



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jussi-Pekka Ojala

PAKKAUSROBOTTISOLUN SUUNNITTELU

Jurvan Jousi Oy

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jussi-Pekka Ojala
Opinnäytetyön nimi	Pakkausrobotin solun suunnittelu
Vuosi	2016
Kieli	Suomi
Sivumäärä	47 + 1 liitettä
Ohjaaja	Mika Billing

Opinnäytetyö tehtiin Jurvan Jousi Oy:lle, jossa on pohdittu kauan robotin käyttöönottoa tuotannossa. Tuotannossa on monta työvaihetta, jossa robottia voitaisiin käyttää, mutta tässä työssä päätettiin keskittyä suunnittelemaan robottisolu vain yhdelle työvaiheelle. Työssä suunnitellaan robottisolu jousiautomaatin yhteyteen pakkaamaan lankaosia, jolloin jousiautomaatti voitaisiin jättää miehittämättömänä pyörimään toiseen vuoroon. Lankaosien pakkaaminen on haastavaa, koska osassa on avoimia muotoja, joista osat sotkeutuvat helposti.

Työn alussa suunnittelin monta erilaista vaihtoehtoa muun muassa robotin pöydälle, osan tartuntaan, sekä itse pakkaamiseen. Esiteltyäni konseptit yritykselle, päätimme yhdessä, mitä ideoita jatkettaisiin. Työn edetessä perehdyin syvällisemmin teollisuusroboteihin ja esimerkiksi niiden turvajärjestelmiin sekä robottisolun ja mm. tarraimen suunnitteluun. Työn loppuvaiheessa teimme ohjaavan opettajan kanssa käytännön testejä koulun tiloissa valitsemani tarttujan sekä suunnittelemani jigin toimivuudesta.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua toimiva robottisolu, joka voisi pakata lankaosia koneelta pahviliuskaan. Tämän työn pohjalta yrityksen on helpompi lähteä hankkimaan robottia tuotantoon, kun heillä on suunnitelma pohjana.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Työn taustat.....	9
1.2	Työn rajaukset.....	10
1.3	Työn tavoitteet	11
2	JURVAN JOUSI OY	12
2.1	Yleistä	12
2.2	Historia.....	13
3	ROBOTIT TEOLLISUUDESSA	15
3.1	Robotin määritelmä.....	15
3.2	Robottien historiaa	15
3.3	Robotti ja ihminen yhteistyössä	16
3.4	Robottityypit	16
3.5	Uudet turvalliset robotit	20
3.6	Robottien turvalaitteet teollisuudessa	21
3.6.1	Turva-aidat	21
3.6.2	Valokytkimet.....	22
3.6.3	Valoverhot.....	23
3.6.4	Tuntomatot	23
3.6.5	Turvalaserskannerit	24
4	ROBOTISOINNIN SUUNNITTELU	25
4.1	Robottisolun suunnittelu	25
4.2	Tarttujan suunnittelu	26
4.3	Robottiprojektin kannattavuus	26
5	TYÖN LÄHTÖKOHTA	28
6	TYÖN TOTEUTUS	30
6.1	Työn aloitus	30
6.2	Osaan tarttuminen	30

6.3	Robotin pöytä.....	32
6.4	Pakkaaminen	33
6.5	Suojalaitteen valinta.....	34
6.6	Työn eteneminen.....	34
6.7	Jigin suunnittelu	35
6.8	Tarttujan suunnittelu	38
6.9	Robotin valinta.....	39
6.10	Testiajot.....	41
6.11	Robottisolun kustannusten arviointi	43
7	LOPPUTULOS JA YHTEENVETO	45
8	OMA POHDINTA	46
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1.	Lankaosa, joka työssä pitää pakata	s.11
Kuva 2.	Jurvan Jousi Oy:n logo	s.13
Kuva 3.	Suorakulmainen robotti	s.17
Kuva 4.	Kuvassa esimerkit sylinterirobotista sekä napakoordinaatistorobotista	s.18
Kuva 5.	SCARA-robotti	s.18
Kuva 6.	Esimerkki kiertyvänivelisestä robotista	s.19
Kuva 7.	ABB:n IRB 360 – rinnakkaisrakenteinen robotti	s.20
Kuva 8.	ABB:n IRB 14000 – robotti	s.21
Kuva 9.	Turva-aitauksia Bruhlin tuotekatalogista	s.22
Kuva 10.	Esimerkki valoverhoista	s.23
Kuva 11.	Esimerkki tuntomatosta	s.24
Kuva 12.	Jousiautomaatti valmistamassa lankaosia	s.29
Kuva 13.	Asento, jossa lankaosa on koneella ennen katkaisua	s.31
Kuva 14.	Liikuteltava pöytä	s.32
Kuva 15.	Pöydän yläpään kiinnitys koneeseen	s.33
Kuva 16.	3D-malli alkuperäisestä jigistä	s.36
Kuva 17.	Periaatekuva, viimeisimmästä jigistä	s.37

Kuva 18.	MDHR2-15R – tarttuja	s.39
Kuva 19.	Kuvassa ABB:n IRB 1200 sekä UR 5 – robotit	s.40
Kuva 20.	Robottisolu kouluntiloissa, jolla testiajot suoritettiin	s.42
Kuva 21.	Työkierto selitetty vuokaavion avulla	s.45

LIITELUETTELO

LIITE 1. Testiajon ohjelma

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat

Opinnäytetyö tehtiin Jurvan Jousi Oy:lle keväällä 2016. Yritys oli päättänyt automatisoida tuotantoaan lisää ja pohtinut robotin käyttöönottoa jousiautomaattien yhteyteen. Robottiratkaisu tuli olla siirrettävä jousikoneelta toiselle, koska tuotannossa on hyvin paljon pieniä osia, joiden pakkaamiseen olisi mahdollista käyttää robottia.

Yksi suurin ongelma jousien ja lankaosien pakkaamisessa on osien monimutkaiset muodot ja lenkkien päät, minkä vuoksi pakkaaminen tehdään nykyään käsin. Osat jäävät pahasti kiinni toisiinsa, eikä niiden selvittäminen aina onnistu käsinkään. Tämän vuoksi konetta ei voida jättää yksin päälle työvuoron päätyttyä. Yrityksen toiveena oli siis saada toimiva robottiratkaisu jousikoneen yhteyteen, joka pakkaisi osat laatikoihin tai paletteihin. Tämän johdosta tuotantoa voitaisiin jatkaa miehittämättömänä esimerkiksi toiseen vuoroon. Yritys oli aikaisemmin kysynyt robottilaitteistojen toimittajilta tarjousta tällaisesta pakkaussolusta, mutta robotit olivat liian isoja, kömpelöitä ja ne piti aidata. Ratkaisu ei sopinut jousikoneen yhteyteen, koska aidat veivät paljon tilaa ja robottisolun pitäisi olla liikuteltava ja joustava. Nykyään on mahdollista käyttää valoverhoja tai mattoa robotin ympärillä, mikä pysäyttää robotin, jos sen lähelle menee ihmisiä. Lankaosaan tarttuminen tiedettiin olevan myös haastavaa, koska osa tulee koneelta tietyssä asennossa, ja lisäksi materiaali on ohutta ja joustavaa.

1.2 Työn rajaukset

Robottisolusta oli tarkoitus tulla liikuteltava, mikä mahdollistaisi sen käyttöä muillakin koneilla ja muissa pakkaustehtävissä. Tässä työssä oli kuitenkin tarkoitus keskittyä yhteen tiettyyn lankaosaan ja sen pakkaamiseen koneelta. Työ rajoitettiin robottisolun suunnitteluun ja suunnitelmien perusteella tehdään käytännön testit koulussa Technobothnian tiloissa ABB:n robotilla.

1.3 Työn tavoitteet

Tavoitteenani oli suunnitella robottikonaisuus jousikoneen eteen, joka pakkaisi lankaosat joko suoraan pahvilaatikoihin tai johonkin palettiin, joka voitaisiin siirtää pahvilaatikkoon. Tarkoitus oli suunnitella useampi erilainen ratkaisu, joista yritys voisi päättää mitä lähettäisiin jatkojalostamaan esim. protovaiheeseen. Työhön sisältyisi todennäköisesti tarttujan suunnittelua ja valmistusta, koska standarditarttujaa ei välttämättä lankaosalle löydy. Lisäksi työssä pitäisi suunnitella jonkinlainen liikuteltava pöytä tai muu kiinnitysratkaisu, jolla robotti saadaan jousikoneen eteen. Luultavasti työhön sisältyisi myös kuljettimen, paletin ja jigin suunnittelua, riippuen millaiseen ratkaisuun päädytään. Yksi työn tavoitteista oli päästä tekemään koulun robotilla käytännön testi, miten pakkausrobotti voisi yrityksessä toimia. Lisäksi työ voisi sisältää animaation valmistuksen RobotStudiossa, jos aikaa olisi riittävästi.



Kuva 1. Lankaosa, joka työssä pitää pakata.

