

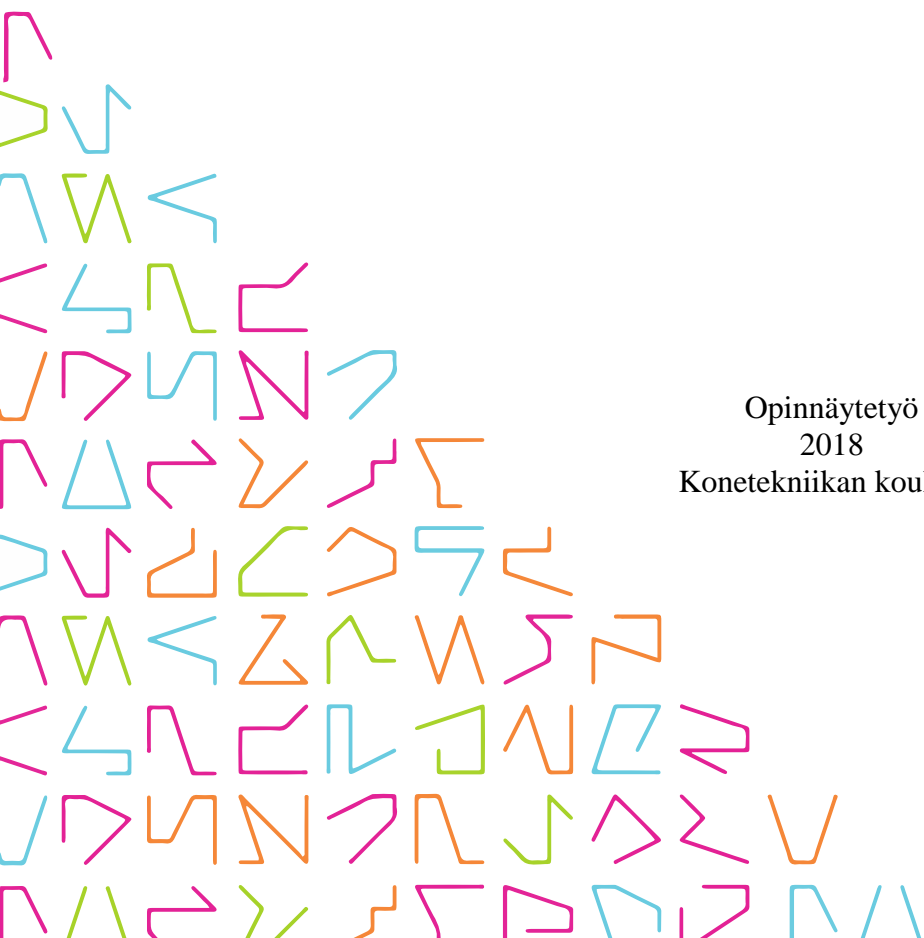


TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# TYÖNTUTKIMUS ANODISOINTILAITOKSELLA

Mira Mäkelä

Opinnäytetyö  
2018  
Konetekniikan koulutus



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan koulutus

MÄKELÄ MIRA:  
Työntutkimus anodisointilaitoksella

Opinnäytetyö 51 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
2018

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa työntutkimus Purso Oy:n anodisointilaitoksella. Purso Oy suunnittelee ja tuottaa alumiinista valmistettuja ratkaisuja teollisuuden eri aloille sekä järjestelmäratkaisuja julkisivuihin ja LED-valaistukseen. Alumiiniprofiilien anodisointi tapahtuu automatisoidulla linjastolla, joka on otettu käyttöön vuonna 2012.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia anodisointilaitoksen tuotannon kulkua ja työtapoja työntutkimuksen avulla sekä löytää keinoja parantaa tuottavuutta. Työntutkimuksen mittaustulos suoritettiin ajankäyttötutkimuksena havainnointitutkimuksen menetelmää käyttäen. Työmittauksessa havainnointia kohteita olivat robottivaraston ja ripustuspaikkojen käyttö, alumiiniprofiilien ripustaminen anodisointilinjalle ja anodisoinnin jälkeen purkaminen linjasta sekä pakkaus. Työmittaajilla oli mahdollisuus kirjoittaa myös sanallisia huomioita tutkimuksen aikana. Työmittaus suoritettiin anodisointilaitoksella helmikuussa 2018. Mittausta tehtiin neljän viikon ajan kolmessa vuorossa.

Mittausvaiheen jälkeen tulokset kirjattiin taulukkolaskentaohjelmaan, josta laskettiin eri työaikalajien suhteellinen esiintyvyys havainnointiajasta. Ajankäytön jakautumisesta laadittiin ympyrädiagrammit havainnollistamaan eri aikalajien esiintyvyyttä. Esiintyvyys laskettiin kaikista tuloksista. Lisäksi laskettiin työaikalajien esiintyvyys erikseen eri vuororyhmistä ja työvuoroista. Näin saatiin selville, onko ajankäytössä eroa riippuen henkilöistä tai työvuoron ajankohdasta. Robottivaraston ja ripustuspaikkojen käyttöön liittyvien havaintojen perusteella laskettiin niiden käytön aktiivisuus.

Tutkimuksen tuloksena saatiin selville, että vuororyhmien välillä on isoja eroja ajankäytön jakautumisessa. Aamu-, ilt- ja yövuorossa merkittäviä eroja ei kuitenkaan havaittu. Kahden ripustus- ja pakkauspaikan hyödyntämistä tulee kehittää odotusajan vähentämiseksi. Myös robottivaraston käyttöä kannattaa tehostaa. Tällä voidaan pienentää odotusaikaa, joka syntyy robotin siirtäessä häkkiä kärrylle.

Tulosten perusteella työntekijöiden kanssa tulee kerrata työtavat, joilla odotusaikaa saadaan vähennettyä. Työturvallisuuden ja työergonomian parantamiseksi tulee käydä läpi hyvät nostotavat. Samansuuntaisen kiertoliikkeen vähentämiseksi tulee työparit opastaa paikan vaihtamiseen työvuoron aikana. Turhat liikkeet, kuten kävely ja kumartelu, tulee minimoida. Käynnissä oleva lean-projekti tulee parantamaan monia tutkimuksessa esiintulleita ongelmakohtia.

---

Asiasanat: työntutkimus, havainnointitutkimus, lean, hukka

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering

MIRA MÄKELÄ  
Work study of the Anodizing Plant

Bachelor's thesis 51 pages, appendices 2 pages  
2018

---

The purpose of this thesis was to make a work study for an anodizing plant in the company Purso Oy. Purso Oy designs and produces processed products and profiles made from aluminum. Aluminum profiles are anodized in a highly automated anodizing plant. The anodizing plant was introduced in January 2012. Anodizing is a surface treatment method which improves corrosion resistance and appearance properties.

The objective of this study was to explore and develop production in the plant by observation. The objects of observation were three workstations, suspension and packaging of profiles. In addition, work safety and ergonomics at the workstations were examined. The observation phase was done in February 2018 and it lasted four weeks.

The collected information was analyzed by using Excel-program. The relative proportion of time spent on each type of work was calculated from the results. The results were illustrated by circular and bar graphs.

Based on the findings, teams work in quite different ways. Working hours were divided also in different ways. It is recommended that the use of the two suspension and packing sites should be developed to reduce waiting times. Employees should be trained for the effective working methods. Efficiency improves when the waiting time is decreased.

---

Key words: work study, observational study, lean, wastes

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PURSO OY .....	8
3	ANODISOINTILAITOKSEN TOIMINTA.....	10
	3.1 Alumiinin anodisointi .....	10
	3.2 Anodisointiprosessin kulku Pursolla .....	11
	3.3 Robottivarasto .....	13
	3.4 Anodisointiprosessin työpisteet ja tehtävät.....	14
4	TYÖNTUTKIMUS .....	17
	4.1 Työntutkimuksen määritelmä .....	17
	4.2 Työntutkimuksen tavoitteet .....	17
	4.3 Ajankäyttötutkimus.....	18
	4.4 Työaikalajit .....	19
5	TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN .....	21
	5.1 Tuottavuus .....	21
	5.2 Lean-toiminta.....	21
	5.2.1 Hukan vähentäminen.....	22
	5.2.2 Jatkuva parantaminen.....	24
6	TYÖTURVALLISUUS JA TYÖERGONOMIA .....	26
	6.1 Työturvallisuuden kehittäminen ja ylläpito .....	26
	6.2 Työergonomian parantaminen .....	26
	6.2.1 Työliikkeiden riskitekijät ja turhien liikkeiden vähentäminen .....	27
	6.2.2 Nostotyö .....	28
7	TYÖNTUTKIMUS ANODISOINTILAITOKSELLA .....	29
	7.1 Työnmittauksen suorittaminen anodisointilaitoksella .....	29
	7.2 Tulosten kirjaaminen laskentataulukkaan .....	29
	7.3 Tulosten analysointi .....	31
8	TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET .....	33
	8.1 Ripustusparien tulokset.....	33
	8.2 Robottivaraston ja ripustuspaikkojen tilanteen tulokset .....	36
	8.3 Pakkaajien tulokset ja pakkauspaikan tilanteet.....	36
	8.4 Keskiparin tulokset .....	40
	8.5 Työergonomiaan ja työturvallisuuteen liittyvät havainnot .....	43
	8.6 Hukkaan liittyvät havainnot.....	44
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	46
	LÄHTEET.....	48
	LIITTEET .....	50

Liite 1. Ripustajien ja Erikkilän seurantalomake .....	50
Liite 2. Pakkaajien ja 3. parin seurantalomake .....	51

**ERITYISSANASTO**

Anodisointi	Pintakäsittelymenetelmä, joka parantaa korroosionkestävyyttä ja ulkonäköominaisuuksia
Kehä	Anodisointiprosessilinjastossa etenevä alumiinitanko, johon ripustimet kiinnitetään
Ripustin	Jigi, johon alumiiniprofiilit kiinnitetään anodisointiprosessia varten.
Vuororyhmä	Työvuorossa työskentelevä tiimi

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe saatiin Purso Oy:n anodisointilaitokselta Nokian Siurosta. Työ sai alkunsa tarpeesta kehittää tuotantoa ja tuottavuutta. Nykyinen anodisointilaitos on otettu käyttöön vuonna 2012, mutta tuottavuutta ei ole saatu toivotulle tasolle. Tämän vuoksi Pursolla oli päätetty tehdä työntutkimus, jossa kirjataan viiden minuutin välein työpisteiden tilanne ja suoritettavat työtehtävät. Tutkimuksen tuloksia käytetään tuotannon kehittämiseen ja tuottavuuden parantamiseen.

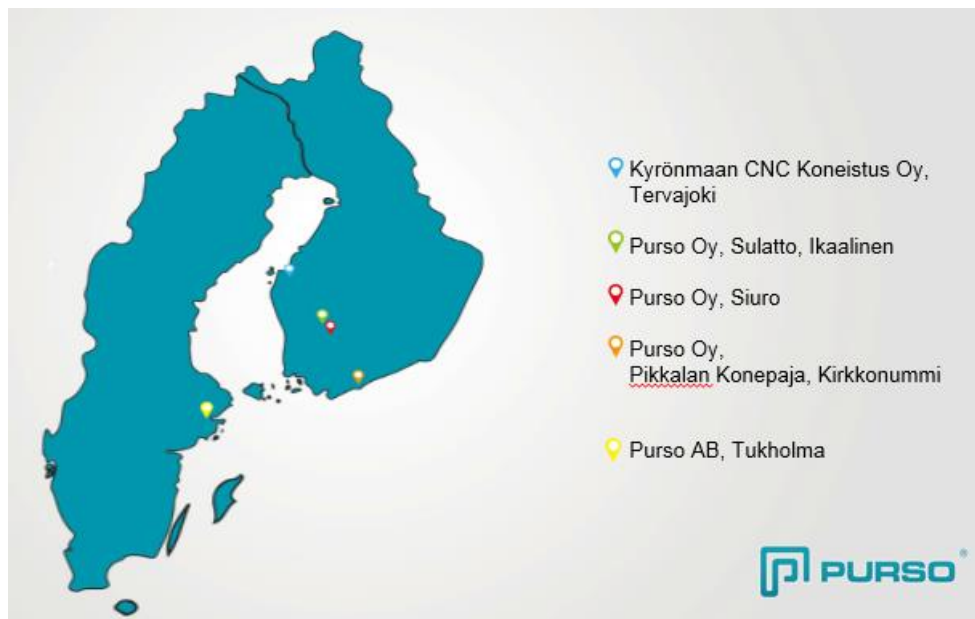
Tässä tutkimuksessa tutkimuksen kohteena on työn tekeminen ja tavoitteena on saada konkreettista tietoa työvuorojen tapahtumista, ajankäytön jakautumisesta ja tuoda esiin kehityskohteita. Kyseessä on siten soveltava tutkimus, jossa tavoite on käytännönläheinen. Kun ongelmien ratkaisu ei onnistu pelkästään jokapäiväisen ajattelun pohjalta, uutta tietoa hankitaan tutkimuksen avulla. Hankittu tieto auttaa ymmärtämään ongelmia syvemmin ja löytämään keinoja ongelman ratkaisuun. (Hirsjärvi ym. 2007, 19.)

Opinnäytetyö sisälsi neljän viikon seurantajakson ja tulosten analysoinnin. Anodisointilaitoksen tuotantopäällikkö ja tuotantoinsinööri olivat suunnitelleet valmiiksi työntutkimuksen toteutustavan ja havainnointikaavakkeen. Mittausta tekemään oli valittu opinnäytetyön tekijän lisäksi kaksi muuta henkilöä, koska seuranta tehtiin kolmessa vuorossa. Myös havainnointikaavake tutkimusta varten oli jo tehty ja testattu anodisointilaitoksella. Mittaukset tehtiin 4.2.2018-2.3.2018 välisenä aikana. Tuloksia kertyi 20 vuorokaudelta ja havainnointiaikaa oli yhteensä 480 tuntia.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään anodisointiprosessia, työntutkimusmenetelmiä, tuottavuuden parantamista, työturvallisuutta ja työergonomiaa. Työturvallisuus on otettava huomioon kehitystyössä aina, koska puutteelliset työskentelyolosuhteet voivat johtaa työtapaturmiin. Epäergonomiset työskentelytavat eivät ole myöskään sujuvia ja sitä kautta tehokkaita. Työssä on huomioitu myös Lean-toimintamallin periaatteet, koska ne on otettu Pursolla jo aiemmin käyttöön. Työn ulkopuolelle jätetään anodisointiprosessiin liittyvät laatuksymykset, koska työssä ei tutkita tai kehitetä itse anodisointiprosessia. Työ keskittyy anodisointilinjan ripustus- ja pakkaustyöpisteisiin sekä robottivaraston käyttöön.

## 2 PURSO OY

Purso Oy on kansainvälisesti toimiva suomalainen perheyrittäjä, joka suunnittelee ja tuottaa alumiinista valmistettuja ratkaisuja teollisuuden eri aloille sekä järjestelmäratkaisuja julkisivuihin ja LED-valaistukseen. Purso Oy:n tehdas ja pääkonttori sijaitsevat Nokian Siurossa. Kuvassa 1 on esitetty Purso Oy:n toimipaikat, joita Siuron lisäksi ovat Kyrönmaan CNC Koneistus Oy Tervajoella, Sulatto Ikaalisissa, Pikkalan Konepaja Kirkkonummella ja Purso AB Tukholmassa. (Purso Oy, Yritysesittely 2018.)



KUVA 1. Purso Oy:n toimipaikat (Purso Oy, Yritysesittely 2018)

Siurossa toimivia tuotantoyksiköitä ovat pursotuslaitos, kevytmetallikonepaja, ajoneuvoyksikkö ja pintakäsittelylaitos, johon anodisointilaitos kuuluu. Yksiköt ovat osa tuotantoketjua, jonka avulla profiilit jatkojalostetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti. Lisäksi Siurossa toimii valaisinyksikkö, joka tuottaa valaisinjärjestelmiä mm. teollisuushalleihin, myymälöihin, toimistoihin ja terveydenhuoltoon. (Purso Oy, Yrityksen internetsivut 2018 & Purso Oy, yritysesittely 2018.)

