



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Laurila

# ROBOTTINAULAIMEN SUUNNITTELU

Kotasen Puutyö Oy

Tekniikka  
2019

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Laurila
Opinnäytetyön nimi	Robottinaulaimen suunnittelu
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	32
Ohjaaja	Osku Hirvonen

---

Teollisuusrobottien käyttö teollisuudessa on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosikymmenen aikana. Syynä tähän on automaation yleistyminen ja jatkuva teollisuusrobottien tekninen kehitys. Opinnäytetyön taustalla on tarve parantaa kertakäyttölavojen kokoonpanovaiheen ergonomiaa työntekijöiden eduksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja testata työkalu sekä robotin ohjelma, joiden avulla robotti voi naulaamalla kokoonpanna ja tämän jälkeen pinota erikoisia puusta valmistettuja kertakäyttölavoja.

Opinnäytetyö voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen, jotka ovat robotin työkalun suunnittelu ja robotin ohjelman teko. Kun idea työkalun rakenteesta ja toiminnasta oli selvillä, siitä luotiin mallinnukset sekä piirustukset valmistusta varten. Robotin ohjelma tehtiin käyttäen ABB RobotStudio -simulointiohjelmistoa.

Opinnäytetyön tuloksina ovat robotin työkalun kokoonpanomalli ja sen valmistukseen tarvittavat piirustukset sekä simulaatio kertakäyttölavojen kokoonpanosta robotilla. Työkalun ja ohjelman fyysinen testaus jäi tästä opinnäytetyöstä ajanpuutteen vuoksi pois.

## ABSTRACT

Author	Joni Laurila
Title	Designing of Robot Nailer
Year	2019
Language	Finnish
Pages	32
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

---

The objective of the thesis was to design and to test a tool and a program that allows a robot to assemble wooden pallets of different sizes using nails. After the assembly, the robot should be able to stack the pallets on the floor. The reason behind this thesis was the need to improve the assembly ergonomics of wooden pallets.

The thesis consisted of two main phases that were designing the robot's tool and programming the robot. After an idea for the structure of the tool was clear a 3D-models of the tool were created and the drawings to manufacture it were made. The program for the robot was made by using the ABB RobotStudio simulation software.

The results of this thesis were an assembly model of the robot tool and the drawings to manufacture it, and a simulation showing a robot assembling wooden pallets using the designed tool. Because of lack of time the tool or the program were not tested on a real robot.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	TEOLLISUUSROBOTIT.....	8
	2.1 Teollisuusrobottitilastot maailmalla.....	9
3	KÄYTETYT OHJELMISTOT.....	11
	3.1 Siemens NX 10.....	11
	3.2 ABB RobotStudio 6.08.....	11
4	ROBOTIN TYÖKALUN SUUNNITTELU.....	12
	4.1 Robotin työkalu.....	12
	4.2 Lähtötiedot.....	12
	4.3 Suunnittelun alkuvaihe.....	13
	4.4 Naulapyssyn mallinnus.....	14
	4.5 Joustomekanismin mallinnus.....	14
	4.6 Työkalurungon suunnittelu ja mallinnus.....	15
	4.7 Nostomekanismi.....	16
	4.8 Robotin työkalun kokoonpanomalli.....	16
	4.9 Robotin ulottuvuuden tarkistus.....	17
	4.10 Piirustukset.....	18
5	ROBOTIN OHJELMOINTI.....	19
	5.1 Alkumäärittelyt.....	19
	5.2 Paikkapisteiden määrittely.....	20
	5.3 Konfiguraatioiden määrittely.....	21
	5.4 Liikekäskyt.....	23
	5.5 SmartComponent-laitteet.....	23
	5.6 I/O-signaalit.....	25
	5.7 RAPID-ohjelmarakenne.....	25
	5.8 Aliohjelma.....	26
	5.9 Simulaatio.....	28

6 YHTEENVETO .....	31
LÄHTEET.....	32

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Uusien teollisuusrobottien määrä teollisuusaloittain. Kuvakaappaus IFR World Robotics 2018 /4/.....	8
<b>Kuva 2.</b> Arvioitu uusien teollisuusrobottien määrä vuosittain. Kuvakaappaus IFR World Robotics 2018 /4/.....	9
<b>Kuva 3.</b> Teollisuusrobottien asennukset Suomessa. Kuvakaappaus Teollisuusrobottitilastot 2016 /5/.....	10
<b>Kuva 4.</b> Joustomekanismin mallinnus.....	15
<b>Kuva 5.</b> Uudelleensuunniteltu työkalurunko.....	16
<b>Kuva 6.</b> Robotin työkalun kokoonpanomalli.....	17
<b>Kuva 7.</b> Robotin työkalulaippa.....	19
<b>Kuva 8.</b> Työkalukoordinaatisto, x-, y- ja z-akselit.....	20
<b>Kuva 9.</b> Paikkapisteitä.....	21
<b>Kuva 10.</b> Esimerkki erilaisista konfiguraatioista.....	21
<b>Kuva 11.</b> Akselien asentokulmien nykyiset ja maksimiarvot.....	22
<b>Kuva 12.</b> Esimerkki liikekäsystä.....	23
<b>Kuva 13.</b> SmartComponent-laitteet.....	24
<b>Kuva 14.</b> Logiikkakaavio.....	24
<b>Kuva 15.</b> Simulaatiossa tarvittavat signaalit lisättynä.....	25
<b>Kuva 16.</b> Signaalien linkitys.....	25
<b>Kuva 17.</b> Osa Data-kentästä.....	26
<b>Kuva 18.</b> Pääohjelma.....	26
<b>Kuva 19.</b> Offset-liikekäsky. Paikoitus pisteen p1 suhteen -50mm x-akselilta ja 50mm z-akselilta.....	27
<b>Kuva 20.</b> Offset-liikekäsken mukainen paikoitus.....	27
<b>Kuva 21.</b> Kuvakaappaus simulaation kokoonpanovaiheesta.....	28
<b>Kuva 22.</b> Viimeinen naulauspaikka.....	29
<b>Kuva 23.</b> Kääntöpöydän kääntövaihe.....	30

## 1 JOHDANTO

Kotasen Puutyö Oy on merkittävä puutavaran jatkojalostaja Suomessa. Vuonna 1981 perustettu perheyritys aloitti toimintansa pakkaustuotteiden valmistuksella. Nykyään tuotanto koostuu pakkaustuotteista teollisuuden kuljetustarpeisiin ja kattoristikkoista talotehtaille, rakennus- ja tukkuliikkeille sekä yksityisrakentajille./1/

