvataan koko tehtaan lämpäisy aika tuotteen tilauksesta siihen, kun tuote toimitetaan asiakkaalle. Lämpäisy ajalla voidaan kertoa myös pienemmän toimintayksikön tuotteen valmistamiseen käyttämä aika. Lämpäisy aika ei itsessään kerro toimintaketjun eri vaiheista eikä se ota kantaa tuottavuuteen. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 401.)

Lämpäisy aikojen lyhentäminen minimoi tuotantoon sitoutettua pääomaa, parantaa toimituksen varmuutta sekä kehittää laatua. Asiakasohjautuvassa valmistusprosessissa toimitusaikaa voidaan lyhentää lämpäisy aika pienentämällä. Keinoja lämpäisy aikojen lyhentämiseksi on useita. Valmistuserien kokoa optimoimalla ja turhien väliavarastojen poistamisella lämpäisy aika voidaan pienentää. Odotusaikoja poistamalla sekä materiaalin virtausta selkeyttämällä lämpäisy aika tehostuu. Mikäli lämpäisy aika pienennetään, koneiden asetus aikojen pituus suhteessa valmistusaikaan korostuu. Asetusaika kertoo sen, paljonko työpisteessä kuuluu aikaa eräkohtaisen asetusten käyttöönottoon. Asetusaikoja voidaan pienentää esimerkiksi yhdistämällä erilaisten työkalujen kiinnitykseen käytettävät tavat tai järjestämällä työjono sellaiseksi, että samoja asetteita voidaan käyttää peräkkäisissä työnerissä mahdollisimman kauan. Mikäli mahdollista, voi seuraavan työnerän asetteita valmistella jo edellisen työnerän aikana. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2009, 401–407.)

2.4.2 Tahtiaika ja vaiheaika

Aikaa, jonka kuluttua tuote siirtyy tuotannossa työvaiheelta toiselle, kutsutaan vaiheajaksi. Linjamaisessa työssä hitaimman vaiheen aika määrittää koko linjan tah-

tiajan, eli minkä ajan välein koko linja pystyy siirtymään eteenpäin. Eri työtehtävien vaiheaikojen summasta muodostuu koko tuotannon läpäisy aika. Tahtiajan lyhentäminen lyhentää suoranaisesti läpäisy aika. Tuotantolinjalla vaiheaika pyritään tasapainottamaan kaikilla työvaiheilla mahdollisimman yhtä suuriksi, jolloin koko tuotantolinjan tahtiaika ja läpäisy aika laskee. Hitainta vaiheaikaa tehostamalla voidaan koko tuotantolinjaa tehostaa merkittävästi. (Hobbs 2011, 189–192.)

3 MAALAAMON NYKYTILAN KUVAUS

3.1 Maalaamon laitteisto

MSK Cabinsin maalaamo koostuu kahdesta eri vaiheesta, esikäsitteystä ja jauhemaalauksesta. Koko linjasto on rakennettu vuonna 1996, kun MSK Cabinsin toiminta siirrettiin Ylihärmän Kankaankylästä keskustaan. Esikäsitteilylinjasto hyödyntää sinkkifosfatoinnin periaatetta, ja käytössä on Chemetallin kemikaalit. Esikäsitteilylinjasto muodostuu neljästä kammioista, joiden sisällä on satoja suuttimia sisältävät suihkutuskaret. Esikäsitteilylinjaston perällä sijaitsee sinkkifosfatoinnin kuivatusuuni.

Jauhemaalauslinjastolla sijaitsee pyörityslaite ja kaksi OTC-robotia, joiden työkaluina toimivat Gema-merkkiset maalauispistoolit. Robotit ja pyörityslaite ovat nähtävissä kuviossa 5. Myös manuaalisesti käytettävässä korjausmaalauispisteessä on käytössä Gema-merkinen maalauispistooli. Koko linjan läpi kulkee ketjukuljettin, johon on kiinnitetty siirtotappeja. Tappien avulla siirtokelkka ankkuroituu kuljettimeen. Linjalla on myös lukuisia induktiivisia antureita, jotka ohjaavat linjan siirtymien ajoitusta.

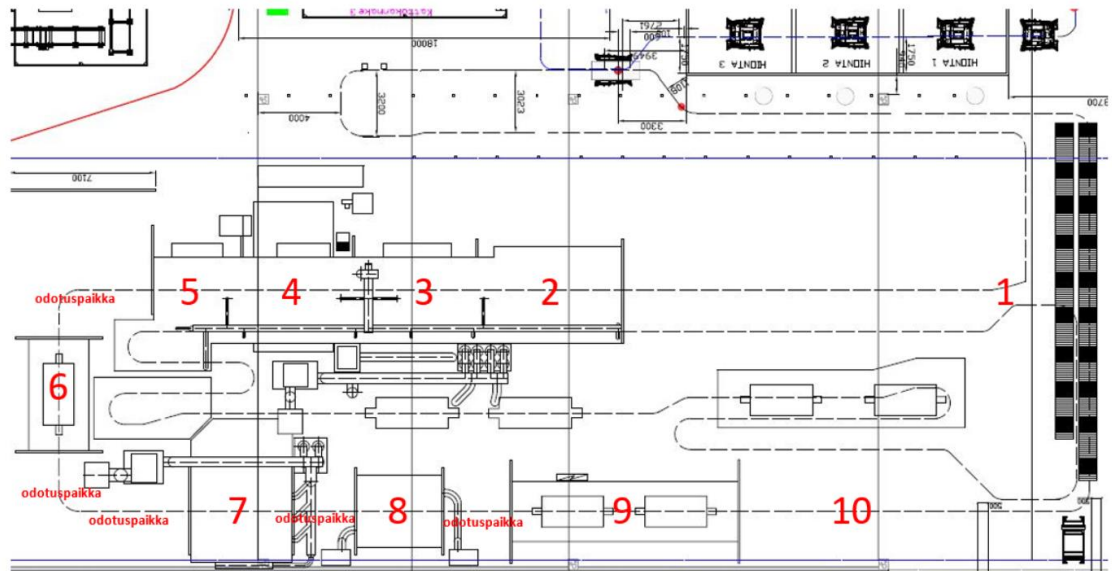


Kuvio 5. Maalausrobotit ja pyörityslaite

3.2 Toiminnan kuvaus

Maalaamon toiminta voidaan jakaa kymmeneen eri vaiheeseen, jotka on havainnollistettu kuviossa 6 olevassa pohjapiirustuksessa. Vaiheessa 1 ohjaamon runko ripustetaan siirtokelkkaan kahden koukun avulla. Ohjaamon rungon ripustamisen suorittaa hitsaamon henkilökunta rungon hionnan jälkeen. Vaiheessa 2 alkaa esikäsittelyprosessi, kun runko siirtyy esikäsittelyyn ensimmäiseen vaiheeseen eli rasvanpoistoon. Rasvanpoistossa rungosta pestään kahdessa vaiheessa epäpuhtaudet, kuten rasvajäänteet. Vaihe 3 on myös kaksivaiheinen. Vaiheet sijaitsevat samassa kammiossa. Ensimmäisessä vaiheessa rungosta huuhdellaan rasvanpoiston kemikaalit ja toisessa vaiheessa metallipinta aktivoidaan sinkkifosfatointia var-

ten. Vaiheessa 4 tapahtuu ohjaamon sinkkifosfatointi. Vaiheessa 5 runko huuhdellaan kahdessa vaiheessa ja tämän jälkeen se siirtyy vaiheessa 6 kaksipaikkaiseen kuivatusuuniin.



