



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jarkko Karjanmaa

# TUTKIMUSTYÖ KOKOONPANON PUOLIAUTOMATISOINNISTA

Tekniikka ja liikenne  
2012

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun tuotantotekniikan koulutusohjelmassa keväällä 2012. Työ on toteutettu ABB Oy, Breakers and Switches Vaasan yksikössä.

Työn tavoitteena oli tehdä tutkimustyö kuormankytkinten kokoonpanon puoliautomaatisoinnista tilauskannan kasvusta johtuvaan resurssitarpeeseen. Resurssitarve korvattaisiin automatisoinnilla. Täten säästettäisiin vuotuisissa työvoimakustannuksissa, pystyttäisiin lyhentämään kuormankytkinten läpimenoaikaa ja vähentämään staattisia työasentoja vaativia työvaiheita.

Työn valvojina toimivat lehtori Mika Billing Vaasan ammattikorkeakoulusta sekä tuotantolinjapäällikkö Leena Jokinen ja tuotannon kehityspäällikkö Marko Jokela Vaasan Breakers and Switches yksiköstä.

Vaasassa 30.5.2012

Jarkko Karjanmaa

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEET

|   |                                                     |    |
|---|-----------------------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO .....                                      | 2  |
|   | 1.1 Työn taustat.....                               | 2  |
|   | 1.2 Työn rajaukset.....                             | 2  |
|   | 1.3 ABB .....                                       | 3  |
|   | 1.4 ABB Oy, Breakers and Switches .....             | 3  |
|   | 1.5 Tuotteet ja käyttökohteet.....                  | 4  |
| 2 | NYKYTILANNE KUORMANKYTKINTEN KOKOONPANOSSA.....     | 5  |
|   | 2.1 Kokoonpano.....                                 | 5  |
|   | 2.2 Nykytilanne tuotannossa.....                    | 6  |
|   | 2.3 Nykytilanne tiimissä .....                      | 7  |
|   | 2.4 Työvaiheiden sisältö .....                      | 9  |
|   | 2.5 Läpimenoaika.....                               | 11 |
| 3 | AUTOMAATTILINJA KUORMANKYTKINVALMISTUKSESSA.....    | 12 |
|   | 3.1 Lähtökohdat puoliautomaatioon .....             | 12 |
|   | 3.2 Automaatioitavat työvaiheet .....               | 13 |
|   | 3.3 Automaation haasteet ja ongelmat .....          | 17 |
|   | 3.4 Automaatio investointina .....                  | 18 |
|   | 3.5 Automaation hyödyt.....                         | 18 |
|   | 3.6 Staattisten työvaiheiden väheneminen .....      | 18 |
| 4 | AUTOMAATIO TUOTANNOSSA .....                        | 20 |
|   | 4.1 Teollisuusrobotti .....                         | 20 |
|   | 4.2 Teollisuusrobotti osana automaattilinjaa .....  | 21 |
|   | 4.3 Automaattilinjaan tarvittavat toimitukset ..... | 22 |
|   | 4.4 Automaation työturvallisuus.....                | 23 |
| 5 | LAYOUT- SUUNNITTELU.....                            | 24 |
|   | 5.1 Layout- vaihtoehdot LTK127- tiimiin .....       | 24 |
|   | 5.1.1 Layout-vaihtoehto 1. ....                     | 24 |
|   | 5.1.2 Layout-vaihtoehto 2. ....                     | 25 |

|       |                                                                     |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1.3 | Layout-vaihtoehto 3. ....                                           | 26 |
| 6     | INVESTOINTILASKELMAT .....                                          | 28 |
| 6.1   | Työvoimakustannusten muutos automatisoinnista .....                 | 28 |
| 6.2   | Investoinnin kannattavuuden katselmus .....                         | 29 |
| 6.2.1 | ROI (return on investment) .....                                    | 29 |
| 6.2.2 | Takaisinmaksuaika (Payback period) .....                            | 30 |
| 6.3   | Automaattilinjan kokonaiskustannukset ja investointilaskelmat ..... | 31 |
| 7     | TULOKSET .....                                                      | 43 |
| 8     | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....                                    | 44 |
|       | LÄHTEET .....                                                       | 47 |
|       | LIITTEET                                                            |    |

## TIIVISTELMÄ

|                    |                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| Tekijä             | Jarkko Karjanmaa                              |
| Opinnäytetyön nimi | Tutkimustyö kokoonpanon puoliautomoisoinnista |
| Vuosi              | 2012                                          |
| Kieli              | suomi                                         |
| Sivumäärä          | 48                                            |
| Ohjaaja            | Mika Billing                                  |

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää kuormankytkinvalmistuksen puoliautomoisointia. Työn tavoitteena oli tehdä tutkimustyö kuormankytkinten kokoonpanon puoliautomoisoinnista. Tilauskannan kasvusta johtuva resurssitarve korvattaisiin automoisoinnilla. Täten säästettäisiin vuotuisissa työvoimakustannuksissa, pystyttäisiin lyhentämään kuormankytkinten läpimenoaika ja vähentämään staattisia työasentoja vaativia työvaiheita. OT100-125- kokoluokan kuormankytkimille ei ole aikaisemmin tehty tutkimusta automoisoinnin kannalta.

Työssä selvitetään aluksi nykytilannetta kokoonpanossa, jossa tiimin kaikki työvaiheet ovat käsityövaiheita. Seuraavassa vaiheessa paneudutaan automoisointiin työvaiheisiin ja layout-suunnitteluun. Automaattilinjan layoutvaihtoehtoja suunniteltiin kolme. Työn ongelmiksi muodostui toimittajilta saapuvien osien laatuongelmat, mitkä muodostuvat automaatilinjan haasteeksi.

Tutkimustyön tuloksena varmistui, että tämän tyyliset automaatilinjaratkaisut olisivat kannattavia LTK127-tiimiin. Tähän vaikuttivat investoinnin takaisinmaksuajan pituus sekä hyvä pääoman tuottoaste.

## ABSTRACT

|                    |                                                   |
|--------------------|---------------------------------------------------|
| Author             | Jarkko Karjanmaa                                  |
| Title              | Semi-Automatisation of Disconnect Switch Assembly |
| Year               | 2012                                              |
| Language           | Finnish                                           |
| Pages              | 48                                                |
| Name of Supervisor | Mika Billing                                      |

---

The objective of this thesis was to research the semi-automatisation of disconnect switch manufacturing. There was a need to replace resources with automatisation due to increased order backlog. Thus, the annual savings on labor costs would increase, the lead time of the disconnect switches would shorten and the number of stages demanding static postures could be reduced. No previous studies on OT100-125-scale disconnect switches has been made from the automation point of view.

At first, the current situation, where all steps in the assembly carried out by the team are manual, was studied. The next stage focused on how to automate the work steps and what would be the layout-design. Three layout options were designed for the automatic line. The challenge in automatic line can be in incoming parts from the suppliers. There might be quality problems in these parts that affect the automatic line.

The research results confirmed that these types of automatic line solutions are viable in the LTK127 team. The decisive factors were the length of the investment payback, as well as a good return on total assets.

---

Keywords                      Automation, disconnect switch, labor cost, lead time

**KÄYTETYT LYHENTEET JA KÄSITTEET**

|          |                                     |
|----------|-------------------------------------|
| ISO 8373 | teollisuusrobotistandardi           |
| Layout   | mallinnus tehtaan pohjapiirroksesta |
| ROI      | pääoman tuottoaste                  |
| SAP      | toiminnanohjausjärjestelmä          |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustat

Idea tähän opinnäytetyön tekemiseen lähti, koska jatkuvasti kovenevassa kansainvälisessä kilpailussa yritykset yrittävät tehostaa omaa toimintaansa. Tuotannossa täytyisi saada läpimenoaikoja lyhennettyä ja samalla parannettua kustannustehokkuutta.

Työn tavoitteena oli tehdä tutkimustyö kuormankytkinten puoliautomoisoinnista tilauskannan kasvusta johtuvaan resurssitarpeeseen. Resurssitarve korvattaisiin puoliautomoisoinnilla. Täten säästettäisiin vuotuisissa palkkakustannuksissa ja pystyttäisiin lyhentämään kuormankytkinten läpimenoaikaa.

Automoisoinnilla saataisiin korvattua työvaiheita, joista aiheutuu staattisia työasentoja ja jatkuvia toistoja. Tällaiset työasennot saattavat aiheuttaa tuki- ja liikuntaelin sairauksia, jotka aiheuttavat sairauspoissaoloja.

Tutkimuksen kohteena oleviin kuormankytkimiin ei ole aikaisemmin tehty laskelmia automoisoinnin näkökannasta.

## 1.2 Työn rajaukset

Opinnäytetyöni esiselvitys käsittelee OT100-125F3-kuormankytkinten puoliautomoisointia. Automoisoinnissa keskitytään kahteen nykyiseen käsityönä tehtävään kokoonpanotyövaiheeseen. Kuormankytkinten kokoonpanossa on seitsemän työvaihetta ja automoisoituna saataisiin näistä valmistettua kaksi vaihetta. Työn tarkoituksena ei ollut automoisoida kaikkia työvaiheita. Suunnittelussa otettiin huomioon, että tulevaisuudessa olisi mahdollista laajentaa automoisointia kattamaan loputkin työvaiheet, ilman että automoisoidut työvaiheet menisivät uusiksi.

Työssä tullaan selvittämään automaattilinjan kustannuksia ja hankinnan kannattavuutta eri layoutvaihtoehtojen kautta. Työssä selvitetään myös mitä robotteja ja toimilaitteita automoisoidut työvaiheet tarvitsisivat.



Työ ei sisällä laitetoimittajien tarjouksia, vaan hinnat perustuvat aikaisempiin tarjouksissa olleisiin hinta-arvioihin ja tarjouksiin. Hinta-arviot on saatu tuotannon kehityspäälliköltä.

### **1.3 ABB**

ABB:n muodostuminen tapahtui 1988 kun ruotsalainen Asean ja sveitsiläinen Brown Bover sulautuivat yhteen. Nyt ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä, jolla on toimintoja yli 100 maassa. Kasvun perustana ABB:llä on teknologinen voima ja vahvat paikalliset juuret. /5/

Vuonna 1889 Gottfrid Strömberg astui Helsingin maistraattiin ja teki elinkeinoilmoituksen perustamastaan sähköliikkeestä. Hänellä oli mielessä joukko uudistuksia, joiden avulla hän aikoi valmistaa parempia tasavirtadynamoita ja sähkövalaistuslaitoksia kuin tuonaikaiset kilpailijat. Silloisen yhtiön tunnuslause oli "Hyvä työ ja parhaat raaka-aineet". /5/

Strömbergin kehittämät sähkökoneet ja laitteet nostivat alkujaan neljän miehen konepajan Suomen merkittävimpien teollisuusyritysten joukkoon ja sähköteknisen teollisuuden suunnannäyttäjäksi. Strömbergin historia jatkuu ABB:ssä lukuisissa eri yksiköissä, jotka tarjoavat sähkökoneita, sähkökäyttöjä, sähköasema-automaatiota, pienjännitetuotteita, pienjännitejärjestelmiä, suur- ja jakelumuuntajia ja keskijännitetuotteita. /5/

ABB:n palveluksessa on 134 000 henkilöä yli 100 maassa ja liikevaihto vuonna 2011 oli 38 miljardia US dollaria. Suomessa henkilöstöä oli 6762 vuonna 2011 ja liikevaihto oli 2,4 miljardia euroa. /3/

### **1.4 ABB Oy, Breakers and Switches**

ABB Breakers and Switches on kytkintuotteiden markkinajohtaja maailmassa. Tuotantovolyymi vuonna 2011 oli 3,2 miljoonaa kytkintä. Breakers and Switches työllistää Vaasassa noin 260 osaaajaa ja liikevaihto 90 miljoonaa euroa. /2/