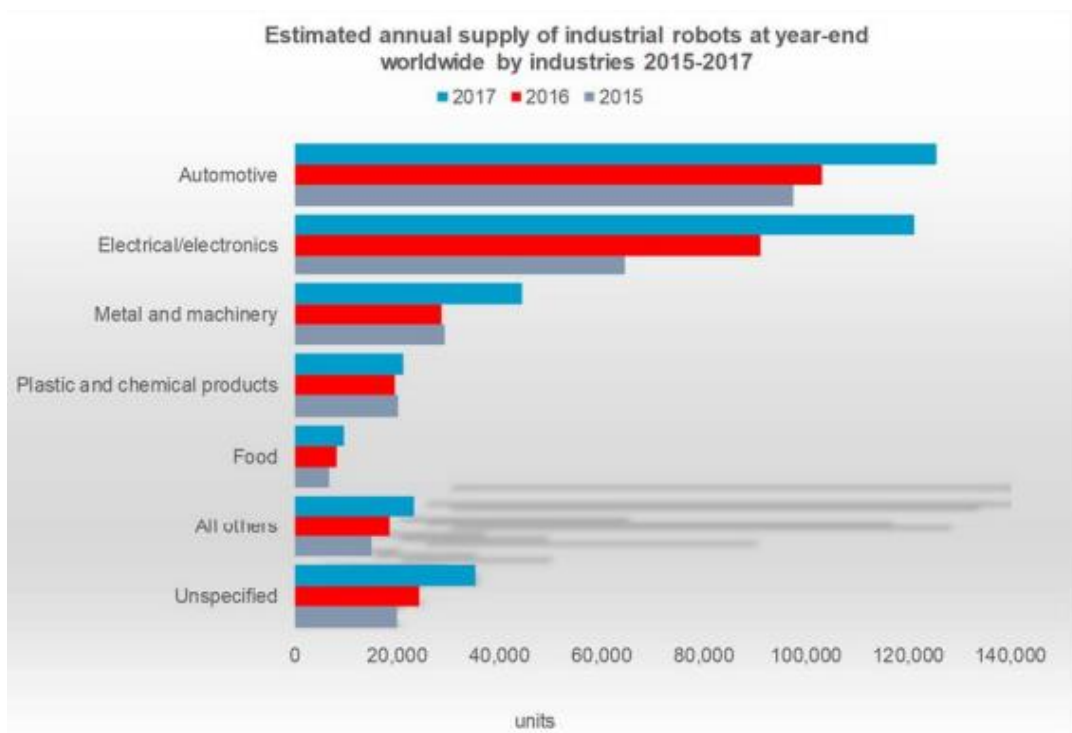
Kertakäyttölavojen tuotantomäärät ovat suuria ja niiden kokoonpano ja pinoaminen tapahtuu käsikäyttöisillä työkaluilla sekä käsin. Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja testata työkalu, jonka avulla robotti voi naulaamalla kokoonpanna ja tämän jälkeen pinota erikokoisia puusta valmistettuja kertakäyttölavoja. Näiden työvaiheiden robotisoinnilla on ergonomisesti positiivinen vaikutus työntekijöihin.

Opinnäytetyössä keskitytään teollisuusrobotteihin yleisesti, työkalun suunnitteluun ja mallintamiseen, robotilta vaadittaviin ominaisuuksiin, robotin ohjelmointiin EUR-lavalle sekä työkalun ja ohjelman testaukseen simuloimalla. Osa työn tuloksista ei ole saatavilla työn tilaajan tahdosta.

## 2 TEOLLISUUSROBOTIT

Sana robotti tulee tšekinkielisestä sanasta robota, joka tarkoittaa pakkotyötä. Yleisesti robotilla tarkoitetaan mekaanista laitetta, joka osaa jollain tavoin toimia fyysisessä maailmassa. Teollisuusrobotilla tarkoitetaan tietokoneohjattua työkappaleita tai työvälineitä käsittelevää yleiskäyttöistä robottia. Yleiskäyttöisyys tarkoittaa sitä, että samaa robottia voidaan käyttää useisiin käyttötarkoituksiin ja ohjelma, jonka mukaan robotti toimii, on helposti muutettavissa./2/

Ensimmäiset teollisuusrobotit tulivat jo 1960-luvun lopulla autoteollisuuteen, jolla on edelleen suuri merkitys robottitekniikan kehityksessä. Vuonna 2017 uusista teollisuusroboteista 33 % meni autoteollisuuden käyttöön. Autoteollisuuden lisäksi robotteja käytetään paljon elektroniikka-, metalli-, muovi- ja elintarviketeollisuudessa (Kuva 1). Robotit esimerkiksi poimivat, pakkaavat, hitsaavat, hiovat ja maalaavat. Roboteilla saavutetaan ihmistä parempi nopeus ja tarkkuus monissa työtehtävissä, ja niiden ansiosta työntekijöiden ei enää tarvitse tehdä vaarallisia tai yksitoikkoisia työtehtäviä./2, 3, 4/



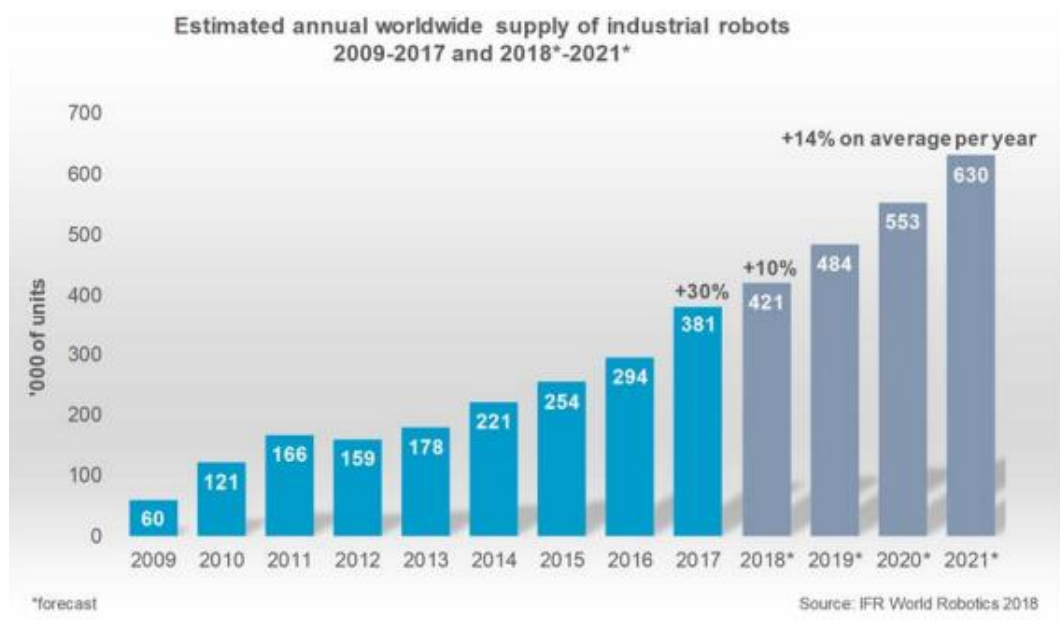
**Kuva 1.** Uusien teollisuusrobottien määrä teollisuusaloittain. Kuvakaappaus IFR World Robotics 2018 /4/.



## 2.1 Teollisuusrobottitilastot maailmalla

Vuodesta 2010 lähtien vuosittainen teollisuusrobottien tarve on kasvanut räjähdysmäisesti. Syynä tähän on automaation yleistymisen sekä jatkuva teollisuusrobottien tekninen kehitys. Vuodesta 2012 vuoteen 2017 robottien myynti kasvoi vuosittain keskimäärin 19 % (Kuva 2).

Teollisuusrobottien määrä maailmalla oli vuonna 2010 noin miljoona yksikköä, ja vuonna 2017 robotteja oli jo noin 2,1 miljoonaa. Arvioiden mukaan vuoteen 2021 mennessä teollisuusrobottien määrä kasvaisi 3,8 miljoonaan yksikköön.



**Kuva 2.** Arvioitu uusien teollisuusrobottien määrä vuosittain. Kuvakaappaus IFR World Robotics 2018 /4/.

73 % kaikista myydyistä teollisuusroboteista menevät Kiinaan, Japaniin, Etelä-Koreaan, Yhdysvaltoihin ja Saksaan. Vuodesta 2013 lähtien Kiinaan on myyty eniten robotteja, ja vuonna 2017 myydyistä roboteista kaikkiaan 36 %, eli noin 140 000 myytiin Kiinaan./4/

Suomessa ei aivan päästä Kiinan tasolle uusien teollisuusrobottien käyttöönotossa. Vuonna 2016 Suomessa otettiin käyttöön 699 uutta teollisuusrobottia (Kuva 3). Arvioiden mukaan Suomessa on noin 5000 robottia hyötykäytössä. Niiden yleisin

käyttökohde on kappaleenkäsittelytehtävät 58 %:n osuudella kaikista Suomen ro-  
boteista. Hitsaus on toisena 22 %:n osuudella /5/.



**Kuva 3.** Teollisuusrobottien asennukset Suomessa. Kuvakaappaus Teollisuusro-  
bottitilastot 2016 /5/.

### **3 KÄYTETYT OHJELMISTOT**

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyössä käytetyt ohjelmistot. Ohjelmistoille löytyy samankaltaisia vaihtoehtoja, mutta päätin käyttää kyseisiä ohjelmistoja, koska ne ovat koulutukseni aikana tulleet tutuiksi.