Kuvio 6. Maalaamon pohjapiirustus

Ensimmäiset neljä vaihetta sijaitsevat omissa kammiossaan ja niiden välillä on automaattisesti avautuvat ja sulkeutuvat ovet. Esikäsitteilylinjasto toimii imuohjausperiaatteella, eli runko voi siirtyä edelliseltä vaiheelta seuraavalle vasta, kun viimeisestä vaiheesta lähtien kaikki kammiot ovat tyhjiä. Mikäli maalauslinjasto on ruuhkautunut, esikäsitteilylinjasto ei vastaanota uusia runkoja. Tätä ohjataan logiikan avulla, joka ottaa sijaintitiedot ketjukuljettimella sijaitsevien induktiivisten antureiden avulla.

Kuivatusuunin jälkeen alkaa jauhemaalauslinjasto. Vaiheessa 7 sijaitsee robotti-maalauksessa, jossa runko maalataan kahden robotin avulla. Runkoa käännetään roboteille optimaaliseen asentoon kattoon kiinnitetyllä pyörityslaitteella. Vaiheessa 8 robottien ulottumattomissa olevat kohteet korjausmaalataan manuaalisesti. Vaiheessa 9 jauhemaali sulatetaan kiinni runkoon neljäpaikkaisessa polttouunissa. Vaiheessa 10 ohjaamon maalipinta tarkastetaan ja ohjaamo otetaan alas ketjukul-

jettimelta. Linjastolla on viisi niin kutsuttua odotuspaikkaa, joiden sijainti on nähtävissä pohjapiirustuksessa.

4 TYÖNTUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Työntutkimuksen suorittamisessa tulee seurata määrättyjä askelmerkkejä. Työntutkimuksen valmistelu on tärkeä osa hyvin onnistunutta ja luotettavaa lopputulosta.

4.1 Valmistelut

Työntutkimuksesta tulee informoida työntekijöitä etukäteen. Informoinnin voi suorittaa työntutkija itse tai mikäli kyse on ennestään tuntemattomaan yritykseen tehtävästä tutkimuksesta, voi sen tehdä työnantajan edustaja. Työntekijöiden lisäksi tutkimuksesta tulee informoida työntekijöiden luottamusmiestä. Työntutkijan tulee kertoa, milloin tutkimus suoritetaan ja ketä tutkitaan. Mikäli tutkija haluaa käyttää esimerkiksi videokameraa apuvälineenä tutkimuksessaan, on siihen pyydettävä lupa luottamusmieheltä ja työntekijöiltä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 17–18.)

Työntutkimuksen onnistuminen kannalta luottamus ja avoimuus työntutkijan ja tutkittavan työntekijän välillä on avainasemassa. Perinteisesti työntutkijoihin eli ”kellokalleihin” on kohdistettu erilaisia ennakkokäsityksiä. Useimmiten ennakkokäsityksen liittyvät siihen, että työntutkija on yrityksen edun kannalla ja työntekijää etuja ei ajeta. Työntutkijan on äärimmäisen tärkeää keskustella tutkimuksen kohteena olevien työntekijöiden kanssa etukäteen ja vakuuttaa heidät siitä, että tutkimus tehdään totuuden pohjalta ja työntutkija on jo koulutuksensa puolesta valtuutettu toimimaan puolueettomasti. Näin muodostuu luottamus ja yhteisymmärrys tutkijan ja työntekijän välille ja tutkimus antaa todellisen kuvan työn luonteesta ja tarpeista. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 17.)

Tämän tutkimuksen yhteydessä ilmoitettiin edeltävänä päivänä pääluottamusmiehelle tulevasta tutkimuksesta. Keskustelua käytiin tutkimuksen tarkoitusperistä, rakenteesta ja tutkimuksen kohteista. Tämän lisäksi käytiin kertomassa työntekijöille henkilökohtaisesti tutkimuksesta ja keskusteltiin heidän kanssaan samat asiat kuin luottamusmiehen kanssa. Tutkittavalla alueella työskentelevät työntekijät olivat yhteistyöhaluisia.

Jotta tehdyn tutkimuksen tulokset olisivat vertailukelpoisia mahdollisten tulevien tutkimusten kanssa ja tutkimus voitaisiin niin halutessa toistaa samanlaisena, tutkimushetkellä käytössä olleet työmenetelmät dokumentoitiin tarkasti. Myös työpisteen tarkka kuvaus tehtiin, mikäli pohjapiirustukseen tehdään myöhemmin muutoksia. Näin MSK Cabins voi myöhemmin tarkastella, millainen vaikutus tehdyillä muutoksilla on ollut. Menetelmäkuvaukseen voi liittää valokuvia ja videoita, joiden avulla työpisteen ja työtehtävän selittäminen on helpompaa. Videoiden ja valokuvien käyttöön täytyy aina saada lupa työntekijältä. Videoita ja kuvia saa käyttää vain tutkimusta tukevana materiaalina ja niitä ei saa käyttää itse tutkimuksen tekoon. Toisin sanoen työhön kulunutta aikaa ei saa mitata videolta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 17–18.)

Tätä tutkimusta suoritettaessa valokuvattiin ja videoitiin maalausrobotin toiminta. Muiden työvaiheiden fyysinen kuvaaminen ei ollut mahdollista, sillä ne tapahtuvat suljetuissa tiloissa. Maalauslinjaston toiminta havainnollistettiin pohjapiirustuksen avulla. Haastatteleamalla työntekijöitä saatiin vihjeitä, mihin tutkimuskohteisiin kannattaisi kiinnittää erityisesti huomiota.

Työntutkimuksen sujuvuuden kannalta on olennaista, että tutkittava työ jaetaan sopiviin osioihin, jotka muodostavat loogisen kokonaisuuden. Tämän vuoksi tutkijan on tutustuttava etukäteen tarkemmin tutkittavaan työhön ja selvitettävä tavallisimmat häiriötekijät, jotta niihin voidaan varautua tutkimuksen aikana. Työn jaotellussa eri vaiheisiin voidaan hyödyntää työntekijän asiantuntemusta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 23–24.)