Pursoyhtiöiden toiminta alkoi vuonna 1959, kun Suojapinta Oy:n rakentaminen aloitettiin. Alumiinin anodisointi aloitettiin vuonna 1960 (Purso Oy, Yrityksen internetsivut 2018). Purso Oy perustettiin 1972 ja ensimmäinen alumiiniprofiilinvalmistuksen tuotantolinja käynnistettiin 1974. Saman vuoden lopulla Siuroon perustettiin koneistuksia var-



ten oma koneistusosasto. (Järventie & Raevuori 2009, 86, 88.) 1980-luvulla tehdasta laajennettiin kahdesti, pääkonttori rakennettiin Siuroon ja sulatto Ikaalisiin. Pintakäsittelyä uudistettiin pulverimaalauksella ja jatkojalostus sai uudet tilat 1990-luvulla. 2000-luvulla alumiinitehdasta laajennettiin ja kolmas pursotuslinja otettiin käyttöön. Lisäksi Siuroon rakennettiin alihankkijoille yrityspuisto. 2010-luvulla uusi liiketoimintayksikkö Purso Lighting Systems suunnitteli ja kehitti älykkään SNEP-valaistusjärjestelmän. Nykyinen anodisointilaitos, vedenpuhdistamo ja biolämpökeskus otettiin käyttöön vuonna 2012. Kuvassa 2 näkyy Purso Oy:n Siuron toimipisteen tehdasalue. (Purso Oy, Yrityksen internetsivut 2018.)



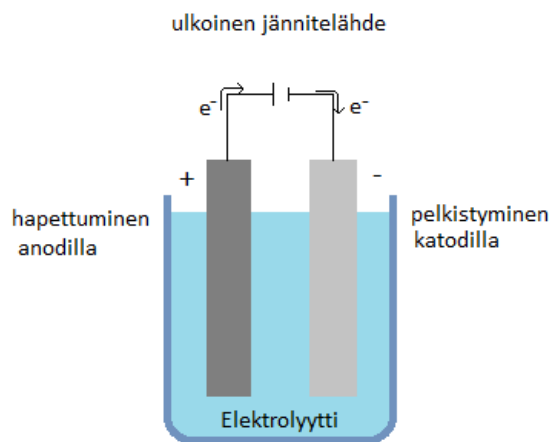
KUVA 2. Purso Oy, Siuro (Purso Oy, yritysesitys 2018)

Purso Oy:n liikevaihto oli vuonna 2017 88 M€, josta viennin osuus on 35 %. Päävienti-maita ovat Ruotsi, Norja, Tanska, Hollanti, Saksa, Puola ja Baltian maat. Purso Oy työllistää noin 250 henkilöä. Toimintaa Pursolla ohjaa laadunhallintajärjestelmä ISO 9001:2015 ja Ympäristöjärjestelmä ISO 14001:2015. (Purso Oy, yritysesitys 2018.)

### 3 ANODISOINTILAITOKSEN TOIMINTA

#### 3.1 Alumiinin anodisointi

Anodisoinnilla tarkoitetaan sähkökemiallista reaktiota, jossa alumiinin pinnalle muodostuu tiivis, liukenematon ja hapettumisreaktion pysäyttävä kerros. Tämänkaltaiset hapettumis- ja pelkistymisreaktiot tapahtuvat sähkökemiallisessa kennossa eli elektrolyysikennossa (kuvio 1). Elektrolyysikenna sisältää kaksi elektrodia. Reaktiot tapahtuvat elektrodien pinnalla suolan tai hapon vesiliuoksessa, jota kutsutaan elektrolyytiksi. Elektrodi, joka hapettuu, sanotaan anodiksi ja elektrodi, joka pelkistyy, kutsutaan katodiksi. Elektrolyysikennossa elektrodien välille on kytketty ulkoinen jännitelähde. Sähköenergia muuttuu kemialliseksi energiaksi, kun tasavirta pakotetaan kulkemaan kennon läpi. Toivotut hapettumis- ja pelkistymisreaktiot tapahtuvat elektrodeilla jännitteen syöttämien elektronien avulla. (Antila, Karppinen, Leskelä, Mölsä & Pohjakallio 2008, 182-184, 196.)



KUVIO 1. Elektrolyysikennon pääperiaate (Antila ym. 2008, 183, muokattu)

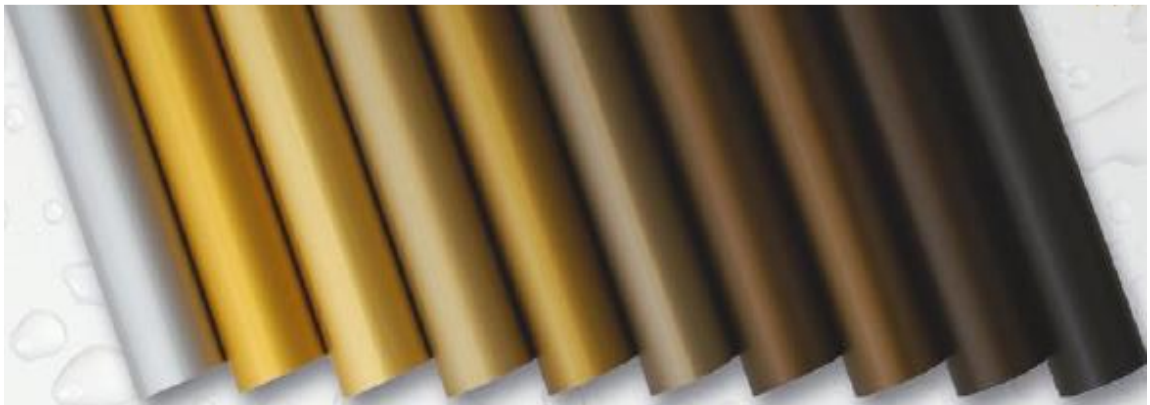
Metallien, kuten alumiinin, sähkökemiallisessa pinnoituksessa elektrolyysikennossa on kyse juuri tästä. Sähkökemiallinen systeemi muodostaa suljetun virtapiirin, jonka keskeiset osat ovat anodi, katodi ja elektrolyytti, sekä ulkoinen jännitelähde, josta kennoon syötetään virtaa. Sähkövirran kulkuun eri osissa liittyvät seuraavat ilmiöt: elektrodireaktiot, ionien liike elektrolyytissä ja elektronien virtaus metallisessa johteessa. Elektrolyysikennossa anodi on positiivinen ja katodi negatiivinen. (Antila ym. 2008, 182-184.)

Elektrolyysikennoja käytetään aineiden ja kappaleiden valmistuksessa ja jatkokäsittelyssä esimerkiksi metallien valmistuksessa, puhdistuksessa, työstössä ja muovauksessa, pintakäsittelyssä ja korroosion estossa. Elektrolyysikennoja käytetään myös analyyseissa ja erotuksissa, kuten veden puhdistuksessa raskasmetalleista. (Antilla ym. 2008, 198.)

Anodisoinnilla parannetaan alumiinin korroosion kestävyttä ja ulkonäköominaisuuksia. Käsiteltävät kappaleet upotetaan anodiksi elektrolyyttiliuokseen. Tasavirran kulkiessa liuoksen läpi siitä vapautuu happea, joka reagoi alumiinin kanssa. Alumiinin pinnalle muodostuu määrävahvuinen oksidikerros, jonka vahvuutta ja ominaisuuksia voidaan säädellä mm. virrantiheyttä, käsittelyaikaa ja elektrolyyttiä muuttamalla. Lopputuloksena on erittäin kova ja lasimainen pinta. (Purso Oy. 2003. Anodisointi-esite.) Kerrosvahvuus vaihtelee käyttötarkoituksesta riippuen 5-25  $\mu\text{m}$  välillä.

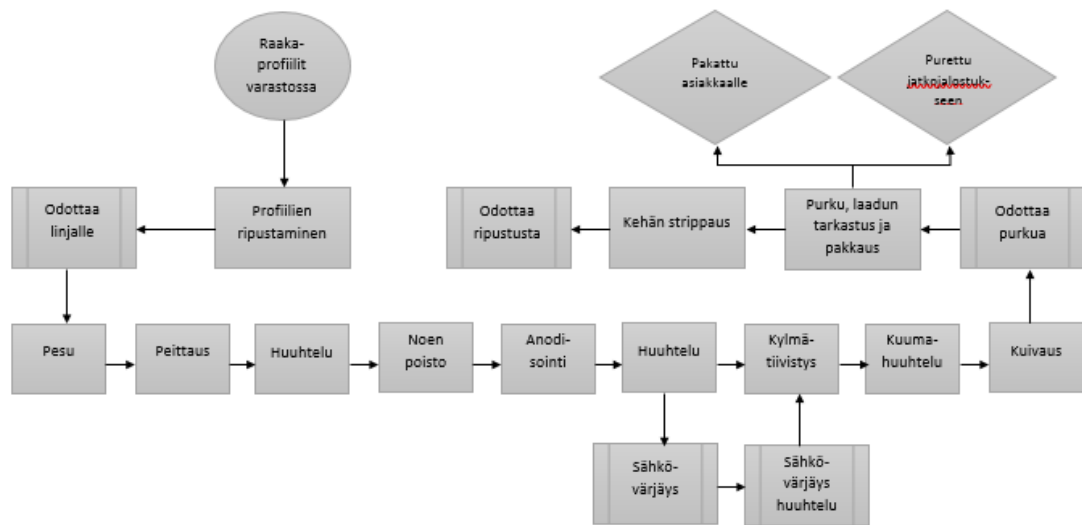
### 3.2 Anodisointiprosessin kulku Pursolla

Purson anodisointilaitos, jossa työntutkimus tehtiin, aloitti toimintansa vuoden 2012 alussa. Anodisointilinjasto on täysin automatisoitu. Luonnonvärianodisoinnin lisäksi pinnoituksessa on valittavana sähkövärianodisointi. Luonnonvärianodisoinnissa profiilin pintaan muodostuu väritön oksidikerros, kun taas sähkövärianodisoinnissa luonnonvärianodisoitu pinta värjätään elektrolyyttisesti. Sähkövärjäyksellä saadaan aikaan kuvan 3 mukaiset pronssisävyt ja musta. (Purso Oy. 2012. Uusi anodisointilaitos 2012-esite.)



KUVA 3. Anodisointivärisävyt (Purso Oy. 2003. Anodisointi-esite)

Kuviossa 2 on anodisointiprosessin prosessikaavio. Anodisoitavat alumiiniprofiilit saapuvat pурсutuslaitokselta häkeissä robottivarastoon, josta ripustajat valitsevat häkeittäin anodisoitavat tuotteet. Profiilit ripustetaan anodisointilinjan kehiin ja ripustettu kehä lähetetään anodisointilinjalle. Tarvittaessa kehä jää odottamaan puskurivarastoon linjalle pääsyä. Kyseiselle kehälle valitaan linjaston ohjelmasta tilauksen mukainen käsittelyohjelmakoodi. Kyseinen koodi sisältää tarvittavat parametrit, jotta automaatiolinja suorittaa anodisoinnin halutulla tavalla. (Vaittäinen 2013,10.)



KUVIO 2. Anodisointiprosessin prosessikaavio (Vaittäinen 2013, 9, muokattu)

Anodisointilinjassa kehä kulkee automaattisesti ohjattujen nostimien avulla altaasta toiseen. Prosessivaiheet ovat seuraavat:

1. Pesu: Pesussa profiilien pinnalta poistetaan epäpuhtauksia, kuten koneistusrasvat ja sahauslastut.
2. Peittaus: Peittausaltaassa profiilien pintaa syövytetään natriumhydroksidiliuoksella. Tämä karhentaa profiilien pintaa ja saa aikaan mattapintaisuuden anodisoituun pinnoitukseen.
3. Huuhtelu.
4. Noen poisto: Peittausreaktioissa syntyy nokea ja muita epäpuhtauksia, ne poistetaan miedossa rikkihappoliuoksessa.
5. Anodisointi: Profiilien hapettuminen tapahtuu miedossa rikkihappoliuoksessa, jossa anodisoitavat profiilit toimivat anodina ja altaan

reunoilla ovat alumiinista valmistetut katodit. Pinnoituksen kerros-  
vahvuutta säädetään säätämällä aikaa, jonka profiilit ovat anodisoin-  
tialtaassa kytkettynä tasavirtapiiriin.

6. Huuhtelu.
7. Kylmätiivistys: Luonnonvärianodisoitavat profiilit siirtyvät huuhte-  
lun jälkeen kylmätiivistykseen. Siinä suljetaan anodisoinnissa syn-  
tyneet oksidikerroksen huokokset.
8. Sähkövärianodisointi: Mikäli profiilit menevät sähkövärianodisoin-  
tiin, se tapahtuu ennen kylmätiivistystä. Sähkövärialtaassa on kaksi  
eri vaihetta, tasa- ja vaihtovirtavaihe. Värjäntyminen tapahtuu  
vaihtovirtavaiheen negatiivisella jaksolla. Sähkövärialtaassa on  
pieni määrä tinasulfidia, jonka ansiosta värjäntyminen tapahtuu.  
Ennen kylmätiivistystä sähkövärjätyt profiilit käyvät sähköväri-  
huuhtelussa. Tämän jälkeen sähkövärjätyt profiilit etenevät proses-  
sissa samalla tavalla kuin luonnonvärianodisoidut profiilit.
9. Kuumahuuhtelu: Vaihe viimeistelee huokosten tiivistymisen.
10. Kuivaus: Profiilit kuivataan kuumalla ilmalla.

Anodisointiprosessin jälkeen kehät siirtyvät puskurivarastoon odottamaan purkua. Puret-  
taessa profiilien laatu tarkastetaan. Osa profiileista pakataan suoraan asiakkaalle heidän  
toiveidensa mukaan ja osa puretaan häkkeihin ja siirretään jatkojalostukseen muille osas-  
toille. (Vaitinen 2013, 10-11.)

### **3.3 Robottivarasto**

Havainnointitutkimuksen yksi seurattava kohde oli robottivaraston tilanne. Ripustajat ti-  
laavat robotilta päivämääräjärjestyksessä profiilit anodisoitavaksi. Kun tilattu häkki on  
siirtynyt robottivaraston keltaiselle kärrylle (kuva 3, sivulla 14), ripustajat siirtävät sen  
ripustuspaikalle.



KUVA 3. Robottivaraston kärry (Kuva: Mira Mäkelä, 2018)

Työohjeen mukaan ripustajat tilaavat häkkejä keltaisille kärryille siten, että ripustuspaikalle siirretyn kärryn tilalle laitetaan aina uusi tyhjä kärry. Tyhjälle kärrylle tilataan aina välittömästi uusi häkki. Näin vältetään uuden häkin odottamiselta ja työ sujuu keskeytyksettä. Tämän toteutumista seurattiin tässä tutkimuksessa kirjaamalla varastokärryjen tilanne seurantataulukkoon (liite 1) 5 min välein.

### 3.4 Anodisointiprosessin työpisteet ja tehtävät

Työntutkimuksen kohteena oli anodisointiprosessin ripustus- ja pakkaustehtävät. Työtehtävät hoidetaan pareittain. Vuorossa on 2-3 paria. Ripustuspari työskentelee ripustuspaikoilla 4 ja 5. Profiilihäkki siirretään ripustuspaikalle robottivarastosta. Ensin tarkastetaan, että häkissä oleva tuote ja saatelapun tiedot täsmäävät. Ripustettavan profiilin näkyvät pinnat tarkastetaan CADS-kuvista. Ripustajat tilaavat ripustuspaikalle kehän, johon profiilit ripustetaan. Mikäli kehässä valmiina olevat ripustimet eivät sovi kyseisille profiileille, ripustimet vaihdetaan oikeanlaisiin. Kuvassa 4 sivulla 15 on ripustuspaikalle tilattu kehä, jossa on tyhjä ripustimet.



KUVA 4. Tyhjä kehä ripustimiseen (Kuva: Mira Mäkelä)

Ripustimet valitaan profiilin pituuden ja jäykkyyden perusteella, siten että ripustusjälkiä ei jää näkyville pinnoille. Tämän jälkeen profiilit kiinnitetään kehään. Myös profiilin pinnanlaatu tarkastetaan ripustusvaiheessa. Profiilit tulee kiinnittää kunnolla, jotta ne eivät pääse irtoamaan linjalla, ja sähkövirta pääsee tasaisesti kulkemaan niissä anodisoinnin aikana. Profiilit eivät voi myöskään olla toisissaan kiinni. Profiilien väliin laitetaan laattoja, jotta niitä voidaan ripustaa päällekkäin kehään. Ripustetun kehän päädyt kiristetään kiiloilla. Tämän jälkeen kehä lähetetään prosessilinjaan halutulla ohjelmakoodilla.

Ripustajilla on käytössään kaksi ripustuspaikkaa, jotta ripustusta voidaan jatkaa tauotta silloinkin, kun odotetaan nosturia noutamaan ripustettua kehää tai odotetaan tyhjää kehää saapuvaksi. Tutkimuksen yhtenä tarkoituksena oli seurata molempien ripustuspaikkojen käyttöä.

