

Toni Koski

Pakkausvaiheen automatisoinnin suunnittelu

Opinnäytetyö

Syksy 2015

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan Koulutus-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan Yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Toni Koski

Työn nimi: Pakkausvaiheen automatisoinnin suunnittelu

Ohjaaja: Jarkko Pakkanen

Vuosi: 2015 Sivumäärä: 68 Liitteiden lukumäärä: 8

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä ratkaisua kymmenen erillisen tuotantolinjaston pakkausvaiheen modernisointiin. Modernisoinnin tavoitteena oli automatisoida ja nopeuttaa tuotantoa, selkeyttää materiaalivirtoja sekä poistaa ylimääräisiä työvaiheita linjastojen loppupäiden työpisteiltä.

Teoriaosuudessa keskitytään 3D-mallintamiseen, 3D- ja 2D-mallintamisen eroihin, tietokoneavusteiseen suunnitteluun, layoutsuunnitteluun ja tuotannon sekä robottijärjestelmän simulointiin. Automaatiota komponentti- ja ohjelmointitasolla työssä ei käsitellä. Sen sijaan automaatiota esitellään laitekokonaisuuksien osalta, sekä esitellään saattomuistin toimintaperiaatteita.

Työssä on esitetty kolme erilaista layoutratkaisua sekä mallinnetut laitteet, joilla pakkausvaiheessa käytettäviä pahvilaatikoita käsitellään. Lisäksi yksi layoutratkaisu on simuloitu käyttäen simulointiohjelmistoa. Simuloinnilla mallinnettiin linjaston automaatio sekä tutkittiin loppupakkauksessa toimivan robotin sekä linjaston toimivuutta.

Avainsanat: Suunnittelu, Mallintaminen, Layout, Saattomuisti

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Toni Koski

Title of thesis: Designing the automation of the packing stage

Supervisor: Jarkko Pakkanen

Year: 2015

Number of pages: 68

Number of appendices: 8

The purpose of the thesis was to find a solution for modernizing packing stage of ten separate production lines. The goal of the modernization was to automate and speed up the production, clarify the material flow and also to remove unnecessary stages from the posts at the ends of the production lines.

The thesis commences by covering the theory of 3D modelling, the difference between 3D and 2D modelling, the theory of computer aided design and finally the layout and production line design together with robotic solution simulation. In this thesis the automation solution was not handled on programming or component level, rather, the automation concept is presented on a more general level. The thesis also presents the concepts of RFID technology.

In the work, there are presented three different potential layout solutions and modelled machines which are used for the handling and packaging of cardboard boxes. In addition, one layout solution was simulated using software. The purpose of the simulation was to model the automation solution of the designed production line and it was also used to inspect the action of the robot which is operating in the final packaging stage.

Keywords: designing, modelling, layout, RFID

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvaluettelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tausta	10
1.2 Työn tavoite	10
1.3 Työn rakenne	11
1.4 Kohdeyritys	11
2 LAYOUTSUUNNITTELU.....	12
2.1 Layouttyypit.....	12
2.1.1 Tuotantolinjalayout.....	13
2.1.2 Funktionaalinen layout.....	14
2.1.3 Solulayout.....	15
2.1.4 Kiinteän aseman layout.....	16
2.1.5 Layoutin valinta.....	17
2.1.6 Layoutsuunnittelun tavoitteet	18
2.1.7 Tuotantolinjalayoutin suunnittelu.....	18
3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU.....	20
3.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu ja piirtäminen	20
3.2 2D-piirustukset	20
3.3 2D-piirustusohjelman ja 3D-mallinnusohjelman erot.....	21
3.4 3D-mallintaminen	22
3.5 3D-mallinnusmenetelmät	23
3.5.1 Kappalemallinnus	23
3.5.2 Levymallinnus	24
3.5.3 Pintamallinnus	24
3.5.4 SolidWorks.....	24
3.5.5 Visual Components 3DCreate	25

3.6	Tuotannon simulointi.....	25
3.7	Robottijärjestelmän simulointi	27
4	SAATTOMUISTI JA ROBOTIIKKA.....	29
4.1	Saattomuisti	29
4.1.1	RFID-tekniikan perusteet	30
4.2	Teollisuusrobotti.....	33
4.2.1	Robottien historia	33
4.2.2	Robottityypit	34
4.2.3	Robottisolu.....	37
4.2.4	Robotin koordinaatistot	40
5	PAKKAUSVAIHEEN AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU.....	42
5.1	Nykytilanne	42
5.2	Työn kartoitus	42
5.3	Layoutsuunnittelu ja mallintaminen	43
5.4	Standardit	43
5.5	SIAT Laatikonmuodostajat ja sulkijat	44
5.5.1	Laatikonmuodostaja.....	45
5.5.2	Laatikonsulkija	47
5.6	Manipulaattori	48
5.7	Nostin.....	51
5.8	Kuljetin	52
5.9	Risteyskuljetin	53
5.10	Layout 1	54
5.11	Layout 2	56
5.12	Layout 3	57
5.13	Layoutin 3 simulointi	58
5.13.1	Robottisolu.....	59
5.13.2	Robotin ohjelma.....	60
6	TULOKSET JA POHDINTAA	63
7	YHTEENVETO.....	65
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	69

Kuvaluettelo

Kuva 1. Tuotantolinjalayout 13

Kuva 2. Funktionaalinen layout 14

Kuva 3. Solulayout 16

Kuva 4. Tuotemääräanalyysi 17

Kuva 5. Räjähdysskuva 20

Kuva 6. SolidWorks-mallinnusnäkyvä 25

Kuva 7. RFID-tekniikan komponentit 29

Kuva 8. RFID-tekniikan kaaviokuva 31

Kuva 9. RFID-tekniikoiden erot 32

Kuva 10. ABB IRB-2600 -teollisuusrobotti 33

Kuva 11. Kuva patenttihakemuksesta 34

Kuva 12. Yleisempien robottityyppien rakenne-esimerkkejä (ISO 8373) 35

Kuva 13. ABB irb2600 -liikeratakaavio 36

Kuva 14. Kiertyvänivelisen robotin akselit 37

Kuva 15. Robotin koordinaatistot 41

Kuva 16. Mallinnettu laatikonmuodostaja 45

Kuva 17. Mallinnettu laatikonsulkija 47

Kuva 18. Mallinnettu Festo-manipulaattori 48

Kuva 19. Festo-manipulaattorin kokoonpanokuva 50

Kuva 20. Mallinnettu laatikkonostin 51

Kuva 21. Mallinnettu kuljetin 52

Kuva 22. Mallinnettu risteyskuljetin 53

Kuva 23. Layout 1 54

Kuva 24. Layout 2 56

Kuva 25. Layout 3 57

Kuva 26. 3DCreate-robotin statistiikka 59

Kuva 27. Simuloitu robottisolu 60

Kuva 28. Robotin signaalieditori 61

Kuva 29. Robotin pääohjelma 62

Taulukkoluetelo

Taulukko 1. Funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin edut..... 15

Taulukko 2. Simulointiohjelmiston ominaisuuksia 26

Taulukko 3. Simulointiohjelmiston suunnittelutehtävät 27

Taulukko 4. Feston varaosa ja osaluetelo..... 50

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D-Mallintaminen	3D-mallinnus tarkoittaa tuotteiden tai komponenttien kolmiulotteista suunnittelua.
Simulointi	Simuloinnilla tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa tutkittava ilmiö mallinnetaan matemaattisesti tai ohjelmallisesti.
Layout	Termillä tarkoitetaan materiaalivirtojen suunnittelua ja koneiden sekä laitteiden sijoittelua tehtaassa.
RFID	Radio Frequency Identification eli saattomuisti. Yleisnimi radiotaajuudella toimiville seurantajärjestelmille.
DOF	Degree of freedom eli vapausaste. Tarkoittaa robotin käsivarren yhtä niveltä.
Manipulaattori	On kauko-ohjattava tai automaattinen käsittelylaite tuotteiden tai kappaleiden siirtelyyn.
SolidWorks	3D-suunnittelu- ja mallinnusohjelmisto.
PLC	Programmable logic controller eli ohjelmoitava logiikka. Logiikan avulla laitteille annetaan niiden järki. Tehtävät joita logiikka toteuttaa ohjelmoidun ohjelman ja ehtojen mukaisesti.
CAD	Computer Aided Desing eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
Sketsi	3D-mallintamisessa käytetty piirustuksen aihio.
TAG	RFID-tunniste, jonka tallennettua tietoa voidaan lukea sähköisesti.
LF	Low Frequency eli matalataajuuksinen.

HF	High Frequency eli korkeataajuuksinen.
UHF	Ultra-high frequency eli erittäin korkeataajuuksinen.
EEPROM	Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory eli elektronisesti pyyhittävä ohjelmoitava lukumuisti.
PTP	Point To Point eli pisteestä pisteeseen. Ohjauskomento, jolla voidaan ohjata esimerkiksi robottia pisteiden välillä.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Toimeksiantaja on muovituotteita valmistava kasvava yritys. Kasvun ja tuotantomäärien nousun myötä yritykselle on tullut tarve automatisoida jo valmiiksi automatisoitujen tuotantolinjastojen loppupäät. Automatisointiin sisältyy tuotteiden loppupakkaus ja lavaus.

Uuden ja isomman tuotantotilan myötä yritykselle syntyi mahdollisuus toteuttaa linjastojen pakkausvaiheen automatisointi järkevästi ja kustannustehokkaasti.

Toiminnan laajetessa ja tuotantolinjojen määrän noustessa loppupakkaukseen haluttiin tehokkuutta karsimalla ylimääräisiä vaiheita tuotannosta. Lisäksi haluttiin selkeyttää ja helpottaa materiaalivirtoja.

Nykyisellään tuotantolinjojen loppupäät ovat ahtaat, koska loppupäässä sijaitsee kaikki pakkaamiseen tarvittava materiaali, mm. pahvilaatikot lavoineen. Laatikoita on kahta eri kokoa. Laatikoiden siirtely ja käsittely sitoo yhden työntekijän, jotta tuotanto saadaan toimimaan.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli suunnitella tuotantolinjastojen pakkausvaiheen automatisointi siten, että pahvilaatikot koottaisiin automaattisesti. Kokoamisen jälkeen laatikot siirrettäisiin kuljettimilla työpisteisiin ja siitä edelleen kuljettimilla loppupakkaukseen. Tämä vapauttaisi linjastojen loppupäästä lattian tilan tuotannon käyttöön. Samalla muutos helpottaisi linjapalvelijan työtä siten, että linjapalvelijan ei tarvitse kuin lisätä pahvilaatikoiden ahiota laatikonmuodostajaan. Työssä suunniteltiin kolme erilaista layoutratkaisua palvelemaan kymmentä tuotantolinjaa. Yritys valitsi yhden suunnitellusta layout ratkaisusta, josta se pyysi tarjouksia eri laitetoimittajalta.

1.3 Työn rakenne

Tämän opinnäytetyön ensimmäisessä luvussa on johdanto, jossa esitellään työn taustaa, tavoitteita ja kohdeyritys. Työn toisessa luvussa kerrotaan layoutsuunnittelun teoriaa. Kolmannessa luvussa tarkastellaan tietokoneavusteista suunnittelua, josta tarkemmin käsitellään mallintamista. Neljännessä luvussa tutustutaan saattomuistiin ja robotiikkaan. Työn viidennessä luvussa esitetään, kuinka työ toteutettiin mallintamisen ja simuloinnin avulla. Kuudennessa luvussa tutkitaan työn tuloksia ja analysoidaan niitä. Lopuksi seitsemännessä luvussa on työn yhteenveto.

1.4 Kohdeyritys

Toimeksiantajalla on kolme toimipistettä, jotka sijaitsevat Etelä-Pohjanmaalla, Keski-Suomessa ja Uudellamaalla. Yhtiön liikevaihto on noin 30 M€, mikä on tasanaisesti kasvanut vuosi vuodelta. Yritys valmistaa turvalliseen nesteeseen käsittelyyn tarkoitettuja tuotteita. (Toimeksiantaja, 3.7.2015.)

2 LAYOUTSUUNNITTELU

Layout on termi, jolla tarkoitetaan koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulureittien sijoittelua tehtaassa (Haverila ym. 2009, 475).

Yleisesti layoutsuunnittelussa sijoitellaan tehtaan koneet ja laitteet tehdasympäristöön ja samalla suunnitellaan materiaalivirrat. Työnsuunnittelussa suunnitellaan työmenetelmät, työvaiheet ja työpisteet. Tuotantoautomaatiojaksossa käsitellään, miten automaatiota voidaan käyttää hyväksi layoutissa. (Haverila ym. 2009, 475.)

Layoutsuunnittelu on tärkeä tehdä mahdollisimman hyvin. Siinä tulee ottaa huomioon materiaalivirrat, työstöajat, kiinteät seinät, ym. mahdollisimman laaja-alaisesti, koska se vaikuttaa koko valmistusprosessiin ja työtehtäviin, sekä valmistuksen kannattavuuteen. Tuotannon tavoitteet määrittelevät mitä valmistusmenetelmiä, koneita, laitteita, työskentelytapoja tullaan käyttämään. Suunnittelun onnistumisella on suora vaikutus tuotannon kustannustehokkuuteen, laatuun, joustavuuteen sekä aikakilpailukykyyn. (Haverila ym. 2009, 475.)

Layoutsuunnitteluun vaikuttaa suuri määrä erilaisia muuttuvia tekijöitä, minkä vuoksi se on monimutkainen prosessi. Tehtaan layoutissa pyritään hakemaan kompromissia, koska yleensä kaikkiin muuttuviin tekijöihin ei ole ratkaisua. (Haverila ym. 2009, 480-481.)

2.1 Layouttyypit

Haverilan ym. (2009, 475) mukaan laitteiden sijoittelun ja työnkulun perusteella layoutit jaetaan kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. Santosin, Wyslin ja Torresin (2006, 25) mukaan teollisuudessa on lukematon määrä eri layouttyyppejä. Päätyyppien lisäksi raskaassa teollisuudessa, kuten laivateollisuudessa, käytetään yleisesti kiinteän aseman layoutia.

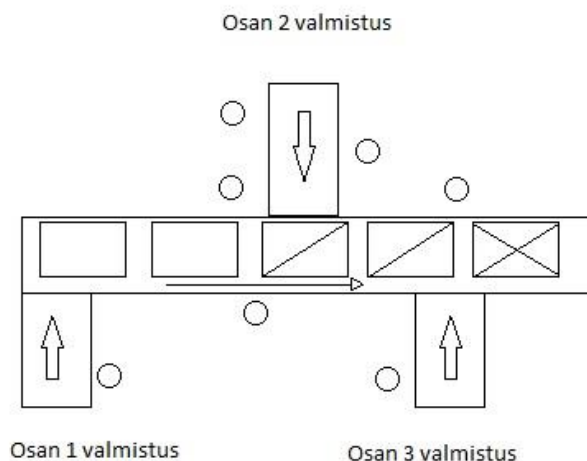
2.1.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjalayoutissa koneet ja laitteet on sijoitettu valmistettavan tuotteen työnkulun mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinjassa valmistetaan tiettyä tuotetta. Linjasto on automatisoitu, joten kappaleen käsittely on tehokasta. Työnkulku on selkeää, jolloin työvaiheiden välillä voidaan käyttää kuljettimia. (Haverila ym. 2009, 475.)

Tuotantolinjan rakentamisen edellytyksiä ovat suuri volyymi ja korkea kuormitusaste, joten se sopii massavalmistukseen. Kun tuotteita valmistetaan paljon, tuotteen yksikköhinta jää alhaiseksi, vaikka linjaston rakennuskustannukset ovat suuret. Tuotantolinja ei siedä häiriötä, koska häiriöt vaikuttavat nopeasti linjan tuottavuuteen. (Haverila ym. 2009, 475.)

Tuotantolinjassa laadunvalvonta on tärkeää, koska häiriöistä aiheutuneet kustannukset ovat suuret. Linjastoon joudutaan tekemään usein kehitystyötä kapasiteetin kasvattamiseksi. Linjaston asetusten vaihtaminen on työlästä ja aikaa vievää, joten tuotantosarjat ovat pitkiä. Tuotannonohjaus on helppoa selkeän työnkulun vuoksi. (Haverila ym. 2009, 475- 476.)

Kuvassa yksi on esitetty tuotantolinjalayoutin toimintamalli.



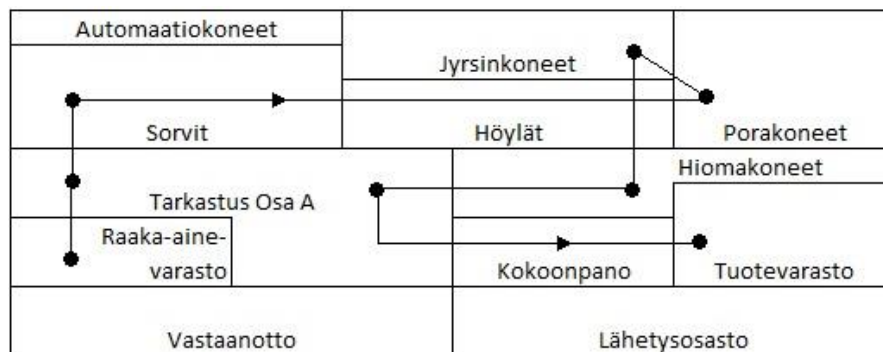
Kuva 1. Tuotantolinjalayout
(Haverila ym. 2009, 476)

2.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa laitteet ja työpisteet on sijoiteltu työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Esimerkiksi kaikki valupuristuskoneet ovat puristamossa ja kaikki jälkikäsittely laitteet ovat omassa tilassaan. Layoutia voidaan kutsua myös teknologiseksi layoutiksi, koska koneet sijoitellaan niiden tuotantoteknologian perusteella. (Haverila ym. 2009, 476.)

Funktionaalisisessa layoutissa voidaan monipuolisesti valmistaa erilaisia tuotteita. Koneet ovat joko yleiskäyttöisiä tai muuten niiden asetusajat ovat lyhyet, mikä mahdollistaa layoutin joustavuuden. Tässä layouttyypissä materiaalin käsittelyyn tarkoitetun automaation käyttö on rajallista, toisistaan poikkeavien työkulujen vuoksi.

Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus on haastavaa, koska se perustuu jonottavien töiden järjestelyyn eri koneille.



Kuva 2. Funktionaalinen layout
(Haverila ym. 2009, 477)

Työjonot nostavat keskeneräisen tuotannon määrää, jolloin tuotteiden läpäisyajat pidentyvät. Työpisteet voivat sijaita kaukana toisistaan, jolloin tuotteiden ylimääräistä siirtelyä on paljon, mikä nostaa materiaalin käsittely ja kuljetuskustannuksia. Työvaiheiden välille voi muodostua välivarastoja, mikä hankaloittaa laadunvalvontaa. (Haverila ym. 2009, 476.)

Funktionaalisen layoutin toteutus on helppoa ja halpaa verrattuna tuotantolinjaan. Layoutin joustavuuden vuoksi erilaisten tuotteiden valmistaminen ja kapasiteetin kasvattaminen on helppoa. (Haverila ym. 2009, 476.)

Funktionaalisen layoutin tuottavuus on heikompi verrattuna tuotantolinjalayoutiin ja kuormitusasteet ovat pienemmät (Haverila ym. 2009, 477).

Taulukosta yksi nähdään funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin edut.