Tutkittava työ sisälsi maalauslinjaston, jonka kellotettavat kohteet olivat pääosin koneita. Ainoastaan manuaalinen korjausmaalaus sisälsi käsin tehtävää työtä, jolloin työntekijän joutuisuus tuli ottaa huomioon. Linjan toiminnan periaatteista oltiin etukäteen tietoisia. Työ jaettiin sopivan kokoisiin osa-alueisiin. Tutkittavat osa-alueet on nähtävissä kuviossa 2 esitettyssä pohjapiirustuksessa. Jokainen numeroitu maalauslinjaston kohta on yksi tutkittava työvaihe. Odotuspaikat on myös huomioitu tutkimusta tehtäessä. Ennen vaihetta 7 olevat kaksi odotuspaikkaa on tutkimuksen yhteydessä tulkittu yhdeksi odotusvaiheeksi, mutta tuloksia tarkastel-

lessa on otettu huomioon, että odotuspaikalla on kaksi runkoa. Pohjapiirustuksessa oleva vaihe 1 ei kuulunut tämän työntutkimuksen piiriin, sillä kyseisen työvaiheen suorittaa hitsaamon henkilökunta. Myöskin piirustuksessa oleva vaihe 10, joka on rungon alas ottaminen linjastolta, jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Mitauksessa käytetty taulukko valmisteltiin etukäteen.

Tutkimuksen ajankohdaksi valittiin tiistai 3.6.2014, jolloin tuotantomäärä ja työolosuhteet olivat normaalit. Tutkimus suoritettiin aikavälillä 6:02 – 7:49, jolloin työntekijöiden tauoilla ei ollut vaikutusta tutkimuksen kulkuun. Tämä oli tärkeää, jotta maalauslinjaston pullonkaula löytyisi luotettavan tiedon perusteella.

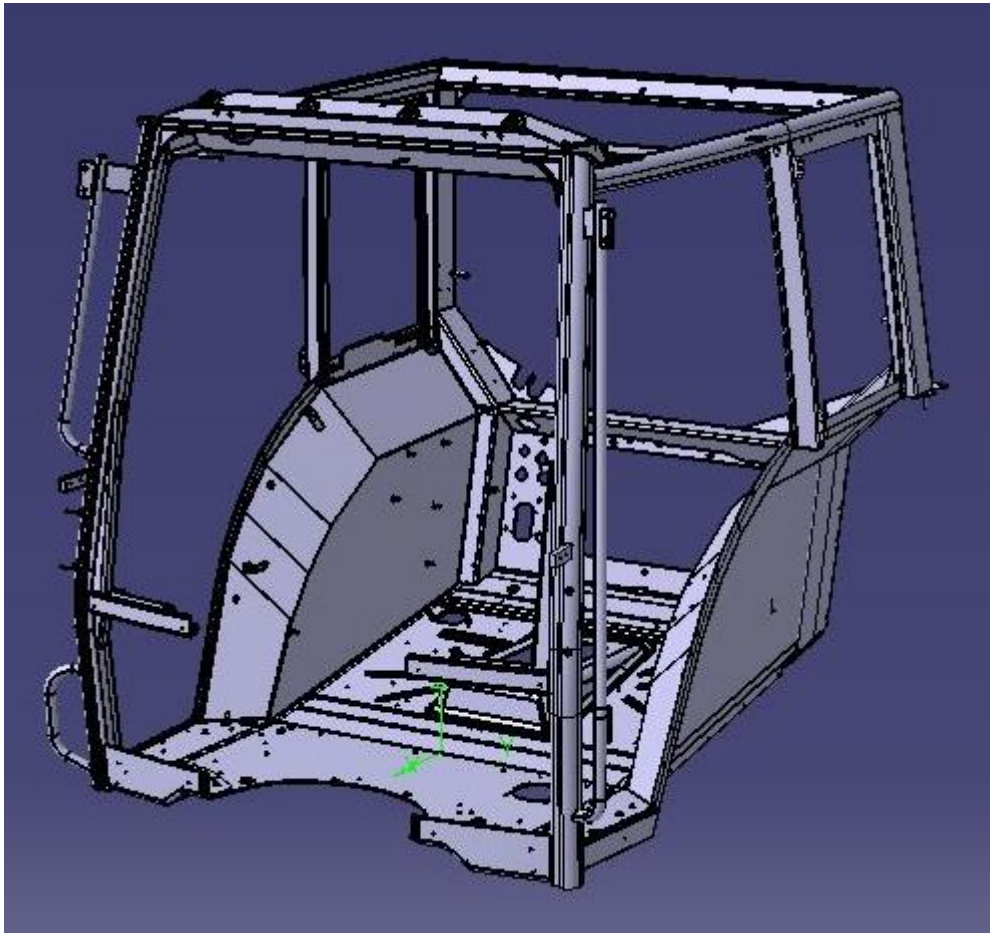
4.2 Valitut tutkimusmenetelmät

Kuten kappaleessa 2.2 mainittiin, käytettävä työntutkimusmenetelmä on määritettävä kunkin työntutkimuksen tavoitteiden ja tarpeiden mukaisesti. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää maalauslinjaston pullonkaula ja tähän parhaiten sovellettava tutkimusmenetelmä oli normaaliaikatutkimus, sillä työvaiheet oli helppo määritellä ennalta ja ne toistuivat samassa järjestyksessä. Normaaliaikatutkimuksen avulla saatu jokaisen työtehtävän vaiheaika kuvaa myös jokaisen työvaiheen vaikutusta tahtiaikaan. Tarkoitus oli selvittää maalauslinjaston pisimmän työpisteen vaiheaika, joka siis määrittää koko linjaston tahtiajan.

Linjaston pisimmän vaiheajan lyhentämistä varten haluttiin selvittää kyseisen työvaiheen hukat ja turhat, tuottamatonta työtä olevat työvaiheet. Tähän soveltui parhaiten jatkuva ajankäyttötutkimus, koska työliikkeiden määrittäminen ennakolta oli mahdotonta. Koska kyse on linjastomaisesta työstä, pisin vaiheaika määrittää koko linjaston tahtiajan. Tehostamalla tämän niin kutsutun pullonkaulatyövaiheen tahtiaikaa lyhennetään koko linjaston tahtiaikaa ja näin ollen myös koko linjaston läpäisyaikaa. Tällöin linjaston päivittäinen kapasiteetti nousee.

4.3 Normaalialikatutkimuksen kulku

Tutkimuksen kohteena olevaksi rungoksi valittiin SRT-mallinen runko, joka on kuvattu kuviossa 7. SRT-rungolla oli pisin maalausohjelma roboteilla. Muut työvaiheet olivat yhtä pitkiä tutkittavasta kohteesta riippumatta. Aamulla valittiin maalaamon jonossa olevista rungoista ensimmäinen SRT-mallinen runko ja seurattiin sen kulkua linjaston läpi. Ennen työntutkimuksen alkua kellotettiin runkoa linjaa pitkin kuljettavien tappien väliksi 0,49 min, mikä aiheuttaa tämän suuruisen toleranssin työvaiheajojen mittaukseen. Työvaiheaika valittiin alkaneeksi, kun esikäsitteilytai maalauslinjan työvaiheen ovet lähtivät sulkeutumaan. Vaiheaika päättyi seuraavan vaiheen ovien sulkeutumiseen. Ovien sulkeutuminen valittiin taitekohdaksi, koska siihen oli helppo varautua ja kellotuksesta tuli mahdollisimman tarkka. Se helpotti myös kammion sisällä tapahtuvien työvaiheiden ajan tutkimista, koska ovet avautuivat kammion ulkopuolelle työntutkijan nähtäville.



