

# TUOTANTOSOLUN KÄYTTÖLIITTYMÄN LAAJENNUS

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Henri Salmela

## Kuvailulehti

|  |                                     |                               |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|
| Tekijä(t)<br>Salmela, Henri  | Julkaisun laji<br>Opinnäytetyö, AMK | Valmistumisaika<br>Kevät 2018 |
|  | Sivumäärä<br>34                     |                               |
| Työn nimi<br><b>Tuotantosolun käyttöliittymän laajennus</b>  |                                     |                               |
| Koulutusohjelma<br>Kone- ja tuotantotekniikka, Mekatroniikka   |                                     |                               |
| Tiivistelmä<br><p>Opinnäytetyön aiheena oli jo olemassa olevan tuotantosolun lavakuljettimien käyttöliittymän laajentaminen ja päivittäminen. Työ tehtiin kevään 2018 aikana suureen elintarviketeollisuuden yritykseen, joka haluttiin yrityksen toimesta pitää salaisena.</p> <p>Käyttöliittymän parantamisen tavoitteena oli tuoda koneen käyttäjille uusi operointipaneeli paremmalle sijainnille, selkeyttää ja helpottaa operaattoreiden työskentelyä kyseisessä tuotantolinjan työpisteessä sekä lyhentää häiriöaikojen pituuksia.</p> <p>Opinnäytetyössä käsitellään aiheita teollisuusautomaatio, tuotantosolu, teollisuusrobotti ja käyttöliittymä. Käytännön osuudessa käydään läpi työn lähtökohdat ja työn suunnittelu sekä toteutus.</p> <p>Opinnäytetyössä saavutettiin asetetut tavoitteet. Operointipaneeli tulee käyttöön kevään aikana ja sitä tullaan päivittämään edelleen käyttäjien toiveiden mukaisesti.</p> |                                     |                               |
| Avainsanat<br>Käyttöliittymä, Automaatio, Tuotantosolu, HMI  |                                     |                               |

## Description

|   |  |                          |
|---|--|--------------------------|
| Author(s)<br>Salmela, Henri   | Type of publication<br>Bachelor's thesis | Published<br>Spring 2018 |
|   | Number of pages<br>34                    |                          |
| Title of publication<br><b>Human-Machine-Interface upgrade for Production Cell</b>  |  |                          |
| Degree programme<br>Mechatronics  |  |                          |
| Abstract<br><p>Topic of this thesis is Human-Machine-Interface upgrade for production cell. Thesis was made for one huge food industry company in the spring 2018. The company is kept secret.</p> <p>The aimed outcome for this thesis is to install HMI-panel to a better location and make the software easier and better to use. The target was also to abbreviate fault times.</p> <p>Thesis includes industry automation, production cell, industry robot and user interface. User interface is mainly about Human-Machine-Interface. Work itself contains starting point, whole planning work and finally execution.</p> <p>Set objectives were achieved and user interface will be updated in the future to be better and more efficient.</p> |  |                          |
| Keywords<br>HMI, Industrial Automation, Product Cell, User Interface  |  |                          |

## SISÄLLYS

|       |                                     |    |
|-------|-------------------------------------|----|
| 1     | JOHDANTO.....                       | 3  |
| 2     | TEOLLISUUSAUTOMAATIO.....           | 5  |
| 2.1   | Määritelmä.....                     | 5  |
| 2.2   | Teollisuusautomaation edut.....     | 6  |
| 2.3   | Teollisuusautomaation tyypit.....   | 7  |
| 2.3.1 | Säädetty automaatio.....            | 7  |
| 2.3.2 | Ohjelmoitava automaatio.....        | 7  |
| 2.3.3 | Joustava automaatio.....            | 8  |
| 2.4   | Teollisuusrobotti.....              | 8  |
| 2.4.1 | Toiminta ja rakenne.....            | 9  |
| 2.4.2 | Käyttökohteet.....                  | 12 |
| 2.4.3 | Turvallisuus.....                   | 12 |
| 2.5   | Automatisoitu tuotantosolu.....     | 14 |
| 3     | KÄYTTÖLIITTYMÄ TEOLLISUUDESSA.....  | 16 |
| 3.1   | Ohjelmoitava logiikka PLC.....      | 16 |
| 3.2   | HMI.....                            | 18 |
| 3.3   | Siemens HMI -operointipaneeli.....  | 18 |
| 3.4   | TIA Portal -ohjelmointityökalu..... | 19 |
| 4     | KÄYTÄNNÖNOSUUS.....                 | 21 |
| 4.1   | Lähtökohdat.....                    | 21 |
| 4.2   | Suunnittelu.....                    | 22 |
| 4.2.1 | Operointipaneeli.....               | 22 |
| 4.2.2 | Käyttöliittymä.....                 | 23 |
| 4.3   | Toteutus.....                       | 24 |
| 4.3.1 | Käyttöliittymän ohjelmointi.....    | 24 |
| 4.3.2 | Operointipaneelin asennus.....      | 27 |
| 4.3.3 | Testaus.....                        | 28 |
| 5     | YHTEENVETO.....                     | 29 |
|       | LÄHTEET.....                        | 31 |

## Sanasto

|      |   |
|------|---|
| As-I | Actual Sensor Interface.  |
| CNC  | Computer numerical control.   |
| CPU  | Central Processing Unit. Keskusyksikkö.                             |
| HMI  | Human-Machine- Interface. Käyttöliittymä koneen ja ihmisen välille. |
| I/O  | Input/Output. Sisääntulo/Ulostulo.                                  |
| mA   | Milliampere. Milliampeeri.  |
| PC   | Personal Computer. Tietokone.                                       |
| PLC  | Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.               |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö suoritetaan suuressa elintarviketeollisuuden yrityksessä. Työssä on tarkoitus päivittää ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymä käyttäjäystävällisemmäksi ja nykyaikaisemmaksi. Tämänkaltaiset uudistukset ovat edellytys nykyaikaiselle tuotantolaitokselle, joka haluaa olla teknologian kehityksessä mukana. Opinnäytetyössä yrityksen tiedot pidetään salaisena.

Työ rajoittuu yhteen tuotantolinjan tuotantosoluun ja sen lavakuljetinlinjastoon, joka sisältää useita robottiyksiköitä. Työssä tehdään käyttöliittymän parannus lavaratalinjastolle uuden kosketusnäytöllisen Simatic HMI Comfort -paneelin asennuksen ja sen ohjelmoinnin myötä. Tämä tuotantolinja sekä tuotantosolu ovat entuudestaan tuttuja työskennellyäni monta vuotta automaatio- ja kunnossapidon työtehtävissä sesonkiaikoina. Hyvän käytännön kokemuksen ja näkemyksen omaaminen tuotantosolusta on suureksi eduksi työn suunnittelussa ja toteuttamisessa. Solun parissa työskentely auttaa huomaamaan asiat, joita pitää kehittää ja mitä tämän opinnäytetyön avulla voidaan parantaa.

Elintarvike- ja juomateollisuus on kulutustuotteiden suurin valmistaja sekä neljänneksi suurin teollisuudenala Suomessa, joka on bruttoarvoltaan 11,2 miljardia euroa. Yritykset työllistävät yhteensä 38 000 työntekijää noin 2 000 eri toimipaikassa, joista suurin osa on pienyrityksiä. Vuonna 2015 ruokia ja juomia vietiin ulkomaille 1,5 miljardilla eurolla ja tuotiin 4,4 miljardilla eurolla. Elintarviketeollisuus aikoo nostaa viennin määrän kaksinkertaiseksi 2020 vuoteen mennessä. (Elintarviketeollisuusliitto 2017.)

Tämä elintarviketeollisuuden yritys, jolle opinnäytetyö tehdään, työllistää monta sataa henkilöä ja välillisesti jopa toistakymmentä tuhatta työntekijää. Sesonkiaikoina henkilöstömäärä kasvaa yli sadalla kausityöntekijällä.

Yrityksellä on suuri nykyaikainen ja automatisoitu tuotantolaitos, joka sisältää monta eri tuotantolinjaa. Tuotantolinjat ovat korkeasti automatisoituja, mikä mahdollistaa tuotteiden suuret valmistusmäärät. Korkean automaation takia tuotantolinjan hoitamiseen ja käyttämiseen ei kulu enää niin paljon henkilötyötunteja, vaan koneenkäyttäjät valvovat laitteita niiden tehdessä suurimman työn. Tehdas toimii ympäri vuorokauden arkisin ja sesonkiaikana myös viikonloppuisin.

Yrityksen edustajan kanssa päädyttiin yhden tuotantosolun käyttöliittymän laajennus työhön. Laajennustyö todettiin tarpeelliseksi ja parhaaksi valinnaksi muutamasta vaihtoehdosta. Työ ei vaadi yritykseltä suuria investointeja; silti uudistuksen myötä saatava käytännön hyöty on suuri.

Työn aiheen selvittyä alkoi alkukartoitus; mitä tämän työn tekemiseen tarvittiin, mitä uudistukselta haettiin ja mitkä tavoitteet asetettiin. Yritykseltä löytyivät työhön tarvittavat työkalut, ohjelmistot ja komponentit, joten työtä varten ei tarvinnut hankkia muuta kuin siihen soveltua operointipaneeli.

Opinnäytetyön alkukartoitus koostui tietojen hankkimisesta, työntekijöiden haastatteluista, tarvittavien työkalujen ja laitteiden hankkimisesta. Tiedustelut ja erinäisten tietolähteiden tutkiminen auttoi suunnittelun alkuvaiheessa. Suunnittelussa tärkeimmät asiat olivat käyttöliittymän ohjelmointi sekä operointipaneelin sijoitus. Käytännön työn osuus rakentui vanhan automaatiojärjestelmäprojektin muunnoksesta uudelle ohjelmistolle, operointipaneelin asennuksesta tuotantosoluun ja suurimpana osuutena käyttöliittymän ohjelmoimisesta.

