

Janne Kapela

Pakkausrobotisolun suunnittelu ja simulointi

Opinnäytetyö

Kesä 2012

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikka

Koneautomaatio



Esipuhe

Haluan kiittää Etnovia Oy:tä tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta sekä työharjoittelupaikasta.

Erityisesti haluan kiittää Co-Automation Oy:n Toimitusjohtajaa Sami Kiviojaa sekä teknistä johtajaa Jani Mäkeä hyvistä neuvoista sekä avusta suunnittelu- ja simuloituvaiheessa.

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Janne Kapela

Työn nimi: Pakkausrobotisolun suunnittelu ja simulointi

Ohjaaja: Martti Lehtonen

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 89

Liitteiden lukumäärä: 7

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ratkaisu automatisoituun lääkkeiden pakkaukseen Seinäjoella sijaitsevalle lääketehdas Etnovia Oy:lle. Työn pääpainona oli luoda visuaalinen simulointimalli käyttäen apuna tehtyjä suunnitelmia.

Työssä tarkastellaan robotisolun suunnittelua, mallintamista sekä simulointia. Robotisolun suunnittelussa apuna käytettiin Autodesk Inventor 2012 -ohjelmistoa ja simulointimalli toteutettiin ABB-RobotStudio-etäohjelmointiohjelmiston avulla. Opinnäytetyön teoriaosuus sisältää tietoa teollisuusroboteista, mallintamisesta, suunnittelusta ja simuloinnista. Lisäksi opinnäytetyö sisältää opastusta RobotStudio-ohjelman käytöstä.

Työn tuloksena saatiin aikaan toteutuskelpoinen ehdotus robotisoituun lääkkeiden pakkaukseen. Valmis simulointimalli luovutettiin Etnovia Oy:lle ja valmiiden suunnitelmien pohjalta Co-Automationilla on mahdollisuus toteuttaa solu.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine automation

Author: Janne Kapela

Title of thesis: Robotic cell planning and simulation

Supervisor: Martti Lehtonen

Year: 2012 Number of pages: 89 Number of appendices: 7

The purpose of this thesis was to design and simulate a robot-based case packing solution for sachets. The main objective was to create a simulation model of the robot cell. The thesis was commissioned by Etnovia Oy.

This thesis included robot cell planning, modelling and simulation. All robotic cell parts were modelled with Autodesk Inventor 2012, and then imported to ABB RobotStudio. Information about robotics and modelling and guidance for ABB RobotStudio are presented in the theoretical part.

As a result of this thesis a solution for automated case packing was found. The created simulation model was handed over to Etnovia Oy. Based on these designs Co-Automation Oy has a change to accomplish a robotic cell.

Keywords: robotical cell, RobotStudio, automation, simulation, layout planning

SISÄLTÖ

Esipuhe	2
Opinnäytetyön tiivistelmä.....	3
Thesis abstract.....	4
SISÄLTÖ	5
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	8
Käytetyt termit ja lyhenteet	11
1 JOHDANTO	11
1.1 Työn tausta	11
1.2 Työn tavoite	11
1.3 Työn rakenne	12
1.4 Yritysesittely	12
2 TAUSTATIETOA.....	14
2.1 Mikä on robotti.....	14
2.2 Teollisuusrobotti	15
2.2.1 Rakenne.....	16
2.2.2 Toimilaitteet.....	18
2.2.3 Ohjausjärjestelmä	22
2.2.4 Robotin koordinaatistot	24
2.2.5 Robotin ohjelmointi	25
2.2.6 Robottisovellukset.....	27
2.2.7 Työturvallisuus	28
2.3 3D-mallintaminen suunnittelun apuna	29
2.3.1 Mallinnus.....	29
2.3.2 3D-mallit.....	30
2.3.3 Mallinnuksen vaiheet	30
2.4 Robottijärjestelmän suunnittelu	31
2.4.1 Layout	31

2.4.2	Layoutin valinta	32
2.4.3	Layout-suunnittelu.....	32
2.5	Simulointi teoriassa	33
2.5.1	Simuloinnin tarkoitus.....	34
2.5.2	Robottijärjestelmän simulointitekniikat	35
3	ROBOTTISOLUN SUUNNITTELU	37
3.1	Yhteistyö	37
3.2	Lähtötilanteen analysointi.....	37
3.2.1	Tehtävänanto	38
3.2.2	Nykyinen toimintatapa.....	38
3.2.3	Liikuteltavat kappaleet	41
3.2.4	Kappaleiden siirrot	44
3.2.5	Tehtaan pohjapiirustus.....	44
3.2.6	Käytettävissä oleva tila.....	45
3.3	Alkusuunnittelu.....	46
3.3.1	Alustava layoutin suunnittelu.....	46
3.3.2	Robotin valinta	47
3.3.3	Robotin työkalun suunnittelu	48
3.3.4	Ongelmana kotelon kääntäminen	52
3.3.5	Laatikonmuodostaja.....	54
3.3.6	Laatikonsulkija	56
3.3.7	Robottijärjestelmän kustannukset	56
4	ROBOTTISOLUN MALLINTAMINEN	58
4.1	Mallinnusohjelmat	58
4.1.1	Autodesk Inventor 2012	58
4.2	Kotelointikone.....	59
4.3	Vaaka.....	60
4.4	Robotin tarrain.....	61
4.5	Kuljettimet	62
4.6	Laatikon muodostaja ja sulkija	62
5	ROBOTTISOLUN SIMULOINTI	65

5.1 ABB-RobotStudio	65
5.2 Layoutin muodostus	66
5.3 Smart component -elementtien luominen.....	67
5.3.1 Tarttujan luominen	68
5.3.2 Pahvilaatikon muodostus	74
5.4 Robotin signaalit ja ulkoiset liitännät	78
5.4.1 Polkujen luominen.....	80
5.4.2 Robotin ohjelmointi	82
5.4.3 Simulaation tallennus ja esitys	83
6 POHDINTA	85
LÄHTEET	86
LIITTEET	89

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Etnovia Oy:n tuotantolaitos sekä logo	13
Kuvio 2. Unimate-robotin patenttihakemus (Malm ym. 2008,1.)	15
Kuvio 3. Kiertyvänivelisen robotin akselit (Lindholm 2011,14.)	16
Kuvio 4. Erilaisia robottityyppejä (Dira 2011.)	17
Kuvio 5. ABB IRB 140 -teollisuusrobotti.....	18
Kuvio 6. Omron Sigma II -sarjan servomoottoreita(Omron 2012.)	19
Kuvio 7. Planeettavaihteisto (VTT 2005.).....	20
Kuvio 8. Pulssianturi optisella tunnistuksella (Johnson & Kördel 2003, 41.)	21
Kuvio 9. ABB IRB 140 -robotin ohjausjärjestelmä	23
Kuvio 10. Robotin koordinaatitot (Lehtonen 2005.)	24
Kuvio 11. ABB-robotin käsiohjain.....	26
Kuvio 12. Pakkausrobotti työssään (Packing magazine 2008)	27
Kuvio 13. Mallinnuksen koordinaatisto	30
Kuvio 14. Mallinnuksen vaiheet (Tuhola & Viitanen 2008,19.)	30
Kuvio 15. Nykyinen toimintatapa tehtaalla	39
Kuvio 16. Valmiiksi kasattuja pahvilaatikoita	40
Kuvio 17. Pahvilaatikoiden lavausta.....	41
Kuvio 19. Kotelon mittakuva	42
Kuvio 18. Pakkauksessa käytettävät kotelot	42
Kuvio 20. Laatikon pakkauskuvio.....	44
Kuvio 21. Tehdastilasta luotu 3D-malli.....	45
Kuvio 22. Tila tuotannossa, johon robottisolun olisi tarkoitus sijoittaa.....	45
Kuvio 23. ABB IRB 2600. (ABB 2012b)	48
Kuvio 24. Tarttujan ensimmäinen versio	50
Kuvio 25. Unigripper-tarttujan rakenne (Unigripper 2012).....	51
Kuvio 26. Kotelon asento kuljettimella	52
Kuvio 27. Kotelon kääntölaiteen havainnollistaminen	53
Kuvio 28. BE ATS 2200 -laatikonmuodostuskone sekä T-400-sulkija.....	55
Kuvio 29. Siat F144 -laatikonmuodostuskone sekä SM11 -sulkija.....	56

Kuvio 30. Autodesk Inventor 2012 -käyttöliittymä	59
Kuvio 31. Kotelointikoneen 3D-malli	60
Kuvio 32. Vaa'an 3D-malli.....	61
Kuvio 33. Mallinnettu Unigripper-tarttuja	61
Kuvio 34. Mallinnettu kuljetin.....	62
Kuvio 35. Mallinnettu Siat F144 -laatikonmuodostuskone.....	63
Kuvio 36. Mallinnettu Siat SM11 -laatikonsulkija.....	63
Kuvio 37. Kokoonpanokuva laatikonmuodostus- ja suljentalinjasta.	64
Kuvio 38. ABB RobotStudio-ohjelman aloitusnäyttö	65
Kuvio 39. Import Geometry -toiminto	66
Kuvio 40. RobotStudioon rakennettu layout-malli	67
Kuvio 41. RobotStudio työkalun muodostuksen aloitus	68
Kuvio 42. Työkalun tietojen syöttöikkuna	69
Kuvio 43. Koordinaattipisteen sijainti robotin hakemistopuussa.....	70
Kuvio 44. Työkalupisteen tietojen asetusikkuna.....	71
Kuvio 45. Smart Component -kuvake	72
Kuvio 46. Smart Component -työkaluikkuna	72
Kuvio 47. Tarttujan komponenttien I/O-linkitys.....	73
Kuvio 48. Laatikonmuodostuskoneen komponentit.....	74
Kuvio 49. Smart Component jonon muodostus.....	75
Kuvio 50. Laatikkolinjan I/O-signaalit	76
Kuvio 51. Laatikkolinjan I/O-kytkennät RobotStudiassa.....	76
Kuvio 52. Laatikonmuodostuskoneen anturointi.....	77
Kuvio 53. Robotin signaalit ja liitynnät.....	78
Kuvio 54. Station Logic -painike.....	78
Kuvio 55. Station Logic -ikkuna.....	79
Kuvio 56. Robotin I/O-liitynnät (Station logic).....	79
Kuvio 57. Target-painike	80
Kuvio 58. Luodut koordinaattipisteet	80
Kuvio 59. Robotille luodut koordinaattipisteet (targets)	81
Kuvio 60. Robotille luotu liikepolku.....	81

Kuvio 61. Robotin pakkausohjelman koodi	82
Kuvio 62. Simulaation nauhoitus Robotstudion station vieweriin	84
Taulukko 1. Koteloiden mitat.....	42
Taulukko 2. Koteloiden painot ja määrä kerroksessa.....	43
Taulukko 3. Pahvilaatikoiden kotelomäärät sekä painot	43
Taulukko 4. Laatikonmuodostuskoneiden laatikkokokojen vertailu	55
Taulukko 5. Laatikonmuodostuskoneiden ominaisuusvertailu	55

Käytetyt termit ja lyhenteet

Automaatio	Sanalla tarkoitetaan automaattisten tuotantolaitteiden ja -laitosten suunnittelua ja toteuttamista sekä automaattisten koneiden ja tuotantolinjojen valintaa.(Keinänen ym. 2001, 9).
Robotisointi	Automaation toteuttamista käyttäen robotteja (Aalto ym. 1999, 183).
Lavaus	Kappaleiden yleensä laatikoiden pinoaminen kuormalavalle tai muulle alustalle ohjelmoidun kuvion mukaisesti (Aalto ym. 1999, 180).
CAD	(Computer Aided Design) Tietokoneavusteinen suunnittelu (Seamk 2011).
Layout	Tuotantojärjestelmän fyysisten osien kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua tehtaassa (Haverila ym. 2005, 475).
Smart Component	Smart component on Abb:n Robotstudion toiminto, jonka avulla luotuihin 3D-malleihin voidaan sisällyttää ohjelmakoodia sekä erilaisia komponentteja, joiden avulla luodusta mallista saadaan takaisinkytkettyä tietoa (Robotstudio operation manual 2012).

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön kohdeyrityksenä on Seinäjoella sijaitseva Etnovia Oy. Yrityksen päätoimialana on lääkkeiden sopimusvalmistus ja pakkaus. Etnovia tunnetaan paremmin vanhana Orionin lääketehaana.

Yritys on investoinut hiljattain uuden jauhelääkkeiden pussitus- ja kotelointi -linjaston. Uuden linjaston ansiosta tuotantonopeutta voidaan kasvattaa ja näin ollen tuotteen läpimenoaikoja pystytään lyhentämään. Linjaston pullonkaulaksi on kuitenkin muodostunut valmiiden koteloiden pakkaus, joka suoritetaan käsin yhden tai useamman henkilön toimesta. Käytettävien henkilöiden määrä riippuu koneen tuotantonopeudesta. Tavoitteena on, että tuotantolinjasta tulisi täysin automatisoitu laatikoiden lavausprosessiin saakka ja sen vuoksi pakkauksen robotisointiin olisi keksittävä ratkaisu.

1.2 Työn tavoite

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on suunnitella ja simuloida ratkaisu lääkkeiden automatisoituun pakkaamiseen. Työhön sisältyvä suunnitteluosuus suoritettiin Vaasalaisen Co-Automation Oy:n avustuksella.

Vaativuutena robottisolulle annettiin sen täysin automaattinen toiminta. Ratkaisun oli sisällyttävä kaikki mekaniikka ja elektroniikka, joiden avulla kotelot saatiin siirrettyä kuljettimelta pahvilaatikkoon. Valmiiden pahvilaatikkojen automaattinen suljenta ja muodostus oli myös otettava huomioon. Toivomuksena oli myös valmiiden pahvilaatikoiden lavaus. Ominaisuus kuitenkin jätettiin toistaiseksi huomioimatta ja keskityttiin ainoastaan koteloiden pakkaamiseen.

Työn päätavoitteena on muodostaa simulointimalli toteutettavasta ratkaisusta luotujen suunnitelmien pohjalta. Simulointimallin muodostamiseksi tuotantotila, osa

tuotantokoneista sekä suunniteltu robottisolu mallinnetaan ja siirretään sen jälkeen ABB RobotStudio -ohjelmaan, jossa varsinainen simulaatio voidaan luoda.

1.3 Työn rakenne

Työn ensimmäinen osio sisältää työhön liittyvät taustat sekä tavoitteet. Osiossa on myös kerrottu taustatietoa kohdeyrityksestä. Toisessa osiossa perehdytään tarkemmin työhön liittyvään teoriaosuuteen. Teollisuusrobotit, 3D-mallinnus sekä robottisolun suunnittelu ja simulointiin liittyvät teoreettiset asiat tulevat tutuiksi. Kolmannessa osiossa tutustutaan hieman tarkemmin robottisolun suunnitteluun käytännön näkökulmasta. Neljännessä osiossa esitellään mallinnettuja tuotantotiloja sekä tuotantokoneita. Osiossa viisi on kerrottu ohjeita simulointimallin luontiin sekä esitelty aikaansaattua simulointimallia. Työn viimeisessä osiossa käydään läpi yhteenvetona työhön liittyvät ajatukset sekä pohdinnat työn tekijän näkökulmasta.

1.4 Yritysesittely

Etnovia Oy on nopeasti kasvava Seinäjoella toimiva lääkealan yritys. Yritys tarjoaa palveluitaan lääkkeiden sopimusvalmistajana muille lääkealan yrityksille sekä toimii samalla myös omien lääketuotteiden markkinoijana suomalaisille kuluttajille. Yrityksen henkilöstö koostuu noin 40 pätevistä työntekijästä. Vuonna 2011 yrityksen liikevaihto oli noin 4,6 miljoonaa euroa. Seuraavien vuosien aikana on odotettavissa voimakasta kasvua. (Etnovia Oy 2012.)

Yritys on perustettu vuonna 2006. Huhtikuussa 2008 yritys osti entisen Seinäjoella toimineen Orionin lääketehaan, jossa on valmistettu lääkkeitä jo vuodesta 1969. Tehtaalla on ollut vuosien aikana useampi eri omistajia ennen kuin Etnovia osti sen. Etnovia Oy:n toimitusjohtajana toimii Stein Ulve. Etnovia Oy on Etnovia Group Oy:n tytäryhtiö. Yrityksen myyntikonttori sijaitsee Helsingissä. Etnovian toiminta perustuu uusien ratkaisujen etsimiseen, niiden kokeiluun sekä uusien toimintatapojen kehittämiseen. Etnovian etuina ovat kokeilunhalu, älykkyys, vankka

laadunvalvonta, selkeät työvaiheet ja menettelyt joilla saavutetaan nopeus ja luotettavuus asiakkaiden silmissä. Yrityksestä voi käydä lukemassa lisää tietoa osoitteessa: <http://www.etnovia.fi/>. (Etnovia Oy 2012.)



Kuvio 1. Etnovia Oy:n tuotantolaitos sekä logo

2 TAUSTATIETOA

2.1 Mikä on robotti

Sana robotti esiintyi ensimmäisen kerran vuonna 1923 tsekkiläisessä näytelmässä. Tsekinkielinen sana robota liitettiin aluksi maaorjiin ja työntekoon. Myöhemmin sanaa on alettu käyttämään kuvaamaan ihmisen apuna toimivaa automaattista työkonetta. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 304.)

Roboteista muodostunut mielikuva on usein peräisin tieteiselokuvista, niin nuorilla kuin ehkä vanhemmillakin (Aalto ym. 1999, 4). Robottien käytön soveltaminen todellisuudessa on kuitenkin kaukana elokuvissa ja näytelmissä esitetystä maailmasta (Aaltonen & Torvinen 1997, 138).

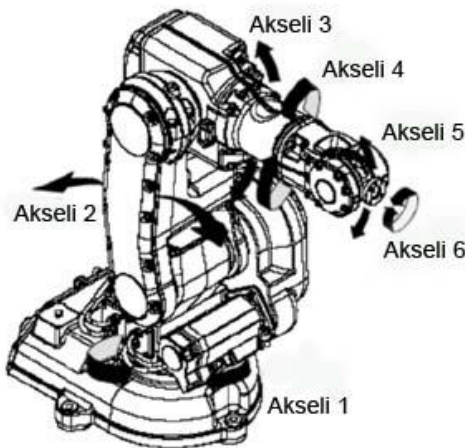
Robottien kehityksen ensiaskel koettiin teollisen vallankumouksen aikana 1800-luvun lopulla. Kehitys pohjautuu tuttuihin keksintöihin kuten mekaaniseen pianoon ja Jacquardin automaattiseen kutomakoneeseen. (Keinänen ym. 2001, 304.)

Virallisimpana robotin määritelmänä voidaan pitää The robot institute of America`n lausetta. Robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suorittamiseksi. (Keinänen ym. 2001, 304.)

Nykytekniikka on realisoanut robotti-käsitteen koskettamaan jokapäiväistä tuotantoautomaatiota (Keinänen ym. 2001, 304).

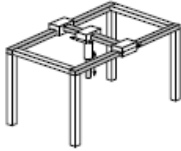
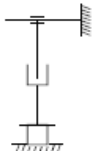
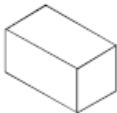
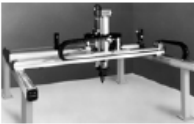
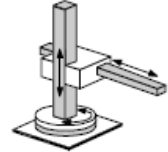
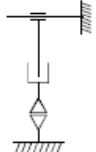


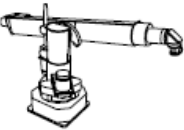



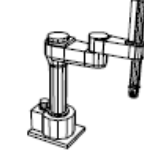
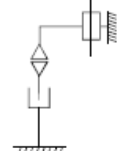


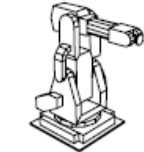
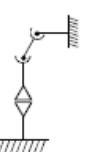



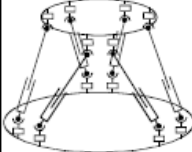


2.2.1 Rakenne

Teollisuusrobottien rakenteessa on pyritty jäljittelemään ihmiskäden nivelten liikkeitä. Robottien niveliä kutsutaan vapausasteiksi (DOF, degrees of freedom). Vapausasteet voivat olla joko suoria tai kiertyviä. Yhtä niveltä kohden on robotissa yksi toimilaite. Nykyaikaisissa kiertyvänivelisissä teollisuusroboteissa on kuusi vapausastetta, joista vähintään kolme ovat kiertyviä. Kiertyvät nivelet ovat sijoitettu robotin ranteeseen. Robottien mekaniikka on yleensä rakennettu siten, että tukivarret ovat kytketty peräkkäin. Tämän seurauksena robottien nostokyky on pieni, mutta ulottuvuus on sen sijaan suuri. (Aalto ym. 1999, 15–18.)



Kuvio 3. Kiertyvänivelisen robotin akselit (Lindholm 2011,14.)

Kiertyvänivelisen robotin akseleiden sijainti ja liikesuunnat ovat havainnollistettuna kuviossa 3. Robotin ranteen muodostavat akselit viisi ja kuusi. Kytkemällä mekaanisia vapausasteita eri tavalla yhteen ja varioimalla vapausasteiden liikematkoja saadaan lukuisia erilaisia robotteja. (Aalto ym. 1999, 16.) Kuviossa neljä on esitelty erilaisia robottityyppejä, jotka ovat kategorioitu niiden rakenteiden mukaan.

Robot	Axes		Examples
Principle	Kinematic Structure	Workspace	Photo
 Cartesian Robot			
 Cylindrical Robot			
 Spherical Robot			
 SCARA Robot			
 Articulated Robot			
 Parallel Robot			

Kuvio 4. Erilaisia robottityyppejä (Dira 2011.)

Kuviossa viisi on esitetty kiertyvänivelinen teollisuusrobotti, jonka nostokyky on 6kg.



Kuvio 5. ABB IRB 140 -teollisuusrobotti

2.2.2 Toimilaitteet

Energian syöttötavat. Robottien nivelien liikuttamiseen on olemassa monia erilaisia vaihtoehtoja. Toimilaitteet voivat olla joko hydraulisia, pneumaattisia tai sähköisiä. Hydraulisia toimilaitteita käytetään suuria kuormia käsittelevissä roboteissa. Pneumaattisilla taas saadaan aikaan suuria liikenopeuksia yksinkertaisesti toteuttuna. Suosituin ja yleisin toimilaitte kuitenkin on sähkömoottori. Nykyisissä teollisuusroboteissa liike muodostetaan vaihtovirtaservomoottoreiden avulla. (Aalto ym. 1999, 19.)