Kuvio 7. SRT-mallinen ohjaamon runko

Mittakellona toimi kuvion 8 mukainen ACCUSPLIT-merkkinen mittakello. Kellon asetukset oli etukäteen säädetty niin, että toisella rivillä juoksi tutkimuksen kokonaisaika ja napin painalluksella kellon toiselle riville jäi kierrosaika. Uusi kierrosaika alkoi juosta heti napin painalluksen jälkeen. Tutkimukseen käytetty taulukko oli valmisteltu siten, että jokaiselle vaiheajalle oli oma rivinsä ja kellon antama kierrosaika kirjattiin siihen.



Kuvio 8. Tutkimuksessa käytetty ACCUSPLIT-mittakello

Tutkimus käynnistyi, kun esikäsittelyn ensimmäisen vaiheen ovet lähtivät aukeamaan. Tässä vaiheessa kello käynnistettiin. Esikäsittelyn kaikki vaiheet tapahtuvat yhteneväisen kammiojonon sisällä, joten jokaisen vaiheen aikaa seurattiin kammioiden ulkopuolelta ja mitattiin ovien avautumishetken mukaan jokaisen työvaiheen aika. Myös esikäsittelyn jälkeen ennen kuivatusuunia oleva odotusaika mitattiin. Kuivatusuunissa on aina kaksi ohjaamo kerrallaan, joten vaiheaika mitattiin uunin etuovien avautumisesta takaovien avautumiseen. Myöhemmin tutkimustuloksia laskettaessa tämä aika jaettiin kahdella, jolloin saadaan tulokseksi vaiheaika ohjaamo kohti.

Maalausrobottien edeltävä odotus mitattiin ja koska odotuspaikkoja on kaksi, jaettiin myöhemmin tämän vaiheen aika kahdella, jotta saatiin tulokseksi odotusaika

yhtä ohjaamo kohti. Maalausrobotia kelloittaessa vaiheaika mitattiin maalaus-
kopin etuovien avautumisesta takaovien avautumiseen. Maalausta seurattiin maa-
lauskopin sisällä ja maalausrobotien toiminta nähtiin täydellisesti. Robottimaa-
lauksen jälkeen kelloitettiin odotusaika ennen siirtymistä maalauskoppiin, jossa
käsimaalaus suoritettiin. Käsimaalaus on ainoa maalauslinjalla manuaalisesti
tehtävä työvaihe. Käsimaalauksen vaihe sisältää myös koneaika, joka muodos-
tuu kuljettimen toiminnasta. Käsimaalauksessa eroteltiin käsimaalauksen aika
muusta ajasta ja määriteltiin työntekijälle joutuisuudeksi 1,2. Joutuisuus huomioitiin
tulosten laskennassa siten, että käsimaalauksen manuaalinen aika jaettiin joutui-
suudella, jolloin saatiin tulokseksi manuaalisen maalauksen normiaika. Käsima-
lauspisteen jälkeen ohjaamo siirtyi odotuspaikan kautta maalinpolttuuniin. Vaihe-
aika mitattiin uunin etuovelta takaovelle. Koska uuniin mahtuu neljä ohjaamo ker-
rallaan, jaettiin tämä aika tulosten laskennan yhteydessä neljällä, jotta saatiin vai-
heaika yhtä ohjaamo kohti.

Mittakello pysäytettiin, kun uunin takaovet aukenivat ja tutkimuksen kokonaisaika
otettiin ylös. Tämän jälkeen informoitiin työntekijöitä tutkimuksen päättymisestä.
Tutkimuksen aikana käsin täytetty pöytäkirja silmäiltiin läpi työntekijöiden kanssa,
jotta varmistuttiin, että kaikki asiat oli huomioitu oikealla tavalla. Työntekijöiden
mielestä tutkimuksen kulku oli todellista työtilannetta kuvaava. Työntekijöille ker-
rottiin, että tulosten laskennan ja puhtaaksikirjoittamisen jälkeen ne esiteltäisiin
myös heille.

4.3.1 Normaalialikatutkimuksen tulokset ja jatkotoimenpiteet

Koko linjan normaalialikatutkimuksen puhtaaksi kirjoitettu tulostaulukko löytyy liit-
teestä 1. Tutkimuksen perusteella voitiin todeta, että linjan pullonkaulatyövaihe on
robottimaalaus. Robottimaalauksen vaiheaika oli 13,91 minuuttia, mikä oli yli neljä
minuuttia pidempi kuin linjan seuraavaksi pisimmän työvaiheen, esikäsittelylinjan
pesun, vaiheaika. Tuloksien perusteella päätettiin ottaa robottimaalaus tarkem-
paan seurantaan ja suorittaa sen toiminnasta ajankäyttötutkimus tehostettavien
työliikkeiden löytämiseksi.

4.3.2 Maalausrobotin ajankäyttötutkimuksen valmistelut ja toteutus

Robottisolun ajankäyttötutkimusta varten seurattiin maalausrobotteja kahden työvaiheen verran kellottamatta aikaa. Näin pystyttiin ennakoimaan tulevaa tutkimusta ja suunnittelemaan taulukko, joka palvelee kyseistä tutkimusta parhaiten.

Tutkimuksen alussa käynnistettiin kello maalausrobottisolun etuovien alkaessa avautua ja merkittiin työvaiheita muistiin. Aina työvaiheen vaihtuessa katsottiin kellossa kuluva aika ja merkittiin se muistiin. Kelloa ei pysäytetty missään vaiheessa kesken tutkimusta. Maalauksen työ muodostui neljästä vaihtelevasta työvaiheesta: kuljettimen toiminnasta, robotin siirtymisestä maalauspistoolin ollessa toimettomana, maalauksesta, jolloin maalauspistoolit olivat toiminnassa ja pyörityslaitteen kääntymisestä. Kun robottimaalauksolun takaovet alkoivat avautua, pysäytettiin kello. Näin tutkimuksen alku- ja loppukohdat olivat samat, jotka aiemmassa normaaliaikatutkimuksessa oli määritetty.