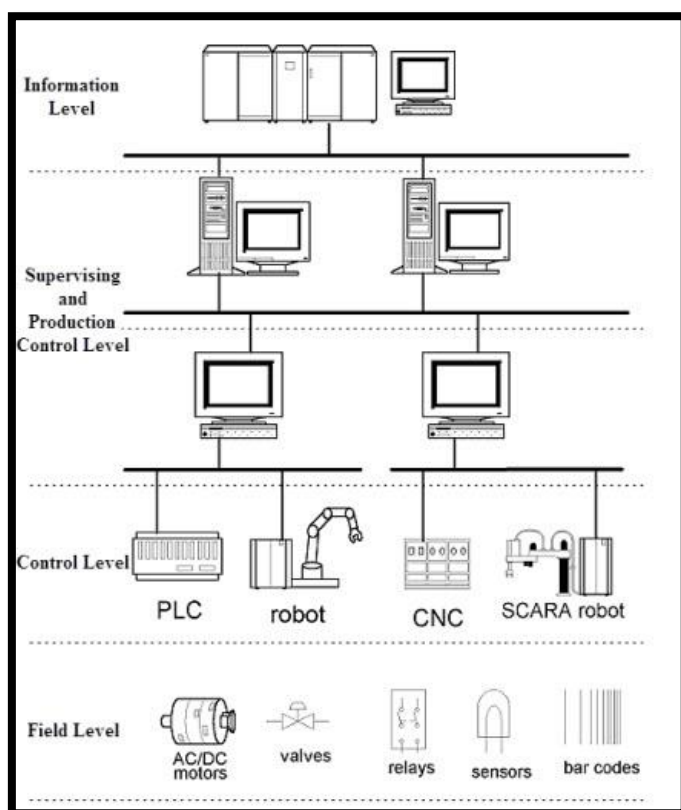
Opinnäytetyön tavoitteina oli luoda käyttöystävällisempi visuaalinen kokonaisuus sekä parantaa linjan tehokkuutta ja selkeyttä käyttöä. Myös uuden paneelin tuomat ominaisuudet, kuten häiriölokien tallentaminen sekä mahdollisuus päivittää ja parantaa käyttöliittymää tulevaisuudessa, olivat työn haluttuja tuloksia.

## 2 TEOLLISUUSAUTOMAATIO

### 2.1 Määritelmä

Teollisuusautomaatio on prosessi teollisuudessa, jossa manuaaliset tuotanto-operaatiot on muutettu automaattisiksi tai mekanisoiduiksi prosesseiksi. Automaatio voidaan määritellä siten, että käyttämällä teknologiaa ja automatisoituja ohjainlaitteita, kone voi suorittaa prosessin tai tiettyjen toimintojen sarjan vähäisellä työmäärällä tai kokonaan ilman ihmisen osallistumista operaatioon. Teollisuusautomaation käyttämään teknologiaan kuuluu useita tiedonvälitysjärjestelmiä ja laitteita, esimerkiksi PLC- tai PC-ohjauksia, joiden avulla automaattiset operaatiot mahdollistuvat. (Gupta, Arora & Westcott 2017, 2.)

Automaatiojärjestelmät voivat olla käytännössä erittäin monimutkaisia. Monia eri robotiikkayksiköitä voi työskennellä yhteistyössä automaatiojärjestelmän välityksellä. Teollisuusautomaation hierarkia voidaan jakaa neljään eri tasoon (kuva 1): kenttätaso, ohjaustaso, valvonta- ja tuotantotaso sekä informaatiotaso.



Kuva 1. Käsityskuva teollisuusautomaation hierarkiasta (Electrical Technology 2015.)



Matalimpaan tasoon kuuluvat sensorit ja käyttölaitteet. Näiden tehtävänä on siirtää tieto prosesseista ja koneista, kuten lämpötila-, paine-, virtausarvoja, seuraavalle tasolle analysoitavaksi ja tarkasteltavaksi. ”Control level” sisältää automatisoidut laitteet ja ohjaimet, esimerkiksi CNC-koneet, PLC:t ja robotit. Nämä sen sijaan tarvitsevat toimiakseen ensimmäisen tason sensoreilta ja laitteilta saatavat tiedot, että ohjaimet voivat saatujen arvojen perusteella ohjata käyttölaitteita. Toiseksi korkeimmalle tasolle sijoittuvat automatisoidut laitteet sekä valvontajärjestelmät, kuten HMI:t ja valvomolaitteet, joiden avulla pystytään muun muassa ohjaamaan koneita, muuttamaan parametrien arvoja ja asettamaan tuotantoon liittyviä tietoja. Tämä on pääpiirteittäin prosessin reaaliaikaisen ohjauksen taso, mutta ohjausta löytyy myös muiltakin tasoilta. Ylin taso hallinnoi koko automaatiojärjestelmää, vaikka se toimii enemmän kaupallisena kuin teknisenä tasona. Se sisältää esimerkiksi tuotesuunnittelun, varastotilanteet, asiakas- ja kaupallisanalyysit sekä tilaukset ja myynnit. Informaatiotaso on kaikista merkittävin ja se siirtää tietoa tasolta toiselle jatkuvasti. (Electrical Technology 2015.)

## 2.2 Teollisuusautomaation edut

Nykyaikana teollisuudessa vaaditaan kovaa kilpailukykyä. Kilpailukyvyyn kehittäminen edellyttää tuotteen korkeaa laatua ja yhdenmukaisuutta, kuitenkin kilpailukykyiseen hintaan. Saavuttaakseen nämä edellytykset yritykset suunnittelevat uusia malleja sekä valmistustapoja käyttäen hyödykseen automatisoituja laitteita. Laitteiden kustannus- ja tuotantotehokkuus saadaan paremmaksi modernilla teollisuusautomaatiolla. Sen avulla saadaan nostettua ja tasaannutettua laatua ja tuotantonopeutta. Verrattaessa teollisuusautomaation hyötyjä sen haittoihin ei ole epäilystäkään siitä, ettei automaatioon kannattaisi panostaa. (Electrical Technology 2015.)

Automaatiosta saatavia hyötyjä on monia, joita ovat esimerkiksi kulujen pienentyminen, työturvallisuuden kasvu, suurien tuotantomäärien mahdollistaminen sekä korkea laatu. Kulut pienenevät työntekijöiden vähäisen tarpeen vuoksi ja sitä myötä palkkojen ja etuuksien, kuten terveydenhuollon ja lomapäivien, maksaminen vähenee. Tuotantolinjojen työturvallisuus kasvaa robottien hoitaessa riskialttiit ja epäergonomiset työtehtävät. Myös ihmisen

satunnaiset inhimilliset virheet häviävät, mikä tarkoittaa korkean laadun takaamista tuotteille. (Brei, T. 2013.)

### 2.3 Teollisuusautomaation tyypit

Teollisuusautomaation voidaan jakaa monella eri tapaa erilaisiin kategorioihin. Teollisuusautomaation kattaa käsitteenä vähintäänkin välillisesti nykypäivänä lähes kaiken teknologian mitä tuotantolaitoksissa käytetään linjastoilla. Teollisuudessa käytettyjä teollisuusautomaatio tyyppejä on esimerkiksi säädetty ohjelmoitava ja joustava automaatio. Nämä eroavat toisistaan muunneltavuuden kautta. Kaikissa on omat etunsa, riippuen mitä tuotetaan.

#### 2.3.1 Säädetty automaatio

Säädettyä eli kiinteää automaatiojärjestelmää on käytetty toistuviin operaatioihin, jotta säästettäisiin suuret tuotantomäärät. Se voidaan luokitella yhden tuotteen tai tehtävän automaatiojärjestelmäksi. Haittapuolena on kuitenkin suuri alkuinvestointi suhteellisen pieniin mahdollisuuksiin muuttaa järjestelmää. Automaatio on suunniteltu ja toteutettu tiettyyn kokoonpano- tai prosessitehtävään, joten se on hankala muuttaa tai vaihtaa uuden tuotteen mukaan. Tästä syystä se on joustamaton muuttuvien tuotteiden käsittelyssä, mutta vähentää materiaalikuluja sekä on erittäin kustannustehokas sarjatuotannossa. (Seifert 2014.)

#### 2.3.2 Ohjelmoitava automaatio

Ohjelmoitavan automaation etu kiinteään on, että se pystyy suorittamaan kokoonpano- ja prosessitehtäviä ennalta suunnitellulle ryhmälle tietynlaisia tuotteita (Electrical technology 2015). Tähän automaatiotyyppiin kuuluu CNC-sorvi, joka pystyy tuottamaan tietynlaisia tuotteita tietystä tuoteryhmästä ohjelmoidun ohjelman mukaan. Koneen käyttöpaneelin kautta voidaan vaihtaa solun ohjelma tuotannossa olevan tuotteen mukaan. Tällöin monet parametrit muuttuvat, esimerkiksi paikkakoordinaatit, laitteiden ja jysinterien toimintanopeudet sekä muut tuotekohtaiset asetukset. Kuitenkin uutta tuotetta varten järjestelmää tai operaation sekvenssiä on hankala muunnella tai muuttaa, se vaatii pitkän asennustyön.

Haittapuolena on kuitenkin merkittävä investointi ja pienempi tuotantonopeus verrattuna säädettyyn automaatiojärjestelmään. (Gupta ym. 2017, 8.)

### 2.3.3 Joustava automaatio

Joustava automaatio sallii useiden eri tuotteiden valmistamisen yhdistyneellä järjestelmällä eikä vaadi erillisiä järjestelmäosuuksia. Joustava automaatio tarjoaa mahdollisuuden järjestelmän muunnoksiin tuotesuunnittelussa sekä prosesseissa. Muutokset ovat helposti muokattavissa. Kyseinen automaatio mahdollistaa myös virtuaalisesti kappaleiden käsittely- ja muunnostyöt eli valmistajien ei tarvitse tuhata aikaa uudelleen ohjelmointiin käytännössä juuri ollenkaan.

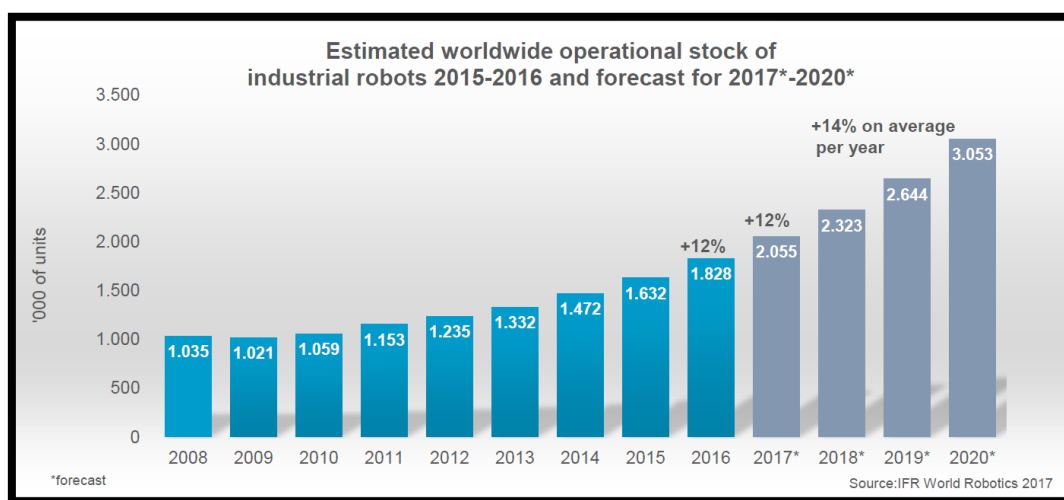
Steve Dickerson kertoo artikkelissaan *What is Flexible Automation*, Chris Andersonin kirjassa *Makers: The New Industrial Revolution* kerrotusta kuvauksesta Teslan mailman moderneimmasta tehtaasta. Teslan tehtaassa rakennetaan autoja, mutta siellä voisi rakentaa mitä vain. Tehdas ei ainoastaan ole automatisoitu, vaan sisältää valtavan robottiarmeijan. Robotit tekevät kaiken metallitöistä kokoonpanoon, kantavat auton koreja, avaavat ajoneuvon ovet päästäkseen maalaamaan ovien ympäriltä. Robotit myös lataavat itsensä tarvittaessa. (Dickerson 2014.)