2 JURVAN JOUSI OY

2.1 Yleistä

Jurvan Jousi Oy (**Kuva 2.**) on metallialan yritys, joka valmistaa alihankintana jousia ja lankaosia teollisuudelle ympäri Suomea ja Eurooppaa. Asiakaskunta muodostuu pääosin sähkö-, kone- ja elektroniikkateollisuuden yrityksistä. Yrityksen liikevaihto on n. 3 milj. euroa ja yrityksessä työskentelee tällä hetkellä 23 henkilöä. Yrityksen henkilökunnalla on pitkäaikainen kokemus jousien valmistuksesta ja suunnittelusta, sekä toimimisesta asiantuntijana erilaisissa jousia koskevissa ongelmatilanteissa. Yritys on panostanut paljon automaatioon, jonka avulla he pystyvät tekemään jousia suurella volyymillä ja tarkkuudella. Yrityksellä onkin tavoitteena tarjota asiakaslähtöistä palvelua, laatua ja varmuutta. Jurvan Jousella on noin kymmenen CNC-tekniikkaan perustuvaa jousiautomaattia, joilla pystytään tekemään mm. veto-, puristus-, kartio- ja vääntäjousia. Koneet pystyvät työstämään monenlaista materiaalia 0,2 mm:stä aina 9 mm:iin asti. Yrityksessä on myös useampia epäkeskopuristimia, joilla tehdään erilaisia levyjousia sekä levyosia. /1/



Kuva 2. Jurvan Jousi Oy:n logo/1/

2.2 Historia

Jurvan Jousi Oy on perustettu vuonna 1975. Yhtiön perusti kolme jurvalaista henkilöä, joille bisnesidea jousien valmistukseen lähti alun perin Ruotsista. Vuonna 1980 Huonekalutehdas Jouko Mäkinen Oy tuli yhtiön omistajaksi ja seuraavana vuonna Jurvan Jousi Oy muutti vuokralle Mäkisen tiloihin. Kuitenkin vuonna 1986 Jouko Mäkinen Oy ajautui konkurssiin, jolloin viisi työntekijää osti Jurvan Jousi Oy:n osakkeet konkurssipesältä. Vuonna 1987 Jurvan Jousi Oy muutti uusiin toimitiloihinsa, jossa yhtiö toimii edelleen. 90-luvun laman myötä kaksi osakasta myivät osuutensa Jaakko Ojalalle, Kalle Hahdolle ja Erkki Saralle, joista Ojala ja Hahto ovat edelleen töissä yrityksessä. Yritystä on muistettu mm. Jurvan yrittäjien palkinnolla 1993 ja Maakunnallisella yrittäjäpalkinnolla 1997. Ensimmäisen CNC-koneen yritys hankki vuonna 1994 tehostaakseen toimintaansa. Vuonna 2000 teollisuushallia laajennettiin ja tämän jälkeen 2000-luvulla yritys on

investoinut jousiautomaattiin joka vuosi. Yrityksellä on ollut laatu järjestelmä käytössä vuodesta 1994 lähtien. Vuonna 2008 se sertifioitiin ja nyt yrityksellä on käytössä 9001- ja 14001- sertifikaatit. Yrityksellä on ollut 90-luvulta saakka AAA-luottoluokitus. /1/

3 ROBOTIT TEOLLISUUDESSA

3.1 Robotin määritelmä

Robotin määrittäminen on vaikeaa, joten sille on keksitty useita erilaisia määritelmiä, jotka vaihtelevat eri maanosien ja lähteiden välillä. Kansainvälinen Robotit yhdistys määrittelee robotin standardin ISO 8373:1994 mukaan seuraavanlaisesti:

”Robotti on automaattisesti ohjattava uudelleenohjelmoitava, monikäyttöinen manipulaattori, jossa on vähintään kolme ohjelmoitavaa akselia.”

SFS-EN ISO 10218-1 standardissa robotti määritellään seuraavanlaisesti:

”Teollisuuden automaattiosovelluksissa käytettäväksi tarkoitettu automaattisesti ohjattu, uudelleenohjelmoitavissa oleva monikäyttöinen käsittelylaite, jonka akselista vähintään kolme on ohjelmoitavissa ja joka voi olla kiinteästi asennettu tai liikkuva.”/2/

3.2 Robottien historiaa

Ensimmäiset kaupalliset robotit suunniteltiin ja valmistettiin 1960-luvun alussa. 1970-luvulla robotit yleistyivät myös teollisuudessa. Ensimmäisiä älykkäitä robotteja ilmestyi 1980-luvulla, joilla oli apunaan jo antureita. Nämä robotit olivat hitaita, epäluotettavia sekä kalliita, eikä niiden joustavuus erilaisissa töissä ollut lähelläkään tämän päivän tasoa. Robottien ohjaukset ovat nykyään paljon tehokkaampia sekä luotettavampia. Robottien ohjaimien ja ohjelmointijärjestelmien kehityksen mentyä eteenpäin, on robottien joustavuus noussut uudelle tasolle. /3/

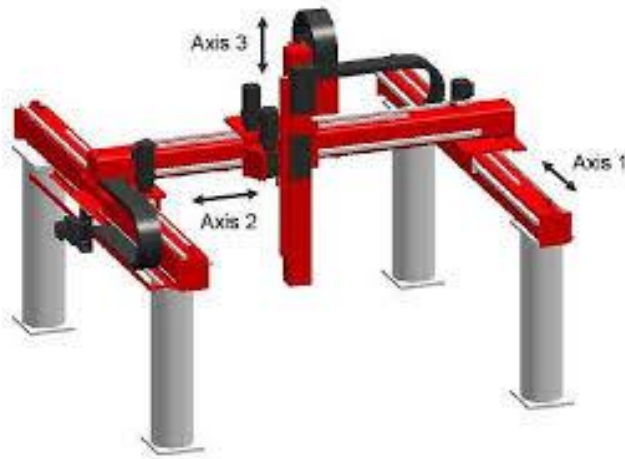
3.3 Robotti ja ihminen yhteistyössä

Robotit ja ihmiset työskentelevät nykyään paljon yhdessä, mutta molempien työalueet on eristetty toisistaan, esimerkiksi turva-aitojen avulla. Nykyaikainen turvatekniikka mahdollistaa ihmisen ja robotin työalueiden osittaisen yhdistämisen, joten saadaan yhdistettyä molempien parhaat puolet. Robotti kykenee toistamaan saman työvaiheen tuhansia kertoja peräkkäin ilman työn laadun heikkenemistä, kun taas ihminen korvaa robotin heikkoa joustavuutta ja sopeutumista muutoksiin. Työn tarkkuudessa ja nopeudessa robotti korvaa ihmisen puutteita. Yhteistyö mahdollistaa tuotannon tehokkuuden lisääntymisen, laadun parantumisen, kapasiteetin kasvun ja työntekijän olosuhteiden paranemisen. /2/

3.4 Robottityypit

Mekaniikkansa puolesta lajiteltuna teollisuusrobotit voidaan jakaa nivelrobotteihin ja lineaarisesti liikkuviin. Tarkemmin lajiteltuna robottityyppejä on useampia.

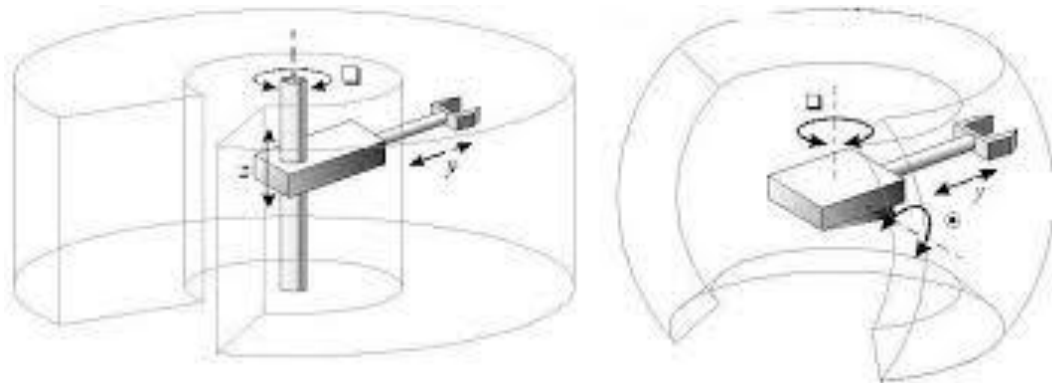
Suorakulmaisten robottien (**Kuva 3.**) kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia. Rakenne on tuettu kulmista ja liike tapahtuu kiskoilla. Ko. robotteja käytetään usein nosto- ja siirtotehtävissä. /4, 5/



Kuva 3. Suorakulmainen robotti

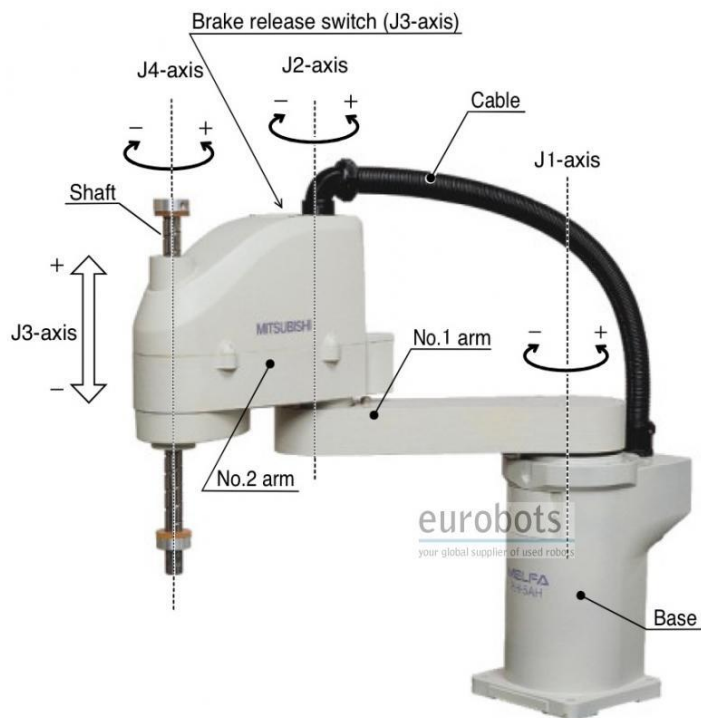
Sylinterirobotilla (**Kuva 4.**) on yksi pyörivä ja kaksi lineaarista niveltä. /4, 5/

Napakoordinaatistorobotti (**Kuva 4.**), jossa on koko rakennetta kääntävä akseli sekä käsivartta pystysuunnassa kääntävä akseli muiden akselien ollessa lineaarisia. /4, 5/



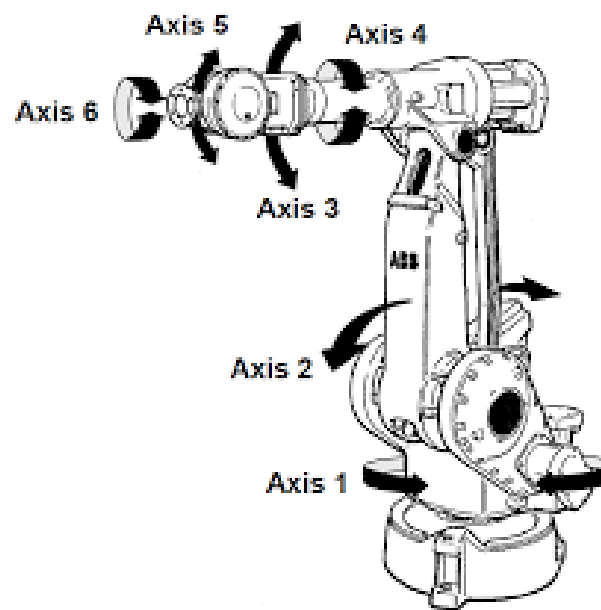
Kuva 4. Kuvassa esimerkit sylinterirobotista sekä napakoordinaatistorobotista

SCARA-robotti (**Kuva 5.**), eli Selective Compliant Assembly Robot Arm, jonka nivelet ovat vaakatasossa ja pystysuunta on lineaarinen. Tämän vuoksi käsivarsi antaa hieman myöten XY-suunnassa, mutta on jäykkä Z-suunnassa. /4, 5/



Kuva 5. SCARA-robotti

Kiertyvänivelinen robotti (**Kuva 6.**) on yleisin robottityyppi, ja se muistuttaa ihmiskäsivartta. Sillä on yleensä kuusi vapaasti ohjelmoitavaa kiertyvää niveltä, joiden avulla nivelkäsivarren päässä olevan työkalun voi asettaa miltei mihin kulmaan vain. Työkalun suoraviivaiset liikkeet toteutetaan laskennallisesti, esimerkiksi interpolaation laskentamenetelmän avulla. /4, 5/



Kuva 6. Esimerkki kiertyvänivelisestä robotista.