Taulukko 1. Funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin edut (Haverila ym. 2009, 477)

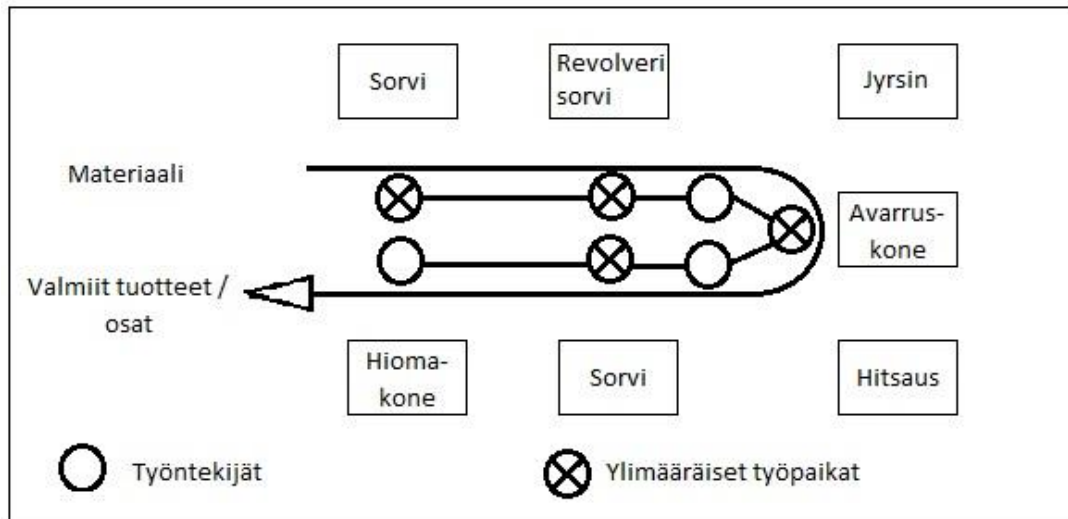
Funktionaalinen layout	Tuotantolinjalayout
suuret yksikkökustannukset	pienet yksikkökustannukset
paljon keskeneräistä työtä	vähän keskeneräistä työtä
joustava tuotepolitiikassa	jäykkä tuotepolitiikassa
helppo rakentaa	vaikea rakentaa
pieni häiriöalttius	suuri häiriöalttius
tuotannonohjaus vaikeaa	tuotannonohjaus helppoa
joustava kapasiteetin lisäämisessä	joustamaton kapasiteetin lisäämisessä
kuormitusaste 60-90 %	kuormitusaste 80-100 %

2.1.3 Solulayout

Solulayout on itsenäinen, eri laitteista ja työpisteistä muodostettu ryhmä, jossa valmistetaan tuotteiden tietyn tyyppisiä osia. Solulayoutia voidaan pitää funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjalayoutin välimuotona. (Haverila ym. 2009, 477.)

Solulayout suunnitellaan valmistamaan tietyn tyyppisiä tuotteita, jolloin materiaali-
virrat ovat selkeät, ja se ei sisällä välivarastoja. Solun läpäisyajat ovat lyhyet ver-
rattuna funktionaaliseen layoutiin. Siirryttäessä tuotteesta toiseen asetusajat ovat
lyhyet. Oman tuoteryhmän puitteissa solu on joustavampi kuin tuotantolinja ja te-
hokkaampi kuin funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2009, 477- 478.)

Kuvasta kolme näkee miten solulayoutissa koneet on sijoitettu ja kuinka materiaa-
livirta kiertää solun läpi.



Kuva 3. Solulayout
(Haverila ym. 2009, 478)

Solulayout on joustava silloin, kun tuotantomäärät ja eräkoot vaihtelevat paljon. Tuotteita voidaan valmistaa vain yksi tai niitä voidaan valmistaa pieninä sarjoina. Tuotannonohjaus on helppoa, koska solu muodostaa vain yhden kuormituspisteen. (Haverila ym. 2009, 477.)

Laadunvalvonta on helppoa, koska tuotteet valmistetaan samalla alueella, jolloin mahdolliset poikkeamat on helppo havaita ja korjata. Soluissa eri koneiden kuormitusasteet voivat vaihdella paljon, keskimäärin ne ovat alhaisemmat kuin tuotantolinjalla. Solulayout on herkempi kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoiman suurille muutoksille kuin funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2009, 477- 478.)

Soluvalmistusta perustellaan työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden nousulla. Solussa työskentelevät ihmiset vastaavat tehtäviensä suunnittelusta ja suorittamisesta yhdessä. Työntekijät pystyvät keskenään vaikuttamaan työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. (Haverila ym. 2009, 478.)

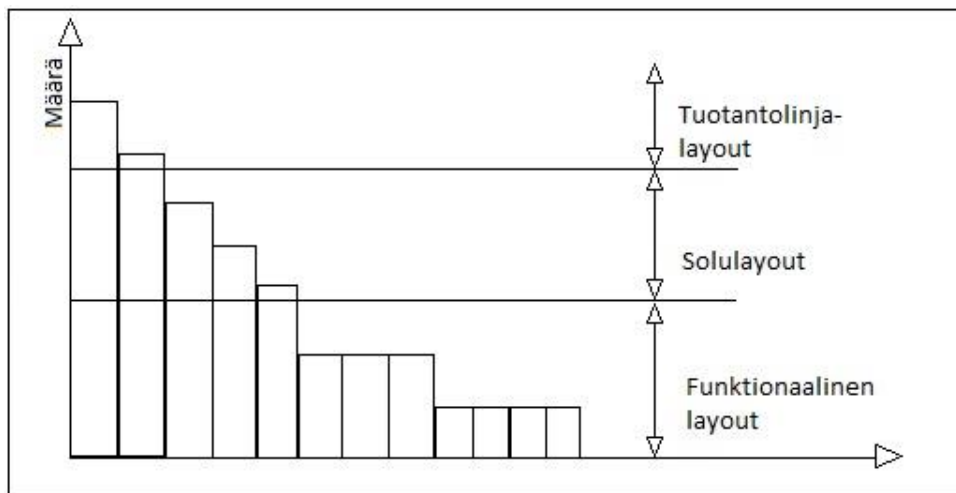
2.1.4 Kiinteän aseman layout

Tätä layouttyyppiä käytetään, kun valmistettava tuote on esimerkiksi niin iso että sitä on vaikea liikutella. Kiinteän aseman layoutissa tuote ei liiku prosessin mukaan, vaan valmistuksessa tarvittavat komponentit liikkuvat. Aikaisemmin myös tätä layouttyyppiä käytettiin autoteollisuudessa. (Santos ym. 2006, 25- 26.)

2.1.5 Layoutin valinta

Valmistettavien tuotteiden määrän ja tuotelaajuuden perusteella valitaan käytettävä layouttyyppi. Tuotantolinjalayout sopii silloin, kun valmistetaan massatuotetta eli valmistetaan samanlaisia tuotteita paljon. Funktionaalinen layout sopii parhaiten silloin, kun valmistettavia tuotetyyppejä on paljon erilaisia ja pieniä valmistusmääriä. Solulayout valitaan silloin kun valmistetaan eri tuotteita toistuvasti, mutta ei kuitenkaan niin suuria määriä että tuotantolinja kannattaisi. Soluissa voidaan tuotantolinjaa joustavammin valmistaa erilaisia tuotteita. (Haverila ym. 2009, 479.)

Kuvasta neljä nähdään kuinka tuotettavan tuotteen määrä vaikuttaa layout valintaan.



Kuva 4. Tuotemääräanalyysi
(Haverila ym. 2009, 479)

Santosin ym. (2006, 31) mukaan on hyvä muistaa, että ideaalia ratkaisua on vaikea löytää. Yleensä kuitenkin hyvä ratkaisu on lähellä ideaalia ratkaisua ja on helpommin saavutettavissa. Ideaali ratkaisu vaatii rajattoman määrän tietoa, käytännönläheisempi lähestymistapa on kuitenkin tehokkaampaa. On turhaa tuhata aikaa liialliseen ongelman analysointiin.

2.1.6 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelun yksi tärkeimmistä tavoitteista on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Tuotannonohjauksen ja toiminnan kehittämisen kannalta työpisteet pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähekkäin siten, että materiaalivirrat olisivat mahdollisimman selkeät ja siirtomatkat olisivat lyhyet. (Haverila ym. 2009, 482.)

Layoutsuunnittelussa tulee myös ottaa huomioon mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet. Layoutia pitäisi pystyä joustavasti muuttamaan tuotantomäärien ja tuotetyyppien muuttuessa. Muutostarpeet tulee ottaa huomioon erityisesti, jos layout sisältää raskaita koneita, jotka ovat vaikeasti siirrettäviä. Tuotantolinjat, raskaat koneet ja kiinteät rakennelmat tulisi sijoittaa siten, että ne eivät estä layoutin mahdollisia muutos- ja kehitystöitä. (Haverila ym. 2009, 482.)

2.1.7 Tuotantolinjalayoutin suunnittelu

Tuotantolinjaa suunnitellessa koneet ja laitteet sijoitetaan työnkulun mukaiseen järjestykseen. Koska tuotantolinjassa tuotantomäärät ovat suuria, tulee suunnittelussa erityisesti huomioida materiaalivirtojen järjestely. Tuotantolinjan eri työvaiheiden suunnittelussa on haastavaa saada tasapainoon eri työvaiheiden tuottavuus. Tasapainottamisella pyritään poistamaan työvaiheissa syntyvä aikahäviö. Aikahäviö syntyy, kun tahtiaika on pidempi kuin vaiheaika. (Haverila ym. 2009, 485.)

Tahtiajan määrittelyllä pyritään tasapainottamaan tuotantolinja. Tahtiaika voidaan laskea haluttuun tuotantomäärään perustuen seuraavasti:

$$\text{Tahtiaika} = \text{Aika} / \text{Haluttu tuotanto.} \quad (\text{Haverila ym. 2009, 485.})$$

Tahtiajalla pystytään määrittämään, montako työpistettä tarvitaan. Työkappaleen valmistukseen mennyt aika jaetaan tahtiajalla, mistä vastauksena saadaan työpisteiden minimimäärä. (Haverila ym. 2009, 486.)

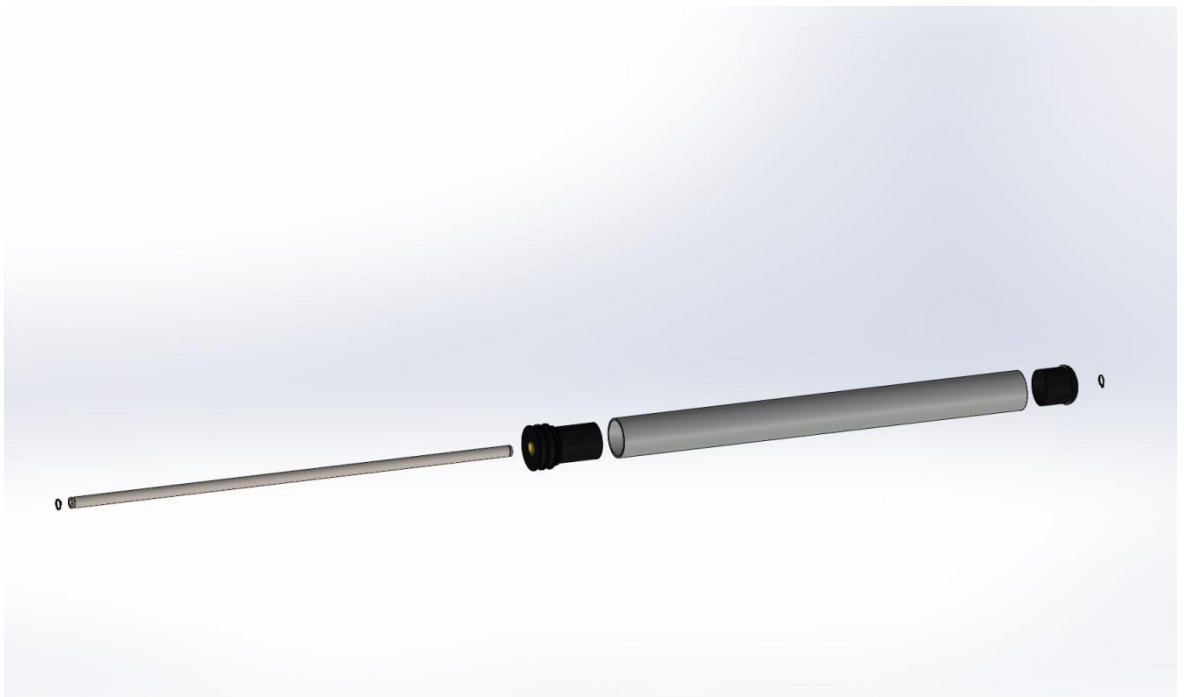
Työpisteiden lukumäärä = Työkappaleen kokonaisvalmistusaika / Tahtiaika (Haverila ym. 2009, 486).

Siirtämällä työtehtäviä työpisteestä toiseen työpisteeseen saadaan työkuormitusta helpotettua eri työpisteiden välillä. Kokoonpanotehtävissä aikahäviö voidaan minimoida edeltävällä menetelmällä, kun taas osavalmistuksessa se on hankalampaa, koska työvaiheiden sisältö määräytyy työpisteen koneiden ja laitteiden mukaan ja vaiheiden suoritusjärjestys on kiinteä. (Haverila ym. 2009, 486.)

3 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

3.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu ja piirtäminen

Nykyisin kaikki tekninen piirtäminen ja suunnittelu tehdään tietokoneilla. Piirustuksia tehdään kaksiulotteisesti (2D). Suunnittelu voidaan tehdä myös kolmiulotteisesti (3D), näin voidaan piirtää havainnollisia kuvia. 3D-malleja voi myös simuloida. 3D-mallit ovat niin tarkkoja, ettei koekappaleita tarvitse enää tehdä. Ohjelmilla tehdään niin osa kuin kokoonpanokuvia, sekä huolto ja korjausohjeita. Huolto-ohjeet yleensä sisältävät tuotteiden räjähdyskuvat kuten kuvassa viisi, joista voidaan nähdä valmistetun tuotteen koko rakenne. (Keinänen & Kärkkäinen. 2009, 51.)



Kuva 5. Räjähdysskuva

3.2 2D-piirustukset

2D-CAD-ohjelmissa käytetään viivoja, kaaria, ympyröitä ja erilaisia monikulmioita sekä symboleita. Yksittäisestä osasta käytetään nimitystä elementti tai alkio. Yksinkertaisin elementti on viiva. Elementteistä muodostetaan symboli, joka on haet-

tavissa piirustukseen yhdellä käskyllä. CAD-piirustuksissa käytetään kuvatasoja, joita voidaan tehdä näkyväksi tai piilottaa näkymättömäksi. Kuvatasoja voidaan ajatella kalvoina, joissa kullakin kalvolla on oma kuvionsa. Kalvoja pois ottamalla kuvataso tehdään näkymättömäksi ja kalvoja lisäämällä kuvataso tehdään näkyväksi. CAD-suunnittelussa kuvat piirretään aina suhteessa 1:1 eli todellisen kokoisena. Vasta tulostusvaiheessa kuvan mittakaava muutetaan, riippuen paperiarkin koosta. Mittakaavan muutos ei vaikuta kappaleen mitoitukseen. (Keinänen & Kärkkäinen.2009, 51- 52.)

Tuholan ja Viitasen (2008, 31) mukaan 2D-piirustus on tuote, jota varten 3D-mallit tehdään. Kun 3D-malli on saatu valmiiksi, luodaan mallista 2D-piirustus, jonka avulla välitetään tieto tuotteen tai kappaleen valmistajalle. 2D-piirustus sisältää kaikki kappaleen valmistukseen tarvittavat elementit, kuten valmistusmateriaalit, noudatettavan standardin, pintakäsittelyn, lämpökäsittelyn, mitoituksen, koneistus-toleranssit, koneistuspintamerkit sekä paikka- ja sijaintitoleranssit.

Valmiita 2D-piirustuksia voidaan myös käyttää 3D-mallintamisen luonnosten pohjana. Tämän vuoksi 2D-piirustukset onkin hyvä tallentaa jollakin yleisellä CAD-formaatilla, kuten .dxf- tai .dwg-kuvana. Jos halutaan piirustus, jota muut eivät pysty muokkaamaan, välitetään kuva pdf-formaatissa. Hyvän 2D-piirustuksen laatiminen vaatii käytännön kokemusta, hyvää ohjelmiston tuntemista sekä standardien tuntemusta. Suunnittelijan tulee tietää millaista tarkkuutta konepajan yleistoleranssit vaativat. Lisätoleransseja määrätään valmistettavaan kappaleeseen vain, jos yleistoleranssit eivät ole riittävän tarkkoja. (Tuhola & Viitanen. 2008, 31- 32.)

3.3 2D-piirustusohjelman ja 3D-mallinnusohjelman erot

Suunnittelijalta vaaditaan nykyisin entistä enemmän, sillä suunnittelun tehokkuus on sidottuna kokonaisprosessiin. Tuotteiden toimitusajat ovat lyhentyneet, joten suunnittelun tulee olla nopeaa. Tehokkaalla suunnittelijalla tulisi olla hyvä ohjelmien hallinta- ja hahmotuskyky, käytännön kokemusta ja hyvät mallinnustaidot, sekä taito suunnitella. (Tuhola & Viitanen. 2008, 33.)

Onnistuneena suunnitteluna voidaan pitää, että valmistuneet osat ja kokonaisuudet sopivat toisiinsa ja kokoonpanoihin. 3D-mallinnusohjelmat mahdollistavat osien fyysisen sovittamisen toisiinsa ja liityntärakenteisiin nähden ennen niiden valmistusta. Tämän ansiosta malleja pystytään vielä muuttamaan, mikäli huomataan, etteivät osat sovi toisiinsa. Törmäystarkastelutyökalun avulla voidaan varmistaa osien sopiminen toisiinsa. Mikäli osat ovat päällekkäin, ohjelma ilmoittaa siitä. (Tuhola & Viitanen. 2008, 31.)

Molempien suunnittelutapojen tavoitteena pitäisi olla, että tuotetaan mahdollisimman laadukkaita piirustuksia tuotannon ja markkinoinnin tueksi. 2D-piirtäminen soveltuu kaavioiden, kytkentäreittien ja layoutien piirtämiseen, mutta monipuolisten kokonaisuuksien hallinta on sillä hankalaa. Jos 2D-ympäristössä havaitaan, etteivät osat sovi yhteen, on kaikki piirustukset, joissa epäsoviva osa esiintyy tarkistettava. Lisäksi jokainen piirustus on korjattava erikseen. (Tuhola & Viitanen. 2008, 33.)

3D-mallinnusta tehtäessä osien yhteensopivuus voidaan tarkistaa tuotetta suunniteltaessa. Tämän vuoksi 3D-mallinnus on ylivoimainen 2D-piirtämiseen verrattuna. Pahimmassa tapauksessa osien yhteensopivuus huomataan vasta tuotteiden kokoonpanon yhteydessä, joten 3D-ympäristö säästää suunnittelijan ja yrityksen monelta murheelta. (Tuhola & Viitanen. 2008, 33.)

3.4 3D-mallintaminen

3D-mallinnus tarkoittaa tuotteiden tai komponenttien kolmiulotteista suunnittelua. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki suunnitellut tuotteet näyttävät oikeilta ja mallinnetut tuotteet ja komponentit toimivat kuten oikeassa maailmassa. Tuotteet suunnitellaan kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaatistoista. (Tuhola & Viitanen. 2008, 17.)

Tietokoneen näytöllä koordinaatistot ovat siten, että x-koordinaatisto on näytön alareunan suuntainen, y-koordinaatisto on näytön vasemman reunan suuntainen ja z-koordinaatisto osoittaa näytöstä pois päin, eli tietokoneen käyttäjää kohti. Nämä ovat koordinaatistojen positiiviset suunnat. Suurimmassa osassa 3D-

mallinnusohjelmia käytetään oikean käden suorakulmaista koordinaatistoa. (Tuhola & Viitanen. 2008, 17.)

Koska mallinnusohjelmat olettavat, että kulmat kiertyvät aina koordinaatistojen positiiviseen suuntaan, on tärkeää tietää missä asennossa piirretty kappale kulloinkin on tietokoneen näytöllä. Tällöin suunnittelija tietää, mihin suuntaan kappale kääntyy, kun annetaan kappaleen kääntämiseen tarvittava kulmaluku. Jos suunnittelijalla ei ole tietoa kappaleen asennosta, joutuu hän tekemään monia ylimääräisiä työvaiheita kappaleen oikean asennon löytämiseksi. Kun kappaletta käännetään ja liikutellaan kolmiulotteisessa suunnitteluympäristössä, on hyvä huomata, että myös koordinaatiston suunnat muuttuvat kappaleen asennon mukana. (Tuhola & Viitanen. 2008, 18- 19.)