Andersonin sanomana ”Factory that makes cars today, can make washingmachines tomorrow”, kuvaa hyvin tiivistetysti, mihin suuntaan tehtaiden suunnittelu ja toimintamalli ollaan viemässä sekä mihin joustava automaatio kykenee. Valmistajat voivat tehdä sarjatuotantoa taikka yhden uniikin tuotteen tai prototyypin.

## 2.4 Teollisuusrobotti

Teknologiakehityksen ansiosta robottien käyttö on kasvanut ja jatkaa kasvamistaan kaikkialla. Teollisuusrobotit ovat kuitenkin vain yksi osa modernia robottiteknologiaa. Ne ovat vieneet ja tulevat viemään työpaikkoja monilta eri aloilta, mutta tuovat mukanaan myös paljon uusia haastavampia työtehtäviä mukanaan. Automaation kasvaessa yritysten henkilöstörakenne uudistuu, tuotannon työntekijät vähenevät ja erilaiset kehitys- ja suunnitteluhenkilöstöt lisääntyvät. Automaatio ja robotiikka antavat ihmisille mahdollisuuden kehittää vämpään työhön ja yrityksille paremman mahdollisuuden kasvattaa liiketoimintaansa.

Robottien määrät ovat kasvaneet tuhansilla vuosittain. Nykyään uusien teollisuusrobottien käyttöönottoja tehdään eniten Aasiassa, josta Kiina on selvästi markkinoiden huipulla. Alla olevassa kuviosta (kuvio 1) huomataan, että vuonna 2016 robotteja otettiin käyttöön eri teollisuudenaloilla 294 000 yksikköä ja ennusteet vuoteen 2020 on, että määrä kasvaisi yli 520 000. Käytössä olevien robottien määrä ennustetaan kasvavan nykyisestä 1,8 miljoonasta yli kolmeen miljoonaan kappaleeseen. Autoteollisuus ja elektroniikkateollisuus ovat selvästi erottuvat teollisuudenalat, joissa vuosittain uusien robottien käyttöönottoja tapahtuu eniten. (Heer 2018.)

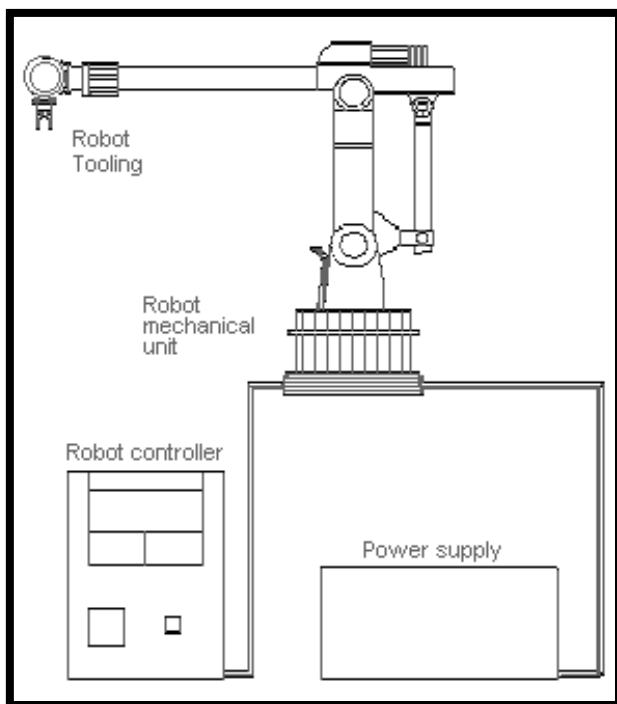


Kuvio 1. Käytössä olevien robottien määrä teollisuudessa ja ennuste vuoteen 2020 (Litzenberger 2017)

#### 2.4.1 Toiminta ja rakenne

Teollisuusrobotti määritellään standardin ISO 8373: mukaisesti. Teollisuusrobotin tulee olla automaattisesti ohjattu ja uudelleen ohjelmoitavissa. Ne ovat monikäyttöisiä ja koostuu vähintään kolmesta eri vapausasteesta. Se voi olla liikkuva (dynaaminen) tai asennettu paikoilleen (staattinen) käytettäväksi teollisuuden prosesseissa. (Technical Committee 2012.)

Robotti on monitoimilaite, jonka liikeradat ovat ohjelmoitavissa erilaisiin tuotannon vaatimiin tehtäviin. Se koostuu neljästä pääkomponentista, mekaanisesta yksiköstä, teholähteestä, ohjainjärjestelmästä sekä robotin päässä olevasta työkalusta (kuva 2). Mekaaniseen yksikköön luetaan rungon rakenteen lisäksi, käyttölaitteet, venttiilit ja sensorit.



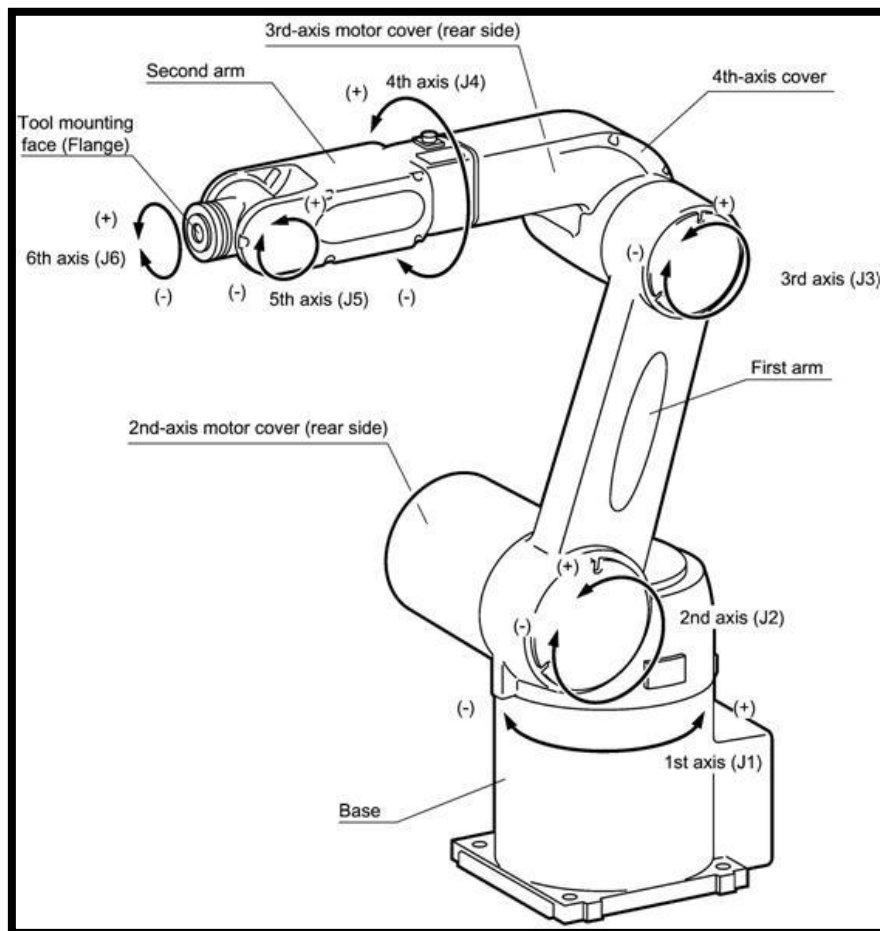
Kuva 2. Teollisuusrobotin pääkomponentit (OSHA, 2018.)

Yleisimmin teollisuudessa käytetyt robotit on rakenteeltaan suunniteltu matkimaan ihmisen käsivarren, ranteen ja kouran vastaavia liikkeitä, mutta käytössä on myös muutamia muita eri rakenteeltaan olevia robotteja. Eri teollisuudenaloilla käytössä löytyviä robottityyppejä ovat

- suorakulmaiset robotit
- Scara-robotit
- kiertyväniveliset robotit
- sylinterirobotit
- rinnakkaisrakenteiset robotit

- Yhteistoiminta robotit.

Teollisuudessa eniten käytettävä tyyppi on ”robottikäsi”, jossa on enemmän kuin kolme, yleensä neljä tai kuusi vapausastetta (kuva 3). Kuvassa näkyvä kuudella vapausasteella eli nivelellä toimivassa robotissa tukivarret ovat kytketty sarjaan, joista kaksi tukivartta liikkuvat aina toistensa suhteen jonkin suoran suuntaisesti tai saman suoran ympäri eli kiertävästi. Näiden tukivarsien yhdistävien nivelien avulla, robotti kykenee saavuttamaan ohjelmoitu kohdeasema.



Kuva 3. Käsityskuva kuudella vapausasteella toimivasta, kiertyvänivelisestä robottikädestä (Denso Wave 2016.)

Robotit ovat voimakkaita, nopeita ja tarkkoja. Käyttösovelluksesta riippuen robottien toimintatarkkuus on olennainen tekijä. Esimerkiksi kokoonpanorobottien on kyettävä 0,05 millimetrin kohdistustarkkuuteen. Nykyisin robottien rakenteesta riippumatta niiden kohdistustarkkuus on vähintään millimetrin luokkaa, yleensä jopa parempi. Käsittelykyky eli sitä kuinka painavia kappaleita robotti pystyy käsittelemään, vaihtelee laajasti. Pienet robotit pystyvät käsittelevät muutamien kilojen painoisia taakkoja, kun taas suuret robotit voivat liikutella yli tuhannen kilon kappaleita. Suurien kappaleiden käsittelyssä, robottien nopeudet eivät kuitenkaan ole isoja. Teollisuusrobottien liikenopeudet ovat nykyisin 3 - 4 metriä sekunnissa ja suoraveto-robotti voi saavuttaa jopa 10 m/s huippunopeuden. Tämä on yksi syy, miksi turvajärjestelmät täytyy suunnitella huolella. (Pitkälä 2016.)