## 1.5 Tuotteet ja käyttökohteet

Kytuintuoteperheeseen kuuluvat kuormankytkimet 16-3150 A, kytkinvarokkeet 16-1250 A, vaihtokytkimet 16-2500 A, automaattiset vaihtokytkimet 160-1600 A, nokkakytkimet 10-315 A, lisävarusteet, sekä käsi- ja moottoriohjatut kytkimet. /4/

Kytkimet sopivat monenlaisiin käyttökohteisiin, kuten moottoreiden käynnistys- ja sammutuskytkimiksi, kojeistoihin ja erilaisten laitteiden ja järjestelmien pääkytkimiksi. Mallistoon kuuluvat 1–8-vaiheiset kytkimet, mukaan lukien esimerkiksi vaihto- ja ohituskytkimet. /4/

## **2 NYKYTILANNE KUORMANKYTKINTEN KOKOON- PANOSSA**

### **2.1 Kokoonpano**

Kokoonpano omassa tehtaassa on eri vaiheessa valmistettujen ja muualta hankittujen osien, komponenttien ja tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi kokonaisuudeksi tai sen osaksi. Kokoonpano nykypäivänä on edelleen säilynyt varsin käsityövaltaisena, vaikka muu valmistus on yhä lisääntyvässä määrin koneistunut ja automatisoitunut. /11/

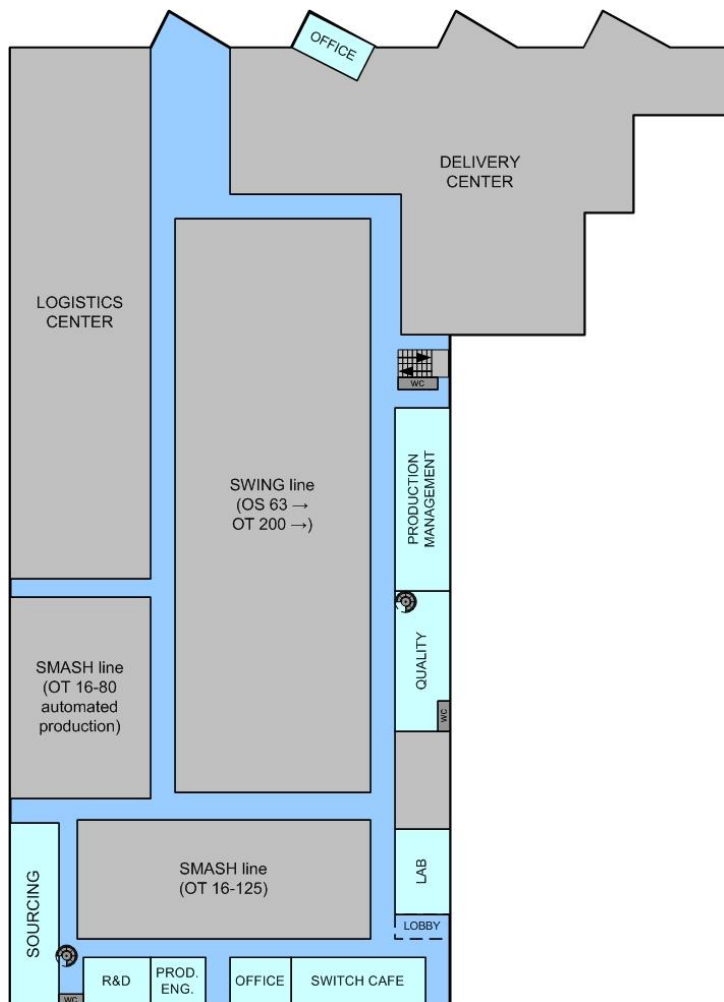
Kokoonpanoksi pääasiassa nimitetään kappaleiden siirtämistä, varastointia, käsittelemistä, liittämistä, sovittamista ja tarkastamista. Näistä vain liittäminen on kuitenkin jalostusarvoa nostavaa työtä. Toimintoja jotka eivät jalosta tuotetta, pyritään pitämään mahdollisimman vähäisinä, koska ne vain pidentävät kokoonpanon läpäisyaikaa ja lisäävät kustannuksia. /11/

Suurin osa kokoonpanoajasta yleensä kuluu osien siirtämiseen ja asetteluun, eikä liittämiseen, jonka tulisi olla kokoonpanon tärkein tehtävä. Monesti vain alle kolmasosa työajasta kuluu itse tuotteen jalostamiseen. Organisoimalla hyvin kokoonpanoa, pystytään tuotetta jalostavan työn osuutta kasvattamaan, esimerkiksi järjestämällä tarvittavat työkalut työpisteelle. /11/

Kokonaistyöajasta kuluu valmiin tuotteen kokoonpanotyöhön usein jopa 20-40 %. Kokoonpano vie suuren osan tuotannon tiloista ja sitoo pääomaa keskeneräiseen tuotantoon sekä varastoon. Tuotteen suunnittelussa kokoonpanon huomioiminen on todella tärkeää, koska sillä voidaan vähentää kokoonpanokustannuksia huomattavasti. Kokoonpanon tärkeimmät dokumentit ovat kokoonpanopiirustukset ja osaluettelo. Dokumenteista piirustukset selvittävät kokoonpanon lopputuloksen ja osaluettelosta käy ilmi tuotteeseen kuuluvat nimikkeet. /11/

## 2.2 Nykytilanne tuotannossa

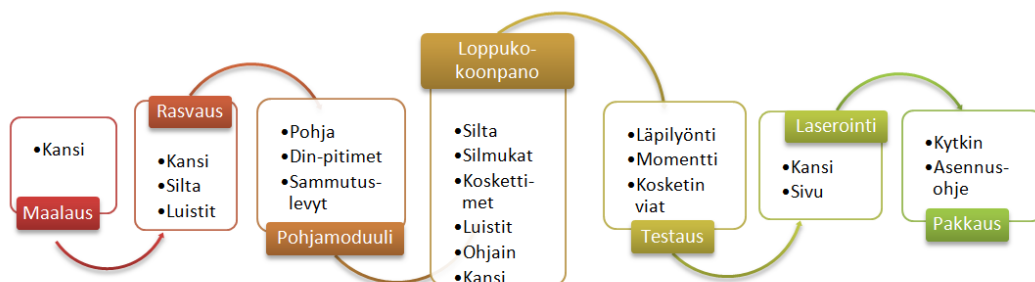
Tuotanto jakautuu kahteen eri tuotantolinjaan; Smash- ja Swing-linjaan. Tuotelinjoja tukee logistiikkatiimi, joka kuljettaa kokoonpanoon tarvittavat materiaalit tiimeihin. Materiaalit tiimeihin hankitaan pääsääntöisesti neljällä eri tilaus tavalla. Ne ovat hyllypalvelu, logistiikka-, Kanban- ja MRP-tilauksia. Tiimien työntekijät tilaavat itsenäisesti tarpeiden mukaan logistiikka- ja Kanban-tilaukset tiimiin. Logistiikkatiimi toimittaa valmiit tuotteet lähettämöön (**Kuva 1.**) Smash -linjaan kuuluu viisi tuotantotiimiä, jotka valmistavat OT16-125 kokoluokan kuormankyt-kimiä, apukoskettimia ja koteloituja kytkimiä.



**Kuva 1.** Tämänhetkinen tuotannon layout. /1/

### 2.3 Nykytilanne tiimissä

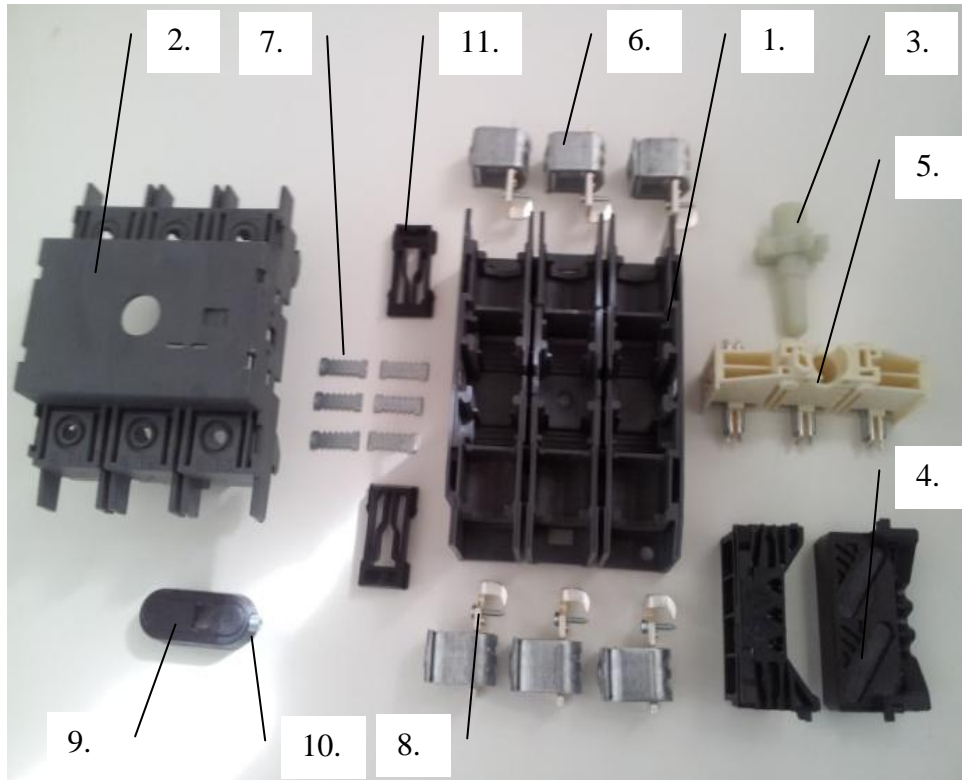
Smash -linjan LTK127 -tiimissä valmistettavien OT100-125F3-kuormankytkinten (**Kuva 2.**) kokoonpano tapahtuu tällä hetkellä manuaalityövaiheissa. Kyseisessä tiimissä työskentelee 10 henkilöä pääsääntöisesti kahdessa vuorossa.



**Kuva 3.** Kaaviokuva kokoonpanovaiheista

Tällä hetkellä kuormankytkinvalmistuksessa on seitsemän eri työvaihetta: kannen maalaaminen, osien rasvaus, pohjamoduulin kokoaminen, loppukokoonpano, testaus, laserointi ja pakkaus (**Kuva 3.**). Kuormankytkimessä on 11 päänimikettä ja osia yhteensä 28 kappaletta (**Kuva 4.**).



**Kuva 2.** OT100F3-kuormankytin**Kuva 4.** OT100-125F3-kuormankytimen osat.

Kuormankytimen osat:

1. pohja
2. kansi
3. ohjain
4. luisti
5. silta
6. silmukka
7. sammutuslevy
8. kosketin
9. väännin
10. ruuvi
11. din- pidin

## 2.4 Työvaiheiden sisältö

Työvaiheista ensimmäinen on kansien maalaus, jossa kansiin maalataan tampeleimauskoneilla ABB:n logo kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa leimataan punainen maalaraita ja toisessa vaiheessa leimataan valkoisella ABB:n logo ja kuormankytkimen toiminnallisen asennon ilmaiseva on -merkki.