3.5 3D-mallinnusmenetelmät

3D-mallinnusmenetelmiä on kolme päätyyppiä: kappalemallinnus, levymallinnus ja pintamallinnus. Teollisuuden kone- ja laitesuunnittelussa käytetään pääsääntöisesti kappale- ja levymallinnusta. Pintamallinnus on menetelmänä täysin oma lajinsa. Koneenrakennuksessa pyritään yksinkertaisiin ja helposti valmistettaviin tuotteisiin, joten pintamallinnusmenetelmä ei ole yleisesti käytössä. Pintamallinnus ei palvele riittävän tehokkaasti koneenrakennusta. (Tuhola & Viitanen. 2008, 26.)

3.5.1 Kappalemallinnus

Kappalemallinnuksessa eli solidimallinnuksessa käytetään valmiita muotoja, joita muokataan halutulla tavalla. Mallinnuksen perusmuotona voidaan käyttää esimerkiksi kartiota, ympyrää, neliötä tai kolmiota. Yleisimpiä muokkaustapoja ovat puristus, jossa lisätään materiaalia, ja leikkaus, jossa poistetaan materiaalia. (Tuhola & Viitanen. 2008, 26.)

3.5.2 Levymallinnus

Levymallinnuksessa mallinnetaan erilaisia levyosia. Levyn ollessa riittävän paksu, yli 0,4–0,7 mm käytetään nimitystä ”sheet metal”. Kaikkia levyjä mittojen 0,4–0,7 mm alle kutsutaan ohutlevymalleiksi. Mallinnusohjelmisto ei erottele levymallinnusta ja ohutlevymallinnusta, vaan kaikkia levypaksuuksia käsitellään samoilla työkaluilla. Käytännössä 0,8–1 mm:n paksuiset ohutlevyt ovat käytetyimpiä, koska nykyaikaisillakaan koneilla ei pystytä työstämään tätä ohuimpia levyjä. (Tuhola & Viitanen. 2008, 27.)

3.5.3 Pintamallinnus

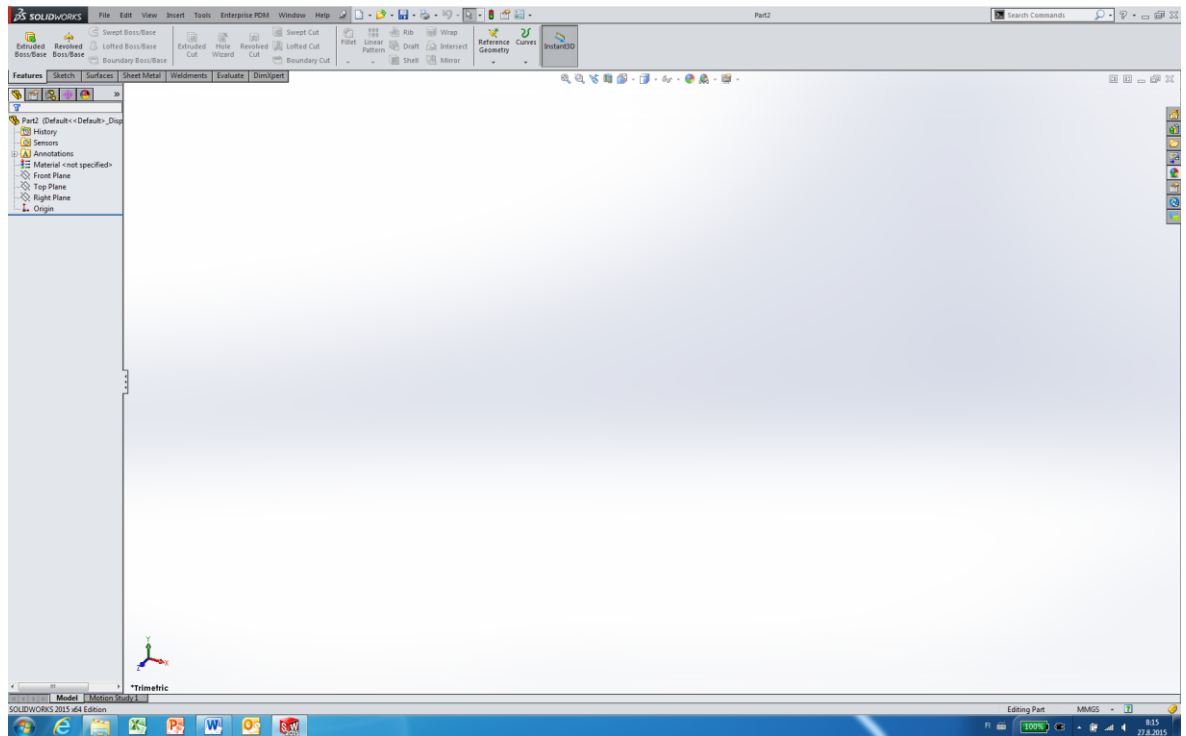
Pintamallinnuksessa malli muotoillaan erilaisten pintojen avulla. Menetelmänä se eroaa täysin kappalemallinnuksesta ja levymallinnuksesta. Näitä mallinnustyökaluja voi käyttää muuhunkin mallintamiseen, mutta pääasiassa muotoilijat käyttävät niitä työkaluinaan. Mallintamista käytetään kun tuote valetaan tai suunnitellaan muovimuotteja, esimerkiksi puhelimen kuori ja lattiakaivon muotti. (Tuhola & Viitanen. 2008, 29.)

Hyvä suunnittelija osaa hyödyntää eri mallinnusmenetelmiä niin, että lopputulos saavutetaan vaivattomasti (Tuhola & Viitanen. 2008, 30).

3.5.4 SolidWorks

SolidWorksin 3DCAD-mallinnus- ja suunnitteluohjelmistoa on helppo käyttää ja siihen on helppo siirtyä, jos on kokemusta joistain muista tunnetuista mallinnusohjelmistoista. Ohjelma sisältää perustoimintojen- kuten pursotus, leikkaus, peilaaminen- lisäksi paljon ominaisuuksia, joiden avulla on helppo luoda, simuloida, hallita ja julkaista tietoja. (SolidWorks [Viitattu: 4.8.2015].)

Kuvassa kuusi on SolidWorks-suunnitteluohjelmiston 3D-suunnittelunäkymä.



Kuva 6. SolidWorks-mallinnusnäkyä

3.5.5 Visual Components 3DCreate

Visual Components 3DCreate -ohjelmiston avulla voidaan simuloida tuotantolinja tai koko tehtaan ympäristö. Ohjelmaan voidaan tuoda jo olemassa olevia CAD-tiedostoja, jolloin niitä ei tarvitse enää uudestaan mallintaa. Tämä nopeuttaa tuotantolinjan suunnittelua huomattavasti. Ohjelma sisältää jo itsestään huomattavan määrän eri komponentteja ja laitteita, mikä helpottaa linjaston suunnittelua. Ohjelmiston ohjelmointikielenä on Pythonscript. (Visual Components [Viitattu: 24.8.2015].)

3.6 Tuotannon simulointi

Simuloinnilla tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa tutkittava ilmiö mallinnetaan matemaattisesti. Matemaattisen mallin avulla voidaan järjestelmän toimintaa analysoida sekä tutkia, miten parametrien säätö vaikuttaa järjestelmän toimintaan. Tällä tavoin voidaan selvittää, kuinka tehtaaseen suunniteltuun linjastoon tehdyt

tekniset valinnat toimivat ja mikä on tehtaan suorituskyky. (Haverila ym. 2009, 486.)

Simulointia on hyvä käyttää silloin, kun tutkittava ongelma on niin suuri tai vaikeasti ymmärrettävä ettei sitä voida analysoida yhtälöillä. Tehdasympäristössä satunnaisia tapahtumia on paljon ja niiden syy-seuraussuhteet ovat monimutkaisia. Simulointi on monesti ainoa tapa, millä syy-seuraussuhdetta pystytään tutkimaan. (Haverila ym. 2009, 486.)

Simulointitutkimus tehdään tietokoneohjelmistoilla, jotka on suunniteltu tuotantolaitoksen mallintamiseen. Markkinoilta on saatavilla monia erilaisia tuotannon, logistiikan ja palveluprosessien mallintamiseen tarkoitettuja mallinnusohjelmistoja. Ohjelmien käyttöön ei tarvita matemaattista ja ohjelmistoteknistä osaamista. Ohjelmissa on helppo graafinen käyttöliittymä ja valmiita peruslaitteistoja on paljon, näistä voidaan mallintaa monimutkainenkin kokonaisuus. (Haverila ym. 2009, 486-487.)

Taulukko 2. Simulointiohjelmiston ominaisuuksia
(Haverila ym. 2009, 487)

Nykyaikaisen simulointiohjelmiston ominaisuuksia:
graafinen käyttöliittymä
valmiisiin mallielementteihin perustuva mallinrakennustekniikka
animaatio mallin toiminnan seuraamiseksi
valmiit raporttipohjat ja graafiset esitykset
mahdollisuus seurata mallin tapahtumia ja tunnuslukujen kehittymistä simulaatioajon aikana
mallin toiminnan analysointivälineet
mahdollisuus tuoda malliin tietoja taulukkolaskentaohjelmistoista
mahdollisuus siirtää tapahtumatietoja ja raportteja taulukkolaskentaan
eri toimialoilta tehtyjä esimerkkimalleja
satunnaistapahtumien joustava mallinnus
valmiita kone- ja laitekirjastoja

Tuotannon simulointia voidaan käyttää suunnittelun apuna, kun suunnitellaan yksityiskohtaista laitetta tai tuotantoprosessia. Simuloinnin avulla voidaan myös tar-

kastella laitteiden liikeratoja ja työstöratioja. Tähän tarkoitukseen on olemassa omanlaisensa erikoisohjelmistot. (Haverila ym. 2009, 487.)

Taulukko 3. Simulointiohjelmiston suunnittelutehtävät
(Haverila ym. 2009, 487)

Tuotannon simulointia käytetään muun muassa seuraaviin suunnittelutehtäviin:
varasto- ja jakelujärjestelmien suunnittelu
tehtaiden sijoittelun ja tehtäväjaon suunnittelu
tehtaan layout suunnittelu
tehtaan eri koneiden ja laitteiden määrän ja suorituskyvyn määrittely
raaka-aine, väli- ja lopputuotevarastotasojen suunnitteluun
työvoiman tarpeen määrittely
tuottavuuden analysointi
läpäisyajojen analysointi
työjärjestyksen suunnittelu
ohjausperiaatteiden ja suunnittelusääntöjen kehittäminen
ongelmien ratkaisu
henkilöstön koulutus

Simulointitutkimuksen tuloksia arvioitaessa tulee ottaa huomioon, että testit eivät välttämättä vastaa täysin todellisuutta, vaan ne perustuvat mallilla tehtyihin kokeisiin. Johtopäätösten luotettavuuteen vaikuttavat tutkimuksessa käytettävien simulointiajojen suunnittelu sekä tulosten tulkinta. (Haverila ym. 2009, 488.)

3.7 Robottijärjestelmän simulointi

Robottijärjestelmän suunnittelua voidaan helpottaa ja nopeuttaa simuloimalla. Simuloimalla voidaan kokeilla erilaisia layoutversioita, määrittää robotin työkierrat, arvioida työaika ja suorittaa törmäystarkasteluja. Simulointi helpottaa myös eri työkalujen testausta. Suurin etu saavutetaan, kun järjestelmä voidaan testata ennen laitehankintoja. Näin pystytään korjaamaan ja välttämään virheitä jo suunnitteluvaiheessa. Simuloimalla voidaan myös hahmottaa koneen tai linjaston automaatio-

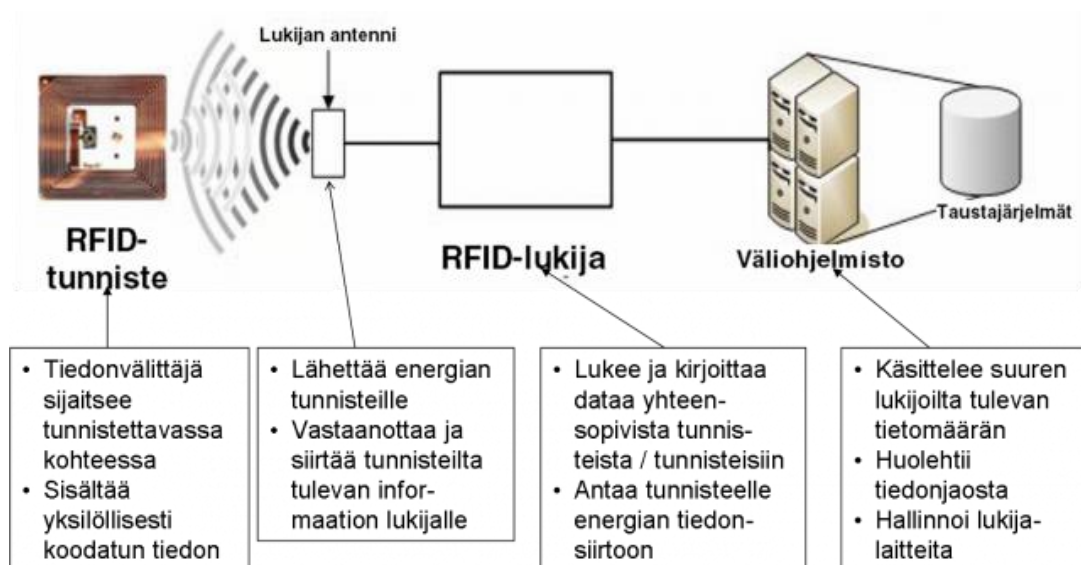
ta erilaisten analyysien tarpeisiin, työntekijöiden perehdyttämiseen tai markkinoinnin tueksi. (Aalto ym. 1999, 96.)

Simuloinnilla saavutetaan monia etuja, kuten yksittäisten työkiertojen ja laajemmista työkiirroista koostuvan linjaston analysointi, sekä robotin käsivarren ulottuvuusalueiden hahmottaminen. Simuloinnilla voidaan myös arvioida tuotannon tunnuslukuja. Vaihtoehtoisten mallien tunnuslukujen arviointi on samoin mahdollista. (Aalto ym. 1999, 96.)

4 SAATTOMUISTI JA ROBOTIIKKA

4.1 Saattomuisti

Saattomuisti eli RFID (Radio Frequency Identification) on radiotaajuudella toimiva järjestelmä, jota käytetään tuotteiden tai ihmisten havaitsemiseen, seuraamiseen, yksilöintiin ja tunnistamiseen. Teknologian toiminta perustuu radiotaajuudella tallentamiseen ja lukemiseen langattomasti. Kuvasta seitsemän näkee RFID-tekniikan komponentit. RFID-tunnistimeen eli tagiin tallennetaan haluttua tietoa radiotaajuuden avulla. Tagi voi esimerkiksi olla tarra, muovinen kappale tai kulkuavain. Tallennettu tieto luetaan myöhemmin taustajärjestelmän avulla, halutussa paikassa halutun tiedon saamiseksi. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)



Kuva 7. RFID-tekniikan komponentit (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015])

RFID-tekniikka on verrattavissa viivakoodiin. Kohteeseen kiinnitetään tunniste-tagi, joka kertoo tuotteesta haluttua tietoa. Viivakoodin ja RFID:n erona on, että RFID-tekniikan avulla voidaan tunnistaa ja hakea kohteesta tietoa ilman suoraa näköyhteyttä tunnisteeseen. RFID:n tietoa voidaan muuttaa halutulla tavalla matkan varrella, kun taas viivakoodin tieto on sen tulostamisen jälkeen muuttumaton. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)

RFID on yleisnimitys kaikelle radiotaajuudella tapahtuvalle tunnistamiselle, joten termin alle kuuluu monta eri tekniikkaa. Oikean tekniikan valitseminen tehdään sovelluskohtaisesti, ja se vaatiikin paljon tekniikan asiantuntemusta. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)

RFID-tekniikka on ollut mahdollista jo vuosikymmeniä. Sitä on hyödynnetty jo kauan esim. kulunvalvonnassa. Tekniikkaa voidaan hyödyntää myös teollisuudessa tuotteen seuraamiseen. Tuotantolinjaston jokaisesta tuotteesta saadaan yksilöityä tietoa, kuten valmistuspäivämäärä ja eränumero. Tuotetta voidaan seurata sen eri tuotantovaiheissa. (RfidLab [Viitattu 25.8.2015].)

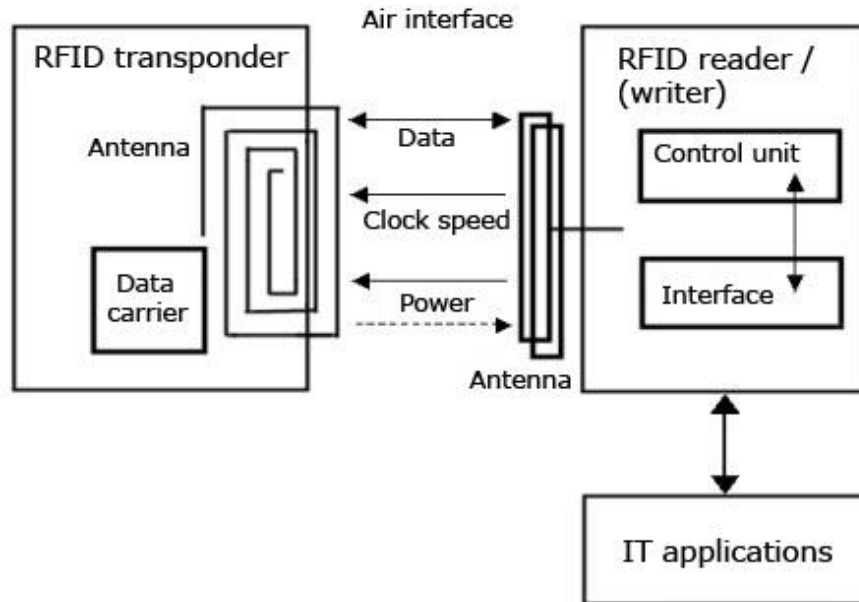
Tekniikka on hyvin standardoitua ja pitkälle kehittyntä. Suomessa löytyy runsaasti osaamista tekniikassa. UPM Raflatac on maailman suurin tunnistajien valmistaja ja Nokia on NFC-tekniikan ansiosta pian maailman suurin lukijavalmistaja. Suomessa sijaitsee useita maailmanluokan yrityksiä ja tutkimuslaitoksia RFID-tekniikan osalta. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)

4.1.1 RFID-tekniikan perusteet

RFID-tekniikalla on kaksi eri perustoimintatapaa: Passiivinen, joka ei tarvitse ulkoista virtalähdettä toimiakseen ja aktiivinen, joka tarvitsee ulkoisen virtalähteen, kuten pariston toimiakseen (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015]).