#### **3.1 Siemens NX 10**

Siemens NX on 3D-suunnitteluohjelmisto, joka kehitettiin yhdistämällä I-DEAS- ja Unigraphics-ohjelmistojen toimintoja. Sen rakenne on modulaarinen, joka tarkoittaa, että se sisältää valikoiman erilaisia toimintoja, jotka voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa. Modulaarisuuden ansiosta asiakkaan ei tarvitse myöskään maksaa ominaisuuksista, joita ei tarvita kyseisessä yrityksessä. Valittavissa olevia moduuleja ovat esimerkiksi tuotesuunnittelu, CAM eli tietokoneavusteinen valmistus, muotoilu, hitsatut rakenteet, putkistot, työkalusuunnittelu, liikeratojen simulointi sekä lujuusanalyysit./6/

#### **3.2 ABB RobotStudio 6.08**

RobotStudio on ABB:n kehittämä simulointi- ja offline-ohjelmointiohjelmisto. Ohjelmistolla voidaan ohjelmoida robotit etänä tietokoneella tuotantoa pysäyttämättä. Offline-ohjelmoinnin etuja ovat esimerkiksi lisääntyvä tuottavuus ja riskien väheneminen. Myös koulutus- ja optimointitehtävät voidaan suorittaa varsinaista tuotantoa häiritsemättä.

Ohjelmisto perustuu ABB VirtualControlleriin eli tarkkaan kopioon tuotantokäytössä olevien robottien ohjausohjelmistosta. Erittäin realistinen simulointi saavutetaan käyttämällä ohjelmistossa samoja robottiohjelmiä ja määrittystiedostoja kuin tuotanto-ohjelmistoissakin./7/

## 4 ROBOTIN TYÖKALUN SUUNNITTELU

### 4.1 Robotin työkalu

Robotti tarvitsee tarraimen tai työkalun suorittaakseen erilaisia työtehtäviä. Tarraimet ovat yleensä pihtimäisiä tai imukupeilla toimivia. Työkaluja ovat esimerkiksi hitsauspistoolit, porakoneet ja maaliruiskut. Tarraimet ja työkalut voivat olla kiinni työkalunvaihtolaipassa, minkä ansiosta robotti voi vaihtaa työkalua työtehtävän tarpeeseen. Tarraimen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tarraimen sekä siirrettävän kappaleen yhteenlaskettu paino, joka ei saa ylittää robotin maksimikuormitusta.

### 4.2 Lähtötiedot

Opinnäytetyön aloitustilaisuus pidettiin vuoden 2018 joulukuussa Kotasen Puutyö Oy:n toimitiloissa. Tilaisuudessa tutustuttiin yritykseen sekä opinnäytetyön aiheeseen. Opinnäytetyön tekoon tarvittavat lähtötiedot selvitettiin myös tilaisuudessa.

Ideana on, että robotin ja työntekijän välissä on kääntöpöytä, jossa on helposti muutettavissa olevat sovitteet tietynlaisten kertakäyttölavojen mittojen mukaan. Työntekijä asettaa puutavaran sovitteiden väliin, minkä jälkeen kääntöpöytä kääntyy 180 astetta ja robotti kokoonpanee kertakäyttölavan naulaamalla. Tämän jälkeen robotti siirtää valmiin lavan pois kääntöpöydältä pinoon lattialle. Robotin työskennellessä työntekijä voi kääntöpöydän toisella puolella asettaa seuraavan kertakäyttölavan osat valmiiksi sovitteiden väliin. Kun työntekijä on asettanut uuden lavan osat paikoilleen ja robotti on siirtänyt edellisen lavan pois, kääntöpöytä kääntyy taas ympäri ja robotti aloittaa työkierron alusta.

Lähtötietoina sain myös suurimman robotilla kokoonpantavaksi ajatellun kertakäyttölavan mitat ja painon, sekä niiden perusteella suunnitellun kääntöpöydän mitat. Robotin työkalussa tulisi olla kaksi naulapysäyttä, jotta erikokoisten naulojen käyttö samanaikaisesti onnistuu.

Puu materiaalina on hankala, koska se on usein kiero johonkin suuntaan. Tämän takia työkalussa tulisi olla jonkinlainen joustomekanismi, jolla vältytään siltä, että

robotti ei paina naulapyssyä liian lujaa kiinni puuhun, jonka seurauksena naulapyssy tai kertakäyttölava hajoaa.

Sain myös piirustukset erään naulapyssyvalmistajan tuotteesta, jota robotin työkalussa tulnaisiin käyttämään.

### **4.3 Suunnittelun alkuvaihe**

Aloitin työkalun suunnittelun miettimällä minkälaisella ratkaisulla naulapyssyiltä vaadittu jousto voitaisiin toteuttaa. Päädyin kolmeen vaihtoehtoon, tavallisten kierrejousien avulla, iskunvaimentimien avulla tai paineilmasyylintereiden avulla. Näistä kolmesta päädyin lopulta valitsemaan kierrejousien avulla toteutetun joustomekanismin. Syyt valintaan olivat kierrejousien halpa hinta muihin vaihtoehtoihin verrattuna, niiden varmatoimisuus ja yksinkertaisuus sekä luonnos toimivasta joustomekanismista kierrejousien avulla, jonka olin tehnyt.

Joustomekanismia suunnitellessani päätin myös tehdä robotin työkalusta modulaarisen, joka tarkoittaa sitä, että erilaiset osakokonaisuudet ovat helposti irrotettavissa ja vaihdettavissa. Samalla yritin pitää työkalun osat mahdollisimman yksinkertaisina toimivuuden ja valmistettavuuden kannalta.

Kun idea joustomekanismin toteuttamisesta oli valmis, aloin suunnittelemaan kuinka naulapyssyt kiinnitetään joustomekanismiin. Lähtötietona saamastani naulapyssyn piirustuksesta selvisi, että naulapyssyyn on valmistajan toimesta asennettu valmiiksi laitteita, jotka ovat välttämättömiä, kun naulapyssyä halutaan käyttää robotilla. Näitä laitteita ovat esimerkiksi naulantunnistin ja laukaisumekanismi. Naulantunnistin antaa signaalin, kun naulapyssyn lippaassa ei ole nauloja jäljellä. Signaalia voidaan käyttää robotin ohjelmassa keskeyttämään työkierto siihen asti, että lippaaseen on lisätty nauloja. Laukaisumekanismin avulla robotin ei tarvitse painaa naulapyssyn liipaisinta vaan riittää, että robotilta lähtee signaali laukaisumekanismille, joka sen jälkeen painaa liipaisimen pohjaan. Piirustuksesta selvisi myös, että valmistaja on lisännyt naulapyssyyn liitosmutterin, jonka avulla naulapyssy saadaan kiinnitettyä muihin laitteisiin.

Päästyäni suunnittelussa tähän vaiheeseen aloitin työkalun mallintamisen Siemens NX 10 -ohjelmistolla.

#### **4.4 Naulapyssyn mallinnus**

Robotin työkalun mallintamisen aloitin naulapyssyn mallintamisella. Lähtötietona saadusta piirustuksesta sain toimintamitat, joiden perusteella mallinsin naulapyssyn.

#### **4.5 Joustomekanismin mallinnus**

Aloitin mallintamaan joustomekanismin osia suunnittelemani luonnoksen mukaan. Monesta osasta koostuvia kokonaisuuksia mallinnettaessa on tärkeää tehdä jokaisesta osasta oma mallinsa, koska mahdollisten muutosten teko jälkeempään on paljon yksinkertaisempaa tällä tavoin.

Viimeisenä joustomekanismin osista mallinsin kierrejousen. Jouselta vaaditaan oikeastaan vain yksi ominaisuus tässä käyttötarkoituksessa. Jousen puristukseen tarvittavan voiman tulee olla enemmän, kuin naulapyssyn piipussa olevan varmistimen pohjaan painamiseen vaadittu voima. Arvioin varmistimen vaativan maksimissaan viiden kilogramman voiman pohjaan painuakseen, joten jousien tulee olla sitä jäykemmät.