Toinen työvaihe on osien rasvaus, jossa rasvataan kannesta neljä pistemäistä kohtaa, sillasta kiinteiden koskettimien välit ja luisteista kriittiset toiminnalliset kohdat. Kokoonpantavien osien rasvaus pidentää kytkimen elinkaarta. Elinkaari tarkoittaa teknisillä laitteilla niiden käyttöaikaa tuotteina. /6/

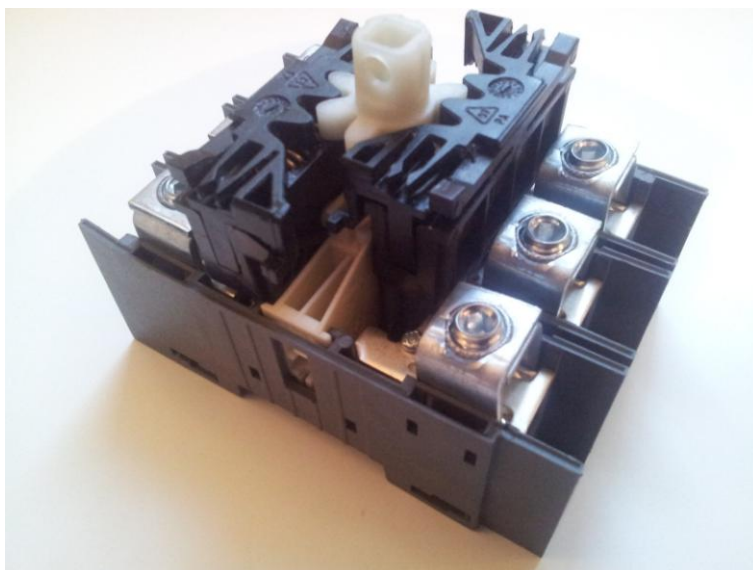
Kolmas työvaihe on pohjamoduulin kokoaminen, pohjaan asennetaan din -pitimet ja ne lukitaan lukitusapuvälineellä. Sammutuslevyt asennetaan pohjan sisäpuolella oleviin uriin ja ne painetaan urien pohjaan paineilmalla toimivalla apulaitteella.

Neljännessä työvaiheessa, loppukokoonpanossa, asennetaan silta pohjaan, tämän jälkeen kuusi kappaletta silmukkakosketinmoduuleja (**Kuva 5**).



**Kuva 5.** Silmukkakosketinmoduuli

Moduuli sisältää silmukan ja liikkuvan koskettimen. Tämän jälkeen asennetaan kaksi kappaletta luisteja, kiinnitetään siltaan ja näiden väliin ohjain (**Kuva 6**).



**Kuva 6.** Kokoonpantu moduuli

Viimeisenä esiasennetaan kansi paikoilleen, jotta kaikki asennetut osat pysyisivät paikoillaan.

Viidennessä työvaiheessa esiasennettu kansi lukitaan pohjaan paineilmalla toimivalla apulaitteella. Tämän jälkeen kytkin testataan testilaitteella. Testilaitte kertoo läpäiseekö kytkin sille asetetut vaatimukset, läpilyönti-, momentti- ja kosketinviat. Tämän jälkeen kytkimeen asennetaan väännin ja väännin lukitaan lukitusruuvilla. Vääntimen kiinnitys ruuvilla ohjaimen tapahtuu ruuvausjigissä. Jigiin on integroitu paineilmatoiminen ruuvinväännin. Tämän jälkeen kuormankytkimet nostetaan läpivirtaushyllyyn, joka toimii puskurivarastona. Tästä puskurivarastosta perusmallin kuormankytkimet varioidaan myytäväiksi nimikkeiksi.

Kuudes työvaihe on kuormankytkimen merkklauserointi. Kuormankytkinten kanteen laseroidaan merkklausaserilla lajimerkki, 0- eli off-asento ja kylkeen laseroidaan kuormankytkimen tekniset tiedot.

Seitsemäs vaihe on kuormankytkimen pakkaaminen. Kuormankytkin pakataan nimikkeelle kuuluvaan pahvilaatikkoon asennusohjeineen. Valmiit pakatut kuormankytkimet kelmutetaan kutistemuovilla 10 kappaleen nippuihin kutistekalvokoneella.



## 2.5 Läpimenoaika

Läpimenoaika kuvaa sitä aikaa, joka kuluu valmistuspäätöksen aloittamisesta tuotteiden valmistumiseen. Riippuen tarkastelutavasta läpimenoaika voidaan määrittellä esimerkiksi kokoonpano-, tilaus- tai valmistusprosessille. Yksi tuotannon suurista kannattavuutta parantavista tavoitteista on läpimenoajan lyhentäminen ja tuotannon tehokkuuden mittarina tämä on tärkeä. Tuotteen läpimenoajasta suurin osa koostuu odotusajasta. Toisin sanoen läpimenoaika ei kerro todellista tuotteen valmistumisaikaa.

Lyhentämällä läpimenoaikaa, saadaan parannettua tuotteiden toimituskykyä ja vähennettyä keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa. Tuotteen tekemiseen tarvitaan esimerkiksi vähemmän työtunteja ja puolivalmiita tuotteita on tuotannossa vähemmän. Valmistuksen läpimenoaikaa voidaan lyhentää yhdistämällä työvaiheita, automatisoimalla valmistusta, poistamalla turhia kuljetuksia ja poistamalla myös odotusta työvaiheiden väliltä. /14/

### **3 AUTOMAATTILINJA KUORMANKYTKINVALMISTUKSESSA**

Jos tuote suunnittelua ei ole tehty kokoonpanon automatisointia ajatellen, niin käsikokoonpano on todennäköisesti ainoa ratkaisu. Automatisointi ei ole välttämättä käytännöllistä, ellei tavoiteltu valmistusmäärä ole korkea. Sijoitettu pääoma automaatti koneisiin ja laitteisiin täytyy tulla takaisin tuotteen elinkaaren aikana. Jos tuotteen elinkaari on lyhyt, niin automatisoinnin toteutus tuotannossa on hankalaa.

Vähäinen kokoonpanotyöntekijöiden saatavuus johtaa yleensä miettimään automatisoitua kokoonpanoa, silloin kun käsikokoonpano olisi halvempaa. Tämä tilanne esiintyy yleensä silloin, kun tuotteen kysyntä kasvaa räjähdysmäisesti. Tuotavuus on valmistuvien tuotteiden ja resurssien välinen suhde. Yleisin tapa tuotavuuden mittaamisessa on ulostulo per työtunti. /9/

#### **3.1 Lähtökohdat puoliautomatisointiin**

Lähtökohdat kuormankytkinten puoliautomatisointiin on hyvät. Kappaleita valmistetaan suuria eräkokoja. Vuonna 2011 raportoitiin LTK127-tiimistä toiminnanohjausjärjestelmä SAPin valmistuneiksi myytäviksi nimikkeiksi xxx xxx kappaletta kuormankytkimiä, vaihtokytkimiä ja muita myytäviä tuotteita. Kun myytävien nimikkeiden rakenteet purkaa OT100-125F3-kuormankytkimiksi, niin niitä valmistui xxx xxx kappaletta. Tuohon viime vuoden valmistuneiden OT100-125F3 määrään on lisätty nimikkeiden OT30- ja OT60F3-kuormankytkinten määrät viime vuodelta ja näitä oli xx xxx kpl. Näiden kuormankytkinten rakenteessa ei ole eroa, ainoastaan silmukan muoto on erilainen. Eli yhteensä näitä valmistuneita kuormankytkimiä oli xxx xxx kappaletta. Tuota kyseistä valmistunutta kappalemäärää käytän tässä työssä laskelmiin.

Varioituvia kuormankytkimiä valmistui tiimistä viime vuonna xxx xxx kappaletta. Eli tuo tutkimustyössäni käytettävä kokonaismäärä on 92 % vuoden 2011 valmistuneista kuormankytkimistä.

Yhtä vuotta kohden kuormankytкимиä OT100-125F3 valmistui xxx xxx kpl , kun tämä jaetaan 215 , eli työpäivillä vuodessa, niin työpäivää kohden valmistui xxx kappaletta. Työtä tehdään kahdessa vuorossa, jolloin yhdessä vuorossa valmistui xxx kappaletta. Vuorokohtainen yhden ihmisen tehokas työaika on noin 400 minuuttia, tätä aikaa olen käyttänyt laskelmissa. Yhden kappaleen valmistukseen kuuluu aikaa 3,16 minuuttia.

Työvaiheajat perustuvat työntutkimuksen aikoihin (**Taulukko 1.**). Vuonna 2010 tiimiin on tehty työntutkimus, jossa on kelloitettu tuotteiden kokoonpanoajat palkkiopalkkaa varten.

**Taulukko 1.** Kytkimien loppukokoonpanossa työvaihekohtainen ajankäyttö

| <b>127 Kytkimien loppukokoonpano</b>           |          |              |                  |
|------------------------------------------------|----------|--------------|------------------|
| <b>OT100F3 - 125, 30, 60</b>                   | No:      |              | <b>T<br/>min</b> |
| <b>Työvaiheet</b>                              |          |              |                  |
| Kytkimen kannen leimaukset                     | <b>1</b> | Aika / vaihe | 0,30             |
| Kannen rasvaus                                 | <b>2</b> | Aika / vaihe | 0,11             |
| DIN-pitimien ja sammutuslevyjen asennus        | <b>3</b> | Aika / vaihe | 1,05             |
| Sillan rasvaus - asennus pohjaan               | <b>4</b> | Aika / vaihe | 0,23             |
| Silmukoiden ja koskettimien asennus            | <b>5</b> | Aika / vaihe | 0,40             |
| Luistien rasvaus - asennus siltaan             | <b>6</b> | Aika / vaihe | 0,30             |
| Ohjaimen asennus                               | <b>7</b> | Aika / vaihe | 0,07             |
| Kannen esikiinnitys                            | <b>8</b> | Aika / vaihe | 0,12             |
| Kannen kiinnitys - testaus - vääntimen asennus | <b>9</b> | Aika / vaihe | 0,58             |
| <b>Vaiheiden yhteenlaskettu aika</b>           |          |              | <b>3,16</b>      |

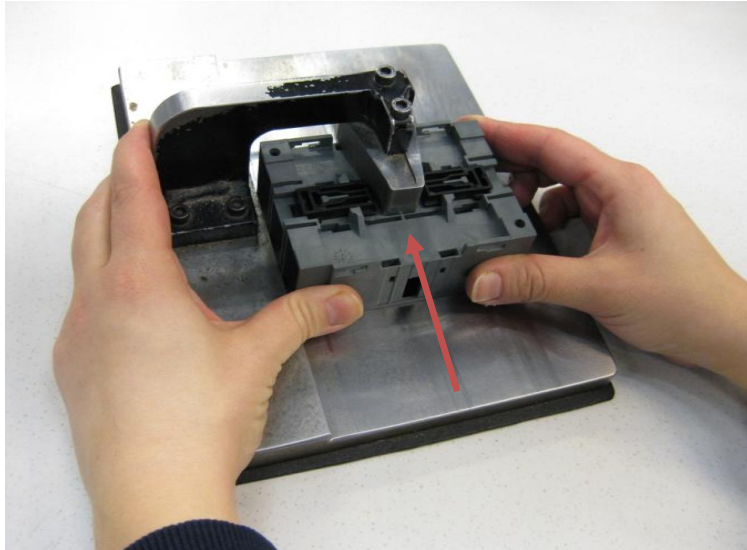
### 3.2 Automatisoitavat työvaiheet

Ensimmäisessä vaihtoehdossa automatisoitaisiin pohjamoduulin kokoonpano. Pohjamoduuliin kuuluu kolme eri nimikettä ja yhdeksän osaa (**Kuva 7.**). Osat

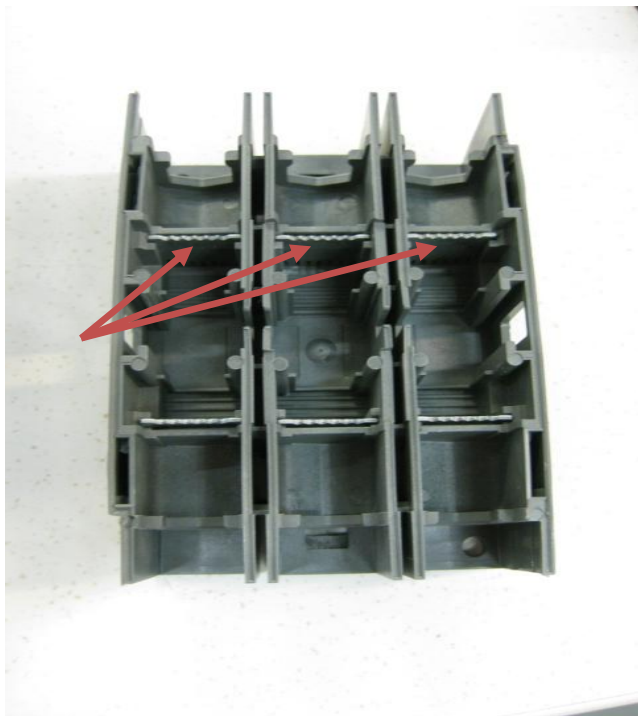
ovat pohja, DIN-pitimet ja sammutuslevyt. Tällä hetkellä käsikokoonpanona kuulu työvaiheeseen aikaa 1,05 minuuttia.