Rinnakkaisrakenteisissaroboteissa (**Kuva 7.**) liikeakselit ovat kytketty rinnakkain, jonka vuoksi ne ovat hyvin kestäviä ja tarkkoja. Haittapuolena on suhteellisen rajoittunut ulottuvuus. /4, 5/



Kuva 7. ABB:n IRB 360 rinnakkaisrakenteinen robotti

3.5 Uudet turvalliset robotit

Kollaboratiiviset eli yhteistyörobotit (**Kuva 8.**) ovat turvallisia ja niitä voidaan käyttää ihmisen kanssa samalla työalueella. Niiden turvallisuus perustuu voiman ja nopeuden rajoittamiseen, joten törmäys- ja puristumisvaaraa ei ole. Myös muotoilulla on pyritty estämään puristumisvaaraan joutumista. Robotin törmäystunnistin on erittäin herkkä, joten se tunnistaa törmäyksen esimerkiksi ihmisen käteen, ja näin ollen pysäyttää itsensä. Näiden robottien kanssa ei tarvita turva-aitoja tai muitakaan suojalaitteita, vaan ne voivat työskennellä samassa pisteessä ihmisen kanssa. Robotille voidaan myös opettaa paikoituspisteitä taluttamalla käsivartta paikasta toiseen. /6/



Kuva 8. ABB:n IRB 14000- robotti

3.6 Robottien turvalaitteet teollisuudessa

Laissa määrätään, että teollisuusrobotit tulee olla eristettyinä henkilökunnasta jollakin fyysisellä esteellä tai riittävän tehokkailla valvontamenetelmillä /7/. Esteen tai suojalaitteen pitäisi olla kytkettynä robotin ohjaukseen antureilla, jolloin estettä ei pysty kiertämään vahingossakaan. Seuraavaksi esitellään nykyään yleisimmin käytössä olevat suojalaitteet teollisuuden robottijärjestelmissä.

3.6.1 Turva-aidat

Nykyään näkyvin ja tärkein osa robottisolujen turvallisuutta ovat turva-aidat, sillä ne estävät ihmisten pääsyn robotin turva-alueelle. Aitavaihtoehtoja on useita erilaisia lähinnä käyttökohteesta ja käytettävissä olevasta tilasta riippuen. Esimerkiksi hitsausrobotin ympärillä on yleensä umpinainen aitaus, sillä estetään ihmisten näkemästä sokaisevan kirkasta valoa sekä estetään kipinöiden pääsyn solun ulko-

puolelle. Kokoonpanorobottien ympärillä nähdään usein pienisilmäistä teräsverkkoaitaa, koska tässä työssä ei tarvitse pelätä lentäviä kipinöitä tai lastuja./2/



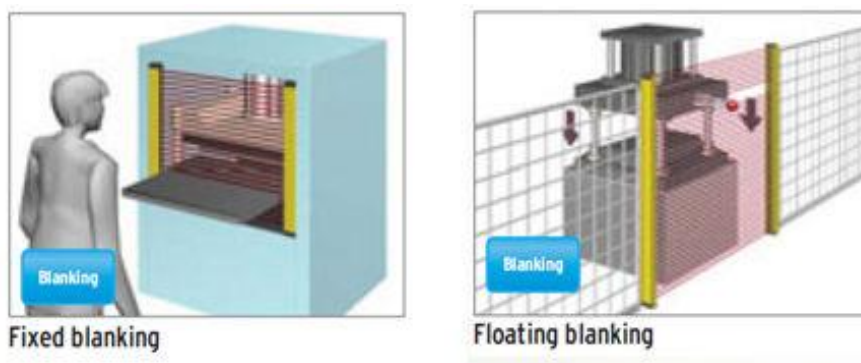
Kuva 9. Turva-aitauksia Bruhlin tuotekatalogista.

3.6.2 Valokytkimet

Valokytkinten toiminta perustuu valonsäteisiin. Lähetin lähettää valonsäteitä, jotka vastaanottimen pitäisi havaita. Jos jokin katkaisee valonsäteiden pääsyn vastaanottimeen, robotti pysähtyy. Lähetin ja vastaanotin voivat olla joko kaksi erillistä laitetta tai yksi laite, jossa on molemmat komponentit. Valonlähteenä käytetään nykyään paljon LED-valoja, koska ne ovat kestävämpiä ja energiatehokkaampia kuin normaalit valot. /2/

3.6.3 Valoverhot

Valoverhot ovat useiden valokytkimien yhdistelmiä, joissa on lähettimiä ja vastaanottimia vierekkäin. Tällä laitteella estetään käsien, jalkojen tai sormien joutumista vaara-alueelle, kun valokytkimillä taas estetään ihmisen joutumista vaara-alueelle. /2/



Kuva 10. Esimerkki valoverhoista.

3.6.4 Tuntomatot

Tuntomatot ovat kumisia 10–15 mm paksuja mattoja, joilla saadaan mekaanisen kosketuksen avulla tieto sen päällä seisovasta ihmisestä. Näitä mattoja kiinnitetään lattiaan robotin ympärille tai sen välittömään läheisyyteen. Tuntomattojen toimintaperiaate perustuu joko paineilman, valokuidun tai sähkömekaniikan käyttöön. Matot ovat erittäin kestäviä sekä pitkäikäisiä turvalaitteita, mutta ne on sijoitettava tarpeeksi kauas robotista, jotta pysäytyskäsky ehtii mennä robotille asti. /2/



Kuva 11. Esimerkki tuntomatosta.

3.6.5 Turvalaserskannerit

Laserskanneri on optinen turvalaite, joka soveltuu esimerkiksi ihmisen tai muun objektin havaitsemiseen vaara-alueelta. Sen toiminta perustuu lähetetyn valonsäteen heijastumiseen kohteesta sekä siihen kuluvan ajan mittaamiseen. Laservalonsäde heijastetaan tarkastettavalle alueelle, mikäli valonsäde heijastuu takaisin, robotti pysäytetään. Laserskannerilla voidaan valvoa useaa rinnakkaista sisäänkäyntiä yhtä aikaa. Laserskannerin sektorin kulma on yleensä 180 astetta ja sen toimintasäde voi olla jopa 10m. /2/

4 ROBOTISOINNIN SUUNNITTELU

Roboteilla automatisoidaan tuotannon manuaalisia työvaiheita ja työyksikköjä tai robotin hankinta voi olla myös kokonaan uuden tuotantojärjestelmän hankintaa. Robotisoinnin suunnittelun ja toteutuksen tulee aina perustua tuotannon todelliseen rationalisointitarpeeseen. Periaatteessa robotit voidaan hankkia kolmella eritavalla, joista yritys päättää mikä on heille paras:

- kokonaistoimitus avaimet käteen – periaatteella.
- laitteiden hankinta itse ja niiden asennuttaminen ammattilaisella.
- laitteiden sekä niiden asentaminen itse.

4.1 Robottisolun suunnittelu

Robottisolun suunnittelu lähtee lähtötilanteen eli manuaalisen tuotantovaiheen tarkasta analysoinnista, jossa kiinnitetään huomiota:

- kappaleiden tilaan.
- kappaleiden siirtoihin.
- oheislaitteiden sijoitteluun.
- työvaiheiden loogiseen etenemiseen.
- liittyminen muuhun työympäristöön.
- miehitykseen.
- ympäristön olosuhteisiin.

Tämän jälkeen tehdään alkusuunnittelu, jossa ratkaistaan toiminnallinen layout, syöttö- ja käsittelylaitteiden vaatimukset sekä tuotannon ja tuotteen asettamat vaatimukset.

Robotisointi ei kuitenkaan ole ainoa tapa automatisoida tuotanto, vaan on myös olemassa paljon erilaisia manipulaattoreita sekä muita automaattisia toimilaitteita. Jos kuitenkin päädytään robotin käyttöön, seuraavaksi pitää suunnitella oheislait-

teiden (tarttujien, palettien tai kuljettimien) ja robotin käyttö. Tässä vaiheessa pitää paneutua myös layoutin tarkentamiseen sekä robottisolun kunnossapitoon ja huoltoon. /3/

4.2 Tarttujan suunnittelu

Robotisoinnin yhteydessä on tärkeää suunnitella oikeanlainen tarttuja, sen suunnittelussa on otettava huomioon:

- soveltuvuus kappaleille
- keveys
- tartuntavoimat
- voimien välitys (paineilma, hydraulikka jne.)
- tilavaatimukset
- aseteltavuus

Tarttujan tulee olla mahdollisimman kevyt, jotta robotin kuormankäsittelykyky ei loppuisi tarttujan liikutteluun. Materiaaliksi kannattaa valita lujia ja keveitä alumiiniseoksia tai erilaisia kuituvalmisteisia muoveja. /3/

4.3 Robottiprojektin kannattavuus

Yleensä robotisointihankkeiden teknisten määrittelyjen tueksi on tehtävä tarkat investointilaskelmat. Robotisoinnin kannattavuus lasketaan samalla tavalla kuin muidenkin investointien kannattavuudet. Investointilaskelmat kannattaa jakaa kahteen erään: investointikustannuksiin sekä käyttökustannuksiin.