Kun jokainen joustomekanismin osista oli mallinnettu, tein niistä koostuvan kokoonpanomallin (Kuva 4).

# KUVA SALATTU

**Kuva 4.** Joustomekanismin mallinnus.

## 4.6 Työkalurungon suunnittelu ja mallinnus

Ensimmäinen suunnitelmani oli valmistaa työkalun runko yhdestä teräslevystä, jossa olisi reiät jokaisen komponentin pulttikiinnitystä varten. Mallinsin työkalun rungon valmiiksi ja tein kokoonpanomallin, jossa runkoon on kiinnitetty molemmat naulapyssyt joustomekanismien kanssa. Tässä vaiheessa huomasin mahdollisen suunnitteluvirheen työkalun rungossa. Teräslevy voisi mahdollisesti väsyä ja lopulta murtua käyttökohteesta johtuvan vaihtelevan ja toistuvan kuormituksen takia. Päätin suunnitella työkalurungon uudelleen.

Työkalurungon uudelleensuunnittelussa keskityin tekemään rakenteesta lujan, mutta samalla pitämään sen yksinkertaisena sekä kevyenä. Uusi työkalurunko koostuu kahdesta neliöputkipalkista ja niihin hitsatuista teräslevyistä, joissa on reiät komponenttien sekä robotin työkalulaipan pulttikiinnitystä varten. Uudel-

leensuunniteltu työkalurunko kestää kuormitusta vanhaa runkoa paremmin ja se on myös kevyempi. Suunniteltuani työkalurungon valmiiksi mallinsin sen jokaisen osan erikseen, jonka jälkeen tein osista koostuvan kokoonpanomallin (Kuva 5).



**Kuva 5.** Uudelleensuunniteltu työkalurunko.

#### **4.7 Nostomekanismi**

Robotin työkaluun tarvittiin mekanismi, jonka avulla robotti voi nostaa kertakäyttölavat kääntöpöydältä ja tämän jälkeen pinota ne lattialle.

Nostomekanismia ei julkaista tässä opinnäytetyössä työn tilaajan tahdosta.

#### **4.8 Robotin työkalun kokoonpanomalli**

Kun kaikki työkalun osakokonaisuudet oli mallinnettu, tein kokoonpanomallin robotin työkalusta (Kuva 6).





**Kuva 6.** Robotin työkalun kokoonpanomalli.

#### **4.9 Robotin ulottuvuuden tarkistus**

Työkalun kokoonpanomallin valmistuttua mallinsin vielä lähtötietoina saamieni kuvien mukaisesti kääntöpöydän ja kertakäyttölavan. Tämän jälkeen loin RobotStudioon tyhjän robottisolun, jonne toin kääntöpöydän, kertakäyttölavan sekä robotin työkalun mallit ensimmäistä testiä varten. Yleisesti robottisolulla tarkoitetaan robottia ja sen toimintaan liittyviä laitteita ja tavaroita.

Työn tilaajan kanssa pitämässämme seurantalavereissa oli tultu siihen tulokseen, että todennäköisin valinta robotiksi tulee olemaan ABB:n valmistama IRB 6700 -malli. Mallista löytyy erilaisia variaatioita ja suurimmat erot ovat ulottuvuuden ja kuormakapasiteetin välillä. Ulottuvuus vaihtelee välillä 2,6 m–3,2 m. Kuormakapasiteetti taas vaihtelee välillä 140 kg–300 kg /8/. Testejä ja simulaatioita varten valitsin RobotStudiosta mallin, jonka ulottuvuus on 2,8 m ja kuormakapasiteetti 205 kg.

Ensimmäisen testin tarkoitus oli selvittää ulottuvuuden kannalta, onko kyseisellä robotilla sekä työkalulla mahdollista kokoonpanna kertakäyttölavoja. Kuormakapasiteetin riittävyttä ei testata, sillä robotin työkalun sekä kertakäyttölavan yhteenlaskettu paino jää reilusti sen alapuolelle. Tässä vaiheessa opinnäytetyötä en vielä keskittänyt robotin ohjelmointiin sen tarkemmin. Tein karkean simulaation, jossa robotti käy painamassa naulapyssyn liipaisimen kääntöpöydällä olevan kertakäyttölavan jokaiseen kulmaan. Robotti ylettyi kertakäyttölavan kulmiin ongel-

mitta ja kääntöpöytä pääsi kääntymään osumatta robottiin, joten ulottuvuus on riittävä.

#### **4.10 Piirustukset**

Robotin ulottuvuuden tarkistuksen jälkeen aloitin tekemään jokaisesta robotin työkalun osasta osapiirustuksia. Niistä selviää mitat, joiden perusteella osat voidaan valmistaa. Osapiirustusten teon aikana tein vielä muutamia pieniä muutoksia työkaluun, enimmäkseen osien paksuuteen ja pultinreikien paikkoihin.

Osapiirustusten valmistuttua tein vielä osakokoonpanoista sekä koko työkalusta kokoonpanokuvat, joiden perusteella työkalu kokoonpannaan. Valmiit kuvat ja piirustukset toimitin työn tilaajalle ja aloitin robotin ohjelman teon RobotStudiolla.

## 5 ROBOTIN OHJELMOINTI

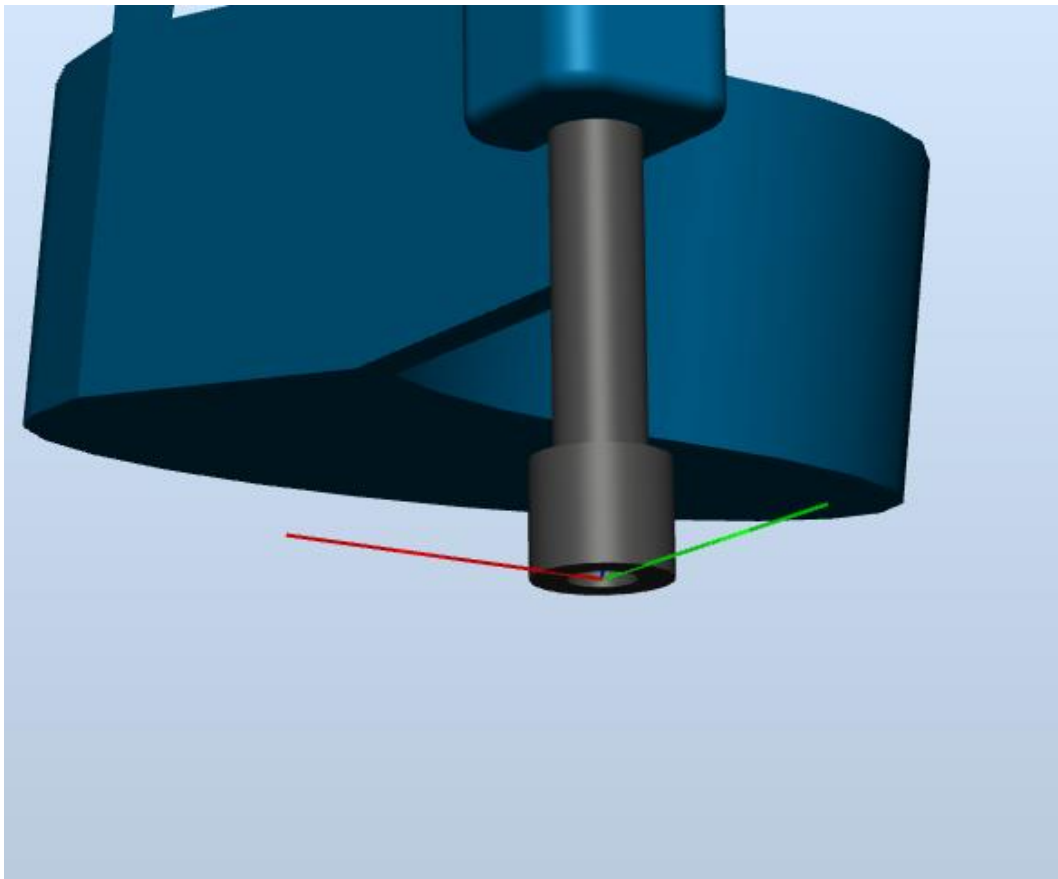
Ohjelman teon aloitin jatkamalla ulottuvuuden tarkistusta varten tekemääni robotisoluja, koska siinä solun layout oli robotin toiminnan kannalta jo valmiiksi mietittyä sekä tehtyä. Ohjelma tehtiin tavallisen EUR-lavan mittojen ja mallinnuksen mukaan. Yrityssalaisuuksien vuoksi tässä opinnäytetyössä julkaistavat kuvat, joissa robotin työkalu esiintyisi on salattu. Solun layouttia ei myöskään tarkemmin esitellä.