Servotekniikalla saadaan aikaan tarkkoja ohjauksia aseman, voiman ja momentin suhteen (Keinänen ym. 2001, 145).

Vaihtovirta servomoottorin saamiseksi pyörimään käytetään roottorin asennon valvontaa, jotta staattorikämit magnetoituvat oikeassa järjestyksessä roottorin keskomagneetteihin nähden (Johnsson & Kördel. 2003,34–35).



Kuvio 6. Omron Sigma II -sarjan servomoottoreita(Omron 2012.)

Servomoottoreissa käytetään takaisinkytkentää eli erilaisista suureista saadaan mittaustuloksia kuten voima, nopeus, asento. Nämä mitatut arvot kytketään takaisin järjestelmän alkupäähän tulosignaaleiksi. (Johnsson & Kördel. 2003, 10–11.)

Servomoottoriksi voidaan sanoa pneumaattista, hydraulista tai sähköistä moottoria, joita käytetään nopeaa käynnistystä ja pysäytystä, tarkkaa pyörintänopeuden säätöä sekä tarkkaa asennon ohjausta vaativiin sovelluksiin. (Johnsson & Kördel. 2003,34–35.)

Voimansiirto. Voimansiirrossa yleinen suunnitteluperiaate on saada sijoitettua moottorit mahdollisimman lähelle robotin jalustaa. Voiman siirtämiseen moottorilta nivelille käytetään monenlaisia eri vaihtoehtoja:

- Työntötangot
- Kuularuuvit
- Ketjut
- Vipumekanismit
- Hammashihnat
- Hammaspyörästöt. (Aalto ym. 1999, 18–20.)

Hammaspyörästöjen käyttö on yleisintä nykyaikaisissa teollisuusroboteissa. (Aalto ym. 1999, 18–20).

Alennusvaihteet. Teollisuusrobottien ranteen nivel kiertyy lähes kaksi kierrosta. Toimilaitteena toimiva servomoottori tekee tällöin tyypillisesti 20–60 kierrosta. Tämän kierrosluvun alentamiseen tarvitaan alennusvaihte. Välityksen avulla voidaan muuttaa servomoottorin pyörintänopeusalueita. (Johnsson & Kördel. 2003, 33.)

Voimansiirrossa käytettävät hammaspyörästöt suunnitellaan samalla myös toimimaan alennusvaihteina. Kiertyvänivelisissä roboteissa käytetään kierrosten alentamiseen planeettavaihteistoa. (Aalto ym. 1999, 20.)

Planeettavaihteen hyötysuhde on suuri ja se voidaan helposti sijoittaa moottoripesään. Se kykenee välittämään suuria momentteja ja lisäksi sen rakenne sallii pienikokoisen ja tiiviin rakenneratkaisun. (Johnsson & Kördel. 2003, 34–35.)

Perinteisissä vaihteissa kaikki hammaspyörät ovat kiertyviä ainoastaan kiinteän rungon suhteen. Planeettavaihteistossa on näiden hammaspyörien lisäksi myös pyöriä, jotka kiertävät pyöriessään myös keskusakselin ympäri (kuvio 7). Keskellä olevaa keskuspyörää kutsutaan aurinkopyöräksi ja sen ympärillä kiertäviä planeettapyöräksi. (VTT 2005.)



Kuvio 7. Planeettavaihteisto (VTT 2005.)

Anturit. Robotin aisteina toimivat erilaiset anturit. Antureiden tärkein tehtävä on kertoa takaisinkytkettyä tietoa ohjausjärjestelmälle. Robotin nivelten asentoa seurataan jatkuvasti paikanmittausantureilla. Jokaisessa nivelessä on oma anturinsa,

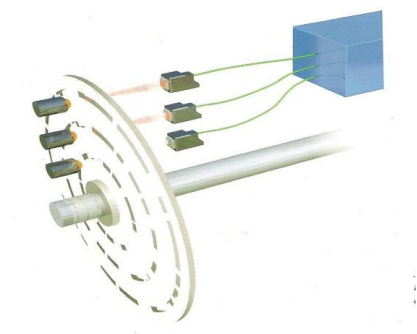
joka kertoo nivelen sen hetkisen paikan. Anturin asemaa luetaan useita tuhansia kertoja sekunnissa. Sen vuoksi nivelen paikkatiedon lisäksi saadaan selville nivelen liikesuunta, nopeus ja kiihtyvyys. (Aalto ym. 1999, 30.)

Asemaa mittaavat anturit:

- inkrementtianturit eli pulssianturit
- resolverit
- absoluuttianturit. (Aalto ym. 1999, 30–31.)

Pulssianturit ilmoittavat ohjausjärjestelmälle akselin kulkeman matkan pulsseina. Yksi pulssi vastaa tiettyä akselin kulkemaan matkaa tai kulman kiertymää. Ohjausjärjestelmän täytyy tietää käynnistysvaiheessa nivelen alkuasema, jonka avulla se voi laskea nivelen todellisen aseman. Tästä syystä käynnistysvaiheessa joudutaan suorittamaan kalibrointi. (Aalto ym. 1999, 31.)

Pulssianturia käytetään usein optisissa sovelluksissa yhdessä reikäkiekon kanssa. Kiekon pyöriessä pääsee valo kulkemaan reikien kautta valoherkkään vastaanottimeen. Pyörivässä kiekossa on rivi erilaisia aukkoja, josta valo pääsee kulkemaan läpi. Valonsäde katkeaa kun aukko ei ole kohdalla. (Johnson & Kördel. 2003, 41.)



Kuvio 8. Pulssianturi optisella tunnistuksella (Johnson & Kördel 2003, 41.)

Resolveri on eräänlainen muuntaja, jonka staattorin ja roottorin välinen kulma muuttaa magneettivuota ja samalla toisiojännitettä. Tästä muutoksesta voidaan päätellä kiertymäkulma yhden kierroksen alueella. Resolveri muodostuu moottori-

pesään sijoitetusta erikoisrakenteisesta muuntajasta, josta saatava lähtösignaali ilmaisee moottorin kierto liikkeen. (Aalto ym. 1999, 32.)

Absoluuttianturit kertovat ohjausjärjestelmällä akselien todellisen sijainnin. Yksinkertaistettuna absoluuttianturi on pulssianturi, jonka ei tarvitse laskea omaa sijaintiaan. Nivelen paikkatieto ilmoitetaan digitaalisena viestinä. Absoluuttinen pulssianturi tietää koko ajan asemansa ja sen vuoksi pulsseja ei tarvitse jatkuvasti laskea. Nykyaikaiset teollisuusrobotit on varustettu absoluuttiantureilla. (Aalto ym. 1999, 32–33.)

2.2.3 Ohjausjärjestelmä

Robotin ohjausjärjestelmä sisältää kehittyneen prosessitietokoneen. Se kykenee ohjaamaan robotin toimilaitteita tuhansia kertoja sekunnissa ja reagoimaan ympäristön viesteihin millisekunnissa. Ohjausjärjestelmän tärkein tehtävä on kertoa toimilaitteille, miten ja mihin asentoon niveltä tulee liikuttaa. Ohjausjärjestelmä tulkitsee robotille tehtyä ohjelmakoodia, jonka se muuntaa robotin liikekäskyksi. Liikekäsky kerrotaan robotin toimilaitteille ja tiedon saatuaan robotin nivelet liikkuvat halutulla tavalla. Ohjausjärjestelmä kommunikoi myös ulkoisten toimilaitteiden kanssa. Ilman ohjausjärjestelmää robotti on hyödytön. (Aalto ym. 1999, 34–36.)

Robottien valmistajat tarjoavat vain muutamaa erilaista ohjaintyyppiä, mutta modulaarisuutensa ja joustavuutensa avulla ne sopivat monen eri robotin ohjaimiksi. Useimmat robottiohjaimet on myös mahdollista liittää internetiin, mikä mahdollistaa robottien tilan tarkastelun sekä asetusten muuttamisen paikasta riippumatta. Ohjain kykenee myös ohjaamaan robotin kuuden vapausasteen lisäksi myös kahta robottiin liitettävää ulkoista akselia kuten kuljetinta tai kääntöpöytää. (Malm ym. 2008, 36.)

Ohjausjärjestelmä koostuu useista osista:

- keskusyksikkö
- massamuisti (tietojen tallennusta varten)
- käsiohjain (ohjelmointiin ja ohjaukseen)
- liitännät ulkoisia tietokoneita varten
- nivelkohtaiset servotoimilaitteet
- sähkönsyöttölaitteet. (Aalto ym. 1999, 34.)



Kuvio 9. ABB IRB 140 -robotin ohjausjärjestelmä

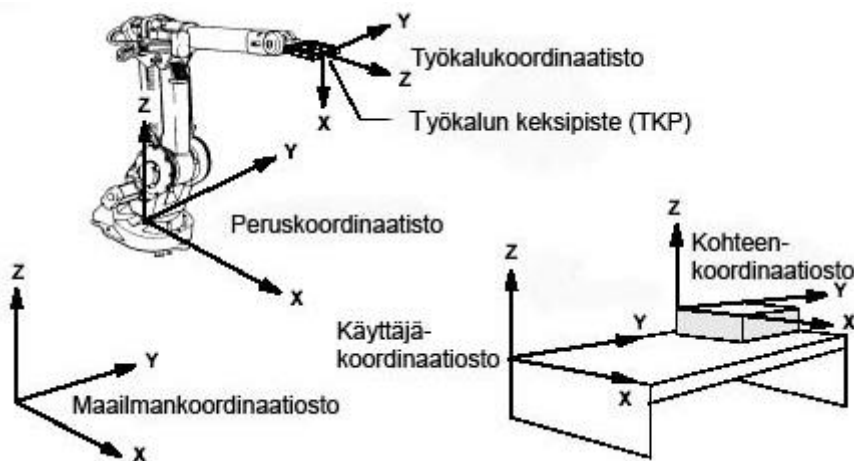
Ohjausjärjestelmän keskeisimmät tehtävät ovat

- liikeohjaus (liikuttaa robottia ja toimilaitteita haluttuihin paikkaohjearvoihin)
- loogisen rakenteen luonti ohjelmoinnin edetessä
- antureiden tilatietojen seuranta
- ohjelmien tallennus ja muuttaminen
- ohjelmien toistaminen
- diagnostiikan keräys huoltoa varten. (Malm 2008,37.)

2.2.4 Robotin koordinaatistot

Teollisuusrobotin koordinaatisto muodostuu suorakulmaisista koordinaateista. Teollisuusrobotin koordinaatistot on määritetty ISO 9787-standardin mukaan:

- maailmakoordinaatisto
- peruskoordinaatisto
- työkalukoordinaatisto
- käyttäjäkoordinaatisto. (



Kuvio 10. Robotin koordinaatistot (Lehtonen 2005.)

Maailmakoordinaatisto käsittää ympäristön, jossa robotti työskentelee. Koordinaatisto voi olla sidottuna esimerkiksi rakennukseen, kuljettimiin, oheislaitteisiin. Koordinaatiston nollapiste voidaan asettaa esimerkiksi robottisolun seinän nurkkaan (Lehtonen 2005.)

Peruskoordinaatiston nollakohta sijaitsee robotin jalustan keskikohdassa. Standardin ISO 9787 mukaan robotin z- akseli yhtyy ensimmäisen vapausasteen akseliin. X- akseli osoittaa ensimmäisen nivelen työalueen keskikohtaan ja XY- taso yhtyy lattiaan. (Robotiikka yleinen,16.)

Työkalukoordinaatisto sidotaan työkalumäärityksellä kiinni haluttuun kohtaan työkalua (kuva 10). Työkalukoordinaatisto on oletuksena asetettu robotin ranteen laipan keskipisteeseen. (Lehtonen 2005.)

2.2.5 Robotin ohjelmointi

Ohjelmoinnin perusideana on saada robotin työkalu liikkumaan sille määrätyn työtehtävän vaatimalla tavalla (Keinänen ym. 2001, 313).

Ohjelmoinnin tärkeimpiä tehtäviä ovat:

- liikkeiden toimintajärjestyksen laadinta
- robotin kommunikointi muihin laitteisiin
- toiminnan määrittäminen virhetilanteissa. (Aalto ym. 1999,78.)

Yleisin robotin ohjelmointitapa on opettamalla ohjelmointi. Siinä robotti ohjataan käsiohjaimella haluttuun paikkaan ja robotin sen hetkinen sijainti sekä nivelien asennot tallennetaan muistiin. (Aalto ym. 1999, 78–79.)

Opetusohjelmoinnin ongelmaksi muodostuu robotin tuotantokäytössä toimiminen ohjelmoinnin aikana. Opetusohjelmointi siis sulkee tuotannon siksi aikaa, kunnes ohjelmointi on suoritettu. Sen vuoksi robottisolujen ohjelmoinnissa etäohjelmoinnin käyttö on yleistynyt huomattavasti. (Aaltonen & Torvinen 1997, 148.)

Etäohjelmointi (offline-ohjelmointi) on yritysten kannalta taloudellisin vaihtoehto. Robottisolun ohjelmointi voidaan toteuttaa toisaalla ilman, että häiritään tuotannossa olevaa robottia. Kun ohjelma on valmis ja testattu, voidaan se siirtää suoraan robotille lyhyessä ajassa. Näin tuotannon seisaus on mahdollisimman pieni. (Aaltonen & Torvinen 1997, 148–149.)



Kuvio 11. ABB-robotin käsiohjain

Mallipohjainen etäohjelmointi on tällä hetkellä suosituin ohjelmointivaihtoehto. Siinä robotin ohjelmointi suoritetaan täysin simuloitussa 3D-ympäristössä tietokoneen ruudulla. Ohjelmointi suoritetaan käyttämällä robotin ja sen oheislaitteiden simulointimalleja. (Aalto ym. 1999, 81–82.)

Offline-ohjelmoinnin etuja ovat:

- riskien vähentyminen
- nopeampi käyttöönotto
- lyhyemmät tuotevaihtoajat
- parantunut tuottavuus. (ABB 2012.)

2.2.6 Robottisovellukset

Tavallisimpia robottien käyttökohteita tuotannossa ovat erilaiset kappaleiden siirrot hitsaustehtävät sekä kokoonpano ja maalaussovellukset (Keinänen ym. 2001, 309).

Sovelluskohteesta riippuen robotilta vaaditaan eri määrä liikkeiden vapausasteita ja erilaista rakennetta (Aaltonen & Torvinen 1997, 155).

Tyypillisiä robotisointitehtäviä ovat:

- pakkaus
- lavaus
- hitsaus
- kokoonpano
- maalaus
- työstökoneiden panostus. (Keinänen ym. 2001, 309.)



Kuvio 12. Pakkausrobotti työssään (Packing magazine 2008)

2.2.7 Työturvallisuus

Robottisovellusten käytössä yhtenä lähtökohtana on ollut siirtää ihmiselle vaaralliset ja raskaat työt robottien hoidettavaksi. Siitä huolimatta, että vaaralliset työt on saatu pois ihmisten tieltä, ovat robottien käytöt aiheuttaneet uusia erilaisia vaaratekijöitä. Nämä vaaratekijät voidaan jakaa kolmeen erilaiseen kategoriaan.

- törmäykset robottijärjestelmän ja ihmisen välillä
- puristuminen kappaleen ja apulaitteiden välillä
- muut onnettomuudet kuten sähköiskut. (Keinänen ym. 2001, 333.)

Suurin syy robottien yleistymiselle on niiden turvallisuuden parantuminen. (Aalto ym. 1999, 160–161) .

Erilaisten mekaanisten ja sähköisten turvalaitteiden avulla robottien turvallisuus on parantunut huomattavasti. Yksinkertaisimpia ratkaisuja ovat rakenteet, jotka estävät ihmisen pääsyn robotin työalueelle. Tähän yhteyteen on myös yleensä rakennettu turvajärjestelmä. Sen tehtävänä on pysäyttää robotin toiminta, mikäli ihminen pääsee robotin työalueelle. (Keinänen ym. 2001, 333–334.)

2.3 3D-mallintaminen suunnittelun apuna

Onnistuneen suunnittelun perusvaatimus on, että valmistuneet osat ja kokonaisuudet sopivat toisiinsa sekä kokoonpanoihin. Tehokkaan suunnittelun neljä kulmakiveä ovat:

- kyky toteuttaa asioita, eli hyvä ohjelmiston hallinta ja hahmotuskyky
- käytännön kokemus
- hyvät mallinnustaidot
- taito suunnitella. (Tuhola & Viitanen 2008, 33.)

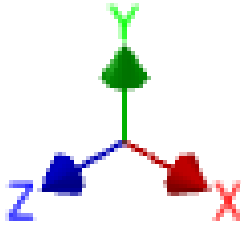
3D- mallintamisen suunnitteluprosessin muodostavat:

1. esitiedot
2. osamalli
3. kokoonpano. (Tuhola & Viitanen 2008, 54.)

Kaikki mallintaminen ja suunnittelu lähtevät tiedonhankinnasta. Suunnittelija kerää kaiken tarvittavan tiedon asiakkaalta ja muodostaa niiden pohjalta luonnoksen tulevasta mallista. (Tuhola & Viitanen 2008, 31–54.)

2.3.1 Mallinnus

3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden tai koneiden suunnittelua kolmiulotteisesti. Mallinnus tehdään kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu X-, Y- ja Z-koordinaattiakseleista. Tämä mahdollistaa kappaleiden mallintamisen niiden oikeassa koossa. (Tuhola & Viitanen 2008, 16–17.)



Kuvio 13. Mallinnuksen koordinaatisto

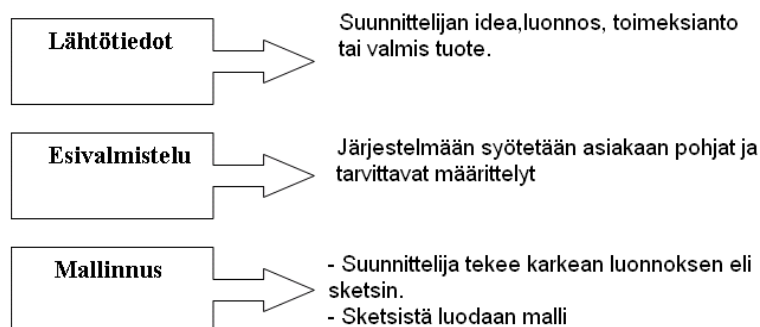
Tehokkaan 3D-mallinnuksen edellytyksenä on suunnittelijan taito hyödyntää erilaisia mallinnusmenetelmiä siten, että lopputulos saavutetaan mahdollisimman vaivattomasti (Tuhola & Viitanen 2008, 30).

2.3.2 3D-mallit

3D-malli on kolmiulotteinen tuote, joka vastaa ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan lopullista tuotetta. Mallia voidaan tarkastella kolmiulotteisessa avaruudessa mallinnusohjelman avulla useista eri kuvakulmista. (Tuhola & Viitanen 2008, 20.)

2.3.3 Mallinnuksen vaiheet

Mallinnus sisältää kuviossa 14 esitetyt vaiheet.



Kuvio 14. Mallinnuksen vaiheet (Tuhola & Viitanen 2008, 19.)

2.4 Robottijärjestelmän suunnittelu

Robotisoinnin suunnittelun ja toteutuksen on aina perustuttava todelliseen tuotannon rationalisointitarpeeseen (Aalto ym. 1999, 92–93).

2.4.1 Layout

Layoutilla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua käytettävissä oleviin tiloihin:

- koneet ja laitteet
- varastopaikat ja kulkureitit. (Haverila ym. 2005, 475.)

Layout-suunnittelu voidaan jakaa sen merkityksensä mukaan suppeaan tai laajaan. Suppeimmillaan se on vain pelkkää sijoittelua, kun taas laajimmillaan siihen sisältyy myös sijoittelun perustana olevan järjestelmän suunnittelu. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 309.)

Layoutit voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin:

- tuotantolinjalayout
- funktionaalinen layout
- solulayout. (Haverila ym. 2005, 475–477.)

Tuotantolinjassa koneet ja laitteet ovat järjestyksessä valmistettavan tuotteen työkulun mukaisesti. Suuri volyyymi ja korkea kuormitusaste ovat keskeisimmät edellytykset tuotantolinjan rakentamiselle. (Haverila ym. 2005,475.)

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpisteet on taas ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella omiin osastoihinsa. Tuotetyypit ja tuotantomäärät vaihtelevat yksityiskappaleista laajoihin sarjoihin. Toteutus on helpompi ja halvempi tuotantolinjaan verrattuna. (Haverila ym. 2005, 476.)

Solulayout on itsenäinen eri koneista ja työpaikoista muodostettu ryhmä, joka on erikoistunut tiettyjen kappaleiden valmistamiseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Solu on välimuoto funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinjasta. Solu pystyy valmistamaan joustavasti niitä tuotteita, joiden valmistukseen se on luotu. Solu on joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkaampi kuin funktionaalinen layout oman tuoteryhmänsä puitteissa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 477–478.)

2.4.2 Layoutin valinta

Layout-tyyppin valinta suoritetaan tuotevalikoiman laajuuden ja tuotettavien määrien perusteella. Tuotantolinja-layout toimii parhaiten silloin, kun tehdään suuria määriä samankaltaisia tuotteita. Funktionaalista layoutia kannattaa käyttää silloin, kun valmistettavia tuotetyyppejä on suuri määrä, mutta tuotannollinen osuus on pieni. Valmistessa eri tuotteita toistuvasti, mutta pienemmällä kapasiteetilla kun tuotantolinjassa, kannattaa layout-tyypiksi valita solu. (Haverila ym. 2005, 479.)

2.4.3 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelu voidaan jakaa sen merkityksensä mukaan suppeaan tai laajaan. Suppeimmillaan se on vain pelkkää sijoittelua, kun taas laajimmillaan siihen sisältyy myös sijoittelun perustana olevan järjestelmän suunnittelu. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 309.)