Anodisoidut profiilit odottavat puskurivarastossa purkuun pääsyä. Profiilit puretaan kehästä ja pakataan erillisten pakkausohjeiden mukaan. Osa pakataan suoraan asiakkaille meneviin paketteihin ja osa pakataan häkkeihin siirrettäväksi jatkojalostukseen muille osastoille. Pakkausparilla on myös käytössä kaksi pakkauspaikkaa (paikat 1 ja 2), joita

voivat hyödyntää odotusajan minimoimiseen. Mikäli työvuorossa on kolme paria, yksi pari työskentelee paikalla 3. Paikalla numero 3 tehdään sekä ripustusta että pakkausta tarpeen mukaan. Kyseisellä paikalla on myös nosturi painavia profiileita varten.

Aktiivisen työn eli ripustus- ja pakkaustyön lisäksi työhön sisältyy myös aputoita kuten tavaroiden hakua, häkkien siirtelyä ja laadun valvontaan liittyviä tehtäviä. Nämä tehtävät ovat välttämättömiä, jotta ripustus- ja pakkaustyötä voidaan jatkaa. Aputyöt eivät kuitenkaan suoraan edistä työn valmistumista. Työntutkimuksessa tarkkailtiin aktiivisen työn osuutta, aputoita, nostimien käyttöä, odotusaikaa ja taukoaikaa.



## 4 TYÖNTUTKIMUS

### 4.1 Työntutkimuksen määritelmä

Ilkka Kouri määrittelee työntutkimuksen käsitteen seuraavasti:

Työntutkimus on ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnan järjestelmällistä tutkimista tarkoituksena löytää paras menettelytapa. Sen päämääränä on lisäksi hyvien työolosuhteiden luominen ja työn suorittamiseksi tarvittavan ajan määrittäminen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 490.)

Työntutkimuksen avulla kehitetään työmenetelmiä, ergonomiaa ja ajankäyttöä. Tutkimuksessa työtä tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta ja työntekijänäkökulmasta. Taloudellisesta näkökulmasta työntutkimuksella voidaan selvittää arvoa lisäävän työn osuutta työajasta, laatuongelmien syitä, toistuvia ja pitkiä työvaiheita, sekä tuotannon pullokauloja. Teknologian näkökulmasta tutkitaan uuden tekniikan, uusien laitteiden ja prosessien mahdollisuuksia työssä. Työntekijänäkökulma käsittää työergonomian ja työturvallisuuden tutkimisen ja kehittämisen. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 6.)

### 4.2 Työntutkimuksen tavoitteet

Työntutkimuksen tavoitteena on tutkia ja kehittää työmenetelmiä, ergonomiaa ja ajankäyttöä. Työntutkimus voidaan jakaa neljään osa-alueeseen, jotka ovat menetelmätutkimus, työn standardisointi, työnopastus ja työnmittaus. Menetelmätutkimuksessa tavoitteena on löytää taloudellisin, tehokkain ja turvallisin työmenetelmä. Kohteena ovat työn tekeminen, materiaalit, tuotantovälineet ja niiden yhteistoiminta. Työn standardoinnilla tarkoitetaan parhaan työmenetelmän vakiinnuttamista kaikkien työntekijöiden käyttöön. Työmenetelmä vaihtelee eri suorituskerroilla, mikäli tässä osiossa on puutteita. Tehokkuus kärsii, mikäli jokaisella suorituskerroilla ei käytetä parhaaksi valittua työmenetelmää. Työn standardointi parantaa laaduntuottokykyä ja antaa edellytykset toiminnan järjestelmälliselle kehittämiselle. (Ahokas ym. 2011, 6.)

Työntutkimuksen kolmas osa-alue on työnopastus. Jokaisen työntekijän on osattava tehokkaimmat ja turvallisimmat työmenetelmät. Työnopastuksella tuetaan työntekijän osaamista ja työhyvinvointia. Työnmittauksella puolestaan määritetään tiettyyn työtehtävään tarvittava aika tietyllä työmenetelmällä. Työnmittaustekniikoita on useita esimerkiksi normaaliaikatutkimus, ajankäyttötutkimus, havainnointitutkimus ja liikeaikatutkimus. Käytettävä tutkimusmenetelmä valitaan ottaen huomioon työmenetelmien vaihtelu ja tutkimuksen käyttötarkoitus. (Ahokas ym. 2011, 7.)

### 4.3 Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimuksessa työaika jaetaan tehokkaaseen työaikaan ja erilaisiin aikahäviöihin. Tavoitteena on selvittää aikahäviöiden suuruus ja niiden aiheuttaja. Tutkimuksen perusteella etsitään keinoja aikahäviöiden pienentämiseksi. Toisena tavoitteena ajankäyttötutkimuksessa on arvioida apuaika työnmittausta varten. (Haverila ym. 2009, 491.) Apuaikaan lasketaan kaikki sellaiset työtehtävät, jotka ovat työn suorittamisen kannalta välttämättömiä mutta eivät edistä työn valmistumista (Ahokas ym. 2011, 11).

Ajankäyttötutkimus voidaan toteuttaa eri tavoin. Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa seurataan tietyn työn tai työntekijän suoritusta koko ajan. Tapahtumat erotellaan tekemisaikaan, apuaikaan, tauko aikaan ja häiriö aikaan. Jatkuvan ajankäyttötutkimuksen tulokset kertovat suoraan työajan jakautumisen eri työaikalajeihin. Tulokset ovat varmoja, mutta menetelmä on työläs suorittaa. (Ahokas ym. 2011, 25 & Haverila ym. 2009, 492.)

Vähemmän resursseja tarvitaan, kun ajankäyttötutkimus tehdään havainnointitutkimusmenetelmää käyttäen. Siinä voidaan tutkia samanaikaisesti useampaa työvaihetta ja työtä useissa pisteissä. Siten saadaan yleiskuva koko osaston ajankäytöstä. Havainnointitutkimuksen etuna on laaja-alaisuus. Siinä voidaan selvittää eri tehtäviin käytettyä työaika, kokonaisajankäyttöä, työergonomiaa, työturvallisuutta, eri työryhmien työskentelyä sekä ihmisen ja koneen vuorovaikutusta. Havainnointitutkimuksessa havainnoidaan tiettyinä havainnointihetkinä työn tekemistä. Havainnointihetket voivat olla satunnaisia tai tasavälein toistuvia. Jokaisena havainnointihetkenä kirjataan kyseisen hetken tapahtuma ja sen aikalaji. Tuloksista määritellään tilastollisin menetelmin työajan jakauma. Aikalajihavaintojen prosentuaalinen osuus kertoo työajan jakautumisesta. Aikalajeja havainnointitutkimuksessa on tekemisaika, apuaika, tauko aika ja häiriö aika. Tarvittaessa niitä voidaan

jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin. Aikahäviöiden aiheuttajien tarkka määrittely on havainnointitutkimuksessa vaikeampaa. (Ahokas ym. 2011, 24 & Haverila ym. 2009, 492.)

#### 4.4 Työaikalajit

Työnmittausta varten työpäivä tai tarkasteltava työjakso jaetaan erilaisiin aikalajeihin. Tämän tarkoituksena on helpottaa tulosten käsittelyä ja hyväksikäyttöä. Tavallisimmin käytetyt aikalajit ovat tekemisaika, apuaika ja häiriöaika. Tarvittaessa työjakso voidaan jakaa tarkemmin määriteltyihin aikalajeihin. Mitä tarkemmin aikalajit on määritelty, sitä tarkempia johtopäätöksiä pystytään aikojen perusteella tekemään. (Ahokas ym. 2011, 11.)

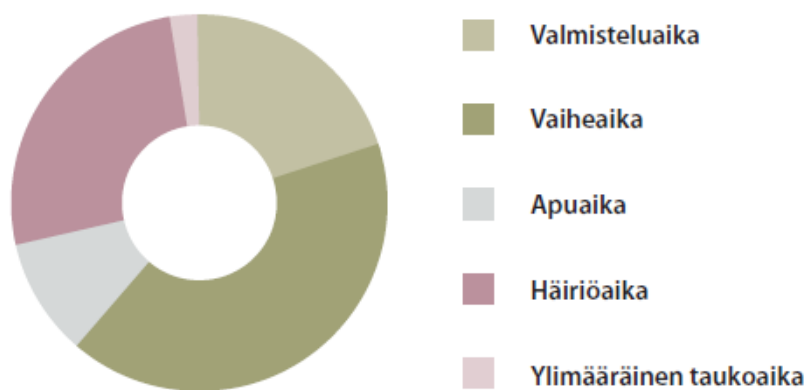
Tekemisaika tarkoittaa sitä osuutta työjaksosta, joka kuuluu jalostusarvoa lisäävien työtehtävien tekemiseen. Tuotteen jalostusarvoa lisää esimerkiksi tuotteen valaminen, maalaus, kokoonpano ja hitsaus. Tekemisaikaan kuuluvat tehtävät edistävät suoraan tuotteen, palvelun tai työtehtävän valmistumista. Mikäli tekemisaikaa on tarpeen tarkentaa, se voidaan jakaa valmistelu-aikaan ja vaihe-aikaan. Valmistelu-aikaan kuuluvat sellaiset työtehtävät, jotka esiintyvät vain kerran työtehtävää esimerkiksi sarjaa tai valmistuserää kohden. Tämänkaltaista valmistelu-aikaa on esimerkiksi asetuksen teko koneeseen työtehtävän alussa. Vaihe-aikaan kuuluvat puolestaan työtehtävät, joiden esiintymisen lukumäärä on riippuvainen valmistettavasta kappalemäärästä. Vaihe-aikaan kuuluvia tehtäviä ovat kappaleen valmistamiseen vaaditut työvaiheet, kappaleen käsittelyt ja tarkastukset. (Ahokas ym. 2011, 9, 11.) Tässä tutkimuksessa tekemisaikaan on katsottu kuuluvaksi profiilien ripustus, pakkaus ja laaduntarkastus.

Apuaika on työn kannalta välttämättömien aputehtävien suorittamiseen käytettyä aikaa, sekä aikaa joka työntekijältä kuuluu henkilökohtaisten tarpeiden hoitamiseen ja muuhun elpymiseen. Aputehtävät eivät edistä suoranaisesti työn valmistusta, mutta niiden hoitaminen on välttämätöntä, jotta tekemisaikaan kuuluvan työn tekeminen voi jatkua. Apuaikaan lasketaan kuuluvaksi kolmeosaa: päivävakio, henkilökohtainen apuaika ja muu elpymisaika. Päivävakio sisältää päivittäin toistuvia työtapahtumia kuten työpisteen valmistelu työpäivän alussa, siivous työvuoron lopussa ja mahdolliset koneen säännölliseen huoltoon kuuluvat tehtävät. Henkilökohtaisen apuajan katsotaan sisältävän työntekijälle

varatun ajan henkilökohtaisia tarpeita ja työstä johtuvasta kuormituksesta elpymistä varten. Tämä perustuu sovittuihin käytäntöihin työstä riippuen. Myös sovitut tauot ovat henkilökohtaista apuaikaa. Erityisen kuormittavassa työssä, jossa henkilökohtainen apuaika ei riitä, saattaa olla käytössä muu elpymisaika. (Ahokas ym. 2011, 11-12.) Tässä tutkimuksessa tauko aika mitattiin erikseen, koska mittaus tehtiin havainnointitutkimuksena. Mikäli lakisääteiset tauot olisi laskettu apuaikaan, olisi mittaajan ollut haastavampaa luotettavasti katsoa, milloin tauko ylittää sovitun taukoajan ja muuttuu ylimääräiseksi taukoajaksi. Mittaaja olisi tällöin myös tarvinnut sijaisen oman taukonsa ajaksi, jotta tämä olisi saatu luotettavasti mitattua.

Häiriöaikaan sisältyy odottamattomat keskeytykset, aputyöt ja odotukset. Lisäksi häiriöaikaan kuuluu virheiden korjaukset. Häiriöajasta osa saattaa olla työvaiheiden epätasapainon takia syntyvää toistuvaa odotusta. (Ahokas ym. 2011, 12.) Häiriöaika tässä tutkimuksessa on käytännössä odotusaika. Tutkimuskaavakkeessa (liite 1 ja 2) tarkennettiin erikseen sanallisesti, mikäli odotusta syntyi laitevikojen vuoksi. Mikäli työntekijä teki korjaavia toimenpiteitä, niin työ kirjattiin aputyöksi.

Kuviossa 3 on esitetty tyypillinen kone- ja metalliteollisuuden ajankäytön jakauma. Tekemisaika, joka tässä on jaettu valmistelu ja tekemisaikaan, jää usein jopa alle puoleen työpäivän kestosta. (Ahokas ym. 2011, 12.)



KUVIO 3. Tyypillinen ajankäytönjakauma kone- ja metalliteollisuudessa (Ahokas ym. 2011, 13)

## 5 TUOTTAVUUDEN PARANTAMINEN

### 5.1 Tuottavuus

Tuottavuus tarkoittaa tuotoksen ja sen aikaansaamiseksi käytetyn panoksen suhdetta. Tuotos käsittää tuotteiden tai palvelujen määrän ja laadun sekä panoksena esimerkiksi työtunnit tai työvoimakustannukset. Kokonaistuottavuudesta puhutaan, kun tarkastelun kohteena ovat kaikki tuotannon määrään vaikuttavat panokset kuten materiaali-, työ- ja pääomapanokset sekä koulutus, kumulatiivinen kokemus, organisaatio ja tekninen tietämys. Osatuottavuudella puolestaan tarkoitetaan yhden tuotantotekijän suhteen laskettua panosta. (Haverila ym. 2009, 20-21.)

Hyvällä tuottavuudella tarkoitetaan sitä, että tehdään oikeita asioita laadukkaasti parhailla mahdollisilla menetelmillä. Kun tuottavuutta parannetaan, tavoitteena on tuottaa enemmän tai parempia tuotteita tai palveluita samoilla tai entistä pienemmillä panoksilla. Tuottavuuden jatkuva parantaminen on yrityksen kilpailukyvyn ja kannattavuuden perusedellytys. Tuottavuuteen vaikuttavia asioita yrityksessä ovat esimerkiksi tuotekehitys, innovaatiot, uuden tekniikan käyttöönotto, logistiikan ja jakelukanavien kehittäminen, liittoutuminen sekä yhteistyö yritysten ja organisaatioiden kesken. Lisäksi tarvitaan työpiste-kohtaista suunnittelua ja rationalisointia, joka usein toteutetaan kokonaisvaltaisten kehittämishankkeiden avulla. (Saarikoski 2006, 10-11.) Tuottavuuden parantaminen on jatkuvaa ja järjestelmällistä kehitystyötä, jonka avulla pyritään lisäämään myös turvallisuutta ja työn mielekkyyttä. Tuottavuuden paraneminen yrityksessä merkitsee välittömästi tai välillisesti kustannuskehityksen hidastumista, hintakilpailukyvyn paranemista, työpaikkojen turvaamista, palkanmaksukyvyn paranemista, työn luonteen muuttumista ja rakenteellisia muutoksia. Tuottavuuden lasku vaikuttaa näihin päinvastaisesti. (Haverila ym. 2009, 22.)

### 5.2 Lean-toiminta

Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta kehitetty Lean-toimintamalli on levinnyt autoteollisuudesta johtavaksi tuotantoperiaatteeksi kaikille toimialoille. Lean-toimin-

tamallin tavoitteena on lisätä toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta. Asiakaslähtöisyys ja lisäarvon tuottaminen asiakkaalle tarkoittaa sitä, että yrityksessä kohdistetaan voimavarat toimintoihin, jotka lisäävät tuotteen arvoa asiakkaalle. Myös laatuajattelu korostuu Lean-toiminnassa. Laatuvastuu ymmärretään kuuluvan jokaiselle yrityksen työntekijälle, mikä tarkoittaa, että tuotteen tai toiminnan laadun varmistamiseksi tehdään kaikki mahdollinen. (Kouri 2010, 6-7.)

Lean-toimintamallin tarkoituksena on parantaa työskentelyolosuhteita, antaa työntekijöille mahdollisuus osallistua kehitystyöhön, parantaa yrityksen kilpailukykyä ja tehdä oikeita asioita. Yksi käytetyimmistä Lean-toimintamallin käytännöllisistä työkaluista on 5S. Sen avulla huolehditaan siisteyden ja järjestyksen kehittamisestä ja ylläpidosta. Ajatuksena on, että tuottavaa ja laadukasta työtä pystytään tekemään ainoastaan siistissä ympäristössä. Viisi S-kirjainta tulevat japaninkielisistä sanoista Seiri (lajittele), Seiton (järjestä), Seiso (puhdistusta), Seiketsu (vakiinnuta toiminta) ja Shitsuke (ylläpidä). (Kouri 2010, 7.) Purso Oy:n anodisointilaitoksella Lean-ajatusmalli on ollut käytössä jo pari vuotta. Myös 5S työkalun käyttöönottoprojekti on aloitettu, mutta projekti oli vielä kesken työntutkimusta tehtäessä.