### 5.1 Alkumäärittelyt

Aivan ensimmäisenä poistin ulottuvuuden tarkistusta varten tehdyn ohjelman ja siihen liittyvät paikkapisteet. Jäljelle jäivät robotti ja kääntöpöytä oikealla etäisyydellä toisistaan, kertakäyttölava kääntöpöydällä sekä työkalu kiinnitettynä robotin työkalulaippaan (Kuva 7). Työkalulle piti luoda työkalukoordinaatisto (Kuva 8), jotta robotti osaa paikoittaa naulapyssyn piipun paikkapisteisiin.



**Kuva 7.** Robotin työkalulaippa.

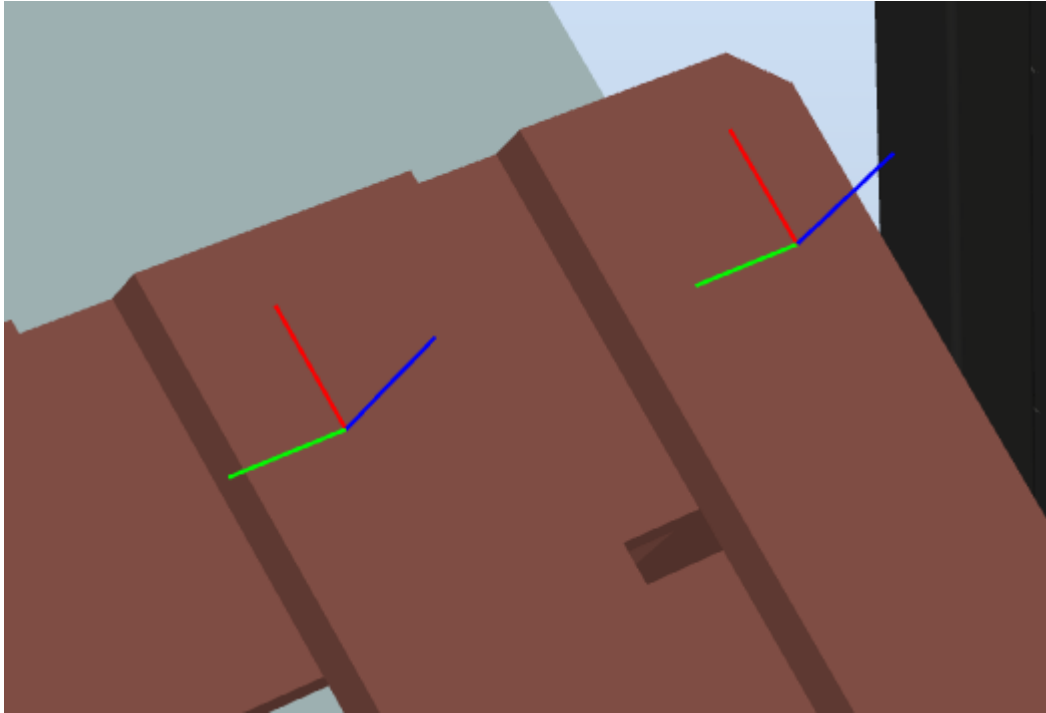


**Kuva 8.** Työkalukoordinaatisto, x-, y- ja z-akselit.

## 5.2 Paikkapisteiden määrittäminen

Ennen liikekäskeiden tekemistä on luotava paikkapisteet (Kuva 9). Paikkapisteillä tarkoitetaan kohtia, joihin robotin työkalukoordinaatisto halutaan paikoittaa. Paikkapisteitä voidaan luoda minne vain robottisolussa ja niillä on omat x-,y- ja z-akselinsa. Kun robotti saa liikekäsken paikkapisteeseen, se paikoittaa työkalukoordinaatiston akselit kohdilleen paikkapisteiden akselien kanssa.

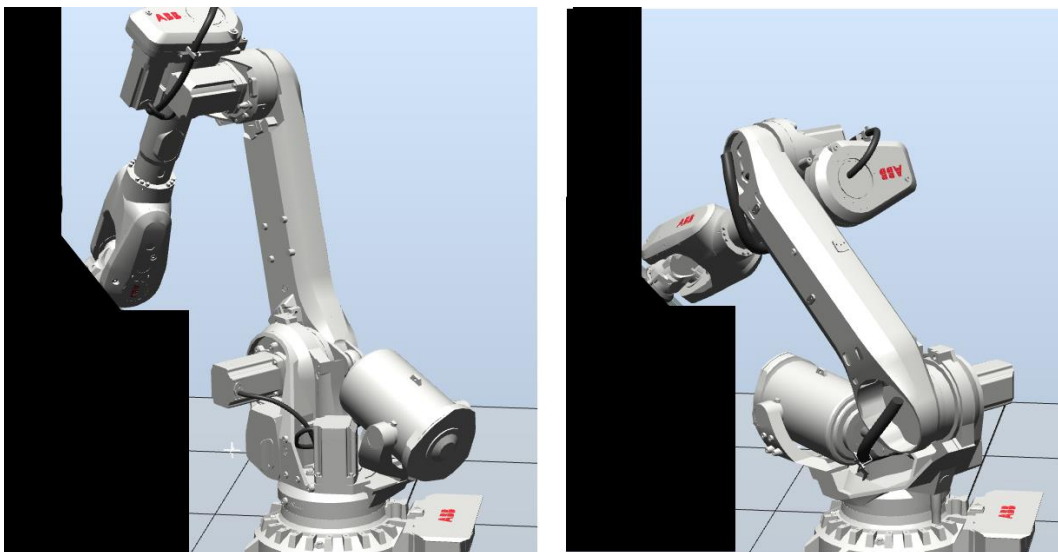
Ohjelmaa varten piti luoda paljon paikkapisteitä, esimerkiksi jokainen naulauspaikka sekä kertakäyttölavojen siirtoa ja pinoamista varten tehdyt paikkapisteet. Paikkapisteet kannattaa luoda ja nimetä siten, että liikekäskeiden ohjelmointi on helppoa. Nimesin paikkapisteet numerojärjestyksessä siten, että ensiksi liikutaan pisteeseen yksi ja sen jälkeen pisteeseen kaksi ja niin edelleen.



**Kuva 9.** Paikkapisteitä.

### 5.3 Konfiguraatioiden määrittäminen

Luotuaani paikkapisteet niille täytyi määrittää konfiguraatiot. Konfiguraatiolla tarkoitetaan robotin akselien asentoa paikkapisteessä. Käyttämäni robotti on 6-akselinen, joka on yleinen määrä nykyroboteissa. Robotti voi päästä paikkapisteeseen monilla erilaisilla asennoilla (Kuva 10).



**Kuva 10.** Esimerkki erilaisista konfiguraatioista.

Konfiguraatioiden määrittämisessä yleisesti kannattaa valita se konfiguraatio, jossa robotin akselien asentokulmat (Kuva 11) ovat mahdollisimman lähellä nollaa. Robotin akselit kiertyvät vain tietyn verran suuntaansa, ne eivät siis voi kääntyä yhteen suuntaan kuin määrätyn arvon ennen kuin mekaaniset rajoitteet tulevat vastaan. Valitsemalla konfiguraatiot, joissa asentokulmat ovat lähellä nollaa, robotti pääsee varmemmin liikkumaan paikkapisteiden välillä ilman mekaanisten rajoitusten tuomia ongelmatilanteita liikkeen aikana.