4.4 Ajankäyttötutkimuksen tulokset

Robottisolulle suoritetun jatkuvan ajankäyttötutkimuksen tulokset löytyvät liitteestä 2. Tuloksista voidaan nähdä, että varsinaista maalausaikaa robotille kertyi 8,48 minuuttia. Siirtoa kuljettimella, robotin siirtymistä ilman maalausta ja pyörityslaitteen käyttöä kertyi yhteensä 5,65 minuuttia. Jälkimmäisenä mainitut työvaiheet ovat arvoa tuottamatonta työtä. Tuottamattoman työn osuus on 40 % koko solun työajasta.

Robottimaalauksessa käytettävä katossa oleva pyörityslaite lisäsi vaiheaikaa huomattavasti. Pyörityslaite kääntyi ensin 90 astetta ympäri, jotta roboteilla olisi parempi ulottuvuus maalattaviin kohteisiin. Kun ohjaamo olisi pitänyt saada takaisin linjan suuntaisesti siirtyäkseen seuraavalle työvaiheelle, kääntyi pyörityslaite loput 270 astetta ympäri. Pyörityslaite ei voi kääntää runkoa takaisin vastakkaiseen suuntaan koneen iäkkään tekniikan vuoksi.

4.5 Tämän hetkinen kapasiteetti

Yllä olevien tutkimustulosten perusteella voidaan laskea maalaamon nykytilannetta kuvaava päivittäinen todellinen kapasiteetti. Maalaamon työvuoron pituus on 480 minuuttia. Tästä vähennetään elpymisaika, eli päivittäiset tauot ja muut päivittäiset tehtävät, kuten vuoronvaihto. Elpymisajan pituus on 45 minuuttia, joten maalaamossa tehdään töitä tällä hetkellä 435 minuuttia työvuoron aikana.

Koko maalauslinjasta tehdyn normaaliaikatutkimuksen tuloksien mukaan linjan pisimmän työvaiheen, robottimaalauksen, pituus on 13,91 minuuttia. Robottimaalauksesta tehty jatkuva ajankäyttötutkimus osoitti, että robottimaalauksen vaiheai-ka olisi 14,13 minuuttia. Tämä ero johtuu luvussa 4.3 mainitusta kuljetinhihnan tappien aiheuttamasta aikavaihtelusta, joka on maksimissaan 0,49 minuuttia. Koska mitattu vaiheai-ka saattaa lisääntyä tappien aikavaihtelun verran, lisätään normaaliaikatutkimuksessa saatuun aikaan tappien välien aika, jotta voidaan varmistua siitä, että kapasiteetti kattaa nekin tapaukset, joissa tappia joudutaan odottamaan ennen siirtoa maksimiaika.

Linjaston tämän hetkisen kapasiteetin laskenta tutkimustulosten perusteella

$$Tahtiaika = 13,91 \text{ min} + 0,49 \text{ min} = 14,40 \text{ min}$$

$$Työaika = 435 \text{ min}$$

$$\text{Todellinen kapasiteetti} = \frac{\text{Työaika}}{\text{Tahtiaika}} \quad (1)$$

$$\text{Todellinen kapasiteetti} = \frac{435 \text{ min}}{14,40 \text{ min}} = 30,20$$

Kapasiteetilaskelman perusteella maalaamossa pystytään tällä hetkellä maalamaan 30 runkoa yhden työvuoron aikana.

5 LINJASTON TEHOSTUSTA VAATIVAT KOHTEET

Esikäsittelylinjalla kaikkien työvaiheiden aika oli lähellä toisiaan ja seuraava työvaihe oli aina edellistä lyhempi. Odotusaikojen pituudet eivät olleet merkittävän pitkiä. Robottimaalaus oli huomattavasti pisin työvaihe. Loppuosa maalauslinjaston vaiheajoista oli merkittävästi muun linjaston vaiheajoja pienempi.

5.1 Esikäsittelylinjan tehostus

Esikäsittelylinjalla on toimiva imuohjaus, sillä jokainen työvaihe on edellistä lyhempi. Koko linjaa tarkasteltaessa voidaan huomata, että koko linjasto olisi imuohjattu, mikäli robottimaalauksen vaiheajaa saataisiin lyhennettyä merkittävästi. Silloin esikäsittelylinjaston pesuvaihe olisi koko linjaston pisin työvaihe, ja koko linjaston tahtiaika olisi 9,20 minuuttia.

Esikäsittelylinjastolta ei löytynyt tutkimuksen yhteydessä mitään silmiinpistäviä parannuskohteita. Vaikka laitteisto on iäkäs ja tekniikka ei ole tuoreinta mahdollista, toimii linjasto kuitenkin moitteettomasti. Linjaston tuottama laatutaso on erinomainen ja työntekijät pystyvät itse hoitamaan esikäsittelylinjastojen kemioiden tarkan seurannan, joka on suuressa roolissa lopputuloksen onnistumiseksi.

5.2 Maalauslinjaston kehitys

Maalauslinjastolla ainoaksi ongelmakohtaksi muodostui robottimaalaukseen kuuluva pitkä työvaiheaja. Robottimaalauksessa turhia, arvoa tuottamattomia työvaiheita oli yhteensä 5,65 minuuttia. Arvoa tuottamattomien työvaiheiden aika pitäisi pyrkiä saamaan niin pieneksi kuin mahdollista. Jotta koko linjasto saataisiin imuohjatuksi, tulisi robottimaalauksen vaiheaja olla alle 8,15 minuuttia. Tällä hetkellä käytössä olevalla kalustolla se ei ole mahdollista, sillä pelkästään robotilla tapahtuvaan maalaukseen, joka on arvoa tuottavaa työtä, kuluu 8,48 minuuttia. Tämä tarkoittaa sitä, että myös itse maalausaikana tapahtuvia työliikkeitä pitää tehostaa, jotta imuohjattavuus voitaisiin saavuttaa. Imuohjaus ei ole kuitenkaan linjaston tah-

tiäikää ajatellen tärkein asia. Jotta robottimaalauksen aika saataisiin matalammaksi kuin seuraavaksi pisimmän työvaiheen aika, tulisi sen olla alle 9,20 minuuttia.

Laskennallisesti voidaan todentaa, mitä tahtiaika voisi maksimissaan olla, jotta maalaamo pystyisi tuottamaan kaikki päivässä tarvittavat 39 runkoa yhdessä vuorossa. Työpäivässä tehdään edelleen työtä 435 minuuttia, kuten laskettiin luvussa 4.5.

$$Työaika = 435 \text{ min}$$

$$Kapasiteetti \geq 39$$

$$Tahtiaika \leq \frac{Työaika}{Kapasiteetti} \quad (2)$$

$$Tahtiaika \leq \frac{435 \text{ min}}{39} \approx 11,15 \text{ min}$$

Vähimmäisvaatimus tahtiajaksi, jotta maalaamo voitaisiin siirtää yhteen vuoroon, on 11,15 minuuttia. Kaikkien työvaiheiden tulee siis alittaa tämä aika.