**Kuva 7.** Pohjamoduulin osat.



**Kuva 8.** DIN- pitimien lukitus apulaitteella.

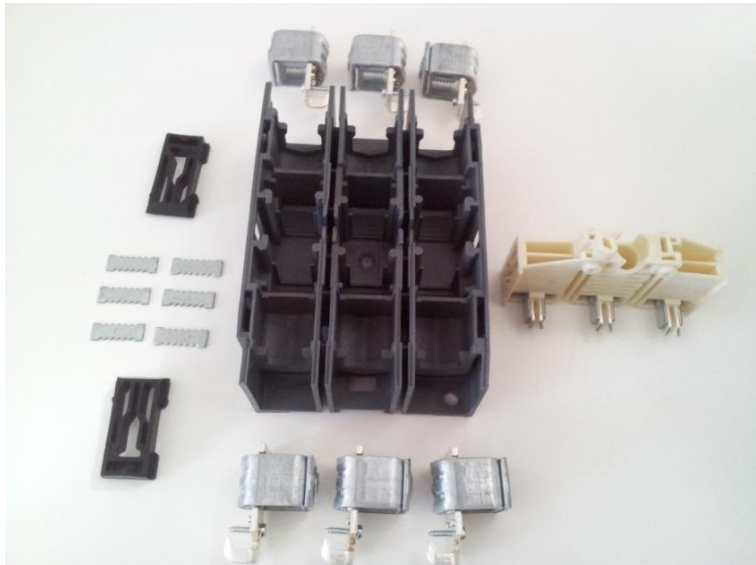


**Kuva 9.** Sammutuslevyt asennettuina.

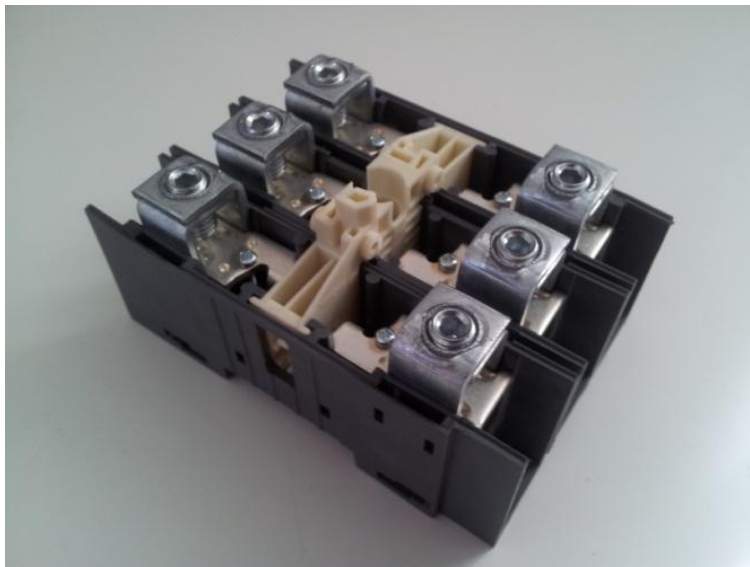
Työpäivässä tehokasta työaikaa on n. 400 minuuttia. Päivässä tarvitsisi valmistua pohjamoduuleita xxx kappaletta, jotta pystymme kattamaan asiakastarpeen, niin näillä tiedoilla voimme laskea päivittäisen resurssitarpeen kyseiseen työvaiheeseen (1).

$$\frac{xxx \text{ kpl}}{\left(\frac{400 \text{ min}}{1,05 \text{ min/kpl}}\right)} = 2,5 \text{ henkilöä} \quad (1)$$

Toisessa ja kolmannessa vaihtoehdoissa automatisoitaisiin pohjamoduuli työvaiheen lisäksi seuraavalta työvaiheelta sillan -ja silmukkakosketinmoduulin asennuksen (**Kuva 10. ja 11.**).



**Kuva 10.** Automatisoitavan moduulin osat toiseen ja kolmanteen vaihtoehtoon.



**Kuva 11.** Moduuli kokoonpantuna.

Näiden kokoonpantavien osien työvaiheisiin aikaa kuluu yhteensä käsikokoonpanona 1,68 minuuttia. Kun näiden työvaiheiden työajoista lasketaan tähän vaiheeseen tarvittava resurssi, saadaan resurssi tarve laskettua samalla kaavalla (1) kuin aikaisempikin.

$$\frac{xxx \text{ kpl}}{\left(\frac{400 \text{ min}}{1,68 \text{ min/kpl}}\right)} = 4 \text{ henkilöä} \quad (2)$$

### 3.3 Automatisoinnin haasteet ja ongelmat

Automaattisen kokoonpanotyön yleisimpiä ongelmia on, että tuotesuunnittelussa ei ole mietitty tarpeeksi, kuinka automatisoinnin kannalta tuotteen kokoonpano toteutuisi. /9/

Kuormankytkinten valmistus puoliautomasoituna ei sinänsä ole ongelmallista, mutta suurena haasteena tulee olemaan laadun säilyttäminen nykyisellä tasolla. Tällä tarkoitetaan viallisten kappaleiden syntymistä. Viallisten osien havaitseminen ilman konenäköä on vaikeaa automaattilaitteella. Kun taas käsityönä tehdessä työntekijä tarkastaa työn ohessa kokoonpantavat osat. Automaattilaitteilta ja koneilta voi päästä läpi vialliset osat ja ne voivat jumittaa automaattilinjan, joka taas aiheuttaa tuotantokatkoksen. Tämän vuoksi viallisista tuotteista syntyy suoraan rahallista menetystä.

Osatoimittajien laatuun täytyisi myös saada parannusta. Tällä hetkellä kyseisissä kuormankytkimissä osat silta ja pohjat ovat haasteellisia. Siltoja tulee jonkin verran viallisina, niistä puuttuu jousia, ne ovat huonosti paikoillaan, tai niistä puuttuu koskettimia. Pohjissa taas valut ovat vajaita, eikä niitä siitä syystä voida käyttää.

Lisähaastetta on myös siinä, jos automaattilinja rakennetaan yrityksen sisäisin resurssein ilman ulkopuolista avaimet käteen toimittajaa. Silloin automaattilinjan toiminnallisuuden avainhenkilöt muodostuvat todella tärkeiksi, koska heillä on tietotaitoa automaattilinjan toiminnoista. Riskinä on, että he vaihtavat työpaikkaa tai eivät ole enää käytettävissä.

### **3.4 Automaatio investointina**

Tuotannon automatisointi teknologiateollisuudessa on viime vuosikymmenen aikana kasvanut huomattavasti. Tähän on vaikuttanut hintojen puolittuminen 1990-luvun alun tasosta 2000-luvulle tultaessa ja huima automatisoinnin kehitys. Automatisointia hyödynnetään sekä yksitoikkoihin että vaarallisiin työvaiheisiin ja suurten eräkokojen valmistamiseen. /12/

Automaattilinjan käyttöönotto on taloudellisesti suuri investointi, joten tuotannolla kuormankytkinvalmistuksessa tulee olla varmat tulevaisuuden näkymät. Investoinnin kannattavuuden näkökulmasta katsoen, täytyy automatisoinnin etujen olla kustannuksia suuremmat. Kustannuksista täytyy tehdä kustannusarviointi sekä laskelmat ja näiden avulla arvioida investoinnin kannattavuutta.

### **3.5 Automatisoinnin hyödyt**

Automatisoinnilla päästään isompiin tuotantomääriin, saadaan tasainen tuotanto, sekä saadaan laskettua juoksevia kuluja pienemmällä henkilöstötarpeella, myös läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä.

Saadaan myös siirrettyä koneille ja roboteille staattisia työasentoja ja jatkuvia toistoja vaativia työvaiheita. Tällaiset työasennot ja työvaiheet saattavat aiheuttaa tuki- ja liikuntaelinten sairauksia, jotka taas aiheuttavat sairauspoissaoloja. /7/

### **3.6 Staattisten työvaiheiden väheneminen**

Automatisoinnilla olisi myös tarkoitus saada vähennettyä nykyisiä staattisia työasentoja, joita on paljon tämänhetkisessä kuormankytkin valmistuksessa.

Liiallinen fyysinen kuormittuminen saattaa aiheuttaa tuki- ja liikuntasairauksia, joten yksittäinenkin kuormitustekijä saattaa olla liikaa. Useiden tekijöiden samanaikainen vaikutus saattaa kuitenkin aiheuttaa ongelmia. Tällöin puhutaan summa-vaikutuksesta kuormitustekijöiden yhteydessä. Kuorma koostuu työtehtävän edellyttämistä työasunnoista, työliikkeistä ja voiman tarpeesta.



Suurin sairauspoissaolojen aiheuttaja on tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Näistä joh-  
tuvia sairauspoissaoloja on noin kolmannes sairauspoissaoloista. /8/

## 4 AUTOMAATIO TUOTANNOSSA

Automaatio tarkoittaa laitetta tai järjestelmää, joka toimii itsenäisesti. Automaation tarkoituksena on helpottaa ihmisen jokapäiväisiä toimia. Toiminnan automatisoinnilla on pystytty ratkaisemaan aiemmin mahdolltomina pidettyjä tehtäviä tai korvattu raskaita, tarkkuutta vaativia tai muulla tavoin vaikeita tehtäviä. Monesti syynä on myös taloudelliset seikat. /9, 10-11/

Edellytyksenä automatisointiin on kyky mitata, säätää ja toteuttaa haluttu toimenpide niiden vaatimusten mukaan, jotka ihminen on ennakkoon asettanut. Tänä päivänä, automaatiota suunniteltaessa niiden ratkaisut luodaan ihmisten ehdoilla. Automatisoinnista ei ole mitään hyötyä ellei ihminen pysty sitä käyttämään. /9, 21/

### 4.1 Teollisuusrobotti

Teollisuusrobottistandardin (ISO 8373) mukaan on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen, vähintään kolmenivelineen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisien tehtävien suorittamiseksi automaatioteollisuuden sovelluksissa. Teollisuusrobottien olennainen piirre on uudelleen ohjelmoitavuus. /9, 110/. Kuvassa 12 on ABB:n IRB140 teollisuusrobotti, jota käytettiin tuotannon layout vaihtoehtoissa.



**Kuva 12.** ABB IRB140 teollisuusrobotti.

#### **4.2 Teollisuusrobotti osana automaattilinjaa**

Nykyaikaisissa robottisovelluksissa pelkkä uudelleen ohjelmitavuus ei riitä, vaan robotit on saatava muodostamaan ympäristömallista liikeratansa, jota päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla. Uudelleen ohjelmitavuus on kuitenkin tärkeä ominaisuus ja ohjausjärjestelmä on yleensä yksi kalleimmista osista.

Robottien yhteydessä huomio kiintyy usein liian paljon käsivarteen, mutta ohjausjärjestelmä on vaikeampi toteuttaa. Robottien toiminta riippuu siihen ohjelmoidun ohjelmiston kyvystä.