Robottijärjestelmien käyttökustannuksiin kuuluu:

1. Robotin hankintakustannus eli robotin ostohinta.
2. Suunnittelukustannus eli asennuksen ja käyttöönoton suunnittelu.

3. Asennus- ja käyttökustannukset eli materiaalit ja työ, mitä tarvitaan robotin sijoittamiseen.
4. Työvälineiden- ja oheislaitteiden kustannukset eli tarraimet, syöttölaitteet sekä kuljettimet.
5. Muut kustannukset eli esimerkiksi turvalaitteet.

Käyttökustannuksiin taas kuuluvat seuraavat:

1. Välittömät palkkakustannukset eli robottisolun käyttäjien palkkakustannukset.
2. Välilliset palkkakustannukset eli käyttöä tukevien ja avustavien henkilöiden palkkakustannukset.
3. Huolto- ja kunnossapitokustannukset.
4. Energia-, aine- ja tarvikekustannukset eli kustannukset, jotka syntyvät robottisolun käytöstä.
5. Koulutuskustannukset.

Yksinkertaisin kannattavuuslaskelma on laskea robottisolun takaisinmaksuaika. Siinä siis määritetään aika, jonka kuluessa robottisoluun käytetyt kustannukset saadaan kuitattua tuottojen ja säästöjen avulla. Takaisinmaksuaika pitäisi olla kannattavassa projektissa vuosi tai alle, mutta jos aika on yli kolme vuotta, robotisointi ei ole enää kannattavaa. /3/

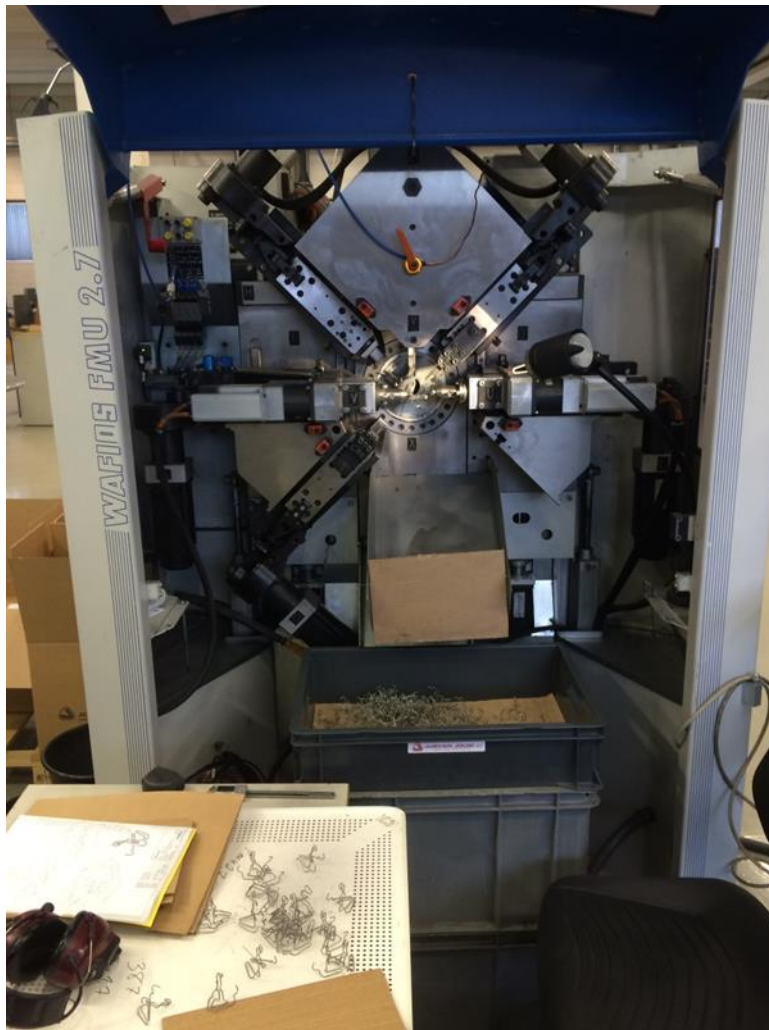
5 TYÖN LÄHTÖKOHTA

Lankaosia on kolme eri mallia, jotka kaikki robottisolun pitää onnistua pakkaamaan. Osat ovat jalkaosaltaan täysin samanlaisia, mutta korkeus vaihtelee. Tämä ei kuitenkaan vaikuta merkittävästi robottisolun suunnitteluun, koska mittaerot otetaan huomioon solun ohjelmoinnissa.

Tällä hetkellä lankaosa pakataan tuotannossa käsin, eli kun kone saa osan valmiiksi ja katkaisee langan, osa tippuu kaukaloa pitkin tasolle koneen edessä. Siitä työntekijä pakkaa osan pahviliuskaan, johon mahtuu noin 34 kappaletta. Kun liuska on täynnä, se pakataan pahvilaatikkoon, jossa yhteen kerrokseen mahtuu 10 pahviliuskaa, eli kerroksessa on aina noin 340 kappaletta lankaosia. Kerrosten väliin laitetaan pahvilevy, jonka päälle ladotaan uusi kerros pahviliuskoja. Yhteen laatikkoon pakataan 2500 kappaletta eli kerroksia tulee reilu seitsemän.

Kone valmistaa 246 kappaletta tunnissa, eli yhden 8,5 tunnin työpäivän aikana saadaan noin 2100 kappaletta valmiiksi. Tarkoitus olisi tuplata tämä määrä 4000 kappaleeseen, eli miehittämättömänä pitäisi pystyä pakkaamaan 2000 kappaletta lankaosia pahviliuskoihin, josta työntekijä pakkaisi ne omaan tahtiinsa laatikoihin.

Pakkaamisen ja osien käsittelyn suurin ongelma on, että lankaosat voivat sotkeutua vyyhdiksi, joka on hankala selvittää jopa käsin.



Kuva 12. Jousiautomaatti valmistamassa lankaosia.

6 TYÖN TOTEUTUS

6.1 Työn aloitus

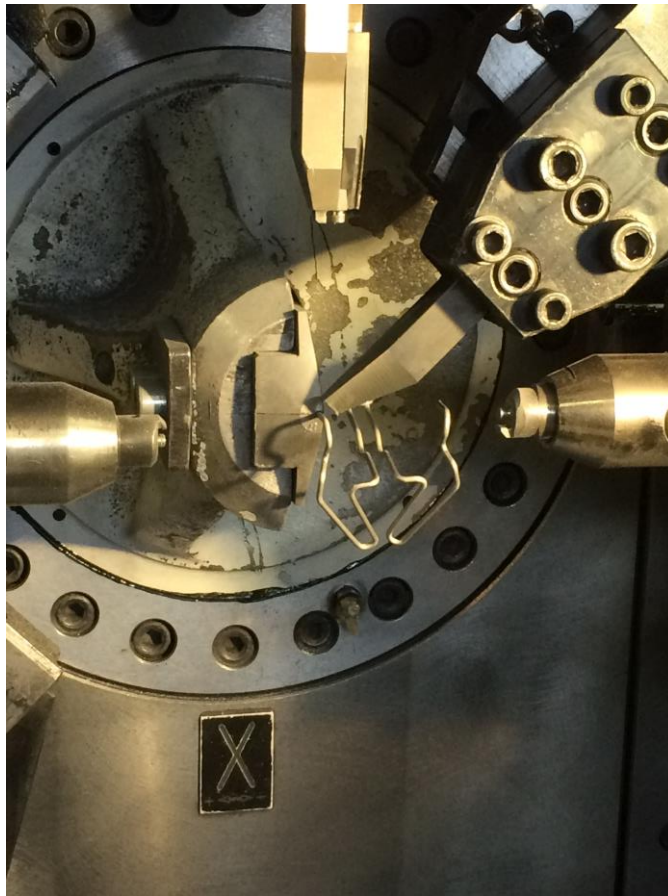
Työn aloituspalaveri pidettiin Jurvan Jousi Oy:ssä 11.2.16, jossa käytiin läpi työn yksityiskohtia. Kävimme ohjaavan opettajan kanssa tehdaskierroksella, jossa meille esiteltiin tuotantoa ja kävimme läpi monia erilaisia työvaiheita, joissa voisi käyttää robottia apuna. Tällöin päätettiin, että tässä työssä tullaan keskittymään vain tämän lankaosan pakkaamiseen, koska se on tällä hetkellä hitain ja vaikein osa pakata.

Ensimmäisen vierailun aikana nousi esiin monia hyviä ideoita, jotka kirjoitin heti vierailun jälkeen muistiin ja lähdettiin suunnittelemaan niiden pohjalta erilaisia versioita osan tartuntaan, robotille tulevaan pöytään ja osan pakkaamiseen.

6.2 Osaan tarttuminen

Osan tartuntaan tuli kaksi erilaista ideaa:

Ensimmäisessä versiossa tartunta osaan tapahtuisi suoraan koneelta tullessa, ennen kuin se katkaistaisiin. Näin voitaisiin välttää osien takertuminen toisiinsa ja robotti voitaisiin sijoittaa lähelle jousiautomaattia, jolloin ei käytettäisi paljoa tilaa koneen edestä. Tässä ratkaisussa jouduttaisiin käyttämään kuitenkin jigiiä, koska robotti ei pysty tarttumaan osaan halutusta kohtaa pakkaamista ajatellen.