### **5.2.1 Hukan vähentäminen**

Lean-menetelmässä tuottavuuden parantaminen ei perustu työtahdin kasvattamiseen vaan siinä keskitytään erilaisten hukkien poistamiseen. Hukalla tarkoitetaan arvoa lisäämättä työtä. Työn tuottavuus ja laatu paranevat, kun hukkia poistetaan järjestelmällisesti. Hukkien tunnistamisen helpottamiseksi ne jaetaan seitsemään eri luokkaan. Luokkia ovat ylituotanto, odotus, tarpeeton kuljettaminen, laatuvirheet, tarpeeton varastointi, ylikäsittely ja tarpeeton liike työskentelyssä. (Kouri 2010, 10-11.)

Ylituotannolla tarkoitetaan kaikkea tarpeetonta tuotantoa, jolloin tuotantoa tehdään enemmän kuin tarvitaan tai ennen kuin tarvitaan. Ylituotannosta aiheutuu seuraavanlaisia ongelmia: komponentteja ja materiaalia ostetaan ennen aikaisesta, liiallinen tuotannon määrä aiheuttaa epäjärjestyksiä ja häiritsee tuotannon kulkua, varastot ovat isoja ja tuotteita voi pilaantua varastoissa, tuotannon suunnittelun joustavuus laskee ja virheiden määrä lisääntyy. Ylituotantoa voidaan välttää pitämällä tuotantokapasiteetti ja sen tarve tasapainossa. Tehokkaita Lean-periaatteita tasapainon saavuttamiseksi ovat tuotannonohjauksen

kehittäminen, tuotantolinjojen tasapainottaminen, valmistettavien eräkokojen pienentäminen, kapasiteettitarpeen ja koneiden kapasiteetin tasapaino sekä asetusajkojen lyhentäminen. (Tuominen 2010, 16-17.)

Odottamista syntyy helposti monissa eri vaiheissa. Työntekijä odottaa koneen suoritusta tai kone henkilön suoritusta. Materiaali odottaa prosessiin tai koneelle pääsyä. Odotusta voi tulla myös siitä, kun osastojen, prosessien tai työvaiheiden ajat ovat epätasapainossa tai työntekijä ei ole työpisteellä ajoissa. Odotusta voidaan vähentää, kun tunnistetaan odotuksen syyt ja puututaan niihin, esimerkiksi tuotantoa tasapainottamalla, ammattitaitoa monipuolistamalla tai monikonekäyttöä kehittämällä. (Tuominen 2010, 31.)

Tuotannossa kuljetusta ja siirtoa tarvitaan materiaalien ja osien liikutteluun varastopaikkojen välillä, varastosta työpisteelle ja työpisteeltä pois. Kuljetusta on sitä enemmän, mitä enemmän on materiaalia. Kuljetusta voidaan vähentää standardoimalla kuljetusyksiköt, suunnittelemalla koneiden ja työpisteiden asettelu prosessien suuntaisiksi ja lisäämällä työntekijöiden ammattitaitoa siten, että he suoriutuvat eri valmistusvaiheista samalla työpisteellä. Työskentely seisaallaan lisää joustavuutta myös siirtoihin. (Tuominen 2010, 20-21.)

Laatuhukan syitä ovat puutteet laatu- ja tarkastusstandardeissa tai niistä poikkeaminen. Vaurioita voi syntyä materiaalin varastoinnissa, käsittelyssä ja kuljetuksissa. Myös puutteellinen ammattitaito ja huonot työohjeet voivat olla syynä laatuvirheisiin. Laatuhukan vähentäminen edellyttää siihen johtaneen perussyyn löytämistä, jotta tiedetään, mihin puuttua. (Tuominen 2010, 22-23.)

Tarpeettomat varastot vievät tilaa, sitovat pääomaa, heikentävät järjestystä, estävät tuotannon kulkua, aiheuttavat lisätyötä ylläpidettävien tiedostojen muodossa sekä aiheuttavat tuotteiden pilaantumisriskiä. Liian suuret varastot pidentävät läpimenoaikoja ja piilottavat ongelmia. Varastoja voidaan pienentää esimerkiksi lyhentämällä asetusajkoja, soveltamalla valmistusprosesseja tuotanto-osastojen sijasta sekä kehittämällä järjestelmiä, joilla tuotantoa voidaan tasapainottaa. Myös imuohjauksen kehittäminen pienentää varastoja. Imuohjauksessa osien kulutus ohjaa töiden aloituksen. Määräys työn aloittamiseen tulee esimerkiksi silloin, kun tuotelaatikko tyhjenee. Imuohjauksen kevyemmässä muodossa tuotanto perustuu tilauskannan pohjalta laadittuun muutaman päivän tai viikon suunnitelmaan. (Tuominen 2010, 18-19, Kouri 2010, 22-23.)

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan asiakasnäkökulmasta turhien asioiden tekemistä (Kouri 2010, 11). Ylituotanto eli prosessihukka on valmistusprosessiin liittyvää hukkaa, jota syntyy esimerkiksi asiakkaan kannalta tarpeettomista tuoteosista tai tuoteominaisuuksista, sekä turhista valmistusprosesseista ja tarpeettomista työvaiheista tai tarkastuksista. Prosessihukkaa voidaan vähentää arvoanalyysikoulutuksella, kyseenalaistamalla vanhoja käytäntöjä, analysoimalla prosessia ja prosessivaiheiden liittymistä toisiinsa, selvittämällä sisäisiä asiakassuhteita sekä lisäämällä yhteistyötä henkilöiden välillä prosessissa. (Tuominen 2010, 24-25.)

Työvaihehukalla eli tarpeettomalla liikkeellä työskentelyssä tarkoitetaan työvaiheen suorituksia, jotka ovat tarpeettomia työvaiheen lopputuloksen kannalta. Työvaihehukkaa syntyy muun muassa huonosta työpistejärjestelystä tai työntekijöiden lukumäärästä. Koneella voi olla työvaihehukkaa, jos sen liikkeet ovat pidempiä kuin valmistettava tuote vaatii. Muita työvaihehukan aiheuttajia ovat muun muassa heikko yhteistyö vaiheen muiden työntekijöiden kanssa, harjaantumattomuus työhön, riittämätön perehdytys, puutteelliset työohjeet, huono työmotivaatio, ja vajavainen ammattitaito. Työvaihehukkaa voidaan välttää luomalla työvaiheeseen standardeja, takaamalla työntekijöille riittävä koulutus ja perehdytys, parantamalla tiimityötä ja kehittämällä toisiltaan oppimista. Koneisiin liittyvää työvaihehukkaa voi parantaa limittämällä kone- ja käsiaikoja sekä parantamalla asetus- ja vaihtoajoja. Optimoimalla ihmisen, koneen ja materiaalin yhteistyötä voidaan työvaihehukkaa vähentää. Myös työntekijän turhia liikkeitä voidaan poistaa analysoimalla, mitkä liikkeet lisäävät tuotteen arvoa, mitkä eivät. Liikkeitä, jotka eivät lisää arvoa, tulee vähentää, yksinkertaistaa, helpottaa ja lyhentää. Esimerkiksi välttämällä kävelyn, kumartelun ja taivuttelun tarvetta esineitä otettaessa ja pois laskettaessa. (Tuominen 2010, 26-29.)

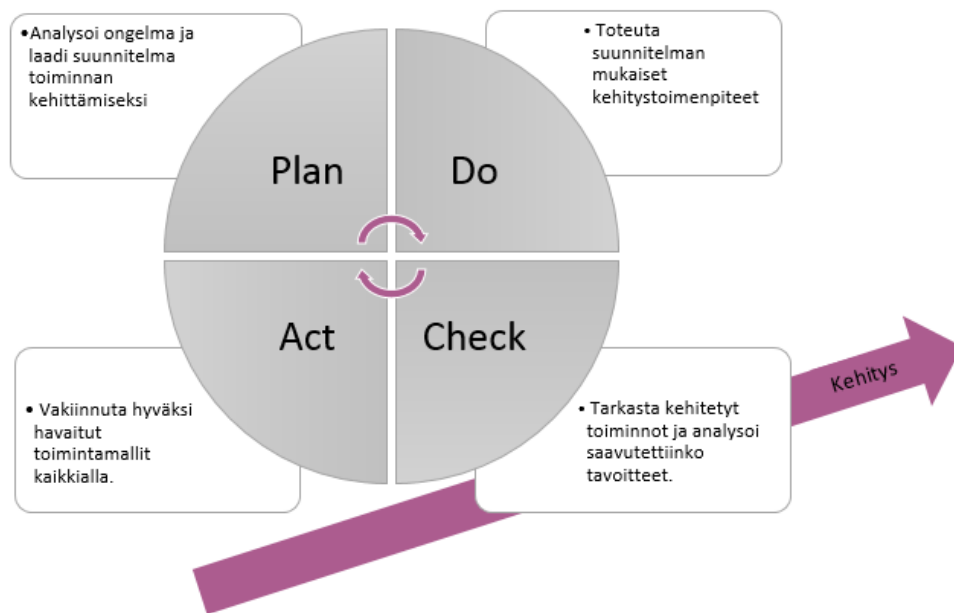
### **5.2.2 Jatkuva parantaminen**

Lean-toimintamallissa kehitystoiminta perustuu jatkuvaan ja järjestelmälliseen parantamiseen. Kehitysideoilla ei tarkoiteta vain suuria innovaatioita vaan jokaisen työntekijän ajatuksia siitä, miten voisi tehdä työnsä paremmin tai helpommin, ja miten eri työvaihei-



den välistä yhteistyötä voitaisiin kehittää. Ongelmiin tulee suhtautua tilaisuuksina kehittää tuotantoa kokonaisvaltaisesti. Kehittäminen parantaa koko yrityksen toimintaa ja kannattavuutta. (Kouri 2010, 14.)

Jatkuvan parantamisen tavanomainen menetelmä on PDCA-syklin toteuttaminen kehitystyössä (kuvio 4). PDCA-lyhenne tulee sanoista Plan (suunnittele), Do (toteuta), Check (tarkasta) ja Act (kehitä). PDCA-menetelmän tarkoitus on toteuttaa yrityksen kehitystyötä järjestelmällisesti ja taata sen jatkuvuus. (Haverila ym. 2009, 381-382.)



KUVIO 4. PDCA-sykli (Haverila ym. 2009, 382, Kouri 2010, 15, muokattu)

## 6 TYÖTURVALLISUUS JA TYÖERGONOMIA

### 6.1 Työturvallisuuden kehittäminen ja ylläpito

Työturvallisuuslain mukaan työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava työympäristöä, työyhteisön tilaa ja työtapojen turvallisuutta. Lisäksi työnantajan on seurattava toteutettujen toimenpiteiden vaikutusta työn turvallisuuteen ja terveellisyyteen. Työtä suunniteltaessa on otettava huomioon työntekijän fyysiset ja henkiset ominaisuudet, jotta työn kuormitustekijöistä ei aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle. (Työturvallisuuslaki 28.8.2002/738.)

Työturvallisuuden ylläpito ja kehittäminen työpaikoilla vaatii jatkuvaa seurantaa ja aloitteellisuutta. Vaaratilanteiden raportointi ja häiriöilmoitukset antavat tärkeää tietoa korjausta vaativista työtilanteista. Kun muutoksia tehdään, hyvässä suunnittelussa otetaan huomioon eri käyttäjien ja toimijoiden mielipiteet ja kokemukset. Töiden oikea suoritus-tapa tulee arvioida ja ohjeistaa. Työn kuormituksen ja sujuvuuden keskinäinen tasapaino on osa työturvallisuutta. Poikkeaviin tilanteisiin ja korjaustöihin liittyviin vaaratilanteisiin tulee myös varautua. (Kanerva 2008, 6-7.)

Turvallinen työympäristö on yksi tuottavuuden osatekijä. Kehitettäessä työskentelymenetelmiä ja työergonomiaa, parannetaan samalla tuottavuutta ja edistetään työssä jaksamista. Kun työympäristö on kunnossa, keskittyminen työn tekemiseen paranee, huonoista menetelmistä johtuva turhautuminen vähenee, työsuhteet pidentyvät ja ilmapiiri paranee. LEAN-toimintamallissa tuottavuuden parantaminen perustuu erilaisten hukkiin poistamiseen. Puutteellisista työskentelyolosuhteista tai -menetelmistä johtuva poissaolo tai työtapaturma on hukkaa. (Kouri, 2010, 10, 12-13.)

### 6.2 Työergonomian parantaminen

Työergonomian huomioon ottaminen sisältyy aina työympäristön ja työnsisällön kehittämiseen (Ahokas ym. 2011, 19). Standardi SFS-EN 614-1 määrittelee ergonomian tieteen-

alaksi, joka tutkii ihmisen ja työjärjestelmän vuorovaikutusta. Sen osaamisaluetta on soveltaa teoriaa, periaatteita, tietoa ja menetelmiä ihmisen hyvinvoinnin ja järjestelmän kokonaisuuskyvyn optimoinnin suunnitteluun.

Työpiste ja työvälineet on suunniteltava ergonomisesti. Mikäli on mahdollista, niiden tulee olla säädettävissä ja järjestettävissä siten, että työtehtävät voidaan suorittaa aiheuttamatta työntekijälle haitallista tai vaarallista kuormitusta. Työpisteen suunnittelussa on otettava huomioon, että työntekijällä on riittävästi tilaa työn tekemiseen sekä asennon vaihtamiseen. Tarvittaessa työtä kevennetään erilaisilla apuvälineillä. Terveydelle haitalliset nostot ja siirrot on tehtävä mahdollisimman turvallisiksi, mikäli niitä ei voida poistaa tai tehdä kevyemmäksi. Toistorasituksesta syntyvää haittaa vältetään tai suunnitellaan työ siten, että toistorasitusta on mahdollisimman vähän. (Työturvallisuuslaki 28.8.2002/738.)

Työtilannetta tulee tarkastella toiminnallisena kokonaisuutena. Työntekijän kuormittumiseen ja työnsujuvuuteen, virheisiin ja tapaturmiin vaikuttavat monet eri tekijät, kuten työntekijän ominaisuudet, työtehtävät, työvälineet, työjärjestelyt ja työympäristö. Esimerkiksi fyysiseen kuormitukseen työtilanteessa vaikuttaa työntekijän voimantuotokyky, tarvittava voima, asento, työvaiheen kesto ja toistuvuus sekä ympäristön lämpötila. (Launis & Lehtelä, 12.)

### **6.2.1 Työliikkeiden riskitekijät ja turhien liikkeiden vähentäminen**

Työliikkeiden liiallista kuormitusta aiheuttavia riskitekijöitä ovat suuri voimankäyttö, suuri toistuvuus sekä raajan epäedullinen asento. Riskin suuruuteen vaikuttaa riskitekijöiden esiintyvyyden määrä sekä yhteisvaikutus. Työliikkeet voivat pitkään toistuessaan aiheuttaa erilaisia yläraajan vaivoja ja vaurioita työntekijälle. Vaivojen taustalla on mekaaninen kuormitus lihaksissa, jänteissä ja jäniteitä ympäröivissä kudoksissa. Tyypillisiä riskitilanteita ovat muun muassa jatkuva toistotyö, suuri toistonopeus, voiman käyttö vääntö- ja kierto liikkeissä, painavan esineen kannattelu ja työhön harjaantumattomuus. Harjaantumattomalla työntekijällä esiintyy aluksi tarpeetonta voiman käyttöä. (Launis & Lehtelä, 41.)

Turhia liikkeitä sisältyy kaikkiin vartalon, käsien ja jalkojen liikkeisiin. Näitä ovat esimerkiksi kävely, taivutukset, kumarrukset, ojennukset ja nostamiset, mikäli kyseiset liikkeet eivät lisää valmistettavan tuotteen arvoa. Turhia liikkeitä vähennettäessä työpiste suunnitellaan siten, että työssä tarvittava materiaali ja työkalut ovat mahdollisimman lähellä ja oikealla korkeudella. Työkalujen tulee olla helppokäyttöisiä ja niiden määrä kannattaa rajata mahdollisimman vähäiseksi. Jalkojen ja vartalon liikkeet minimoidaan, välttämällä kävelyn, kumartelun ja taivuttamisen tarvetta. (Tuominen 2010, 29-30.)