Tehtävässään toimiessaan robottijärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- työkalut
- käsivarsi
- ympäristöä tarkkailevat prosessianturit tai -aistimet
- automaattilinjan oheislaitteet
- robotin ohjausjärjestelmä

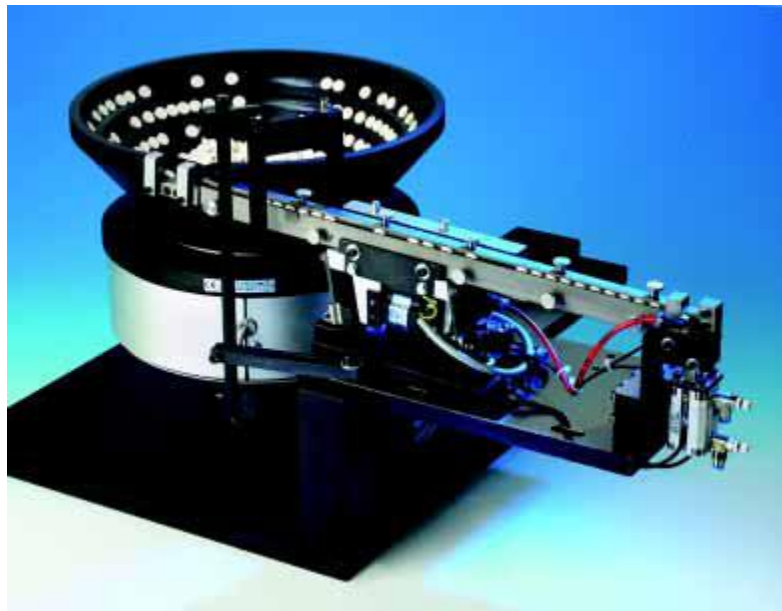
- liitännät mahdollisesti ohjaaviin ulkoisiin tietokoneisiin. /9, 112/

### 4.3 Automaattilinjaan tarvittavat toimitteet

Tutkimustyöhön lähdin kartoittamaan toimitteita jo yrityksessä olevilta automaattilinjoilta. Tämän hetkisillä automaattilinjoilla on kuormankytkinten automatisointiin käytetty erilaisia teollisuusrobotteja, manipulaattoreita, hihna- ja palettikuljettimia, tärymaljoja ja näihin toimitteisiin liittyviä työturvallisuuden suojarakenteita.

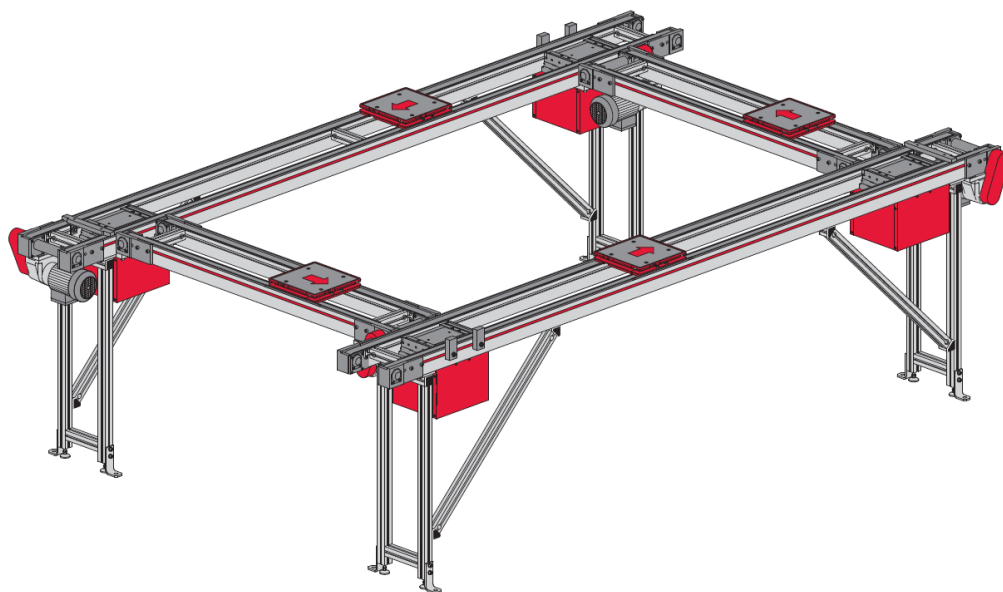
Robotteja, joiden akselien liikkeet menevät vain ääriasennosta toiseen ilman paikannmittausta, sanotaan manipulaattoreiksi. /12/

Tärymaljoja käytetään automatisoidussa tuotannossa kun pieniä osia täytyy tuoda roboteille poimittavaksi (**Kuva 13.**). Tärymaljoja toimittajat toimittavat sekä koteloituina että kotelottomina tarpeiden mukaan. /16/



**Kuva 13.** Afag:n valmistama tärysyöttölaite kappaletavaroille.

Palettikuljettimet ovat perusrakenteita kokoonpanolinjoilla (**Kuva 14.**). Kuljettimet toimitetaan avaimet käteen periaatteella, tai osina asiakkaalle kokoonpantavaksi. /13/



**Kuva 14.** Afag:n palettikuljetin ratkaisu.

#### 4.4 Automaation työturvallisuus

Automaation avulla varmistetaan myös työturvallisuuden paranemista, kun vaaralliset prosessit voidaan erottaa henkilöistä ja samalla voidaan parantaa laitteiston ohjausta, valvontaa ja myös vikojen hallintaa.

Automaatiojärjestelmän täytyy jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon turvallisuusnäkökohdat. Aluksi tunnistetaan järjestelmässä olevat vaarat ja tehdään riskien arviointi. Tämän arvioinnin perusteella järjestelmälle määritellään asetettavat vaatimukset. Työturvallisuus varmennetaan automaation avulla tehtyjen suojajärjestelyjen avulla. /9, 161/

## 5 LAYOUT- SUUNNITTELU

Tehtaan layout- suunnittelu on teollisuuden käytäntöön ankkuroitunut käsite, jolla tarkoitetaan solujen ja muiden valmistusyksiköiden sekä varastopaikkojen ja kuljetusväylien sijoittelua. Puhuttaessa teollisesta layoutista, niin termi voitaisiin suomentaa tehtaan pohjapiirustukseksi. /11/

Layout- suunnittelussa on tärkeintä mallintaa mahdollisimman hyvin toimiva layout, koska layoutin muuttaminen vaatii yleensä ison investoinnin. Layout täytyy myös olla helposti toteutettavissa. /11, 309/

### 5.1 Layout- vaihtoehdot LTK127- tiimiin

Puoliautomasointi esiselvitykseen piirrettiin layoutit vain 2D-mallinnuksena, ja mallinnusohjelmalla käytettiin AutoCADiä. Piirtäminen 3D-mallinnuksena tulee ajankohtaiseksi vasta, kun joku automatisointivaihtoehdoista päätetään toteuttaa.

Piirtämisessä apuna käytettiin tuotannon vanhaa layout-mallinnusta. Tästä oli suuri apu, koska sitä apuna käyttäen ei täytynyt heti alkuun piirtää tiimin layout-mallinnusta. Piirtämisprosessin aikana syntyi lukuisia layout vaihtoehtoja, joista valittiin loppujenlopuksi kolme vaihtoehtoa tähän esiselvitykseen.

#### 5.1.1 Layout-vaihtoehto 1.

Kaikki layout vaihtoehdot automaattilinjalle piirrettiin nykyisen leimaustyöpisteiden paikalle, koska kyseinen työvaihe tullaan lähiaikoina ulkoistamaan omasta tuotannosta. Perustana automaattilinjalle oli palettikuljetinratkaisu, tällaisia ratkaisuja tuotannossa on jo käytössä pienempien kokoluokkien kuormankytkimissä. Palettikuljetinratkaisuun myös päädyttiin, koska se mahdollistaa automatisoinnin kattamaan loputkin työvaiheet mikäli tarpeellista, ilman ettei koko automaattilinjakonsepti menisi uusiksi.

Ensimmäisessä vaiheessa pohja kulkeutuu pohja-tärymaljalta manipulaattorille, jonka jälkeen manipulaattori nostaa pohjan palettikuljettimelle. Seuraavassa vaiheessa toinen manipulaattori asentaa din-pitimen, paletti kääntyy 180° ja manipu-

laattori asentaa toisen din-pitimen. Kolmannessa vaiheessa pohjan tultaessa manipulaattorille din-pitimet lukittuvat manipulaattoriin integroidulla työkalulla ja manipulaattori kääntää pohjan ylösalaisin seuraavaa vaihetta varten. Neljännessä vaiheessa robotti asentaa sammutuslevyt. Viimeisessä vaiheessa sammutuslevyjen asennuksen jälkeen robotti nostaa kokoonpannun pohjamoduulin pois palettikuljettimelta ja siirtää sen rullaradalle (**Layout vaihtoehto 1.**).

Näille variaatioille työvaiheita arvioitiin tahtiajaksi n. 0,7 minuuttia eli 40 sekuntia. Valmiita pohjamoduuleita tulee rullaradalle 40 sekunnin välein ja rasvaustyövaihetta tekevä työntekijä hoitaa työn ohella valmiit moduulit seuraavalle kokoonpanotyövaiheelle. Automaattilinjalta valmistuisi pohjamoduuleita yhtä työvoroa kohden 0,7 minuutin tahtiajalla:

$$480\text{min}/0,7\text{min} = 686\text{kpl} \quad (3)$$

Pohjamoduuleita valmistuisi kahdessa vuorossa automaattilinjalta 1372 kappaletta mikä on 30% enemmän, kun verrataan 2011 vuonna valmistuneiden kuormankytinten työpäiväkohtaiseen asiakastarpeeseen, mikä oli xxx kappaletta. Joten tahtiaika olisi riittävä. Automaattilinjaa käytettäisiin yhdessä tai kahdessa vuorossa, riippuen asiakastilaus kannasta.

### 5.1.2 Layout-vaihtoehto 2.

Toisessa vaihtoehdossa pohjat tulevat tärymaljalta samalla tavalla, ja niin kuin aikaisemmassakin vaihtoehdossa, manipulaattorin kautta palettikuljettimelle. Tämän jälkeen ensimmäinen robotti asentaa tärymaljalta syötetyt din-pitimet, kääntää pohjan paletilla ylösalaisin ja asentaa sammutuslevyt mitkä syötetään toiselta tärymaljalta. Seuraava robotti asentaa kolmannelta tärymaljalta tulevan sillan ja neljänneltä tärymaljalta tulevat silmukkakosketinmoduulit. Näiden vaiheiden jälkeen robotti nostaa valmiin kokoonpannun moduulin paletilta rullaradalle (**Layout vaihtoehto 2.**).

Näille variaatioille työvaiheita arvioitiin tahtiajaksi n. 0,7 min eli 40 s. Kokoonpantuja kappaleita tulee rullaradalle 40 s välein ja niin kuin aikaisemmassakin vaihtoehdossa rasvaus työvaihetta tekevä työntekijä hoitaa työn ohella valmiit

moduulit seuraavalle kokoonpano työvaiheelle. Tässäkin vaihtoehdossa automaattilinjalta valmistuisi automatisoituja kuormankytkin moduuleja yhtä työvuoroa kohden:

$$480\text{min}/0,7\text{min} = 686\text{kpl} \quad (4)$$

Kuormankytkinmoduuleja valmistuisi kahdessa vuorossa automaattilinjalta 1372 kappaletta tässäkin vaihtoehdossa se on sama 30 % enemmän, kun verrataan 2011 vuonna valmistuneiden kuormankytkinten työpäiväkohtaiseen asiakastarpeeseen, mikä oli xxx kappaletta. Joten tahtiaika olisi riittävä. Automaattilinjaa käytettäisiin yhdessä tai kahdessa vuorossa, riippuen asiakastilaus kannasta.

### 5.1.3 Layout-vaihtoehto 3.

Kolmannessa vaihtoehdossa kolme robottia hoitaa kaikki aikaisemmassa esimerkissä olleet työvaiheet. Ensimmäinen robotti nostaa tärymaljalta tulevat pohjat palettikuljettimelle ja asentaa toiselta tärymaljalta syötetyt din-pitimet sekä lukitsee ne.

Kolmannessa vaiheessa toinen robotti kääntää pohjan ylösalaisin ja asentaa kolmannelta tärymaljalta syötetyt sammutuslevyt. Neljänneltä tärymaljalta tulevat sillat, jotka toinen robotti myös asentaa.

Viidennessä vaiheessa kolmas robotti asentaa simukkakosketinmoduulit. Lisäksi se nostaa valmiin kokoonpannun moduulin paletilta rullaradalle.