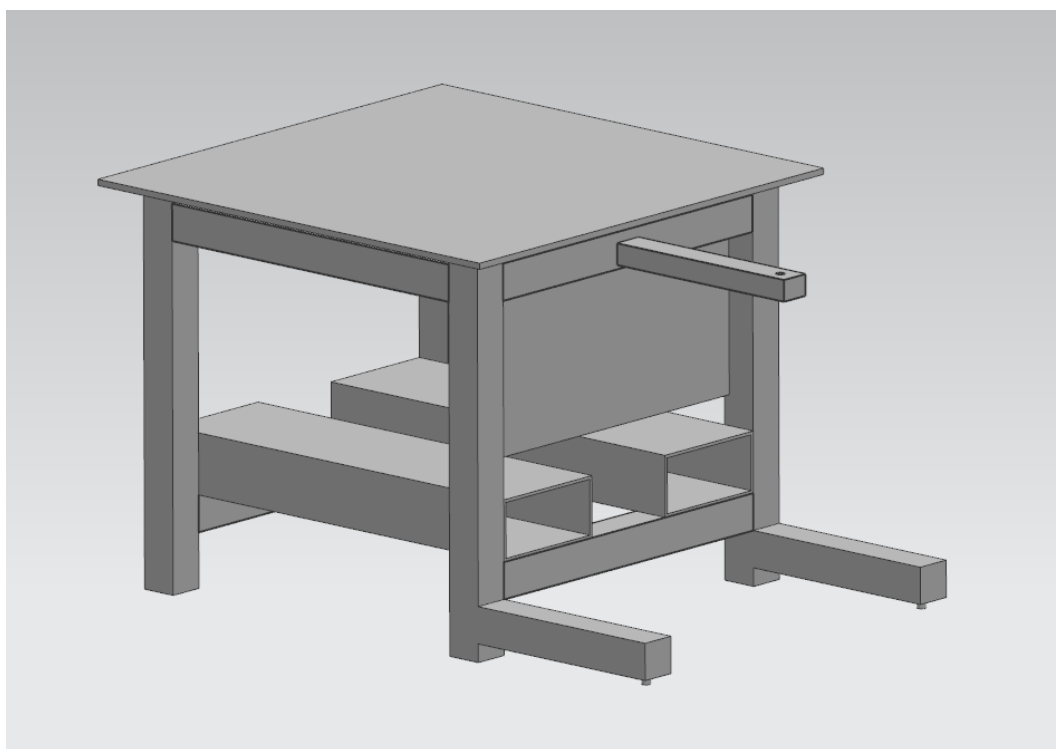


Kuva 13. Asento, jossa lankaosa on koneella ennen katkaisua.

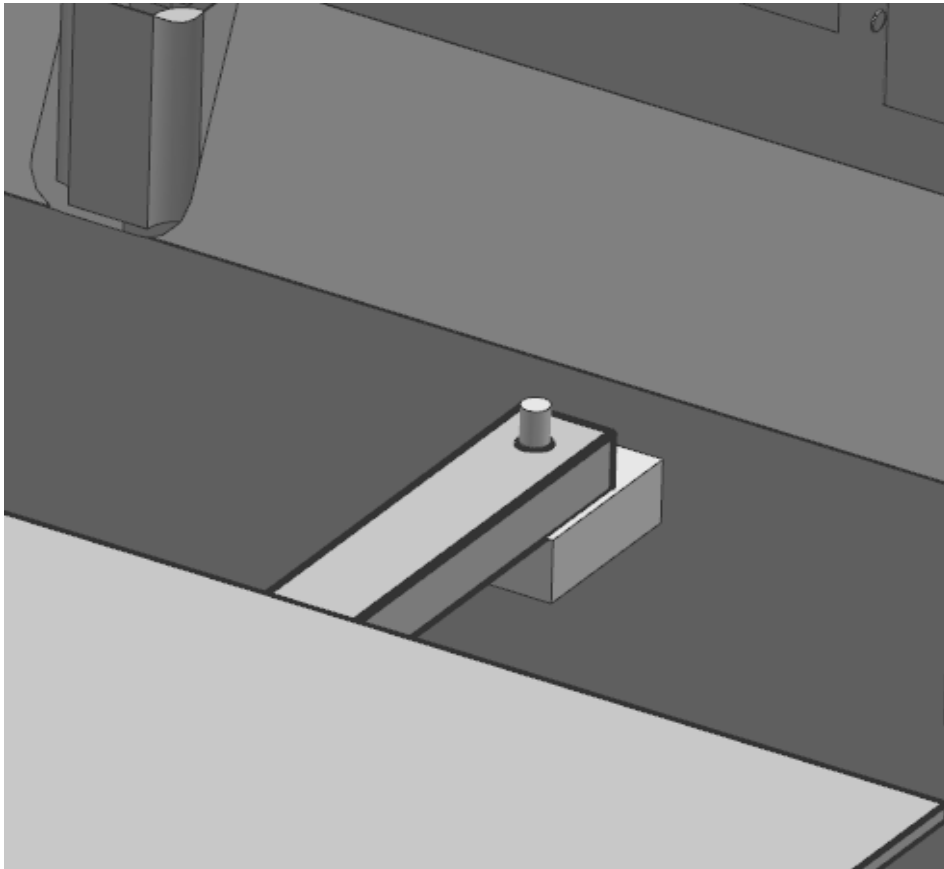
Toisessa versiossa jousiautomaatti tekisi osan niin kuin aikaisemmin ja katkaisun jälkeen osa putoaisi tärykuljettimeen. Lankaosa tulisi tärykuljetinta pitkin robotin ulottuville pystyasennossa, josta robotti saisi tarttua oikeasta kohtaa. Tärykuljetin on kuitenkin kallis ratkaisu ja se veisi tilaa paljon enemmän koneen edestä kuin ensimmäinen versio. Lisäksi lankaosilla olisi mahdollisuus sotkeutua toisiinsa sekä kuljettimeen.

6.3 Robotin pöytä

Robotin pöydän (**Kuva 14.**) vaatimuksena oli, että sen tulisi olla liikuteltava, mutta kuitenkin tukeva. Suunnittelussa lähdettiin siitä, että trukilla tai pumppukärryllä siirrettävä pöytä olisi huomattavasti tukevampi kuin käsisiirrettävä. Pöydän runko olisi yksikertaisuudessaan teräsputkesta ja pöydän alaosassa olisi paikka trukin/pumppukärryn piikeille. Pöydässä olisi säädettävät jalat, jolla pöydän korkeus voitaisiin säätää oikeaksi. Tätä tarvittaisiin myös, jos pöytää käytettäisiin muiden jousiautomaattien yhteydessä. Pöydän takaseinä olisi levyä, johon voitaisiin kiinnittää robotin ohjainlaitteet ja muut sähkö-/paineilmalaitteet. Pöydässä olisi alhaalla kaksi kiinnityspistettä, sekä ylhäällä yksi, josta se lukittaisiin paikoilleen. Pöytä olisi noin 600 – 800 mm korkea, riippuen robotin koosta.



Kuva 14. Liikuteltava pöytä



Kuva 15. Pöydän yläpään kiinnitys koneeseen.

6.4 Pakkaaminen

Myös lankaosan pakkaamiseen tuli useampia erilaisia ideoita.

Yksinkertaisimmillaan osat voitaisiin pakata pöydälle, jossa olisi pystyssä pahviliuskoja telineellä. Robotti toisi tietyn määrän lankaosia yhteen liuskaan, jonka jälkeen se siirtyisi seuraavaan liuskaan. Lopulta, kun robotti olisi saanut pakattua liuskat täyteen, tulisi työntekijän pakata liuskat laatikkoon. Tämän jälkeen hän asettaisi uudet tyhjätkä liuskat pöydälle. Pöydän koko tulisi mitoittaa tarkoin, koska siihen tulisi mahtua noin 60 liuskaa, mikä vastaa 2000 kappaletta, mikä tulisi saada valmiiksi miehittämättömänä.

Toinen järkevä pakkaustyyli olisi kuljetin, jossa pahviliuskat kulkisivat pystyssä. Robotti pakkaisi lankaosan liuskaan, ja kun liuska olisi täynnä, pyörähtäisi kuljetin, jolloin robotilla olisi uusi tyhjä liuska edessä. Tämä versio olisi helpompi myös ohjelmoinnin kannalta, koska robotti toisi osat aina täysin samaan paikkaan. Tätä olisi myös helppo kokeilla käytännössä jollain kuljettimella.

6.5 Suojalaitteen valinta

Edellisessä luvussa esiteltiin teollisuusrobottien suojalaitteita. Paras vaihtoehto tähän työhön on turvalaserskanneri, koska sen avulla solusta voitaisiin saada joustava ja kompaktin kokoinen. Laserskanneri voitaisiin sijoittaa jousikoneen yläosaan kuvaamaan sen etualaa, jossa robottisolun olisi. Toisena vaihtoehtona olisi kuitenkin myös uudenlainen yhteistyörobotti, jolloin suojalaitteita ei tarvittaisi ollenkaan. Toisaalta teollisuusrobotti olisi huomattavasti halvempi kuin yhteistyörobotti, mutta vastaavasti säästöä tulisi suojalaitteiden osalta.

6.6 Työn eteneminen

Toinen tapaaminen oli 23.3, jolloin käytiin läpi työtä ja mitä siihen mennessä oli saatu aikaan. Yritykselle esitettiin suunnitelma tartunnasta, robotin pöydästä, pakkaamisesta sekä kerrottiin erilaisista suojalaitteista. Yrityksessä päätettiin, että ensimmäinen versio tartunnasta on parempi, koska se on vähemmän riskialtis ja halvempi, joten sitä lähdetäisiin jatkojalostamaan. Yrityksen edustajat pitivät myös robotin liikuteltavasta pöydästä, mutta lankaosan pakkaamisesta yrityksessä oli omia näkemyksiä. Keskustelun perusteella päädyttiin siihen, että riittää kun roboti saisi lankaosat pahviliuskoihin, josta työntekijä pakkaa ne omassa tahdissa laatikoihin. Yksinkertaisuudessaan osat pakattaisiin pöydällä pystyssä oleville lius-