6 MAHDOLLISET KEHITYSTOIMET

Maalaamon yhteen vuoroon siirtyminen ei edellytä kehitystoimia esikäsittelylinjan osalta. Esikäsittelylinjaston pisin vaihe aika oli 9,20 minuuttia, joka on huomattavasti pienempi kuin yhteen vuoroon siirtymiseen vaadittava tahti aika, 11,15 min. Jauhemaalaukselinjastolla robottimaalaus ei yllä läheskään vaadittuun tahti aikaan. Keskitytään siis robottisolun kehitystoimenpiteisiin.

6.1 Jauhemaalauksen robotiikan kehittäminen

Lähtökohtaisesti robottisolun laitteisto on erittäin iäkäs. Robotisointi on mennyt valtavasti eteenpäin vuodesta 1996, jolloin MSK Cabinsin maalaamo rakennettiin. Myös maalaus pistoolit ovat hyvin iäkkäitä eikä niihin ole saatavilla enää varaosia. Maalaus pistoolit tulisi siis ehdottomasti vaihtaa. Robottimaalauksen kehitykseen on ehdotettu seuraavissa luvuissa kolme eri vaihtoehtoa.

6.1.1 Nykyisen tekniikan tehostaminen

Edullisin ja nopein vaihtoehto tehostaa robottisolun toimintaa olisi ohjelmoida käytössä olevat robotit uudelleen ja vaihtaa niihin tehokkaammat maalaus pistoolit. Optimoimalla maalaus järjestystä ja muuttamalla maalaamattomat liikkeet pikaliikkeiksi saataisiin poistettua ylimääräistä aikaa arviolta 1,24 minuuttia. Kyseinen aika on saatu olettamalla, että maalaus pistoolit ja -ohjelmat uudistamalla maalauksaika saataisiin 10 % nykyistä pienemmäksi. Myös niin kutsuttujen tyhjien siirtojen optimoinnilla on arvioitu saatavan siirtoaikoja 10 % pienemmäksi. Pyörityslaitteen aika on sama. Robottimaalauksen vaihe ajaksi jäisi tällöin 12,89 minuuttia. Tämä aika ei kuitenkaan riitä maalaamon siirtämiseen yhteen vuoroon. Myöskään katossa olevasta pyörityslaitteesta, joka vie maalauksessa suhteettoman paljon aikaa ja on muutenkin riskialtis koneisto, ei päästä eroon. Nykyisin käytössä olevat robotit ovat niin vanhoja, että niihin ei kannata tehdä suuria korjaus investointeja.

6.1.2 Kaksi seitsemänakselista robottia

Mikäli robotit uusitaan, täytyisi ottaa huomioon, että uusien robottien tulisi olla seitsemänakselisia. Kyseessä olisi siis maalaukseen soveltuva kuusiakselinen robotti ja seitsemännen akselin muodostaisi johde, jota pitkin robotti liikkuisi. Näin päästäisiin eroon katossa olevasta pyörityslaitteesta. Kahden tehokkaan seitsemänakselisen robotin ja uusien maalauspistoolien avulla maalausaikaa saataisiin pienennettyä arviolta 4,10 minuuttia. Laskelmassa on huomioitu pyörityslaitteen poistajänti ja arvioitu, että uusien robottien ja maalauspistooleiden avulla maalausaikaa saataisiin pienennettyä 10 %. Siirtoihin kuluva aika on arvioitu 40 % pienemmäksi kuin nykyisillä roboteilla. Robottimaalauksen vaihe aika olisi siis 10,04 minuuttia.

Seitsemän akselissa eli johteessa nousee ongelmaksi suojaus. Johteiden voitelu on tärkeää häiriöttömän toimivuuden kannalta. Koska kyseessä on jauhe-maalaukset, maalauskammiossa leijailee maalipölyä jatkuvasti ja sitä tulisi takertumaan rasvattuihin johteisiin. Johteiden suojaus maalikammion sisällä olisi käytännössä mahdotonta, joten itse johteiden tulisi sijaita maalauskammion ulkopuolella.

Yksi vaihtoehto olisi myös uusien molemmat robotit, asentaa ne kiinteästi lattiaan ja uusien myös pyörityslaitteet nykyaikaisiksi. Tämä olisi edullisempi vaihtoehto kuin 7-akseliset robotit. Tällöin kuitenkin pyörityslaitteesta jäävä turha siirto ei poistu. Uudella tekniikalla varustettu pyörityslaitteet olisi nykyistä nopeatoimisempi, mutta rungon siirtoon pyörityslaitteelle kuluisi edelleen sama aika, sillä ketju ei voi kulkea pyörityslaitteen läpi. Yrityksen toiveena olisi päästä pyörityslaitteesta täydellisesti eroon, joten tätä vaihtoehtoa ei lähdetä tutkimaan pidemmälle.

6.1.3 Kolme robottia

Kahden johteita pitkin liikkuvan robotin sijaan robottisolussa voitaisiin käyttää kolme robottia. Myös nämä kolme robottia poistaisivat pyörityslaitteen tarpeen ja maalausaika pienenesi merkittävästi, koska maalaustyö jakaantuu kolmelle robotille. Robotit voitaisiin asentaa kiinteästi lattiaan ja ulottuvuus olisi silti riittävä koko ohjaamon rungon maalaamiseksi. Maalausaika jaettuna kolmen tehokkaan robotin kesken olisi arviolta 3,39 minuuttia pienempi kuin nykyisellä menetelmällä. Tämä

arvio on tehty jakamalla maalaus aika kolmelle robotille ja ottamalla huomioon, että maalaus aika olisi 10 % pienempi nykyaikaisilla tehokkaammilla roboteilla ja maalauspistooleilla. Ilman pyörityslaitetta siirtoihin kuluva aika arvioitaisiin 40 % pienemmäksi kuin nykyisillä roboteilla. Näin ollen robottimaalauksen vaiheajaksi muodostuisi 8,34 minuuttia. Robottisoluun ei muuten tarvitse tehdä suuria muutoksia, jotta kolmen robotin asentaminen olisi mahdollista.