Layout-suunnittelun lähtökohtana ovat seuraavat tekijät:

1. tuotteiden rakennetiedot kuvaavat käytettävät puolivalmisteet, komponentit sekä raaka-aineet
2. työnvaiheistus (työvaiheet ja niiden järjestys)
3. mitoitetaan tuotantokoneisto ja määritellään tuotantomuoto tuotantomäärien perusteella

4. tuotannon aikajänne (kuinka kauan tuotanto tulee säilymään)
5. valmistukseen tarvittavat tukitoiminnot (paineilmaverkosto, sähköverkosto). (Haverila ym. 2005, 481.)

Layout-suunnittelun keskeisenä tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu. Matkat ja kuljetuskerrat pyritään minimoimaan osastojen ja työpisteiden sijoittelua suunniteltaessa. (Haverila ym. 2005, 479.)

Hyvän layoutin ominaisuuksia ovat:

- selkeät materiaalivirrat
- joustavuus ja helposti muunneltavissa
- materiaalien siirtotarve pieni
- lyhyet kuljetusmatkat
- erityisosaamista vaativa valmistus keskitetty yhteen paikkaan
- tehtaan sisäisten palveluiden sijoitus käyttöpaikan lähelle
- materiaalien tehokas vastaanotto ja jakelu
- helppo sisäinen kommunikaatio
- kaikkien valmistusvaiheiden erityistarpeet on otettu huomioon
- käytettävissä olevan tilan tehokas käyttö
- työturvallisuuden ja tyytyväisyyden huomiointi. (Haverila ym. 2005,482.)

Vaikeasti siirrettävien koneiden ja laitteiden sijoittelussa on otettava huomioon mahdolliset muutostarpeet (Haverila ym. 2005, 482).

2.5 Simulointi teoriassa

Simuloinnilla tarkoitetaan tietokoneen avulla tapahtuvaa järjestelmän mallintamista, mallin kokeellista manipulointia ja tulosten analysointia. Päätelemät pohjautuvat sekä animaatioon että numeerisiin ja graafisiin tuloksiin. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 319.)

Simulointi tietokoneella on huomattavasti helpompaa ja ennen kaikkea riskittömämpää kuin kokeileminen käytännössä. Etuna on myös se, että olemassa oleva tuotanto ei häiriinny. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 319.)

Simulointimalli auttaa ymmärtämään järjestelmän toimintaa kokonaisuutena ja mahdollistaa eri vaihtoehtojen arvioinnin ennen päätöksen tekemistä. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 319.)

2.5.1 Simuloinnin tarkoitus

Robottijärjestelmien suunnittelun apuna käytetään graafisia simulointiohjelmiä. Ohjelmat helpottavat ja nopeuttavat suunnittelua.

Simuloinnin tavoitteena ovat:

- Layout-vaihtoehtojen kokeilu
- Robotin työsekvenssien määrittäminen
- Työajan arviointi
- Robotin törmäystarkastelu
- Työkaluvaihtoehtojen suunnittelu ja tarkastelu
- Oheislaitteiden testaus
- Automaation, koneen tai laitteen toimintojen hahmottaminen (analyysien tarpeeseen, koulutuksien taustatietojen esittämiseen, uusien työntekijöiden perehdyttämiseen tai markkinoinnin avuksi)
- Robotin ulottuvuustarkastelu
- Laajempia toimintakokonaisuuksien vuorovaikutusten analysointi
- Ergonomia. (Aalto ym. 1999, 96-98.)

2.5.2 Robottijärjestelmän simulointitekniikat

Robottisimuloinnit voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- ulottuvuussimulointi
- prosessisimulointi
- dynaaminen simulointi. (Aalto ym. 1999, 99.)

Ulottuvuussimuloinnissa robottisolu mallinnetaan kinemaattisilta ja geometrisilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman tarkaksi. Geometrialla tarkoitetaan tässä tapauksessa tuotteen ja robottisolun kaikkien osien 3D CAD -mallia. Kinematiikka pitää sisällään kuvauksen robotin nivelten liikkeestä. Tärkeänä osana ulottuvuustarkastelussa on myös robotin törmäystarkastelu. Sillä varmistetaan, että robotti ei aiheuta liikkuessaan törmäyksiä muuhun ympäristöön tai laitteisiin. (Aalto ym. 1999, 99.)

Ulottuvuussimuloinnin käyttökohteita:

- robotin lisälaitteiden mitoitus siten, että tuotanto on mahdollista
- solun soveltuvuustarkastelu halutulle tuotteelle
- kiinnitinsuunnittelu. (Aalto ym. 1999, 99.)

Prosessisimuloinnissa pääpaino keskittyy robotin ohjelmien testaamiseen. Solun malliin tarvitaan ulottuvuussimuloinnin lisäksi tarkka simulointimalli robotin ohjaimesta ja sen toiminnasta. Ohjelmat ajetaan simuloitulla robotilla simuloitussa ympäristössä, jolloin ohjelman toimintaa ja virheitä voidaan tarkkailla. Robottien etäohjelmoinnista käytetään prosessisimulointia. (Aalto ym. 1999, 100.)

Prosessisimulointia käytetään:

- tuotannon vaatimien liikeratojen tarkasteluun
- suunniteltaessa törmäysvapaita liikeratoja
- tuotanto-ohjelmien testaukseen
- tuotteiden valmistettavuuden testaukseen. (Aalto ym. 1999, 199.)

Dynaamisessa simuloinnissa otetaan huomioon myös tuotantoprosessiin liittyvät voimat. Robotti ja tuotteet liikkuvat simuloinnissa voimien vaikutuksesta, kuten todellisuudessaakin. Simulointimalli vaatii solun osien massojen ja nivelten dynaamisten ominaisuuksien mallintamista. Kun halutaan päästä mahdollisimman suuriin tarkkuuksiin ajan ja paikan suhteen, on dynaaminen simulointi silloin paras ratkaisu. (Aalto ym. 1999, 100–101.)

Dynaamista simulointimallia käytetään apuna:

- laskettaessa solun tahtiaikaa
- useamman robotin synkronoinnin testauksessa
- suurnopeussolujen etäohjelmoinnissa. (Aalto ym. 1999, 101.)

Mallipohjaisessa etäohjelmoinnissa käytetään apuna graafista 3D-käyttöliittymää ja robotista ja sen oheislaitteista muodostettuja simulointimalleja robotin ohjelmaa luodessa. Valmiiksi saatu robottiohjelma voidaan testata virtuaalisessa ympäristössä. (Aalto ym. 1999, 102.)

Mallipohjaisen ohjelmoinnin vaiheet ovat

- mallintaminen
- simulointimallin kalibrointi
- ohjelmointi
- ohjelman siirto
- testaus. (Malm 2008, 98.)

3 ROBOTISOLUN SUUNNITTELU

3.1 Yhteistyö

Co-Automation Oy. on Vaasassa toimiva sähkö- ja automaatioalan yritys. Yrityksen toimialana ovat:

- Tuotantoautomaation laitteet ja ratkaisut
- Suunnittelupalvelut teollisuudelle
- Teollisuuden kunnossapito. (Co-Automation 2012.)

Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä noin 20 henkilöä. Vuoden 2011 liikevaihto oli miljoona euroa. Vahva kokemus tuotantoautomaation parissa sekä luotettavat partnerit takaavat hyvän pohjan onnistuneelle projekteille. (Co-Automation 2012.)

Opinnäytetyön tekijä tutustui yritykseen Tampereella 2011 pidetyillä alihankintamessuilla. Siitä alkoi tiivis yhteistyö robotisolun suunnittelussa Etnovia Oy:lle.

3.2 Lähtötilanteen analysointi

Kohdeyrityksessä valmistettavat lääkkeet valmistetaan ja koteloidaan nopeilla ja täysin automatisoiduilla koneilla. Koteloiden pakkaus kuitenkin toteutetaan vielä manuaalisesti.

Pussituskone pakkaa lääkejauheet annospusseihin. Pussit siirtyvät kuljetinta pitkin rinnakkain neljässä rivissä rinnakkaisrakenteiselle robotille, joka siirtää pussit kotelointikoneelle menevälle ryhmittelykuljettimelle. Kotelointikone muodostaa kotelot ja työntää lääkepussit horisontaalisesti valmistuneen kotelon sisälle. Valmistuneisiin koteloihin merkitään valmistuspäivä sekä eräpäivä koneen loppupäässä olevalla mustesuihkukirjoittimella.

Merkityt kotelot punnitaan tarkkuusvaa'alla, jonka jälkeen yli- tai alipainoiset laatikot poistetaan linjalta paineilman avulla. Toleranssissa olevat laatikot jatkavat matkaansa pakkaukseen, joka tällä hetkellä suoritetaan täysin manuaalisesti yhden työntekijän voimin. Koneen suurimmilla nopeuksilla pakkaukseen tarvitaan useampi työntekijä, sillä laatikkovirta on melkoinen. Valmiit kotelot pakataan standardimittaiseen pahvilaatikkoon kahteen kerrokseen ja ne lavataan FIN-lavalle lavauskuvion osoittamalla tavalla.

3.2.1 Tehtävänanto

Tehtävänä oli saada valmiit kotelot siirrettyä pahvilaatikkoon käyttäen apuna automaatiota. Solun vaatimuksena oli sen täysin automaattinen toiminta aina laatikonmuodostuksesta sulkemiseen saakka. Valmiin laatikon lavaaminen FIN-lavalle olisi myös tulevaisuudessa tarkoitus toteuttaa.

3.2.2 Nykyinen toimintatapa

Lääkkeiden pakkaus suoritetaan tällä hetkellä (kuvio 15) esittämällä tavalla. Nykyinen toimintatapa on työntekijän kannalta hyvin yksitoikkoista ja fyysisesti raskasta. Pakattaessa manuaalisesti joudutaan koneiden nopeudet pitämään alhaisimmilla nopeuksilla ja nopeutta kasvatettaessa tarvitaan pakkaamiseen useampi työntekijä.



Kuvio 15. Nykyinen toimintatapa tehtaalla

Nykyisen toimintatavan huonoina puolina ovat:

- yksitoikkoinen työ
- hidas pakkaamisnopeus
- esiteipatut pahvilaatikot vievät turhaan ylimääräistä tilaa
- suurempi konenopeus sitoo useamman työntekijän
- laadunvalvonta.



Kuvio 16. Valmiiksi kasattuja pahvilaatikoita

Pakkaamisen työkierto tapahtuu seuraavasti:

1. Koneen ympärille kasataan valmiita pahvilaatikkoaihoita odottamaan pakkaamista.
2. Valmistuneet kotelot saapuvat kuljetinta pitkin kotelointikoneelta. Mustesuihkukirjoitin merkitsee koteloon eräpäivän sekä eränumeron.
3. Tarkkuusvaaka tarkistaa kotelon painon ja vertaa sitä syötettyyn ohjearvoon. Mikäli paino ylittää tai alittaa annetun toleranssin, hylkää vaaka kotelon. Kotelon hylkäys toimii paineilmapuhaltimen avulla.
4. Hyväksytyt kotelot jatkavat matkaa toiselle kuljettimelle, josta ne poimitaan käsin.
5. Poimitut kotelot asetetaan pahvilaatikkoon ennalta määrätyn pakkauskuvion mukaisesti. Kotelot pakataan kahteen kerrokseen.
6. Täydet pahvilaatikat suljetaan ja laatikon kylkeen liimataan tuotetarra, joka sisältää tuotteen nimen, eräpäivän sekä koteloiden lukumäärän.
7. Valmis laatikko siirretään lavalle ja asetetaan määrätyn lavauskuvion mukaisesti oikealle paikalle.

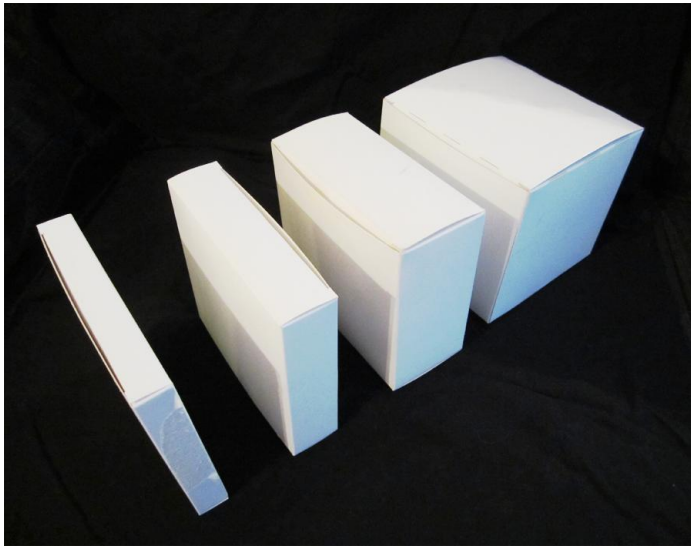


Kuvio 17. Pahvilaatikoiden lavausta

Hygieniasyistä johtuen tuotannossa varsinaiset trukkilavat joudutaan päällystämään muovilla ja asettamaan puiset lavat muovisten lavojen päälle. Tämä ratkaisu vie ylimääräistä lavatilaa tuotantotilasta. Muovisten ja puisten lavojen yhdistelmä aiheuttaa myös ylimääräistä työtä varaston puolella.

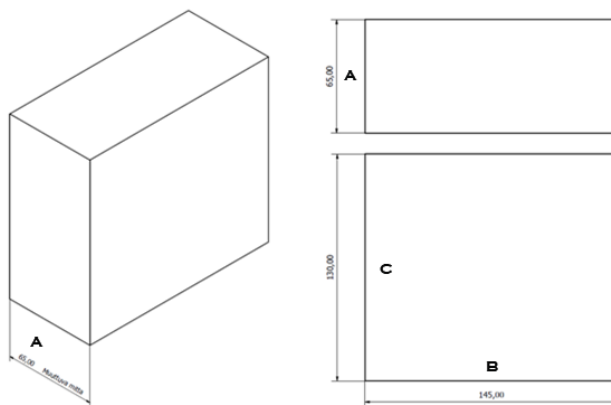
3.2.3 Liikuteltavat kappaleet

Tuotelaatikot ovat kiiltäväpintaisia kartonkikoteloita. Koteloita on neljää erilaista mallia (kuvio 18). Koteloiden painot vaihtelevat niihin pakattavien lääkepussien määrän sekä lääkeaineen mukaan. Painot vaihtelevat muutamista kymmenistä grammoista aina satoihin grammoihin.



Kuvio 18. Pakkauksessa käytettävät kotelot

Käytettävien koteloiden etuna on niiden muuttumaton korkeus ja leveys. Päämittojen pysyessä samoina, on laatikoiden ryhmittely ja pakkaus helpompaa suorittaa automatisoidusti.



Kuvio 19. Kotelon mittakuva

Taulukko 1. Koteloiden mitat

Kotelo	Paksuus A	Leveys B	Korkeus C
1	20 mm	145 mm	130 mm
2	40 mm	145 mm	130 mm
3	65 mm	145 mm	130 mm
4	145 mm	145 mm	130 mm

Taulukko 2. Koteloiden painot ja määrä kerroksessa

Paksuus (mm)	koteloita/kerros	kerroksen paino (g)
20	60	6660
40	30	6690
65	15	6690
145	6	5352

Taulukosta 2 voidaan havaita, että keskimääräinen massa, jonka robotin on kyettävä nostamaan, on noin 6,7 kg. Koteloiden kerrosmäärät on otettava huomioon muodostettaessa ohjelmia eri kotelotyypeille.

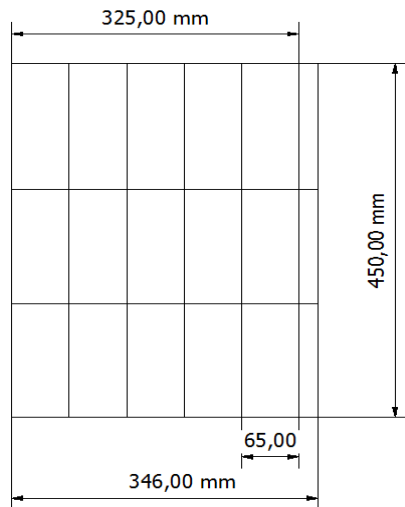
Laskettaessa kapasiteettia laatikonmuodostuskoneelle, on myös tiedettävä valmiiden pahvilaatikoiden massat. Oheisessa taulukossa 3 on esitetty koteloiden määrä ja koko laatikon paino eri kotelotyypillä.

Taulukko 3. Pahvilaatikoiden kotelomäärät sekä painot

Paksuus (mm)	koteloita/ laatikko	koko laatikon paino (g)
20	120	13320
40	60	13380
65	30	13330
145	12	10704

Koteloiden pakkauskuviot muuttuvat niissä käytettävien kotelotyyppien mukaan. Yhtäläisyytenä on kuitenkin kerrosten määrä, joka on tässä tapauksessa kaksi. Pakkauksessa käytettävän pahvilaatikon (kuvio 17) mitat ovat

- pituus: 445 mm
- leveys: 340 mm
- korkeus: 290 mm.



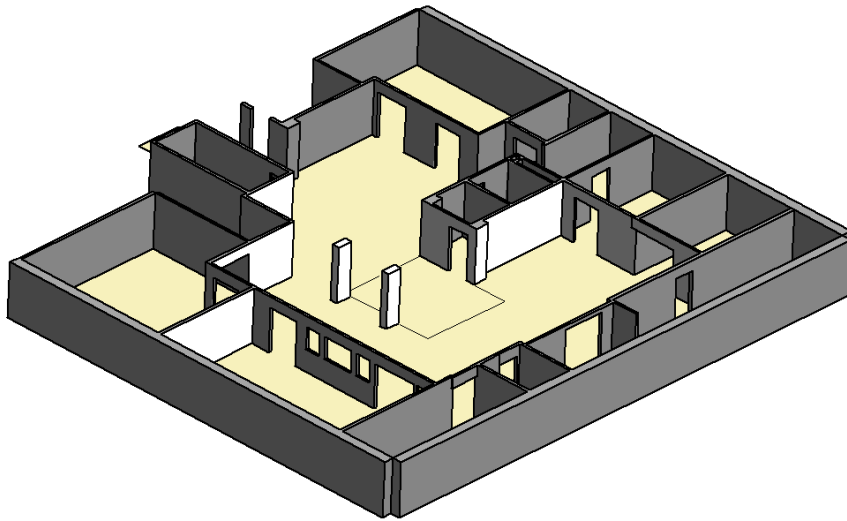
Kuvio 20. Laatikon pakkauskuvio

3.2.4 Kappaleiden siirrot

Koteloiden siirtäminen kotelointikoneelta robotin työalueelle kuulosti aluksi yksinkertaiselta työltä. Perehdyttyessä asiaan tarkemmin, ilmeni että laatikon kääntäminen oikeaan asentoon muodostui haasteeksi. Kotelot pakataan pahvilaatikkoon siten, että kansi on ylöspäin. Laatikot tulevat kotelointikoneelta vaakatasossa siten, että ne joudutaan kääntämään pystyasentoon ennen siirtämistä robotin työalueelle. Tarvittiin siis ratkaisu, miten kotelot saataisiin käännettyä pystyyn.

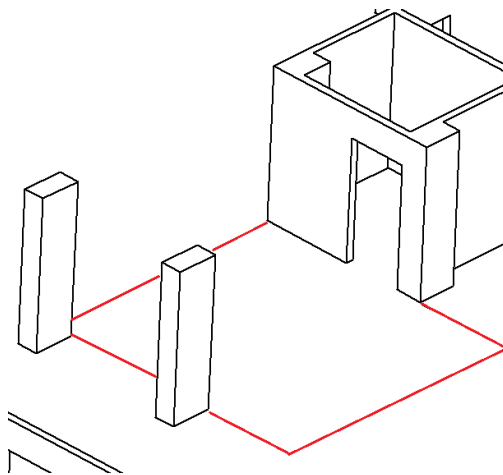
3.2.5 Tehtaan pohjapiirustus

Työn tekijällä oli jo ennestään olemassa tehtaan pohjapiirustus paperisena versiona edellisen projektin jäljiltä. Ongelmaksi kuitenkin muodostui tarkkojen mittojen mittaaminen paperilta. Yrityksen tuotantotila oli muutama vuosi sitten suunniteltu uudelleen arkkitehtitoimiston toimesta. Kuvia kysyttiin suoraan arkkitehtitoimistolta ja ne saatiin sähköisessä muodossa DWG-tiedostona, joka mahdollisti tarkkojen mittojen ottamisen Autocad Mechanical -suunnitteluohjelmistolla. Kuvien avulla työn tekeminen helpottui huomattavasti ja näin ollen edisti työn suorittamista.



Kuvio 21. Tehdastilasta luotu 3D-malli

3.2.6 Käytettävissä oleva tila



Kuvio 22. Tila tuotannossa, johon robottisolu olisi tarkoitus sijoittaa

Solulle varattu tila oli kooltaan noin 6 metriä pitkä ja 4,2 metriä leveä. Tila muodostui neljän kattoa kannattelevan tukipilarin väliin. Kuvassa 22 on havainnollistettu punaisella viivalla solulle varattu tila. Tila oli kooltaan haastava, sillä myös koneiden huolto ja korjaus täytyi saada vaivattomaksi siten, ettei suurempia siirtoja kul-

jettimissa tai oheislaitteissa tarvitsisi tehdä. Myös materiaalivirrat muille koneille täytyi suunnitella uudelleen, sillä solu katkaisisi kulkuyhteyden huoneen toiselle laidalle. Kuviossa 22 oikealla näkyvän toimistohuoneen purkaminen ja kulkureitin muodostaminen sen läpi tehtaan toiselle laidalle oli oikeastaan ainoa mahdollinen ratkaisu. Toimistohuoneen leveys on noin 1,5 metriä, joten myös FIN-lava mahtuisi hyvin kulkemaan toimistohuoneen läpi. Ongelmaksi muodostui tilan puutteen vuoksi myös halutun lavaussolun sijoittaminen pakkaussolun loppuun.

3.3 Alkusuunnittelu

Työn suunnitteluvaihe aloitettiin toteuttamalla yritysvierailu yhdessä Co-Automationin edustajien kanssa Etnovia Oy:n tiloihin. Yrityksen tuotantopäällikkö kertoi vaatimuksia ja toivomuksia solun toteuttamisen suhteen. Palaverin jälkeen tutustuttiin yrityksen tuotantotilaan. Tuotantotila oli jo ennestään tuttu opinnäytetyön tekijälle työharjoittelun sekä projektien kautta. Tarvittavista yksityiskohdista suoritettiin valokuvausta sekä alustavia mittauksia kirjattiin ylös. Käytettävistä kotelosta annettiin mallikappaleet mittauksia sekä suunnittelua varten. Kotelointikoneen toiminnasta kuvattiin havainnollistava video, josta oli helppo tarkastella koneen toimintaa sekä koteloiden asemointia kuljettimella.