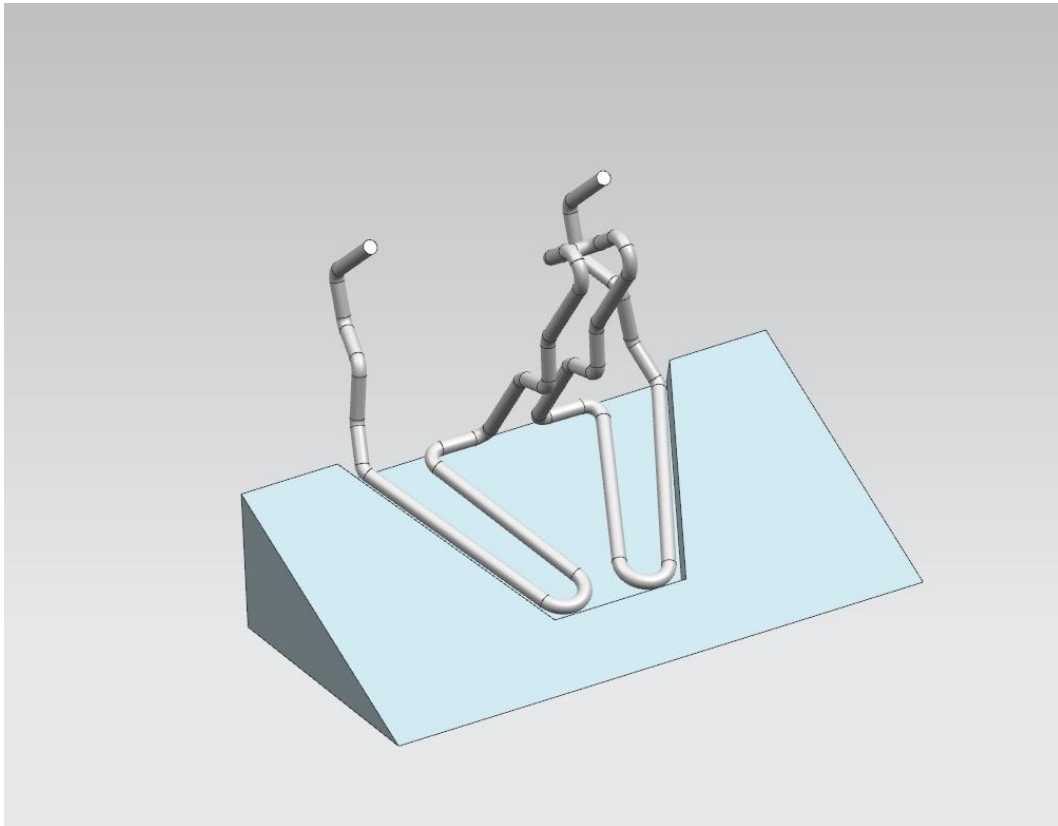
koille, mutta kuljetinidea oli myös varteenotettava vaihtoehto. Yritys piti yhteistyörobottia hyvänä vaihtoehtona, mutta lopullinen robotin valinta tehtäisiin vasta, kun tarttuja ja jigi olisi suunniteltu sekä tiedettäisiin kuinka suuri pöydän tulisi olla, eli mihin asti robotin pitäisi ulottua.

Mukana oli myös ryhmä kolmannen vuoden konetekniikan opiskelijoita, joiden on tarkoitus jatkaa tätä opinnäytetyötä Roboakatemia – projektina, johon kuuluu keväällä suunnittelu ja syksyllä valmistus. Loppuvuodesta he tuovat robotin yritykseen ja pääsevät kokeilemaan testiajoja oikeassa työtilanteessa.

6.7 Jigin suunnittelu

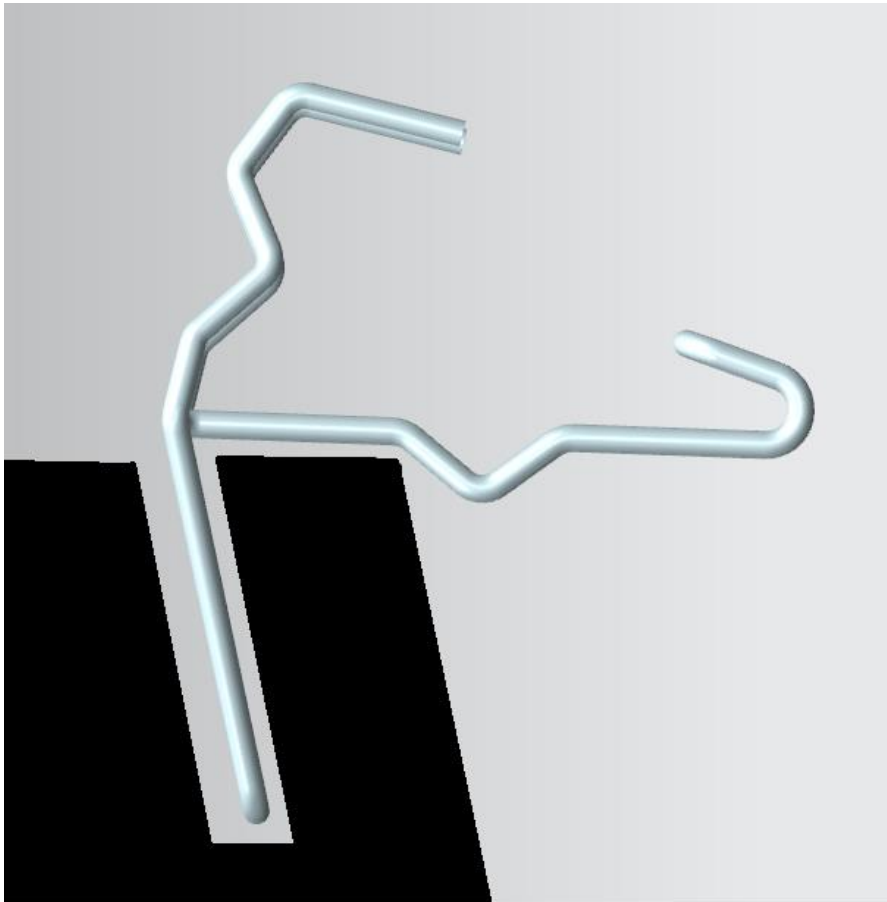
Jigin suunnittelussa oli tärkeää, että sen piti olla yksinkertainen ja nopea, josta robotti saisi helposti oikean tartunnan. Itse suunnittelussa lähdettiin lankaosan muodosta liikkeelle, koska lankaosassa oli V- muotoa, voitiin sitä käyttää apuna paikoittamisessa. Myös maan vetovoimaa voitiin käyttää hyväksi, joten jigistä tehtiin hieman kalteva, joten osa putoaisi pohjaan aina samaan asentoon.

Kun jigiä (**Kuva 16.**) mallinnettiin päätettiin, että siitä tulostetaan 3D- malli. 3D-mallia käytettiin käytännön testeissä, jolloin näimme toimisiko se myös käytännössä. Koska lankaosat eivät olleet täysin samoissa mitoissa kuin 3D-mallit, jouduttiin tekemään useampi versio jigistä. Lopulta saatiin jigi oikeilla mitoilla, joka sopi lankaosaan.



Kuva 16. 3D-malli alkuperäisestä jigistä

Testiajoissa kuitenkin selvisi, että jigi oli hieman liian ahdas osalle, joten robotilla oli vaikeuksia viedä osa sinne. Alkuperäistä jigiä hieman muokattiin, jolloin käytettiin osan eri pintaa keskittämiseen (**Kuva 17.**). Seuraavissa testiajoissa jigi osoittautui hyvin toimivaksi ja robotti onnistui saamaan uuden tartunnan osasta jiggin avulla.



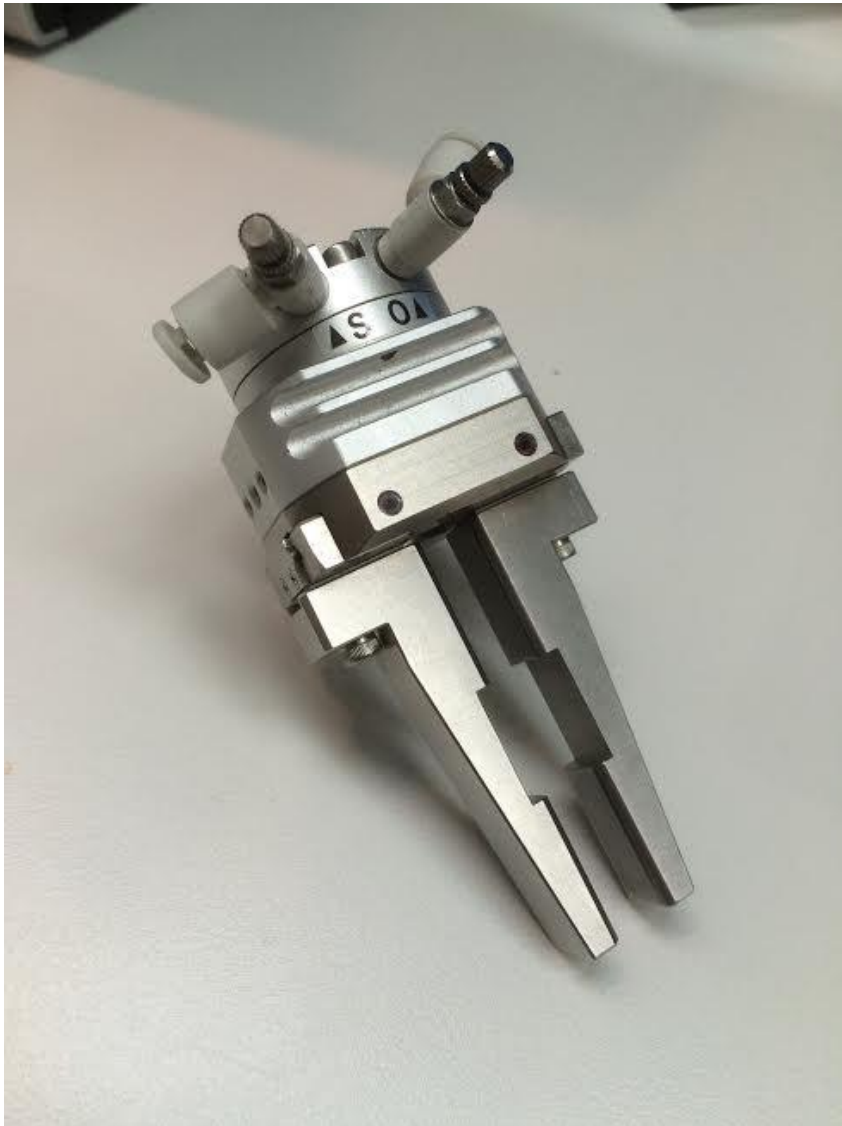
Kuva 17. Periaatekuva, viimeisimmästä jigistä

6.8 Tarttujan suunnittelu

Tässä työssä käytettävän tarttujan tuli olla kevyt ja ulottuva, jotta se ei veisi robotilta kuormankantokykyä. Tarttujan ei tarvitse olla voimakas vaan myös sähkökäyttöinen tarrain kävi hyvin. Tarraimessa piti kuitenkin olla riittävän suuri avautumaliike, jotta osan päästä pystyttiin tarttumaan.