6.2 Muut tutkimuksen yhteydessä havaitut parannuskohteet

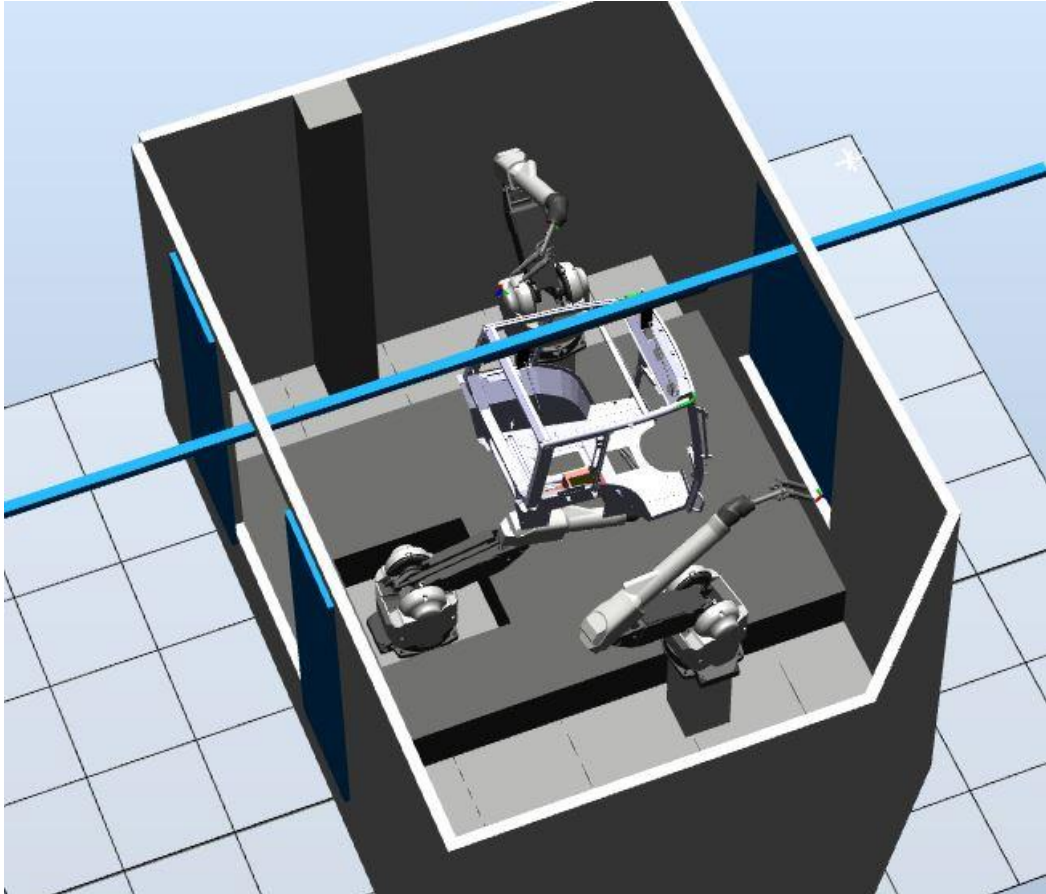
Esikäsittelylinjalla ei tutkimuksen yhteydessä löydetty merkittäviä kehityskohteita. Ainoastaan esikäsittelylinjan kammioiden väliset ovet tulisi uusia, jotta ne olisivat pitävät. Sama koskettaa kuivatusuunia, uunin ovien uusiminen tiiviimmäksi säästäisi energiaa. Maalausrobotisolun ilmanvaihtokanavan imu on erittäin huono, mikä johtuu ilmakehän rakenteista olevista rei'istä. Ilmakehä tulisi vuorata. Tämä vähentäisi maalaamossa leijuvaa ylimääräistä maalipölyä. Ilmakehän kautta myös kerätään ylijäämää maalipölyä talteen uudelleenkäyttöä varten. Ilmakehän parannus vähentäisi siis myös maalin kulutusta. Maalinpolttouunista tulisi myös vaihtaa ovet energian säästämiseksi.

7 KEHITYSTOIMEN VALINTA

7.1 Valittu kehitystoimenpide

Luvussa 6 olevien laskelmien perusteella maalaamon kehitystoimenpiteeksi valittiin kolmen uuden robotin asentaminen maalausammioon. Ilmakanavien korjaustoimenpiteet ja ovien vaihdot tarvittavilta osin tullaan myös toteuttamaan. Uusien robottien asennus tullaan tämän hetkisen tiedon mukaan tekemään kesällä 2015.

Kaksi roboteista tullaan asentamaan kuljetinradan molemmin puolin. Kolmas robotti tullaan asentamaan solun takaosaan. On myös suunnitteilla, että kuljetinta muokattaisiin siten, että se pystyy liikkumaan maalauksen aikana. Koska ohjaimon runko liikkuu kuljettimella takaosa edellä, voisi kaksi etummaista robottia maalata takaseinää samalla kun takimmainen robotti maalaa lattian alapuolista takaosaa. Kuljettimen liikkuesssa eteenpäin kaksi etummaista robottia siirtyisi maalamaan rungon kylkiä ja sisäpuolta ja kolmas robotti maalaisi etulattian ala- ja yläpuolta ja rungon A-pilareita. Mikäli kolmas robotti ei ulotu tässä maalausvaiheessa joka puolelle, voidaan runkoa siirtää kuljettimen avulla vielä sen verran eteenpäin, että kaksi sivuilla sijaitsevaa robottia ulottuvat maalamaan katvepaikat. Kolmen robotin myötä myös käsin tapahtuva korjausmaalaukset todennäköisesti vähenee. Kuviossa 9 on simuloitu kuva kolmen robotin maalausammioista.



Kuvio 9. Robottisolun simulointi kolmella robotilla

7.2 Kehitystoimien kustannuslaskennallinen kanta

Robottisolun laitteisto on sen verran iäkästä, että sen korvaaminen uudella olisi ollut joka tapauksessa edessä muutaman vuoden sisällä. Takaisinmaksuaika näille muutoksille tulisi olemaan arviolta noin 4 vuotta. Kyseessä on kuitenkin korvausinvestointi, sillä laitteisto olisi joka tapauksessa lähitulevaisuudessa jouduttu uusimaan, joten tarkemman takaisinmaksuajan laskennan tarvetta ei ole. Investoinnin kustannuslaskelma on salassapitovelvollisuuden piirissä olevaa tietoa.

8 SOVELLETTAVUUS JA YHTEENVETO

8.1 Sovellettavuus tulevaisuudessa

MSK Cabinsilla on ollut jo aiemmin ollut käynnissä projekti esikäsittelylinjan uudistamistarpeista. Projektin lopputuloksena nähtiin parhaana vaihtoehtona korvata sinkkifosfatointi E-coat-esikäsittelymenetelmällä, joka on nykyaikaisessa auto- ja työkoneteollisuudessa jo lähes standardinomainen käytäntö. Kyseisen projektin toteutus päätettiin kuitenkin siirtää tulevaisuuteen, sillä maalaamon esikäsittelylinjaston katsottiin tällaisenaan palvelevan yrityksen tarpeita tyydyttävästi.

Tässä opinnäytetyössä parhaaksi toimintatavaksi esitetty robottisolun muutosprosessi olisi täysin käytettävissä, mikäli E-coat-linjasto haluttaisiin ottaa käyttöön. Mainitulla esikäsittelyllä ei ole vaikutusta siihen, maalataanko runko myöhemmin märkä- vai jauhemaalilla. E-coat on jo käytössä muun muassa Massey Fergusonin traktoritehtaalla ohjaamon runkojen maalauksessa. Massey Ferguson on osa AGCO Corporation -konsernia, johon myös Valtra Oy Ab kuuluu. (Red Barn Media Group 2014; Agco Corporation 2014.)