3.3.1 Alustava layoutin suunnittelu

Layoutin valinnasta pidettiin erillinen palaveri tammikuussa 2012 Vaasassa Co-Automation Oy:n tiloissa. Palaverissa olivat läsnä Co-Automation Oy:n edustajia sekä opinnäytetyön tekijä. Tilan ahtauden vuoksi layout-vaihtoehtoja ei ollut kovinkaan montaa erilaista. Kaikissa ehdotuksissa solun materiaalivirran suunta oli sama, koska haluttiin saada valmiit tuotelaatikat mahdollisimman lähelle varastoon johtavaa ovea. Näin materiaalivirta pysyisi selkeänä. Layoutiksi valittiin ehdotus, jossa kuljetin kääntää kotelot pystyasentoon ennen kuin ne siirretään ryhmittelypöydän avulla robotille. Suunnittelun pääpaino keskittyi pakkaussolun suunnitte-

luun, mutta alustavasti tehtiin myös pikainen luonnos myöhemmin toteutettavasta lavaussolusta. Solu sijoitettaisiin heti teippauskoneen päähän. Liitteessä 1 on esitetty alustavien layout-suunnitelmien piirustukset.

3.3.2 Robotin valinta

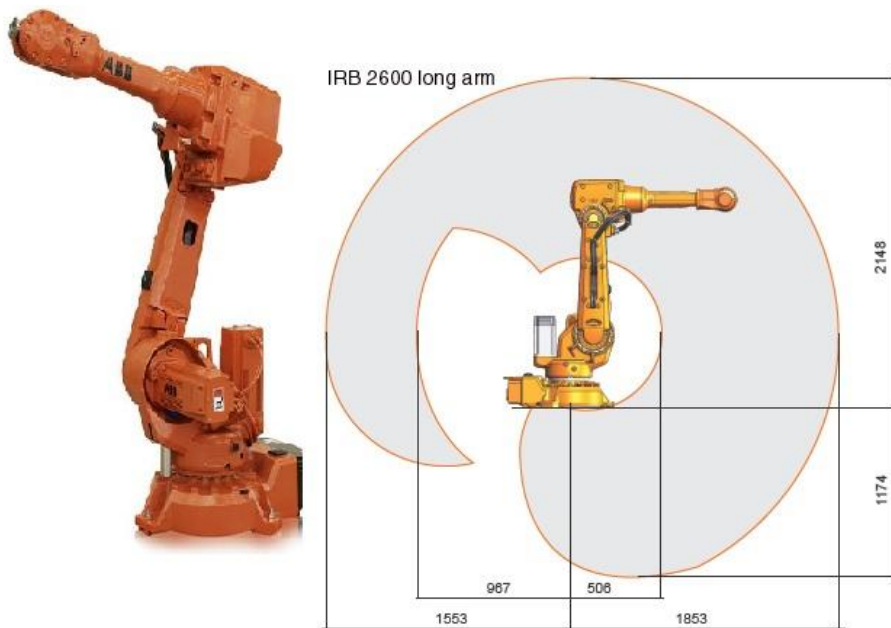
Asioita, joita tulee huomioida valittaessa oikeanlaista robottia tehtävään:

- todellinen käsittelykyky
- ulottuvuus eri asennoissa
- robotin soveltuvuus tarvittavaan tehtävään
- ohjauksen hyödynnettävissä olevat erikoisominaisuudet
- liikenopeuksien riittävyys
- liitettävyyden oheislaitteisiin ja keskusohjaukseen. (Aalto ym. 1999, 115.)

Kappaleenkäsittelyyn soveltuvia robotteja on markkinoilla runsaasti. Suosituimmat robottimerkit ovat Motoman, Fanuc ja ABB. Robottitoimittajaksi valittiin ABB sillä Co-Automationilla on pitkä kokemus heidän robotiikastaan.

Robottityypiksi valittiin aluksi ABB IRB 140, mutta tarkempien laskelmien jälkeen robotin nostokyky jäi tarttujan kanssa liian pieneksi. IRB 140 nostokyky on 6 kg, mutta kuten taulukosta 1 voidaan havaita nostettava kotelokerros painaa keskimäärin 6,7 kg. Tähän täytyy vielä sisällyttää robottiin liitettävän työkalun paino, jolloin robotin nostettavaksi kuormaksi kertyy noin 10 kg.

Robotiksi valittiin laskelmien jälkeen IRB 2600, jonka nostokyky on 12 kg. Robotin ulottuma on 1,85 metriä. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli robotti tarkoitus sijoittaa kehikon seinään kiinni, mutta robotin vaihtamisen myötä robotti sijoitettiin lattialle.



Kuvio 23. ABB IRB 2600. (ABB 2012b)

3.3.3 Robotin työkalun suunnittelu

Robotin tarttuja on robotin tärkein työväline. Tarttujalla tarkoitetaan sitä mekaanista työkalua, jolla on tarkoitus liikuttaa haluttuja kappaleita robotin työalueella. Tarttujan suunnittelussa on otettava huomioon:

- soveltuvuus tuotannon eri kappaleille
- keveys
- tartuntavoimat ja niiden aiheuttamat muodonmuutokset
- voiman välitys (paineilma, hydraulikka, magnetismi)
- tilavaatimukset
- aseteltavuus eri kappaleille. (Aalto ym. 1999, 66–67.)

Tarttujan tulee olla mahdollisimman kevyt, sillä tarttujan paino vähentää robotin nostokykyä. Tarttujan materiaaliksi kannattaa valita kevyt ja luja alumiiniseoksia tai erilaisia kuituvalmisteisia muoveja. Suosituin tarttujan runkomateriaali on alumiini-profiili. Se on rakenteeltaan kevyt ja kestävä ja mahdollistaa urien ansiosta komponenttinen helpon kiinnityksen (Aalto ym. 1999, 63–67.)

Alipaineeseen perustuvia tarttujia käytetään sellaisissa olosuhteissa, joissa mekaanisen tarttujan on hankalaa. Imutartunnassa työkappaleeseen tartunta suoritetaan yleensä vain yhdestä suunnasta. Nostopinta ei naarmuunnu, kun käytetään muovisia tai kumisia imukuppeja. Imukuppeja lisäämällä voidaan kasvattaa tartuntavoimaa. Turvallisuusasiat on syytä huomioida, sillä yhdenkin imukupin irtoaminen aiheuttaa alipaineen häviämisen, mikäli käytössä ei ole varolaitteita. Imukupit vaativat yleensä toimiakseen riittävän sileän ja tasaisen pinnan toimiakseen. Lisäksi pinta täytyy olla puhdas. Tartunta kannattaa toteuttaa keskeisesti kappaleen painopisteen kohdalle.

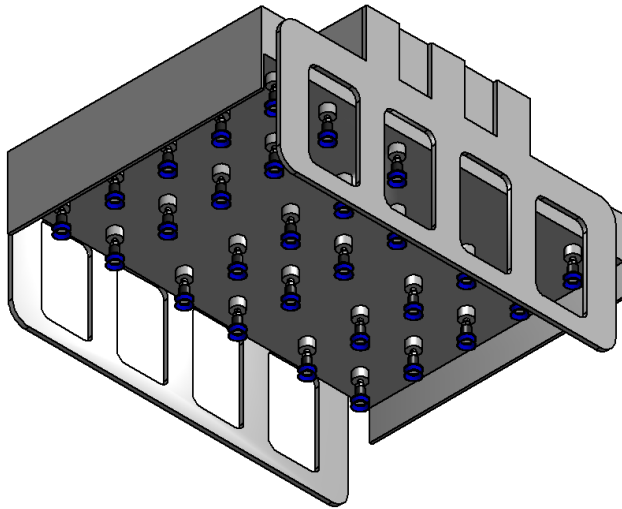
Imukuppien etuina voidaan pitää:

- yksinkertaista rakennetta
- liikkuvien osien määrä vähäinen
- soveltuvuus puhdastiloihin. (Aalto ym. 1999, 63.)

Imukuppien haittoja ovat:

- kappaleen putoaminen paineen kadotessa
- imukuppi ei keskitä kappaletta
- pöly haitaksi järjestelmälle. (Aalto ym. 1999, 63–64.)

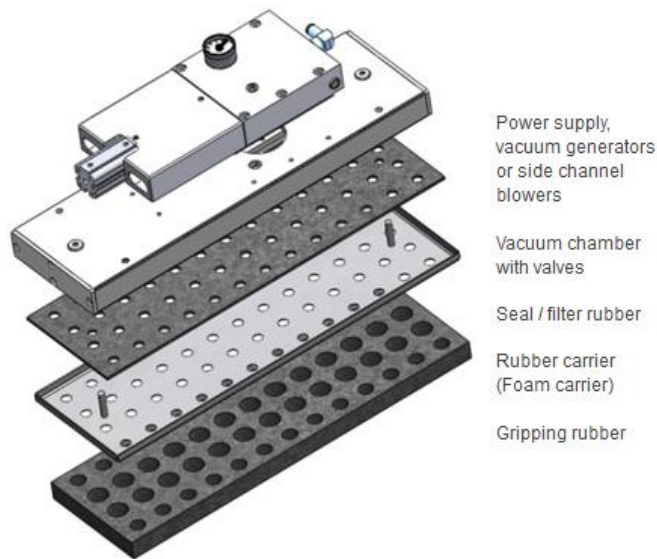
Robotin tarttujan suunnittelussa pyrittiin etsimään valmista ratkaisua, koska markkinoilla olevia erilaisia tarttujia on lukuisia. Halutusta tarttujasta luotiin malli, jota voitiin käyttää simuloinnissa apuna. Alustavassa tarttujassa tartunta toteutettiin lukuisilla pienillä imukupeilla. Ongelmaksi kuitenkin muodostui pienin kotelotyyppi, joka on vain 20 mm paksu. Tarttujan ensimmäisen testiversioon lisättiin myös mahdollisuus puristaa kotelokerrosta sivusta.



Kuvio 24. Tarttujan ensimmäinen versio

Imukuppitartunnan lisäksi on olemassa myös alipaineella toimiva imulevy. Levyn koko alue toimii tartuntapintana. Tarttujia kutsutaan yleisemmin nimellä universaalitarttuja, sillä se mahdollistaa lähes kaikenlaisten materiaalien tartunnan.

Unigripper-tarttuja. Tarttujan toiminta perustuu huokoiseen vahtoiseen materiaaliin, jonka läpi ilma imetään. Patentoidun venttiilitekniikan avulla tarttuja tunnistaa tuotteiden aseman ja aktivoi tarvittavan imutehon sen mukaan. Tarttujassa alipaine muodostetaan PIAB AB:n patentoimalla COAX-tekniikalla. (Unigripper 2012.)



Kuvio 25. Unigripper-tarttujan rakenne (Unigripper 2012)

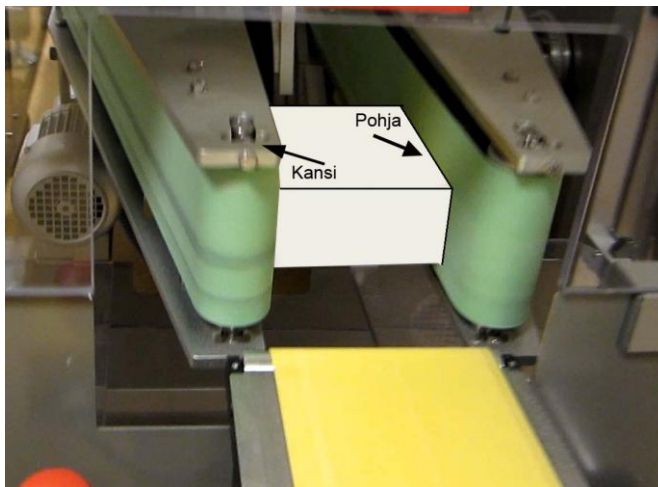
Tarttujasta on saatavana myös keveämpi light-versio. Tarttujan runko muodostetaan alumiinin sijaan 3D-tulostamalla kestävästä muovimateriaalista. Tällä menetelmällä tarttujan painoa voidaan tiputtaa. (Rosendahl 2012.)

Movetec Oy tarjosi Unigripper-tarttujaansa räätälöitynä tähän projektiin seuraavasti:

- 3D-tulostettu muovinen light-versio
- mitoiltaan 430 mm x 330 mm
- venttiilit c/c 15 mm
- paino n. 4 kg
- solumuovi irrotettavalla kehyksellä
- ejektoripaketit 2 kpl (irralisina)
- sisältää irtipuhallustoiminnan (venttiilien puhdistukseen)
- ilmankulutus yhteensä 1680 NI/min

3.3.4 Ongelmana kotelon kääntäminen

Valmiit kotelot tulevat kotelointikoneen loppupäässä olevaa kuljetinta pitkin kuvan 26 osoittamalla tavalla. Kotelot kuitenkin pakataan pahvilaatikoihin siten, että ne ovat pystyssä kansi ylöspäin (kuvio 18). Ongelmaksi siis muodostui, kuinka laatikot saataisiin käännettyä kotelointikoneen jälkeen pystyyn.



Kuvio 26. Kotelon asento kuljettimella

Kääntämiseen on olemassa kaksi perinteistä vaihtoehtoa:

1. Vapaaseen pudotukseen perustuva
2. Mekaaninen ratkaisu. (Yli-Kohtamäki 2012.)

Vapaaseen pudotukseen perustuvassa käännessä kappale pudotetaan ylempänä olevalta kuljettimelta alemmalle. Kuljettimien välissä on tunneli, joka estää kappaleiden kaatumisen. Koteloiden kääntämistä pudotuksen avulla testattiin. Pudotus toimi hyvin suuremmilla ja painavammilla koteloidella. Kevyemmät ja ohuemmat kotelot kaatuivat pudotuksen jälkeen eivätkä ne pysyneet pystyssä. Ratkaisuksi ei voitu valita pudottamista, sillä koteloiden koot ja painot vaihtelevat. Käännon toteuttamista mekaanisesti oli siis alettava miettimään. Kääntöön liittyvistä mekaanisista ratkaisuista ei työn tekijällä ollut minkäänlaista käsitystä. Paras keino löytää mahdollisia ratkaisuja, oli tutkia internetistä löytyviä eri yritysten tekemiä pakkaus-

videoita, joissa osassa käytettiin mekaanista kääntöä avuksi. Erilaisia videoita löytyikin monia, mutta kaikissa videoissa yhtäläisenä tekijänä oli kuitenkin laatikon kääntämisen mekaaninen toteutus. Kääntö suoritettiin kaikissa videoissa vanhojen laivojen siipiratasta muistuttavalla kääntöpyörällä. Laite mahdollisti koteloiden kääntämisen suurissakin nopeuksissa. Videoiden pohjalta rakennettiin pahvin ja sähkömoottorin avulla malli, jolla voitiin havainnollistaa kotelon kääntämistä. Tehdystä prototyypistä kuvattiin myös video, jolla voitiin esittää laatikon kääntöä asiakkaalle sekä laitevalmistajille. Kotelon kääntämisestä prototyypin avulla on havainnollistettu alapuolella (kuvio 27).



Kuvio 27. Kotelon kääntölaiteen havainnollistaminen

Vaikka kääntimestä rakennettiinkin prototyyppi, päätettiin kuitenkin etsiä kuljettimille sekä kääntimelle valmis toimittaja. Kuljetinlaitteistoja tarjoavia yrityksiä on Suomessa monia. Tarjouspyyntöjä laitteistosta lähetettiin useaan eri yritykseen, mutta valitettavasti kaikki ehdotukset koskivat vain kuljettimia. Ruotsalainen FlexLink systems oli avannut hiljattain toimipisteen myös Suomeen, ja asiaa tiedusteltiin myös heiltä. FlexLinkillä on pitkä kokemus erilaisista kuljetin- ja kääntölaiteistoista automaation avuksi, joten heiltä löytyi heti valmis ratkaisu ongelmaan.

Tarvittavista tiedoista kerättiin muistio, joka lähetettiin FlexLinkin Suomen edustajalle. Myös laatikoiden mekaanisessa kääntämisessä kevyimmät laatikot aiheuttivat ongelmia. Laatikoiden kääntämisen testauksessa selvisi, että keveiden ja ohuiden koteloiden kääntäminen ja hallittu kuljettaminen ei ole kovin helposti toteutettavissa. (Vesterinen 2012.)

FlexLinkillä oli alun perin käsitys siitä, että kotelot poimittaisiin yksi kerrallaan robotilla ja sen vuoksi koteloiden kääntö ja kuljetus olisi ollut vaikeaa. Asiaa kuitenkin täsmennettiin kertomalla, että robotti nostaa aina koko kerroksen kerrallaan ja kotelot ryhmitellään ryhmiin ennen robotille siirtämistä. Päivitettyjen tietojen pohjalta FlexLink tarjosi yhdessä A-J automation Oy:n kanssa kuljetin ja kääntölaitteistoa.

Tarjous piti sisällään:

- kuljettimet
- kääntölaitteiston
- ryhmittelypöydän.

Tarkempi tarjous löytyy tämän opinnäytetyön lopussa olevista liitteistä.

3.3.5 Laatikonmuodostaja

Laatikonmuodostuskoneen tärkein tehtävä on muodostaa pakkauksessa käytettävät pahvilaatikot. Koneen motorisoituun pahvilaatikkomakasiiniin asetetaan pahvilaatikkoaihiot. Kone avaa imukupitarttujen avulla laatikot oikeaan muotoonsa. Laatikossa olevat pohjaläpät taitellaan oikeaan asentoon, jonka jälkeen ne teipataan kiinni pakkausteipillä. Valmis kotelo siirtyy kuljetinta pitkin robotin lastausalueelle odottamaan täyttämistä.

Erilaisia laatikonmuodostajia on markkinoilla useita erilaisia. Suomessa jälleenyntikoneita oli kahdenlaisia. Soco Systemsin BE ATS 2200 sekä Siat F144. Valittaessa oikeanlaista laatikonmuodostajaa tärkeimpänä ominaisuutena oli järjestelmän koko. Käytettävissä olevan tilan vuoksi pyrittiin etsimään mahdollisimman vähän tilaa vievä vaihtoehto.

Soco systems BE ATS 2200. Automatisoitu laatikonmuodostuskone, joka sisältää pohjanteippaus ominaisuuden.



Kuvio 28. BE ATS 2200 -laatikonmuodostuskone sekä T-400-sulkija (Staudi 2012)

Taulukko 4. Laatikonmuodostuskoneiden laatikkokokojen vertailu

Laatikko	Soco systems BE ATS 2200	Siat F144
Pituus	200 - 420 mm	200 - 450 mm
Leveys	130 - 300 mm	150 - 350 mm
Korkeus	100 - 450 mm	120 - 450 mm

Taulukko 5. Laatikonmuodostuskoneiden ominaisuusvertailu

Ominaisuus	Soco systems BE ATS 2200	Siat F144
Suorituskyky (laatikkoa/min)	15 - 22	8 - 15
Teippileveys max (mm)	50	50
Laatikkomakasiini (laatikkoa)	120	130
Pituus (mm)	2950	1720
Leveys (mm)	1800	2280
Korkeus (mm)	1290/1680	1700
Plc	Siemens	Omron

Siat F144. Kone on lähes identtinen toiminnaltaan edellä esitellyn ATS 2200 kanssa. Koneiden erot muodostuvat fyysisistä mitoista sekä ohjelmistosta kuten yllä olevasta taulukosta 5 voidaan havaita.



Kuvio 29. Siat F144 -laatikonmuodostuskone sekä SM11 -sulkija (PakkausÖhman 2012)

Kummastakin koneesta saatiin tarjouspyynnöt ja ominaisuuksien vertailun jälkeen valinta kohdistui Siat F144 -laatikonmuodostuskoneeseen. Koneen etuna oli sen pienempi koko sekä ohjauksessa käytettävä Omronin logiikkaohjaus. Vertailussa olevien koneiden hinnoissa ei ollut suurta eroa.

3.3.6 Laatikonsulkija

Automaattinen laatikonsuljenta oli myös solun yhtenä vaatimuksena. Tähänkin tarkoitukseen on olemassa erilaisia variaatiota aina puoliautomaattisesta suljennasta täysin automaattiseen. Laatikonsulkijat pyydettiin samaan tarjoukseen laatikonmuodostajien kanssa, joten niidenkin valmistajat ovat samat.

3.3.7 Robottijärjestelmän kustannukset

Robottijärjestelmän taloudelliset kustannukset voidaan jakaa kahteen osaan: investointi- ja käyttökustannuksiin. Robottijärjestelmän investointikustannuksiksi voidaan luetella:

- robotin hankintakustannus
- suunnittelukustannukset
- asennus ja käyttöönottokustannukset
- työvälineiden ja oheislaitteiden hankintakustannukset
- muut kustannukset (turva-aidat, valoverhot). (Aaltonen & Torvinen 1997, 166.)

Robottijärjestelmän käyttöön liittyviä kustannuksia ovat:

- välittömät palkkakustannukset (järjestelmän käyttäjän palkkakustannukset)
- välilliset palkkakustannukset (järjestelmää tukevien henkilöiden palkkakustannukset)
- huolto ja kunnossapitokustannukset
- energia-, ja aine- ja tarvikekustannukset (Sähkö, paineilma, voiteluaineet)
- koulutuskustannukset. (Aaltonen & Torvinen 1997, 166–167.)

Kannattavuuslaskelmat voidaan tehdä perinteisin investointilaskelmamenetelmin. Yksinkertaisin kannattavuustarkastelu on laskea robottijärjestelmän takaisinmaksuaika. (Aaltonen & Torvinen 1997, 166–167.)

Takaisinmaksuaika kertoo, minkä ajan kuluessa investoinnin nettotuotot ylittävät perushankintakustannukset (Haverila ym. 2005, 205).

Jätettäessä korko pois laskuista voidaan takaisinmaksuaika laskea kaavasta:

$$Takaisinmaksuaika = \frac{Perushankintameno}{Nettotuotto\ vuodessa} \quad (1)$$

(Haverila ym. 2005, 206.)