Passiivitunnistimet eivät tarvitse toimiakseen ulkoista virtalähdettä, ne toimivat LF- (Low Frequency) tai HF (High Frequency) -taajuuksilla, missä lukija ja tunnistajien muodostavat induktiivisen kytkennän keskenään. Tunnistajissa on kuparisia silmuja käämeinä, jotka toimivat tunnistajien ”antennina”. Lukijassa on vastaavanlainen kuparinen silmukka. Lukija ja vastaanotin keskustelevat muodostamalla magneettikentän keskenään, joten ne eivät keskustele radiotaajuudella. Yhteys lukijan ja tunnistajien välille luodaan johtamalla esimerkiksi 13,56 MHz:n taajuudella vaihtovirtaa lukijan kuparisilmukkaan, jolloin magneettikenttä indusoi vastaavan vaihtovirran tunnistajien kuparisilmukkaan. Tunnistajien tulee olla riittävän lähellä, että yhteys on mahdollista. Tunnistajissa on mikrosiru, joka saa virran indusoituneesta virrasta. Sirun EEPROM-muistissa olevaa dataa käytetään muuttamaan tunnis-

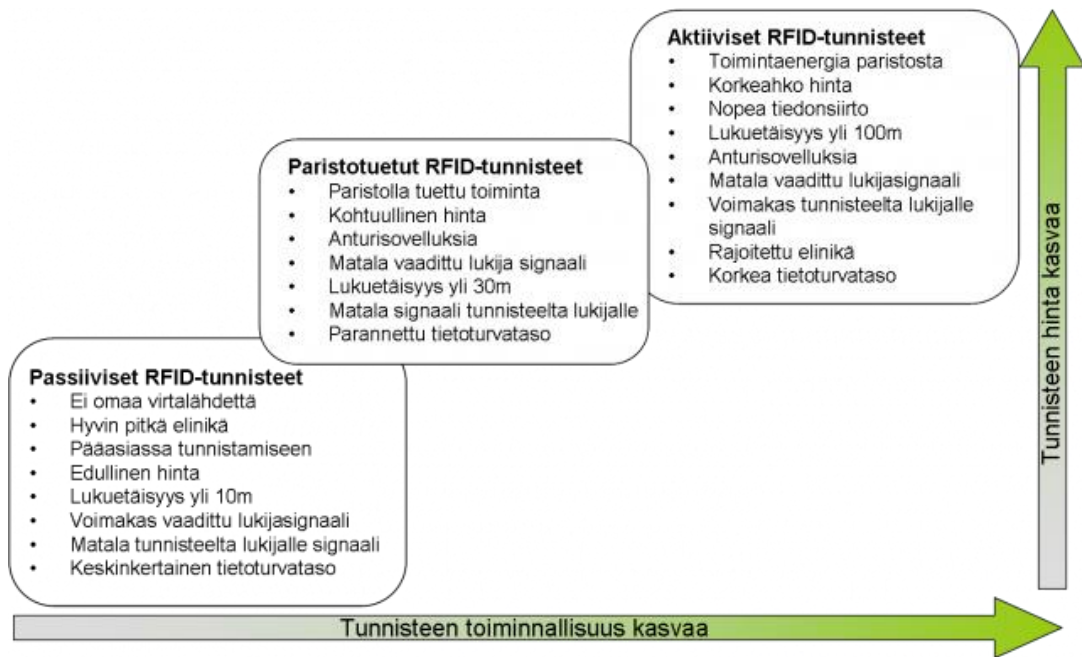
teen käämin virtaa, mikä vaikuttaa magneettikentän yli lukijan käämin jännitteeseen. Kuvassa kahdeksan esitellään RFID-tekniikan toimintaperiaate. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)



Kuva 8. RFID-tekniikan kaaviokuva (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015])

UHF- (Ultra high frequency) ja mikroaaltotaajuusalueilla tunniste ja lukija keskustelevalta lähettämällä radioaaltoja, kuten matkapuhelimenkin. Lukija lähettää radioaaltoja ja tunnisteiden dipoliantenni vastaanottaa radioaallot. Tunnistin sisällyttää radioaaltoon sirun tiedot ja heijastaa tiedot takaisin lukijalle. Tunniste voi välittää tiedot takaisin monella eri tavoin, kuten nostamalla signaalin amplitudia, siirtämällä signaalin vaihetta tai muuttamalla signaalin taajuutta. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)

Aktiivinen RFID-lähetin tarvitsee toimiakseen oman pariston tai muun virtalähteen, jolloin lukija ja tunnistin toimivat kuten matkapuhelin tai radiopuhelin. Aktiivisissa lähettimissä on nopeampi tiedonsiirtonopeus, ja niiden tietoturvasa on huomattavasti korkeampi kuin passiivisessa lähettimessä. Aktiivisissa lähettimissä tiedonsiirtomatka voi olla jopa 100 metriä. Kuvassa yhdeksän on esitelty RFID-tunnisteiden ominaisuuksia ja eroavaisuuksia. (RfidLab [Viitattu: 25.8.2015].)



Kuva 9. RFID-tekniikoiden erot
(RfidLab [Viitattu: 25.8.2015])



Kuva 10. ABB IRB-2600 -teollisuusrobotti
(ABB [Viitattu: 11.2.2016])

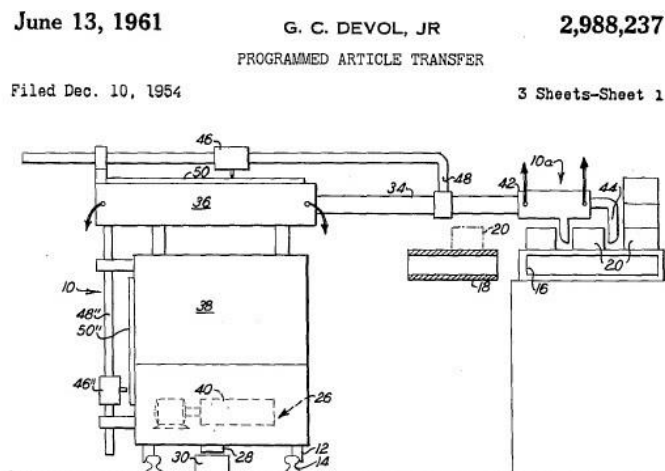
4.2 Teollisuusrobotti

Standardin ISO 8737 mukaan robotti on automaattisesti ohjattava, uudelleenohjelmoitava, monikäyttöinen manipulaattori, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa akselia (Malm ym. 2008, 1).

4.2.1 Robottien historia

Amerikkalainen George C. Devol haki patenttia ohjelmoitavalle manipulaattorille vuonna 1954, tästä alkaa nykyaikaisen teollisuusrobottien historia. Kuvassa 11 on patenttihakemuksessa käytetty rakennekuva. Ensimmäinen robotti myytiin vuonna 1959 teollisuuteen. Devol ja Joseph F. Engelberg kehittivät vuotta myöhemmin Unimate-robotin, joka toimitettiin General Motorsille vuonna 1961 valukoneen



















avuksi. Teollisuusrobottien vallankumous oli alkanut. Japani hankki lisenssin Unimaten valmistamiseen, jonka jälkeen maa meni nopeasti Amerikan ohitse robottien kehittämisessä ja käyttöönotossa. Robottien korkea hinta verrattuna työvoimakustannuksiin haistasi niiden yleistymistä 1960 ja 70-luvuilla. Analogiatekniikka pysyi pitkään Yhdysvaltalaisen robottien ohjausmenetelmänä, minkä vuoksi robottien kehitys painottui Eurooppaan ja Japaniin, niiden siirryttyä digitaaliseen ohjaukseen. Seuraava suuri mullistus robottien ohjauksessa tapahtui, kun KUKA lanseerasi PC-pohjaisen ohjauksen. (Malm ym. 2008, 1.)



Kuva 11. Kuva patentihakemuksesta
(The Atlantic [Viitattu 11.2.016])

4.2.2 Robottityypit

Standardin ISO 8737 mukaan yleisimmät teollisuusrobottien mallit ovat suorakulmainen robotti, sylinterirobotti, napakoordinaatorobotti, Scara-robotti, kiertyvänivelinen robotti, joka on kuvassa kymmenen, ja rinnakkaisrakenteinen robotti, jotka on esitetty kuvassa 12. Kuvassa 12 on myös esitetty robottien kinemaattiset kaaviot ja työalueet. (Aalto ym. 1999, 12.)

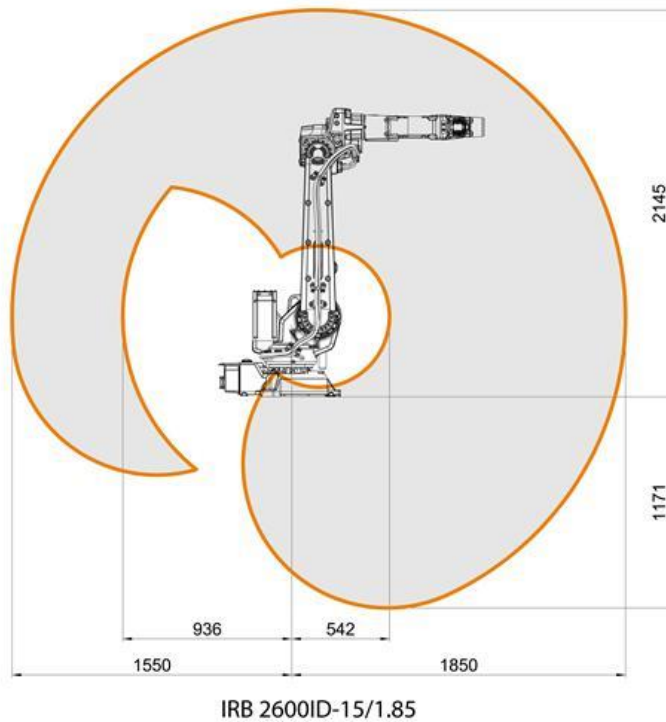
Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napakoordinaatistorobotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

Kuva 12. Yleisempien robottityyppien rakenne-esimerkkejä (ISO 8373) (Aalto ym. 1999, 12)

Kansainvälisen robottiyhdistyksen mukaan robotti on uudelleen ohjelmitavissa oleva mekaaninen laite, jossa on vähintään kolme liikutettavaa niveltä. Se on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmitavien liikkein, monenlaisten tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. (Aalto ym. 1999, 13.)

Ensimmäisten teollisuusrobottien aikaan 1960-luvulla robotilla pyrittiin tekemään mahdollisimman montaa eri tehtävää, mutta pian aloitettiin valmistamaan erikoisrobotteja, kuten maalausrobotteja. Valmistajilla on kuitenkin tuotannossa vakio-robottimalleja, joita valmistetaan vuodessa tuhansia. (Aalto ym.1999, 13.)

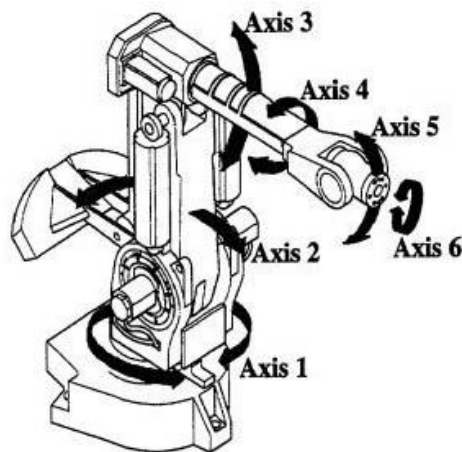
Tässä työssä käytettiin layoutin yhtenä osana ABB:n irb2600 kiertyvänivelistä teollisuusrobotia, jonka ulottuvuus oli sopiva linjaston toimivuuden kannalta. Kuvassa 13 on tyypillinen ulottuvuus ja liikeratakaavio.



Kuva 13. ABB irb2600 -liikeratakaavio
(ABB [Viitattu: 1.9.2015])

Niveltä avulla robotin käsivarret muuttavat keskinäisiä asentojaan ja asemiaan. Yhtä robotin perusliikettä sanotaan vapausasteeksi (DOF, Degree of freedom). Vapausasteet ovat joko kiertyviä tai suorita. (Aalto ym. 1999, 15.)

Kiertyvänivelisessä teollisuusrobotissa on kuusi niveltä eli vapausastetta, jotka ovat nähtävissä kuvassa 14. Kuusinivelinen robotti on monikäyttöisin, koska robotin työkalun saa mihin tahansa asentoon. Robotin kuusi niveltä, joista vähintään kolme tulee olla kiertyviä, mahdollistaa tämän. Kiertyvät nivelet sijaitsevat yleensä robotin ranteessa. Saavutettavia asemia rajoittavat niveltä mekaaniset liikealueet ja robotille sallittava työskentelyalue. (Aalto ym. 1999, 18.)



Kuva 14. Kiertyvänivelisen robotin akselit
(Global robots [Viitattu: 1.9.2015])

Robotin toimilaitteina käytetään sähköisiä, helposti ohjattavia servomootoreita, jos halutaan ohjata kaikki vapausasteet mielivaltaiseen paikkaan liikeratojen sisällä. Tasavirta (DC) servomootoreiden tilalle on otettu käyttöön vaihtovirta (AC) servomootorit, niiden yksinkertaisen rakenteen ja pidempien huoltovälien vuoksi. Vaihtovirtaservomootoreiden monimutkainen ohjauselektronikka on halventunut ja siten tullut kilpailukykyiseksi. (Aalto ym. 1999, 19.)

4.2.3 Robottisolu

Robottisolua suunniteltaessa on hyvä huomioida, että robotti on vain solun yksi osa ja monesti tulee kiinnitettyä huomiota vain robotin liikkeitä suorittavaan käsivarreen. Ohjausjärjestelmä ohjelmistoinen on käsivartta kalliimpi ja vaatii suuremman työpanoksen, se on myös teknisesti vaikeampi toteuttaa. Teollisuusroboteissa on lisäksi mittava kaapelointi, koska robotin toimilaitteet sijaitsevat lähellä käsivarren rannetta. Robotin tulee kuitenkin koostua irrotettavista moduuleista, jolloin jokaisen moduulin välillä on liittimet, mikä helpottaa huolto ja kokoonpanotöitä. (Aalto ym. 1999, 15.)

Robottijärjestelmän osat.

- työkalu (tarttuja, hitsauspoltin)
- ympäristöä tarkkailevat eli ns. prosessianturit tai -aistimet
- käsivarsi eli itse robotti
- ohjausjärjestelmä
- ympärys- eli oheislaitteet kuten ohjain
- liitännät robotin toimintaa ohjaaviin ulkoisiin tietokoneisiin. (Aalto ym.1999, 15.)

Robotisointihankkeesta tulisi tehdä tarkat investointilaskelmat. Hankkeen kannattavuus lasketaan samoin kuin muidenkin investointien kannattavuus. Jotta saataisiin mahdollisimman todenmukainen kuva investoinnin kannattavuudesta, tulee järjestelmän erityispiirteet ottaa huomioon mahdollisimman tarkasti. (Aalto ym. 1999, 109.)

Aallon ym. (1999, 110) mukaan robottiprojektin kustannusrakenne on seuraava: 50 % mekaniikka ja laitteisto, 30 % suunnittelu, ohjelmointi ja asennus, 5 % koulutus, 5 % projektinjohto ja 10 % käyttöönotto.

Robottijärjestelmän investointikustannukset koostuvat:

- suunnittelukustannuksista
- järjestelmän hankintakustannuksista
- asennus- ja käyttöönottokustannuksista
- työvälineiden ja oheislaitteiden hankintakustannuksista
- muista kustannuksista. (Aalto ym. 1999, 110.)

Robottijärjestelmän käyttökustannukset koostuvat:

- välittömistä palkkakustannuksista
- välillisistä palkkakustannuksista
- energia-, aine- ja tarvikekustannuksista
- huolto- ja kunnossapitokustannuksista. (Aalto ym. 1999, 110.)

Aallon ym. (1999, 110) mukaan robottijärjestelmän avulla päästään seuraaviin säästöihin:

- materiaalikustannukset pienentyvät
- materiaalin käsittelykustannukset pienentyvät
- palkkakustannukset pienentyvät
- keskeneräinen tuotanto pienenee
- virheellisten kappaleiden väheneminen
- tuotantolaitteiston käyttöaste nousee
- tilan tarve pienenee
- valmisvarasto pienenee.

Tarkoin suunniteltu ja toteutettu robottisolun on hyvä vaihtoehto, kun halutaan automatisoida tuotantoa joustavasti (Aalto ym. 1999, 110).

Robottiprojektin läpiviennissä on enemmän huomioitavaa kuin tavallisessa konehankinnassa, koska ne ovat sovelluksen mukaan räätälöityjä ratkaisuja. Automaatio-sovelluksen kokonaisuuden hallinta on tärkeää järjestelmän toimivuuden, aikataulun ja budjetin pitämisen suhteen. Robottisovelluksen toiminnallisuudesta vastaavat toimittaja ja myös käyttäjät. Parhaaseen lopputulokseen päästäänkin näiden tahojen yhteistyöllä. (Aalto ym. 1999, 110).

4.2.4 Robotin koordinaatistot

Robotin pitää hallita työkalunsa asemaa ja liikettä käyttäjän haluamalla tavalla. Siksi robotin on kyettävä laskennallisesti muuttamaan käyttäjän määräämä asema / paikka robotin halutuiksi nivelten paikkaohjeurvoiksi. Tästä laskennasta käytetään nimitystä käänteinen kinemaattinen tehtävä. Suorassa kinemaattisessa tehtävässä työkalun asema määritetään paikka-arvojen perusteella. Kinemaatikassa lasketaan trigonometrisiä funktioita ja matriiseja. (Aalto ym.1999, 20.)

Teollisuusrobotin koordinaatistot ovat ISO 9787- 1990 mukaan seuraavat:

- maailman koordinaatisto
- peruskoordinaatisto
- työkalukoordinaatisto.

Maailmankoordinaatisto on robotin ulkopuolinen koordinaatisto, joka on sidottu robotin ympäröivään maailmaan esim. rakennukseen tai kuljettimeen.

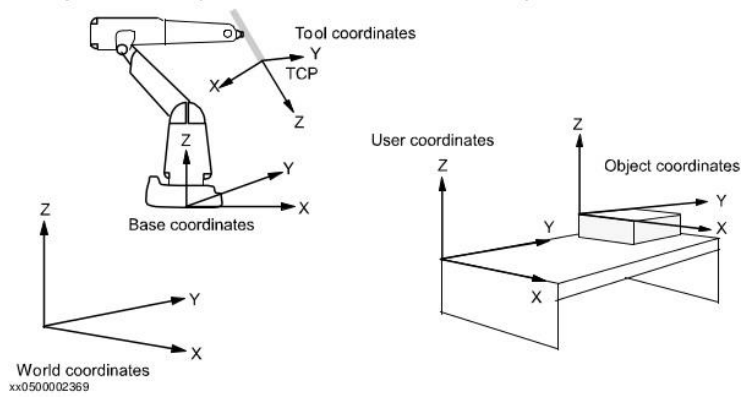
Peruskoordinaatisto sijaitsee robotin jalustassa siten, että Z-akseli osoittaa ensimmäisen nivelen akseliin, X-akseli osoittaa ensimmäisen nivelen työalueen keskikohtaan ja XY-taso on lattiatasolla.

Työkalukoordinaatisto on suorakulmainen koordinaatisto, joka sidotaan työkalun haluttuun kohtaan, alkaen työkalulaippaan sidotusta koordinaatistosta. Tämä kohta on työkalukoordinaatiston origo. Työkalua pystytään liikuttamaan parametriin annetulla nopeudella. Joskus työkalukoordinaatisto kannattaa sijoittaa esim. poimittavan kappaleen pintaan. (Aalto ym. 2008, 20- 21.)

Objekti-koordinaattijärjestelmä vastaa työkappaletta. Se määrittelee työkappaleen sijainnin suhteessa maailmankoordinaatiston nähden, tai suhteessa mihin tahansa muuhun koordinaatistoon nähden. Työobjektikoordinaattijärjestelmän täytyy olla määriteltynä kahdessa koordinaatistossa, käyttäjän koordinaatistossa suhteessa maailmankoordinaatistoon ja objektin koordinaatistoon suhteessa käyttäjän koordinaatistoon. Robotilla voi samanaikaisesti olla useita eri objektikoordinaatistoja,

joko täysin eri objekteista, tai useita kopiota samasta objektista eri sijainneissa.
(Robotstudio [Viitattu: 6.12.2015].)

Kuvasta 15 nähdään roboteilla käytetyt koordinaatistot.



Kuva 15. Robotin koordinaatistot
(Artifact of code [Viitattu: 1.9.2015])

5 PAKKAUSVAIHEEN AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU

5.1 Nykytilanne

Työn tarkoituksena oli löytää ratkaisu tuotantolinjastojen pakkausvaiheen ongelmaan. Nykyisellään linjastojen loppupäissä eli pakkausvaiheessa ei ole automatisointia, vaan kaikki laatikoiden kuljettaminen ja pakkaaminen tehdään käsin. Tämän vuoksi linjastojen loppupäät ovat ahtaat ja täynnä erinäköisiä laatikoidenaihioiden lavoja, sekä valmiita laatikkolavoja.