8.2 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli löytää maalaamon linjaston pullonkaula ja kehittää siihen parannustoimenpiteitä, joiden avulla maalaamon toiminta voitaisiin siirtää yhteen vuoroon 39 kappaleen päivävauhdilla. Tutkimuksen avulla maalaamon pullonkaulaksi todennettiin robottimaalaus, jonka vaiheaika oli merkittävästi isompi kuin muilla työvaiheilla. Ajankäyttötutkimuksen avulla löydettiin robottimaalauksen tehostusta kaipaava työvaiheet. Maalaukselle esitettiin kolme erilaista muutostoi-
menpidettä, joiden avulla vaiheaikaa saadaan pienennettyä. Näistä ehdotettiin toteutettavaksi robottisolun uusiminen, mikä sisälsi kolmen robotin työaseman kahden sijaan. Opinnäytetyön mukainen ehdotus tullaan ottamaan käyttöön MSK Cabinsilla kesällä 2015, joten opinnäytetyö onnistui erinomaisesti tavoitteessaan.

LÄHTEET

- AGCO Corporation. 2014. Our brands. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: http://www.agcocorp.com/products/products_brand.aspx.
- EK-SAK tuottevuustyöryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Helsinki: EK-SAK tuottavuustyöryhmä.
- Hobbs, D. 2011. Applied Lean Business Transformation. Fort Lauderdale, Florida, USA: J. Ross Publishing Inc.
- Jutila, S. 2000. Paimenpojasta patruunaksi. Vaasa: Arkimedia Oy.
- Kanawaty, G. 1992. Introduction to Work Study. 4. painos. Geneve, Sveitsi: International Labour Office.
- Kauppalehti Oy. 2014a. MSK Group Oy. [Verkkosivu]. Helsinki: Kauppalehti Oy. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: <http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/msk+group+oy/02925058>.
- Kauppalehti Oy. 2014b. MSK Cabins Oy. [Verkkosivu]. Helsinki: Kauppalehti Oy. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: <http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/msk+cabins+oy/17436345>.
- MSK Group Oy. 2014a. MSK Group. [Verkkosivu]. Kauhava; MSK Group Oy. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: <http://www.mskgroup.fi/msk-group>.
- MSK Group Oy. 2014b. MSK Cabins. [Verkkosivu]. Kauhava: MSK Group Oy. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: <http://www.mskgroup.fi/msk-cabins>.
- MSK Group Oy. 2014c. Historia. [Verkkosivu]. Kauhava; MSK Group Oy. [Viitattu 30.10.2014]. Saatavana: <http://www.mskgroup.fi/historia>.
- Red Barn Media Group. 2014. AGCO Equipment Features Tough-As-Nails Paint. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.11.2014]. Saatavana: <http://www.myfarmlife.com/advantage/agco-equipment-features-tough-as-nails-paint/>
- Uusi-Rauva E., Haverila, M. & Kouri, I. 1999. Teollisuustalous. 3. painos. Ylöjärvi: Infacts johtamistekniikka Oy.
- Uusi-Rauva E., Haverila, M., Miettinen, A. & Kouri, I. 2003. Teollisuustalous. 4. painos. Ylöjärvi: Infacts johtamistekniikka Oy.

Uusi-Rauva E., Haverila, M., Miettinen, A. & Kouri, I. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino.

Valtra Oy Ab. 2014. Uusi Valtran T-sarja. [Verkkosivu]. Suolahti: Valtra Oy Ab. [Viitattu 29.11.2014]. Saatavana: <http://www.valtra.fi/uusi-t-sarja.aspx>

LIITTEET

LIITE 1: Maalaamon normaaliaikatutkimus

LIITE 2: Robottimaalauksen jatkuva ajankäyttötutkimus

LIITE 1 Maalaamon normaaliaikatutkimus

MSK Cabins Oy Osasto: Maalaamo Tutkija: TK		Normaaliaikatutkimus Maalaamon iso rata		Alkoi: 3.6.2014 6:02 Päätyi: 3.6.2014 7:49 Kesto: 1 h 47 min
	Työerän nimi	Runko HT	Joutuisuus- kerroin	työvaiheen pituus
	Tutkimus alkoi/päätyi	klo 6:02/7:49(ajat minuutteja)		
1	Pesu	9,20		9,20
2	Huuhtelu + aktivointi	8,54		8,54
3	Fosfatoi	8,47		8,47
4	Huuhtelu	8,12		8,12
5	Siirto ja odotus	2,35		2,35
6	Vedenkuivausuuni (2 kpl uunissa)	15,9		7,95
7	Siirto ja odotus (2 kpl odottaa)	4,83		2,42
8	Robottimaalaus	13,91		13,91
9	Siirto ja odotus	1,70		1,70
10a	Käsinmaalaus siirrot ja odotus	3,20		3,20
10b	käsinmaalaus manuaalinen maal.	3,22	1,2	3,86
10	Käsinmaalaus yhteensä (siirtojen, odotuksen ja manuaalimaaauksen summa)			7,06
11	Siirto ja odotus	1,20		1,20
12	Polttouuni (4 kpl uunissa)	27,22		6,81
	Työvaihe yhteensä	107,32		

LIITE 2 Robottimaalauksen jatkuva ajankäyttötutkimus

MSK Cabins Oy Osasto: Maalaamo Tutkija: TK		Jatkuva ajankäyttötutkimus Maalaamo/robottimaalaus	Alkoi: 4.6.2014 Päättyi: 4.6.2014 Kesto: 15 min	klo 11:38 klo 11:53
	Laji	Toiminto	Juokseva aika (s)	Työvaiheen aika
1	SII	Siirto edelliseltä työpisteeltä	144	144
2	RM	Robotti maalaa	178	34
3	RS	Robotti siirtyy	197	19
4	RM	Robotti maalaa	216	19
5	RS	Robotti siirtyy	224	8
6	RM	Robotti maalaa	309	85
7	RS	Robotti siirtyy	313	4
8	RM	Robotti maalaa	361	48
9	RS	Robotti siirtyy	368	7
10	RM	Robotti maalaa	379	11
11	RS	Robotti siirtyy	383	4
12	RM	Robotti maalaa	408	25
13	RS	Robotti siirtyy	415	7
14	RM	Robotti maalaa	478	63
15	RS	Robotti siirtyy	481	3
16	PL	Pyörityslaite	527	46
17	RM	Robotti maalaa	534	7
18	RS	Robotti siirtyy	552	18
19	RM	Robotti maalaa, toinen robotti välillä toimettomana	769	217
20	RS	Robotti siirtyy	779	10
21	PL	Pyörityslaite	832	53
22	OD	Odostus	848	16
		robottimaalaus yhteensä (s)	848	
		min	14,13	

yhteensä maalausaika (s)	509	8,48 (min)
yhteensä siirto/pyöritysaika (s)	339	5,65 (min)
tuottamattoman työn osuus (%)	40,0 %	