4 ROBOTISOLUN MALLINTAMINEN

4.1 Mallinnusohjelmat

3D-mallinnusta tehdään erilaisilla mallinnusohjelmilla, jotka on kehitytty juuri tätä tarkoitusta varten.

Teollisuuden alalla käytetään seuraavia ohjelmia:

- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Vertex G4
- CATIA V5
- Solid Edge
- Unigraphics
- Pro/ ENGINEER
- IronCAD. (Tuhola & Viitanen 2008, 16–17.)

Listan alkupäässä olevat ohjelmat ovat yleisimmin käytössä.

4.1.1 Autodesk Inventor 2012

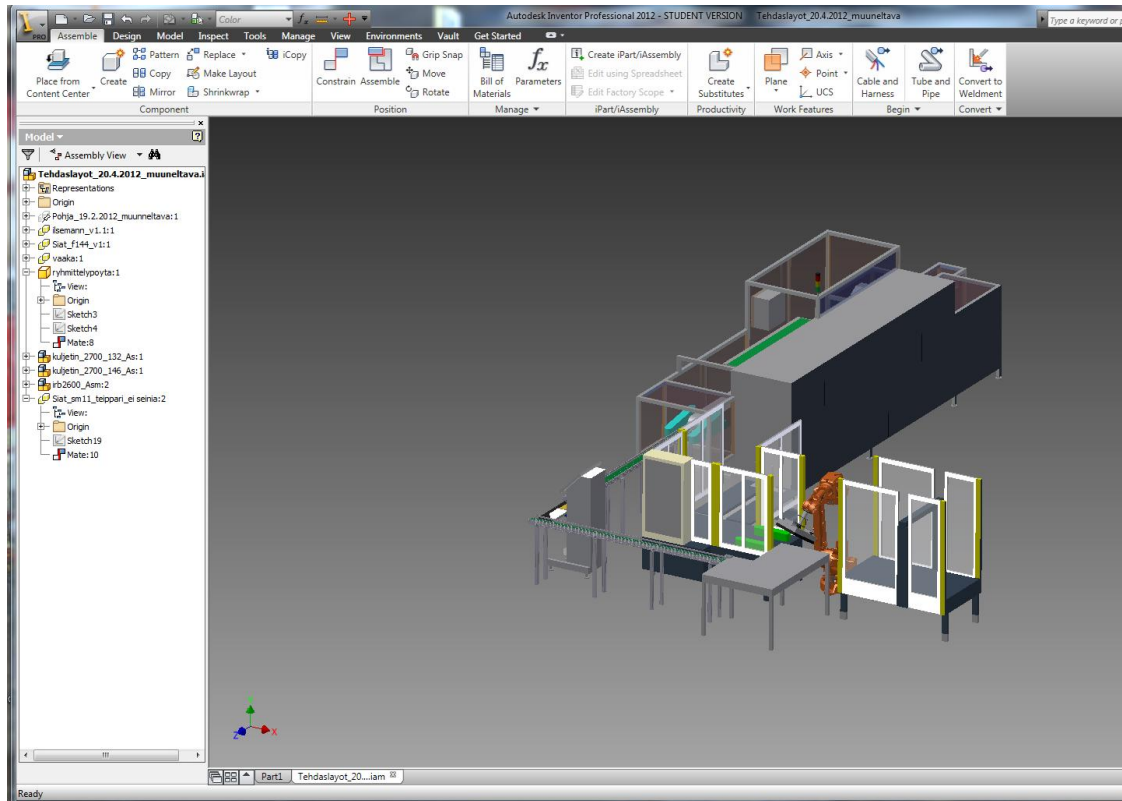
Robottisolun osien mallinnuksessa käytettiin Autodeskin Inventor 2012 -ohjelmistoa. Mallinnus on suoritettu käyttäen ohjelmasta saatavaa ilmaista opiskelijaversiota. Kaupallisesta versiosta voi myös ladata ilmaisen 30-päivän kokeiluversion Autodeskin kotisivuilta osoitteesta:

<http://www.autodesk.fi/adsk/servlet/pc/index?siteID=448412&id=14603173>

Ilmaisen opiskelijaversioon saa käyttöönsä rekisteröitymällä osoitteesta:

<http://students.autodesk.com/>

Sivustolle täytyy syöttää oma opiskelijanumero sekä koulun tiedot. Sen jälkeen on mahdollista ladata lähes kaikista Autodeskin tuotteista opiskelijaversiot.

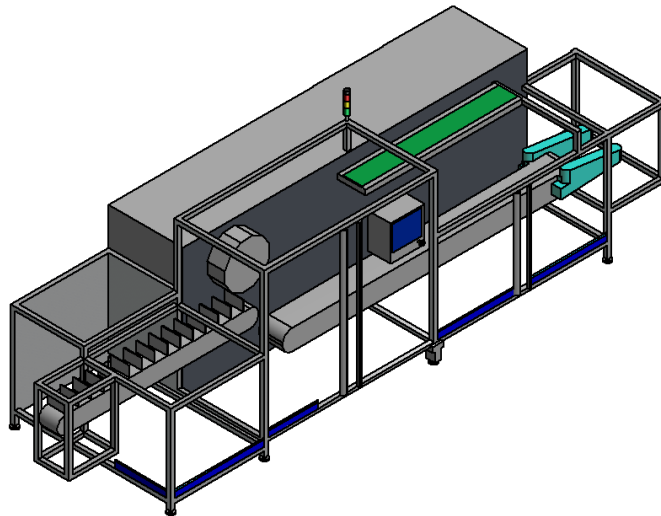


Kuvio 30. Autodesk Inventor 2012 -käyttöliittymä

4.2 Kotelointikone

Nykyaikainen kotelointikone on nopea ja joustava pakkauskone. Se pystyy käsittelemään erilaisia tuotteita. Kotelointikoneet kykenevät tekemään valmiita pakkauksia kymmenistä jopa satoihin pakkauksiin minuutissa. (Karjalainen & Ramsland 1992, 168.)

Kappaleiden kotelointi tapahtuu horisontaalisti eli tuote työnnetään koteloon vaakatasossa. Kotelot ovat usein sivuliimattuja ja helpottavat näin koteloiden valmistusta. (Karjalainen & Ramsland 1992, 169–171)



Kuvio 31. Kotelointikoneen 3D-malli

Koneesta mallinnettiin aluksi runko hyödyntäen valmistajalta saatuja 2D-piirustuksia. Mallinnetun rungon sisälle mallinnettiin karkeasti ryhmittelykuljetin sekä poistokuljetin. Malliin lisättiin myös läpinäkyvät ikkunat ja ovet. Osien värit muokattiin vastaamaan oikeaa konetta. Mallinnuksessa pääpaino oli sen fyysisissä mitoissa, sillä sitä käytettiin layoutin muodostamisessa. Koneen olisi voinut mallintaa täydellisesti vastaamaan alkuperäistä, mutta se ei olisi ollut tarkoituksen mukaista tässä tilanteessa.

4.3 Vaaka

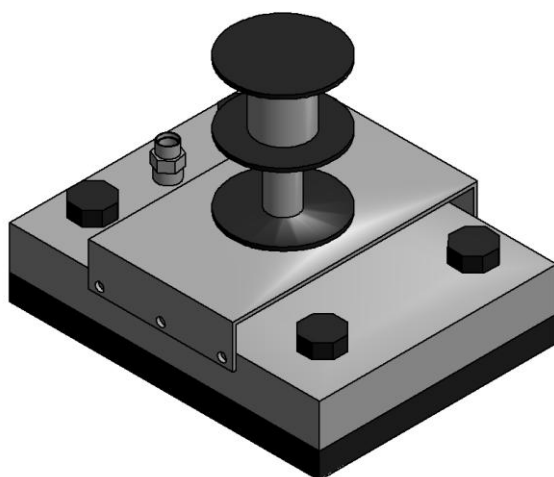
Vaa'an mallinnuksessa käytettiin pääsääntöisesti apuna omia mittauksia tuotantotilassa. Mittaukset suoritettiin käyttäen apuna rullamittaa, jonka tarkkuus tässä tilanteessa on riittävä. Vaa'an mallinnuksessa käytettiin decal-toimintoa, jolla on mahdollista asettaa kuva kappaleeseen. Vaa'an näyttöön lisättiin näytöstä otettu kuva decaliksi, jolloin vaa'asta tuli tunnistettavampi. Värit myös vaihdettiin vastaamaan oikeaa esikuvaa.



Kuvio 32. Vaa'an 3D-malli

4.4 Robotin tarrain

Robotin tarttujaksi valittu Unigripper-tarttuja mallinnettiin osittain ilman oikeita mittoja. Rungon päämitat löytyivät valmistajan kotisivuilta. Tarttujan kiinnityslaippa suunniteltiin itse. Suurimpana erona muihin mallinnuksiin oli se, että mallinnus aloitettiin ylhäältä alaspäin. Ensimmäiseksi mallinnettiin siis robotin kiinnityslaippa. Näin saatiin tarttujan koordinaatistopisteet vastamaan robottistudiossa toisiaan.



Kuvio 33. Mallinnettu Unigripper-tarttuja

4.5 Kuljettimet

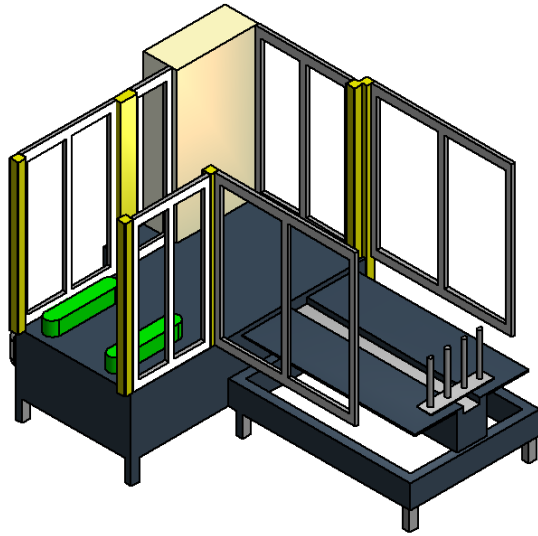
Kuljettimista oli saatavana valmiit 3D-mallit. Ainoastaan kuljettimien jalat täytyi mallintaa. Mallissa käytettiin Item profiili Oy:n kuljetinlaitteistoa. Syy tähän oli se, ettei FlexLinkin tarjoamista kuljettimista saatu piirustuksia. Alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoituksena käyttää Itemin kuljettimia, joten mallit olivat jo valmiiksi tehtynä.



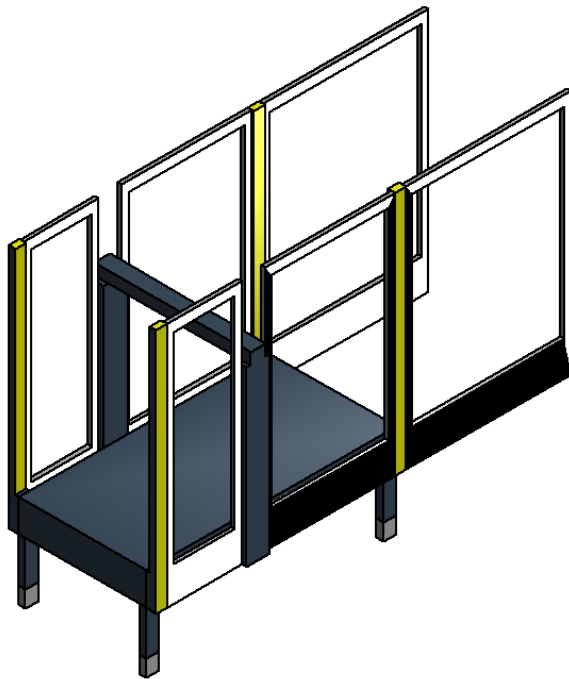
Kuvio 34. Mallinnettu kuljetin

4.6 Laatikon muodostaja ja sulkija

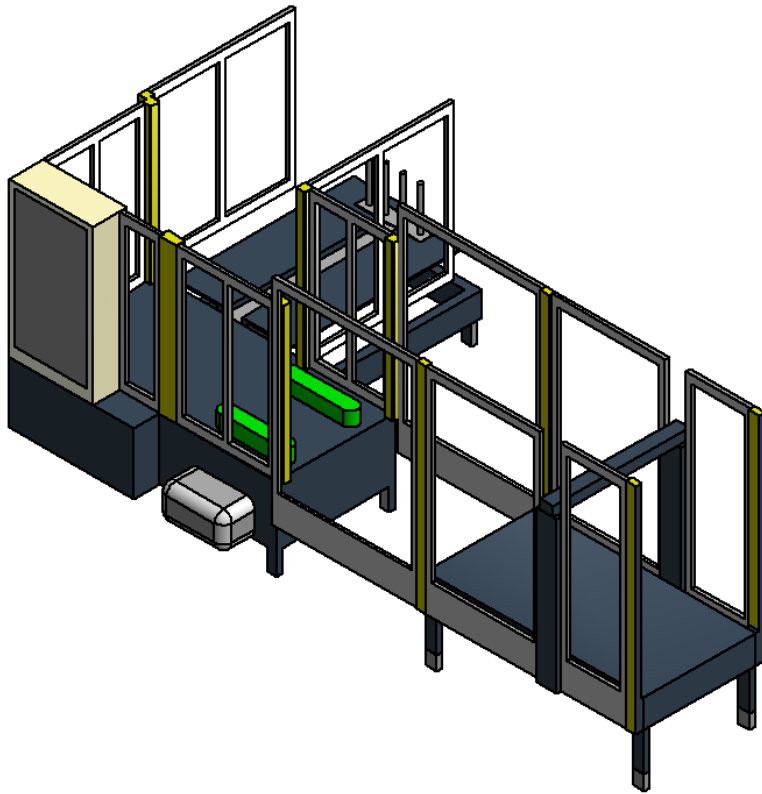
Laatikon muodostuslinjaan tulevat muodostaja ja suljentakone mallinnettiin käyttäen samaa tekniikkaa kuin edellä mainituissakin mallinnuskohteissa. Koneet mallinnettiin aluksi erikseen ja sen jälkeen ne liitettiin toisiinsa kokoonpanoksi.



Kuvio 35. Mallinnettu Siat F144 -laatikonmuodostuskone



Kuvio 36. Mallinnettu Siat SM11 -laatikonsulkija

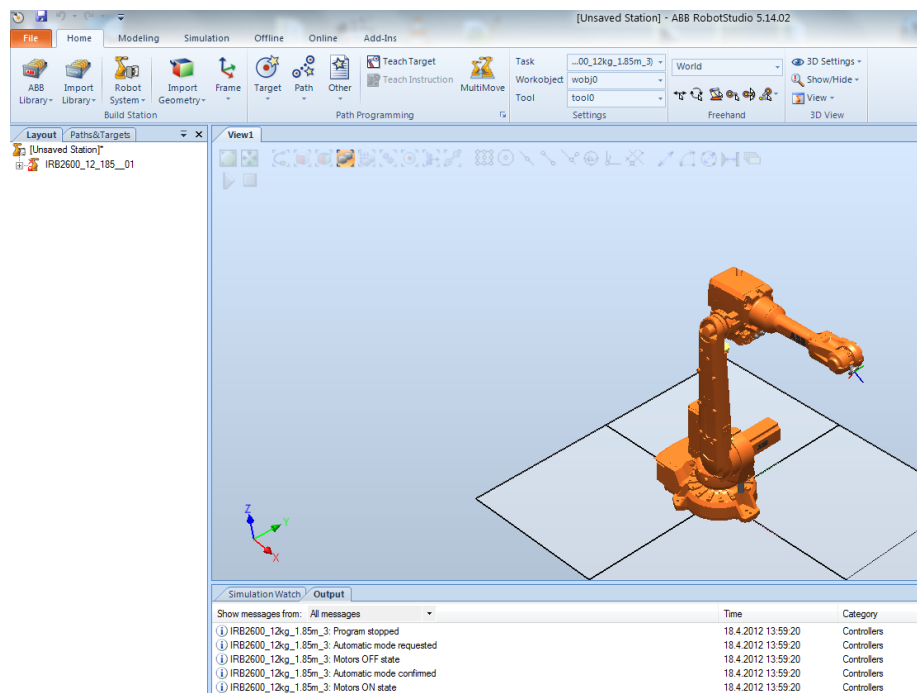


Kuvio 37. Kokoonpanokuva laatikonmuodostus- ja suljentalinjasta.

5 ROBOTISOLUN SIMULOINTI

5.1 ABB-RobotStudio

RobotStudio on ABB:n robottien etäohjelmointiin ja mallinnukseen käytettävä sovellus. Ohjelma on ABB:n kehittämä ja se perustuu ABB VirtualControlleriin, joka on tarkka kopio tuotannossa käytettävien robottien ohjelmistosta. Ohjelmistossa käytetään samoja robottiohjelmiä ja määrittystietoja kuten tuotanto-ohjelmistoissakin. Sen vuoksi se mahdollistaakin erittäin realistisen simuloinnin. (ABB 2012a.)



Kuvio 38. ABB RobotStudio-ohjelman aloitusnäyttö

Ohjelman avulla voidaan suorittaa koulutus-, ohjelmointi- ja optimointitehtäviä ilman, että varsinainen tuotanto häiriintyy. Ohjelma mahdollistaa myös robottiohjelmien tekemisen ja testaamisen etukäteen tietokoneen ruudulla. (Abb 2012a.)

Ohjelmasta on mahdollista ladata 30 päivän ilmainen kokeiluversio osoitteesta: <http://www.abb.com/product/seitp327/a3aae74d6d9cb7dcc1257559003458bb.asp>
Ohjelma toimii täysin ominaisuuksin 30 päivän ajan, jonka jälkeen ohjelmaa voidaan käyttää rajoitetuilla ominaisuuksilla. (ABB 2012a.)

5.2 Layoutin muodostus

Robotstudioon on mahdollista tuoda käyttäjän omia 3D-malleja käyttäen apuna Import Geometry -toimintoa.

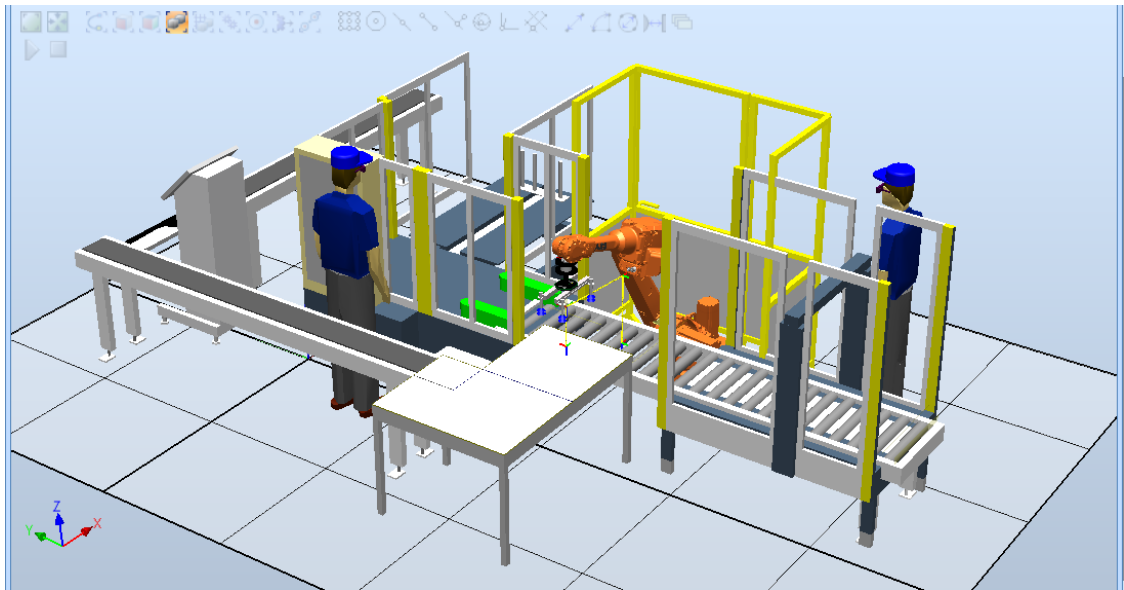
Tuettuja tiedostomuotoja ovat:

- Acis
- Iges
- Step
- Vdafs
- Catia
- Stl
- Vrml.



Kuvio 39. Import Geometry -toiminto

Ohjelmaan tuotua mallia on mahdollista liikutella ja käänellä. Mallille voidaan myös antaa tarkat koordinaatit ja etäisyydet origosta.



Kuvio 40. RobotStudioon rakennettu layout-malli

Inventorissa mallinnetut kappaleet käännettiin iges-tiedostomuotoon ja siirrettiin sen jälkeen RobotStudioon. Iges-tiedostomuoto valittiin sen vuoksi, että se säilyttää kappaleeseen valitut värit oikeanlaisina ja toisaalta läpinäkyvät pinnat pysyvät läpinäkyvinä.

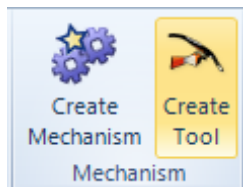
5.3 Smart component -elementtien luominen

RobotStudioissa on mahdollista luoda erilaisia älykkäitä komponentteja kuten tarttuvia, joilla on mahdollista tarttua kappaleisiin ja saada robotille takaisinkytkettyä tietoa. Smart Componenteihin on mahdollista lisätä erilaisia antureita sekä ohjelman omia manipulaattoreita. Niiden avulla voidaan liikuttaa luotuja osia tietyllä nopeudella tietyn matkan.

5.3.1 Tarttujan luominen

Robotin työkalun luominen aloitetaan tuomalla tarttujan malli RobotStudioon Import Geometry -toiminnon avulla (Kappale 5.2). Työkalu näkyy RobotStudiassa siinä asennossa, missä se on mallinnettu CAD-ohjelmalla. Mikäli tarttujan mallinnus on aloitettu tarttujan pohjasta eikä sen kiinnityspinnasta, ilmestyy tarttujan koordinaattiakselisto työkalun pohjaan eikä kiinnityslaipan kohdalle. Työkalu kannattaa siinä tapauksessa kääntää ylösalaisin RobotStudiassa käyttäen avuksi set position -toimintoa. Set position -toiminnolla voidaan määrittää objektin sijainti ja kulma koordinaatistossa. Kun tarttuja on saatu käännettyä haluttuun asentoon, luodaan tarttujan työkalupiste käyttäen target-toimintoa. Se tapahtuu luomalla koordinaattipiste (target) robotin työkalun pohjaan keskelle siihen kohtaan, mihin halutaan robotin työkalupisteen sijoittuvan.