Toinen asia, joka konfiguraatioista kannattaa huomioida on se, että konfiguraatiot ovat ohjelman toiminnan kannalta oikein. Robotin liikkeiden aikana paikkapisteistä toiseen voi ilmetä väärienlaisia ja turhia akselien liikkeitä, jos kaikki konfiguraatiot valitaan vain akselikulmien arvoa katsomalla. Valittaessa konfiguraatioita kannattaa katsoa robotin akseleiden asentoa peräkkäisten paikkapisteiden välillä. RobotStudio näyttää robotin asennon konfiguraatioita valittaessa, mikä auttaa valitsemaan ne konfiguraatiot, joissa paikkapisteiden välillä robotin akseleiden tarvitsee kääntyä mahdollisimman vähän.

Joint jog: IRB6700_205_280_04			<	>
-170,00	18,59	170,00	<	>
-65,00	-4,00	85,00	<	>
-180,00	3,33	70,00	<	>
-300,00	-15,76	300,00	<	>
-130,00	56,60	130,00	<	>
-360,00	112	360,00	<	>
CFG:	0 -1 1 0			
TCP:	1998,13 425,47 2349,11			
Step:	1,00	deg		

**Kuva 11.** Akselien asentokulmien nykyiset ja maksimiarvot.

## 5.4 Liikekäskyt

Kun paikkapisteet ja niiden konfiguraatiot oli määritetty, aloitin liikekäskyjen määrittämisen. Liikekäskyssä määritellään, kuinka robotti liikkuu valittuun pisteeseen. Kuvassa (Kuva 12) näkyvässä liikekäskyssä robotti liikkuu lineaarisesti paikkapisteeseen p1, nopeuden ollessa 800 mm/s. Paikoitustarkkuudella fine tarkoitetaan, että robotti käy täsmälleen paikoituspisteessä. Paikoitustarkkuus voi myös olla esimerkiksi z10, joka aiheuttaa sen, että robotti alkaa 10 mm ennen paikkapistettä suuntaamaan seuraavassa liikekäskyssä määritettyyn pisteeseen. Naulain1 on käytettävän työkalun nimi eli robotti käyttää tämän työkalun työkalukoordinaatistoa paikoitukseen. WObj tarkoittaa työkohdetta. Valittu työkohde wobj0 on RobotStudiassa vakio työkohde, jos omaa työkohdetta ei ole luotu.

```
MoveL p1,v800,fine,Naulain1\WObj:=wobj0;
```

**Kuva 12.** Esimerkki liikekäskystä.

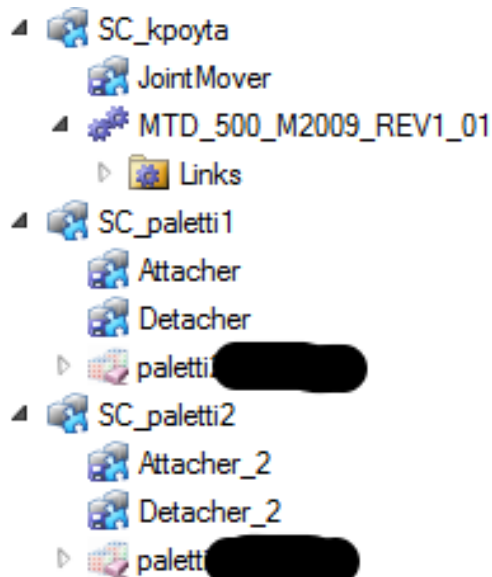
RobotStudiosta löytyy toiminto, joka luo automaattisesti liikekäskyt paikkapistestä toiseen, niiden nimijärjestyksen mukaan. Käytin toimintoa luodakseni ohjelman, jonka RAPID-rakennetta muokkaamalla saan tehtyä valmiin ohjelman. RAPID on RobotStudion käyttämän ohjelmointikielen nimi, ja RobotStudiosta löytyy erillinen osio ohjelman RAPID-koodin lukemiseen sekä muokkaamiseen. Ennen RAPID-koodin muokkaamista robottisoluun kuitenkin täytyi lisätä erilaisia SmartComponent-laitteita ja I/O-signaaleja.

## 5.5 SmartComponent-laitteet

Ohjelman simulointia varten tarvitaan SmartComponent-laitteita, joiden avulla saadaan kääntöpöytä käännettyä haluttuun aikaan sekä kertakäyttölavat siirrettyä kääntöpöydältä lattialle pinoon. SmartComponent-laitteet ovat älykkäitä komponentteja, jotka määritellään tekemään tietty asia määrätyn signaalin saatuaan.

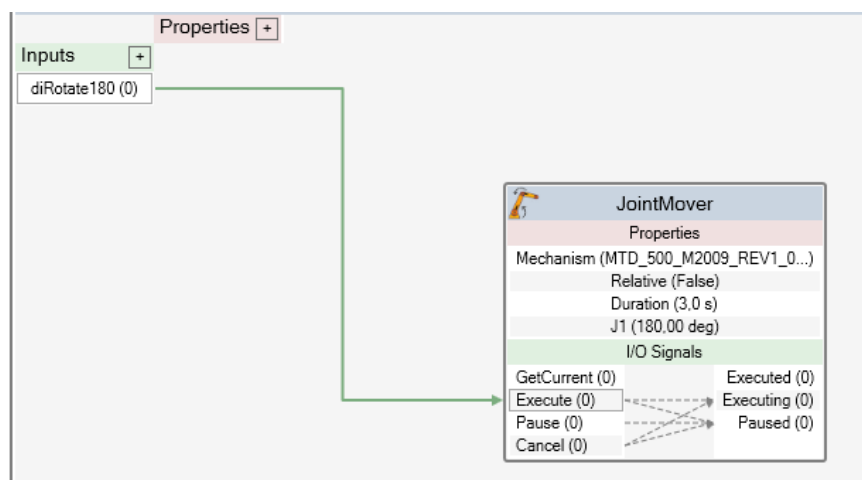
Tätä ohjelmaa varten loin kolme SmartComponent-laitetta (Kuva 13). SC\_kpoyta on JointMover-komponentilla varustettu SmartComponent, joka on liitetty kääntöpöytään. Saatuaan signaalin JointMover-komponentti siirtää määriteltyä niveltä valitun määrän, tässä tapauksessa se kääntää kääntöpöytää 180 astetta.

SC\_paletti1 ja SC\_paletti2 ovat lavojen siirrossa tarvittavia laitteita. SC\_paletti1 sisältää Attacher- ja Detacher-komponentit. Määrätystä signaalista Attacher-komponentti kiinnittää ensimmäisen kertakäyttölavan työkaluun, kun taas Detacher-komponentilla se irrotetaan työkalusta. SC\_paletti2 on samanlainen, mutta se kiinnittää ja irrottaa toisen kertakäyttölavan.



**Kuva 13.** SmartComponent-laitteet.

Kun SmartComponent-laitteen komponentit on valittu, niiden toimimista varten täytyy SmartComponentin logiikkakaaviossa (Kuva 14) vielä määrittellä, mitä signaalin aktiiviseksi tuleminen tekee.



**Kuva 14.** Logiikkakaavio.



## 5.6 I/O-signaalit

Simulaatiota varten robottisoluun on lisättävä I/O-signaaleja. I/O-signaalit ovat digitaalisia signaaleja, jotka voidaan asettaa päälle tai pois (1 tai 0). I/O tulee sanoista input ja output eli tulo ja lähtö.

RobotStudiossa uudet signaalit luodaan virtuaaliohjaimen I/O-System-valikosta. Uutta signaalia tehdessä valitaan signaalin tyyppi ja nimi. Kun kaikki tarvittavat signaalit oli lisätty (Kuva 15), täytyi Simulation-välilehdellä vielä linkittää virtuaaliohjaimen ja SmartComponent-laitteiden signaalit yhteen (Kuva 16). Kun linkitykset on tehty, ohjelmassa voidaan asettaa valittu lähtö päälle, jonka jälkeen linkitetyn SmartComponent-laitteen tulo muuttuu aktiiviseksi ja SmartComponent tekee logiikkakaaviossa määritellyn toiminnon, esimerkiksi kääntää kääntöpöydän.