Näille variaatioille työvaiheita arvioitiin tahtiajaksi noin 0,5 min eli 30 sekuntia. Kokoonpantuja kappaleita tulee rullaradalle 30 sekunnin välein ja niin kuin aikaisimmissakin vaihtoehdoissa rasvaus-työvaihetta tekevä työntekijä hoitaa työn ohella valmiit moduulit seuraavalle kokoonpano työvaiheelle (**Layout vaihtoehto 3.**).

Kolmannessa vaihtoehdossa automaattilinjalta valmistuisi automatisoituja kuormankytkin moduuleja yhtä työvuoroa kohden:

$$480\text{min}/0,5\text{min} = 960\text{kpl} \quad (5)$$



Kuormankytinmoduuleja valmistuisi kahdessa vuorossa automaattilinjalta 1920 kappaletta tässä vaihtoehdossa. Kun verrataan 2011 vuonna valmistuneiden kuormankytinten työpäiväkohtaiseen asiakastarpeeseen, mikä oli xxx kappaletta, niin tämä olisi 50 % enemmän. Tahti aika olisi näihin 2011 vuoden volyyymeihin riittävä, että linjaa käytettäisiin yhdessä vuorossa.

## 6 INVESTOINTILASKELMAT

Yksiselitteisesti kannattavuutta ei voida määrittää, mutta yleisesti sillä tarkoitetaan tulontuottamiskykyä tietyn ajanjakson aikana. Yrityksen kannattavuutta voidaan lyhyellä aikavälillä tarkastella laskemalla tuottojen ja kulujen suhde. Yritys tuottaa tappiota jos kulut ovat tuottoja suuremmat. Tätä ajattelutapaa joka on yksinkertaista voidaan soveltaa myös tuotteiden kannattavuuteen. Jos suoraan tuotteeseen kohdistuvat kustannukset ovat suuremmat kuin tuotot, on tuotteen myynti tappiollista. /6, 79–82/

Kannattavuuslaskenta ei kuitenkaan ole aina näin yksinkertaista yritykselle ja sen tuotteille. Muun muassa yritys voi tehdä strategisen päätöksen ja myydä jotain tuotetta tappiollisesti saadakseen näin enemmän asiakkaita muille kannattaville tuotteille. Kannattavuus on eri ulottuvaisuuksia kattava käsite ja siten laaja. /6, 79–82/

### 6.1 Työvoimakustannusten muutos automatisoinnista

Automatisoinnin ansiosta tiimistä vapautuvat resurssit saadaan käyttöön kuormankytkinten variointiin ja viimeistelyyn. Näin ollen pystymme paremmin vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin lyhyemmillä toimitusajoilla.

Tuotannon työntekijöiden tuntipalkka on keskimäärin n. xx,x €. Kun työtunti hintaan lisätään työvoimasta aiheutuvat sosiaaliset kulut, saadaan 1,7 kertoimella tuntipalkka.

$$215 \frac{d}{a} * 8h * xx, x \text{ €} * 1,7 = xx \text{ xxx €}/\text{henkilö} \quad (6)$$

Täten kahden ja puolen työntekijän työvoimakustannukset vuodessa ovat vaihtoehdolla 1.:

$$2,5 * xx \text{ xxx €} = xxx \text{ xxx €}/a \quad (7)$$

Automatisoinnista aiheutuvat työvoimakustannussäästöt vuodessa vaihtoehdolla 1.

$$(2,5 * xx\ xxx\ \text{€}) - (xx\ xxx\ \text{€}/2) = xx\ xxx\ \text{€}/a \quad (8)$$

Ja neljän työntekijän työvoimakustannukset vuodessa ovat vaihtoehdoilla 2. ja 3.:

$$4 * xx\ xxx\ \text{€} = xxx\ xxx\ \text{€}/a \quad (9)$$

Automatisoinnista aiheutuvat työvoimakustannussäästöt vuodessa vaihtoehdoilla 2. ja 3.

$$(4 * xx\ xxx\ \text{€}) - (xx\ xxx\ \text{€}/2) = xxx\ xxx\ \text{€}/a \quad (10)$$

## 6.2 Investoinnin kannattavuuden katselmus

### 6.2.1 ROI (return on investment)

Pääoman tuottoastemenetelmän avulla lasketaan investoinnin pääomalle prosentuaalinen tuotto. Kyseinen menetelmä on yksinkertaistettu sisäisen korkokannan menetelmä. ROI (return on investment) tarkoittaa pääoman tuottoastetta, joka lasketaan jakamalla investoinnin keskimääräinen vuotuinen nettotuotto, investointiin sidotulla pääomalla. /6, 178-179/

Ongelmana voi kuitenkin olla se, että pääoman tuottoastemenetelmä ei ota huomioon suoritusten eriaikaisuutta. Tämä puute voidaan huomioida laskemalla investoinnin poistot, jotka vähennetään vuotuisista nettotuloista. Käytännössä pääoman tuottoaste voidaan myös laskea käyttämällä investoinnin keskimäärin sitoman pääoman sijaan alkuperäistä hankintamenoa. /6,178-179/

Automaattilinjaan sijoitetun pääoman tuottoaste saadaan laskettua kaavalla 11.

$$ROI = 100 * \frac{\text{nettotuotot} - \text{poistot}}{\text{sijoitettu pääoma (hankintakustannus)}} \quad (11)$$

$$ROI = 100 * \frac{A - B - C}{D}$$

Kaavassa: ROI on pääoman tuottoaste

A on automaattilinjan korvaamien työntekijöiden vuosipalkka

B on automaattilinjan aiheuttama vuotuinen työvoimakustannus

C on investoinnin vuotuiset poistot

D on automaattilinjan hankinta kustannus

### 6.2.2 Takaisinmaksuaika (Payback period)

Periaatteena takaisinmaksuajalle on että siinä lasketaan aika jonka kuluessa investoinnista on kulunut saman verran nettotuloa kuin investointimenoa. Tämä on aika jona investointi maksaa itsensä takaisin.

Huomioitavaa takaisinmaksuajan suhteen on että se ei huomioi rahan aika-arvoa ja se pyöristetään ylöspäin vuoden tarkkuudella. Se ei myös huomioi takaisinmaksuajan jälkeisiä nettotuloja ja jos vuotuinen lisätulo vaihtelee, täytyy kukin vuosi laskea erikseen. /10/

Takaisinmaksuajan tarkastelu voidaan laskea kaavalla 12.

$$P = \frac{\textit{sijoitettu pääoma}}{\textit{vuotuinen lisätulo}} \quad (12)$$

$$P = \frac{D}{A - B}$$

Kaavassa: P on investoinnin takaisinmaksuaika vuosina (a) /17/

### 6.3 Automaattilinjan kokonaiskustannukset ja investointilaskelmat

Ensimmäisen automaattilinjan vaihtoehdon kokonaiskustannukset

**Toimilaitteet:**

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Nivelvarsi robotti IRB140 (asennettuna) | xxx € |
| Logiikka                                | xxx € |
| Manipulaattorit (3kpl)                  | xxx € |
| Venttiilit yms.                         | xxx € |
| Pohjätäry                               | xxx € |
| DIN-pidintäry                           | xxx € |
| Sammutuslevytäry                        | xxx € |
| Palettikuljetin                         | xxx € |
| Poisto rullarata                        | xxx € |

**Muut rakenteet:**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Suojat (pleksit ja äänieristys) | xxx € |
| Jikit                           | xxx € |

**Työt:**

|              |                      |       |
|--------------|----------------------|-------|
| Suunnittelu  | 320 h (sähkö. + mek) | xxx € |
| Käyttöönotto | 640 h (sähkö. + mek) | xxx € |

**Yhteensä** **xxxxxx €**

## Toisen automaattilinjan vaihtoehdon kokonaiskustannukset

**Toimilaitteet:**

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Nivelvarsi robotti IRB140 2kpl (asennettuna) | xxx € |
| Logiikka                                     | xxx € |
| Manipulaattori                               | xxx € |
| Venttiilit yms.                              | xxx € |
| Pohjätäry                                    | xxx € |
| DIN-pidintäry                                | xxx € |
| Sammutuslevytäry                             | xxx € |
| Siltätäry                                    | xxx € |
| Silmukkakosketintäry                         | xxx € |
| Palettikuljetin                              | xxx € |
| Poisto rullarata                             | xxx € |

**Muut rakenteet:**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Suojat (pleksit ja äänieristys) | xxx € |
| Jikit                           | xxx € |

**Työt:**

|              |                      |       |
|--------------|----------------------|-------|
| Suunnittelu  | 430 h (sähkö. + mek) | xxx € |
| Käyttöönotto | 850 h (sähkö. + mek) | xxx € |

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| <b><u>Yhteensä</u></b> | <b>xxxxxx €</b> |
|------------------------|-----------------|

## Kolmannen automaattilinja vaihtoehdon kokonaiskustannukset

**Toimilaitteet:**

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| Nivelvarsi robotti IRB140 3kpl (asennettuna) | xxx € |
| Logiikka                                     | xxx € |
| Venttiilit yms.                              | xxx € |
| Pohjätäry                                    | xxx € |
| DIN-pidintäry                                | xxx € |
| Sammutuslevytäry                             | xxx € |
| Siltätäry                                    | xxx € |
| Silmukkakosketintäry                         | xxx € |
| Palettikuljetin                              | xxx € |
| Poisto rullarata                             | xxx € |

**Muut rakenteet:**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Suojat (pleksit ja äänieristys) | xxx € |
| Jikit                           | xxx € |

**Työt:**

|              |                     |       |
|--------------|---------------------|-------|
| Suunnittelu  | 430 h (sähk. + mek) | xxx € |
| Käyttöönotto | 850 h (sähk. + mek) | xxx € |

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| <b>Yhteensä</b> | <b>xxxxxxx €</b> |
|-----------------|------------------|

---

**Ensimmäisen vaihtoehdon poistot:**

Investointi xxx xxx €, poisto 10 vuoden ajanjaksolla kaavalla 12.

$$xxx \text{ xxx } \text{€} / 10a = xx \text{ xxx } \text{€}/a \quad (12)$$

**Toisen vaihtoehdon poistot:**

Investointi xxx xxx €, poisto 10 vuoden ajanjaksolla kaavalla 13.

$$xxx \text{ xxx } \text{€} / 10a = xx \text{ xxx } \text{€}/a \quad (13)$$

**Kolmannen vaihtoehdon poistot:**

Investointi xxx xxx €, poisto 10 vuoden ajanjaksolla kaavalla 14.

$$(14)$$

$$xxx\ xxx\ \text{€} / 10a = xx\ xxx\ \text{€}/a$$

**Automaattilinjan vuotuiset työvoimakustannukset kaavalla 12.**

$$\text{Prosessin valvontaan ja ylläpitoon } 0,5 \text{ työntekijää } xx\ xxx * 0,5 = xx\ xxx\ \text{€} \quad (15)$$

**Pääoman tuottoaste vaihtoehdolle 1. kaavalla 11.**

$$ROI = 100 * \frac{A - B - C}{D}$$

$$ROI = 100 * \frac{xxx\ xxx\ \text{€}/a - xx\ xxx\ \text{€}/a - xx\ xxx\ \text{€}/a}{xxx\ xxx\ \text{€}} \quad (16)$$

$$ROI = 35\%$$

**Takaisinmaksuaika vaihtoehdolle 1. kaavalla 12.**

$$P = \frac{D}{A - B}$$

$$P = \frac{xxx\ xxx\ \text{€}}{xxx\ xxx\ \text{€}/a - xx\ xxx\ \text{€}/a}$$

$$P = 2,2a \quad (17)$$

**Pääoman tuottoaste vaihtoehdolle 2. kaavalla 11.**

$$ROI = 100 * \frac{A - B - C}{D}$$



$$ROI = 100 * \frac{xxx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a}{xxx\ xxx\ €}$$

(18)

$$ROI = 42\%$$

**Takaisinmaksuaika vaihtoehdolle 2. kaavalla 12.**

$$P = \frac{D}{A - B}$$

$$P = \frac{xxx\ xxx\ €}{xxx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a}$$

$$P = 1,9a$$

(19)

**Pääoman tuottoaste vaihtoehdolle 3. kaavalla 11.:**

$$ROI = 100 * \frac{A - B - C}{D}$$

$$ROI = 100 * \frac{xxx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a}{xxx\ xxx\ €}$$

$$ROI = 37\%$$

**Takaisinmaksuaika vaihtoehdolle 3. kaavalla 12.**

$$P = \frac{D}{A - B}$$

$$P = \frac{xxx\ xxx\ €}{xxx\ xxx\ €/a - xx\ xxx\ €/a}$$

$$P = 2,1a$$

(19)

Alustava investointi laskelma yrityksessä käytettävällä laskupohjalla vaihtoehto 1.