### 6.2.2 Nostotyö

Nostotyö on useimmiten raskasta ja se aiheuttaa terveysriskin erityisesti selän rakenteille. Tuki- ja liikuntaelinsairaudet ovat Suomessa yleisin sairauspoissaolojen syy. Lisäksi joka neljäs työtaturma liittyy raskaiden taakkojen nostamiseen tai siirtelyyn. Tämän vuoksi työtehtäviä suunniteltaessa on otettava huomioon, ettei niihin sisälly liiallista taakkojen käsittelyä. Nostotyön kuormitukseen vaikuttavat nostoetäisyys, taakan paino, koko ja muoto sekä nostokorkeus, asento, toistuvuus, kesto ja kantomatka. Työntekijöiden voimantuottokyky vaihtelee myös paljon. Koska kuormittavuuteen vaikuttavat niin monet eri tekijät, selkeitä nostorajoja on hankala määrittää. (Launis & Lehtelä, 47 & Työsuojeluoppaita ja-ohjeita 23, 4.)

Nostotyön riskejä voidaan pienentää hyvällä suunnittelulla. Suunnittelu koskee työmenetelmiä, työtiloja, välineitä, sekä työasentoja ja liikkeitä. Helpointa työoloihin ja -menetelmiin on vaikuttaa jo työpisteen suunnitteluvaiheessa. Työnantajan on työtilojen ja -menetelmien riskien minimoimisen lisäksi huolehdittava siitä, että työntekijät ovat saaneet riittävän koulutuksen ja perehdytyksen nostotilanteisiin, sen riskeihin ja erilaisten apuvälineiden käyttöön. Nostot suunnitellaan siten, ettei vartaloa tarvitse samalla taivuttaa tai kiertää. On turvallisempaa nostaa useita pieniä taakkoja kuin yksi iso ja painava taakka. Nostotason olisi hyvä sijaita pystytasolla. Erityisesti tulee välttää lattiatasolla tai hartioiden yläpuolelle tehtäviä nostoja. Työpisteessä, jossa nostotyötä tehdään, on oltava riittävästi tilaa ja sen on oltava siisti ja hyvin valaistu. Portaat, liuskat ja liukas lattia lisäävät tapaturmariskiä. (Työsuojeluoppaita ja-ohjeita 23, 4-8.)

## **7 TYÖNTUTKIMUS ANODISOINTILAITOKSELLE**

### **7.1 Työnmittauksen suorittaminen anodisointilaitoksella**

Työntutkimuksen mittaus suoritettiin ajankäyttötutkimuksena havainnointitutkimuksen menetelmää käyttäen. Työnmittaus toteutettiin anodisointilaitoksella 4.2.2018-2.3.2018. Tutkimusta varten oli palkattu ulkopuoliset työntekijät, jotta ennakkokäsitykset työn sujumisesta eivät vaikuta havainnointiin. Lisäksi haluttiin saada uusia näkemyksiä ja kehitysehdotuksia toimintaan. Mittausta tehtiin kolmessa vuorossa, joten työnmittaajia oli kolme.

Mittaajat perehdytettiin tehtävään kaikki samaan aikaan 2.2.2018. Perehdytyksessä kerrottiin työn taustat, mitattavat työtehtävät sekä mittauspöytäkirjat (liite 1 ja 2), johon havainnot kirjattiin. Lisäksi käytiin anodisointilaitoksella katsomassa työpisteet, ripustuspaikat ja robottivarasto, joita tutkimuksessa seurattiin.

Neljän viikon mittausjakson aikana mittaajat ehtivät olla aamu-, iltana ja yövuorossa. Vuorot vaihtuivat eri tahdissa kuin anodisointilaitosten työntekijöiden vuorot, joten jokainen mittaaja pääsi seuraamaan myös jokaista vuororyhmää. Työnmittauksessa havainnoitavia kohteita oli robottivaraston ja ripustuspaikkojen käyttö, alumiiniprofiilien ripustaminen anodisointilinjalta ja anodisoinnin jälkeen purkaminen linjasta sekä pakkaus. Havainnot kirjattiin 5 minuutin välein. Lisäksi työnmittaajat kirjoittivat sanallisia huomioita havainnoinneistaan pöytäkirjaan, sekä mahdollisia kehitysehdotuksia.

### **7.2 Tulosten kirjaaminen laskentataulukkoon**

Tulokset kirjattiin paperiversioista aikajärjestyksessä Excel-taulukkoon. Tulosten kirjaaminen taulukkoon aloitettiin vasta, kun työnmittaus oli kokonaan ohitse. Taulukoita tehtiin kolme. Ensimmäiseen taulukkoon kirjattiin jokaisen vuoron ripustettujen kehien määrä ja valmistuneiden profiilien pinta-ala sekä vuorossa olleiden henkilöiden lukumäärä, sekä näihin asioihin liittyvät kommentit havainnointikaavakkeista. Ripustettujen kehien määrä ja valmistuneiden profiilien pinta-ala saatiin toiminnanohjausjärjestelmästä.

Toiseen taulukkoon kirjattiin ripustajien, eli 4- ja 5-paikalla työskentelevien tehtävät sekä varastokärryjen ja ripustuspaikkojen 4 ja 5 tilanne. Kuvassa 5 näkyy taulukosta yhden tunnin kirjaukset.

Alkuperäiset kirjaukset											
	Aktiivista ripustamista (paikka nro.)	Ripustus paikka 4 (kehä n)	Ripustus paikka 5 (kehä n)	Tavaraa kärryillä		Häikkivaihto ripustimien haku yms.	Odotus tms.	Nostin 1 -2 Tehtävät	Tauko	Linjalla operointi	Erikkila häiriö
23:00	4	44	24	1							
5	4	44	24	1							
10	4	44	24	1							
15	4	44	24	1							
20	4	44	24	2				1			
25	5		24	1							
30	5		24	2							
35	5		24	3							
40				3				2			
45	5	70		2							
50	5	70		2							
55	5	70		2							

KUVA 5. Esimerkkikuva taulukon alkuperäisistä kirjauksista

Kolmanteen taulukkoon kirjattiin 3-paikan työntekijöiden eli keskiparin ja pakkaajien työtehtävät sekä ripustuspaikkojen 1, 2 ja 3 tilanne. Havainnointikaavakkeiden kehitys-ideat ja muut palautteet listattiin eri tiedostoon. Kyseinen tiedosto jää vain opinnäytetyön tilaajan käyttöön, koska se sisältää luottamuksellista tietoa. Kirjaukset taulukoihin on tehty siten, kun kirjaaja on ne paperiversioon kirjannut. Analysointia helpottamaan tehtiin kuitenkin seuraavat muutokset:

- Ensimmäisen kirjausvuoron aikana yksi mittaaajista oli kirjannut paikan sijaan henkilömäärän aktiivisen ripustuksen ja pakkauksen sarakkeeseen. Paikan pystyi kuitenkin päättelemään kehän paikasta, joten paikat vaihdettiin taulukkoon kehäpaikan mukaan.
- Kirjaaja, joka oli käyttänyt x-merkintää, muutettiin henkilömääräksi. Henkilömäärän pystyi analysoija päättelemään, koska pisteillä työskenteli aina 2 henkilöä ja mikäli työntekijät eivät tehneet samaa työtä oli kirjaaja silloin merkinnyt työtehtävän 1:llä johonkin muuhun kohtaan.
- Havainnoissa oli myös joitakin työtehtäviä selitetty sanallisesti tutkimuksen kannalta tarpeettoman yksityiskohtaisesti. Mikäli ne olivat selkeästi aputyötä, kirjattiin ne henkilömäärällä kyseiseen sarakkeeseen. Kommentit kuitenkin kirjoitettiin vielä taulukon sivuun.

- Mittaajan tauko merkittiin taulukon sivuun T-kirjaimella. Kirjaamisvaiheessa mitään ajanhetkiä ei jätetty pois taulukosta, ei edes tyhjiä kohtia.
- Seurantalomakkeeseen viivalla merkityt tiedot jätettiin taulukossa tyhjäksi, jotta Excelin ominaisuuksia voitiin hyödyntää laskennassa.
- Osassa mittauspöytäkirjoista oli pakkaajien tehtävät kirjattu sekä keskiparin että pakkaajien sarakkeisiin, kun pakkaajat siirtyivät pakkaamaan 3. paikalle vuoroissa, joissa ei ollut keskiparia lainkaan. Tehtävät kirjattiin Excel-tilukseen vain kertaalleen.
- Seurannan alussa mitaajat olivat kirjanneet myös seurannan ulkopuolella olevien henkilöiden toimia. Näitä ei kirjattu Excel-tilukseen.
- Yksi kirjaajista oli merkinnyt Nostin-tehtävien sarakkeeseen nostimien numeroita, joten nämä muutettiin henkilömääräksi, jos sen pystyi muista merkinnöistä päättelemään. Jos ei pystynyt, taulukon sivuun laitettiin merkintä, jotta tiedon voi analysivaiheessa hylätä virheellisenä.

Kun tulokset oli kirjattu, tehtiin tarkistus paperiversion ja koneelle kirjatun välillä. Jokaisesta taulukosta jätettiin yksi täysin muokkaamaton versio mahdollisen jatkokäytön varalle ja analyysia varten kopioitiin taulukoista muokattavat versiot.

### 7.3 Tulosten analysointi

Ensin analysoitiin ripustajien taulukko. Taulukosta poistettiin tyhjät rivit, jotka ovat tulleet mitaajien tauoista. Lisäksi poistettiin yksittäisiä virheellisiä kirjauksia. Tällaisia oli, jos samalla havainnointiajalla oli kirjattu useamman kuin tutkittavan parin töitä. Taulukosta laskettiin kunkin tehtävän prosentuaalinen esiintyvyys havainnoiduista ajanhetkistä. Lopuksi tuloksista muodostettiin ympyrädiagrammit kuvaamaan työaikalajien jakaumaa sekä pylväsdigrammit vertailua havainnollistamaan. Tämän lisäksi taulukosta eroteltiin 6 erilaista ryhmää. Jokaisen kolmen vuororyhmän tulokset analysoitiin erikseen, sekä yö-, aamu- ja päivävuorot analysoitiin erikseen, jotta saatiin selville, onko eri työntekijöiden ryhmillä toiminnassaan eroa tai vaikuttaako työvuoro toimintatapoihin.

Ripustajien taulukosta analysoitiin vielä erikseen robottivaraston ja ripustuspaikkojen käyttö. Näin laskettiin niiden havaintohetkien, jolloin robottivaraston kärryllä oli häkki valmiina odottamassa ripustamista, suhteellinen esiintyvyys kaikista havaintohetkistä.

Samoin ripustuspaikkojen kohdalla niiden hetkien suhteellinen esiintyvyys, jolloin ripustuspaikalla oli tilattuna kehä.

Keskiparien ja pakkaajien tulokset analysoitiin samalla periaatteella. Käsittelyn helpottamiseksi keskiparien ja pakkaajien taulukko jaettiin kahdeksi omaksi taulukokseen. Taulukoista poistettiin tyhjät ja virheelliset havaintohetket, kuten ripustajien taulukosta. Kuvassa 6. näkyy esimerkkinä pieni osa taulukosta ja tulosten laskennasta. Jokaisen aikalajin havaintojenmäärän suhteellinen osuus kaikista havainnoista on laskettu Excel-tilukko-laskentaohjelmalla. Keskiparien ja pakkaajien havainnointi tuloksista laadittiin samanlaiset kuvaajat kuin ripustajien tuloksista.

	Aktiivista Pakkausta (paikka nro.)	Tarvikkeiden haku muovikone	Koneella tilaus yms.	Odotus tms.	Tauko	
50					2	
55					2	
18:00					2	
5	1					
10	1					
15		2				
20				2		
25				2		
30				2		
Havainnoituja tehtäviä	2071	0	1460	535	1016	903
Havainnointi hetkiä	5304	#	5304	5304	5304	5304
Havainnoituja tehtäviä %	39 %	#	28 %	10 %	19 %	17 %

KUVA 6. Esimerkkikuva pakkaajien tulosten taulukosta

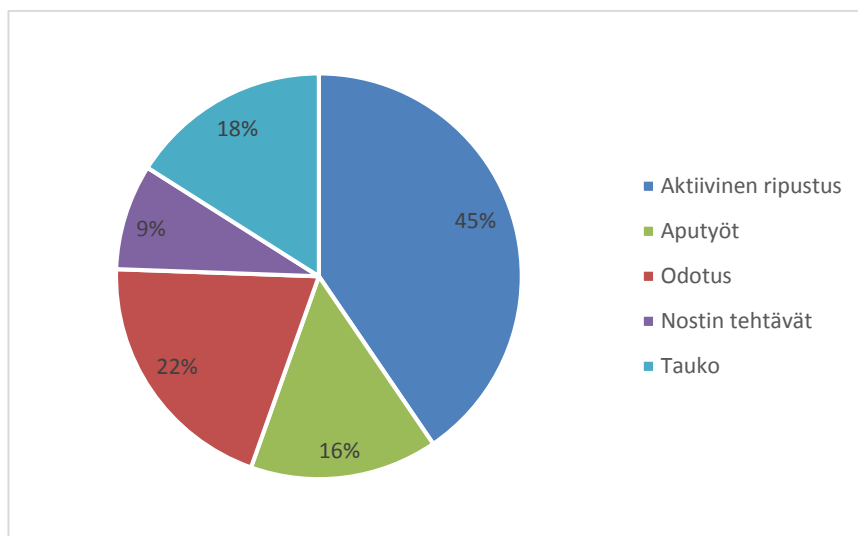
Taulukko, johon kirjattiin tuotannonohjausjärjestelmästä saadut ripustettujen kehien määrä ja valmistuneiden profiilien neliömäärä, sisältää anodisointilaitoksen tuotantotuloksia. Taulukosta laadittiin pylväsdiagrammit vuororyhmittäin, mutta tiedon luotettavuuden vuoksi niitä ei julkaista tässä raportissa.



## 8 TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET

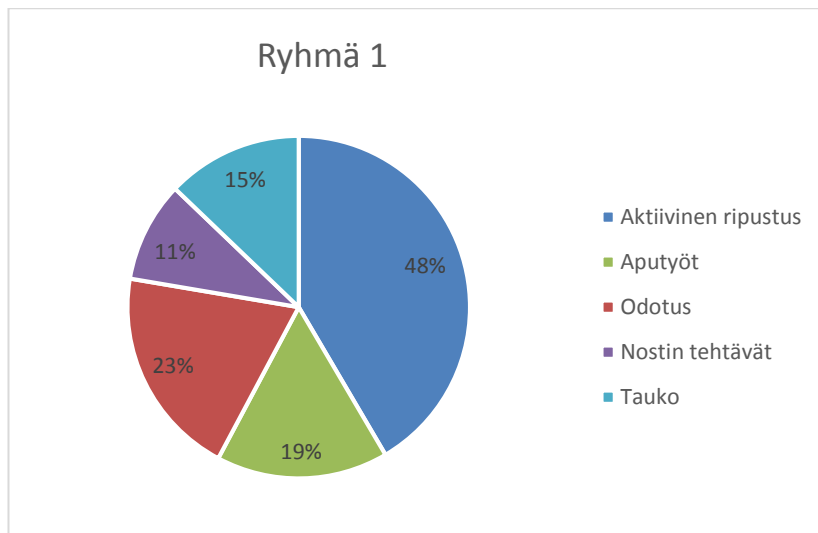
### 8.1 Ripustusparien tulokset

Ripustajien työnmittauksesta kertyi 5352 havaintoa. Ripustajien työajasta 45 % on aktiivista ripustustyötä (kuvio 5). Aputyötä tehdään 16 % työajasta ja nostintehtäviä on 9 % työajasta. Odotusta ja taukoajaa on yhteensä 40 %. Odotusaika koostui pääosin kehän siirtymisen odottamisesta joko tyhjän kehän odottamisesta ripustuspaikalle tai valmiin kehän siirtymisestä linjalle. Lisäksi odotusta tuli työparin odottamisesta ja robottivaraston häkin siirron odottamisesta.