T_ROB1/Module1		Configuration - I/O System ×	
Type	Name	Type of Signal	Assigned to C
Access Level	AS1	Digital Input	PANEL
Cross Connection	AS2	Digital Input	PANEL
Device Trust Level	AUTO1	Digital Input	PANEL
EtherNet/IP Command	AUTO2	Digital Input	PANEL
EtherNet/IP Device	CH1	Digital Input	PANEL
Industrial Network	CH2	Digital Input	PANEL
Route	doAttachPaletti1	Digital Output	
	doAttachPaletti2	Digital Output	
Signal	doDetachPaletti1	Digital Output	
	doDetachPaletti2	Digital Output	
Signal Safe Level	doRotate180	Digital Output	
System Input	DRV1BRAKE	Digital Output	DRV_1
System Output	DRV1BRAKEED	Digital Input	DRV_1

**Kuva 15.** Simulaatiossa tarvittavat signaalit lisättyinä.

Source Object	Source Signal	Target Object	Target Signal or Property
IRB_6700_205kg_2.80m	doAttachPaletti1	SC_paletti1	AttachPaletti1
IRB_6700_205kg_2.80m	doAttachPaletti2	SC_paletti2	AttachPaletti2
IRB_6700_205kg_2.80m	doDetachPaletti1	SC_paletti1	DetachPaletti1
IRB_6700_205kg_2.80m	doDetachPaletti2	SC_paletti2	DetachPaletti2
IRB_6700_205kg_2.80m	doRotate180	SC_kiipota	dRotate180

**Kuva 16.** Signaalien linkitys.

## 5.7 RAPID-ohjelmarakenne

Kun SmartComponent-laitteet oli saatu toimimaan, aloitin lopullisen ohjelman rakentamisen RobotStudion RAPID-välilehdellä. Robottiohjelma on ohjelmamoduuli, joka koostuu Data-kentästä, pääohjelmasta ja aliohjelmasta. Data-kentässä

on ohjelman toimintaan vaadittua tietoa, kuten paikoituspisteiden data ja työkalu-data. Pääohjelmassa kutsutaan haluttuja aliohjelmiä toteutettaviksi. Aliohjelmasta löytyy eniten tietoa, sillä sieltä löytyvät esimerkiksi kaikki liikekäskyt sekä lähtöjen tilan määritykset.

Automaattisesti luodun ohjelmamoduulini Data-kenttä (Kuva 17) ja pääohjelma (Kuva 18) eivät tarvitseet muokkausta.

T_ROB1/Moduulit X	
1	MODULE Moduul1
2	CONST robtarget Home=[1365.39399846,212.617265487,1761.434028989],[0.92273974,0.000000005,-0.385423626,-0.000000007],[0,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
3	CONST robtarget p1=[[2257.782593195,-282.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
4	CONST robtarget p2=[[2257.782593195,-387.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
5	CONST robtarget p3=[[2257.782593195,-492.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
6	CONST robtarget p4=[[2257.782593195,-597.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
7	CONST robtarget p5=[[2257.782593195,-702.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
8	CONST robtarget p6=[[2257.782593195,-807.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
9	CONST robtarget p7=[[2257.782593195,-912.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
10	CONST robtarget p8=[[2257.782593195,-1017.965,953.932593062],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
11	CONST robtarget p9=[[1909.886057391,-1017.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
12	CONST robtarget p10=[[1909.886057391,-912.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
13	CONST robtarget p11=[[1909.886057391,-807.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
14	CONST robtarget p12=[[1909.886057391,-702.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
15	CONST robtarget p13=[[1909.886057391,-597.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
16	CONST robtarget p14=[[1909.886057391,-492.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
17	CONST robtarget p15=[[1909.886057391,-387.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
18	CONST robtarget p16=[[1909.886057391,-282.965,608.864483299],[0.923879532,0,-0.382683433,0],[-1,1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
19	CONST robtarget p17=[[1561.989521605,-282.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
20	CONST robtarget p18=[[1561.989521605,-387.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
21	CONST robtarget p19=[[1561.989521605,-492.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
22	CONST robtarget p20=[[1561.989521605,-597.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
23	CONST robtarget p21=[[1561.989521605,-702.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
24	CONST robtarget p22=[[1561.989521605,-807.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
25	CONST robtarget p23=[[1561.989521605,-912.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
26	CONST robtarget p24=[[1561.989521605,-1017.965000004,263.796373566],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
27	CONST robtarget ppz2=[[1831.586922516,-164.644379295,1414.950485324],[0.92384433,0.003339456,-0.382668921,-0.000062157],[1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
28	CONST robtarget pp4=[[2227.443579066,-166.56418026,992.72803828],[0.92384433,0.003339456,-0.382668921,-0.000062157],[1,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
29	CONST robtarget pp3=[[2149.673671168,-164.64438554,914.950483939],[0.92384433,0.003339456,-0.382668921,-0.000062157],[1,-1,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
30	CONST robtarget pp2=[[1610.18084066,-168.543719509,373.037878461],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
31	CONST robtarget ppi1=[[1538.809146886,-165.544000001,301.346572221],[0.35355339,0.353553392,-0.146446609,-0.85355339],[1,-1,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];

Kuva 17. Osa Data-kentästä.

```

107 PROC main()
108     naulaus_ ja_siirto;
109 ENDPROC
---
```

Kuva 18. Pääohjelma.

## 5.8 Aliohjelma

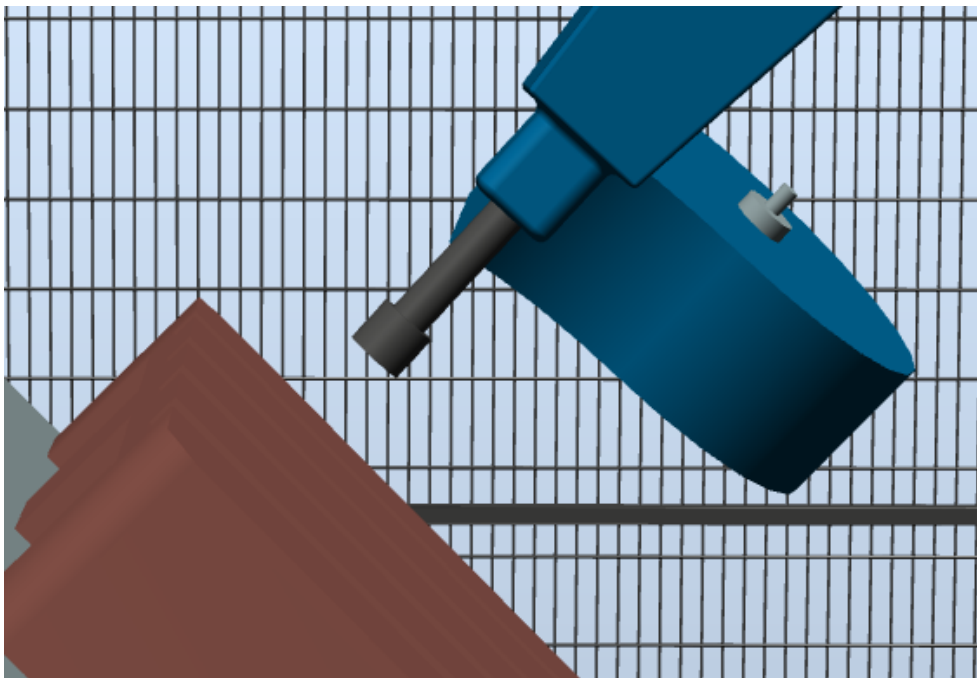
Tässä vaiheessa aliohjelma koostui vain lineaarisista liikekäskyistä järjestyksessä ensimmäisestä paikkapisteestä viimeiseen. Ensimmäisenä muutin lineaarisen liikkeen epälineaariseksi muutama paikkapisteeseen, joita ohjelmassa käytetään kääntöpöydän lähestymiseen, koska niihin ei lineaarisista siirtymää tarvittu. Epälineaarisen liikkeen etuna on se, että robotti valitsee nopeimman mahdollisen radan liikkeen toteuttamiseen.