Työssä päädyttiin normaalin 2 – sormitarttujan valintaan, koska sillä onnistuisi hakea osa katkaisuasennosta ja jigin ansiosta sillä pystyttäisiin myös pakkaamaan osa.

Seuraavaksi selvitettiin, millaisia tarttujia koululla oli, koska tarkoitus oli, että tehtäisiin joku käytännön testi tartunnasta. Koululta löytyi muutama hyvä vaihtoehto, mutta parhaimmaksi tähän työhön valittiin SMC:n MDHR2 – 15R, (**Kuva 18.**) jossa oli juuri oikeanlaiset pihtimäiset sormet ja tarttujan auki - ja kiinni-liike oli riittävät. Tarttujan materiaali oli alumiinia, joten se oli myös kevyt. Kun löydettiin oikeanlainen tarttuja, mallinnettiin se myös NX:llä, jotta se saatiin myös robotstudioanimaatioon. Ennen käytännön testejä tarttujalle tehtiin kuitenkin väliadapteri, jotta se voitiin kytkeä koulun robottiin.



Kuva 18. MDHR2 – 15R tarttuja

6.9 Robotin valinta

Robotin valinnassa lähdettiin liikkeelle siitä, että pahviliuskojen paikat, eli mihin asti robotin tuli ulottua, ratkaisi robotin valinnan. Seuraavassa on kaksi mielestäni toimivaa robottia tähän työhön.

Universal UR 5 - robotti, (**Kuva 19.**) yhteistyörobotti, joka ei tarvitse suojalaitteita ja jonka ulottuma olisi jopa 0.8m. Tämä robotti vaatii hieman korkeamman pöydän sekä kuljettimen, jossa pahviliuskat tulisivat robotille. Tämän robotin heikkoutena on sen tarkkuus, joka ilmoitettiin olevan $\pm 0,1\text{mm}$, mikä ei välttämättä riitä tähän työhön.



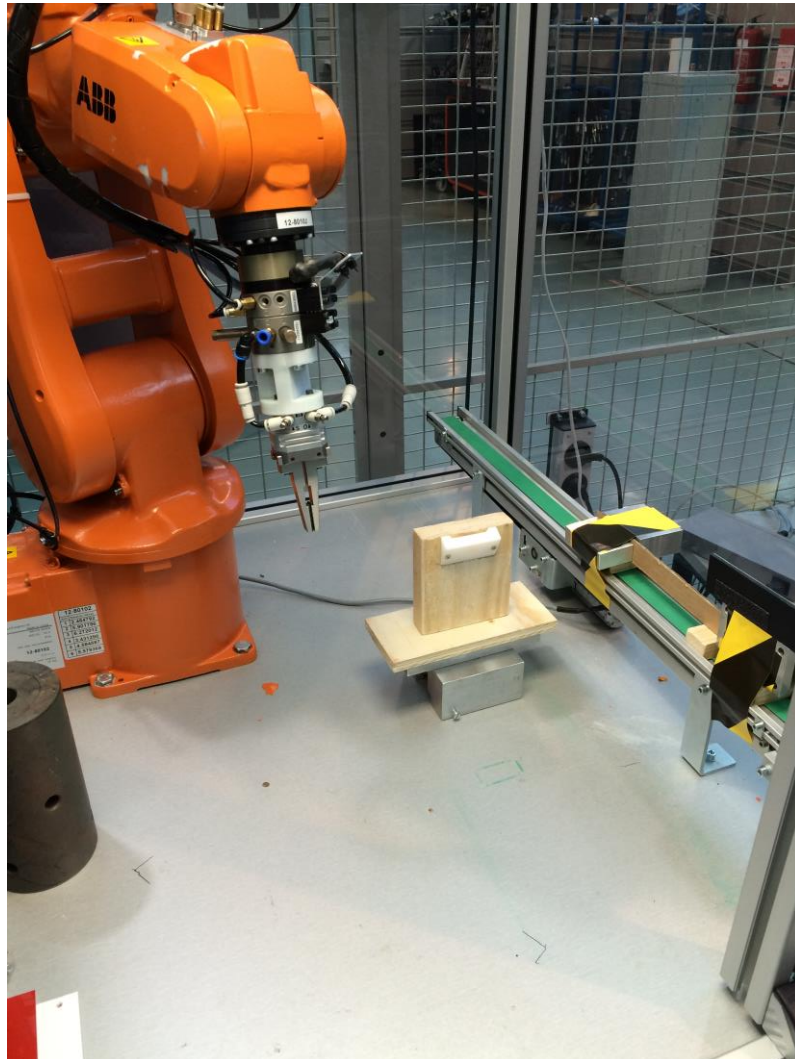
Kuva 19. Kuvassa ABB:n IRB 1200 sekä UR 5 - robotit

Toinen vaihtoehto on koulultakin löytyvä ABB IRB 1200 (**Kuva 19.**) normaali teollisuusrobotti, joka on huomattavasti isompi kuin UR5, mutta sen ulottuma mahdollistaisi osien lastaamisen pahviliuskoille, jotka olisivat tasolla robotin ympärillä. Tälle robotille riittää hieman matalampi pöytä. IRB 1200:ssa tarkkuus on huomattavasti parempi kuin UR 5:ssa, mutta toisaalta tämän robotin käyttö edellyttää suojalaitteita.

6.10 Testiajot

Kuten jo työn alussa suunniteltiin, oli tarkoitus tehdä testiajoja koulun robotilla, jolloin näkisimme toimisiko valittu tarttuja osien liikutteluun. Testeissä nähtiin myös toimisiko jigi osan paikoitukseen. Koulussa olevalle ABB:n IRB 120 -robotille tehtiin väliaikainen solu (**Kuva 20.**), jossa lankaosa päästiin poimimaan lähes samasta asennosta mistä se on koneelta tullessa. Jigille ja pahville tehtiin omat telineet, jotta niiden asennot vastaisivat mahdollisimman hyvin tilannetta yrityksen tuotannossa. Lankaosaan tarttuminen oli aluksi hieman vaikeaa, koska tarraimen sormen pinta oli liukas, jolloin osa ei ollut riittävän tukevasti kiinni. Tarraimen sormien pintaan liimattiin liukuesteteippiä, jolloin kitka parani, ja saatiin tukevampi ote osasta. Kun osaa vietiin jigiiin, huomattiin sen olevan liian ahdas osalle ja jigiiä jouduttiin muokkaamaan. Testiajoja jatkettiin toisena päivänä, jolloin jigiiä oli hieman muokattu. Jigi todettiin toimivaksi ja testiajossa onnistuttiin viemään osa jigille ja siitä pahviliuskaan asti. Automaattiajolla osan vieminen liuskaan kesti n. 10 sekuntia. Eli tämä osoittaa sen, että robotti ehtii viemään osan liuskaan siinä ajassa, kun automaatti tekee uuden lankaosan. Osat eivät tulleet kovin lähekkäin ja siististi pahviin, mutta tätä voidaan parantaa, kun pahviliuska ja jigi saadaan tarkasti paikalleen robottisolussa.

Testiajosta kuvattiin videota, jota voi näyttää yrityksessä sekä esimerkiksi tämän työn esittelytilaisuudessa. Ohjelma tallennettiin (LIITE 1), koska sitä on hyvä käyttää pohjana, kun lähdetään ohjelmoimaan lopullista robottisolua.



Kuva 20. Robottisolu koulutiloissa, jolla testiajot suoritettiin

6.11 Robottisolun kustannusten arviointi

Tämän työn robottisolun kustannusten arviointi on suuntaa antava, eikä kaikkia komponentteja vielä edes tiedetä. Tässä vaiheessa robottisolua käytettäisiin vain yhdessä työvaiheessa, mikä tarkoittaa, että takaisinmaksuajaksi tulisi monta vuotta eikä robotisointi olisi kannattavaa. Pitää kuitenkin huomioida, että tulevaisuudessa robottisolua olisi tarkoitus käyttää useammassa työvaiheissa ja eri automaattien kanssa, jolloin säästöt moninkertaistuisivat.

Robottijärjestelmien kokonaiskustannukset koostuvat yleensä 50 % laitteistosta sekä mekaniikasta, joihin kuuluu robotti itse, oheislaitteet sekä turvalaitteet. Suunnittelu, ohjelmointi sekä asennus vievät n. 30 % kokonaiskustannuksista. Loput 20 % vievät koulutus, projektinjohto sekä robotin käyttöönotto. Jos tähän työhön valitaan normaali teollisuusrobotti, sen lähtöhinta on n. 20 000 euroa. Uusien yhteistyörobottien hinta on yli tuplasti enemmän n. 50 000 euroa, mutta niiden kanssa ei tarvita suojalaitteita, jolloin säästöä tulisi ehkä jopa 10 000 euroa. Työssä käytetyn tarttujan hinta ei kuitenkaan ole kuin n. 500 euroa sekä 3D-tulostetun jiginn hinnaksi tuli muutamia euroja. Pöydän valmistukseen tarvittavia levyjä sekä putkia voi löytyä yritykseltä jo valmiiksi. Yritykseltä löytyy myös hihnakuljetin valmiiksi, jos sitä pakkausvaihtoehtoa päätettäisiin käyttää. Lisäksi käyttöönottoon ja koulutukseen tulisi menemään n. 20 000 euroa.