Linjoja palvelee tällä hetkellä linjapalvelija, joka siirtelee tyhjiä sekä täysinäisiä lavoja pois linjastojen loppupäistä tarpeen mukaan. Samalla palvelija tekee omaa työtään, mikä keskeytyy aina kun lavoja täytyy siirrellä tai kun laatikon aihiota lisätään työpisteille. Ylimääräistä lavojen siirtelyä tulee paljon, mistä nyt haluttaisiin päästä eroon. Työpiste tarvitsee 30 laatikkoa tunnissa, mikä tekee yhteensä 225 laatikkoa vuorossa / linjasto, laskettuna seitsemän ja puolen tunnin työpäivällä. Kun käytössä on nyt kymmenen työpistettä, tarvitaan laskennallisesti 2250 laatikkoa vuorossa. Toiminnan laajentuessa ja tuotantomäärien noustessa tulee tarve investoida lisälinjastoille, jolloin myös tehokas ja yksinkertainen linjastojen loppupäiden automatisointi tulee ajankohtaiseksi.

5.2 Työn kartoitus

Työ aloitettiin kartoittamalla tuotantotilat ja automatisointiin vaadittava tilan tarve, sekä toimeksiantajan vaatimukset laitteistolle. Tämän jälkeen toteutettiin kysely tuotannon työntekijöille, millä selvitettiin työpisteiden hyviä ja huonoja kohtia, koska niitä oli hyvä huomioida ennen kuin suunnittelu aloitettaisiin. Työpisteiden materiaalin tarve ja materiaalivirta mitattiin, mikä kertoi laitteistolle asetetut vaatimukset tuotteiden käsittelyä ajatellen. Lopuksi kartoitettiin mahdolliset yhteistyökumppanit, joilta pyydettiin budjettitarjouksia linjaston eri vaihtoehtoista.

5.3 Layoutsuunnittelu ja mallintaminen

Layoutsuunnittelu aloitettiin pohtimalla yhdessä kohdeyrityksen insinöörien kanssa erilaisia ratkaisuja ja laitteistojen sijoittelua tehtaassa. Erilaisia ratkaisuja oli paljon ja niistä päädyttiin kolmeen pääratkaisuun, jotka on tässä raportissa esitelty. Itse layout-piirtäminen aloitettiin karkealla 2D-suunnittelulla käyttäen paperia ja kynää. Liitteessä 8 on esitelty esisuunnittelussa tehty karkea piirros. Tämän jälkeen aloitettiin laitteiden mallintaminen SolidWorks-ohjelmistolla. Ohjelmalla mallinnettiin riittävän tarkoin kaikki laitteet, joita linjaston toteuttamiseen tarvittiin. Mallintamisessa ei kuitenkaan edetty toiminnallisen suunnittelun asteelle, koska laitteiden tilantarpeen määrittäminen oli tässä vaiheessa tärkeämpää. Laitteiden mallintaminen todellisen mittojen mukaan on tärkeää, koska siten voidaan nähdä niiden tilan tarve tehdasympäristössä. Tehdyistä malleista koottiin kolme layout-kokonaisuutta. Layoutien alkupäät pysyvät samoina, mutta tuotteen loppupään käsittelyyn eli loppupakkaukseen tehtiin kolme erilaista ratkaisua.

Layoutien laitteista ei tarvinnut tehdä mittatarkkoja 2D-piirustuksia, koska Yritys ei itse ole laitevalmistaja. Tarkoituksena oli mallintaa laitteet riittävän tarkasti visuaalisesti, että järjestelmästä pystyttiin pyytämään budjettitarjouksia. Laitteisto mallinnettiin vain riittävän tarkasti myös siksi, että työn toteuttamisessa pysyttiin aikataulussa.

Raportissa esitellään aluksi layoutissa käytetyt mallinnetut laitteet, jonka jälkeen esitellään kaikki kolme layoutratkaisua.

5.4 Standardit

Standardisointi on yhteisten pelisääntöjen laatimista. Sen tarkoitus on helpottaa viranomaisen, valmistajan ja kuluttajan elämää. Standardoinnilla lisätään koneiden ja laitteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta. (SFS [Viitattu: 16.9.2015].)

5.5 SIAT Laatikonmuodostajat ja sulkijat

SIAT on Italialainen koneidenvalmistaja, jonka erikoisosaamisaluetta on jälkipakkauuslaitteet, kuten laatikonmuodostajat ja sulkijat. Yhtiön historia ulottuu aina 1970-luvulle, jolloin ensimmäiset pakkauksensulkijat valmistettiin. 80-luvulle saavuttaessa yhtiö valmisti ensimmäiset puoliautomaattiset ja 2000-luvun alussa yhtiö valmisti ensimmäiset automaattiset laitteet. Yhtiön tavoitteena on olla maailman johtava jälkipakkauksen laitteita valmistava yritys. (Siat [Viitattu: 26.8.2015].)

Koska tilaa oli rajallisesti käytettävissä, päädyttiin tässä opinnäytetyössä Siatin valmistamiin laatikonsulkijoihin ja muodostajiin, niiden asiakaskohtaisen muokattavuuden ja koon vuoksi.

5.5.1 Laatikonmuodostaja



Kuva 16. Mallinnettu laatikonmuodostaja

SIAT F144 sekä F146 ovat automaattisia laatikonmuodostajia, joihin mahtuu vakiona 150 kappaletta laatikon aihiota. Ne ovat laajennettavissa 300 kappaleen aihioon. Laitteet pystyvät muodostamaan noin 700 laatikkoa tunnissa. Niiden vakionopeus on 8–12 laatikkoa minuutissa, riippuen laatikon koosta. Laitteet ovat PLC-(Programmable Logic Control) ohjattuja, joten ne on helppo liittää toimimaan eri linjastojen kanssa saumattomasti. Vakiona laitteissa käytetään Omronin PLC:tä, mutta PLC:n merkin saa valita myös asiakaskohtaisesti. Laatikonmuodostaja sulkee pohjaläpän teipillä. Laatikonmuodostajaa valmistetaan oikea ja vasenkätisenä.

Kun F144-muodostajaan mahtuu 300 laatikon aihiota, sen koko on seuraava:

- pituus 3280 mm
- leveys 1720 mm
- korkeus 1645/1800 mm

Kun F146-muodostajaan mahtuu 300 laatikonaihiota, sen koko on seuraava:

- pituus 3370 mm
- leveys 1940 mm
- korkeus 1750/1950 mm

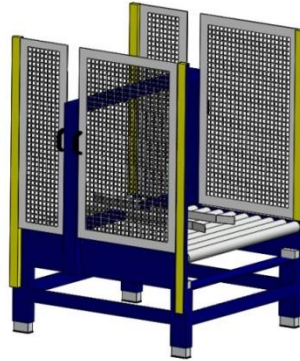
Muodostettavien laatikoiden koot F144-laitteella:

- pituus 150–450 mm
- leveys 150–350 mm
- korkeus 150–450 mm

F146-laitteella:

- pituus 300–620 mm
- leveys 200–400 mm
- korkeus 200–450 mm. (Siat [Viitattu: 27.8.2015].)

5.5.2 Laatikonsulkija



Kuva 17. Mallinnettu laatikonsulkija

SIAT SM11 on automaattinen laatikonsulkija, jossa laatikon koko täytyy säätää manuaalisesti. Saatavilla on myös malli, missä laatikon koon säätö tapahtuu automaattisesti. Jos laatikon koko pysyy vakiona ja tehdään pitkiä sarjoja, on tarpeellonta valita automaattisäätöistä mallia. Laitteen teipparit sijaitsevat koneen keskilinjalla, ja laitteen toiminnallisuus on yksinkertainen. Laatikko syötetään syöttöpäästä, jolloin laite sulkee pahvilaatikon kannet manuaalisilla ohjureilla. Tämän jälkeen teippari sulkee laatikon vetämällä ja katkaisemalla teipin laatikon kanteen. Ajonopeus on 21 m/min.

Laitteen fyysiset mitat ovat:

- pituus 2526 mm
- leveys 1058 mm
- korkeus 1770/2110 mm. (Siat [Viitattu: 28.8.2015].)

Sulkijalla pystytään sulkemaan laatikot joiden koot ovat:

- pituus 200–600 mm

- leveys 150–500 mm
- korkeus 120–600 mm. (Siat [Viitattu: 28.8.2015].)

5.6 Manipulaattori



Kuva 18. Mallinnettu Festo-manipulaattori

Manipulaattorissa käytettiin Feston EGC-TB-KF-lineaarijohteita (x-suunta), jotka ovat kooltaan 80x6500 mm.

Johteiden nimellisominaisuudet ovat:

- maksiminopeus on 5 m/s
- tarkkuus on +- 0,08 mm
- syöttövoima 350 Nm.

Manipulaattorin (y-suunnan) johteeksi valittiin Feston EGC-HD-TB 160 -lineaarijohde, jonka nimellisominaisuudet ovat:

- nopeus 5 m/s
- tarkkuus $\pm 0,08$ mm
- syöttövoima 1000 Nm.

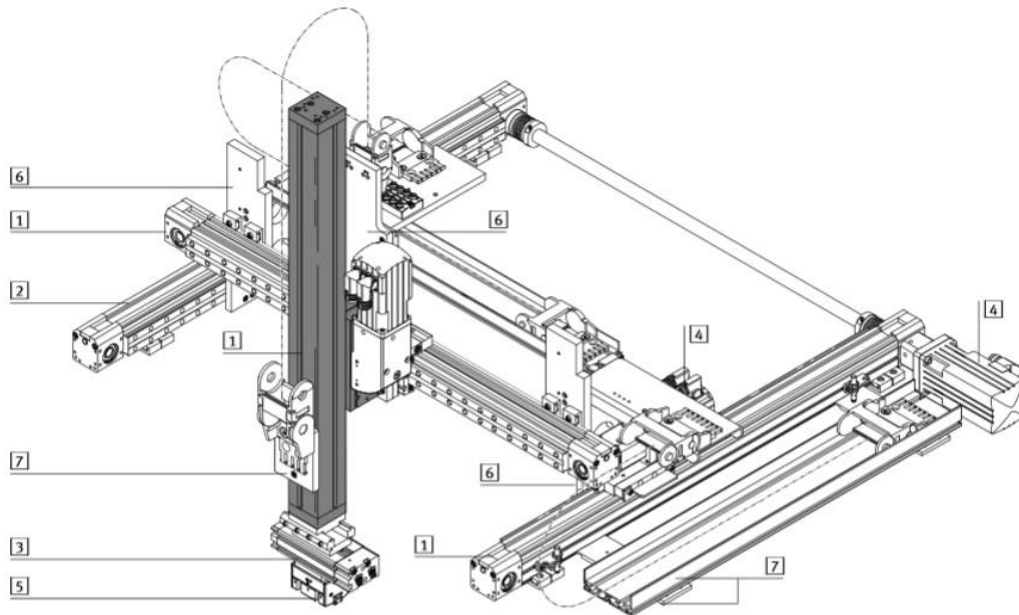
Manipulaattorin (z-suunnan) lineaarijohteeksi valittiin Feston DGEA 25, jonka nimellisominaisuudet ovat:

- nopeus on 3 m/s
- tarkkuus on $\pm 0,05$ mm
- nostokyky on 20 kg.

Lineaarijohteita ajetaan Feston Servomoottoreilla, jotka ovat valittavissa Feston internetsivuilta, vaadittujen ominaisuuksien mukaan. Layoutissa 1 käytetään kahta kappaletta Feston manipulaattoreita laatikoiden lajitteluun ja pakkaukseen. (Festo [Viitattu: 15.9.2015].)

Manipulaattoriin on lisäksi mallinnettu sen runko, tarttuja ja energiansiirtoketjut kouruineen. Kuvassa 19 on esitetty Festo-manipulaattorin kokoonpanokuva.

System product for handling and assembly technology



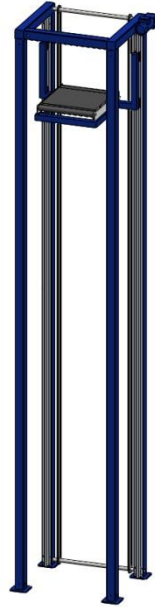
Kuva 19. Festo-manipulaattorin kokoonpanokuva
(Festo [Viitattu: 16.9.2015])

Taulukko 4. Feston varaosa ja osaluettelo
(Festo [Viitattu: 17.9.2015])

Järjestelmän elementit ja varaosat			
		Kuvaus	Sivu/Internet
1	Akselit	Suuri määrä optio yhdistelmiä, yhdessä käsittely ja asennustekniikan kanssa	Akselit
2	Passiiviset opasakselit	Voiman ja momentin kapasiteetin kasvattamiseen moni- akseli sovelluksissa	Ohjain akselit
3	Käyttö yksiköt	Suuri määrä optio yhdistelmiä, yhdessä käsittely ja asennustekniikan kanssa	Käytöt
4	Moottorit	Servo ja askelmoottorit vaihteiston kanssa, tai ilman	Moottorit
5	Tarttujat	Suuri määrä optio yhdistelmiä, yhdessä käsittely ja asennustekniikan kanssa	Tarttujat
6	Adapterit	Käyttö/Käyttö yhdistelmille	28
		Käyttö/tarttuja yhdistelmille	Tarttujat
7	Asennus komponentit	Selväpiirteisen, turvallisen suunnitelman saavuttamista varten sähkökaapeleille ja putkille	Asennus komponentit

Taulukosta 4 nähdään Feston manipulaattorin pääkomponentit, joita ovat lineaari-
johteet (x-, y- ja z-suunnat) sekä energiansiirtoketju ja sen kouru, vetoakseli, tarttu-
jat ja servomoottorit.

5.7 Nostin



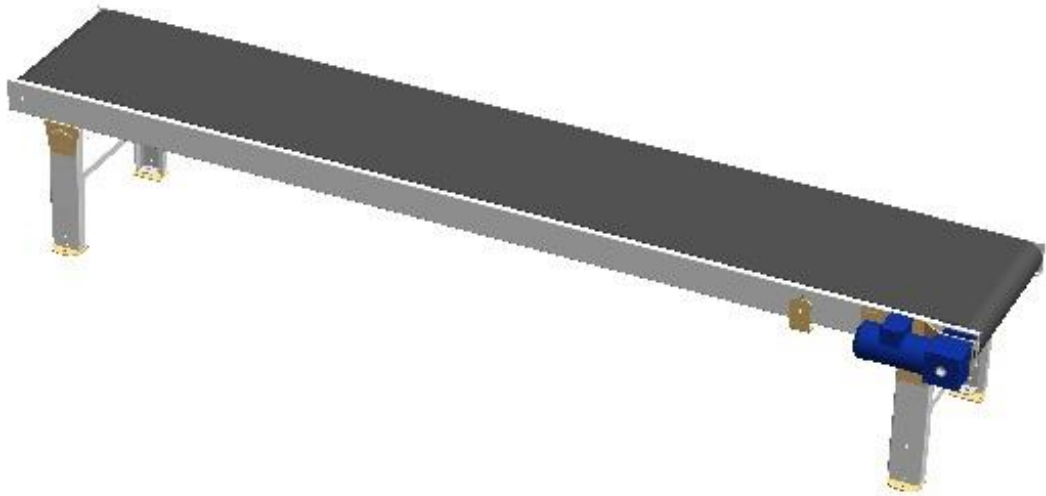
Kuva 20. Mallinnettu laatikkonostin

Koneen valmistusta ohjeistetaan erilaisin standardein. Suomessa standardoinnin keskusjärjestönä toimii SFS. Etenkin nostinten ja hissien suunnittelussa ja valmistuksessa täytyy toimia standardien puitteissa. Standardissa SFS-EN 1570-1 käsitellään nostopöytiä, joissa on enintään kaksi kiinteää pysähtymistasoa. (SFS [Viitattu: 17.9.2015].)

Työssä käytettyä nostinta ei kuitenkaan suunniteltu valmistettavaksi asti, vaan sitä tehtiin layoutsuunnitelmaa varten, joten standardiin SFS-EN 1570-1 ei tarvinnut sen enempää tutustua.

Nostin on 5200 mm korkea ja sillä on tarkoitus pystyä siirtämään yhtä pahvilaatikkoa kerrallaan, joko tyhjää laatikkoa laatikonmuodostajalta tai maksimissaan kolme ja puoli kilon painoista, työpisteeltä linjastolle siirrettävää laatikkoa. Nostimesa on lyhyt hihnakuuljetin, jonka avulla siirto pystytään tekemään nostimelta eteenpäin.

5.8 Kuljetin

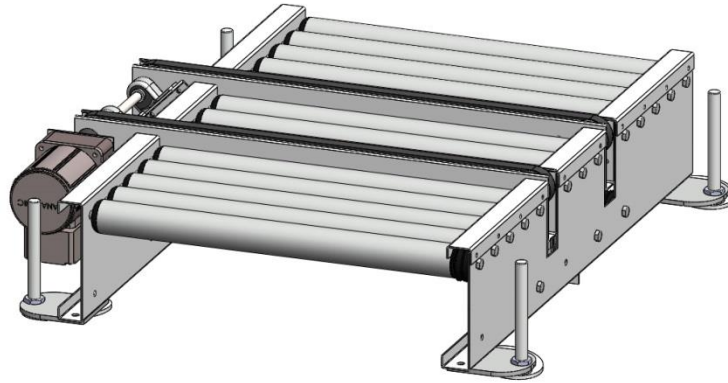


Kuva 21. Mallinnettu kuljetin

Standardissa SFS-EN ISO 12100-2 + A1 käydään läpi koneturvallisuus, perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet (SFS [Viitattu: 17.9.2015]).

Kuten nostimen kanssa, kuljetinta suunniteltiin layoutsuunnitelmaa varten, joten standardien tarkempi tarkastelu nähtiin turhaksi. Kuljetin on tyypiltään hihnakuljetin, jonka hihnamateriaali on kumia. Tässä mallissa käyttönä toimii oikosulkumoottori. Käyttötarkoituksen mukaan kuljetin on joko suoralla moottorilähdöllä tai taajuusmuuttajalla ohjattu. Taajuusmuuttajalla ohjatun moottorin nopeutta pystyy säätämään, kun taas suoraikäytön nopeus pysyy vakiona ja riippuu välivaihteen välityksistä. Kuljettimen korkeus on säädettävissä ± 200 mm, minimikorkeuden ollessa 300 mm. Kuljettimen jalkojen kulmia pystyy säätämään, mikä osoittautui turhaksi ominaisuudeksi työssä. Kuljettimen runkomateriaalina on 3 mm peltiprofiili, joka on särmätty eli taiteltu tarvittavaan muotoonsa.

5.9 Risteyskuljetin



Kuva 22. Mallinnettu risteyskuljetin

Risteyskuljettimen suunnittelua sitoo edeltävän kuljettimen tavoin samat standardit. Risteyskuljettimen käyttö tehdään oikosulkumoottorilla. Kuljettimen rullat on linkitetty toisiinsa ketjuilla tai hammashihnoilla. Yksi kuljettimen rulla on linkitetty ketjulla tai hammashihnalla moottorin akselin kanssa. Moottorin ohjauksen voi niin ikään tehdä suoralla käytöllä tai taajuusmuuttajalla. Rullat voivat olla akkumuloivia, mikä tarkoittaa että rulla lopettaa pyörimisen jos kuljettimella oleva tavara törmää esteeseen. Tällä pystytään estämään tehokkaasti tavaran rikkoutuminen. Nousevan risteuksen vetotapa on hammashihna tai ketju, tätä käytetään myös oikosulkumoottorilla. Risteys nousee ja laskee tarvittaessa paineilmasylinterien avulla, paineilmasylinterit sijaitsevat risteuksen alapuolella, vetopäässä ja taittopäässä. Moottori sijaitsee vetopäässä.

5.10 Layout 1



Kuva 23. Layout 1

Layoutissa yksi on kymmenen työpistettä palveltavana. Työpisteille tulisi saada laatikko maksimissaan kahden minuutin välein, jolloin edeltävä laatikko on täytetty. Tätä kahta minuuttia voidaan pitää jaksonaikana työpisteillä, olettaen että tuotantolinjastoon ei tule häiriötä tai vikaa.