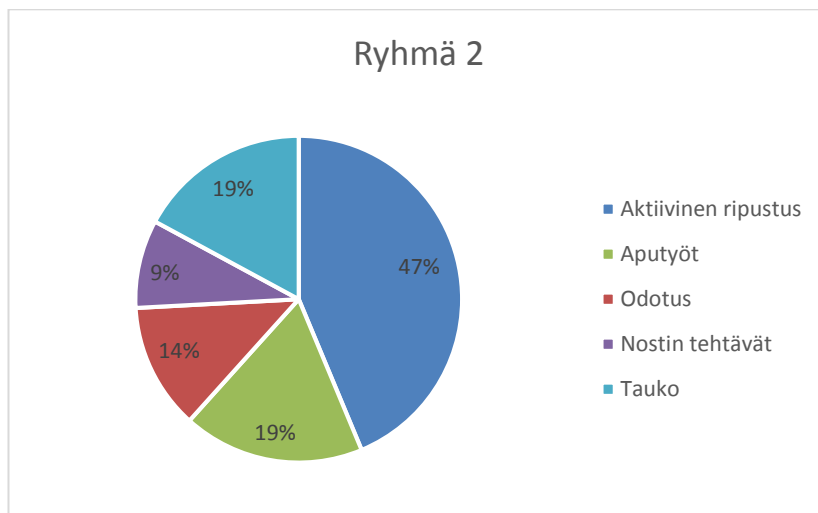


KUVIO 5. Ripustajien ajankäytön jakautuminen

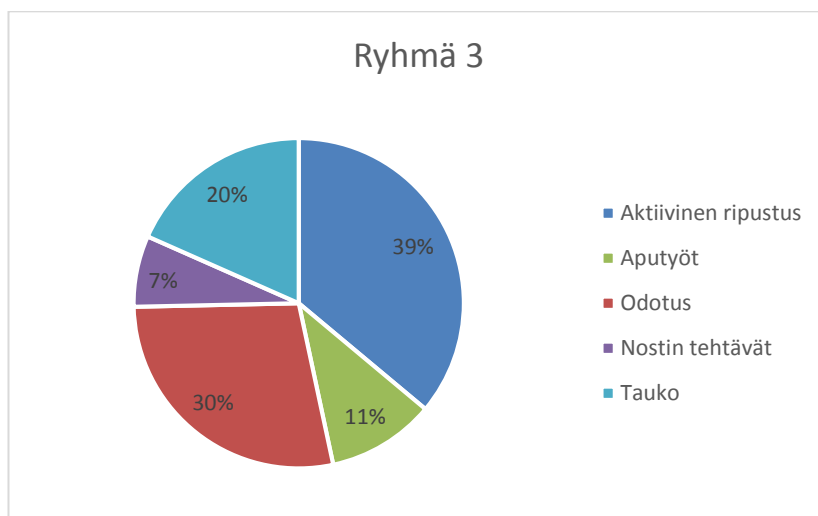
Kuvioissa 6, 7 ja 8 on esitetty kolmen eri vuororyhmän ripustajien ajankäytön jakautuminen havaintojen mukaan. Ryhmällä 1 aktiivisen työn osuus on 48 %, apputyötä 19 % ja odotusta 23 %. Ryhmällä 2 aktiivisen työn osuus on 47 %, apputyötä 19 % ja odotusta 14 %. Ryhmän 3 aktiivisen työn osuus on 39%, apputyötä 11 % ja odotusta 30 %.



KUVIO 6. Ryhmän 1 ripustajien ajankäytön jakautuminen

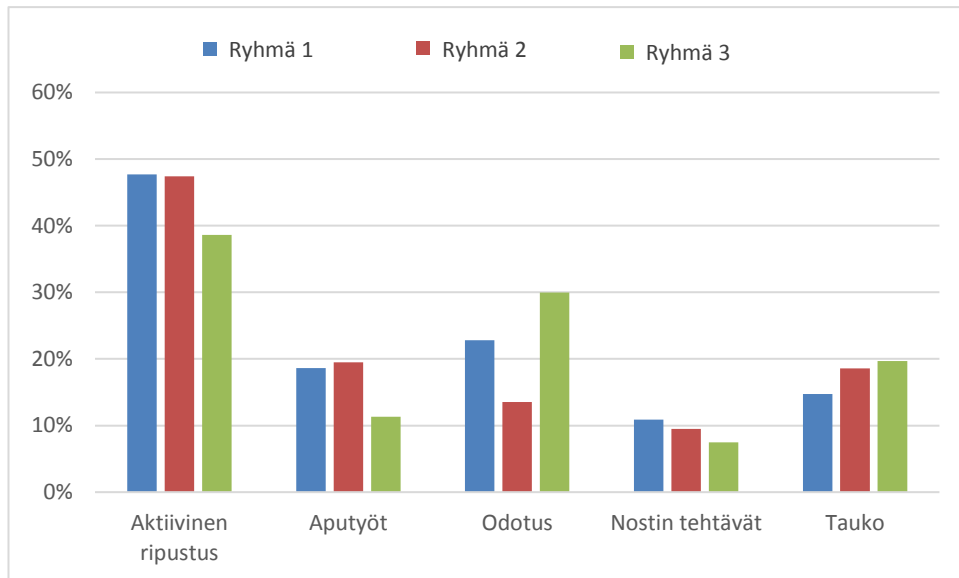


KUVIO 7. Ryhmän 2 ripustajien ajankäytön jakautuminen



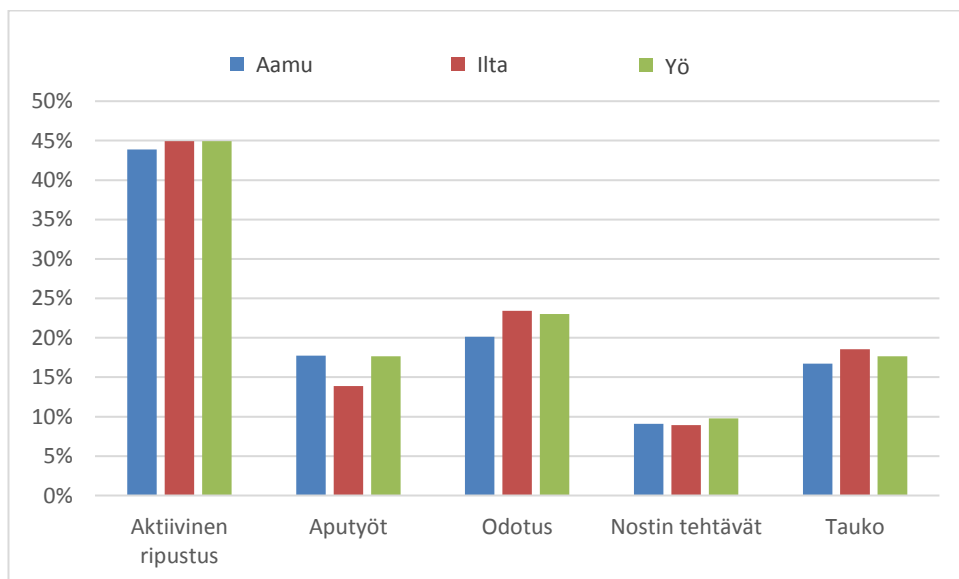
KUVIO 8. Ryhmän 3 ripustajien ajankäytön jakautuminen

Ryhmien eri työlajien jakautumaa voi vertailla pylväsdiagrammin avulla (kuvio 9). Aktiivisen työn osuus ryhmällä 3 on selvästi pienempi kuin ryhmällä 1 ja 2. Ryhmällä 3 on yli puolet enemmän odotushavaintoja kuin ryhmällä 2. Odotusaika on pienin ryhmällä 2.



KUVIO 9. Ripustajien työlajien vertailu ryhmittäin

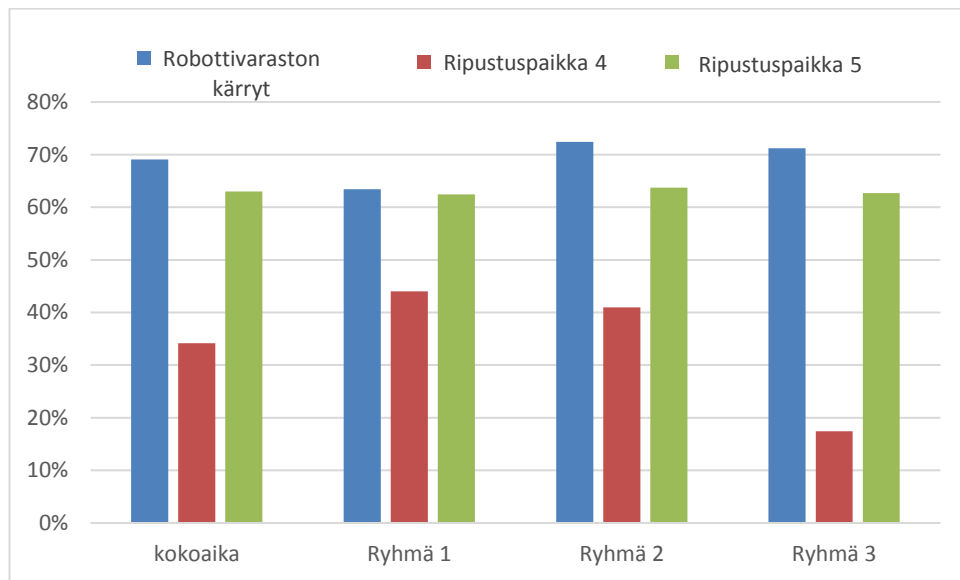
Kuvioissa 10 on esitetty työlajijakauma eri työvuoroissa neljän viikon aikana. Neljän viikon seurannan aikana jokainen vuororyhmä ehti työskennellä sekä aamu-, ilta- että yövuorossa. Aktiivisen työn osuus oli joka vuorossa 44-45 % välillä. Erot eri vuoroissa oli vähäisiä. Suurin ero on aputyöissä, joita havainnoitiin 4% vähemmän iltavuorossa, kuin aamu- ja yövuorossa.



KUVIO 10. Aamu-, ilta- ja yövuoron vertailu

## 8.2 Robottivaraston ja ripustuspaikkojen tilanteen tulokset

Robottivaraston ja ripustuspaikkojen seurannan tulokset on esitetty pylväsdiagrammissa kuviossa 11. Pylväät kuvaavat kuinka monta prosenttia havainnointihetkistä robottivaraston kääryillä on tavaraa (sininen pylväs), ripustuspaikalla 4 on kehä (punainen pylväs) ja ripustuspaikalla 5 on kehä (vihreä pylväs). Kahden ripustus- ja pakkauspaikan hyödyntämistä tulisi kehittää odotusajan vähentämiseksi. 4 ja 5 paikan käytön havaintoja lisää virheellisesti kyseisille paikoille odottamaan jätetyt kehät, joita ei kuitenkaan hyödynnetä työntekijöiden odottamisen vähentämiseen ja aktiivisen ripustuksen lisäämiseen.

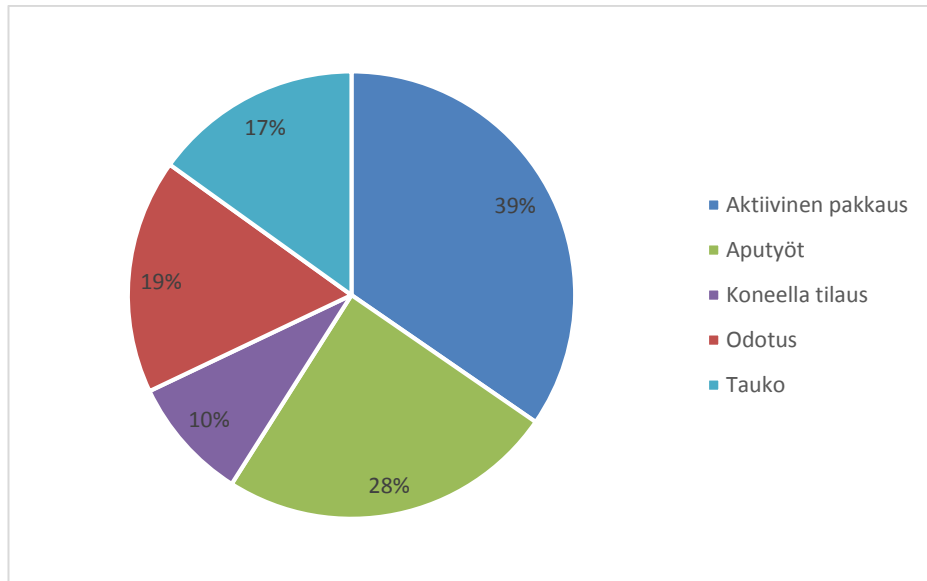


KUVIO 11. Robottivaraston ja ripustuspaikkojen käyttö

## 8.3 Pakkaajien tulokset ja pakkauspaikan tilanteet

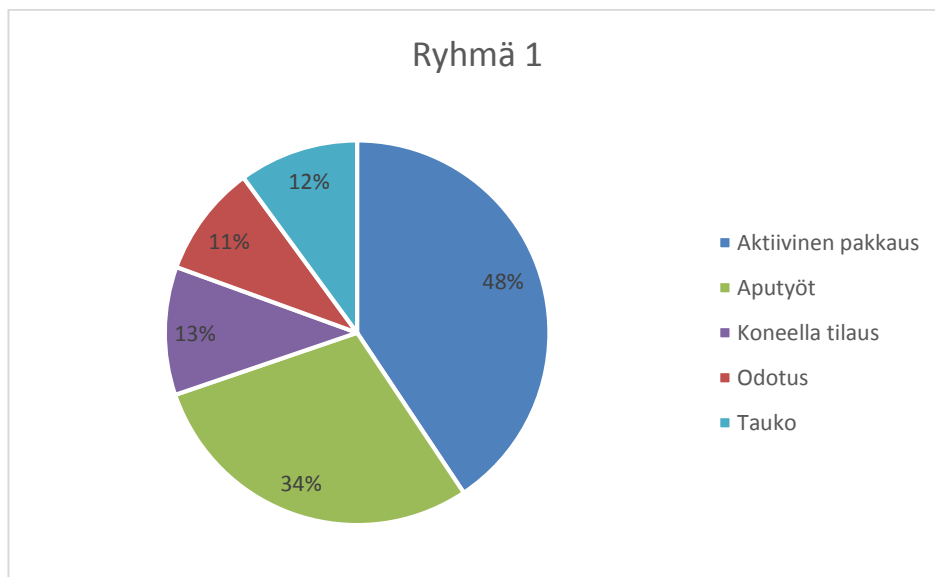
Pakkaajien työlajien jakauma on esitetty sivulla 37 kuviossa 12, havaintohetkiä pakkaajien työstä kertyi 5304. Aktiivinen pakkaus sisältää profiilien purkamisen kehältä anodisoinnin jälkeen. Aktiivista pakkausta on 39 % havaintohetkistä. Aputöitä pakkaajilla on ripustuspaikan ulkopuolella muun muassa pakettien muovitus muovikoneella, pakkaus- tarvikkeiden haku ja valmiiden pakettien siirtäminen valmisvarastoon. Aputöitä pakkaajille kertyi 28 % havainnoista. Koneella tilauksella tarkoitetaan tietokoneella käytettävää aikaa. Koneella tilataan purettavat kehät, tulostetaan saatelaput paketteihin ja häkkeihin

sekä katsotaan tarvittaessa pakkausohjeet. Näitä tehtäviä on 10 % havaintohetkistä. Odotusta kertyi 19 % ja taukoaikaa 17 %.



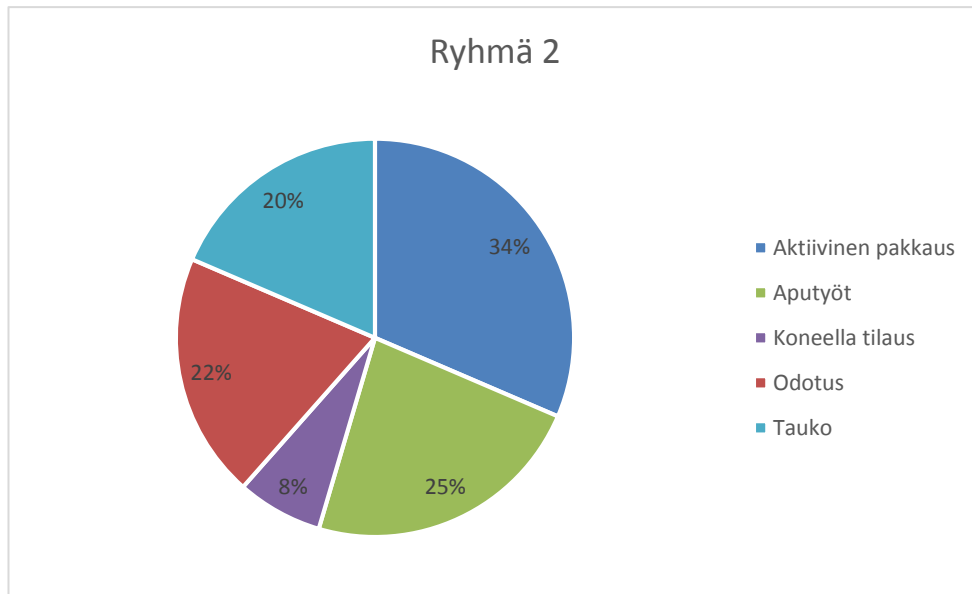
KUVIO 12. Pakkaajien työlaajien jakautuminen

Kuviossa 13 on havainnollistettu vuororyhmän 1 työaikalajien jakautuminen. Aktiivisen pakkauksen osuus on 48 %, aputöiden osuus 34 %, koneella tilauksen osuus 13 %, odotuksen osuus 11 % ja taukoaikaa 12 %.