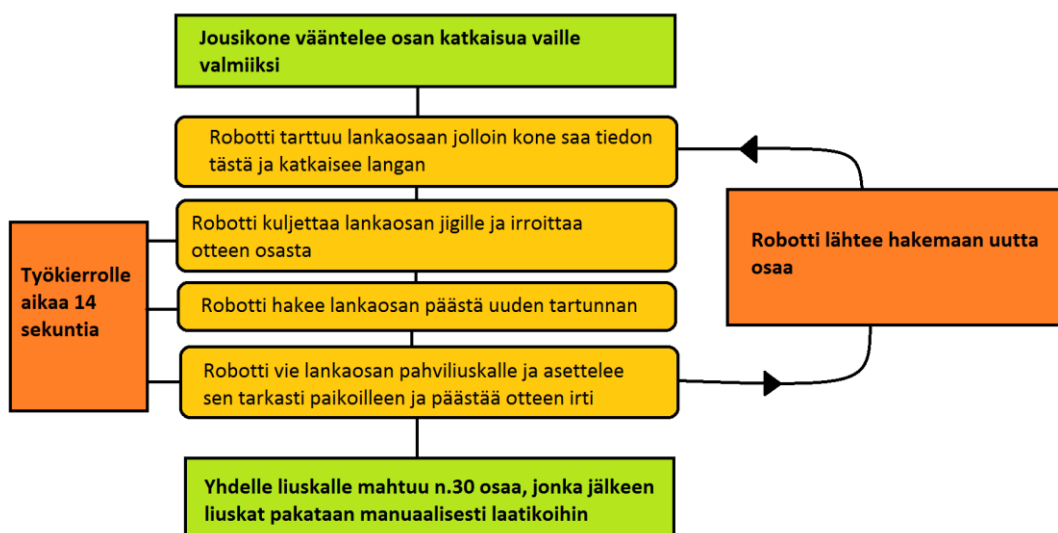
Robottisolu toisi yritykselle säästöä työntekijän palkkakustannusten osalta sekä työntekijä vapautuisi pakkaustehtävistä muihin työtehtäviin. Yritykseltä saadun tiedon mukaan työntekijän palkkakustannukset ovat n. 30 euroa/tunti sivukuluneen. Näin ollen säästöjä tulisi palkkakustannuksissa n. 300 euroa päivässä, mikäli robottisolu toimii keskimäärin 10 tuntia vuorokaudessa. Säästöt kasvavat sitä mukaa, mitä enemmän jousiautomaatti ja robottisolu toimivat ilman valvontaa.

Jousiautomaatti tekee lankaosia 246 kpl:tta tunnissa. Lankaosien menekki on n. 160 000 kpl:tta vuodessa, sisältäen kaikki kolme mallia. Täten automaatin tulisi toimia suunnilleen 650 tuntia vuoden aikana, jotta osat saadaan tehtyä. Mikäli ro-

bottisolu pakkaa kaikki lankaosat palkkakustannuksissa säästetään n. 19 500 euroa (650h*30€/h) vuodessa. Tällöin esimerkiksi 60 000 euroa maksavan solun takaisinmaksuajaksi tulisi 3 vuotta.

7 LOPPUTULOS JA YHTEENVETO

Työn lopputuloksena saatiin suunniteltua toimiva robottisolu jousikoneen yhteyteen pakkaamaan lankaosia. Teimme koulun robotilla käytännön testejä, jossa todettiin työhön valittu tarrain toimivaksi tähän työhön. Myös jigi, joka suunniteltiin tähän työhön, todettiin pienellä kehittämisellä täysin toimivaksi osan paikoittamiseen.



Kuva 21. Työkierto selitetty vuokaavion avulla

8 OMA POHDINTA

Työn alussa oli hieman hankaluuksia, miten työ rajataan, koska ensimmäisessä palaverissa tuli paljon ideoita, mutta työllä oli kuitenkin aikataulu, jossa yritettiin pysyä. Aikataulussa pysyttiin, vaikka lopussa tuli kuitenkin hieman kiire, kun viimeisiä testiajoja suoritettiin koulun robotilla.

Aihe oli todella mielenkiintoinen ja täysin omaa alaa vastaava, sekä sopi myös hyvin suuntautumisvalintaan.

Yritys ei ole päättänyt vielä työn loputtua aiotaanko työn solua toteuttaa, mutta tämän työn pohjalta on hyvä lähteä toteuttamaan pakkauksen robotisointia. Kolmannen luokan opiskelijat tekevät vielä ensi syksyn töitä robottisolun suunnittelun parissa, jonka jälkeen he tuovat robotin yritykseen jolloin päästään testaamaan robottisolun toimivuutta tuotannossa. Uudet ideat mitä työn aikana ilmeni, jaettiin tämän toisen ryhmän kanssa, jolloin he saavat käyttää niitä omassa projektissaan.

Opiskelun aikana käydyistä 3D-mallinnuskursseista oli työn aikana paljon hyötyä, joiden avulla suunniteltujen osien mallinnus oli helppoa. Myös tuotekehitys- ja roboakademia – projekteista oli hyötyä, joista olen oppinut projektien aikataulusta sekä toimimista yritysten kanssa.

Työssä parannettavaa jäi esimerkiksi pöydän kiinnitysten testaaminen käytännössä, sekä pahviliuskojen syötön testaaminen robotille, mutta ryhmä, joka jatkaa tätä työtä, tulee todennäköisesti perehtymään näihin asioihin. Harmittamaan jäi myös kun aika ei riittänyt simulaation tekemiseen. Yritys oli tyytyväinen työn tulokseen, koska työssä nähtiin, että osan poimiminen koneelta ja sen vieminen pahviin on mahdollista robotin avulla.

LÄHTEET

- /1/ Jurvan Jousi Oy:n nettisivut, Viitattu 28.3.2016. <http://www.jurvanjousi.fi>
- /2/ Malm, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. 1.painos. Helsinki. Hakapaino Oy
- /3/ Aaltonen, K. & Torvinen, S. 1997. Konepaja-automaatio. 1. Painos. Porvoo. WSOY
- /4/ Nof, S. 1999. Handbook of industrial robotics. 2. Painos. John Wiley & Sons, inc.
- /5/ Lahden ammattikorkeakoulu. 2008. Automaatio ja robotiikka, Viitattu 1.4.2016
http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf
- /6/ Salmi, T. Väätäinen, O. & Malm, T. Marstio, I. 25.9.2013. Ihmisen ja robotin yhteistyö. Robotiikan ABC – Käyttäjäturvallinen robotiikka. VTT
- /7/ L 23.8.2002/738 Työturvallisuuslaki, Viitattu 1.4.2016
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

LIITTEET

Liite 1

Testiajon ohjelma:

MODULE MainModule

```

        CONST          robtarget          p40:=[[96.57,-
428.39,247.19],[0.70163,-0.0739755,-0.0763443,-
0.704567],[-1,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p50:=[[293.48,-
540.16,347.69],[0.491587,-0.498264,-0.512177,-
0.497744],[-1,-
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p60:=[[291.21,-
414.98,345.04],[0.491583,-0.498268,-0.512175,-
0.497747],[-1,-
2,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p70:=[[264.02,-
239.39,246.54],[0.528555,-0.452308,-0.454792,-
0.556068],[0,-
1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p80:=[[264.02,-
239.39,216.26],[0.534782,-0.444591,-0.447454,-
0.562256],[0,-
1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p90:=[[260.93,-
240.67,316.33],[0.689236,-0.0108835,-0.0187365,-
0.724213],[-1,-
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p100:=[[278.70,-
248.51,222.23],[0.647354,0.288469,0.280575,-
0.647299],[-1,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p110:=[[278.18,-
248.51,184.95],[0.632308,0.32089,0.313012,-0.631854],[-
1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p120:=[[273.70,-
250.49,222.19],[0.632312,0.320888,0.313009,-
0.631852],[-1,0,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
        CONST          robtarget          p130:=[[277.13,-

```



```

106.03,331.26],[0.692549,-0.0888001,-0.111448,-
0.707157],[-1,-
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          p140:=[[453.21,-
304.60,233.54],[0.692547,-0.0887969,-0.111452,-
0.707158],[-1,-
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          p150:=[[453.53,-
295.87,202.09],[0.632449,-0.283987,-0.304454,-
0.653198],[-1,-
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          p160:=[[454.73,-
295.87,167.87],[0.616719,-0.315759,-0.335176,-
0.638444],[-1,-
1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          p170:=[[102.63,-
295.60,280.67],[0.70147,-0.0638933,-0.0887326,-
0.704262],[-1,-1,-
1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST          robtarget          p180:=[[454.74,-
295.87,289.20],[0.616722,-0.315757,-0.335175,-
0.638443],[-1,-
1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
VAR num ysiirto:=0;
PROC main()
  Ysiirto:=0;
  FOR i FROM 1 TO 4 DO
    !Tähän kohtaan odotus WaitDi, jolla lupa au-
    tomaatilta noutoon
    haku;
    vie;
    !Stop;
  ENDFOR
ENDPROC
PROC haku()
  MoveJ p40, v400, z100, gripper_jousi;
  MoveJ p60, v400, z100, gripper_jousi;
  MoveL p50, v400, fine, gripper_jousi;
  Reset DO_gripper_close;
  WaitTime 1;
  MoveL p60, v400, z100, gripper_jousi;
  !Tähän kohtaa automaatile lupa aloittaa te-
  kemään uutta osaa
  MoveJ p70, v400, z100, gripper_jousi;
  MoveL p80, v400, fine, gripper_jousi;
  Set DO_gripper_close;

```

```

WaitTime 1;
!Tässä kohdassa robotti on vienyt osan jigil-
le ja lähtee hakemaan uutta tartuntaa
MoveL p90, v400, z100, gripper_jousi;
MoveL p100, v400, z100, gripper_jousi;
MoveL p110, v400, fine, gripper_jousi;
Reset DO_gripper_close;
WaitTime 1;
MoveL p120, v400, z100, gripper_jousi;
MoveL p130, v400, z100, gripper_jousi;
ENDPROC
!Haku ohjelma loppuu kun robotilla on tartun-
ta osan päästä ja robotti nousee jigiltä hie-
man ylöspäin
PROC vie()
MoveL p140, v400, z100, gripper_jousi;
MoveL p150, v400, z100, gripper_jousi;
!Vie-ohjelmassa robotti käyttää offsettiä eli
tässä tapauksessa ysiirtoa viemään osat pah-
viliuskalle
MoveL Offs(p160,0,ysiirto,50), v400, z50,
gripper_jousi;
MoveL Offs(p160,0,ysiirto,0), v400, fine,
gripper_jousi;
Set DO_gripper_close;
WaitTime 1;
MoveL Offs(p160,0,ysiirto,50), v400, z50,
gripper_jousi;
MoveL p180, v400, z100, gripper_jousi;
MoveL p170, v400, z200, gripper_jousi;
Ysiirto:=ysiirto - 12;
!Ysiirto saa arvon -12mm eli seuraava osa tu-
lee liuskalle 12mm päähän edellisestä
ENDPROC
ENDMODULE

```