Laatikonmuodostaja kuvassa 23 oikeassa yläkulmassa muodostaa P290xL170xK380 mm pahvilaatikoita. Muodostajan makasiiniin mahtuu 300 kappaletta laatikon aihiota. Muodostaja siirtää laatikon nostimeen, joka siirtää laatikon 4000 mm korkeudessa olevalle kuljettimelle. Laatikko jatkaa kuljettimia pitkin työpisteiden kohdalle, josta se ohjataan laatikkoa tarvitsevaan työpisteeseen risteyskuljettimella.

Kun laatikko on täytetty, siirtää työntekijä laatikon työpisteessä sijaitsevaan nostimeen, mistä laatikko siirtyy 4700 mm:n korkeudella olevalle kuljettimelle. Nostimessa laatikkoon teipataan RFID-tunniste, johon kirjoitetaan linjaston tunnistet.

Laatikkoja kerätään kuusi kappaletta työpisteen yläpuolella olevalle kuljettimelle, josta ne jatkavat matkaansa loppupakkaukseen.

Loppupakkaus sijaitsee varaston puolella. Loppupakkauksessa on oma laatikonmuodostaja, joka valmistaa P600xL400xK520 mm:n laatikoita. Muodostajan maksiiniin mahtuu myös 300 kappaletta laatikon aihiota. Laatikonmuodostaja sijaitsee kuvan 23 vasemmassa yläkulmassa.

Laatikko saapuu tuotannosta varaston puolelle, jossa se suljetaan laatikonsulkijan toimesta. Laatikonsulkija sijaitsee kuvassa 23 keskivaiheilla, ylhäällä kuljettimen päässä. RFID-lukija lukee teipatusta tunnisteesta tiedot, miltä linjalta laatikko on saapunut, jolloin manipulaattori tietää viedä laatikon oikeaan pisteeseen.

Laatikko siirtyy kuljettimella olevaan poimintapisteeseen, josta manipulaattori yksi poimii laatikon ja siirtää sen omaan suurempaan laatikkoonsa keskikuljettimelle. Laatikko jatkaa keskikuljetinta pitkin matkaansa lavojen kohdalle. Jokaiselle työpisteelle on oma lavansa loppupakkauksessa, koska jokaisella linjastolla valmistetaan eri tuotteita.

Jos laatikko onkin työpisteen D laatikko, tai sen jälkeisen työpisteen, manipulaattori yksi siirtää sen manipulaattorin kahden linjalle, josta manipulaattori kaksi voi poimia sen ja siirtää sen omaan lavaansa.

Kun manipulaattorit ovat täyttäneet laatikot, siirtyvät laatikot keskikuljetinta pitkin laatikonsulkijalle kaksi, joka sijaitsee kuvassa 23 ylhäällä keskellä. Laatikonsulkija kaksi sulkee laatikon teippaamalla, RFID-lukija lukee laatikon tiedot, jonka jälkeen manipulaattori voi siirtää täyden laatikon kuljetuslavalle.

5.11 Layout 2



Kuva 24. Layout 2

Layoutissa kaksi kuvassa 24 tuotannon työpisteitä on myös kymmenen kappaletta. Linjaston alkupää toimii samalla tavalla kuten edeltävässä layoutissa. Eroavaisuutena toiminnassa on, että loppupakkauksesta on manipulaattorit poistettu ja tilalle on laitettu kaksi kappaletta ABB IRB-2600 kiertyvänivelistä robottia, joissa on kuusi vapausastetta.

Robotit on asennettu lineaariyksiköiden päälle, yksiköt toimivat robottien seitsemäntenä akselina. Lineaariyksiköiden avulla robotteja voidaan ajaa eri sijainteihin lineaarisesti. Lineaariyksiköiden ajonopeus voi olla 2,1 m/s ja niiden toistettavuus-tarkkuus on $\pm 0,1$ mm.

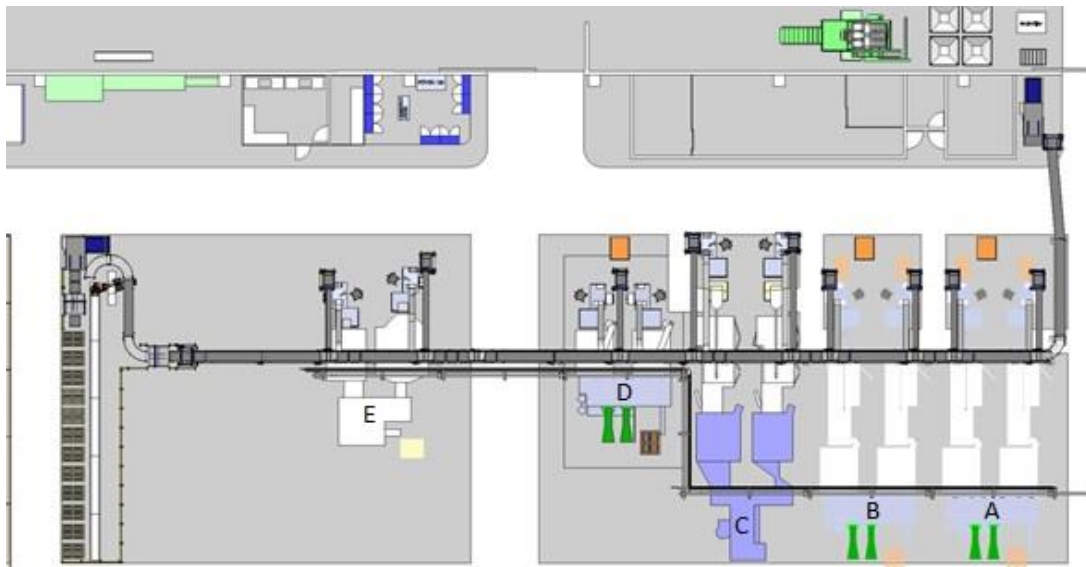
Pahvilaatikot saapuvat loppupakkaukseen, kuten layoutissa yksi. Laatikon saavutua laatikonsulkijalle sulkija sulkee laatikon ja siirtää laatikon kuljetinta pitkin eteenpäin.

Laatikosta luetaan RFID-tunniste, jonka jälkeen robotti noutaa laatikon ja siirtää sen linjaston mukaan varatulle paikalle seinän vieressä sijaitsevaan välivarastoon.

Laatikoita kerätään aina kuusi kappaletta yhteen välivarastoon siten, että laatikoita on kaksi vierekkäin ja kolme päällekkäin. Kun laatikoita on kerätty kuusi, robotti vaihtaa tarttujan isompaan tarttujaan ja siirtää laatikkomuodostelman viereiselle kuljettimelle. Laatikonmuodostaja on tällä välin muodostanut isomman laatikon. Robotti asettaa pienemmät laatikot isomman laatikon sisään. Kun pienemmät laatikot on siirretty robotin toimesta isomman laatikon sisään, isompi laatikko siirtyy laatikonsulkijan lävitse, missä laatikkoon liimataan tarvittavat tunnisteet ja suljetaan laatikko teipillä.

Laatikko siirtyy kuljettimia pitkin robotille kaksi, joka siirtää laatikon sille kuuluvalla lavalle. Linjasto on suunniteltu siten, että sitä on helppo laajentaa tehtaan pituus-suunnan mukaisesti, mikäli tuotantolinjoja tarvitaan lisää.

5.12 Layout 3



Kuva 25. Layout 3

Layoutissa kolme, kuvassa 25, työpisteitä on myös kymmenen ja alkupään toimintaperiaate on samanlainen kuin edeltävissä layouteissa.

Edeltävistä layouteista poiketen tässä layoutissa loppupakkaus toimii tuotannon puolella linjaston jatkeena. Linjastossa on huomioitu myös mahdollisen uuden tuo-

tantolinjaparin asennus, linjaston E jälkeen siten että pakkauslinjastojen kuljettimet ovat noin kymmenen metriä pidemmät kuin nykyinen tarve vaatisi.

Tuotteen saavuttua kuljettimien päähän lasketaan ne nostimella alas lattiatasolle, josta pienemmät laatikot siirtyvät heti laatikonsulkijalle. Laite sulkee laatikot teipin avulla. Laatikot jatkavat matkaansa sulkijan jälkeen ABB IRB-2600 -robotille.

Laatikot saapuvat robotille kuuden laatikon ryhmissä, kuten layoutissa kaksi, koska laatikoita kerätään kuusi kappaletta tuotannon työpisteiden yläpuolella olevalle kuljettimille. Oletuksena on, että ensimmäisenä saapuvat linjan A laatikot. Laatikot, jotka ovat jo pidemmällä kuljettimella, ovat etuajo-oikeutettuja risteävissä kuljetmissa. Näin laatikot saapuvat järjestyksessä loppupakkaukseen.

Ennen robottia olevan kaarrekuljettimen päässä on RFID-lukija, joka välittää tietokoneen kautta laatikoiden tiedon robotilla. Tiedon avulla robotti tietää minkä linjaston laatikoita on saapunut pakkaukseen.

Robotilla on kolme välivarastopaikkaa, joihin saapuvat laatikot pakataan kuuden laatikon ryhmiä. Tämän jälkeen robotti vaihtaa tarttujan suurempaan tarttujaan ja nostaa kuuden laatikon ryhmän jo valmiiksi muodostettuun, isompaan laatikkoon, robotin vasemmalle puolelle.

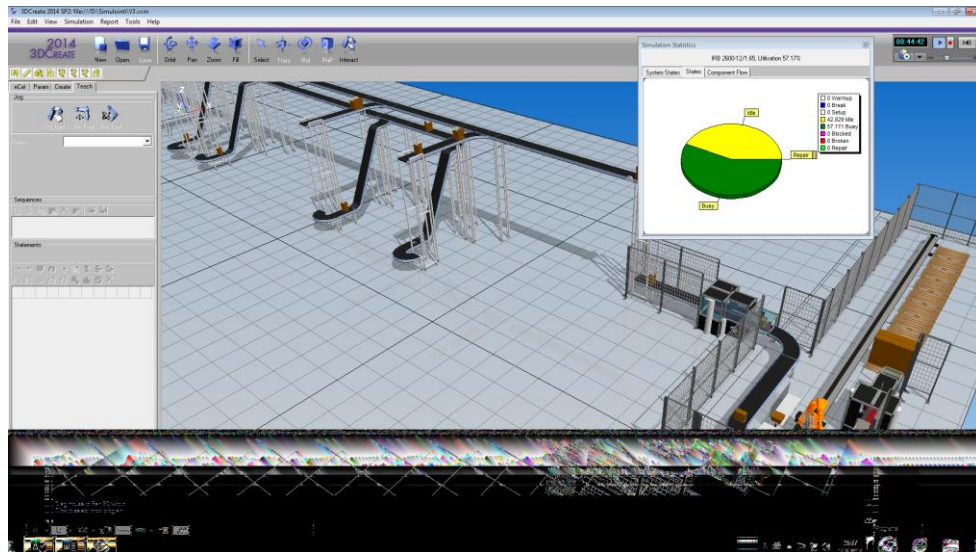
Isompi laatikko jatkaa matkaansa laatikonsulkijan lävitse ja pysähtyy sen päässä olevalle kuljettimelle. Tällä välin robotti on siirtynyt lineaariyksikköä pitkin noutamaan isompaa laatikkoa ja siirtää sen omalle lavalleen.

Tässäkin layoutissa on jokaiselle tuotantolinjalle oma lavansa. Layoutista kolme toteutettiin tuotannon simulointi. Simuloinnin tuloksia esitellään seuraavassa kappaleessa.

5.13 Layoutin 3 simulointi

Layoutista kolme tehtiin tuotannonsimulointi materiaalivirtojen seuraamiseksi. Simuloinnissa käytettiin Visual Components 3DCreate -ohjelmistoa. Simuloinnilla pystyttiin selvittämään riittääkö yhden kiertyvänivelisen robotin kapasiteetti loppupakkaukseen. 3DCreate-ohjelmistolla saadaan riittävän tarkkaa tietoa laitteiden

käyttöasteista ja materiaalivirroista. Ohjelmistolla pystyttiin toteuttamaan laitteiston toimivuus ”automaatio” visuaalisesti nähtäville, jolloin epäkohtia pystyttiin vielä korjaamaan ennen tarjouskyselyjen toteuttamista. Simuloinnin toteutuksessa auttoi Seinäjoen Ammattikorkeakoulun projekti-insinööri Toni Luomanmäki. Luomanmäki kirjoitti hissien yläpäässä oleviin kuljettimiin koodin Python-skriptillä. Koodin avulla voitiin kerätä kuusi laatikkoa hissien yläpäässä oleville kuljettimille, ennen laatikoiden siirtymistä eteenpäin linjastolla.



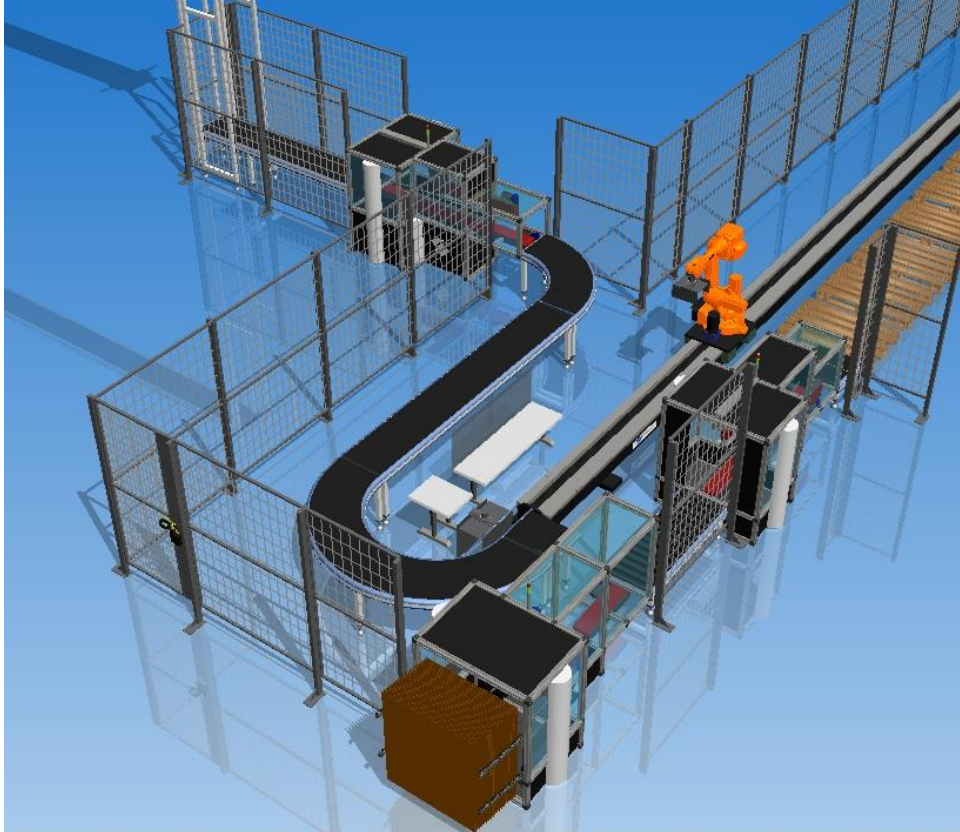
Kuva 26. 3DCreate-robotin statistiikka

Kuvassa 26 on näkymä Visual Components -ohjelmistolla tehdystä simuloinnista. Kuvasta on nähtävissä robotin statistiikkaa 44 min kohdalla. Kaaviossa on robotin käyttöaste, mikä näyttää että robotti on 57 % kiireellisenä, kun tuotantolinjoja on kymmenen kappaletta. Yhden laatikon täyttämiseen työpisteellä kuluu kaksi minuuttia.

5.13.1 Robottisolu

Visual Components 3DCreate -ohjelmistolla oli varsin helppo toteuttaa robottisolun simulointi. Ohjelmiston kattavan komponentti- ja tuotekirjaston avulla kokoonpano oli helppo toteuttaa.

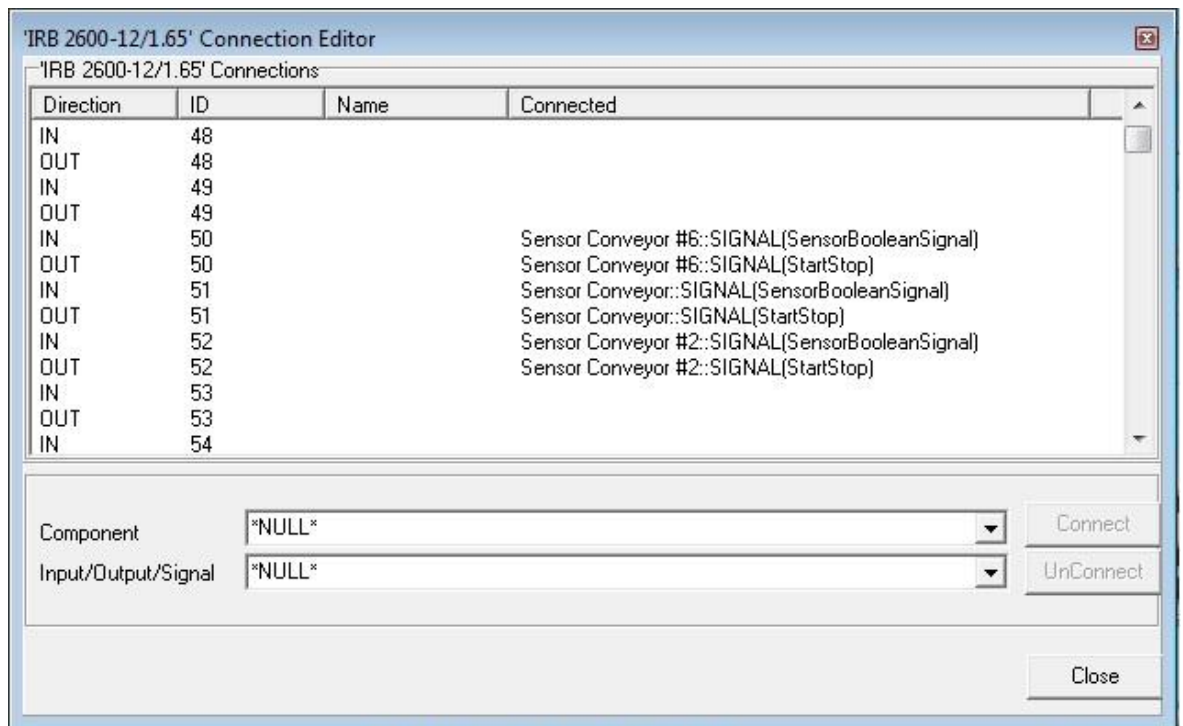
Kuvasta 27 on nähtävissä simuloitu robottisolu. Solussa käytetyt komponentit löytyivät valmiina ohjelmiston kirjastoista. Solussa käytetyt komponentit ovat: kuljetin, laatikonsulkija, laatikonmuodostaja, ABB-robotti, tarttujat, lineaariyksikkö, aidat ja pakkauslavat.