Robotin työkalun varsinainen muodostaminen tapahtuu ohjelmassa olevan Create Tool -toiminnon avulla. Kuvake sijaitsee työkalurivin oikeassa reunassa Modeling-välilehdellä.



Kuvio 41. RobotStudio työkalun muodostuksen aloitus

Vaihe 1. Create Tool -kuvaketta painaessa avautuu aluksi ikkuna, jossa kysytään tarttujan nimeä. Avautuva valikko on esitetty kuviossa 42. Tarttuja voidaan nimetä haluamalla tavalla ottaen kuitenkin huomioon, ettei nimessä saa esiintyä välilyöntejä. Select Part -kohdassa valitaan kappaleen runko, josta työkalu muodostetaan. Tässä tapauksessa valittiin unigripper_runko-niminen tiedosto. Runkona käytettävän objektin voi valita vain silloin kun Use Existing vaihtoehto on valittuna (kuva 42). Tarttujalle asetetaan myös sen massa, jolloin simulaatiosta tulee realistisempi. Tarttujan massa laitetoimittajan mukaan oli 4 kg. Center of Gravity -kohdassa syötetään objektin painopiste. Painopisteen lisääminen onnistuu helposti paina-

malla ensin, punaista X-akselin kenttää (kuva 42) ja sen jälkeen valitsemalla tarttujasta painopisteen. Akseleiden arvot tallentuvat sen jälkeen muihinkin kenttiin. Tarvittavien tietojen syötön jälkeen voidaan siirtyä seuraavalle sivulle painamalla Next-näppäintä.

Create Tool

Tool Information (Step 1 of 2)
Enter name and select the part associated with your tool.

Tool Name:
UnigripperTarttuja

Select Part:
 Use Existing Use Dummy
 unigripper_runko

Mass (kg): 4,00

Center of Gravity (mm):
 X-akseli: 0,00
 Y-akseli: 14,50~
 Z-akseli: 214,90~

Moment of Inertia Ix, Iy, Iz (kgm²):
 0 0,00 0,00

Buttons: Help, Cancel, < Back, Next >

Kuvio 42. Työkalun tietojen syöttöikkuna

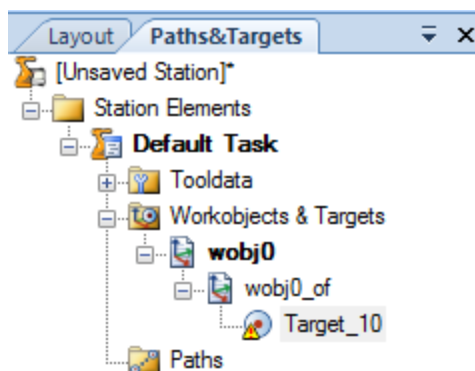
Vaihe 2. Työkalun luonnissa seuraavaksi määritellään tarttujalle työkalupiste (TCP). TCP Name -kohdassa annetaan työkalupisteellä haluttu nimi. Tässä tapauksessa valittiin nimeksi TunigripperTarttuja. Nimeämisen jälkeen on vuorossa työkalupisteen sijainnin asetus. Oletuksena työkalupiste sijaitsee robotin kiinnityslapissa. Koska työkalupiste halutaan tarttujan alapintaan, on siirrettävä työkalupisteen koordinaatteja. Koordinaatit voidaan syöttää kahdella eri tavalla:

- kirjoittamalla halutut akseleiden arvot kenttiin
- käyttäen avuksi valmiiksi luotua koordinaattipistettä.

Syöttämällä arvot manuaalisesti asetetaan halutut arvot koordinaattikenttiin. Punainen kenttä kuvaa X-akselia, vihreä Y-akselia ja sininen Z-akselia. Vastaavasti

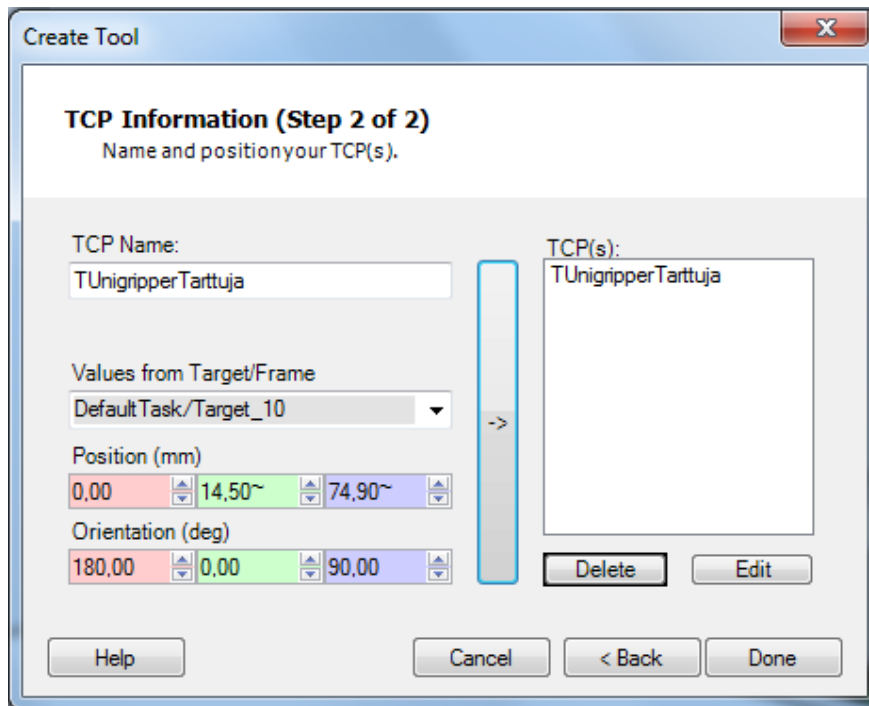
alapuolella oleva koordinaattiakseleiden kiertymäkulman värit ovat samat (kuvio 42).

Arvojen lisääminen valmiiksi luodun koordinaattipisteen avulla edellyttää, että ohjelmaan on luotu valmiiksi koordinaattipiste. Painamalla aluksi kohtaa Values from Target/Frame ja sen jälkeen valitsemalla luotu koordinaattipiste target_10.



Kuvio 43. Koordinaattipisteen sijainti robotin hakemistopuussa

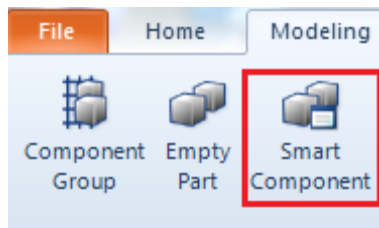
Koordinaattipisteen akseleiden paikka ja kiertymäkulmien arvot siirtyvät automaattisesti kenttiin. Values from Target/Frame -kenttään ilmestyy myös valitun koordinaattipisteen nimi (kuvio 44). Työkalupisteen valmiiksi saattamiseksi täytyy vielä koordinaattipisteen tiedot siirtää nuolella varustetulla painikkeella kohtaan TCP(s). Sen jälkeen tarttujan luonti voidaan lopettaa Done-painikkeella.



Kuvio 44. Työkalupisteen tietojen asetusikkuna

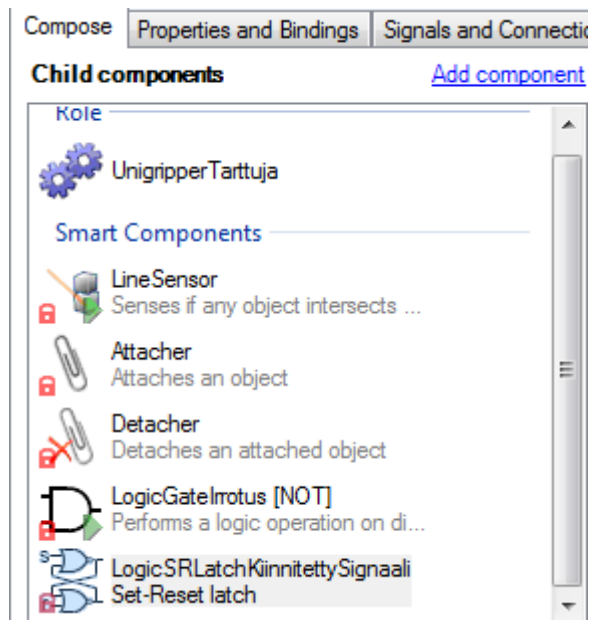
Luotu työkalu voidaan kiinnittää robotin työkalulaippaan siirtämällä se layout-hakemistopuussa robotin nimen päälle. Ohjelma kysyy tässä vaiheessa, halutaanko työkalun sen hetkinen paikka säilyttää, johon on vastattava kieltävästi. Mikäli kysymykseen vastataan myöntävästi, liikkuu työkalu robotin mukana, mutta ainoastaan sillä etäisyydellä, missä sen hetkinen sijainti on. Vastaamalla ei, siirtyy työkalu robotin kiinnityslaippaan ja liikkuu sen jälkeen robotin mukana oikealla etäisyydellä.

Vaihe 3. Työkalu liikkuu nyt robotin mukana, mutta sillä ei voi vielä tarttua kappaleisiin ja liikuttaa niitä. Sen vuoksi luodusta tarttujasta täytyy tehdä Smart Component. Smart Component -ikkunassa työkaluun lisätään erilaisia komponentteja, jolloin työkalusta tulee älykäs ja osaa kertoa tietoa tartunnasta robotille. Smart Componenttien luonti aloitetaan Modeling-välilehdeltä painamalla Create Smart Component -kuvaketta.



Kuvio 45. Smart Component -kuvake

Tarttujaan lisättiin muutamia erilaisia valmiita komponentteja, jotka löytyvät komponenttistasta kohdasta Add component (kuvio 46).



Kuvio 46. Smart Component -työkaluikkuna

Työkaluun lisätyt komponentit ovat:

- LineSensor (valokenno, kun säde katkeaa anturi saa tiedon siitä)
- Attacher (Mahdollistaa kappaleiden kiinnittämisen toisiinsa komento execute kiinnittää valitun kappalleen työkaluun)
- Detacher (Attacherin käänteinen toiminto irrottaa kappaleet toisistaan execute-komennolla)
- LogicGagte Not (Logiikkapiiri Ei)
- LogicSRLatch (Set reset -piiri)

Näiden lisättyjen komponenttien avulla tarttujan on mahdollista siirtää kappaleita eri paikkaan robotin työalueella.

Vaihe 4. Komponenttien lisäämisen jälkeen täytyy ne myös linkittää toisiinsa siten, että ne toimivat halutulla tavalla. Kuviossa 47 on esitetty tarttujan I/O-linkityskaavio.

I/O Signals

Name	Signal Type	Value
di_Kiinnita	DigitalInput	0
do_Kiinnitetty	DigitalOutput	0

I/O Connections

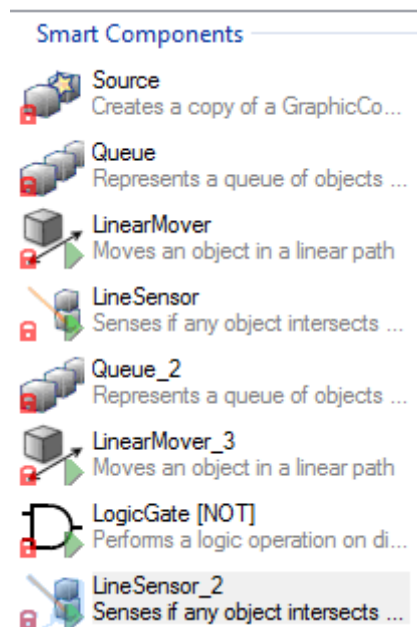
Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
SC_UnigripperTarttuja	di_Kiinnita	LineSensor	Active
LineSensor	SensorOut	Attacher	Execute
SC_UnigripperTarttuja	di_Kiinnita	LogicGateIrotus [NOT]	InputA
LogicGateIrotus [NOT]	Output	Detacher	Execute
Attacher	Executed	LogicSRLatchKiinnitettySignaali	Set
Detacher	Executed	LogicSRLatchKiinnitettySignaali	Reset
LogicSRLatchKiinnitettySignaali	Output	SC_UnigripperTarttuja	do_Kiinnitetty

Kuvio 47. Tarttujan komponenttien I/O-linkitys

”Digital input_ kiinnita” aktivoi valokennon toiminnan. Tarttuja on kytketty toimi-
maan siten, että tarttujan pohjaan kiinnitetyn valokennon säteen katketessa tarttu-
jalle tulee tieto kappaleen havaitsemisesta. Tulon di_Kiinnitä ja lähdön
do_kiinnitetty ollessa aktiivisia (1) tarttujalla on mahdollista siirtää kappaleita.
do_kiinnitetty lähdön ollessa (0) irtoavat kiinnitettyt kappaleet tarttujasta.
do_kiinnitetty lähtö ohjaa tarttujan kuvitteellista alipaineventtiiliä, jonka toimintaa
simuloidaan Attacher toiminnolla. ABB:n nettisivulta voi käydä katsomassa tar-
kemman opasvideon Smart Component -tarttujan rakentamisesta kohdasta
abb/robotstudio/tutorials.

5.3.2 Pahvilaatikon muodostus

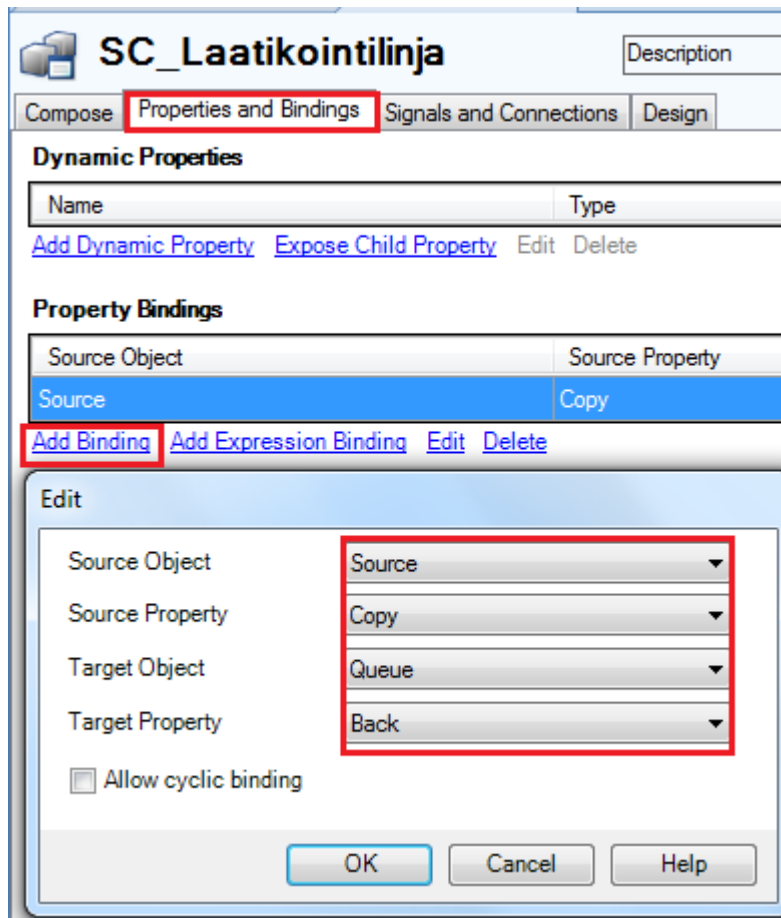
Pahvilaatikon muodostuslinjasta luotiin myös Smart Component, joka muodosti pahvilaatikon sekä liikutti sitä haluttuun robotin lastauspaikkaan. Saatuaan tiedon robotilta laatikon täyttymisestä liikkuu laatikko eteenpäin teippauskohtaan, jonka jälkeen laatikko katoaa.



Kuvio 48. Laatikonmuodostuskoneen komponentit

Laatikonmuodostuslinjassa käytetyt komponentit ovat:

- Source (luo kopion halutusta kappaleesta)
- Queue (muodostaa jonon sourcen kappaleista)
- LinearMover (mahdollistaa kappaleen liikuttamisen tietyn matkan tietyllä nopeudella)
- LineSensor (valokenno laatikoiden havaitsemiseen)



Kuvio 49. Smart Component jonon muodostus

Queue eli jono-objekti tarvitsee toimiakseen muutaman asetuksen muuttamisen. Välilehdellä Properties and Bindings painamalla kohdassa Add Bindings ja lisää uusi sidos Source- ja Queue-objektin välille (kuvio 49). Lähteestä tehty kopio liitetään jonon back kenttään. Näin ollen luotu kopio kappaleesta asettuu aina jonon viimeiseksi.

Laatikkolinjan I/O-signaaleina käytettiin kahta digital inputtia ja yhtä digital outputtia (kuvio 50.)

I/O Signals

Name	Signal Type
di_UusiLaatikko	DigitalInput
di_LaatikkoTaynna	DigitalInput
do_LaatikkoLastauspaikalla	DigitalOutput

[Add I/O Signals](#) [Expose Child Signal](#) [Edit](#) [Delete](#)

Kuvio 50. Laatikolinjan I/O-signaalit

Di_Uusilaatikko signaalin ollessa päällä eli asennossa (1). Luo laatikkolinja uuden kopion laatikosta ennalta määritettyyn paikkaan. Näin voidaan simuloida robotille tulevien pahvilaatikoiden laatikkovirtaa. Signaali Di_laatikkoTaynna arvon ollessa 1, on laatikolla lupa siirtyä teippauspaikalle. Do_LaatikkoLastauspaikalla on valokennon tulo. Valokennon säteen katketessa muuttuu lähdön arvo tilasta 0 tilaan 1. Silloin robotti tietää, että laatikko on valmiina lastauspaikalla.

I/O signaalien kytkennät tehtiin kuvan 51 osoittamalla tavalla.

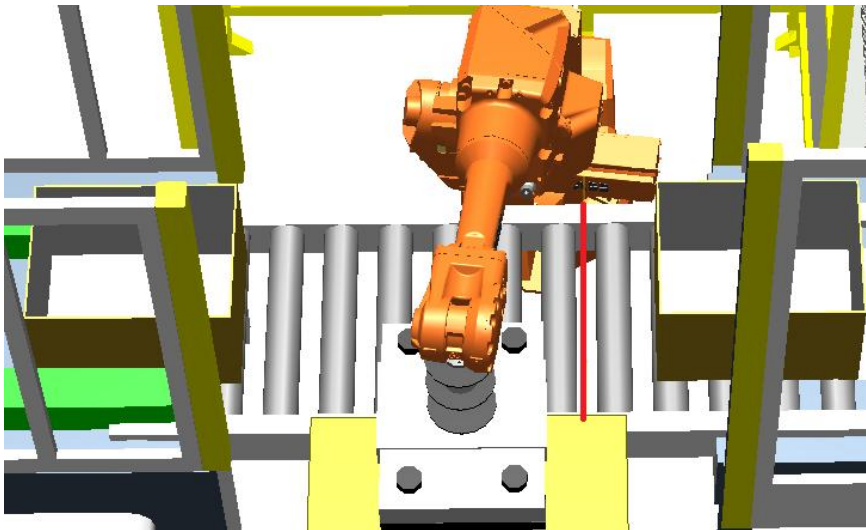
I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
Source	Executed	Queue	Enqueue
LineSensor	SensorOut	Queue	Dequeue
Sc_Siatf144	di_UusiLaatikko	Source	Execute
Sc_Siatf144	di_LaatikkoTaynna	Queue_2	Enqueue
LineSensor	SensorOut	Sc_Siatf144	do_LaatikkoLastauspaikalla
LineSensor	SensorOut	LogicGate [NOT]	InputA
LogicGate [NOT]	Output	Source	Execute
LineSensor_2	SensorOut	Queue_2	DeleteAll

Kuvio 51. Laatikolinjan I/O-kytkennät RobotStudiassa

Kytkenät toimivat seuraavasti:

1. Source executed -signaali kytkee valitun kappaleen jono-objektiin, jonka tehtävänä on siirtää laatikko lastauspaikalle.
2. LineSensorin säteen katketessa kappale poistetaan jonosta. Digital output do_laatikkoLastauspaikalla saa arvon 1.
3. Signaali di_Uusilaatikko käynnistää source objektin execute-komennon
4. di_laatikkoTaynna liittää valitun kappaleen toiseen jonoon, joka siirtää laatikon teippauspaikalle.
5. LineSensor2 on kytkettynä jono2-objektin käskyyn delete all. Komento poistaa kaikki jonossa olevat kappaleet.

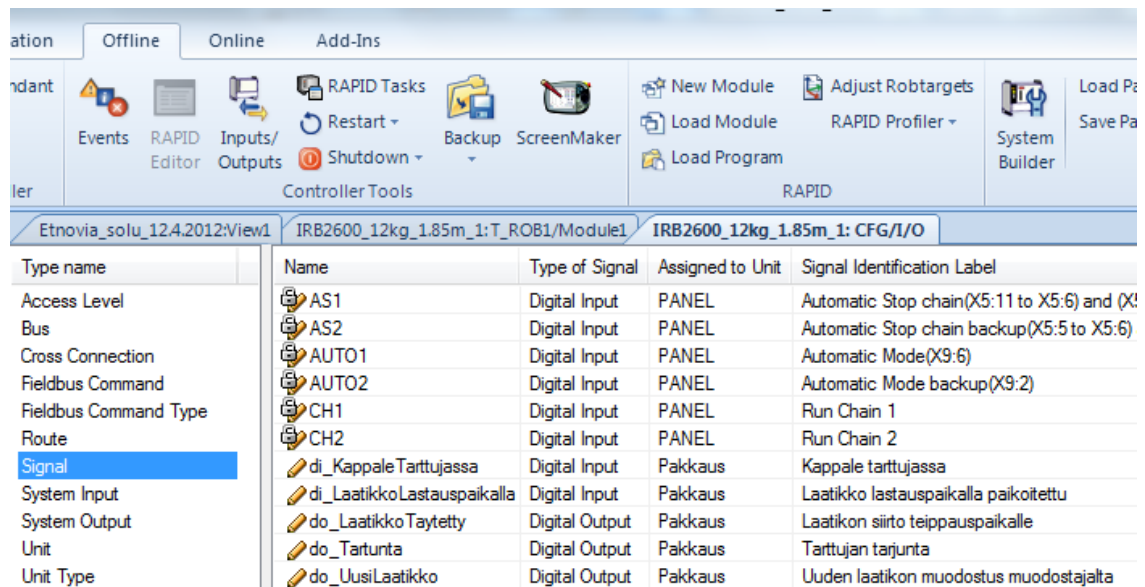


Kuvio 52. Laatikonmuodostuskoneen anturointi

Laatikko muodostuu kuvion 52 vasemmassa reunassa olevien vihreiden kuljettimien väliin. Kuvassa on punaisella viivalla merkitty valokennon säde. Säteen kohdalla on myös laatikon lastauspaikka.