#### 2.4.2 Käyttökohteet

Teollisuusrobotteja on monia eri tyyppisiä useilta eri valmistajilta, ja ne on suunniteltu teollisuuden vaatimiin prosesseihin ja tuotantotehtäviin (Factory Consultants 2015). Alkujaan robotteja käytettiin hitsaus-, maalaus-, pakkaus-, materiaalien käsittely- ja kokoonpanotehtävissä, mutta käyttökohteet ovat laajentuneet paljon. Nyt robotteja on nähtävissä mitä erilaisimmissa työtehtävissä kaikilla eri teollisuudenaloilla. Näistä yleisimmät robotisointien kohteet ovat panostus-, lavaus-, kappaleiden käsittely- ja työstötehtävät.

Monista eri tehtävistä huolimatta teollisuusrobottien perusrakenne pysyy kuitenkin melko samana. Vain robottien käyttämät työkalut vaihtelevat tehtävästä riippuen. Tavallisin robotin käyttämä työkalu on jonkinlainen tarrain ja ne on yleensä suunniteltu käsiteltävien kappaleiden mukaan. Tehtäväkohtaiset työkalut ovat toinen ryhmä, esimerkiksi hitsaustehtävässä robotin työkaluna toimii hitsauspistooli, maalaustehtävässä maaliruisku. (Pitkälä 2016.)

#### 2.4.3 Turvallisuus

Teollisuudessa työnjako on muovaantunut nykyiseltään siten, että hyvin suunnitellussa järjestelmässä kone suorittaa raskaat työtehtävät. Ihmisen tehtävä on valvoa koneen toimintaa, poistaa ja korjata häiriöitä sekä hoitaa huoltotyöt. Tuotantojärjestelmät ovat usein tek-

nisesti monimutkaisia. Tämän takia järjestelmän kaikkia toimintoja on hankala operaattoreiden omaksua ja tietää mitä seurauksia omista toimenpiteistä voi aiheutua. Pienten konepajojen vaara-alueet ovatkin huomattavasti pienemmät kuin teollisuuden konejärjestelmissä. Automaattiset tuotantokoneet ja konejärjestelmät ovatkin yksi suurentava riskitekijä henkilövahingoissa.

Useimmat robotit ovat erittäin nopeita ja vahvoja, ja jotta ihmiset voisivat turvallisesti työskennellä robottien ääressä, vaativat robotit turvalaitteita ympärilleen. Teollisuusrobotit voidaan jakaa kahteen eri turvallisuusryhmään vaarallisuutensa perusteella:

Ryhmä 1: Tavallinen turvallisuustekniikka.

Robotit:

- alle 50N
- < 0,5m/s
- prosessi ei vaarallinen
- vaaraton rakenne (ei teräviä kulmia).

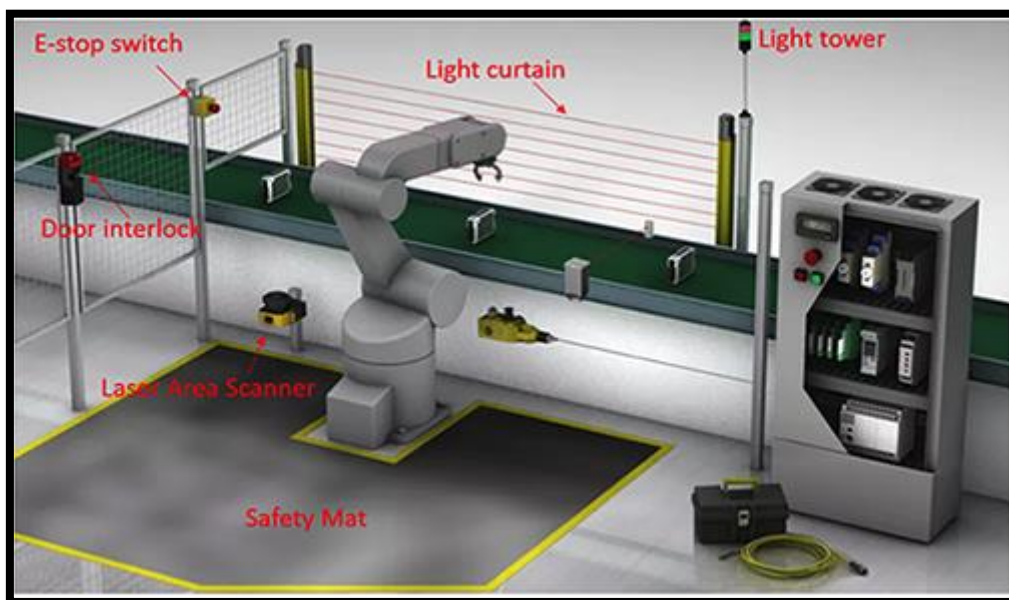
Ryhmä 2: Tehostettu turvallisuustekniikka.

Ryhmään 1. kuuluu robotit, jotka täyttävät edellä mainitut kriteerit, jotka eivät käytännössä tarvitsisi suoja-aitausta tai kotelointia, mutta mahdollisten saasteiden, melun, säteilyn tai kipinöinnin takia suojaus voi olla tarpeellinen. Tehostetun turvallisuustekniikan vaatii ryhmän 2 robotit, ja ne on varustettava turvajärjestelmällä. Esimerkiksi kontaktimatot, valopuomit, suoja-aitaukset ja koteloinnit ovat turvajärjestelmissä käytettäviä varusteita. Mekaaniset esteet, kuten turva-aitaus, on halvin ja yksinkertaisin vaihtoehto turvallisuutta parantamaan. Opinnäytetyön kohteena oleva tuotantosolu on ympäröity juuri turva-aitauksella pääsyn estämiseksi koneen toiminta-alueelle. Myös yksi suuri vaikuttava tekijä onnettomuuksien ennalta ehkäisemisessä on työtekijöiden koulutus ja asenteiden muuttaminen turvallisuutta kohtaan. Kun työskennellään koneiden parissa, ei saisi ikinä olettaa mitään. (Pitkälä 2016.)

Alla olevassa kuvassa (kuva 4) on esimerkki automaattisen tuotantosolun turvajärjestelmästä löytyvistä komponenteista. Järjestelmässä on käytössä muun muassa valoverho,



turva-aitaus, turvamatto ja laserskanneri. Jokainen järjestelmään liitetty laite pystyy pysäyttämään koneen toiminnan. Turvalaitteet ovat hyvin huomioitavissa niiden keltaisen värityksen ansiosta. (Digikey 2018.)



Kuva 4. Automaattisen tuotantosolun turvajärjestelmän esimerkki kuva, jossa käytössä muutamia eri laitteita koneen pysäyttämiseksi (Digikey 2018.)

## 2.5 Automatisoitu tuotantosolu

Tuotantosolu on osa tuotantolinjaa, jossa tuotteen valmistusprosessi on jaettu eri osa-alueisiin. Nämä eri osa-alueet koostuvat erilaisista tuotantosoluista, joiden tarkoituksena on suorittaa askel askeleelta tuotteen valmistusprosessiin liittyviä, yhden tai useamman työvaiheen sisältäviä työtehtäviä. Tuotantosolu mahdollistaa nopean toiminnan useiden samankaltaisten tuotteiden kanssa sekä parantaa niiden laatua ja hävikin pienenemistä. Automatisoitu tuotantosolu pystyy toimimaan itsenäisesti tai osittain, jolloin solun osaksi tarvitaan lihasvoimia edellyttävää työtä.

Opinnäytetyön kohteena oleva automatisoitu tuotantosolu sisältää useita robotteja sekä automatisoituja laitteita. Solussa on käytössä eri robottityyppejä, joista esimerkiksi muutamat ovat kolmella vapausasteella toimivia robotteja, jonka pystysuuntainen liike on toteutettu lineaarisesti ja sivuttaissuunta kiertyvällä nivelellä. Robotin varren päässä oleva työkalu

pystyy kääntymään, mutta ei liikkumaan pystysuunnassa. Näissä roboteissa on käytössä eri tyyppisiä paineilmalla toimivia tarttujatyökaluja. Tuotantosolussa käsitellään valmiin tuotteen pakkaamista alustalle. Tämä on viimeinen vaihe tuotantolinjalla ennen varastointia ja asiakaslähetystä.

### 3 KÄYTTÖLIITTYMÄ TEOLLISUUDESSA

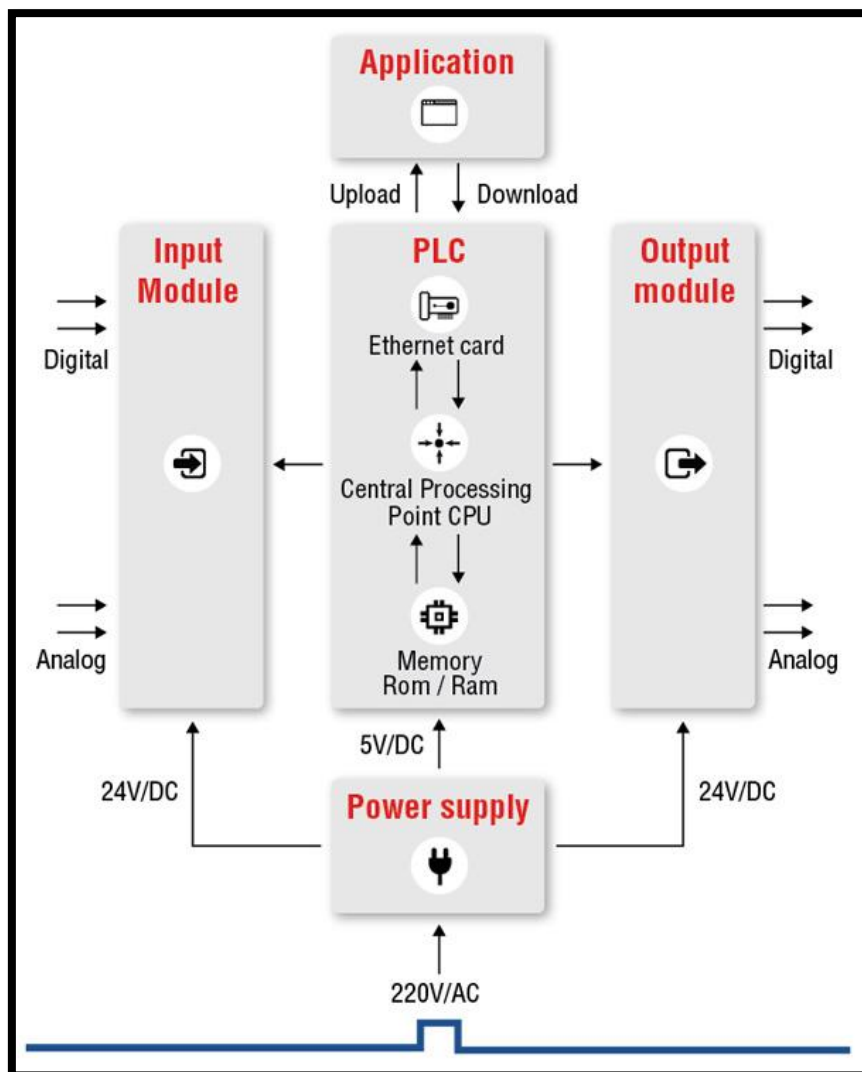
#### 3.1 Ohjelmoitava logiikka PLC

Ohjelmoitava logiikka eli ”PLC” on pieni tietokone, jota käytetään laajimmin teollisuudessa mahdollistaen koneiden automaattiset toiminnot. Sen avulla mekaaniset koneet tai koko tuotantolinjat saadaan toimimaan itsenäisesti, eli koneista voidaan tehdä automatisoituja. Perinteisesti logiikat ovat korvanneet rele ja ajastinkäyttöillä tehdyt ohjausjärjestelmät, mutta nykyään ne ovat kasvaneet prosessien ohjauskeskuksiksi.