## ABB Breakers and Switches

## Alustava investointilaskelma

21.5.2012

|                   |                                            |
|-------------------|--------------------------------------------|
| Projekti:         | OT100-125F3 kokp. puoliautomaattisointi 1. |
| Lauselman tekijä: | Jarkko Karjanmaa/LTS 30.4.2012             |

|                                                         | Ilkkinen menetelmä | Investoinnin kohde | Erotus |
|---------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Arvioitu tuotantovolyymi vuodessa (kpl)                 |                    |                    |        |
| Tarvittava työntekijöiden määrä (arvioituun volyymiin)  |                    |                    |        |
| Kulut työntekijää kohden vuodessa (EUR)                 |                    |                    |        |
| Kokonaistyyövoima kustannukset vuodessa (EUR)           |                    |                    |        |
| Kokonaispääoma kustannus eli investoinnin suuruus (EUR) |                    |                    |        |

| VUOSI                                                   | 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|
| 1. Kustannukset aineellista hyödykkeistä (-)            |     |   |   |   |   |   |
| 2. Kustannukset aineettomista hyödykkeistä (-)          |     |   |   |   |   |   |
| 3. Tulot kiinteän omaisuuden myynnistä (+)              |     |   |   |   |   |   |
| 4. Kokonaiskustannukset (1+2+3)                         |     |   |   |   |   |   |
| 5. Kustannusten siirto edelliselle vuodelle             |     |   |   |   |   |   |
| 6. Työvoimakustannukset nykyisessä menetelmässä         |     |   |   |   |   |   |
| 7. Työvoimakustannukset investoinnin kohteessa          |     |   |   |   |   |   |
| 8. Tuotot investoinnista (6-7)                          |     |   |   |   |   |   |
| 9. (muutos nettokäyttöpääomassa sisällytetty kohtaan 8) |     |   |   |   |   |   |
| 10. Investoinnin jäännösarvo                            |     |   |   |   |   |   |
| 11. Kassavirta sisään/tulos (5+8+10)                    |     |   |   |   |   |   |
| 12. Kumuloitu kassavirta                                |     |   |   |   |   |   |
| 13. Laskenta korko (WACC [%])                           |     |   |   |   |   |   |
| 14. Sisäinen korko (IRR)                                |     |   |   |   |   |   |
| 15. Netto nykyarvo (NPV)                                |     |   |   |   |   |   |
| 16. Takaisinmaksuaika (kuvaaja)                         | 2,2 |   |   |   |   |   |

Pvm./Allekirjoitus\_\_\_\_\_

Tarkastaja/Hyväksyjä\_\_\_\_\_

Investointi on kannattava jos IRR=>WACC ja NPV>0

ABB Breakers and Switches

Alustava investointilaskelma

21.5.2012

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| Projekti:         | OT100-125F3 kokp. puoliautomaatio 2. |
| Laskelman tekijä: | Jarkko Karjanmaa/LTS 29.4.2012       |

|                                                         | Nykyinen menetelmä | Investoinnin kohde | Erotus |
|---------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Arvioitu tuotantovolyymi vuodessa (kpl)                 |                    |                    |        |
| Tarvittava työntekijöiden määrä (arvioituun volyymiin)  |                    |                    |        |
| Kulut työntekijää kohden vuodessa (EUR)                 |                    |                    |        |
| Kokonaistyyövoima kustannukset vuodessa (EUR)           |                    |                    |        |
| Kokonaispääoma kustannus eli investoinnin suuruus (EUR) |                    |                    |        |

| VUOSI                                                   | 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|
| 1. Kustannukset aineellisia hyödykkeitä (-)             |     |   |   |   |   |   |
| 2. Kustannukset aineettomista hyödykkeistä (-)          |     |   |   |   |   |   |
| 3. Tulot kiinteään omaisuuteen myynnistä (+)            |     |   |   |   |   |   |
| 4. Kokonaiskustannukset (1+2+3)                         |     |   |   |   |   |   |
| 5. Kustannusten siirto edelliselle vuodelle             |     |   |   |   |   |   |
| 6. Työvoimakustannukset nykyisessä menetelmässä         |     |   |   |   |   |   |
| 7. Työvoimakustannukset investoinnin kohteessa          |     |   |   |   |   |   |
| 8. Tuotot investoinnista (6-7)                          |     |   |   |   |   |   |
| 9. (muutos nettokäyttöpääomassa sisällytetty kohtaan 8) |     |   |   |   |   |   |
| 10. Investoinnin jäännösarvo                            |     |   |   |   |   |   |
| 11. Kassavirta sisään/lulos (5+8+10)                    |     |   |   |   |   |   |
| 12. Kumuloitu kassavirta                                |     |   |   |   |   |   |
| 13. Laskenta korko (WACC [%])                           |     |   |   |   |   |   |
| 14. Sisäinen korko (IRR)                                |     |   |   |   |   |   |
| 15. Netto nykyarvo (NPV)                                |     |   |   |   |   |   |
| 16. Takaisinmaksuaika (kuukausia)                       | 1,9 |   |   |   |   |   |

Pvm./Allekirjoitus \_\_\_\_\_  
Tarkastaja/Hyväksyjä \_\_\_\_\_

Investointi on kannattava jos IRR=>WACC ja NPV>0

**ABB Breakers and Switches**

**Alustava investointilaskelma**

21.5.2012

|                   |                                      |
|-------------------|--------------------------------------|
| Projekti:         | OT100-125F3 kokp. puoliautomaatio 3. |
| Laskelman tekijä: | Jarkko Karjanmaa/LTS 29.4.2012       |

|                                                         | Nykyinen menetelmä | Investoinnin kohde | Erotus |
|---------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Arvioitu tuotantovolyymi vuodessa (kpl)                 |                    |                    |        |
| Tarvittava työntekijöiden määrä (arvioituun volyymiin)  |                    |                    |        |
| Kulut työntekijää kohden vuodessa (EUR)                 |                    |                    |        |
| Kokonaistyövoima kustannukset vuodessa (EUR)            |                    |                    |        |
| Kokonaispääoma kustannus eli investoinnin suuruus (EUR) |                    |                    |        |

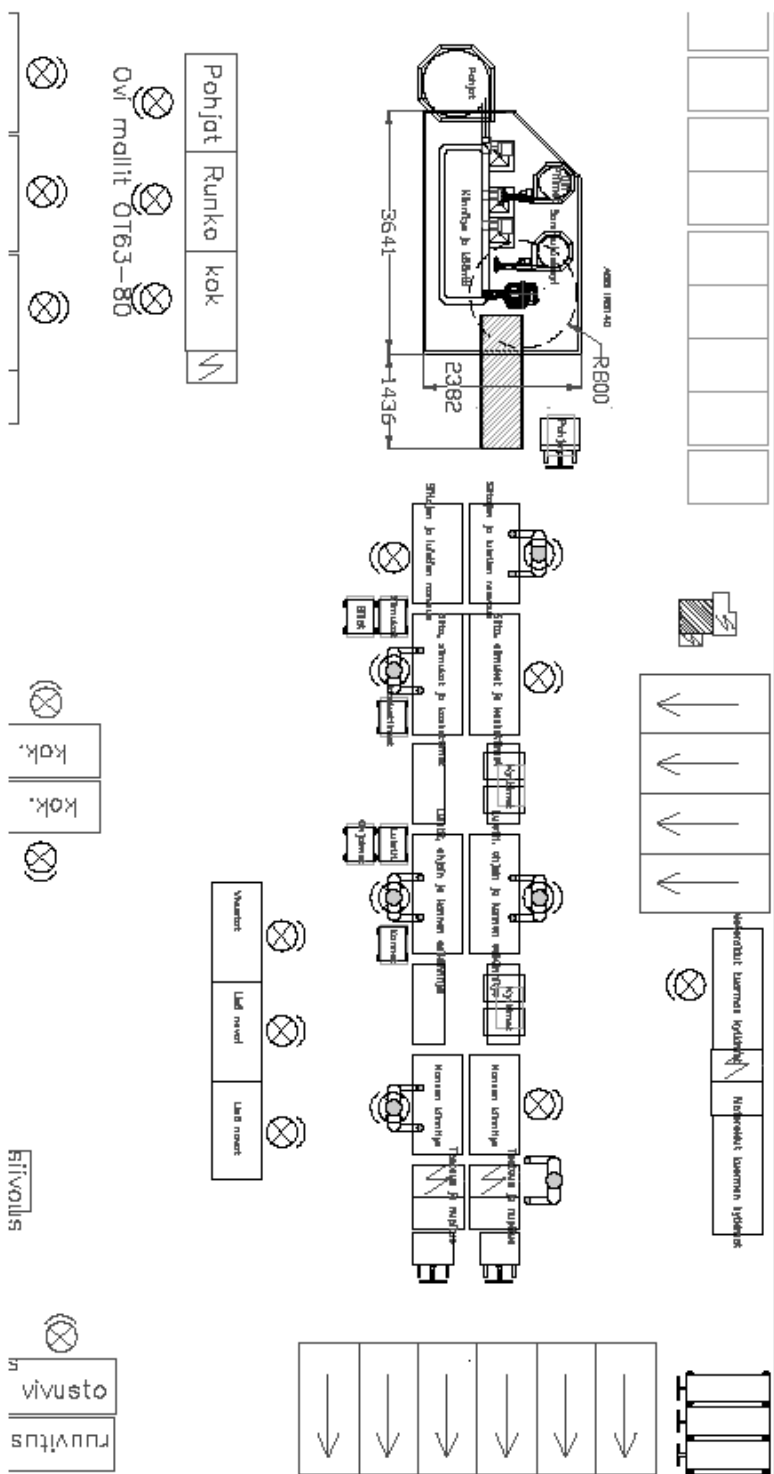
| VUOSI                                                   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1. Kustannukset aineellisista hyödykkeistä (-)          |   |   |   |   |   |   |
| 2. Kustannukset aineettomista hyödykkeistä (-)          |   |   |   |   |   |   |
| 3. Tulot kiinteän omaisuuden myynnistä (+)              |   |   |   |   |   |   |
| 4. Kokonaiskustannukset (1+2+3)                         |   |   |   |   |   |   |
| 5. Kustannusten siirto edelliselle vuodelle             |   |   |   |   |   |   |
| 6. Työvoimakustannukset nykyisessä menetelmässä         |   |   |   |   |   |   |
| 7. Työvoimakustannukset investoinnin kohteessa          |   |   |   |   |   |   |
| 8. Tuotot investoinnista (6-7)                          |   |   |   |   |   |   |
| 9. (muutos) nettokäyttöpääoma ssa säilytetty kohtaan 8) |   |   |   |   |   |   |
| 10. Investoinnin jäänösarvo                             |   |   |   |   |   |   |
| 11. Kassavirta sisään/ulos (5+8+10)                     |   |   |   |   |   |   |
| 12. Kumuloitu kassavirta                                |   |   |   |   |   |   |
| 13. Laskenta korko (WACC [%])                           |   |   |   |   |   |   |
| 14. Sisäinen korko (IRR)                                |   |   |   |   |   |   |
| 15. Nettonykyarvo (NPV)                                 |   |   |   |   |   |   |
| 16. Takaisinmaksuaika (kuuvaa ja)                       |   |   |   |   |   |   |

Pvm./Allekirjoitus \_\_\_\_\_  
 Tarkastaja/Hyväksyjä \_\_\_\_\_

Investointi on kannattava jos IRR=>WACC ja NPV>0



LTK127-tiimin layout vaihtoehto 1.