5.4 Robotin signaalit ja ulkoiset liitännät

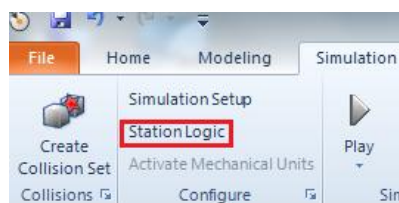
Ennen robotin ohjelmakoodin luomista täytyy tarttujan sekä laatikonmuodostuskoneen luodut inputit ja outputit liittää robotin I/O-yksikköön.



Type name	Name	Type of Signal	Assigned to Unit	Signal Identification Label
Access Level	AS1	Digital Input	PANEL	Automatic Stop chain(X5:11 to X5:6) and (X5:11 to X5:6)
Bus	AS2	Digital Input	PANEL	Automatic Stop chain backup(X5:5 to X5:6)
Cross Connection	AUTO1	Digital Input	PANEL	Automatic Mode(X9:6)
Fieldbus Command	AUTO2	Digital Input	PANEL	Automatic Mode backup(X9:2)
Fieldbus Command Type	CH1	Digital Input	PANEL	Run Chain 1
Route	CH2	Digital Input	PANEL	Run Chain 2
Signal	di_KappaleTarttujassa	Digital Input	Pakkaus	Kappale tarttujassa
System Input	di_LaatikkoLastauspaikalla	Digital Input	Pakkaus	Laatikko lastauspaikalla paikoitettu
System Output	do_LaatikkoTaytetty	Digital Output	Pakkaus	Laatikon siirto teippauspaikalle
Unit	do_Tartunta	Digital Output	Pakkaus	Tarttujan tarjunta
Unit Type	do_UusiLaatikko	Digital Output	Pakkaus	Uuden laatikon muodostus muodostajalta

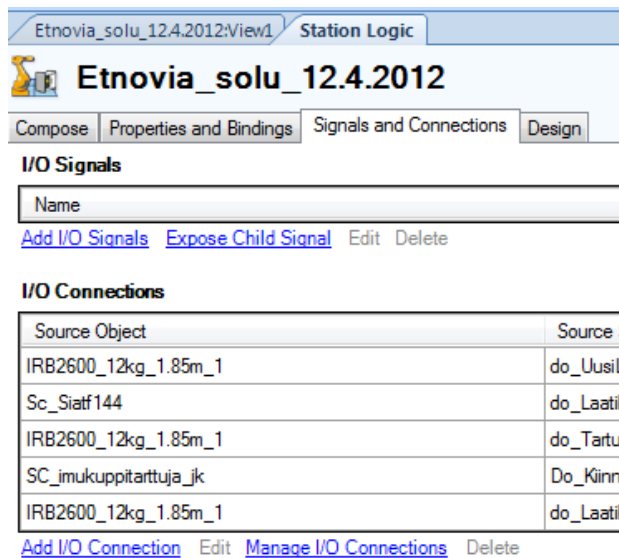
Kuvio 53. Robotin signaalit ja liitännät

Robotille luotiin tarttujaa ja laatikonmuodostuskonetta varten inputit sekä outputit. Luotuihin signaaleihin linkitettiin tarttujan sekä laatikonmuodostuskoneen signaalit station logic -toiminnon avulla. Station Logic -toiminto sijaitsee Simulation-välilehdellä kuvion 54 osoittamassa paikassa.



Kuvio 54. Station Logic -painike

Station Logic -painikkeen painamisen jälkeen avautuu kuvion 55 mukainen ikkuna. Ikkuna muistuttaa Smart Componentin I/O signals -valikkoa. Avautuneesta ikkunasta valitaan Signals and Connections, jossa voidaan määritellä robotin signaalit ja liitännät.



Kuvio 55. Station Logic -ikkuna

Kuten kuvasta 56 voidaan havaita, on robotin signaalien sekä luotujen Smart Component signaalien välille luotu yhteys. Yhteyksien luonnin jälkeen signaaleja on mahdollista käyttää ohjelmakoodissa. Jos signaaleja ei linkitetä, ohjelmakoodissa ei voida käyttää tarttujan tai laatikonmuodostuskoneen luotuja signaaleita.

I/O Connections

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal
IRB2600_12kg_1.85m_1	do_UusiLaatikko	Sc_Siatf144	di_UusiLaatikko
Sc_Siatf144	do_LaatikkoLastauspaikalla	IRB2600_12kg_1.85m_1	di_LaatikkoLastauspaikalla
IRB2600_12kg_1.85m_1	do_Tartunta	SC_imukuppitarttuja_jk	Di_kiinnita
SC_imukuppitarttuja_jk	Do_Kiinnitetty	IRB2600_12kg_1.85m_1	di_KappaleTartujassa
IRB2600_12kg_1.85m_1	do_LaatikkoTaytetty	Sc_Siatf144	di_LaatikkoTaynna

Kuvio 56. Robotin I/O-liitynnät (Station logic)

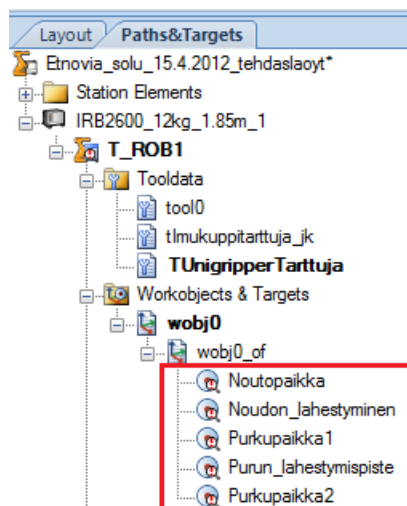
Linkityksen jälkeen robottisoluun voidaan luoda koordinaattipisteitä sekä polkuja, joista robotin ohjelmakoodi muodostuu.

5.4.1 Polkujen luominen

Robotin polku (Path) muodostuu luoduista koordinaattipisteistä. Polku voi muodostua useammasta koordinaattipisteestä. Koordinaattipisteen luonti tapahtuu Home-välilehdelle sijaitsevan Target-painikkeen avulla (kuvio 57). Tarkempaa tietoa polun luomisesta voi tarkastella ABB:n nettisivuilta tai RobotStudion ohjekirjasta.



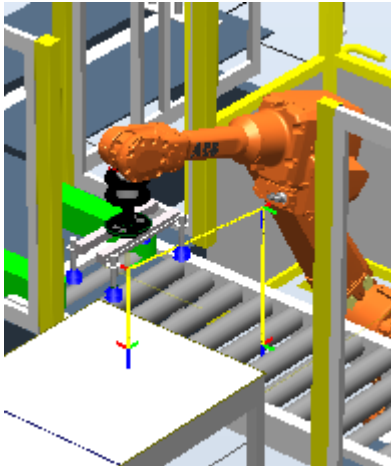
Kuvio 57. Target-painike



Kuvio 58. Luodut koordinaattipisteet

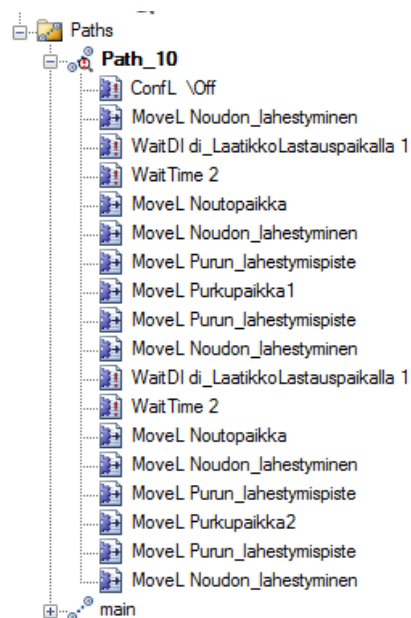
Robotin työkierron ollessa yksinkertainen ja samaa liikettä toistavaa, ei koordinaattipisteitä tarvinnut tehdä montaa erilaista. Robotille luotiin koordinaattipisteet noutopaikalle, ensimmäisen kerroksen purkupaikalle sekä toisen kerroksen purkupaikalle. Lisäksi tehtiin kummallekin purkupaikalle oma lähestymispisteensä, jolloin robotin työkalu saatiin oikeassa asennossa asetettua laatikon sisälle. Purkupaikat luotiin tekemällä koordinaattipiste laatikon pohjaan ja nostamalla luotua pistettä pakattavien koteloiden korkeuden verran ylöspäin. Purkupaikka 2 luotiin kopiaamalla purkupaikka 1. koordinaattipiste ja siirtämällä sitä kotelon korkeuden verran

ylöspäin. Lähestymispisteet muodostettiin samoista koordinaattipisteistä siirtämällä vain pistettä runsaasti ylöspäin laatikon pinnalta. Noutopiste luotiin tartuttavan kotelopinoa esittävän suorakaiteen muotoisen palan yläpinnan keskelle (kuvio 59).



Kuvio 59. Robotille luodut koordinaattipisteet (targets)

Luodut pisteet siirrettiin polkuun vetämällä hiirellä koordinaattipiste (target) polun (path_10) päälle työkierron mukaiseen järjestykseen.



Kuvio 60. Robotille luotu liikepolku

5.4.2 Robotin ohjelmointi

ABB:n roboteissa käytettävä ohjelmointikieli on nimeltään RAPID. RAPID-kieli koostuu pääohjelmasta (main) sekä aliohjelmista. Pääohjelma suoritetaan ensin ja siihen on mahdollista kutsua aliohjelmia. Käskeysarja sisältää robotille halutun toiminnon toteuttamiseen tarvittavat tiedot. Käskyjen suoritus tapahtuu siinä järjestyksessä, miten ne on pääohjelmaan asetettu. (Keinänen ym. 2007,263.)

```

7  PROC Path_10()
8      ConFL\Off;
9      MoveL Target_10_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
10     WaitDI di_LaatikkoLastauspaikalla,1;
11     WaitTime 2;
12     MoveL Target_10,v500,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
13     WaitTime 2;
14     MoveL Target_10_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
15     MoveL Target_20_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
16     MoveL Target_20,v500,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
17     WaitTime 2;
18     MoveL Target_20_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
19     MoveL Target_10_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
20     !Toinen kerros alkaa tästä
21     WaitTime 2;
22     MoveL Target_10,v500,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
23     WaitTime 2;
24     MoveL Target_10_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
25     MoveL Target_20_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
26     MoveL Target_20_3,v500,z100,TUnigripperTarttuja\WObj:=wobj0;
27     WaitTime 2;
28     MoveL Target_20_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
29     MoveL Target_10_2,v1000,z100,tImukuppitarttuja_jk\WObj:=wobj0;
30     PulseDO do_LaatikkoTaytetty;
31 ENDPROC
32 PROC main()
33     SetDO do_LaatikkoTaytetty,0;
34     SetDo do_Tartunta,0;
35     WaitDI di_KappaleTarttujassa,0;
36     PulseDO do_UusiLaatikko;
37
38     WHILE TRUE DO
39         Path_10;
40     ENDWHILE
41 ENDPROC
42

```

Kuvio 61. Robotin pakkausohjelman koodi

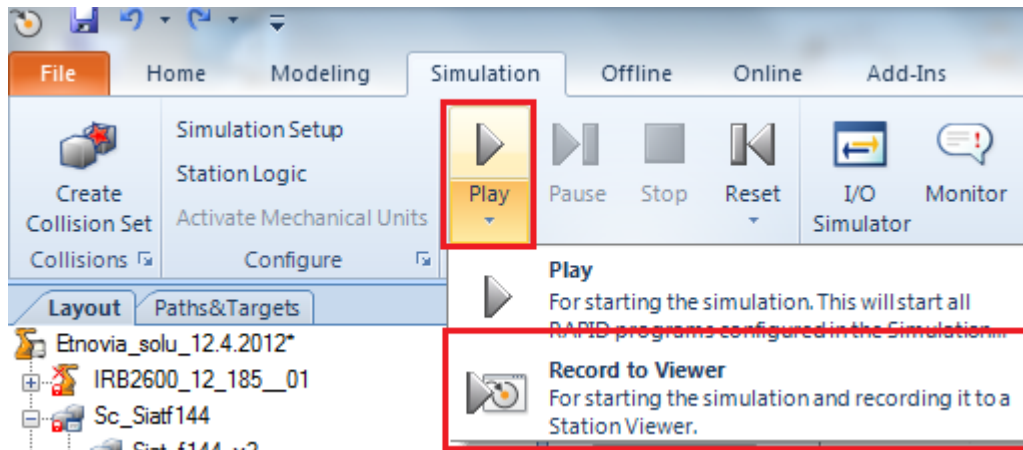
Kuviossa 61 on robotin pakkausohjelman ohjelmakoodi. Koodi on sama kuin lopullisessakin versiossa. Eroina ovat, että koordinaattipisteitä ei ole nimetty sekä käytössä oleva työkalu on erilainen. Pääohjelmassa asetetaan signaalien tulot ja lähöt arvoon 0, jolloin voidaan varmistua siitä, että simulaatiossa ei tapahdu mitään odottamatonta. Polun 10 aliohjelman suoritukseen on lisätty while-looppi eli ohjelma pyörii loputtomasti, kunnes käyttäjä sen pysäyttää.

Ohjelmaan on lisätty muutamaa kohtaa myös WaitTime-komento. Komennon perään asetetaan aika sekunteina. Esimerkiksi WaitTime 2 käskyllä robotti odottaa 2 sekuntia ennen ohjelman seuraavan komennon suorittamista. Ohjelmassa on myös hidastettu robotin nopeutta niissä kohdissa, joissa robotti suorittaa noudon tai kappaleiden purkamisen pahvilaatikoon. Kaikki ohjelmassa olevat robotin liikekäskyt ovat muodossa moveL, jolloin robotti liikuttaa kaikkia niveliä yhtäaikaista siten, että työkalupiste pysyy suorassa siirryttäessä pisteestä toiseen.

5.4.3 Simulaation tallennus ja esitys

Robotstudiossa on mahdollisuus nauhoittaa simulaatiota joko pelkän graafisen osuuden tai koko ohjelman alueelta. Koko ohjelman alueen nauhoitus soveltuu hyvin opetusvideoiden tekemiseen. Videon tallennusmuodon voi valita joko Avi- tai Wmv-tiedostomuodossa.

Kätevin tapa muodostaa simulaation nauhoitus on kuitenkin nauhoittaa simulaatio Station Viewer -toiminnolla. Station Viewer mahdollistaa simuloinnin katsomisen ilman RobotStudio-ohjelmaa. Station Viewerin etuna on myös se, että sen käyttöliittymä on samanlainen kuin varsinaisen RobotStudionkin. Simulaation aikana on mahdollista käänellä robottisolua kolmiulotteisessa maailmassa.



Kuvio 62. Simulaation nauhoitus Robotstudion station vieweriin

Simulaation nauhoituspainike löytyy Simulation-välilehdeltä Play näppäimen alapuolella olevaa pientä nuolta painamalla.

6 POHDINTA

Työn aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja lisäarvoa työlle toi se, että tutkittava ongelma oli työharjoittelun kautta tullut tutuksi. Työn alkuperäisenä tarkoituksena oli vain etsiä ja kilpailuttaa robottitoimittajat. Tarkoituksen muuttuessa työhön liittyvä työmäärä kasvoi runsaasti, mutta samalla se myös lisäsi mielenkiintoa aihetta kohtaan. Aikaisemmasta samankaltaisesta suunnittelutehtävästä oli paljon apua, mutta myös paljon uutta tietoa täytyi opetella. Työn toteutusta hankaloitti kolmivuorotyö. Jälkeenpäin ajateltuna työ oli laajuudeltaan ehkä turhankin laaja ja sen olisi voinut helposti jakaa moneen omaan kokonaisuuteensa. Pelkästä suunnitteluvaiheesta olisi saanut kattavan opinnäytetyön. Opinnäytetyöhön liittyvän materiaalin hallintaa helpotti koulun Moodle-verkkoon opinnäytetyötä varten luotu oma sivusto. Sivustolla oli helppo jakaa materiaalia ohjaajan ja yhteistyöyrityksen kesken sekä samalla sivusto toimi varmuuskopiona tiedostoille.

Työn suunnitteluvaiheessa yritysten välinen sähköinen viestintä tuli erittäin tutuksi. Erilaisten tarjouspyyntöjen sekä kyselyiden avulla sai hyvän käsityksen siitä miten tärkeässä roolissa sähköpostiviestintä on yritysten välillä. Mallintamisessa sai soveltaa koulussa opittua sekä itse opiskeltua tietoa avukseen. Simuloinnissa käytetty RobotStudio-ohjelma tuli hyvin tutuksi ja ohjelman osaamisesta on suuri hyöty nykyisessä työpaikassa.

LÄHTEET

- ABB. 2012a. Robotstudio- ohjelmiston yleiskatsaus.2012. [www-dokumentti]. ABB Robotics. [Viitattu 23.4.2012]. Saatavissa: <http://www.abb.com/product/seitp327/78fb236cae7e605dc1256f1e002a892c.aspx>
- ABB. 2012b. IRB 2600. [www-dokumentti]. ABB Robotics. [Viitattu: 3.5.2012]. Saatavana: <http://www.abb.com/product/seitp327/8b18e488042912d8c12577df0044799d.aspx?productLanguage=fi&country=FI&tabKey=2>
- ABB. 2011. Robotstudio operation manual. [www-dokumentti]. ABB Robotics. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot352.nsf/veritydisplay/b89f55fae160601cc125786b00510703/\\$file/3hac032104-001_reve_en.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot352.nsf/veritydisplay/b89f55fae160601cc125786b00510703/$file/3hac032104-001_reve_en.pdf)
- 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., Veikkolainen, M., Vihinen, J. & Virtanen, A. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
- Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. Porvoo: WSOY.
- Co-Automation. 2012. Co-Automation yritysesittely. [www-dokumentti]. Co-Automation Osakeyhtiö. [Viitattu 2.5.2012]. Saatavissa: <http://www.co-automation.fi/fi/etusivu>
- Dira. 2011. Defination of a robot. [www-dokumentti] Dira. [Viitattu 25.4.2012]. Saatavissa: <http://www.dira.dk/media/15466/Def.%20af%20robottyper.pdf>
- Etnovia. 2012. About us. [www-dokumentti]. Etnovia Osakeyhtiö. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: <http://www.etnovia.fi/en/about-us>
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Infacs Oy.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2001. Logiikat ja ohjausjärjestelmät: Koneautomaatio 2. Vantaa: WSOY
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY

- Lindholm, M. 2011. ABB IRB 140 robottisolun käyttöönotto. AMK-opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 25.5.2012]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201104084044>
- Malm, T., Viitaniemi, J., Marstio, I., Toivonen, S., Koskinen, J., Venho, O. & Salmi, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry.
- Johnsson, J. & Kördel, L. 2003. Servotekniikka. Rantanen, U. Iisalmi: IS-VET OY.
- Karjalainen, L. & Ramsland, T. 1992. Pakkaus: Pakkausalan perusoppikirja. Helsinki: Pakkausteknologiaryhmä r.y.
- Lehtonen, M. 2005. ABB järjestelmän yleiskuvaus ja peruskäsitteet. [PDF-julkaisu]. Suomi: Seinäjoki: [Viitattu 24.4.2012]. Saatavana Tekniikan yksikön verkkolevyltä. Vaatii käyttöoikeuden.
- Omron. 2012. [verkkosivu]. Omron. [Viitattu 25.4.2012]. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/products/catalogue/motion_and_drives/servo_systems/rotary_servo_motors/sigma_ii/default.html
- Packing magazine. 2008. [PDF-julkaisu]. ABB Robotics.[Viitattu 24.4.2012]. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/c6c8f57ef58990fec1257428004d4ab8/\\$file/ABB_Packaging_108_low_res.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot241.nsf/veritydisplay/c6c8f57ef58990fec1257428004d4ab8/$file/ABB_Packaging_108_low_res.pdf)
- PakkausÖhman. 2012. Laatikonmuodostajat. [www-dokumentti]. PakkausÖhman Osakeyhtiö. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: <http://www.pakkausohman.com/Koneet%20ja%20kalusteet/Laatikonmuodostajat>
- VTT. 2005. Planeettavaihteet- rakenne, vikaantuminen ja havainnointimenetelmät. [www-dokumentti]. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. [Viitattu 24.4.2012]. Saatavissa: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servoplaneettavaihteet_btuo43-051349.pdf
- Rosendahl, S. 2012. < xxx.xxx@movetec.fi > 2012. Movetec Oy. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Janne Kapela. [14.3.2012]
- Robotiikka yleinen. Ei päiväystä. [www-dokumentti]. [Viitattu 25.5.2012.] Saatavissa: http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf

- Seamk. 2011. Tietokoneavusteisen suunnittelun laboratorio.[www-dokumentti].
Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 2.5.2012]. Saatavana:
http://www.seamk.fi/Suomeksi/SeAMK_Info/Yksikot/SeAMK_Tekniikka/Laboratoriot/Automaatiotekniikka/Tietokoneavusteinen_suunnittelu.iw3
- Staudi. 2012. Soco Systems pähkinänkuoressa. [www-dokumentti]. Staudi Osakeyhtiö. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: <http://www.staudi.fi/soco.htm>
- Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Jyväskylä: Tammertekniikka.
- Vesterinen, K. 2012. < xxx.xxx@flexlink.com > 2012. Flexlink Systems. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Janne Kapela. [14.2.2012]
- Yli-Kohtamäki, P. 2012. Mekaniikkasuunnittelija. Traypack engineering Oy. Henkilökohtainen tiedonanto 27.1.2012