Logiikka itsessään koostuu mikroprosessorista, I/O eli tulo- ja lähtösignaalimoduuleista analogisena sekä digitaalisena ja kommunikointi moduulista. Kaikki tämä vaatii toimiakseen virtalähteen, joka tyypillisesti on 24 voltin ulostulojännitteellinen. Central Processing Unit (CPU) on logiikan ”aivot”, joka varastoi ja prosessoi ohjelmadataa. Digitaaliseen signaalimoduuliin liitetään laitteet, joiden signaalitiedot ovat 0 tai 1, esimerkiksi painike tai induktiivinen anturi. Analogiseen moduuliin liitetään laitteet, joiden signaalitieto on muuta kuin 1 tai 0 eli signaalin arvo voi olla mikä vain valitussa mitta-alueessa. Signaalitiedot välitetään logiikalle jännitteen tai virran avulla, esimerkiksi 4 – 20 mA tai 0 – 10 V.

PLC käyttää sensoreilta, kytkimiltä ja muilta logiikan sisääntuloportteihin kytketyiltä kenttätason laitteilta saamansa tiedon, jonka perusteella se ohjaa ulostuloporttiin liitettyjä laitteita muistiin ohjelmoidun logiikkaohjelman mukaisesti. Kenttäväyliä kuten Profibus tai As-i käytetään kenttälaitteiden ja antureiden liittämiseen logiikalle. Riippuen sisään- ja ulostuloista, logiikan tehtävänä on monitoroida ja tallentaa ajonaikaista dataa, kuten koneen tuottavuutta ja lämpötilaa, automaattisesti pysäyttää ja käynnistää prosesseja sekä luoda häiriön, jos koneelle sattuu toimintahäiriö. (Unitronics 2018.)

Ohjelmoitavan logiikan kanssa käytetään tänä päivänä aina jonkinlaista käyttöliittymää. Logiikka tekee laitteista automatisoituja ja käyttöliittymän kautta ihminen voi ohjailla ja säätää koneen parametreja tarvittaessa.



Kuva 5. Logiikan käsityskuva teoriassa (Unitronics 2018.)

Logiikan ohjelmointi suoritetaan tietokonepohjaisilla ohjelmilla, jotka on tarkoitettu logiikkokojen ohjelmointiin, jonka jälkeen valmis ohjelma ladetaan logiikalle. Ohjelmointiin käytettäviä ohjelmia on useita, ja ne ovat valmistajakohtaisia. Logiikkaohjelmointi tapahtuu erilaisilla ohjelmointikielillä, joista yleisimmät ovat FBD (Function Block Diagram), STL (Structure Text List) tai LAD (Ladder Diagram).

Opinnäytetyön kohteena olevat ratakuljettimet on automatisoitu käyttäen Siemens S7-300 -sarjan logiikkaa ja sen ohjelmointi on suoritettu käyttäen Simatic Manager Step 7 -ohjelmaa.

### 3.2 HMI

Human-Machine-Interface on yhdistävä tekijä koneiden ja ihmisten välissä. Se koostuu koneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen tarvittavista laitteista ja ohjaimista. Sen tehtävänä on ilmaista ajankohtainen ja oleellinen tieto prosessista koneenkäyttäjille, jotta he voivat tehdä parempia päätöksiä prosessien ohjauksessa. Ennen nykyisiä ohjauspaneeleita koneenohjaus saattoi koostua kymmenistä painikkeista ja merkkivaloista, jotka indikoivat eri operaatioita. Tällaiset ohjausjärjestelmät ovat vanhentunutta tekniikkaa eikä uusissa konejärjestelmissä niitä ole käytetty enää. Uudet käyttöliittymät nykyään muodostuvatkin lähinnä kosketusnäytöllisistä operointipaneeleista tai edullisemmassa ratkaisussa yksinkertaisesta näytöstä ja näppäimistöstä. HMI -paneelit ovat yleensä Windows pohjaisia ja ne kommunikoivat erilaisten logiikkaohjainten kanssa.

Käyttöliittymä välittää teollisuuden ohjausjärjestelmiltä saadun vaikeaselkoisen datan ihmiselle ymmärrettävään visuaaliseen- ja tekstimuotoon. Suurena etuna operointipaneeleilla onkin graafinen rajapinta verraten vanhoihin painike- ja merkkivalo-ohjauksiin. Värit, kuvat ja kuvakkeet helpottavat tilanteiden tunnistamista ja tuntemattomien häiriöiden hoitamista. Perinteisesti HMI on näyttänyt perus paikallisfunktioita, kuten prosessi- ja koneoperaatioita, hälytyksiä ja historiatietoja. Esimerkiksi käyttöliittymä voi näyttää moottorien ja venttiilien tilanteen, kuljettimien ja koneiden asemat sekä säiliöiden tasomäärät visuaalisesti sekä virtaus- ja liikenopeudet. (Lamdaouar 2017.)

Olemassa olevat käyttöliittymät ovat välttämätön osa automatisoituja laitteita. Kuitenkin nykyaikana teollisuusautomaatio tarvitsee enemmän yhdistyneisyyttä, suorituskykyä ja kustannustehokkuutta. Mitä enemmän koneet ja operaatiot monimutkaistuvat, sitä enemmän koneenkäyttäjät tarvitsevat käyttöliittymän kautta tietoa tehdäkseen ratkaisuja. Tehokkaat käyttöliittymät mahdollistavat nämä toiminnot.

### 3.3 Siemens HMI -operointipaneeli

HMI-operointipaneelien valmistajia on monia, mutta perus periaatteiltaan ja toiminnoiltaan ne ovat samanlaisia ja niitä käytetään teollisuuden konejärjestelmissä ja laitteissa. Operointipaneeli on käyttöyhteys ihmisen ja koneen välillä, jonka avulla koneen käyttäjät ohjaavat ja valvovat prosessia häiriöilmoitusten, asemakohtaisten tietojen sekä raporttien saattelemana.

Siemens yhtiöllä on monia toiminnoiltaan ja rakenteiltaan erilaisia Simatic-operointipaneelita. Tuoteperheeseen kuuluvat niin pienet painikepaneelit, kuin suuret kosketusnäyttölliset multipaneelit sekä kannettavat mobilepaneelit ja asennus valmiit koteloidut IP65 paneelit tarjoten jokaiseen eri käyttökohteeseen tarvittavan vaihtoehdon. Paneeli koot vaihtelevat 4 - 22 tuumakoon välillä ja ominaisuudet rakenteen ja paneelin mukaan. (Siemens 2017a.)

Opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään Siemensin Simatic HMI Comfort -operointipaneelia. Tämä paneeli on varustettu korkea resoluutioisella laajakuvalla, 16 miljoonalla värillä ja 170 asteen katselukulmalla. Teollisuusympäristössä erittäin hyödyllisiä ominaisuuksia ovat etenkin IP 65 suojausluokkainen runko ja resistiivinen kosketusnäyttö, joka mahdollistaa sen, että ei ole väliä millä näyttöä painetaan eikä likaantuminen haittaa toimivuutta. Suuri operointipaneeli helpottaa graafista ja visuaalista esitystä ja tekee näin ollen käyttäjille helpommaksi hahmottaa koneen tilanne sekä käyttämisestä selkeää. Myös yksi tärkeä ominaisuus on mahdollisuus käyttää BackUP - muistikorttia, joka varmistaa, että laitteesta on olemassa ajankohtainen varmuuskopio erikoistilanteiden varalta. (Siemens 2017a.)

### 3.4 TIA Portal -ohjelmointityökalu

TIA eli Totally Integrated Automation tarkoittaa automaation täydellistä integraatiota, joka saavutetaan tiedon yhtenäisellä hallinnalla, yhdellä ohjelmistolla ja kaikkien mukana olevien laitteiden kommunikaatiolla. Samalla ohjelmalla pystyy ohjelmoida S7-sarjan logiikoita ja suunnittelemaan käyttöliittymiä, eikä monia eri ohjelmistoja tarvitse käyttää. (Siemens 2017b.)

Automaatioteknologian valmistaja Siemens on kehittänyt TIA Portal -ohjelmiston vuosien tuotekehityksen tuloksena, jossa yhdistyy logiikkaohjelmointi, käyttöliittymän suunnittelu ja turvaratkaisujen sekä taajuusmuuttajien ohjelmointi. Esimerkiksi TIA Portal on yhdistänyt WinCC ja Simatic Manager Step 7 -ohjelmat. Tämä lisää tehokkuutta ja mahdollistaa suunnittelun ja tuotantoprosessien tekemisen koko tuotantoketjulle sekä on helposti opittava ohjelma osaamattomallekin. (Siemens 2017b.)

HMI käyttöliittymän suunnitteluun käytetään TIA Portal -ohjelmaan integroitua Simatic WinCC TIA -ohjelmistoa, jolla paneelien käyttöliittymän ohjelmointi ja prosessivisuaali-

sointi voidaan suorittaa. Integraatio ehkäisee virheelliset syötöt, osoitteiden ja määrittelyjen päällekkäisyydet sekä yhtenäisen tiedonhallinnan seurauksena ei erillistä synkronointia tarvitse.

TIA Portal -ohjelmasta löytyvä migraatio ominaisuus mahdollistaa vanhojen classic ohjelmilla tehdyt logiikka- sekä käyttöliittymäprojektien muunnokset TIA Portal -ohjelmistoon. Tämä helpottaa ohjelmamuutoksien tekemistä, kuten uusien laitteiden lisäämisen ohjelmallisesti, logiikkaohjelmien muutokset ja käyttöliittymien rakentamisen. Myös vanhoja suunnitteluohjelmia ei tarvitse asentaa ja säilyttää tietokoneiden päivittämisen kanssa vaan tämän yhden ohjelmiston asennus riittää.