## 7 TULOKSET

Laskelmia tarkasteltaessa voidaan päätellä, että kaikki vaihtoehdot tuottoprosentin ja takaisinmaksuajan kannalta ovat kannattavia. Kaikissa vaihtoehdoissa tuottavien hyötyjen suuruus verrattuna kustannuksiin ovat hyviä ja takaisinmaksuajat jäävät kahteen vuoteen. Tuloksista voidaan todeta, että automatisointi olisi kannattavaa.

Tuotannon kehityspäällikön käyttämällä investointilaskupohjalla laskettaessa, takaisinmaksuajaksi saatiin kaikissa vaihtoehdoissa noin kaksi vuotta. Investointi laskupohjalla laskettaessakin voidaan todeta, että kaikki automatisointivaihtoehdot olisivat tämän pohjalta kannattavia.

Kaikki vaihtoehdot takaisinmaksuajan kannalta olisivat kannattavia. Kun taas tarkastellaan automaattilinjan vaihtoehtoja tahtiaika tarkasteluna, niin kolmas automaattilinjan vaihtoehto olisi kaikkein kannattavin vaikkakin investointina suurin.

Ensimmäisellä vaihtoehdolla kuormankytkimen pohjamoduulin kokoonpanoaika lyhenisi tämän hetkisestä 1,05 minuutista 0,7 minuuttiin ja kokonaiskokoonpanoajaksi tulisi 2,81 minuuttia nykyisestä 3,16 minuutista. Kuormankytkimen kokonaiskokoonpanoajasta putoaisi pois tällä vaihtoehdolla noin 11 %. Vuosittaisia työvoimakustannuksia säästyisi xx xxx €.

Toisella vaihtoehdolla kuormankytkinmoduulin kokoonpanoaika lyhenisi tämän hetkisestä 1,68 minuutista 0,7 minuuttiin ja kokonaiskokoonpanoajaksi tulisi 2,18 minuuttia nykyisestä 3,16 minuutista. Kuormankytkimen kokonaiskokoonpanoajasta putoaisi pois tällä vaihtoehdolla noin 31 %. Vuosittaisia työvoimakustannuksia säästyisi xxx xxx €.

Kolmannella vaihtoehdolla kuormankytkinmoduulin kokoonpanoaika lyhenisi tämän hetkisestä 1,68 minuutista 0,5 minuuttiin ja kokonaiskokoonpanoajaksi tulisi 1,98 minuuttia nykyisestä 3,16 minuutista. Kuormankytkimen kokonaiskokoonpanoajasta putoaisi pois tällä vaihtoehdolla noin 37 %. Vuosittaisia työvoimakustannuksia säästyisi xxx xxx €.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

ABB Breakers and Switches LTK127-tiimissä valmistettavien kuormankytinten tuotannon tulisi vastata tulevaisuuden kasvavaan kysyntään. Tämän tutkimustyön tarkoituksena oli selvittää automaattilinjan hyödyntämistä kuormankytin valmistuksessa.

Työ aloitettiin tutkimalla vuonna 2011 LTK127-tiimissä valmistuneiden kuormankytinten määriä. Tämän tein sen vuoksi että saisin käsityksen siitä, mitkä kuormankytinvariaatiot määrien vuoksi kannattaisi automatisoida. Seuraavassa vaiheessa tutkittiin mitkä työvaiheet olisi helposti automatisoitavissa ja mitkä kannattaisi automatisoida.

Osien rasvaustyövaihe oli tutkimustyössä aika pitkään mukana. Automatisoinnista tämä työvaihe rajattiin kuitenkin pois siitä syystä, että osien laadun tarkistus tapahtuu tällä hetkellä näissä työvaiheissa. Näistä rasvaustyövaiheista kannen rasvauksen voisi kyllä puoliautomatisoida, koska kansissa ei ole havaittu toistuvia laatuongelmia.

Kun nämä oli selvitetty, täytyi seuraavaksi tutkia minkälaisilla toimilaitteilla nämä automatisoidut vaiheet onnistuisivat. Automaattilinjan sijoittamiseen tiimiin valmistettiin kolme layout ehdotusta.

Ensimmäisessä layout-vaihtoehdossa automatisoitaisiin yksi nykyisistä käsityövaiheista. Puoliautomatisointi toisi jonkin verran säästöjä työvoimakustannuksiin. Investointina tämä vaihtoehto olisi edullisin. Tällä vaihtoehdolla ei kuitenkaan saavutettaisi yhtä tuottavaa läpimenoaikaa ja työvoimakustannussäästöjä kuin kahdella seuraavalla vaihtoehdolla, mutta saataisiin poistettua yksi käsityövaihe.

Layout-vaihtoehto kakkosessa automatisoitaisiin kaksi tällä hetkellä käsityönä tehtävää työvaihetta. Tällä variaatiolla säästettäisiin huomattavasti vuotuisissa työvoimakustannuksissa. Läpimenoaika lyhenisi huomattavasti, kuitenkin automatisoitujen työvaiheiden tahtiaika olisi pidempi kuin kolmannessa vaihtoehdos-

sa. Tämä johtuu siitä, että tähän layoutiin on suunniteltu vain kaksi robottia, kun taas kolmannessa vaihtoehdossa samat työvaiheet hoitaisi kolme robottia.

Kolmannessa layout-vaihtoehdossa automatisoitavat työvaiheet ovat samat kuin vaihtoehdossa kaksi. Erona on se, että tässä vaihtoehdossa robotteja automaattilinjalle tulisi kolme kappaletta. Näillä toimilaitteilla saavutettaisiin huomattava läpimenoajan muutos, tahti aika automatisoiduille työvaiheille saataisiin pieneksi. Työvoimakustannuksia saataisiin myös pienennettyä huomattavasti. Tässä vaihtoehdossa olisi suurimmat investointikulut, mutta sillä saavutettaisiin myös suurimmat hyödyt.

Layout-suunnitelmien jälkeen keskityttiin automaattilinja vaihtoehtojen arvioituihin kokonaiskustannuksiin ja takaisinmaksuajan laskemiseen. Kokonaiskustannukset laskuissa perustuivat aikaisempiin toimittajien tarjouksiin ja hintoihin.

Tutkimustyön tuloksena varmistui, että tämän tyylliset automaattilinjatarkaisut olisivat kannattavia LTK127-tiimiin. Tähän vaikuttivat investoinnin takaisinmaksuajan pituus, sekä hyvä pääoman tuottoaste. Myös staattisia työasentoja vaativia työvaiheita saataisiin korvattua yhdestä kahteen työvaiheeseen, riippuen mitä vaihtoehtoa tarkastelee.

Tällä hetkellä silmukan ja koskettimen toimittavat kaksi eri toimittajaa. Tutkimustyössä olen käyttänyt silmukkakosketinmoduulia, joka tulisi yhdeltä toimittajalta valmiiksi kokoonpantuna. Tätä mahdollisuutta tutkitaan vielä.

Silmukkakosketinmoduulin syöttö tärymaljalla on tällä hetkellä epäselvää. Tulisi lähettää näytekappaleet silmukkakosketinmoduulista tärymaljojen toimittajalle, että voidaan selvittää olisiko tässä jotain ongelmaa. Kyseenalaista on, että pysyykö kokoonpantu moduuli kasassa tärymaljalla syötettäessä. Toinen epäselvä asia on hopeoidun koskettimen ja sinkitystä levystä valmistetun silmukan reagoiminen toisiinsa. Lähteekö sinkki hilseilemään silmukasta ja tuleeko tuosta hilseilystä jostain käytännön toiminnallista vaaraa tai ongelmaa, mutta nämä asiat täytyy selvittää.

Tutkimustyötä tehdessäni huomasin, että pohjien tärymalja tarvitsisi lisäsyöttölaitteen pohjille. Kappaleet ovat aika suuria ja täten työntekijä joutuisi olemaan turhan usein täyttämässä tärymaljaa. Syöttölaitteesta koituisi lisäksi vielä lisäkustannuksia, joita ei ole laskelmissa. Näitä kustannuksia ei ole huomioitu suunnitelmissa, koska tutkimustyö oli jo niin pitkällä ja kaikki layoutit ja laskelmat oli tehty. Lisäsyöttölaite ei kuitenkaan nostaisi kustannuksia huomattavasti.

Tämän tyyliiseen automatisointiin vaihtoehtoja layout-variaatioihin on lukemattomia, eri koneilla ja toimilaitteilla. Seuraava vaihe on pyytää tarjouksia eri laite toimittajilta ja syventyä tarkemmin toimilaitteisiin. Tutkimustyön positiivisen tuloksen ansiosta voidaan viedä hankinta-aloite eteenpäin LTK127-tiimin automaatioasteen nostamisesta.

## LÄHTEET

- /1/ ABB:n intranet Breakers and Switches. Viitattu 8.5.2012. <http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/a674b0e84b495653c12579d1004151fb.aspx>
- /2/ ABB:n intranet PG Switches overview April 2012. Viitattu 8.5.2012. <http://fi.inside.abb.com/cawp/gad00195/a674b0e84b495653c12579d1004151fb.aspx>
- /3/ ABB-yhtymän avainluvut. Viitattu 16.4.2012. <http://www.abb.com/cawp/fiabb251/b23b1eb7a45bc7b3c2256b200045bd29.aspx>
- /4/ ABB yleisesittely. Viitattu 8.5.2012. <http://www.abb.com/product/fi/9AAC100793.aspx?country=FI>
- /5/ ABB yleisesittely. Viitattu 16.4.2012. <http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/4c7fb86040626fd9c2256b2000427c68.aspx>
- /6/ Alhola K, Lauslahti S 2003. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta, 1.-4. Tammer-Paino, WSOY
- /7/ Automaation hyödyt. Viitattu 16.4.2012 <http://www.tekes.fi/fi/community/Julkaisut%20ja%20uutiskirjeet/333/Julkaisut/1367>
- /8/ Fyysinen kuormittuminen. Viitattu 16.4.2012 <http://www.tyosuojelu.fi/upload/vsshp-fyyskuorm.pdf>
- /9/ Heinonkoski R, Asp R & Hyppönen H 2008, Automaatio -helppo elämä? Vammalan Kirjapaino Oy, Opetushallitus
- /10/ Investointilaskenta. Viitattu 8.5.2012. [http://noppa.aalto.fi/noppa/.../tu.../TU-22\\_1101\\_laskarikalvot\\_5-pdf/>](http://noppa.aalto.fi/noppa/.../tu.../TU-22_1101_laskarikalvot_5-pdf/>)
- /11/ Lapinleimu I, Kauppinen V & Torvinen V 1997, Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Tammer-Paino, Sanoma Pro Oy
- /12/ Manipulaattori. Viitattu 16.4.2012. <http://suomisanakirja.fi/Teollisuusrobotti>
- /13/ Palettikuljettimet. Viitattu 17.4.2012. <http://www.swoy.fi/?palettikuljettimet.1;2;3800;200.3400.3800.html>
- /14/ Tuotannon ohjaus. Viitattu 17.4.2012. <http://portal.puv.fi/file.php/1061/Kalvosarjat/TuotOhj11.pdf>
- /15/ Tuotteen elinkaari. Viitattu 17.4.2012. <http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/elinkaarikustannukset>

- /16/ Tärylaitteet kotiin ja teollisuuteen. Viitattu 17.4.2012. [http://www.rakentaen.net/rakentaminen/tarylaitteet-kotiin-ja-teollisuuden kaytoon](http://www.rakentaen.net/rakentaminen/tarylaitteet-kotiin-ja-teollisuuden_kayttoon)
- /17/ Yritystalous. Viitattu 17.4.2012. <https://portal.puv.fi/file.php/2119/Kalvosarjat/YTO2010.pdf>