Koska liikekäskyt olivat vain paikkapisteiden välillä, jokaista paikkapisteeseen liikkumista ennen robotin tulisi paikoittaa itsensä paikkapisteen yläpuolelle esimerkiksi viiden senttimetrin verran. Ilman näitä liikekäskyjä robotti vain liikkuisi

lineaarisesti pisteestä pisteeseen raahaamalla naulapyssyä kertakäyttölavan pintaa pitkin. Nämä paikkapisteiden yläpuoliset paikoittamiset loin käyttämällä Offset-liikekäskeyjä (Kuva 19). Offset-liikekäskeyjä varten ei tarvitse luoda uusia paikkapisteitä, vaan ne määritetään jo olemassa olevan paikkapisteen mukaan. Offset-liikekäskeyt täytyi määrittää z-akselin ja x-akselin suuntaisesti, koska kääntöpöydän työtaso on 45 asteen kulmassa. Tällä tavoin robotti paikoitti naulapyssyn kohtisuoraan paikoituspisteen kanssa, mutta viisi senttimetriä kertakäyttölavan pinnasta ylöspäin (Kuva 20). Lisäsin Offset-liikekäskeyt ennen jokaista naulauspaikkaan määriteltyä paikkapistettä. Tällä tavoin robotti liikkuu naulauspaikan yläpuolelle, liikkuu kohtisuoraan alas ja painaa naulapyssyn piipun paikoituspisteeseen, liikkuu taas seuraavan naulauspaikan yläpuolelle ja niin edelleen. Kertakäyttölavojen pinoamisen ohjelmoin myös käyttämällä offset-liikekäskeyjä, joilla uusi kertakäyttölava saadaan asetettua edellisen päälle.

```
MoveL Offs(p1, -50, 0, 50), v800, z10, Naulain1\WObj:=wobj0;
```

**Kuva 19.** Offset-liikekäskey. Paikoitus pisteen p1 suhteen -50mm x-akselilta ja 50mm z-akselilta.



**Kuva 20.** Offset-liikekäskeyn mukainen paikoitus.

Kun kaikki liikekäskyt oli lisätty ohjelmaan, täytyi ohjelmaan vielä lisätä simulaatiota varten tehtyjen SmartComponent-laitteisiin liitettyjen lähtöjen tilamäärittelyset simulaatiossa tarvittaviin paikkoihin. Set käskyllä valittu lähtö laitetaan päälle ja Reset käskyllä se laitetaan pois päältä. Lisäsin myös odotuskäskyjä ohjelmaan. Esimerkiksi odotuskäskyllä WaitTime 4; robotti odottaa neljä sekuntia ennen ohjelman jatkamista. Odotuskäskyjä on hyvä laittaa tilanteisiin, missä halutaan varmistaa esimerkiksi kappaleen kiinnittyminen työkaluun tai irtoaminen siitä. Ohjelma oli nyt valmis simulointia varten.

## 5.9 Simulaatio

RobotStudiosta löytyy erikseen Simulation-välilehti, jossa ohjelmamoduuli voidaan simuloida. Haluttaessa simulaation saa myös tallennettua videotiedostona.

Simulaatiosta selvisi, että ohjelma toimii suunnitellusti. Aluksi robotti liikkuu ensimmäisen opetetun naulauspaikan ylle offset-liikekäskyn mukaisesti, painaa nau-lapyssyn kiinni kertakäyttölavaan nauлаusta varten ja siirtyy seuraavan nau-lauspaikan ylle. Robotti käy läpi jokaisen EUR-lavan kokoonpanoon vaadittavan naulauspaikan tällä tavoin (Kuva 21).



**Kuva 21.** Kuvakaappaus simulaation kokoonpanovaiheesta.

Kun Robotti on saanut viimeisen kokoonpanoon tarvittavan naulan naulattua (Kuva 22), se siirtää EUR-lavan pois kääntöpöydältä pinoamispaikkaan. Tämän jälkeen robotti siirtyy paikkaan, jossa kääntöpöytä mahtuu kääntymään osumatta robottiin (Kuva 23). Robotti odottaa, kunnes kääntöpöytä on kääntynyt ja sen jälkeen kokoonpanee toisen EUR-lavan samalla tavoin kuin ensimmäisen ja siirtää toisen EUR-lavan pinoon. Tallensin simulaation videotiedostona ja toimitin sen työn tilaajalle.



**Kuva 22.** Viimeinen naulauspaikka.



**KUVA SALATTU**

**Kuva 23.** Kääntöpöydän kääntövaihe.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja testata työkalu sekä robotin ohjelma, joiden avulla robotti voi naulaamalla kokoonpanna ja tämän jälkeen pinota erikoisia puusta valmistettuja kertakäyttölavoja. Opinnäytetyössä päästiin asetettuihin tavoitteisiin. Tuloksina ovat robotin työkalun kokoonpanomalli ja sen valmistukseen tarvittavat piirustukset sekä simulaatio kertakäyttölavojen kokoonpanosta robotilla. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä työkalun osat ovat valmistuksessa ja fyysisen robotin hankinta toimeksiantajayritykseen on meneillään. Vaikkakin työkalun ja ohjelman fyysinen testaus jäi tästä opinnäytetyöstä ajanpuutteen vuoksi pois, työn tilaaja hyötyy merkittävästi tekemästani suunnittelutyöstä fyysistä robotisolua tehdessään.

Opinnäytetyön tekeminen oli minulle opettava kokemus. Molemmat työssä käytetyt ohjelmistot ovat yleisessä käytössä alan yrityksissä, jonka vuoksi ohjelmistojen laajemman tuntemuksen oppiminen koulussa opittujen perusteiden lisäksi oli minulle hyödyllistä. Opin myös yleisesti lisää suunnittelutyöstä ja teollisuusroboteista sekä niiden ohjelmoinnista. Opinnäytetyöprosessi eteni aikataulun mukaan ilman suurempia ongelmia missään vaiheessa. Yhteistyö työn tilaajan kanssa toimi saumattomasti ja parin viikon välein pitämässämme seurantapalavereissa saimme selvitettyä mahdolliset työn toteutuksesta heränneet kysymykset.

## LÄHTEET

/1/ Kotasen Puutyö Oy. Yritys. Viitattu 12.04.2019. <http://www.kotasen-puutyo.fi>

/2/ Robotiikka. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Viitattu 15.04.2019. <https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robotiikka-%E2%80%93-monien-mahdollisuuksien-tekniikka.aspx>

/3/ ABB-teknologiat: Teollisuusrobotit. ABB Suomessa. Viitattu 15.04.2019. <http://www.abb.fi/cawp/seitp202/eb0f9942b4ed6301c125784d0053bb94.aspx>

/4/ IFR. Executive Summary World Robotics 2018. Viitattu 19.04.2019. [https://ifr.org/downloads/press2018/Executive\\_Summary\\_WR\\_2018\\_Industrial\\_Robots.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_2018_Industrial_Robots.pdf)

/5/ Suomen Robotiikkayhdistys ry. Teollisuusrobottitilastot 2016. Viitattu 19.04.2019. <http://roboyhd.fi/wp-content/uploads/2018/04/Teollisuusrobottitilastot-2016.pdf>

/6/ Siemens PLM. Products. NX. Viitattu 17.04.2019. <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>

/7/ ABB. Tuotteet ja palvelut. RobotStudio. Viitattu 17.04.2019. <https://new.abb.com/products/robotics/fi/robotstudio>

/8/ ABB. Teollisuusrobotit. IRB 6700. Viitattu 21.04.2019. <https://new.abb.com/products/robotics/fi/teollisuusrobotit/irb-6700>