## 4 KÄYTÄNNÖNOSUUS

### 4.1 Lähtökohdat

Opinnäytetyön kohteena on tuotantosolun ratakuljettimien käyttöliittymän parannus. Parannuksena tuotantosolun kuljetinlinjastolle tehdään uuden kosketusnäytöllisen Simatic HMI Comfort -paneelin asennus ja sen ohjelmointi. Sen tarkoituksena on luoda käyttöystävällisempi visuaalinen kokonaisuus sekä parantaa linjan tehokkuutta ja selkeyttää käyttöä. Operointipaneeli tulee nykyisen ohjausjärjestelmän lisäksi eikä järjestelmää tarvitse käytännössä muuttaa. Kokonaisuus on jo olemassa ja toimiva, joten se mahdollistaa tällaisen uudistuksen lisäämällä uuden paneelin vanhojen paneelien lisäksi.

Työn kohteena olevia ratakuljettimia ohjaa Siemens 300 -sarjan logiikka ja käyttöliittyminä toimivat seitsemän kappaletta Siemens HMI -paneeleita. Paneelit sijaitsevat kuljetinlinjaston eri paikoissa, koska linjasto on suuri ja näköesteitä on paljon, ettei yhdeltä paneelilta pysty manuaalisesti ohjaamaan koko linjastoa. Uusi paneeli tulee järjestelmän visuaaliseksi pääkäyttöpaneeliksi, mistä koneen käyttäjät pystyvät helpommin ja selkeämmin konetta valvomaan sekä häiriötilanteita hoitamaan.

Käyttöliittymän ohjelmointi on työn suurin osio ja se aloitetaan käytännössä tyhjästä. Vähäisen kokemuksen ja ohjelmiston käytön takia ohjelmointi täytyy aloittaa perusteista, jonka jälkeen voidaan siirtyä oikean käyttöliittymän suunnitteluun. Vanhat operointipaneelit ovat erilaisia ja pieniä, eikä niistä kannata ottaa mallia uuden kosketusnäytöllisen paneelin ohjelmointiin. Tyyli ja käyttöliittymän rajapinta ovat paneeleissa erilaisia.

Tarvittavat ohjelmistot, työkalut, laitteet ja koneet, joita tähän työhön tarvitaan, löytyvät yritykseltä itseltään. Henkilönostimet kaapeleiden vetämistä varten, metallintyöstökoneet ja työkalut paneelin koteloa varten, sähkötyökalut ja mittalaitteet asennusta varten. Käyttöliittymän ohjelmoimiseen ja logiikkaohjelman muutoksien tekoon käytetään tähän tarkoitukseen soveltuvaa tietokonetta ja yritykseltä löytyy ammattitaitoisia henkilöitä apua tarvittaessa.



## 4.2 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe on tässä opinnäytetyössä tärkeä vaihe, jolla saadaan luotua toimiva pohja itse käytännön työlle. Suunnitteluvaiheessa piti valita operointipaneeli sen haluttujen ominaisuuksien ja vaatimusten mukaan, kuitenkin kustannustehokkaasti ja pitkäjänteistä käyttöä ajatellen.

### 4.2.1 Operointipaneeli

Operointipaneelin valinnassa täytyi ottaa useita asioita huomioon, joista tärkeimmät olivat suuri kokoinen näyttö, teollisuusympäristöön soveltuva tuote ja monipuoliset liitännät. Myös yksi uudistuksessa haluttava muutos oli, että operointipaneelissa olisi ominaisuus tallentaa häiriölokiteidostot SD-kortille. Suurikokoinen kosketusnäyttö haluttiin hyvän ja selkeän käytettävyyden takia eikä lisäpainikkeita tarvita. Siemens Simatic -paneelin valinta oli myös luontevaa yrityksen kanssa yhteistyötä tekevien varaosatoimittajien varastosta löytyvien laitteiden ja saatavuuden takia. Sopivana vaihtoehtona ja näiden vaatimusten läpikäymisen jälkeen opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään Siemens Simatic HMI Comfort -operointipaneelia.

Uuden paneelin antama merkityksellisin hyöty on häiriötilanteiden ilmaantuminen reaaliaikaisesti sekä linjaston häiriöiden syyt ja niiden kestoaikojen tallentuminen lokiteidostoon. Häiriöiden historiatietojen tallentuminen lokiteidostoon on auttava ominaisuus tulevaisuudessa ilmaantuvien konepysähdysten sekä häiriötapahtumien ratkaisussa. Se auttaa myös koneen tuottavuuden analysoimisessa.

Operointipaneeli suunniteltiin sijoittaa keskeiselle paikalle tuotantosolua ja operaattorin valvontapisteen läheisyyteen, mistä on mahdollisimman hyvät näköyhteydet ympäri tuotantosolua. Näin ollen operaattorin on helppo ja nopea havainnoida häiriötilanne sekä kohde ja suunnata oikealle sijainnille tilanteen hoitamista varten. Operointipaneelin suunnitellun paikan vieressä kulkee kaapelihylly, jota pitkin operointipaneelille tarvittavat kaapelit saadaan vedettyä luontevasti ja vaivattomasti. Tällainen sijainti pienentää asentamiseen vaadittavaa aikaa eikä uusia rakennelmia ja kaapelivientejä tarvitse suunnitella.

Paneeli ei sellaisenaan ole teollisuudessa käyttökelpoinen vaan tarvitsee kotelon, jonka kanteen se asennetaan. Kotelon on tarkoitus suojata paneelia ja sen liitäntöjä. Kotelon täytyy olla tarpeeksi iso, että ilma pääsee kiertämään jolloin paneeli ei kuumene ja käyttöikä

sen myötä heikenny. Sen pitää olla myös tehty kestävästä materiaalista kestääkseen tehdasolosuhteet, joten materiaaliksi valikoitui ruostumaton teräs.

#### 4.2.2 Käyttöliittymä

Käyttöliittymän suunnittelu on työn tärkein ja haastavin osuus. Operointipaneelin käyttöliittymän suunnittelulla on merkittävä vaikutus suorituskykyyn, häiriötilanteiden hoitamiseen ja oppimismenoon. Toimivan käyttöliittymän aikaan saamiseksi, täytyy suunnittelussa ottaa useita asioita huomioon, kuten tavoitteiden asettaminen sekä käyttö ympäristön huomioiminen. Ohjelmasta on tehtävä mahdollisimman selkeä sekä toimintavarma ja tärkeimpänä käyttäjäystävällinen. Suunnittelussa oleellista on ottaa huomioon koneen käyttäjät ja heidän näkemyksensä sekä mielipiteensä, jotka päivittäin tulevat työskentelevät ohjauspaneelin kanssa.

Käyttöturvallisuus on tärkeä osa käyttöpaneelin suunnittelua. Uudistuksen kohteena olevan tuotantosolun koneturvallisuus on standardien mukainen ja tämän työn tuomat uudistukset eivät vaikuta koneturvallisuuteen. Käyttöpaneeliin ei luoda ohjaustoimintoja, jolloin jo olemassa olevat turvallisuusmääritelmät eivät muutu. Ohjaustoimintoja ei myöskään operointipaneeliin voida tehdä siksi, koska paneelin sijainnista ei ole selvää näköyhteyttä kaikille ratakuljettimiin. Vaarana tässä on se, että jos kyseisen kuljettimen luona on henkilö tekemässä esimerkiksi korjaustyötä ja operointipaneelista ohjattaisiin kuljetin päälle, korjaustyötä tekeväälle henkilölle voisi sattua vahinkoja. Tulevaisuudessa paneelille voi suunnitella muutamia laitekohtaisia hallintatoimintoja eli muuttaa tietyn laitteen tilaa päälle/pois, mutta nekin on oltava sellaisia, ettei toimintoa suorittaessa aiheudu siitä henkilövaaraa. Tämän opinnäytetyön laajuus eikä aika riitä tekemään tällaisia laitteen hallintatoimintoja tässä työssä.

Käyttöliittymän suunnittelu aloitettiin tiedustelemalla ja huomioimalla nykyisen ohjaustason puutteet sekä vahvuudet. Graafisia kuviota ja visuaalisia efektejä ajateltiin käyttää ilmaisemaan koneen toimintaa. Ne ovat selkeämpiä kuin hankalat tekstimuotoiset ilmaisut. Ennestään tuotantosolun lavaratojen ohjausjärjestelmä koostuu seitsemästä Siemensin pienestä operointipaneelista. Ne sijaitsevat ratakuljettimien eri osissa, joiden kautta käsikäyttö ja laitehallinta muutokset tehdään. Näiden paneelien ohjelmista otetaan muutamia hyviä ja tarpeellisia ominaisuuksia uuden paneelin käyttöliittymään, esimerkiksi lavaseuranta.

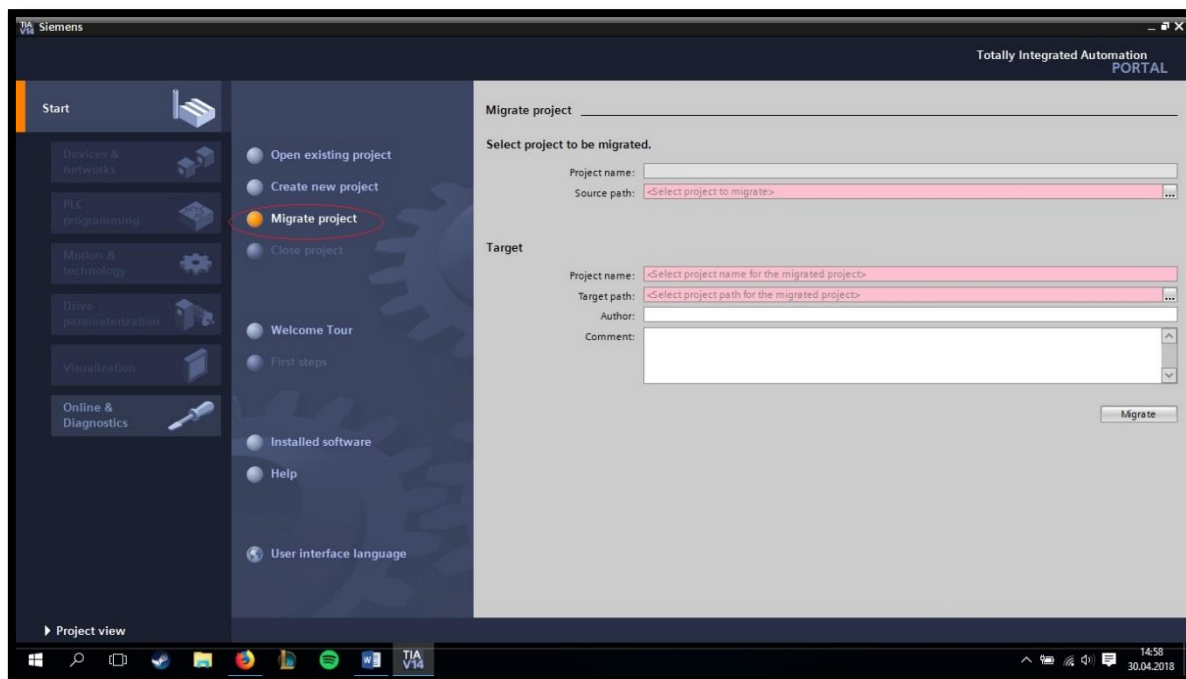
### 4.3 Toteutus

Työn toteutus koostuu käyttöliittymän ohjelmoinnista, asennuksesta ja testauksesta. Toteutusvaihe on opinnäytetyön työläin vaihe, jota edeltänyt suunnitteluvaihe on ollut todella tärkeä pohja työlle.