Kuva 27. Simuloitu robottisolu

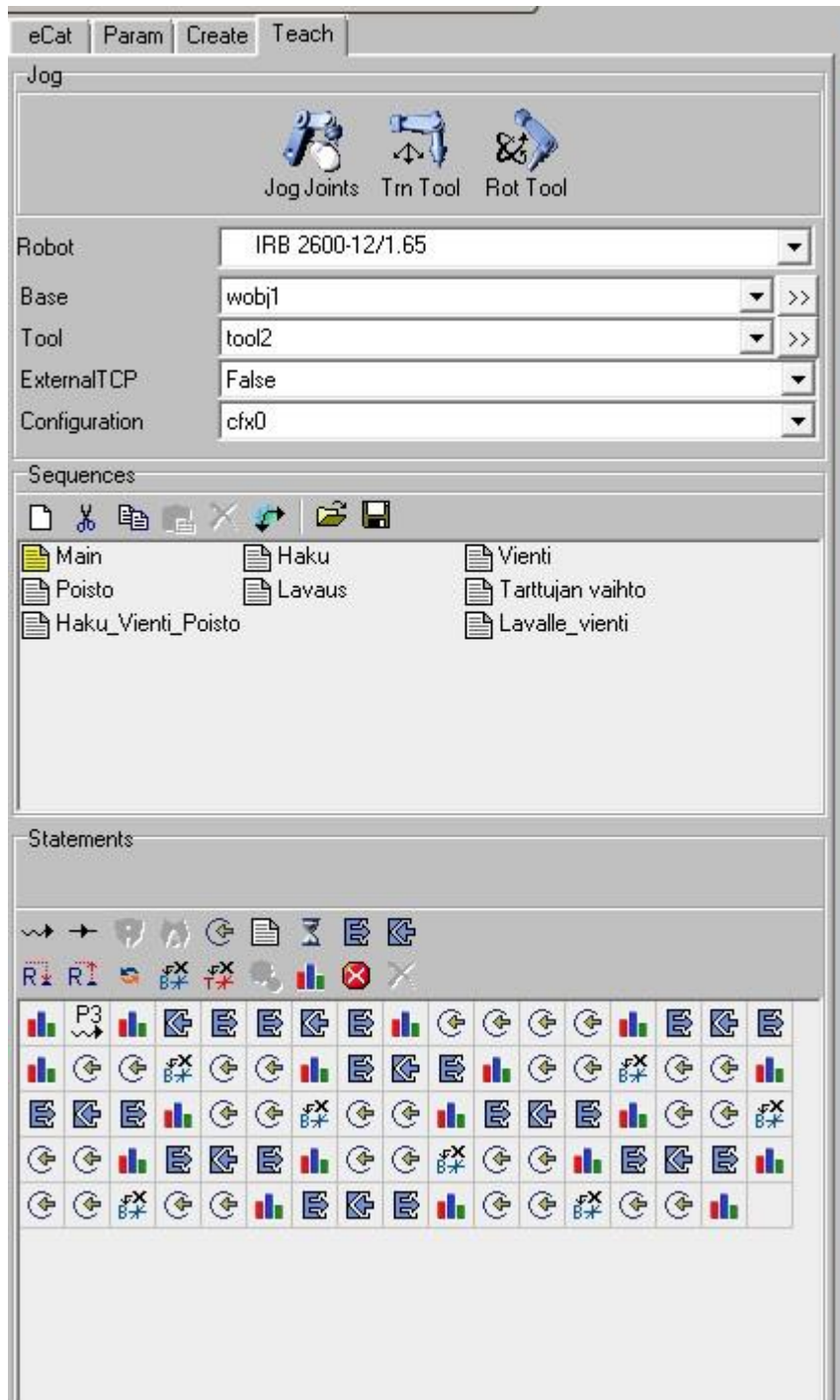
5.13.2 Robotin ohjelma

Robotin ohjelman teko koostuu peruskomennoista, kuten lineaariliike ja PTP-liike, (Point to Point) tehdyistä sarjoista. Robotin ohjelmaan lisätään myös antureilla varustettujen kuljettimien ohjaukset, jotka liitetään robottiin sen signaalieditorin kautta. Robotin käyttöasteesta voidaan kerätä tietoa analysointifunktioiden avulla, jotka liitetään osaksi robotin ohjelmaa. Funktiot liitetään niihin kohtiin ohjelmaa, joissa robotti on joko varattu tai vapaa.



Kuva 28. Robotin signaalieditori

Kuvassa 28 ovat nähtävissä kuljettimet, jotka ovat kytkettynä robottiin. Robotti ohjaa kuljettimien tuloja (signaaleja), ohjelman mukaisessa järjestyksessä. Riville 50 ja siitä eteenpäin robottiin liitetään esimerkiksi kuljettimen anturin Boolean signaali, joka voi olla 1- tai 0-tieto. Seuraavalla rivillä liitetään komento, jota signaalin tiedoilla tehdään.



Kuva 29. Robotin pääohjelma

Kuvasta 29 on nähtävissä robotin pääohjelma (MAIN) ja aliohjelmat (Poisto, Haku_Vienti_Poisto, Haku, Lavaus, Vienti, Tarttujan vaihto ja Lavalle vienti), joita roboti kutsuu pääohjelman sisällä. Ohjelma etenee vasemmasta ylänurkasta rivi kerrallaan oikeaan alanurkkaan.

6 TULOKSET JA POHDINTAA

Työn tavoitteena oli suunnitella ja mallintaa tuotantolinjastojen loppupäähän laitteisto, joka pystyttäisiin todellisuudessa toteuttamaan. Aihealueena työ oli todella laaja. Näin ollen oli haastavaa rajata työ sellaiseksi, että se pystytään aikataulun puitteissa toteuttamaan.

Automaatioon työssä ei laajemmin perehdytty, koska sen lisääminen työhön olisi tarkoittanut toisen opinnäytetyön tekemistä. Automaatiota suunniteltiin lähinnä laiteatasolla, kuten kuljettimet ja robotti. Itse ohjelmointia ei toteutettu muuta kuin simulointiympäristössä.

Työssä haluttiin esitellä RFID-tekniikan perusteita ja toiminallisuutta, että saataisiin tarkempaa kuvaa, mitä RFID-tekniikan alle kuuluu ja kuinka tekniikka käytännössä toimii.

Alkuun pääseminen tuotti jonkin verran hankaluuksia, mutta aikataulun laatimisen jälkeen työn toteutus selkeytyi. Toteutus aloitettiin tutustumalla kohdeyrityksen toimintatapoihin. Itse työ aloitettiin tuotannon työntekijöille laaditulla kyselyllä, mikä helpotti hahmottamaan työpisteiden hyviä ja huonoja puolia. Kyselyyn saatiin vastauksia kymmenen kappaletta.

Työn kaikki laitteet mallinnettiin SolidWorks 3D -suunnittelu- ja mallinnusohjelmistolla. Mallinnusohjelmiston käyttö oli alkuun hankalaa, johtuen sen erilaisuudesta verrattuna Solid Edge -ohjelmistoon, jolla mallinnusta harjoiteltiin koulussa. Päivän tai kahden jälkeen ohjelmiston käyttö rupesi jo sujumaan ja siitä löytyi tuttuja tapoja tehdä mallinnusta.

Layoutien toteutukseen olisi ollut lukuisia vaihtoehtoja ja siitä pyöriteltiinkin paperilla, sekä ajatus- että keskustelutasolla useita vaihtoehtoja. Lopulta päädyttiin tekemään kolme kokonaisuutta, layout 1, 2 ja 3. Layout kolme todettiin lopulta järkevimmäksi ratkaisuksi ja siitä tehtiin simulointi 3DCreate-ohjelmistolla, sekä päädyttiin budjettitarjouksien pyyntöön yhteistyökumppaniyrityksiltä. Simuloitu laitekokonaisuus liitettiin tarjouskyselyyn havainnoimaan linjaston toimintaa, mistä tulikin hyvää palautetta yhteistyökumppaneilta.

Työssä olisi voitu tehdä laitteiden ja layoutien esisuunnittelu tarkemmin paperilla, ennen mallinnuksien tekemistä. Työssä tulikin mallinnettua muutamia laitteita turhaan, koska niille ei lopulta nähty järkevää käyttötapaa layoutsuunnitelmissa. Mallinnustyön alussa tehtiin liian tarkkoja mallinnuksia, mikä myöhemmin nähtiin turhaksi, koska laitteista ei tarvinnut tehdä tuotantopiirustuksia.

Layoutsuunnitelmia voisi muuttaa siten, että vähennettäisiin työpisteiltä laatikkohissit puoleen, jolloin yhdellä hissillä voitaisiin palvella kahta työpistettä kerrallaan. Tämä madaltaisi huomattavissa määrin kokonaisuuden toteutuskustannuksia. Ongelmaksi kuitenkin voisi muodostua laatikoiden yksilöinti linjastokohtaiseksi.

Simuloinnissa käytetty robotti havaittiin liian pieneksi loppupakkauksen isomman laatikon siirtelyyn, kun huomioidaan myös tarttujan paino kokonaispainoon mukaan. Robotti tulisi olla sellainen, joka kykenee käsittelemään noin 20 kg:n massan tarttujan lisäksi.

Työtä tehdessä huomasi, kuinka vaikeaa voi olla uuden idean saaminen ja suunnitelman suunnan muuttaminen. Tämän vuoksi linjastojen alkupäät pysyivät samoina ja vain linjastojen loppupään pakkaukseen haettiin erilaisia ratkaisuja. Linjaston alkupäätä muuttamalla päästäisiin todellisuudessa mittavimpiin säästöihin, kuin pakkaussolua muuttamalla. Tästä voidaan päätellä kuinka vaikeaa, haastavaa ja tärkeää suunnittelijan työ on. Suunnitelmia tehtäessä tulisi pitää mieli avoinna uusille ideoille ja lähteä rohkeasti kokeilemaan niitä. Niitäkin, mitä muille ei tulisi mieleenkään.

Toimeksiantaja oli kuitenkin työn toteutukseen tyytyväinen ja he saivat mielestään hyviä, toteutuskelpoisia ideoita ja malleja, joista tulevaisuudessa voidaan pienillä muutoksilla toteuttaa toimiva kokonaisratkaisu.

7 YHTEENVETO

Tässä työssä suunniteltiin kymmenen erillisen tuotantolinjaston tuotteiden pakkaamiseen kolme layoutkokonaisuutta.

Tavoitteena oli suunnitella automaattinen linjastokokonaisuus kustannustehokkaasti. Lisäksi tavoitteena olivat selkeät materiaalivirrat ja ylimääräisen työn osuuden poistaminen työpisteiltä. Suunnittelu sisälsi tuotteiden käsittelyn aina loppupakkaamiseen asti.

Työssä esiteltiin kolme erilaista layoutratkaisua, sekä kerrottiin niiden toiminnallisuus. Työssä esiteltiin myös layouteissa käytetyt mallinnetut laitteet.

Layoutista kolme tehtiin tuotannonsimulointi havainnollistamaan linjaston toimintaa, sekä tarkentamaan mitä robottimallia linjastossa voidaan käyttää. Simuloinnissa otettiin huomioon robotin ulottuvuus, mutta tarttujien painoa ei huomioitu, joten todellisuudessa robotin tulisi olla kokoluokkaa suurempi.

Toimeksiantaja oli tyytyväinen työn toteutukseen sekä tuloksiin. Lisäksi layoutista kolme tehtiin budjettitarjouspyyntöjä yhteistyöyrityksille.

LÄHTEET

- Aalto, H., Heilala, J., Hirvelä, T., Kuivanen, R., Laitinen, M., Lehtinen, H., Lempiäinen, J., Lylynoja, A., Renfors, J., Selin, K., Siintoharju, T., Temmes, J., Tuovila, T., Veikkonen, M., Vihinen, J. & Virtanen, A. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka
- ABB. Ei päiväystä. Technical data for the IRB 2600 industrial robot. [www-dokumentti]. ABB Osakeyhtiö. [Viitattu 1.9.2015]. Saatavissa: <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2600/irb-2600-data>
- ABB. Ei päiväystä. IRB 2600 Industrial Robot. [www-dokumentti]. ABB Osakeyhtiö. [Viitattu 11.2.2016]. Saatavissa: https://library.e.abb.com/public/b48a19048143781b482577bb00369543/ROBO142EN_B%20LR.pdf
- Artifact of code. Ei päiväystä. 6-axis Industrial Robots. [www-dokumentti]. [Viitattu 1.9.2015]. Saatavissa: <http://www.artifactofcode.com/6-axis-industrial-robots>
- Festo. Ei päiväystä. Cantilever axes DGEA, with toothed belt drive. [www-dokumentti]. Festo Osakeyhtiö Ab. [Viitattu 15.9.2015]. Saatavissa: https://www.festo.com/cat/fi_fi/data/doc_engb/PDF/EN/DGEA_EN.PDF
- Festo. Ei päiväystä. Toothed belt axes EGC-TB-KF, with recirculating ball bearing guide. [www-dokumentti]. Festo Osakeyhtiö Ab. [Viitattu 16.9.2015]. Saatavissa: https://www.festo.com/cat/fi_fi/data/doc_engb/PDF/EN/EGC-TB_EN.PDF
- Festo. Ei päiväystä. Cantilever axes DGEA, with toothed belt drive. [www-dokumentti]. Festo Osakeyhtiö Ab. [Viitattu 17.9.2015]. Saatavissa: https://www.festo.com/cat/fi_fi/data/doc_engb/PDF/EN/DGEA_EN.PDF
- Globalrobots. Ei päiväystä. Robot Movement. [verkkosivu]. [Viitattu 1.9.2015]. Saatavissa: http://www.globalrobots.ae/robot_guide/index.html
- Haverila, M. & Uusi-Rauva, E. & Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6 painos. Tampere: Infacs johtamistekniikka Oy
- Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Konetekniikan perusteet. 7. uud. p. Helsinki: WSOY oppimateriaalit Oy
- Malm, T., Viitaniemi, J., Marstio, I., Toivonen, S., Koskinen, J., Venho, O., Salmi, T., Laine, E. & Latokartano, J. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys ry

RFIDLab. Ei päiväystä. RFID-tekniikan perusteet. [Verkkosivu]. RFID Lab Finland ry. [Viitattu 25.8.2015]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>

Robotstudio. Ei päiväystä. Coordinate Systems. [Verkkosivu]. ABB Osakeyhtiö. [Viitattu 6.12.2015]. Saatavissa: <http://developercenter.robotstudio.com/BlobProxy/devcenter/RobotStudio/html/4eac08e9-c42c-446f-bbd4-228e523dd2d5.htm>

Santos, J., Wysk, R. & Torres, J. M. 2006. Improving Production with Lean Thinking. [Verkkokirja]. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. [Viitattu 4.12.2016]. Saatavissa: Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

SFS. Ei päiväystä. Standardit ja julkaisut [Verkkosivu]. Suomen standardoimisliitto. [Viitattu 16.9.2015]. Saatavissa: <http://sales.sfs.fi/sfs/servlets/ProductServlet?action=productInfo&productID=245268>

SFS. Ei päiväystä. Standardi on yhteinen ratkaisu yleiseen ongelmaan. [Verkkosivu]. Suomen standardoimisliitto. [Viitattu 17.9.2015]. Saatavissa: http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi

Siat. Ei päiväystä. Siat at a glance. [Verkkosivu]. M. J. Mailis Group. [Viitattu 25.8.2015]. Saatavissa: <http://siat.com/siat-at-a-glance/>

Siat. Ei päiväystä. History of siat. [Verkkosivu]. M. J. Mailis Group. [Viitattu 27.8.2015]. Saatavissa: <http://siat.com/history-of-siat/>

Siat. Ei päiväystä. Automatic Case Erectors. [www-dokumentti]. M. J. Mailis Group. [Viitattu 28.8.2015]. Saatavissa: <http://siat.com/wp-content/uploads/2014/04/F44-F144-F344.pdf>

Siat. Ei päiväystä. Automatic uniform size carton sealing machine. [www-dokumentti]. M. J. Mailis Group. [Viitattu 26.8.2015]. Saatavissa: <http://siat.com/wpcontent/uploads/2014/04/SM11-SM116.pdf>

SolidWorks. Ei päiväystä. Tietoja SOLIDWORKSISTA. [Verkkosivu]. Dassault Systemes Osakeyhtiö. [Viitattu 24.8.2015]. Saatavissa: <http://www.solidworks.fi/>

The Atlantic. Ei päiväystä. Unimate: The Story of George Devol and the First Robotic Arm. [Verkkosivu]. The Atlantic. [Viitattu 11.2.2016]. Saatavissa: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/08/unimate-the-story-of-george-devol-and-the-first-robotic-arm/243716/>

Toimeksiantaja. 3.7.2015. Tietoa yrityksestä. [PowerPoint-esitys]. Toimeksiantaja. [Viitattu 3.7.2015]. Ei saatavilla.

Transport information service. Ei päiväystä. Radio Frequency Identification (RFID). [Verkkosivu]. TIS. [Viitattu 16.9.2015]. Saatavissa: http://www.tis-gdv.de/tis_e/verpack/rfid/rfid.htm

Tuhola,E. & Viitanen,K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelijan apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka

Visual Components. Ei päiväystä. 3DCreate Use your existing CAD files as the source of your brand new 3D simulation. [Verkkosivu]. Visual Components Osakeyhtiö. [Viitattu 24.8.2015]. Saatavissa: <http://www.visualcomponents.com/products/3dcreate/>