LIITTEET

LIITE 1: Alustavien layout-suunnitelmien piirustukset

LIITE 2: Koteloiden kääntölaitteiston tarjous

LIITE 3: Staudi Oy:n tarjous laatikonmuodostukseen ja suljentaan

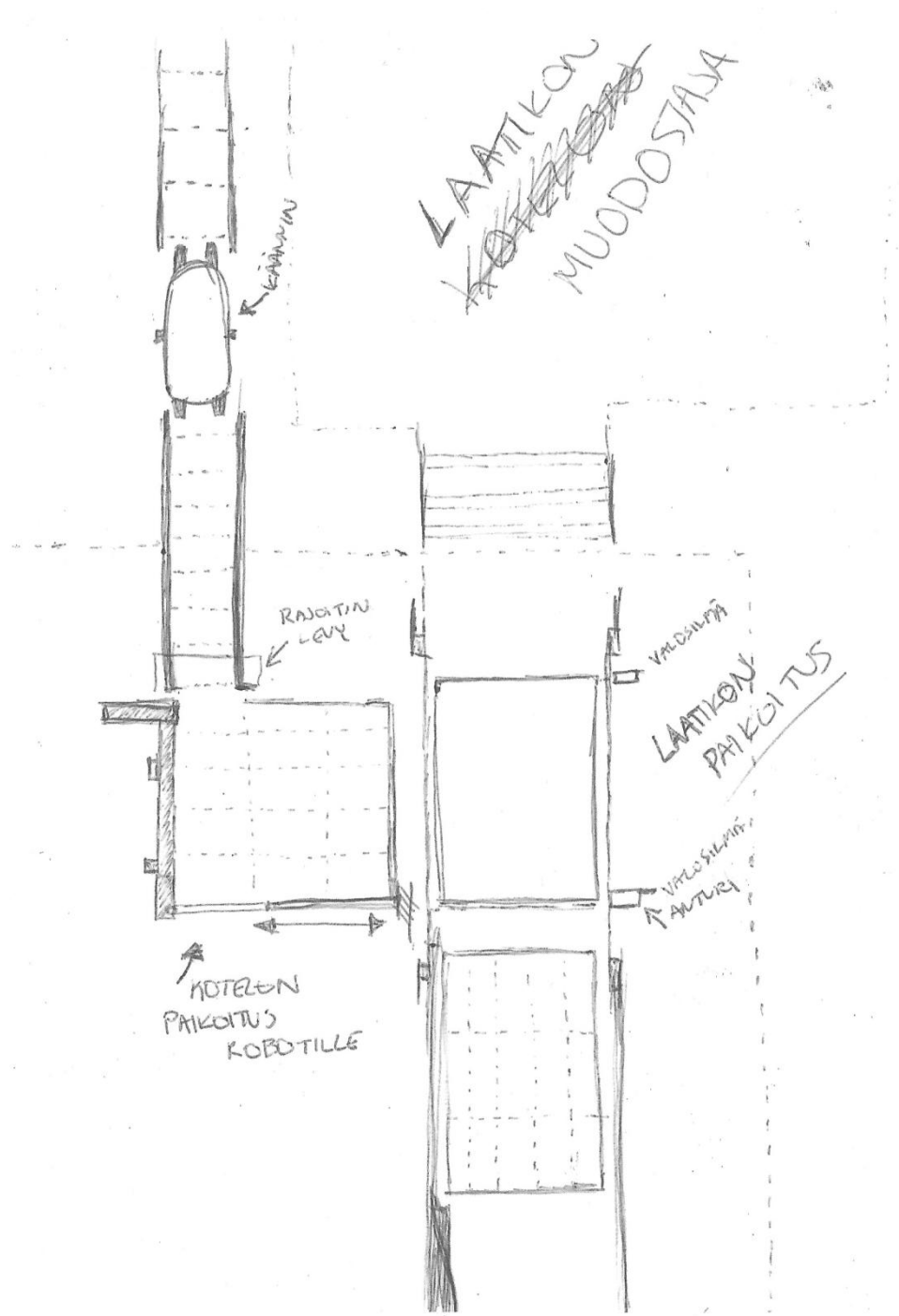
LIITE 4: Layout ja mitat

LIITE 5: Solun layout

LIITE 6: Solun-osat

LIITE 7: Valmis simulaatiomalli

LIITE 1: Alustavien layout-suunnitelmien piirustukset



LIITE 2: Koteloiden kääntölaitteiston tarjous



AJ Automation

CO Automation Oy

TARJOUS
29.2.2012

Tarjoamme Teille käsittelylaitteistoa seuraavasti seuraavasti:

- Flexlink kuljettimet, taajuusmuuttajaohjatut 2 kpl, pituus 4m
- Laatikoiden kääntö- ja ryhmittelylaitteisto
- Logiikkakeskus + näyttöpaneeli.
- Käyttöönotto ja testaus
- Dokumentaatio + käyttöohjeet.

Hinta:

Kuljettimet

Flexlinkin valmistamat, taajuusmuuttajakäyttöiset kuljettimet. Kuljettimen nopeutta voidaan säätää ohjauskeskuksen paneelista. Kuljettimien käyntinopeus voi olla tuotekohtainen. Kuljettimia voidaan ajaa myös ns. jaksottamalla, jolloin kuljettimille saadaan hieman bufferia.

Laatikoiden kääntö- ja ryhmittelylaitteisto

Kuljettimilta laatikot siirtyvät käsittelylaitteistolle, jossa laatikko käännetään pystyasentoon. Laitteistossa on laatikkokoon mukaan automaattisesti liikkuva takavaste, sekä sivusiirtäjä, jolla laatikkojono siirretään robotin poimittavaksi.

Sivusiirtäjä ja takavaste ovat sähköisiä toimilaitteita. Takavasteen max. liikematka 1000mm. Sivusiirtäjän max. liikematka 300mm. Tasolle, josta robotti noutaa laatikot, mahtuu kolme riviä laatikoita. Sivusiirtotason ohjaimet säädetään manuaalisesti.

Ohjauskeskus

Ohjauskeskuksessa on PLC, johon on mahdollista liittyä I/O kättelyllä.

Järjestelmän koeajo ja testaus

Järjestelmä testataan ja koeajetaan toimittajan tiloissa.

Asennus

Toteutuneiden kustannusten mukaisesti. Arvio kaksi miestä, kaksi työpäivää.

Arvio:

Hinnat: alv 0 %

Toimitusaika: 14 työviikkoa kirjallisesta tilauksesta. Vahvistetaan tilauksen yhteydessä.

Toimitusehto: EXW Vaajakoski

Muut ehdot: NLM 10

Takuu: Työn ja materiaalin osalta 12 kk.

Tarjous voimassa: 30.04.2012

Maksuehto: 40 % tilattaessa
50 % kun järjestelmä testattuna toimittajalla
10 % kun järjestelmä toimitettu asiakkaalle.
14 pv

Terveisin,
Jarmo Volanen
A-J Automation Oy

LIITE 3: Staudi Oy:n tarjous laatikonmuodostukseen ja suljentaan



Tarjous 230212

14/03/2012

Janne Kapela

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme seuraavasti:

1kpl SOCO laatikonmuodostaja BE-2200-ATS

Täysin automaattinen laatikonmuodostaja, johon on sisäänrakennettu teippidispensseri toiminto. Laatikonmuodostajassa on valokenno jono- valvonta.

Laatikonmuodostaja sisältää moottoroidun laatikkomakasiinin. Makasiini on 1000mm pitkä ja siihen mahtuu n. 120 laatikkoa. Laatikkomakasiini voidaan täyttää käytön aikana.

Laatikkokokoot (ulkomitat):	Pituus:	200-420mm
	Leveys:	130-300mm
	Korkeus:	100-450mm

Tarvittaessa pystymme muuttamaan laatikkokokoa. Meidän on tällöin tiedettävä kaikkien erilaisten laatikoiden mitat.

HINTA

Laatikonmuodostaja EUR, alv 0%

OPTIONA

Teipalarm (hälytys) EUR, alv 0%

Kartonkimakasiinihälytys EUR, alv 0%

MUUT TIEDOT

Ulos menevä korkeus 560-940mm

PLC-type Siemens, model S7-312C

Pneumatikkomponentit Festo

Suorituskyky Max. 15-22 laatikkoa minuutissa

Teippileveys Max. 50mm

STAUDI OY

Kavallinmäki 13A
02750 ESPOO

www.staudi.fi
staudi@staudi.fi

Puh./Tel: + 358 -9- 855 8879
GSM 044 5234400
FAX + 358 -9- 859 4275



Tarjous 230212

29/05/2012

Teipin ylimeneväosuus 70mm (Teipatessa laatikkoa)

Paineilma 42 litra/laatikko v/6 bar

KÄYTTÖÖNOTTOTESTAUS

Laatikonmuodostaja koekäyttötestataan SOCO SYSTEM A/S tehtaalla ennen lähettämistä asiakkaalle.

TAKUU: Annamme 1 vuoden takuun käyttöönosta alkaen.

TARJOUKSEN VOIMASSAOLO:

14 päivää tarjouksen jättöpäivästä

TOIMITUSAIKA: 8-9 viikkoa tilauksesta

HINNAT: Tarjouksessa olevat hinnat ovat alv 0%

MAKSUEHDOT: 40 % maksetaan tilauksen yhteydessä
60 % 14 päivää toimituksen jälkeen

Hintojen päälle lisätään rahtikulut.

Toivomme tarjouksemme kiinnostavan Teitä ja olemme mielellämme käytettävissänne lisätietoja halutessanne.

Ystävällisin terveisin

Jan Staudinger
Staudi Oy



TARJOUS 230212

14/03/2012

Kiitämme tarjouspyynnöstänne ja tarjoamme sitoumuksetta seuraavasti:

Pos. 1 **1kpl Soco T-400 5.5.6 70/75.50 teippari. (korkeus 520-620)**
Kone sulkee keskisaumalaatikon kannen
Kone kaataa laatikon kansiläpät pystyasennosta ja sulkee kannen teipillä.
Laatikkokoot: Pituus - n 200-550mm
leveys - n. 120- 460 mm,
korkeus - n 95 -470 mm.
Säädöt laatikkokoon mukaan pikalukituksilla.
-suojapleksi

Hinta

ilman suojapleksi

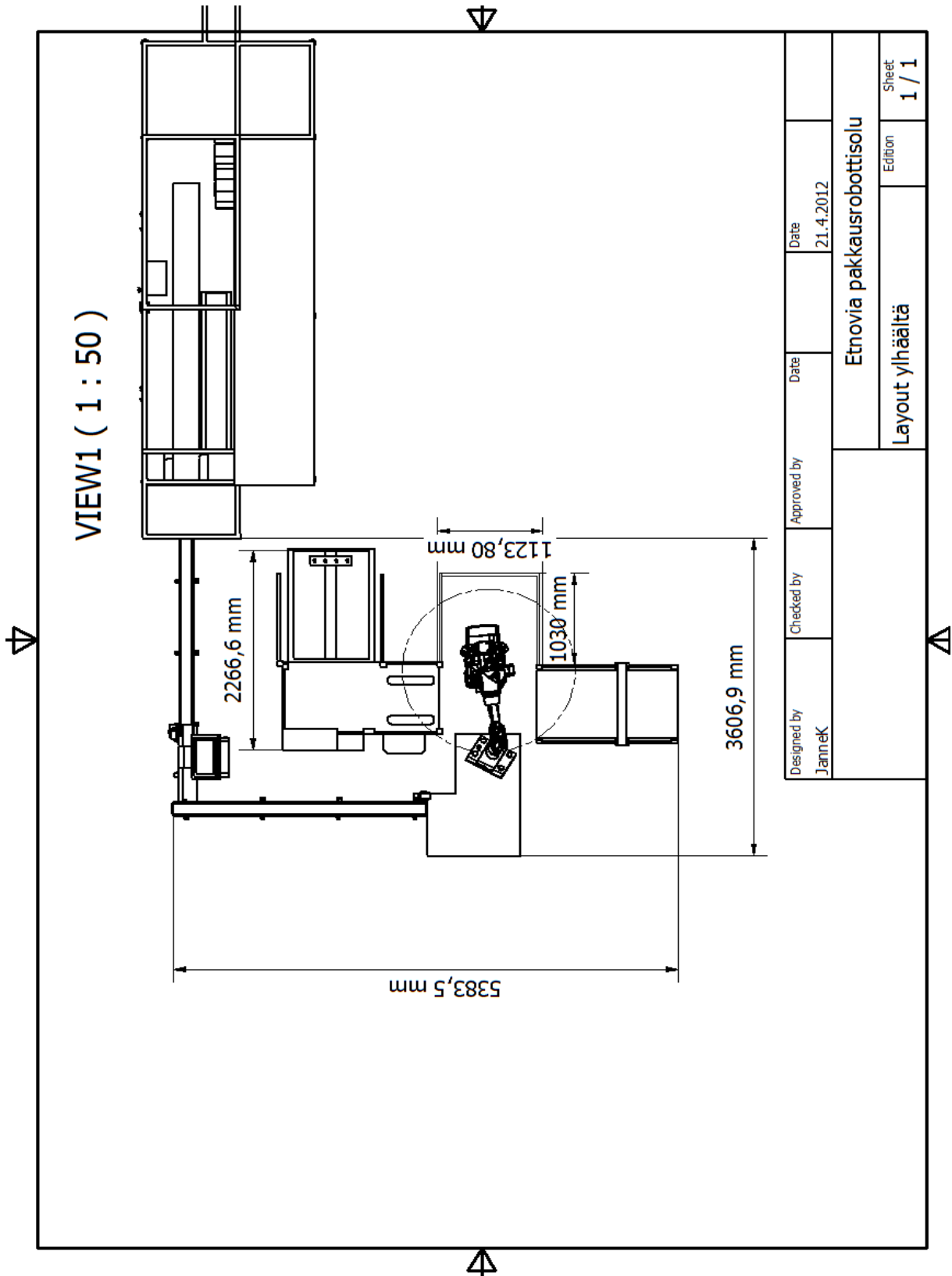
Hinta

Hinnat netto alv 0%.
Toimitusaika n 8 viikkoa
ToimiMaksuehto 14 pv netto
Toimitusehto Vapaasti varastossamme

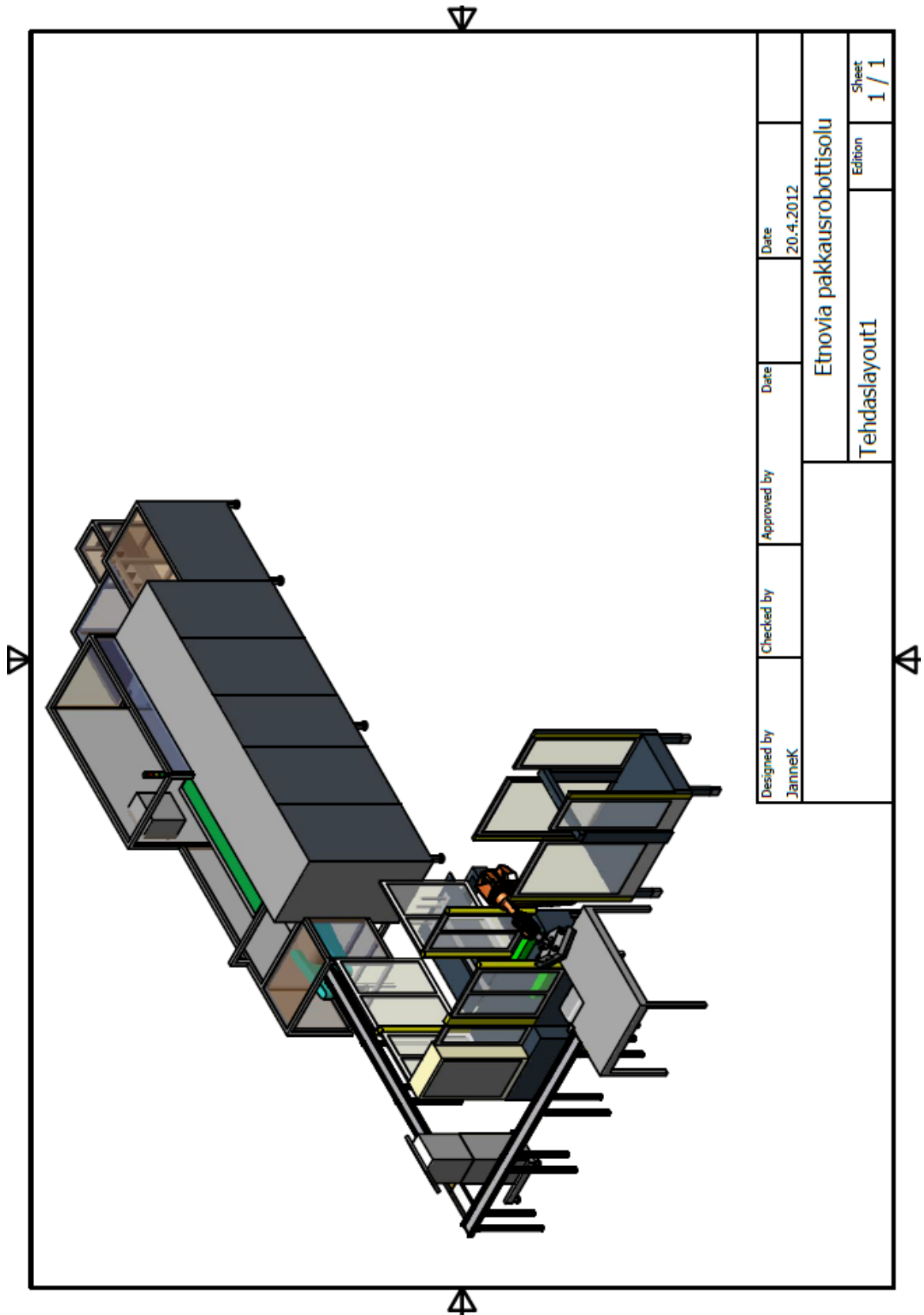
Ystävällisin terveisin

Jan Staudinger

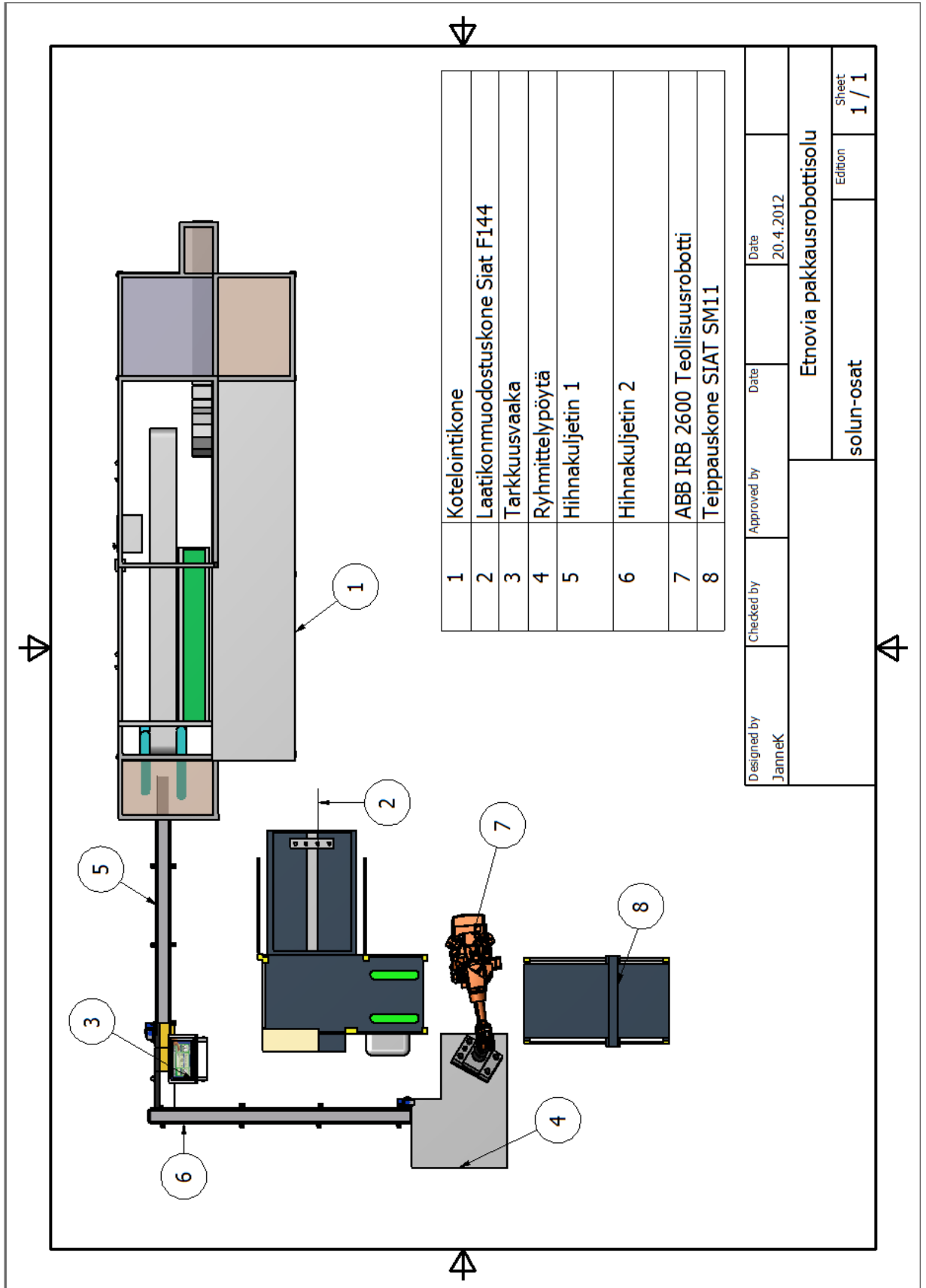
LIITE 4: Layout ja mitat



LIITE 5: Solun Layout



LIITE 6: Solun-osat



1	Kotelointikone
2	Laatikonmuodostuskone Siat F144
3	Tarkkuusvaaka
4	Ryhmittelypöytä
5	Hihnakuuljetin 1
6	Hihnakuuljetin 2
7	ABB IRB 2600 Teollisuusrobotti
8	Teippauskone SIAT SM11

Designed by Jannek	Checked by	Approved by	Date 20.4.2012
Etnovia pakkausrobotisolu			Sheet 1 / 1
solun-osat			Edition

LIITE 7: Valmis simulaatiomalli