#### 4.3.1 Käyttöliittymän ohjelmointi

Käyttöliittymä operointipaneelille ohjelmoitiin Siemensin Simatic WinCC TIA -ohjelmistolla, joka on integroitu Totally Integrated Automation Portal -suunnitteluohjelmaan. Vaikkakin TIA Portal -ohjelma on tehty helpoksi omaksua, täytyy alussa ottaa oma aikansa uusien asioiden läpikäymiseen. TIA Portal -ohjelmistolla tehdään myös logiikkaohjelmaan tarvittavat muutokset, jotta uuden käyttöliittymän ja operointipaneelin saa kommunikoidaan järjestelmän muiden laitteiden kanssa. Yksittäisen ohjelman avulla ohjelmointityö oli tehokasta ja kokonaiskuva selkeää, koska logiikan ja käyttöliittymien ohjelmointi onnistuu tällä yhdellä ohjelmalla.

Vanha logiikkaohjelma oli ohjelmoitu käyttäen Simatic Manager Step 7 -ohjelmaa ja operointipaneelien käyttöliittymät WinCC flexible 2008 -ohjelmalla. Nämä ohjelmat ovat vielä käytössä laajalti, mutta opinnäytetyössä tehtävässä uudistuksessa haluttiin päivittää ohjelma puolikin, jolloin päädyttiin käyttämään TIA Portal-ohjelmaa. Ohjelmointityö aloitettiin vanhojen käyttöliittymä- ja logiikkaprojektien muunnoksella TIA Portal -ohjelmistolle. Alla olevassa kuvassa (Kuva 6.) näkyy TIA Portal-ohjelman etusivulta Migrate project, jolla muunnos toteutetaan. Muunnos TIA Portal -ohjelmistolle yhdistää nämä erilliset projektit eli logiikkaohjelmasta ja käyttöliittymistä tulee yhtenäinen projekti yhdelle ohjelmalle, jolloin myös osoitteet, tunnisteet ja muut merkinnät muuttuvat yhtenäisiksi.



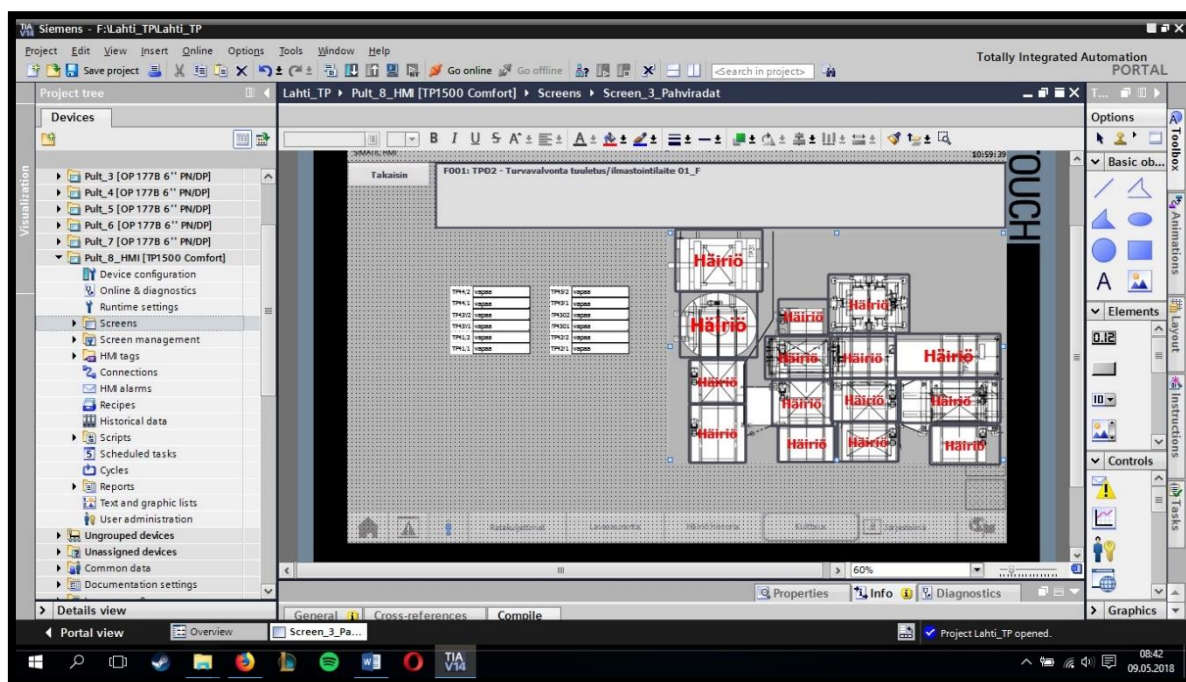
Kuva 6. Projektin muunnos ominaisuus TIA Portal -ohjelmalla.

Muunnoksen suorittaminen ei kuitenkaan sujunut ilman ongelmia. Vanhojen ohjelmaprojektien ohjaus- ja kenttäkomponentit eivät olleet yhteensopivia uuden TIA Portal- ohjelman kanssa. Vanhojen projektien komponenttien malleja täytyi muuttaa TIA -ohjelmistosta löytyvien komponenttien mukaan, jotka soveltuvat ja ovat samankaltaisia vanhojen kanssa. Tämä poisti suurimman osan muunnoksessa ilmenneitä virheitä.

Muunnoksen onnistuttua, itse ohjelmointityön pystyi aloittamaan. Oikea operointipaneeli lisättiin laiteverkostoon, joka konfiguroitiin ja muokattiin halutut ominaisuudet. Osoite- ja häiriölistat liitettiin uuden paneelin tietokantaan, jolloin ne ovat helposti käytettävissä ja yhtenäiset vanhojen ohjauspaneelien kanssa. Käyttöliittymän ohjelmoinnissa ohjelman eri näkymät ja toiminnot suoritetaan paneelille muokattavien näyttöjen eli Screen- pohjien kautta. Ne toimivat käyttöliittymän pohjana. Näyttöjen yhteneväisyyden helpottamiseksi voidaan käyttää ”Screen template” eli näyttöpohjaa, joka tekee halutuista pohjanäkymistä samanlaisen. Näyttöjä voi olla useita, joille näyttökohtaisesti lisätään halutut kuvat, kuvakkeet, ohjausnapit, visuaaliset ilmentymät ja muut toiminnot object-valikosta, joiden avulla konejärjestelmää ohjailaan ja seurataan. Jokaiselle näytölle lisätylle objektille annetaan osoite ja halutut ominaisuudet. Tätä varten häiriö- ja osoitelistojen yhtenäistyminen nopeuttaa toimintaa.

Esimerkiksi alla olevassa kuvassa (kuva 7) näkyvät ratakuljettimien pohjapiirustus, jonka päälle on sijoitettu häiriötekstillä varustettuja laatikoita. Näille laatikoille on annettu jokaiselle oma osoite ja toiminnallinen ominaisuus. Häiriön sattuessa käytännössä, näytölle ilmaantuu kyseinen häiriölaatikko, joka indikoi häiriön tapahtumapaikkaa. Tämä helpottaa käyttäjää hahmottamaan häiriö, missä päin ratakuljettimia se sijaitsee ja suunnata oikeaan kohdepaikkaan.

Ohjelmointityö on pääosin eri näyttöjen laatimista ja niiden ulkoasujen muokkaamista. Työssä pitää miettiä sitä mitä ja minkälaisia toimintoja halutaan toteuttaa, miten objektit sijoitetaan järkevästi ja selkeästi, että ohjelma olisi käyttäjille mahdollisimman nopea omaksua. Mitä enemmän toimintoja halutaan ja visuaalisia efektejä näyttämään koneen toimintaa, sitä enemmän ohjelmointi vie aikaa. Rajallisen ajan takia ohjelmoinnissa ei lähdetty hakemaan täydellistä käyttöliittymää vaan hyvä, selkeä ja toimiva perusta, mitä tulevaisuudessa on nopea päivittää.



Kuva 7. TIA Portal -ohjelmasta otettu kuva, jossa on yksi käyttöliittymään ohjelmoiduista näkymistä eli näytöistä.

Käyttäjien toiveiden huomiointi ja tekijän näkemys toimivasta käyttöliittymästä olivat asiat, jotka ohjasivat ohjelmointia. Laitteohjauksia ei vielä ohjelmoitu tässä opinnäytetyössä, vaan ne toiminnot jätettiin tekemättä rajallisen ajan takia. Tulevaisuudessa ohjelmaa muokataan ja päivitetään kokemusten ja huomioiden perusteella.

#### 4.3.2 Operointipaneelin asennus

Uuden operointipaneelin asennus vanhaan toimivaan kokonaisuuteen oli suunnittelun ja muutoksia vaativien asioiden läpikäymisen jälkeen yksinkertaista asennustyötä. Paneelin asennukseen tarvittiin kokonaisuudessaan Profibus-väyläkaapeli, virtakaapeli ja kotelo. Yrityksellä oli varastossaan vanhoja käytöstä poistettuja operointipaneelien koteloiden, joista yhdestä muokattiin opinnäytetyössä asennettavalle operointipaneelille kotelo. Kotelion koko määräytyi paneelin mukaan, kuitenkin niin, että paneelille jää asennuksen jälkeen tilaa ilmankiertoa eli jäähdytystä varten. Väylä- ja virtakaapeleita ei tarvinnut hankkia, kun tehtaalta löytyi muista projekteista ylimääräiseksi jääneitä rullia.

Haastavin osuus oli kaapeleiden vetäminen sähkökeskukselta operointipaneelille. Tarvittavat kaapelit vedettiin vanhoja kaapelihyllyjä hyväksi käyttäen, mutta niiden ollessa korkealla katon rajassa ja tuotantokoneiden yläpuolella, täytyi käyttää henkilönostinta päästäkseen kaapelihyllyille. Hyllyjen sijainti teki työtehtävästä haastavan. Toisenlaista reittiä kaapeleille ei harkittu, koska selkeän reitin ja kaapeleille tarkoitettujen hyllyjen takia.