LIITTEET

Liite 1. Layout 1 mittakuva

Liite 2. Layout 1 laitekuva

Liite 3. Layout 2 mittakuva

Liite 4. Layout 2 laitekuva

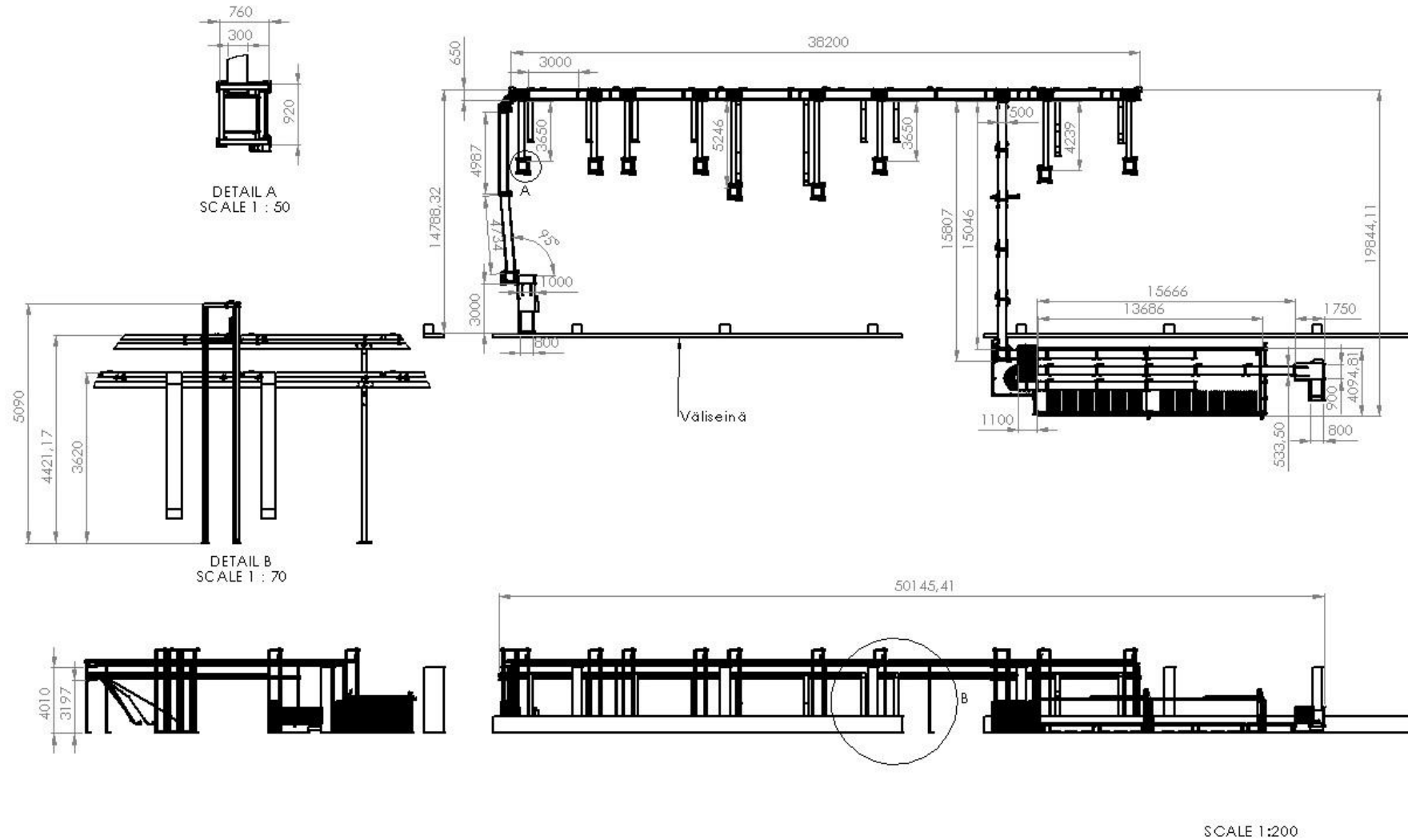
Liite 5. Layout 3 mittakuva

Liite 6. Layout 3 laitekuva

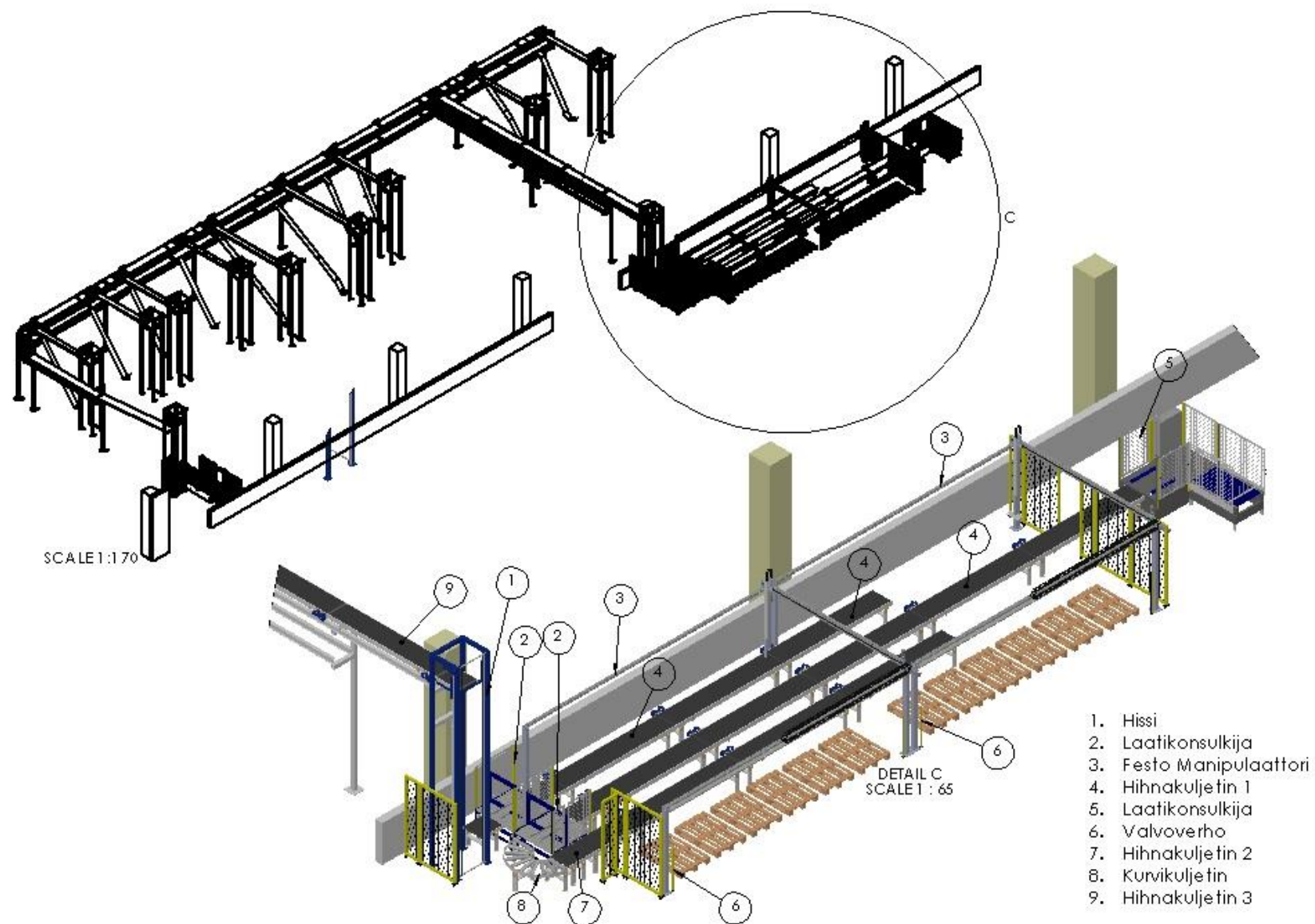
Liite 7. Kehityskysely

Liite 8. Karkeaa esisuunnittelua

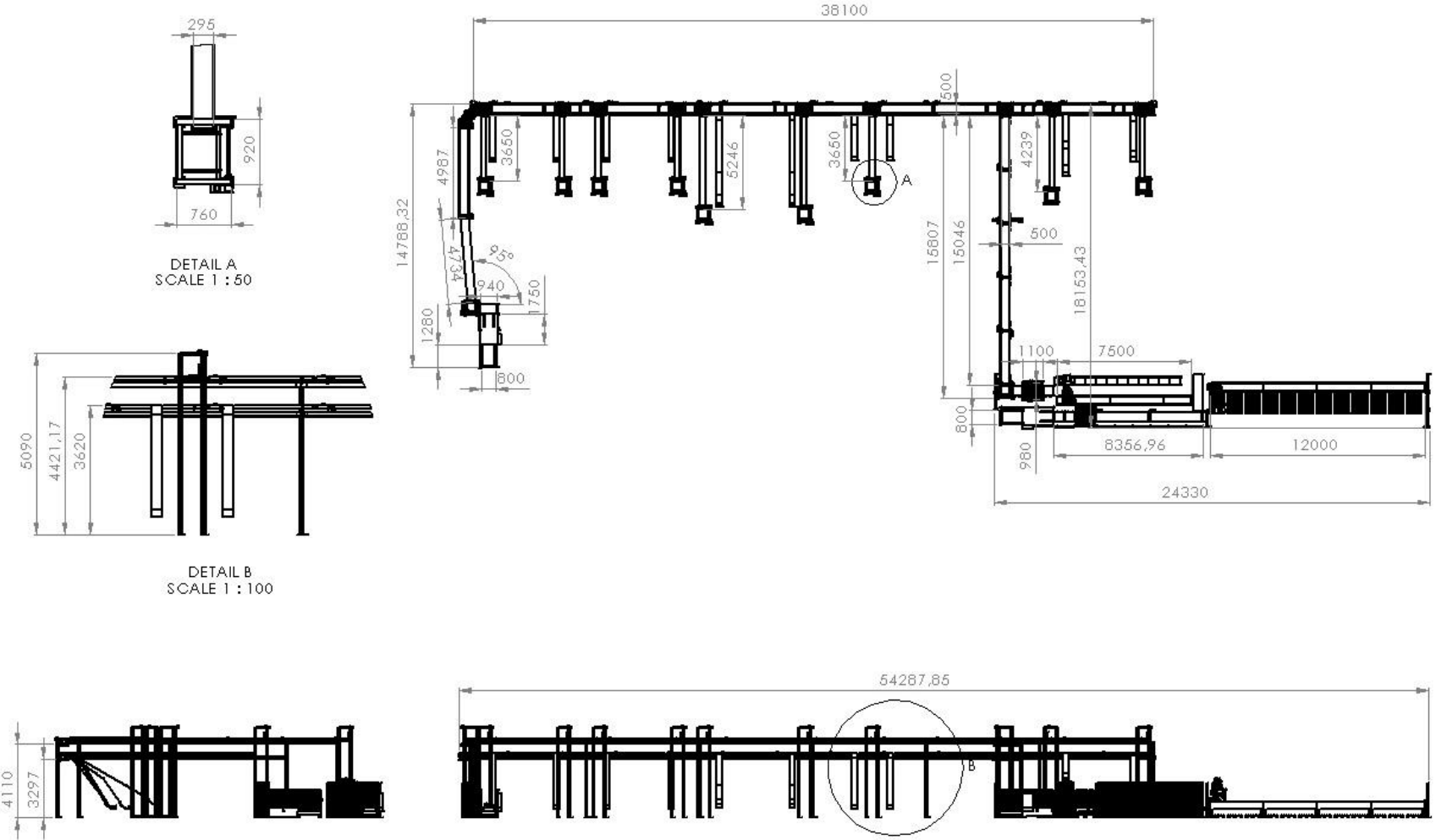
LIITE 1 Layout 1 mittakuva



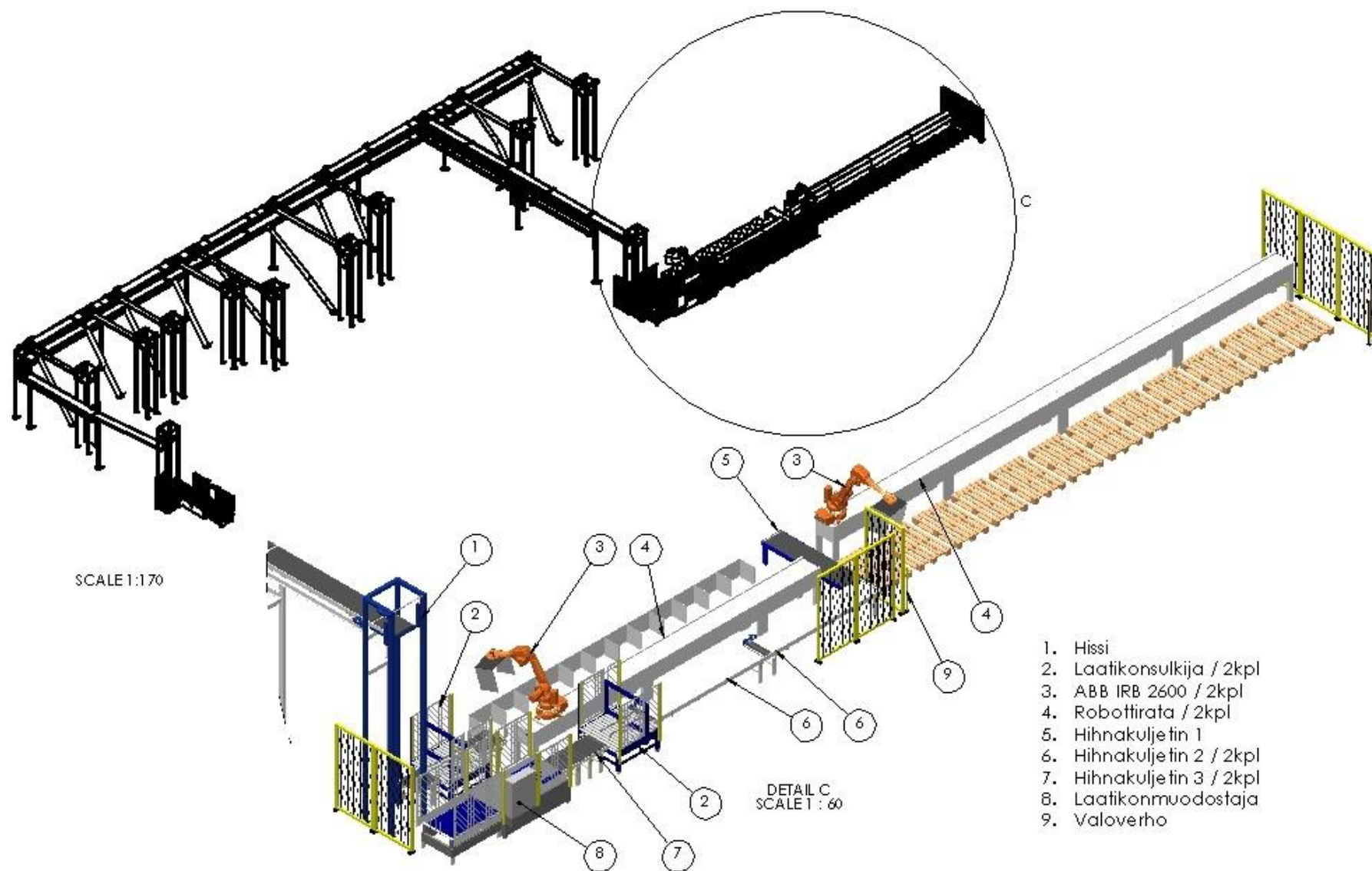
LIITE 2 Layout 1 pakkaus-solun laitteet



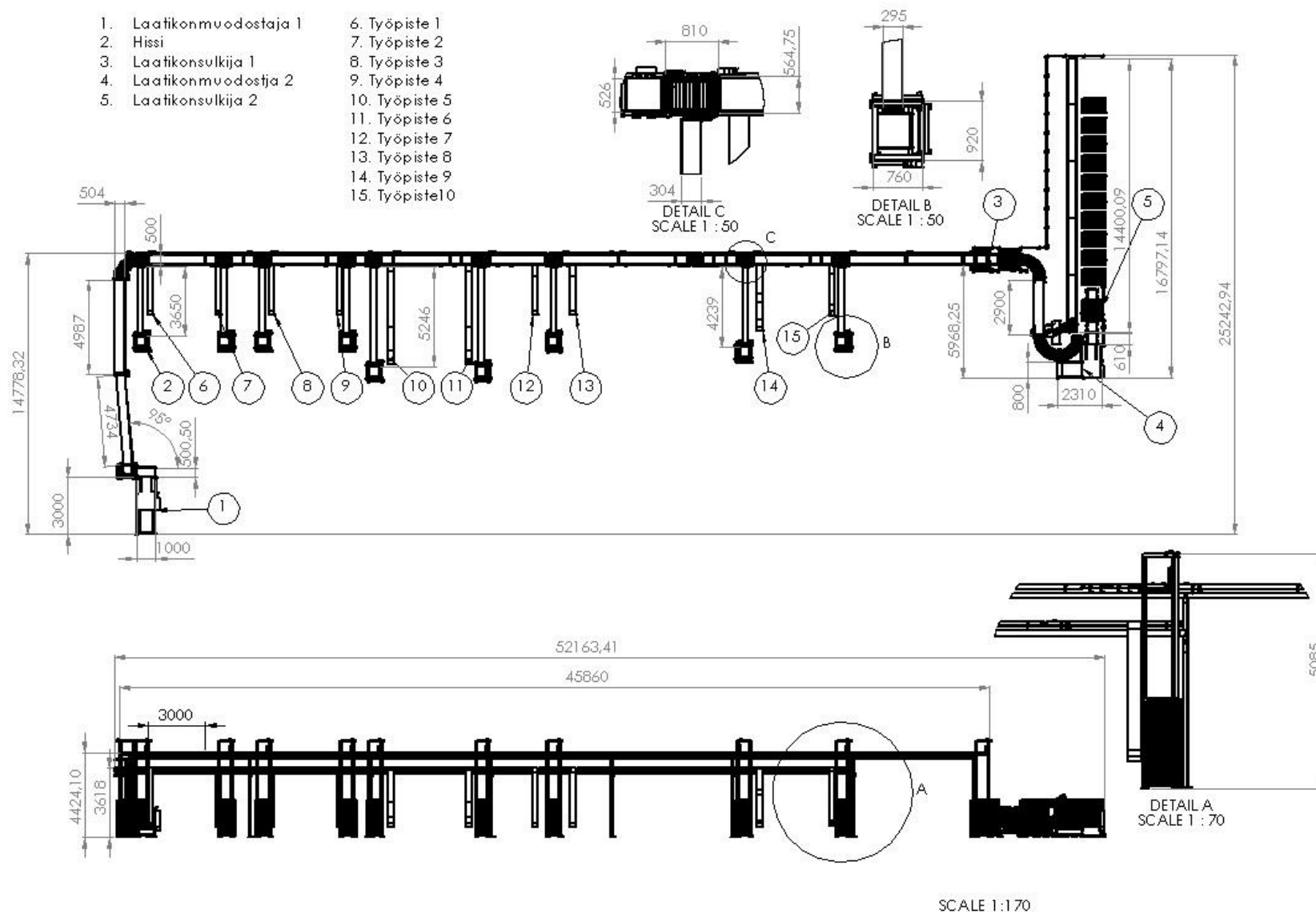
LIITE 3 Layout 2 mittakuva



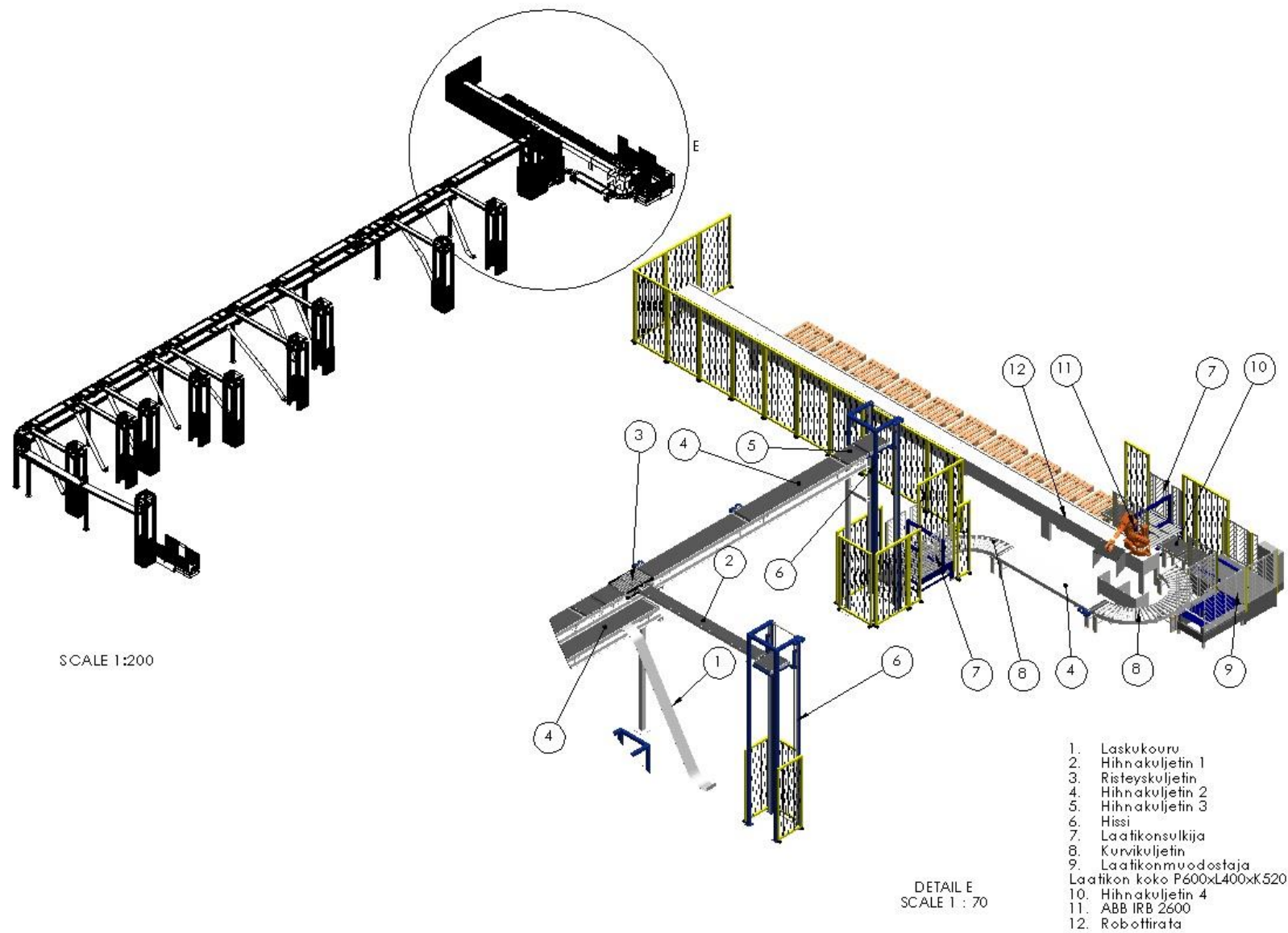
LIITE 4 Layout 2 laitteet



LIITE 5 Layout 3 mittakuva



LIITE 6 Layout 3 laitteet



LIITE 7 Kehityskysely

Kehitys kysely

Olen Toni Koski ja teen insinöörin päättötyötä linjastojen pakkauspään kehityksestä. Koska olette linjojen asiantuntijoita, toivoisin että vastaisitte lyhyeen kyselyyni.

1. Mihin olet tyytyväinen pakkauspään työpisteissä? miksi?
2. Mihin toivoisit parannusta pakkauspään työpisteissä? miksi?
3. Onko pakkauspään työpisteissä joitain työvaiheita, mitkä hidastavat/vaikeuttavat työtäsi?
(koet esim. jonkin liikkeen turhaksi, tai fyysisesti raskaaksi)
4. Onko muita ehdotuksia?

Kiitos vastauksistasi