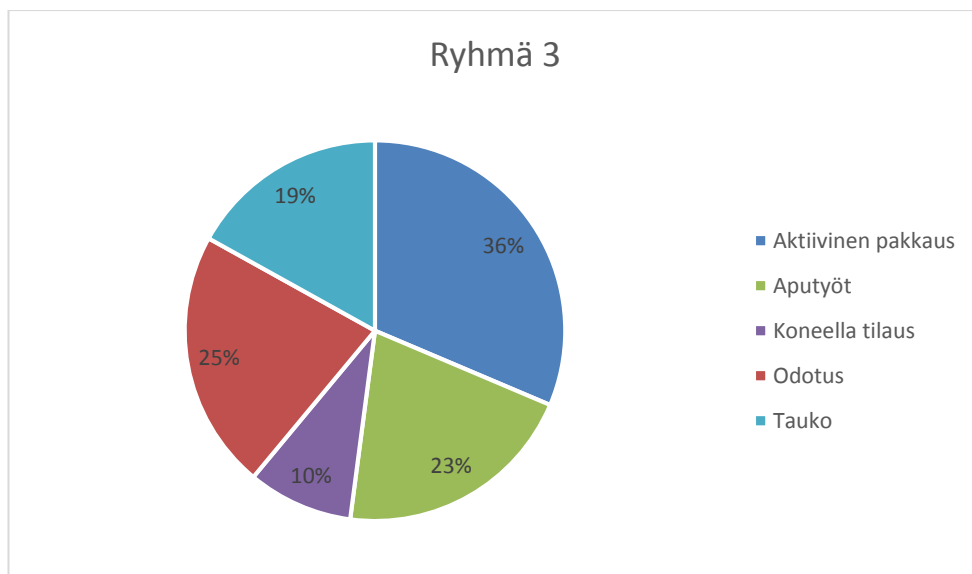
KUVIO 13. Ryhmän 1 työaikalajien jakautuminen

Ryhmän 2 työaikalajihavainnoista 34 % on aktiivista pakkausta, 25 % aputyötä, 8 % koneella tilausta, 20 % odotusta ja 22 % taukoa. Ympyrädiagrammi ryhmän 2 työaikalajien jakautumisesta on kuviossa 14.



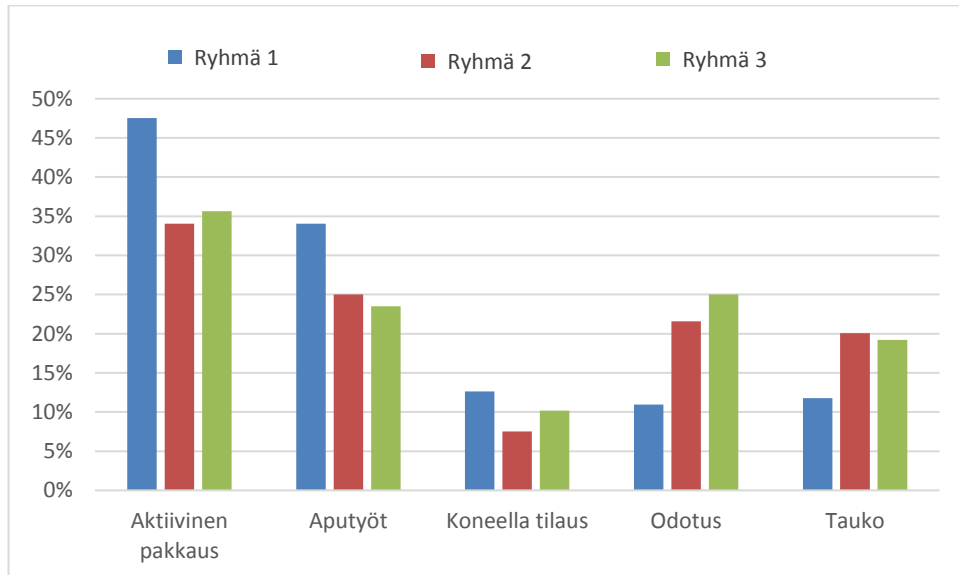
KUVIO 14. Ryhmän 2 työaikalajien jakautuminen

Kuviossa 15 on ryhmän 3 työaikalajien jakautuminen. Aktiivista pakkausta esiintyi 36 % havainnoista. Aputyötä on 23 % ja koneella tilausta 10 % havaintohetkistä. Odotusta ryhmällä 3 on 25 % ja taukoa 19 %.



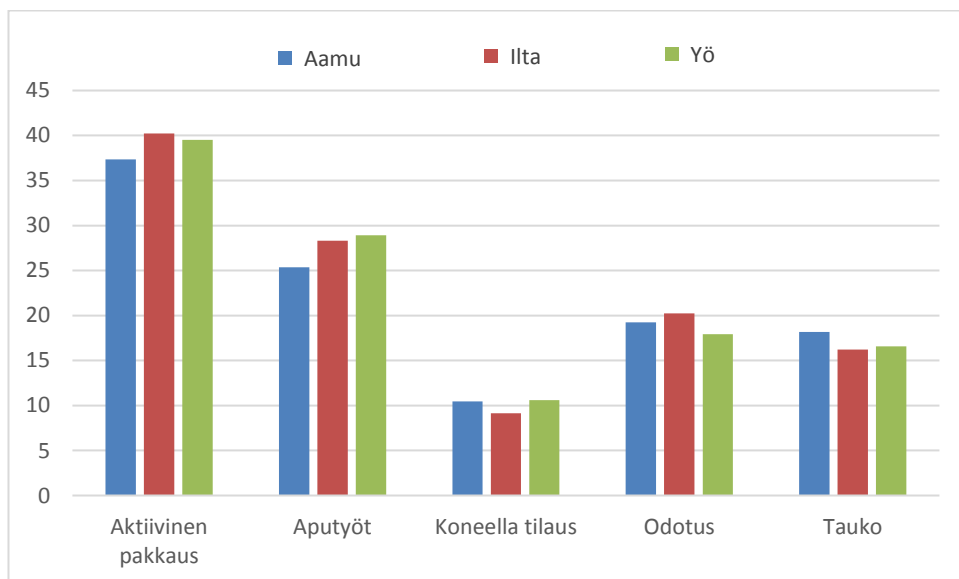
KUVIO 15. Ryhmän 3 työaikalajien jakautuminen

Ryhmiä vertailu on kuviossa 16. Aktiivisen työn osuudessa on 14 % ero ryhmän 1 ja 2 välillä. Myös aputyötä ryhmä 1 tekee 10 % enemmän kuin toiset ryhmät. Ryhmällä 3 on havainnointitihetystä 14 % enemmän odotusta kuin ryhmällä 1. Myös taukojen osuudessa on merkittävä 7 % ero ryhmien 1 ja 3 välillä.



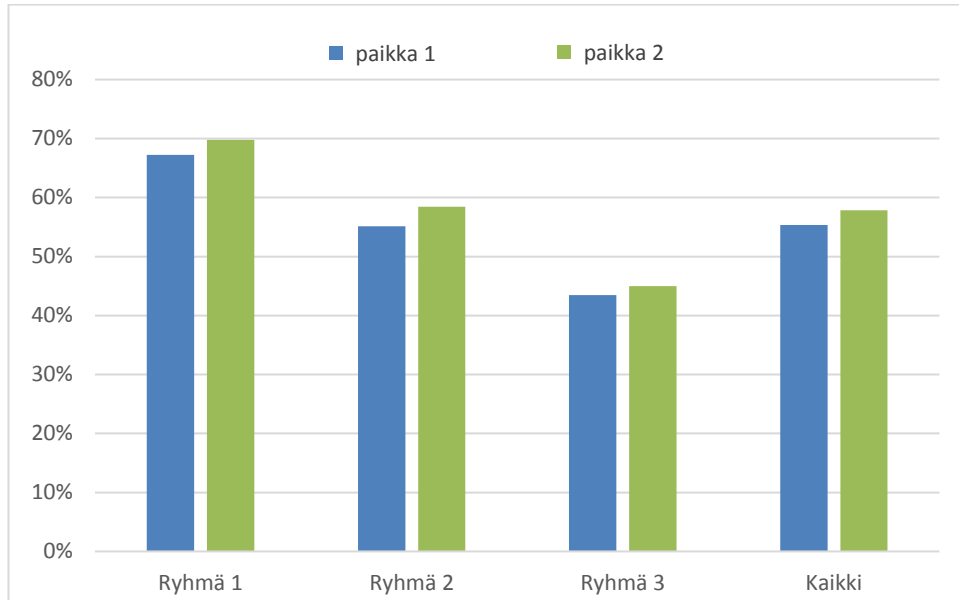
KUVIO 16. Ryhmien pakkausparien vertailu

Työvuorojen vertailu pakkaajien työssä on kuviossa 17. Aktiivista työtä oli vähiten aamuvuorossa ja odotusta eniten iltavuorossa, mutta erot olivat erittäin pieniä. Pakkausparien työaikalajit jakautuvat hyvin samalla tavalla riippumatta siitä, missä vuorossa he työskentelevät.



KUVIO 17. Aamu-, ilta- ja yövuoron vertailu

Pakkauspaikkaa 1 ja 2 käytetään tasaisesti ja enimmäkseen vuorotellen. Vuorottelua ei kuitenkaan jokaisessa vuororyhmässä hyödynnetty odottamisen vähentämiseen, koska esimerkiksi ryhmällä 3 pakkauspaikat olivat tyhjiä yli puolessa havaintohetkistä. Pakkauspaikan käytön tulokset näkyvät kuviossa 18.

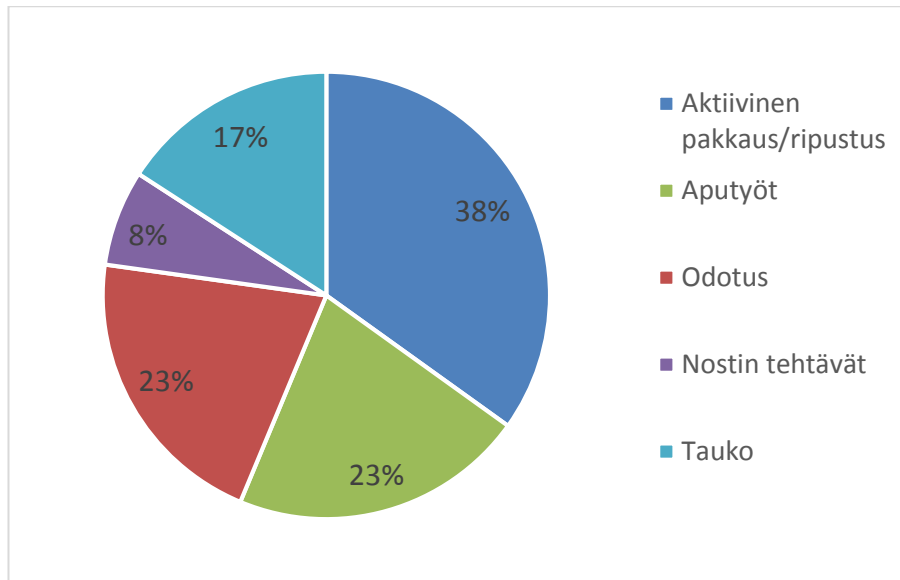


KUVIO 18. Pakkauspaikan 1 ja 2 tilanne

#### 8.4 Keskiparin tulokset

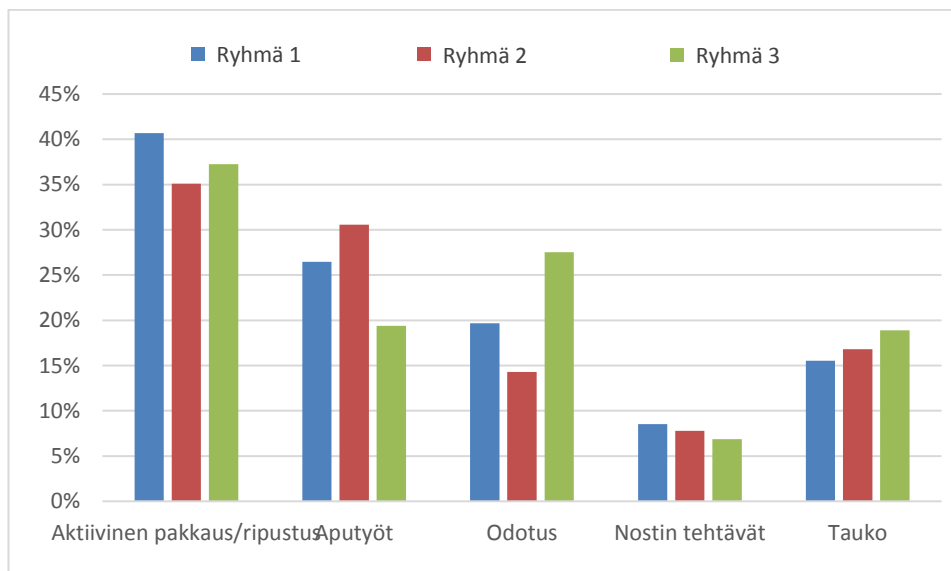
Keskipari tekee sekä ripustus- että pakkaustyötä tarpeen mukaan. Keskiparin havaintoja oli yhteensä 3223. Havaintojen mukaan heidän työlajinsa jakautuvat seuraavasti: aktiivista pakkausta on 38%, aputyötä 23 %, Odotusta 23 %, nostintehtäviä/koneella tilausta 8 % ja taukoa 17 %. Nämä on esitetty sivulla 41 kuviossa 19.





KUVIO 19. Keskiparien työlajien jakautuminen

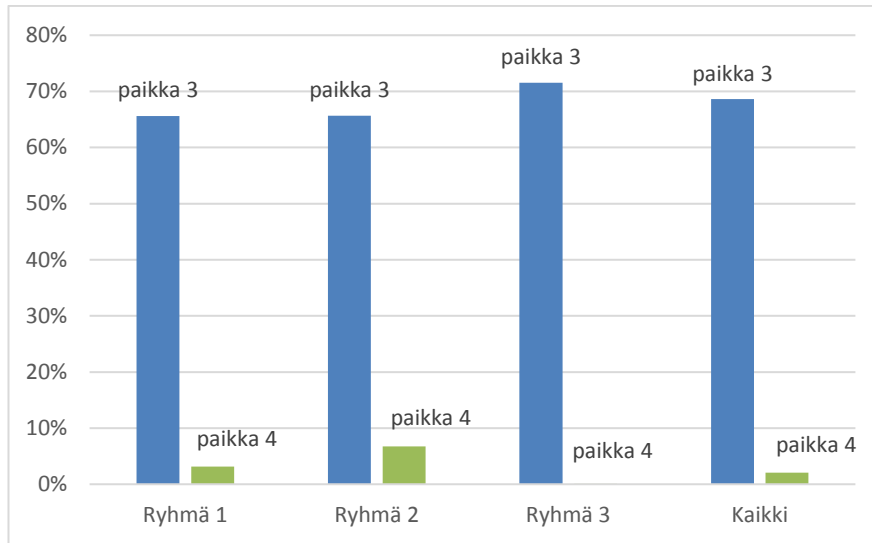
Vuororyhmien keskiparien vertailu on esitetty kuviossa 20. Siitä nähdään, että pienin aktiivisen työn osuus 35 % on ryhmällä 2 ja suurin osuus 41 % ryhmällä 1. Odotushavaintoja ryhmällä 3 on 14 % enemmän kuin ryhmällä 2. Aputyön määrässä on myös useamman prosentoin eroja. Nostintehtävien havaintomäärässä ei ole isoja eroja. Eniten taukoa oli ryhmällä 3 ja vähiten ryhmällä 1. Ryhmällä 1 havaintoja on 1210, ryhmällä 2 1614 ja ryhmällä 3 vain 399. Erot johtuvat siitä, ettei joka vuorossa ole ollut keskiparia lainkaan.



KUVIO 20. Vuororyhmien keskiparin vertailu.