Profibus-väyläkaapeli asennettiin logiikan ja uuden paneelin välille kommunikointia eli tiedonsiirtoa varten. Kaapeli oli kaksinapaista ja väriltään violetta, jonka päihin asennettiin liittimet liitoksia varten. Operointipaneeli itsessään tarvitsee 24 voltin käyttöjännitteen, joten sitä varten vedettiin myös erillinen virtakaapeli. Kokonaisuudessaan uusi paneeli ei tämän enempää toimiakseen tarvitse.

Operointipaneelille muokattiin vanhasta käytöstä poistetusta koneen ohjauskaapista kotelo, minkä kanteen paneeli asennettiin. Kotelo operointipaneelien asennettiin tuotantosolun keskeiselle paikalle kulkusillan reunaan, johon sille rakennettiin jalusta kestävästä teräksestä.

### 4.3.3 Testaus

Operointipaneelin jalusta tehtiin tarpeeksi vahvasta teräksestä ja paikalleen kiinnitys tapahtui vankoilta pulteilla, näin ollen ei ollut epäilystä siitä, että rakenne ei kestäisi käyttöä.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa hankittu operointipaneeli mahdollisti ohjelmointivaiheessa sen, että käyttöliittymää pystyttiin testaamaan käytännössä samalla. Yrityksellä oli testilogiikka, jota käytettiin käyttöliittymän ohjelmointivaiheessa hyväksi. Sen avulla pystyttiin testimielessä aktivoimaan lähtöjä päälle, jolloin ohjelma reagoi sille asetettujen asetusten ja ominaisuuksien perusteella. Virheiden korjaaminen ja käyttöliittymän pääasiallinen toimivuus päästiin käsittelemään heti, mikä ennaltaehkäisi käyttöönottovaiheen jälkeistä säätämistä ja ohjelmointia. Logiikalle ajettiin sisään vain uudet ohjelmamuutokset, jolloin mahdollisilta ohjelmistovirheiltä vältyttäisiin. Uusi paneeli ja vanha järjestelmä lähti toimimaan ongelmitta. Vanha järjestelmä otti uuden paneelin osakseen valmiiksi mietittyjen osoitteiden asettamisen jälkeen. Operointipaneelin käyttöönoton jälkeen laitteen toimintaa valvottiin ja testailtiin mahdollisten ongelmien varalta. Erilaisia häiriötilanteita aktivoitiin päälle, jotta nähtiin, miten operointipaneeli reagoi, sekä lavatietojen päivitystä valvottiin, että ne muuttuvat oikein.

Loppujen lopuksi tästä työstä johtuvat muutostyöt vanhaan toimivaan järjestelmään ovat suhteellisen pienet, että testausvaiheessakaan ei suurempia yllätyksiä tullut. Laitteet toimivat niin kuin oli suunniteltu ja käyttöliittymän toiminta todettiin hyväksi. Tulevaisuudessa käyttöliittymää tullaan parantamaan ja muokkaamaan käyttäjien palautteen perusteella.

## 5 YHTEENVETO

Tuotantosolun käyttöliittymän laajennustyö tehtiin elintarviketeollisuuden yritykselle kevään 2018 aikana. Työssä tuotantosolulle hankittiin uusi operointipaneeli, jolle tehtiin selkeä käyttöliittymä koneen käyttäjiä huomioiden. Operointipaneelin asennus kokonaisuudessaan sekä testaus kuuluivat työtehtävään. Tavoitteena oli luoda solulle käyttöystävällisempi visuaalinen kokonaisuus sekä parantaa sen tehokkuutta ja selkeyttä käyttöä. Lisäksi työn haluttuja ominaisuuksia olivat uuden operointipaneelin tuomat ominaisuudet kuten häiriölokin tallentaminen sekä mahdollisuus päivittää ja parantaa käyttöliittymää tulevaisuudessa.

Sarjatuotantoa valmistavalle elintarviketeollisuuden tehtaalle on tärkeää tavoitella mahdollisimman korkeaa tuotantotehokkuutta. Tämän työn tarkoituksena oli edistää tätä tavoitetta. Tuotantosolulla on ollut ongelmia ja häiriötilanteita, joiden ratkaiseminen helpottuu tämän työn muutosten myötä. Yrityksen saama hyöty verrattuna investointiin on huomattava, koska työhön ei tarvinnut hankkia kuin itse operointipaneeli.

Opinnäytetyöhön valittu Siemens Simatic Comfort -operointipaneelin valinta perustui yrityksen haluttuihin kriteereihin. Kyseinen operointipaneeli soveltui hyvin työn tavoitteisiin. Sen suuri resoluutioinen laajakuvanäyttö mahdollisti selkeämmät graafiset kuvat ja visuaaliset efektit. Iäkkäämmille käyttäjillekin paneeli on mukavampi käyttää. Paneelista löytyy paljon hyödyllisiä ominaisuuksia ja liitäntäpintoja erilaisiin käyttötarkoituksiin teollisuudessa. Tulevaisuuden kannalta paneelia pystytään hyödyntämään sen ominaisuuksien takia mahdollisten tuotantosolun muutosten seurauksena. Se ei kuitenkaan sovellu käytettäväksi ulkosäässä eikä langatonta yhteyttä vaativissa sovelluksissa.

Käyttöliittymän ohjelmointi oli opinnäytetyön pääosassa. Ohjelmointi vei eniten aikaa ja oppimista sen parissa tapahtui paljon. Hyvää käyttöliittymää on vaikea luokitella, koska kriteerit muuttuvat tapauskohtaisesti ja käyttäjien näkemykset ovat aina erilaisia. Vanhan logiikka- sekä käyttöliittymäprojektien muuttaminen yhtenäiseksi projektiksi TIA Portal -ohjelmistolle tuotti aluksi hankaluuksia. Projektien muunnoksessa oli vaikeuksia vanhoissa ohjelmaprojekteissa käytettyjen komponenttien yhteensopivuuksien kanssa. Myös nimiketiedostojen kanssa riitti työtä, että ne saatiin kuntoon. Muunnoksen onnistuttua käyttöliittymän ohjelmointi uudelle paneelille pystyttiin aloittamaan, joka TIA Portal -ohjelmistolla on osaamattomallekin vaivatonta. Opinnäytetyössä tehty käyttöliittymä todettiin selkeäksi



ja kehityskelpoiseksi, jota pystytään kehittämään myöhemmin käytännön kokemusten ja huomioiden perusteella. Kehitystyö jatkuu tämän opinnäytetyön jälkeen.

## LÄHTEET

Denso Wave 2016. Robot Unit Components and Rotation Direction [viitattu 30.1.2018].

Saatavissa: [http://densorobotics.com/content/user\\_manuals/19/000823.html](http://densorobotics.com/content/user_manuals/19/000823.html)

Dickerson, S. 2014. What is Flexible Automation [viitattu 14.2.2018]. Saatavissa:

<https://www.crossco.com/blog/what-flexible-automation>

Digikey 2018. Reducing Robot Risk: How to Design a Safe Industrial Environment [viitattu 14.2.2018]. Saatavissa:

<https://www.digikey.fi/en/articles/techzone/2018/jan/reducing-robot-risk-how-to-design-a-safe-industrial-environment>

Electrical Technology 2015. What is Industrial Automation [viitattu 22.1.2018]. Saatavissa:

<https://www.electricaltechnology.org/2015/09/what-is-industrial-automation.html>

Elintarviketeollisuusliitto 2017. Elintarviketeollisuus [viitattu 17.1.2018]. Saatavissa:

[http://www.etl.fi/media/aineistot/taloukatsaukset/elintarviketeollisuuden-taloukatsaus-1\\_2017-id-39892.pdf](http://www.etl.fi/media/aineistot/taloukatsaukset/elintarviketeollisuuden-taloukatsaus-1_2017-id-39892.pdf)

Factory Consultants 2015. Industrial Robotics in Today's Factories [viitattu 30.1.2018].

Saatavissa: <https://factoryconsultants.com/industrial-robot-in-todays-factories/>

Gupta, A. K., Arora, K. & Westcott, J. R. 2017. Industrial Automation And Robotics. Dulles: David Pallai.

Heer, C. 2018. IFR forecast: 1.7 Million new robots to transform the world's factories by

2020 [viitattu 26.2.2018]. Saatavissa: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20>

ISO 8373:2012, 2012. Robots and robotic devices. Technical Committee ISO/TC 184 [viitattu 24.1.2018]. Saatavissa:

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:2.9>

Lamdaouar, D. 2018. Increased Capabilities of HMIs Offer New Benefits to Industrial Facilities [viitattu 26.1.2018]. Saatavissa:

<https://www.automation.com/library/articles-white-papers/hmi-and-scada-software-technologies/increased-capabilities-of-hmis-offer-new-benefits-to-industrial-facilities>

Litzenberger, G. 2017. How robots conquer industry worldwide [viitattu 14.2.2018]. Saatavissa:

[https://ifr.org/downloads/press/Presentation\\_PC\\_27\\_Sept\\_2017.pdf](https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf)

McSweeney, K. 2017. Industrial robots are good for the economy, study suggests [viitattu 1.2.2018]. Saatavissa: <http://www.zdnet.com/article/industrial-robots-are-good-for-the-economy/>

Occupational Safety and Health Administration 2018. Industrial Robots and Robot System Safety [viitattu 7.2.2018]. Saatavissa: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html)

Pitkälä, M. 2016. Robotiikka [viitattu 30.1.2018]. Saatavissa: [http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf\\_tiedostot/Robotiikka\\_yleinen.pdf](http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf)

Seifert, S. 2014. American Grippers Inc. Hard vs. Soft assembly automation increased factory productivity [viitattu 14.2.2018]. Saatavissa: <http://www.agi-automation.com/2014/05/hard-vs-soft-assembly-automation-increased-factory-productivity/>

Siemens 2017a. Comfort panels [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/advanced-hmi-panel-based/comfort-panels/Pages/Default.aspx>

Siemens 2017b. Automaatio ohjelmistot [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatio\\_ohjelmistot.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/automaatio_ohjelmistot.htm)

Siemens 2017c. Tuotteet ja järjestelmät [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotteet\\_ja\\_jarjestelmat.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotteet_ja_jarjestelmat.htm)

Tery, M. 2013. What is Industrial Automation [viitattu 22.1.2018]. Saatavissa: <http://www.surecontrols.com/what-is-industrial-automation/>

Unitronics 2017. What is the definition of "PLC" [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: <https://unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>