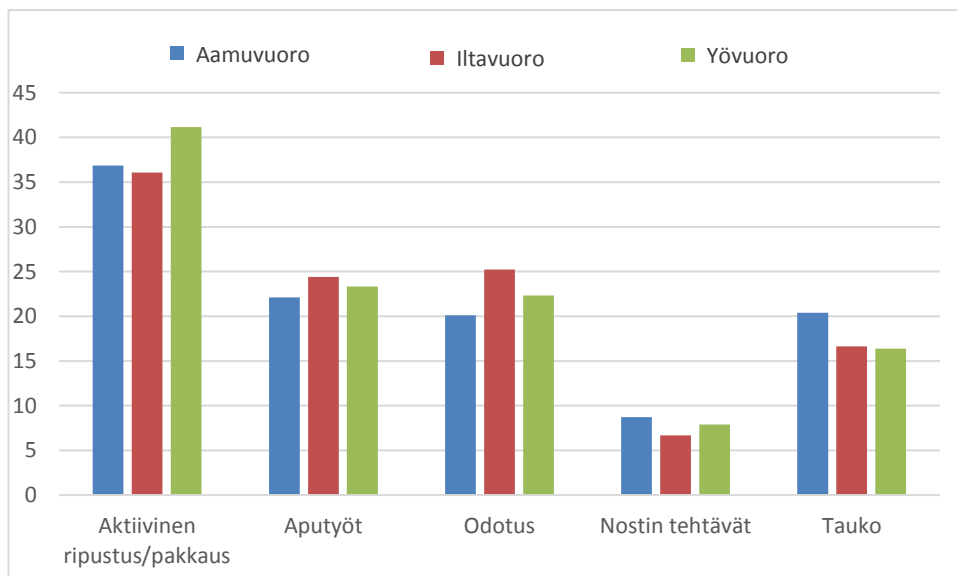
Keskiparilla on käytännössä käytössä vain yksi ripustuspaikka, joten heillä ei ole mahdollisuutta hyödyntää kahta paikkaa odotusajan minimoimiseksi. Kuviossa 21 on esitetty

keskiparin ripustuspaikkojen käytön aktiivisuus. Muutamia kertoja keskiparilla on ollut mahdollista käyttää ripustusparin 4-paikkaa.



KUVIO 21. Keskiparin ripustuspaikan käyttö

Keskiparien aamu-, ilt- ja yövuorojen tuloksia on vertailtu kuviossa 22. Havaintoja aamuvuorossa oli 746, iltavuorossa 1245 ja yövuorossa 1227. Aamuvuorossa aktiivista työtä oli 37 %, iltavuorossa 36 % ja yövuorossa 41 %. Odotusta eniten oli iltavuorossa ja tauko-koikkaa kertyi eniten aamuvuorossa. Erot kuitenkin olivat melko pieniä.



KUVIO 22. Keskiparien työvuorojen tulokset

## 8.5 Työergonomiaan ja työturvallisuuteen liittyvät havainnot

Profiileja ripustettaessa kerroksittain ripustimeen, jokaisen kerroksen väliin laitetaan alumiinilatta. Kun tyhjä kehä tilataan ripustuspaikalle, siinä on lattoja jo valmiina. Nämä puretaan pois ripustimesta ja laitetaan turva-aidan nojalle lattialle. Profiileja ripustettaessa, jokainen laatta nostetaan yksitellen lattialta ja työntekijä joutuu kumartumaan. Vain muutama työntekijä oli ottanut itselleen kärryn viereensä laattoja varten, eikä kumarrusliikettä tarvittu. Tämä sama liike toistuu myös pakkaajilla heidän purkaessaan kehää. Jokainen laatta kumarrutaan laitamaan yksitellen lattialle. Kumarrusliike aiheuttaa turhaa rasitusta työntekijälle ja on lisäksi tyypillistä työvaihehukkaa. Kärryjä apuna käyttäneillä työ näytti kevyemmältä ja sujuvammalta kuin niillä, jotka kumartuivat laittamaan latat lattialle. Lattialle laitetut latat tukkivat myös kulkutilaa aiheuttaen kompastumisvaaraa.

Profiilit ovat useamman metrin pituisia ja työpari nostaa profiilit niiden päistä ripustimelle. Samalla kun heillä on painoa nostettavana, he joutuvat tekemään ylävartalolla kiertävän liikkeen ripustimen suuntaan. Mikäli he työskentelevät koko päivän samassa paikassa, kiertoliike suuntautuu toistuvasti samaan suuntaan koko työpäivän ajan. Tämän pystyy välttämään, jos vaihtaa työparin kanssa paikkaa. Tällöin kiertoliike on toiseen suuntaan. Työntekijöitä on neuvottu vaihtamaan parin kanssa paikkaa parin tunnin välein. Tätä ei kuitenkaan havaintojen mukaan tehty. Muutamat parit vaihtoivat paikkoja vuoron puolella välissä.

Profiilit kiristetään ripustimiin kiilojen avulla. Kiilat ovat isoissa muovilaatikoissa, jotka täynnä ollessaan ovat raskaita. Ripustuspaikalla oli yksi laatikko pöydällä, mutta niitä oli myös lattialla. Kun ripustuspaikalta kiilat loppuivat, haettiin täysinäinen pakkauspaikalta ja vietiin tyhjä laatikko tilalle. Taakan nostaminen lattialta ja kuljettaminen useita metrejä on turha rasite työntekijälle ja näin ollen hukkaa.

Ripustuspaikoilla on hissit, joten ripustin saadaan sopivalle työskentelykorkeudelle. Työntekijöillä ei siis ole tarvetta kiivetä turva-aidalle kiinnittämään kiiloja. Näin kuitenkin havaintojen mukaan tapahtui. Toinen riskialtis työtapa oli muovikoneen kärryn (kuva 7) siirtäminen pakkauspaikalta muovikoneelle.



KUVA 7. Muovikoneen kärry

Kärryn saaminen liikkeelle vaatii voimaa, kun siinä on täysinäinen profiilipaketti. Työpari siirtää sitä yhdessä. Tapaturmariski on suuri, jos toinen työntää kärryä ja toinen vetää sitä itseään kohti. Yksi riskihavainto tutkimuksen aikana oli tehty epäsiististä työympäristöstä. Yhden vuoron aikana kulkuväylillä oli kaatuneena lattiaharja, muovirulla ja alumiiniprofiilien väleissä käytettäviä pahveja. Näistä aiheutui kompastumisvaara.

## 8.6 Hukkaan liittyvät havainnot

Hukkaan liittyviä havaintoja oli tehty muutamia. Esimerkiksi rullamitan ja sivuleikkureiden etsiminen on työvaihehukkaa. Turhaa siirtelyä havaittiin muutaman työvuoron lopussa, jolloin robottivaraston kärryille jo siirretyt häkit siirrettiin takaisin varastoon. Ylimääräisiä askeleita otettiin myös säännöllisesti. Esimerkiksi kehää purettaessa siitä irrotetut naru ja salamalaatat, vietiin joka kerta erikseen ripustuspaikalle takaisin. Ripustajien turhia askeleita havaittiin, kun he hakivat uusia laattoja pienissä erissä työpisteen ulkopuolelta.

Odotusta kertyi mittauksen mukaan melko paljon. Odotuksen syistä oli tehty myös joitakin havaintoja. Etenkin uudet ja kokemattomat työntekijät odottivat usein kokeneempaa työntekijää, koska eivät osanneet itsenäisesti työskennellä. Kokematon työntekijä saatiin opetettua nopeasti profiilien nostamiseen ripustimelle ja ripustimelta pois, mutta muut tehtävät kuten koneen käyttö jäi kokeneemmalle työntekijälle. Yksi havainto oli tehty kokeneemman työntekijän ohjaavasta otteesta. Hän ohjasi kokemattoman parin hakemaan välineitä seuraavaa vaihetta varten, kun joutui itse selvittämään häiriötä. Näin ollen välttyttiin odotukselta. Havaittavissa oli kuitenkin myös vähäisempää ohjausta seurannan aikana. Yksi mainittava odotusta synnyttävä tekijä olivat vuoronvaihdot. Työt saatettiin lopettaa aikaisin ja aloittaa hieman myöhässä.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia anodisointilaitoksen tuotannon kulkua ja työtapoja työntutkimuksen avulla, sekä löytää keinoja parantaa tuottavuutta. Työmittaustulosten mukaan eri vuororyhmien toiminnassa oli eroja. Odotuksen muodossa olevaa hukkaa oli kaikissa ja vuoroissa, mutta ryhmässä numero 3 sitä oli huomattavasti enemmän. Tehokkuutta saadaan lisää, kun tuottavan työn osuutta lisätään. Tuottavaan työhön saadaan työvuorossa enemmän aikaa, mikäli odotusaikaa onnistutaan vähentämään. Seuraavat lainaukset tutkijoiden kommentteista kuvaavat hyvin, miltä työskentely näyttää, kun se on tehokasta ja odotusaika on mahdollisimman vähäistä:

- Sujuvaa tauotonta työtä 4- ja 5- paikkaa vuorotellen käyttäen.
- 1 ja 2 paikalla pakkaajat ovat ripeitä ja kumpikin tietää mitä tekee. Eivät joudu odottamaan toisiaan tai mitään muutakaan. Löytävät aina tekemistä, joka vie pakkausta eteenpäin.

Odotusaikaa pystyy vähentämään työn rytmityksellä ja suunnitelmallisuudella. Ennakoinnin tehostaminen, esimerkiksi tilaamalla kehä valmiiksi odottamaan toiselle ripustuspaikalle, vähentää odotusta. Tutkimuksessa ripustuspaikkojen käytön tulos on yhtenäinen työlajihavaintojen kanssa. Esimerkiksi ryhmä 3, jolla on odotusta eniten, hyödyntävät molempia ripustuspaikkoja vähiten. Odotusaikaa vähentää työn rytmitys parin kesken. Toinen pareista voi aloitella/lopetella kehää yksin, kun toinen tekee töitä tietokoneella. Tämän osalta huomiota tulee kiinnittää työntekijöiden opastukseen ja ohjeiden kertaamiseen. Uusien työntekijöiden perehdytys ja ohjaaminen työnlomassa on erittäin tärkeää, jotta yhteistyö ja työn rytmitys muotoutuu nopeammin. Myös työntekijöiden vaihtuvuuden minimoimiseksi kannatta miettiä toimenpiteitä. Tutkimuksessa ei havaittu, että aamu-, ilta- ja yövuorossa olisi merkittäviä eroja. Tämän perusteella kannattaa keskittyä vuororyhmien välisiin eroihin työtavoissa.

Työturvallisuuden ja työergonomian parantamiseksi on suositeltavaa käydä läpi hyvät nostotavat sekä työparin kanssa paikan vaihto samansuuntaisen kiertoliikkeen vähentämiseksi. Tutkimuksen aikana havainnoidut riskitilanteet pitää käsitellä työntekijöiden kanssa. Turhia liikkeitä kuten kävelyä ja kumartelua voi minimoida ohjauksen ja käynnissä oleva Lean-projektin avulla sekä suunnittelemalla työpisteiden järjestys ottaen nämä seikat huomioon.

Tutkimuksen luotettavuutta pyrittiin lisäämään havainnoimalla työtä riittävän pitkän aikaa. Neljän viikon aikana työtä ehdittiin seuraamaan yhteensä 480 tuntia. Ulkopuolisten mittaajien avulla saatiin suoritettua puolueeton mittaus, mihin ennakkokäsitykset eivät päässeet vaikuttamaan. Mittaajat eivät tunteneet jokaista työtehtävää, joten mittauspöytäkirja on laadittu siten, että työtehtävien luokittelu työaikalajeihin olisi mahdollisimman selkeä. Tämän vuoksi oli hyvä, ettei esim. häiriöaikaan laskettavaa odottamatonta aputyötä erotella normaalista aputyöstä. Tällaisen erotteleminen olisi ollut ulkopuolisille mittaajille hankalaa.

Tutkimuksen tuloksena yritys sai mitatut tulokset työajan jakautumisesta anodisointilaitoksella sekä hyödyllisiä havaintoja tuotannon sujumisesta. Mittaustuloksista tehtiin tiivistetty PowerPoint-esitys, jonka avulla tulokset voidaan käydä työntekijöiden kanssa läpi. Lisäksi yritys saa sekä alkuperäiset että muokatut Excel-tiedostot tuloksista.

## LÄHTEET

- Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. EK-SAK tuottavuustyöryhmä. Teknologiateollisuus ry. Tulostettu 30.3.2018. [https://teknologiainfo.net/sites/teknologiainfo.net/files/download/Tyontutkimuksen\\_kasitteita\\_ebook.pdf](https://teknologiainfo.net/sites/teknologiainfo.net/files/download/Tyontutkimuksen_kasitteita_ebook.pdf)
- Antila, A-M., Karppinen, M., Leskelä M., Mölsä H. & Pohjakallio, M. 2008. Tekniikan kemia. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. Painos. Tampere: Infacs Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Järventie, T. & Raevuori, P. 2009. Eskon puumerkki. Hämeenlinna. Kariston Kirjapaino Oy.
- Kanerva, R. 2008. Työ turvalliseksi, työpaikan hyvät työturvallisuuskäytännöt. Helsinki. Edita Prima Oy.
- Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki. Kopio-Niini.
- Launis, M. & Lehtelä J. 2009. Ergonomia opas koneiden ja työvälineiden hankintaa, käyttöön ja tarkastamiseen. Helsinki: Työterveyslaitos. Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Purso Oy. 2003. Anodisointi-esite. Tulostettu 14.7.2018. [http://www.purso.fi/files/6314/3081/3615/purso\\_anodisointi\\_2003\\_fin.pdf](http://www.purso.fi/files/6314/3081/3615/purso_anodisointi_2003_fin.pdf)
- Purso Oy. 2012. Uusi anodisointilaitos 2012-esite. Tulostettu 15.7.2018. [http://www.purso.fi/files/8014/3081/3610/purso\\_uusi\\_anodisointilaitos\\_2012\\_fin.pdf](http://www.purso.fi/files/8014/3081/3610/purso_uusi_anodisointilaitos_2012_fin.pdf)
- Purso Oy. Yrityksen internetsivut. Luettu 31.3.2018. <http://www.purso.fi>
- Purso Oy. 2018. Yritysesittely.
- Saarikoski, V. 2006. Kehittämisen kulmakivet. Työturvallisuuskeskus. Kirjapaino Topnova Oy.
- SFS-EN 614-1. Koneturvallisuus. Ergonomiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Terminologia ja yleiset periaatteet. 10.07.2009. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS Online. Tulostettu 1.7.2018. <https://online.sfs.fi.elib.tamk.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/6/124373.html.stx>
- Tuominen, Kari. 2010. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Jyväskylä. WS Bookwell Oy.



Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 23. 2014. Käsien tehtävät nostot ja siirrot työssä. Tampere. Aluehallintovirasto. Tulostettu 12.8.2018. [https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4sin\\_teht%C3%A4v%C3%A4t\\_nostot\\_ja\\_siirrot\\_ty%C3%B6ss%C3%A4\\_TSO\\_23\\_2014.pdf/88c24e48-bf5d-456f-bcf4-073d177bdd6a](https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4sin_teht%C3%A4v%C3%A4t_nostot_ja_siirrot_ty%C3%B6ss%C3%A4_TSO_23_2014.pdf/88c24e48-bf5d-456f-bcf4-073d177bdd6a)

Työturvallisuuslaki 28.8.2002/738

Vaittinen, P. 2013. Anodisointilaitoksen layout-suunnitelma. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

## LIITTEET

## Liite 1. Ripustajien ja robottivaraston seurantalomake

Anodisointilaitosseuranta      Seurantajako .....  
 Vuoron kokonaisvauvuus:      H16

Hävinnot 5 min välein, mikä on ripustajien/pakkaajien tehtävä kulloisellakin hetkellä, sekä nosturien ja työpisteiden tilanne

	Aktiivista ripustamista (pakka nro.)	Ripustus pakka 4 (kehä nro.)	Ripustus pakka 5 tavaraa (kehä nro.)	Häikkivaihto ripustimien haku yms.	Odotus tms.	Nostin 1-2 Tehtävät	Tauko	Linjalla operointi häiriö	m2/h linjaan	M2/h valmistusta
5										
10										
15										
20										
25										
30										
35										
40										
45										
50										
55										
5										
10										
15										
20										
25										
30										
35										
40										
45										
50										
55										

Huom:      Hyvä:      Kehitettävä:      Mietittävä:

Liite 2. Pakkaajien ja 3. parin seurantalomake

Anodisointilaitosseuranta \_\_\_\_\_ Seurantajakso \_\_\_\_\_

Vuoron kokonaisvauvuus : \_\_\_\_\_

Hiö

Havainnot 5 min välein, mikä on ripustajien/pakkaajien tehtävä kulloisellakin hetkellä, sekä nosturiin ja työpisteiden tilanne

	Aktivista ripustamista (paikka nro.)	Ripustus paikka (3,4) (kehä nro.)	Ripustus paikka (3,4) (kehä nro.)	Hakkivaihto ripustimien haku yms.	Odotus tms.	Nostin 1-2 Tehtävät	Tauko	Aktivista Pakkausta (paikka nro.)	Ripustus paikka (1) (kehä nro.)	Ripustus paikka (2) (kehä nro.)	Tarvikkeiden haku muovikone	Koneella tilaus yms.	Odotus tms.	Tauko
5														
10														
15														
20														
25														
30														
35														
40														
45														
50														
55														
5														
10														
15														
20														
25														
30														
35														
40														
45														
50														
55														

Havainnot ja johtopäätöksiä:  
Huom:

Hyvä:

Kehitettävää:

Mietittävä: