

Opinnäytetyö (AMK)  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Koneautomaatio  
2015

Sami Virkki

# FMS-ROBOTTISOLUN TOIMINNAN TEHOSTAMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | koneautomaatio

Huhtikuu 2015 | 42

Petri Rautio

Sami Virkki

## FMS-ROBOTTISOLUN TOIMINNAN TEHOSTAMINEN

Tämän opinnäytetyön aiheena oli FMS-robotisolun toiminnan tehostaminen. Toimeksiantajana toimi Koneteknologiakeskus Turku Oy. Työn tarkoituksena oli kehittää olemassa olevan robotisolun toimintaa, sekä robottia palvelemaan työstökeskusta FMS:n kautta.

Työ aloitettiin solun layoutin parantamisella, jolloin saatiin ylimääräiset tavarat pois robotin työskentelyalueelta. Solusta piirrettiin layout-kuva, jossa oli solun sisämitat, toimilaitteiden koot ja sijainnit. Solidworks-ohjelmalla piirrettiin solusta suuntaa antava 3d-kuva, jossa toimilaitteita siirrettiin uusille paikoille. Tämän jälkeen sama toteutettiin soluun.

Robotin toiminnan parantamiseksi robottiin kehitettiin laajempi tool frame ja user frame -kirjasto, jolla saataisiin työkalu- ja käyttäjäkoordinaatiston asetuksia enemmän tallennettua muistiin. Tätä lähdettiin selvittämään PR-muistia käyttäen.

Automaation parantamiseksi asennuspöydälle pohdittiin toisenlaista liitinjärjestelmää, kuten esimerkiksi nollapistekiinnittimien ohjauksien tuonnille. Tavoitteena oli saada robotti poistettua liittimen asennuksesta. Uuden liittimen avulla saataisiin pöytään useampia kiinnittimiä. Palettiin saataisiin hydraulikan lisäksi myös paineilmaohjaus koneistuskappaleiden kiinnitykseen.

Työn lopuksi pohdittiin jatkotoimenpiteitä robotisolun kehittämiseen ja parantamiseen. Solusta pohdittiin mitä täytyy kehittää, jotta saadaan se paremmin automatisoitua. Osa tässä työssä suunniteltiin, mutta ei lähdetty toteuttamaan työn ja asiakastilauksen laajuuden takia. Työstä kumminkin liittimet valittiin ja periaatekuva sen kiinnittämiseksi suunniteltiin.

ASIASANAT:

layout, robotti, automatisointi, paletti, pyörivä liitin, multiple coupling system, paikkarekisteri

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

April 2015 | 42

Petri Rautio

Sami Virkki

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF AN FMS ROBOT CELL

The subject of this Bachelor's thesis was to improve the efficiency of the FMS robot cell. The thesis was commissioned by the Machine Technology Center Turku Ltd. The purpose of this thesis was to develop the functioning of the existing robot cell and to develop the robot to serve machine tool center through FMS.

The task was started by improving the layout of the cell so that robots working area would improve. The layout picture of the cell was redesigned. It showed the internal dimensions and sizes of the cell. The locations of the actuators were defined in the layout picture. The cell's preliminary 3D drawing was made by using SolidWorks software. The regulating units were moved to new locations in the SolidWorks layout. These changes were then made to the cell based on that layout.

To improve the functions of the robot, the tool frame and user frame library were developed. The intension of the improvements was to extend the ability of the memory for the tool frame and user frame. PR memory was used in the process.

The making of a new coupling system was thought to improve automation. One example was to bring a new control to the zero point coupling. The purpose was to release the robot from the connecting coupling by using another kind of coupling, so that the assembly table would have more connectors. It also allows added pneumatic control as well as hydraulic control to fasten the machining components. The coupling was chosen and a new sketch was made.

In conclusion, the follow-up measures to improve the robot cell were considered. To make the robot cell better automated, the development areas were considered. These issues were designed, but were not implemented because it would have expanded the thesis too much. However, the connectors were chosen based on this thesis and the preliminary construction picture was planned.

### KEYWORDS:

layout, robot, automatisisation, rotary coupling, multiple coupling system, position register

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 ROBOTTISOLU</b>	<b>8</b>
2.1 Solun toimintaperiaate	9
2.2 Turvallisuus	10
2.3 Solun toteutus	11
2.4 Solun parannuskohdat	12
<b>3 LAYOUT-MUUTOS</b>	<b>13</b>
3.1 Lähtötilanne	13
3.2 Lopputulos	14
<b>4 JOHTOJEN JA LETKUJEN SUOJAAMINEN</b>	<b>17</b>
<b>5 ROBOTIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN</b>	<b>20</b>
5.1 Rekisteripaikan laajennus	21
5.2 Työkalu- ja käyttäjäkoordinaatisto	22
5.3 Työkalu- ja käyttäjäkoordinaatiston siirto PR:ään	23
5.4 Käyttötarkoitus	25
5.5 Toiminnan kokeilu	26
<b>6 KAPPALEIDEN KIINNITTÄMINEN MIEHITTÄMÄTTÖMÄNÄ</b>	<b>27</b>
6.1 Vaihtoehtoisen kiinnityksen ohjaus	28
6.2 Liitin paletin sivuun	29
6.3 Palettiin keskeltä tuleva liitin	31
6.4 Ohjauspaineen tuonti asennuspöytään	32
6.5 Kappaleiden kiinnittimien ohjauksen suunnittelu	33
6.6 Paineilmapuhdistus	34
6.7 Ohjauksen tuonnin suunnittelu	36
<b>7 JATKOTOIMENPITEITÄ SOLUN PARANTAMISEEN</b>	<b>38</b>
<b>8 YHTEENVETO</b>	<b>40</b>

## KUVAT

Kuva 1. Robottisolun yleisilme.	8
Kuva 2. Solun robotti.	8
Kuva 3. Työstökeskus.	9
Kuva 4. Solun hiomalaitteet.	10
Kuva 5. Solun lähtötilanne.	11
Kuva 6. Solun layout.	14
Kuva 7. Lopullinen layout.	15
Kuva 8. Kärryn lukitus.	17
Kuva 9. Johtosuoja kärryjen välissä.	18
Kuva 10. Johtosuoja lattian ja kärrytelineen välissä.	18
Kuva 11. Johtosuoja 4 mm.	19
Kuva 12. Robotin tarttujatyökalu.	20
Kuva 13. PR-muistipaikat.	21
Kuva 14. Tool frame.	22
Kuva 15. Tool frame:n siirto PR-muistiin.	23
Kuva 16. Koordinaatiston muuttaminen.	24
Kuva 17. Arvot koordinaatistossa vaihdon jälkeen.	25
Kuva 18. Solun hydraulikkaliitin.	27
Kuva 19. Palettipöytä.	28
Kuva 20. Pikaliitin (Voswinkel GmbH 2015).	29
Kuva 21. Multi coupling (Stäubli 2015).	30
Kuva 22. Liitinosa (Hydrokomp 08.2014).	30
Kuva 23. Multiple coupling system (Hydrokomp 02.2014).	31
Kuva 24. Yksittäinen pyörivä liitin (Suomen Pikaliitin Oy 2015).	32
Kuva 25. Pyörivä liitin (Konaflex Oy 2015).	33
Kuva 26. Pöydän puhdistus.	35
Kuva 27. Liitännän kokoonpano.	36
Kuva 28. Paletin alapuoli.	37
Kuva 29. Solun lopullinen ilme.	40

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

FMS	Joustava valmistusjärjestelmä on hyllyjärjestelmä, joka kuljettaa automaattisesti paletteja, lavoja työstökoneille ja ase-mille (Fastems Oy Ab 2015).
tool frame	Fanuc robotin työkalukoordinaatisto, jolla määritetään työka-lun arvot robotin koordinaatistoon.
user frame	Fanuc robotin käyttäjäkoordinaatiston, jolla määritetään robo-tin työskentelyalueen koordinaatit.
jigi	Asennuskiinnike, jota käytetään koneistuksessa kiinnityksen apuvälineenä.
puristin	Koneistuskappaleiden kiinnitin, jolla kiinnitetään kappaleet ko-neistuksen ajaksi.
paletti	Työstökeskuksen irtopöytä, johon kappaleet kiinnitetään.
tarttuja	Robotin tartunta osa, jolla se ottaa kappaleita kiinni.
nollapistekiinnitin	Kiinnitinmekanismi joka ei tarvitse ruuveja. Kiinnitin keskittää itsensä automaattisesti.
PR	Robotin paikkarekisteri, jonne tallennetaan robotin liikkeiden pistearvoja.
layout	Ulkoasu, joka kuvaan solun piirustusten ulkoasua.
multiple coupling system	Moniliitin järjestelmä, jolla tarkoitetaan liitin pakettia, jossa on useampia liittimiä yhdessä.
KTK	Koneteknologiakeskus Turku Oy.

# 1 JOHDANTO

Kappaleiden käsittely ja koneiden palvelu ovat käytetyimpiä sovelluksia robotille. Tässä työssä käsiteltävää automatisointia ei ole monessa yrityksessä käytössä.

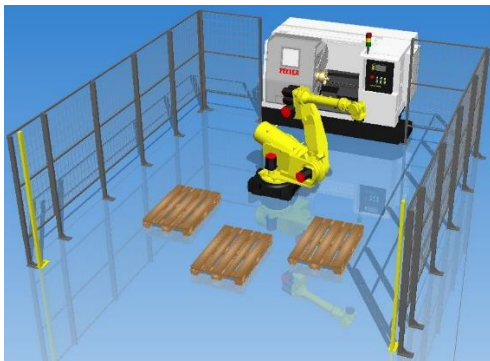
Tämä opinnäytetyö on tehty Koneteknologiakeskus Turku Oy:lle (KTK) kesän 2014 ja kevään 2015 aikana. Koneteknologiakeskus Turku Oy on toiminut Turussa vuodesta 2005. Pääomistajia ovat Turun kaupunki, Turun aikuiskoulutussäätiö ja Varsinais-Suomen Teknologiateollisuus ry. Lisäksi yhtiön osakkaina on useita muita toimivia yrityksiä. KTK tarjoaa oppilaitoksille, yrityksille ja tutkijoille koulutus- ja kehitysympäristön. (Koneteknologiakeskus Turku Oy 2015.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehostaa robottisolun toimintaa ja kehittää robottia palvelemaan työstökeskusta FMS:n kautta, sekä saada solu järjesteltyä ja siistittyä. Tällä tavalla robotti pystyy vapaammin työskentelemään suunnitellun automatisoinnin parissa. Työssä laajennettiin robotin työkalu- ja käyttäjäasetusten muistia. Lisäksi suunniteltiin työstökeskuksen palettiin kiinnityksen ohjaus, jotta robotti voisi itsenäisesti asentaa koneistettavat kappaleet ja poistaa ne täysin automatisoidusti.

Toimeksiantosopimus kirjoitettiin toukokuussa 2014. Alkuperäisen suunnitelman mukaan työn olisi pitänyt valmistua vuoden 2014 aikana, mutta suunnitellun asiakastyön aloittamisen peruunnuttua työn tekeminen siirtyi vuoden 2015 puolelle. Toteuttaminen olisi vaikuttanut KTK:n muuhun toimintaan. Vaikka suunniteltu asiakastyö ei toteutunut, työ päätettiin suunnitella ja toteuttaa, koska vastaavaa järjestelmää ei ole muualla käytössä. Solun kehittäminen tukee myös KTK:n oppimis- ja kehittämisympäristöä ja toimii paremmin esimerkkinä yritysten kehittämistarpeita varten. Työn laajuuden seurauksena osa työn toteutuksesta jäi suunnittelutasolle, kuten paletin kiinnityksen ohjaus ja paletin automaattinen puhdistus.

## 2 ROBOTTISOLU

Robottisolu koostuu useasta automaatiokomponentista, joiden täytyy toimia yhdessä virheettömästi ja tehokkaasti. Yleisimmin solu sisältää robotin, työstökoneen ja tai toimilaitteita, kuten hiomakoneita. Pääsääntöisesti robotteja käytetään teollisuudessa hitsaukseen tai kappaleen käsittelyyn (kuva 1). Joissakin tapauksissa voidaan robotin päähän asentaa työstökara, jota käytetään esimerkiksi hiomintaan.



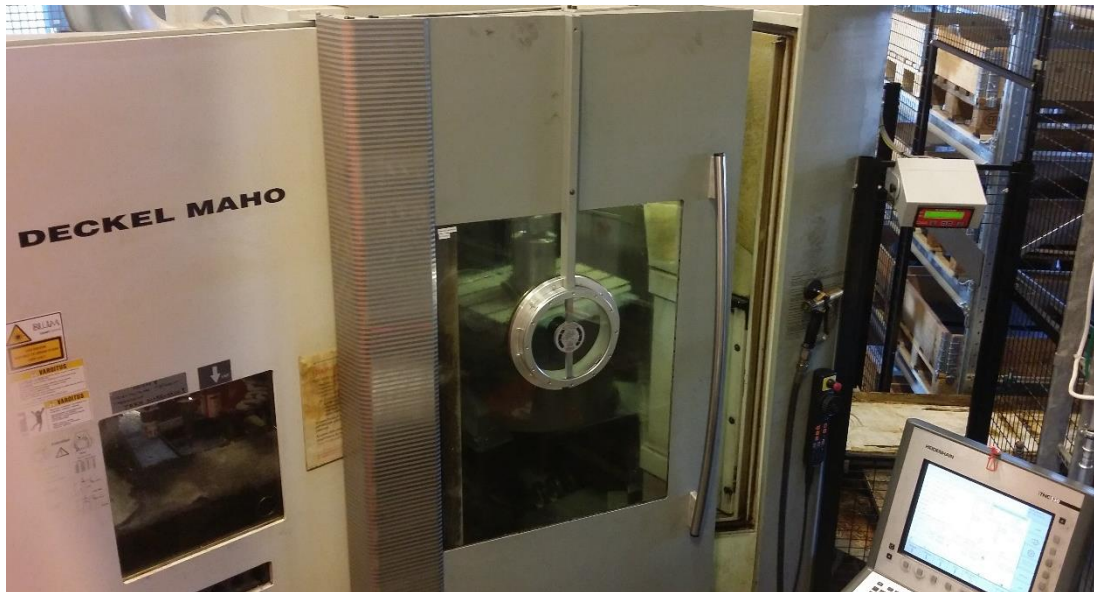
Kuva 1. Robottisolun yleisilme.

Fastems Oy Ab on suunnitellut ja rakentanut KTK:n järjestelmän. Järjestelmä on otettu käyttöön vuonna 2005. Työssä käsiteltävään soluun kuuluu Daewoo Doosan Puma 2500ST -sorvi, Fanuc Robot R-2000iB 165F -robotti ja joustava valmistusjärjestelmä FMS (kuva 2).



Kuva 2. Solun robotti.





Kuva 3. Työstökeskus.

Työssä keskityttiin robotin palvelua tarvitsevaan Deckel Maho -työstökeskukseen (kuva 3). Sorvin toimintaan ei keskitytty työn aikana, sillä työn tarkoituksena on robotin ja työstökeskuksen yhdistäminen. Tätä työtä lähdettiin tekemään asiakas-tilauksen myötä, jossa robotti asentaisi kappaleet työstökeskukseen. Tässä tapauksessa sorville ei ole käyttöä. Työn tavoitteena oli, että kappaleita voitaisiin jatkossa kiinnittää työstökeskuksen palettiin ilman asentajaa miehittämättömänä.

## 2.1 Solun toimintaperiaate

Työn tarkoituksena oli työstökeskuksen ja robotin toiminnan yhdistäminen. Robotti tulee jatkossa siirtämään kappaleet paletille asennettuna solusta työstökoneelle FMS-hyllyn kautta.

Solun toiminta:

1. Robotti hakee kappaleen lavalta.
2. Robotti siirtää kappaleen paletin kiinnittimeen.
3. Paletti siirtyy FMS:n kautta työstökoneelle koneistettavaksi.
4. Koneistuksen jälkeen valmis kappale siirtyy takaisin soluun.
5. Robotti siirtää kappaleen toiselle lavalle, johon tulee valmiit kappaleet.

## 6. Valmis lava siirtyy FMS:n hyllyyn.

Työn tarkoitus on kehittää solun automaatiota, jotta voitaisiin käyttää robottia enemmän asennustyössä. Lisäksi haluttiin kehittää kappaleen kiinnitystä paletille niin, että robotti pystyy suoraan asentamaan kappaleet kiinnittimille eikä tarvitse ensin asentaa liitintä pöytään. Näin saataisiin solu toimimaan itsenäisesti ja samalla parannettua tuotannon tehokkuutta, nopeutta ja tarkkuutta. Ideaalitilanteessa robotti palvelisi työstökeskusta ja sorvia samanaikaisesti.

## 2.2 Turvallisuus

Solun on CE-merkitty, mutta eri kokeilu- ja kehitys-projektien jälkeen solu on jäänyt epäsiistiksi. Tämän seurauksena solun toteutus on puutteellinen toimilaitteiden kohdalta, sillä niiden ympärillä oli paljon irrallisia sähkökaapeleita, paineilmaletkuja ja hydraulikkaletkuja (kuva 4). Kaapelit ja letkut olivat lattialla kasassa, eikä niitä ollut lyhennetty tai suojattu. Johtoja ja letkuja ei myöskään ollut laitettu kulkemaan järkevästi määriteltyjä reittejä pitkin. Oheislaitteet oli laitettu lähelle toisiaan, mikä tekee solussa liikkumisen ja robotin ohjelmoinnin hankalaksi. Hiontalaitteiden hiomapäät olivat teräviä ja suojaamattomia.



Kuva 4. Solun hiomalaitteet.

Solu on toiminut kokeilu- ja kehitysympäristönä, minkä takia oli jäänyt huomiotta turvallisuusstandardin SFS-EN 775 kohta 4.2.1 (vaaralähteet), sekä kohdat

5.3 (energiansyöttö), 6.2 (ergonomiset näkökohdat) ja 6.3.3. (kannet ja kotelot). Tässä solussa kohdat viittaavat enemmän ergonomiseen näkökohtiin ja johtojen sekä letkujen kotelointiin.

Suurin osa solun toimilaitteista on jälkeinpäin projektien myötä sinne asennettu, kuten hiomakoneet, kaiverruskone ja kaiverruskoneen ohjaus. Näiden toimilaitteiden kohdalta turvallisuus on jäänyt huomioimatta, sillä solu on pääsääntöisesti toiminut kokeilu- ja kehittämisympäristönä, minkä vuoksi laitteita on useasti siirretty. Sen takia ole keskitytty johtojen reititykseen ja suojaukseen.

### 2.3 Solun toteutus

Sorvin ja robotin lisäksi solussa on oheislaitteina kaksi hiomakonetta, kaksi erityyppistä mittalaitetta ja kaiverruskone (kuva 5). Kappaleiden tuonti soluun tapahtuu kahdella lavakärryllä tai FMS:n kautta kahdella lavalla. Soluun voidaan myös tuoda työstökeskuksen paletteja FMS:stä.



Kuva 5. Solun lähtötilanne.

Solussa oli alun perin robotti, johon myöhemmin asennettiin sorvi. Solu suunniteltiin pienkappaleteollisuuteen, mutta aikoinaan ei tiedetty, miten paljon solulla pystytään tekemään. Eri kehitysprojektien myötä on huomattu muita asioita, joita

soluun voidaan tehdä, kuten palettiasennus, mittalaitteet, hionta, kaiverrus ja lavojen tuonti FMS:stä. Suunnittelijan tehtävä oli vaikea, sillä ei tiedetty, mitä solulla tullaan tekemään, jonka takia solua on muokattu useaan kertaan.

Anturijohdot kulkivat lattialla teipattuina ja ylimääräiset johdot olivat kasattuna rullalle. Kaapelit ja letkut olisi pitänyt suojata, vaikka niiden paikkoja ei olisi tarkkaan määritelty.

Suurin osa solun oheislaitteista on projektien ja esittelyjen myötä asennettu. Ne näyttävät hienoilta, mutta ovat epäkäytännöllisiä niiden ohjauksen hankaluuden ja sijoittelun kannalta. Kiireellisen aikataulun myötä laitteet on kiinnitetty lattiaan, mistä niille löytynyt tilaa. Sijoittelussa ei ole tarkemmin mietitty robotin liikkumista, yleistä solussa liikkumista ja lentävää hiomapölyä.

## 2.4 Solun parannuskohdat

Solussa lähdettiin parantamaan aikaisemmin mainittuja turvallisuusseikkoja, kuten irrallisia sähkökaapeleita, paineilma- ja hydraulikkaletkuja (kuva 4). Näiden lisäksi suunniteltiin toisenlaista liitinjärjestelmää hydraulikkaliittimen tilalle, jotta robotin ei tarvitse asentaa liitintä kiinni.

Sähkökaapeleille, paineilma- ja hydraulikkaletkuille suunniteltiin suojaukset ja reititykset. Samalla pohdittiin myös hiomalaitteiden hiomapäiden suojaamista. Solusta tehtiin layout, jotta robotin liikkuma-aluetta saataisiin vapaamaksi toimilaitteiden osalta laajentamatta solun ulkomittoja. Näin saataisiin solusta avoimempi ilman, että oheislaitteista tarvitsisi luopua. Työn haasteena oli useiden toimilaitteiden sijoittelu ahtaaseen tilaan.

## 3 LAYOUT-MUUTOS

Solun layoutin muuttamisessa on huomioitava sen tilanne ja mitä muutoksella halutaan. Solua suunnitellessa mietitään tarve usein sen hetkisen tilanteen mukaan, jolloin ei tule mietittyä kaikkia mahdollisuuksia, mitä solulla voidaan tehdä. Robotti voi tehdä muutakin kuin panostusta. Esimerkiksi koneistuksen aikana voi tehdä muuta työtä, kuten mittaamista, hiontaa ja asennusta tai pakkaamista.

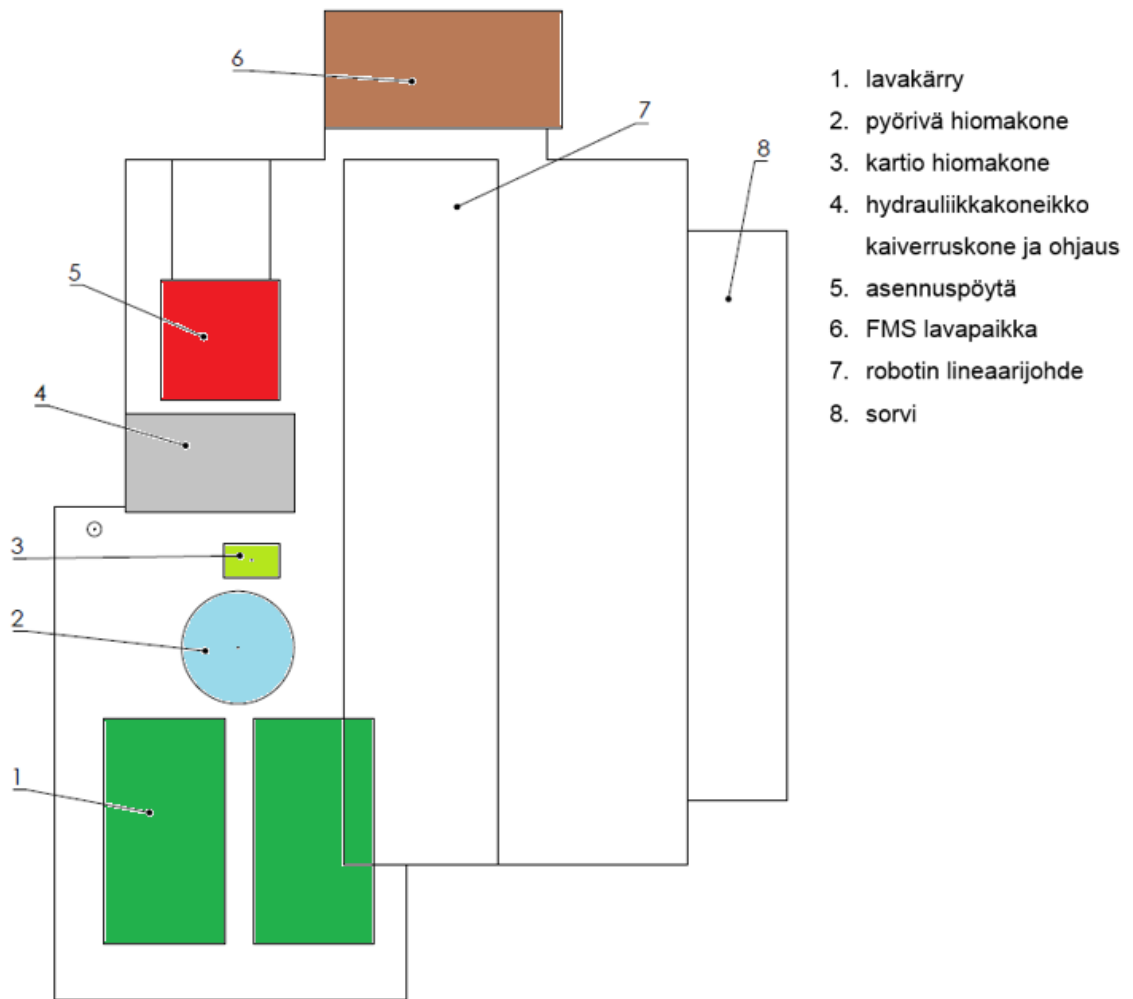
Toimilaitteet, robotit ja työstökoneet suunnitellaan määritellyille kappaleille, kuormalle ja koolle, sillä ylimitoitettut koneet tulevat kalliimmiksi rakentaa ja käyttää. Samalla myös koneen tuntihinta nousee suuremmaksi, mikä vaikuttaa tuotteen hintaan. Pitäisi aina pohtia sitä, onko järjestelmää kannattava rakentaa.

Monessa yrityksessä työt muuttuvat ja solu jää herkästi päivittämättä uudelle työlle, jolloin solun toimilaitteet jäävät pahimmassa tapauksessa käyttämättömiksi. Olisi hyvä suunnittelussa miettiä tilan kokoa, sillä toimilaitteita tai koneita voi joutua vaihtamaan ja lisäämään, jolloin voi tila loppuu kesken, niin kuin tässä solussa on käynyt.

### 3.1 Lähtötilanne

Työ aloitettiin keskustelemalla KTK:n henkilökunnan ja opettajien kanssa siitä, mihin halutaan tehdä lisää tilaa ja mitä voidaan siirtää. Tarkoituksena oli, että kaikki toimilaitteet pidettäisiin solussa. Solusta piirrettiin Solidworks:llä pohjapiirustus, jonka perusteella lähdettiin suunnittelemaan solun layoutia (kuva 6).

Tarkoituksena oli saada robotille lisää liikkumatilaa asennuspöydän ympärille (kuva 6, kohta 5). Sen perusteella mietittiin ympärillä olevien toimilaitteiden siirtämistä, mihin kuuluivat hydraulikkakoneikko, kaiverruskone ja kaiverruskoneen ohjausyksikkö. Lavakärryjä ei siirretä, sillä lähemmäksi ovea ei pystytty siirtämään keskuslastunkuljettimen takia ja sivusuunnassa siirrolla ei ollut suurta merkitystä tilan kannalta (kuvan 6, kohta 1).



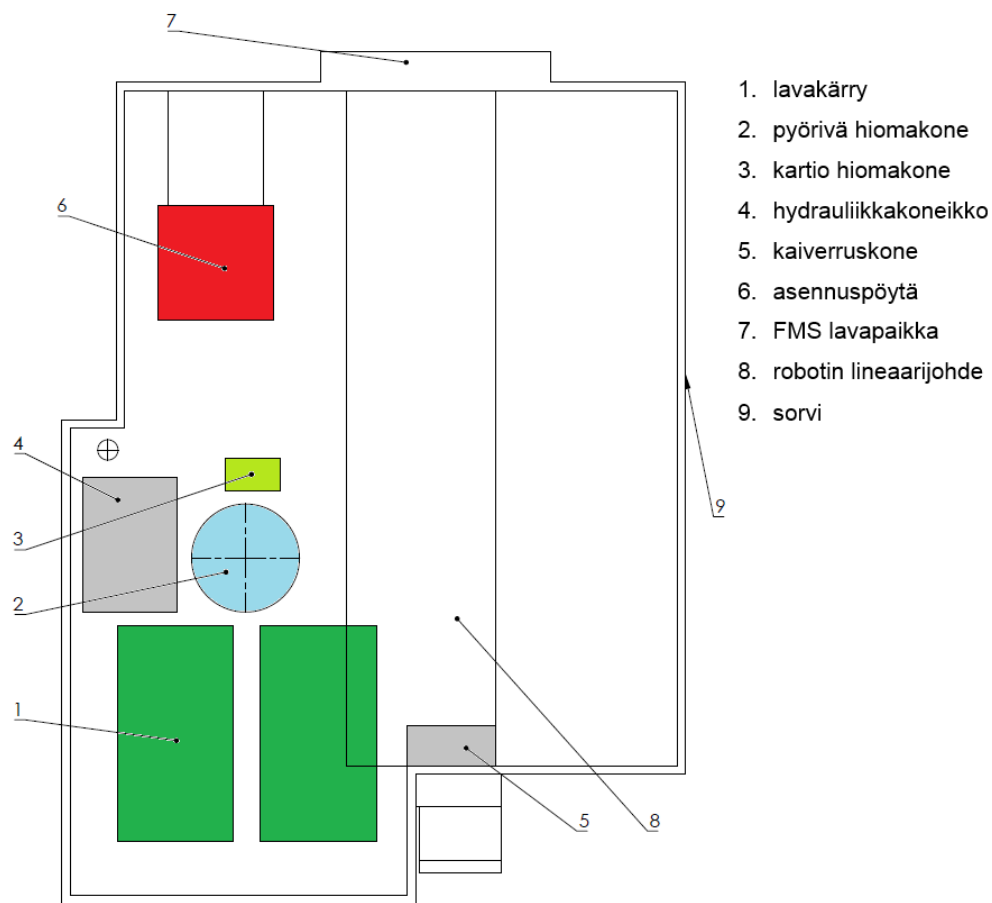
Kuva 6. Solun layout.

Työssä pohdittiin myös toimilaitteiden siirtämistä solun ulkopuolelle, kuten esimerkiksi hydraulikkakoneikon, mutta solun läheisyydessä ei ollut sopivaa paikkaa. Vikaantumisen olisi vaikeata selvittää, jos laitteisto sijaitisi kaukana solusta. Toisena vaihtoehtona mietittiin myös jos hydraulikkakoneikko laitettaisiin FMS:n lavapaikan alle, mutta se olisi korjauksen kannalta hankalaa, ja se vaatisi koko järjestelmän pysäyttämistä.

### 3.2 Lopputulos

Muutamien layout-ehdotusten jälkeen päädyttiin henkilökunnan kanssa siihen, että hydraulikkakoneikko siirrettäisiin hiomakoneiden taakse ja kaiverruskone

oven viereen. Kaiverruskoneen ohjaus siirrettiin solun ulkopuolelle ja FMS-ohjaustietokoneen yhteyteen. Muutostyön suorittivat Turun ammatti-instituutin opiskelijat KTK:n henkilökunnan ohjauksella. Hiomakoneet pysyivät edelleen samassa paikassa, sillä niiden loppupaikkaa ei ole vielä päätetty. Vaihtoehtoina oli myös hiomakoneiden siirto pois solusta, koska siellä valmistettaisiin jatkossa kappaleita, jotka menisivät suoraa asiakkaille. Tällöin valmiiden kappaleiden joukossa ei olisi koneista lentävää hiontapölyä. (kuva 7)



Kuva 7. Lopullinen layout.

Muutoksen myötä saatiin tarvittava lisätila asennuspöydän ympärille. Samalla saatiin hydraulikkakoneikko siirrettyä lattialle hiomakoneiden taakse häiritsemättä muuta toimintaa. Tulevaisuudessa koneikon eteen täytyy rakentaa suoja hiomakoneiden takia. Tässä työssä suojaa ei lähdetty suunnittelemaan. Kaiverruskone sijaitsee seinässä oven vieressä, jossa se toimii hyvin robotin liikealueella.

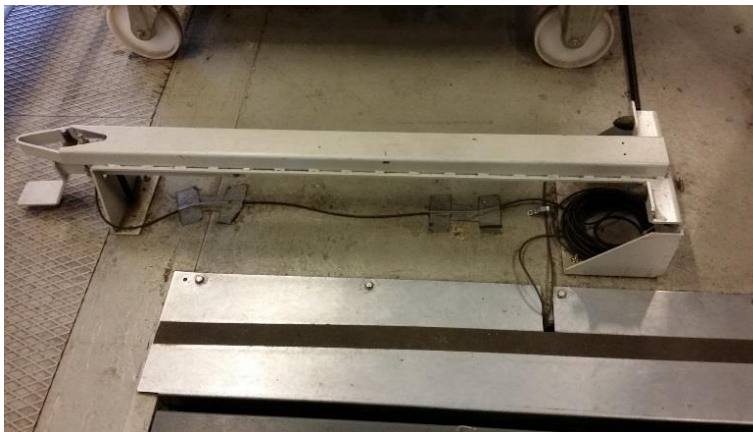
Lopullinen toteutus poikkeaa suunnitellusta layout-kuvasta, sillä hydraulikkokoneikon sähköjohdot eivät riittäneet eikä niitä lähdetty pidentämään tai johdottamaan uusiksi (kuva 7). Samalla vieressä sijaitsevaa kaivonkantta ei peitetty, mikäli sitä tarvitsisi käyttää. Koneikko sijaitsee solussa samassa paikassa 90 astetta käännettynä, joka vie vähemmän tilaa tuossa asennossa.



## 4 JOHTOJEN JA LETKUJEN SUOJAAMINEN

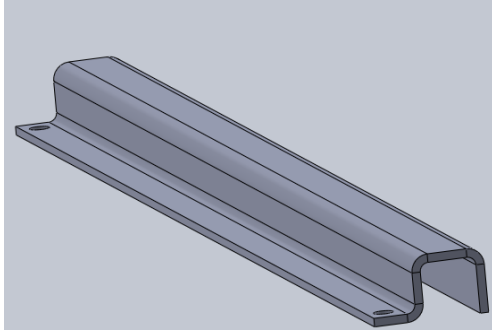
Johtojen ja letkujen suojaaminen on yleinen tapa solua rakennettaessa, ja ne täytyy ottaa huomioon jo solun suunnitteluvaiheessa. Johdot menevät helposti poikki, ja niihin voi helposti kompastua. Metallipajoissa on lastuja lattialla, ja ne tarttuvat työntekijöiden kenkiin, jolloin astuessa johdon päälle ne voivat aiheuttaa oikosulun.

Layout-muutosten jälkeen käytiin läpi turvallisuuteen liittyvät parannuskohdat, joita olivat kärryjen lukituksen tunnistuksen anturijohdot, hiomakoneiden ohjauskaapelit, ja paineilmaletkut. Johdot ja letkut olivat lattialla vapaina ja levällään ennen työn aloittamista (kuva 4 ja kuva 8).

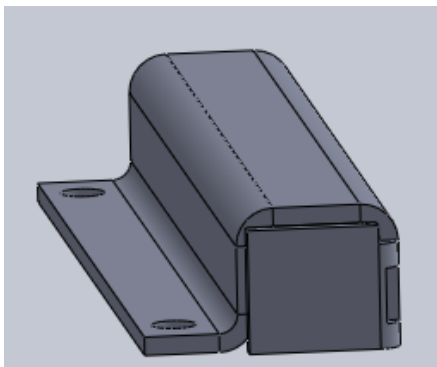


Kuva 8. Kärryn lukitus.

Solun letkuille ja kaapeleille suunniteltiin reititykset, jotta saataisiin ne suojattuina toimilaitteille. Solidworks:llä suunniteltiin ja piirrettiin kaapelisuojat, jotka valmistettiin KTK:n levytyökeskuksessa ja särmättiin Amada-särmäyspuristimella. Pie-nimmät taitokset ja muokkaukset tehtiin käsin. Työssä käytettyjen suojiin päädyttiin aikaisemmin nähtyjien ja käytettyjen suojiin kautta, joista tehtiin yksinkertaisia kappaleita. Johtosuojat oli helppo valmistaa, ja niiden sisään voi jat-kossa helposti lisätä johtoja. Johtosuojat taivutettiin teräslevystä, ja niissä on toi-sen puolen kiinnitys lattiaan (kuva 9 ja kuva 10).



Kuva 9. Johtosuoja kärryjen välissä.



Kuva 10. Johtosuoja lattian ja kärrytelineen välissä.

Johtosuojien suunnittelussa otettiin huomioon, että suojien täytyy kestää astumista ja iskuja. Robotin kannalta pohdittiin myös sitä, että kestävätkö suojat kappaleen putoamista, jos kappale irtoaa robotin tarttujista. Suojien pitää olla kooltaan matalia, ettei niihin kompastu. Johtosuojien kiinnitystä suunniteltiin, ja niiden kokoa mietittiin tarkasti, sillä jatkossa voitaisiin joutua lisäämään tai poistamaan letkuja ja johtoja. Hyvin suunnitelluissa suojsissa ei tarvitse irrottaa suojsia lattiasta, joka helpottaa asennustyötä. Suunnitellessa toimilaitteiden vaihtoa tai lisäystä on monessa tapauksessa helpompi käyttää samoja suojsia. Suojien suunnittelussa on huomioitava myös puhtaanapidon helppous, ettei lattialla ole hankalia koloja estämässä siivoista.

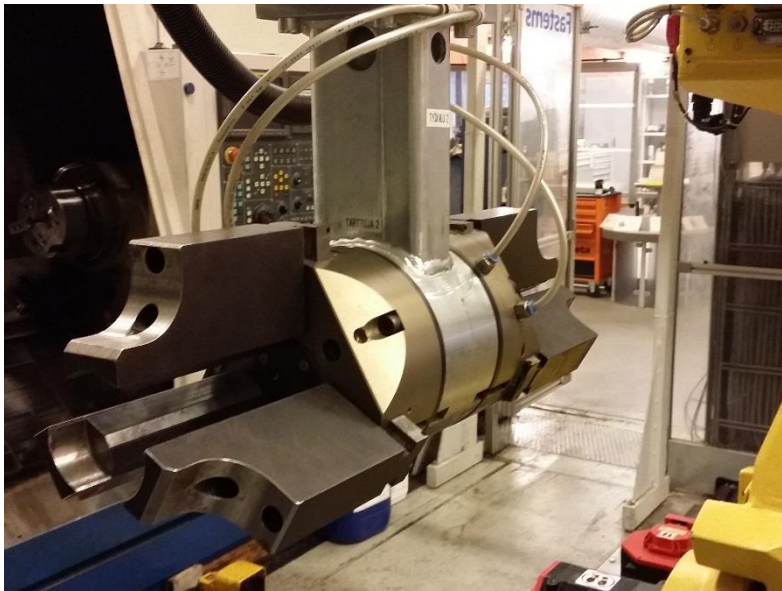


Kuva 11. Johtosuoja 4 mm.

Johtosuojien suunnittelussa ei kannata miettiä mitään liian hienoa. Oikein taivutettuna 1mm teräslevy kestää huomattavan suuria painoja paksuuteen nähden. Tässä työssä suojat ovat 3 mm (kuva 9 ja 10) ja 4 mm teräslevystä (kuva 11). Suojat on suunniteltu kiinnitettäväksi vain toiselta puolelta. Tarkoituksena on se, että johtosuojan ruuviton puoli osuu ensin lattiaan ja sitten kiristysruuvien puoli. Oikein taitettuna runko ei anna periksi, ja suojat kiristyvät lattiaa kiinni eivätkä liiku, vaikka joku astuisi niitä päin.

## 5 ROBOTIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Solun automatisoinnin suunnittelussa otettiin huomioon myös robotin työkalujen käytön tarve, ja lähdettiin parantamaan robotin käyttöä. Uuden kehityksen ohella tulevaisuudessa tullaan tarvitsemaan uusia työkaluja, jonka seurauksena tarvitaan laajempi työkalukirjasto. Toimintaa tehostaisi se, että useampaa työkalua pystyy jatkossa käyttämään ilman työkaluasetusten vaihtoa, eikä vanhoja tarvitse poistaa järjestelmästä. Ongelman aiheutti, ettei ohjeita työkalu hallinnan suhteen ollut suoraa löydettävissä mistään ohjeista, mutta tutkimalla ja soveltamalla löydettiin tässä työssä ratkaisut.

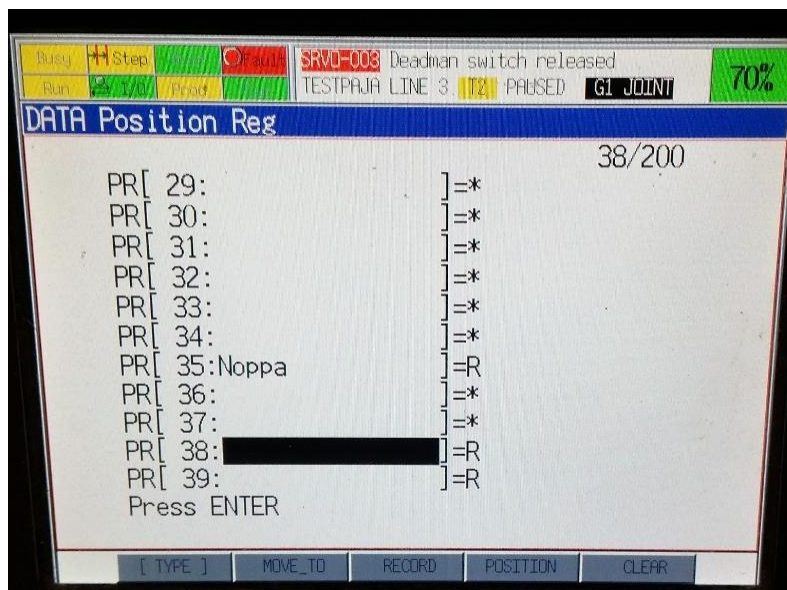


Kuva 12. Robotin tarttujatyökalu.

Solussa on tällä hetkellä käytössä kahta erityyppistä työkalua, joista toinen on kaksi puolinen tarttuja (kuva 12). Työkalujen asetuspaikkoja on ohjelmassa tällä kyseisellä robotilla rajoitettu kymmeneen paikkaan. Sen takia lähdettiin muuttamaan asetuksia, sitä kautta lisäämään robotin PR-muistin tilaa.

## 5.1 Rekisteripaikan laajennus

Työn tarkoituksena oli laajentaa robotin *tool frame* ja *user frame* tallennustilaa, ja käyttää PR-muistia työkalukirjaston lisämuistina (kuva 13). PR-muistiin pystytään tallentamaan robotin paikkatietoja sen koordinaatistossa, johon tallentuu x,y,z ja akselien kierrot w,p,r tai voi tallentaa myös akseli kohtaisesti joint arvot J1, J2, J3, J4, J5 ja J6.



Kuva 13. PR-muistipaikat.

Robotissa oli alun perin PR-paikkoja 100, joita laajennettiin 200 paikkaan. 200 paikka on tämän kyseisen ohjauksen robotille maksimi määrä. Vastaavat muutokset täytyy tehdä kylmäkäynnistyksen kautta, ja kun tehdään näin suuria muutoksia, silloin kannattaa tehdä robotista varmuuskopiointi. (FANUC Europe Corporation 2001.)

## 5.2 Työkalu- ja käyttäjäkoordinaatisto

Robotissa on *tool frame* paikkoja kymmenen ja *user frame* paikkoja yhdeksän. Tämä tarkoittaa sitä, ettei robotille voida laittaa yli kymmentä työkalua tai yhdeksää käyttäjän määrittelemiä koordinaatistoja asetuksien muistiin (kuva 14). Ohjelmien alussa määritellään työkalun asetukset ja käytettävät koordinaatistot.



Kuva 14. Tool frame.

Työkalupiste toimii niin, että robottia liikuttaessa se liikkuu opetetun pisteen suuntaisesti ja ympäri. Pisteen voi opettaa kahdella eri tavalla: kirjoittamalla suoraan työkalu arvot x, y, z, w, p ja r, jolloin tiedetään työkalun mitat. Toinen vaihtoehto on opettaa pisteet vähintään kolmesta suunnasta: sivulta, edestä ja ylhäältä eli x,y ja z. Työkalu pisteen arvot tallentuvat aina xyz-koordinaatistoon.

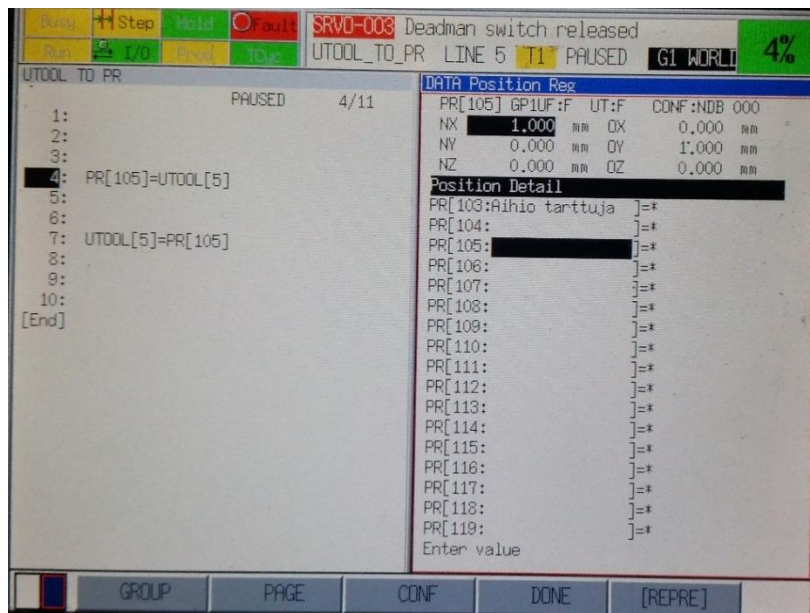
Käyttäjäkoordinaatiston tarkoitus on opettaa alue mistä robotti työskentelee, kuten esimerkiksi hakee kappaleita. Näin pystytään määrittämään tarkemmin robotin toiminta-alue ja helpottamaan huomattavasti ohjelmointia. Käyttäjäkoordinaatiston ohjelmointi tapahtuu kolmea pistettä käyttäen. Ensin opetetaan origo, jonka jälkeen x ja y suunnat. Opetus tallentuu samalla tavalla kuin työkalukoordinaatistoon x, y ja z.

### 5.3 Työkalu- ja käyttäjäkoordinaatiston siirto PR:ään

Työssä haettiin työkalu- ja käyttäjäkoordinaatiston laajennusta PR-muistista, ja sen toteutusta alettiin selvittämään. KTK:n henkilökunta tiesi, että PR-muistiin saadaan siirrettyä työkalu- ja käyttäjätiedot, mutta heillä ei ollut muistikuvaa miten se toteutetaan. Ohjeita tämän tekemiseen oli vaikea löytää.

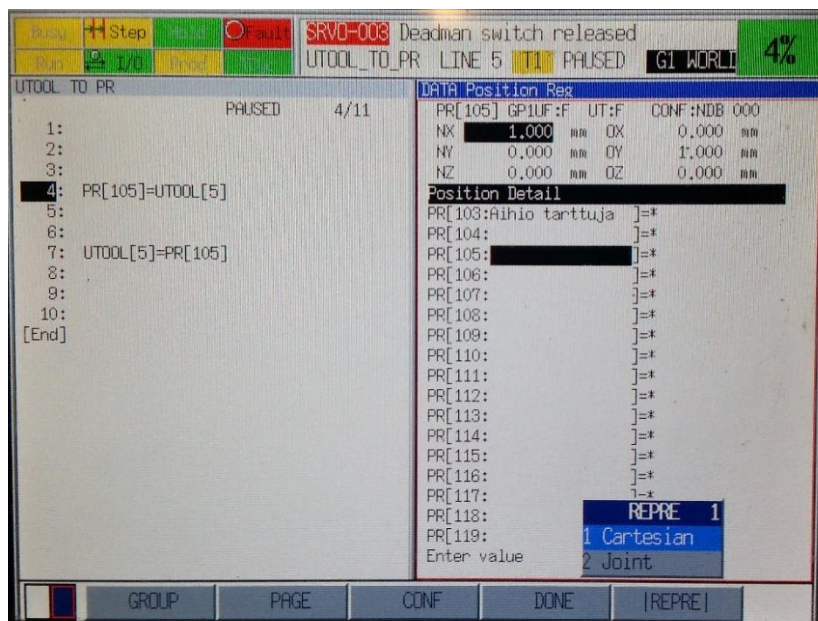
Fanuc-robotin ohjelmointioppaasta ei suoranaisesti löytynyt ohjeita tarvittavaan työhön, mutta soveltamalla saatiin siirrettyä työkalun arvot PR-muistiin ja toisinpäin. Sama toimi myös käyttäjä koordinaatistoon. Jotta tämä toimisi, täytyi ensin määrittää *tool frame* ja *user frame* paikkatiedot, ja sen jälkeen siirtää ne PR-muistiin. Muuten robotti ei ymmärtäisi arvoja työkalu- tai käyttäjäkoordinaatiston tiedoiksi.

Työkaluarvojen siirto PR-muistiin tapahtuu yksinkertaisella ohjelman pätkällä PR[ ] = UTOOL[ ], joka siirtää valitun työkalu paikan tiedot valittuun PR-muistipaikkaan (FANUC Europe Corporation 2001). UTOOL hakusulkeiden sisälle laitetaan haluttu työkalu, jotka on numeroitu 1-10. Vastaavasti PR:n hakusulkeisiin laitetaan haluttu PR:n paikan numero (kuva 15 rivillä 4).



Kuva 15. Tool frame:n siirto PR-muistiin.

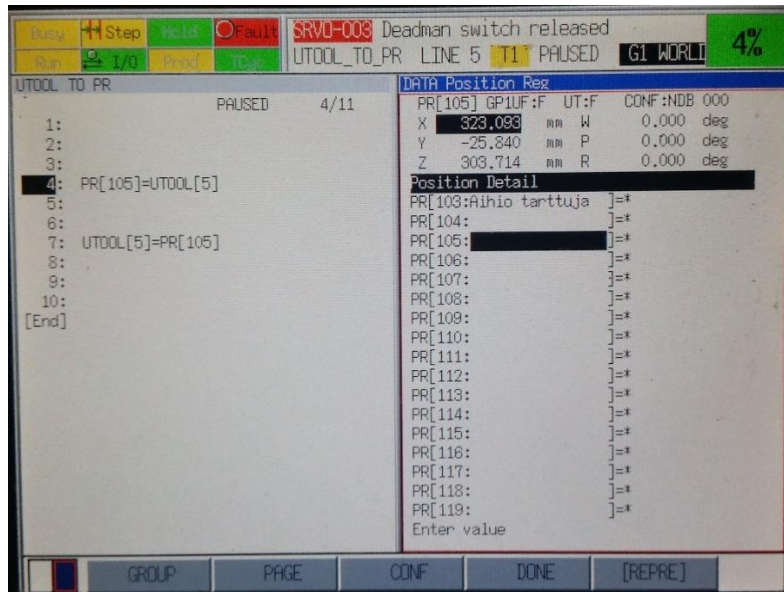
Ajamalla ohjelman PR = UTOOL, työkalun paikkatiedot siirtyvät PR-muistiin, kuten tässä tapauksessa työkalun tiedot siirtyvät PR[105] paikkaan (kuva 15 rivi 4). Rekisteripaikan arvot näkyvät arvoina NX 1.000 mm, NY 0.000 mm, NZ 0,000 mm, OX 0,000 mm, OY 1,000 mm ja OZ 0,000 mm (kuvan 15 oikeassa yläreunassa). Syy miksi arvot näkyvät näin on se että, paikka rekisterin muistiin tallentuvat robotin liikkeet joint-arvoina eli asteina, jotta saadaan muisti toimimaan pitää tehdä asetusmuutoksia.



Kuva 16. Koordinaatiston muuttaminen.

Asetusmuutokset pystytään tekemään helposti. Kuvassa 16 on esitetty, miten saadaan koordinaatisto muutettua; eli valitaan alhaalta REPRE, jonka jälkeen valitaan *Cartesian*, jolloin arvot muuttuvat xyz-koordinaatiston arvoiksi (kuva 17).





Kuva 17. Arvot koordinaatistossa vaihdon jälkeen.

Tämän muutoksen jälkeen robotti ymmärtää paikkatiedot. Cartesian tarkoittaa robotin xyz-koordinaatistoa, joka on robotin oma koordinaatisto. Se on yleensä tehtaalla määritetty valmiiksi, eikä sitä yleensä enää muuteta.

Kun työkalu arvot on tallennettu PR-muistiin, voidaan ne siirtää työkalupaikkaan. Siirto tapahtuu seuraavasti; tehdään ohjelma  $UTOOL[ ] = PR[ ]$ , jolloin arvot siirtyvät *tool frame:n* valittuun paikkaan. Tämän jälkeen PR-muisti toimii työkalu asetuksena.

Käyttäjä Koordinaatisto siirto toimii samalla tavalla. Tehdään ohjelma  $PR[ ] = UFRAME[ ]$  ja ajetaan läpi. Vaihdetaan *Cartesian* ja arvot näkyvät xyz-koordinaatistossa. Ohjelmalla  $UFRAME[ ] = PR[ ]$  saadaan arvot Käyttäjäkoordinaatistoon.

#### 5.4 Käyttötarkoitus

Työn tarkoituksena on saada laajempi työkalukirjasto ilman, että työkalujen asetuksia muutetaan työkalun vaihdon yhteydessä. Laitteita käytetään myös opetus-käytössä, joten tarvitaan koulutuksen takia tyhjiä paikkoja. Samalla saa turvattua,

ettei asetuksia poisteta vahingossa, mutta PR-muistinkin pystyy vahingossa poistamaan. Robotissa on sorvia varten kaksipuolinen tarttuja, joka vie kaksi paikkaa *tool frame:sta*. Vastaavien työkalujen takia paikat loppuvat nopeasti kesken.

### 5.5 Toiminnan kokeilu

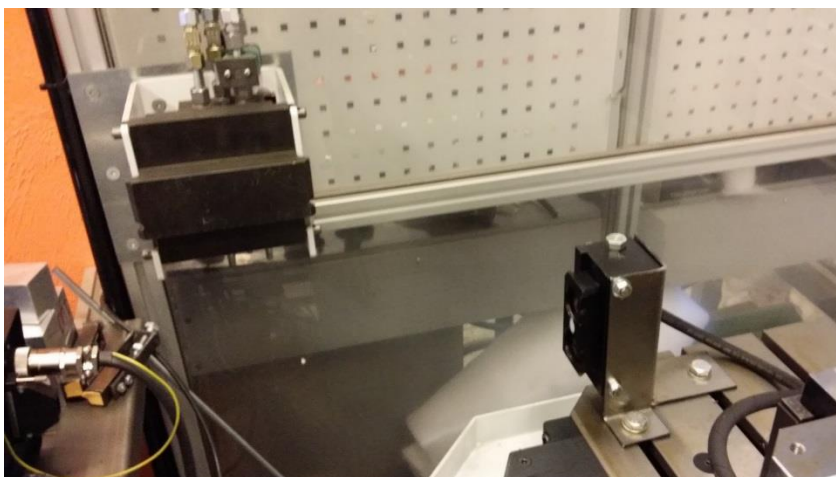
Työkalu- ja käyttäjäkoordinaatiston ohjelmaa kokeiltiin useasti, ja se toimi hyvin. Ohjelmaa yritettiin soveltaa niin, että arvot kirjoitettaisi suoraan PR-muistiin, ja sen jälkeen siirrettäisiin ne työkalupaikkoihin. Robotti ei ymmärtänyt arvoja, koska siihen vaikuttaa robotin liikkeiden koordinaatit joint ja *Cartesian* (Hellsten, S 2014).

Jatkotoimenpiteiksi olisi mietittävä, miten toiminnon saataisiin kirjoitettua suoraan numeroina ohjelman alkuun? Miten ne onnistuisi siirtämään sieltä työkalu paikkaan? Tällä tavalla saataisiin se etu, etteivät työkalupaikan asetukset muuttuisi. Työkalu arvot löytyisivät sieltä, missä niitä tarvitaan.

## 6 KAPPALEIDEN KIINNITTÄMINEN MIEHITTÄMÄTTÖMÄNÄ

Erilaisia sovelluksia automatisoituihin soluihin on olemassa huomattavia määriä, tässä työssä käsiteltyjä automaatiojärjestelmiä ei ole monessa yrityksessä käytössä. Suunnitelman tarkoituksena on pienentää kappaleen kiinnitysaikoja, ja saada useita kappaleita samanaikaisesti kiinni palettiin. Tällä tavoin saadaan lyhyissä koneistuksissa koneistuksen hyötysuhdetta kasvatettua, joka pienentää kappalekohtaista koneistus aikaa. Silloin ei mene ylimääräistä aikaa esimerkiksi työkalujen vaihtoon. Samalla saadaan robotille lisää aikaa kappaleiden asennukseen ja tuotannon odotusaikoja pienennettyä.

Soluun suunniteltiin työstökeskuksen ja robotin automatisoidun kiinnityksen parantamista, josta lähdettiin tutkimaan eri mahdollisuuksia nollapistekiinnittimen ohjauksen automatisoinnin parantamiseksi. Tämänhetkisessä järjestelmässä on hydraulikkaliitin, jolla ohjataan nollapistekiinnittimiä auki ja kiinni (kuva 18). Ohjaus tapahtuu robotin digitaalisen lähdön kautta päälle ja pois.



Kuva 18. Solun hydraulikkaliitin.

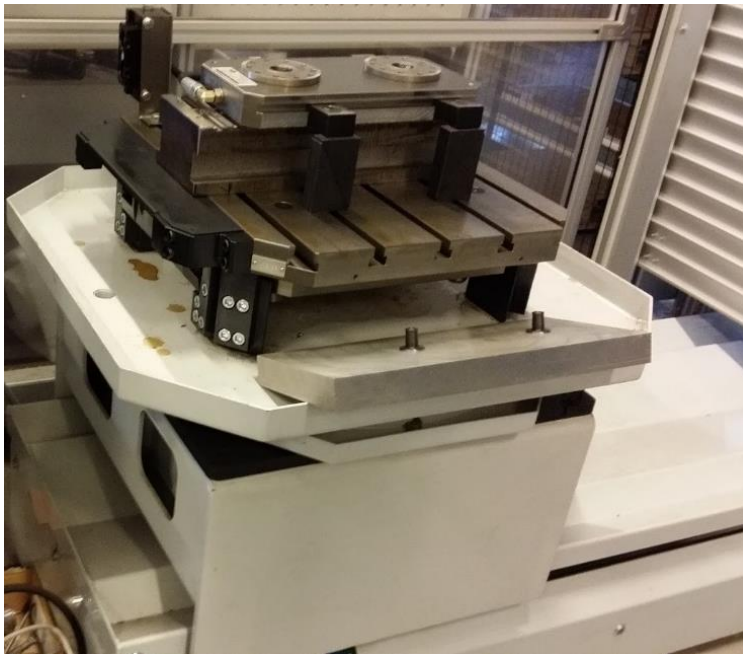
Hydraulikkaliittimen huono puoli on siinä, että se tarvitsee robotin liittämään ja irrottamaan itsensä joka kerta, kun paletti viedään tai tuodaan soluun. Nopeissa töissä työstökone odottaa kappaletta ja tämä aiheuttaa tuotantoon pullonkaulan.

Toisenlaisissa kappaleissa joudutaan vaihtamaan robottiin työkalu, koska liittimeen tarvitaan oma työkalutarttuja. Tämän takia robotille tulee turhia liikkeitä, joita pitää välttää, ja samalla lisää odotusaikaa tuotantolinjalle. Paletissa olevan liitin osa vaikeuttaa kappaleiden koneistusta.

### 6.1 Vaihtoehtoisen kiinnityksen ohjaus

Vaihtoehtoisen kiinnityksen pohtiminen aloitettiin liittimen suunnittelulla. Liittimen kiinnitys pitäisi saada niin, ettei robotin tarvitsisi erikseen sitä asentaa. Ohjaus tapahtuisi silti robotin käsiohjaimella.

Vaihtoehtona on saada liitin kiinnitettyä palettiin niin, ettei sitä tarvitse erikseen liittää. Järkevin vaihtoehto liitännälle olisi, että FMS-hissi toisi paletin kuljetinpyö-dälle ja samalla liitin asettuisi kiinni (kuva 19). Näistä järjestelmistä on olemassa erilaisia sovelluksia esimerkiksi Fastemsilla.

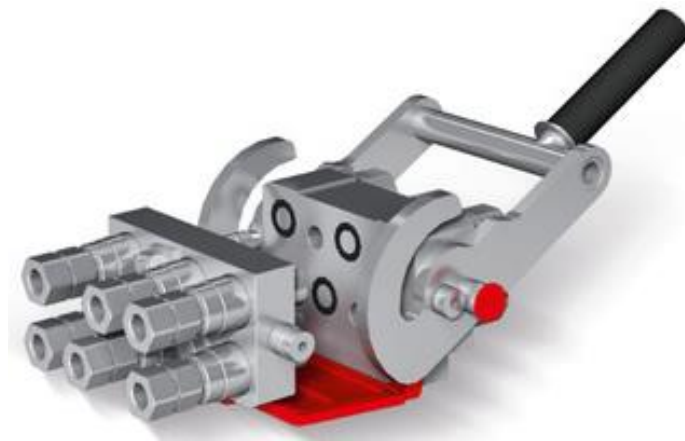


Kuva 19. Palettipöytä.

Vaihtoehtoina tähän suunnitelmaan on, että hydraulikka- ja pneumatiikkaohjaus tuodaan pöydän läpi tai liitetään paletin sivuun. Sivuliitinjärjestelmän rakentaminen tulisi halvemmaksi, ja sen saisi kiinnitettyä helposti palettiin. Paletin keskiosa taas vaatii koneistusta ja muokkausta, jotta liitinosaa saataisiin kiinni palettiin.

## 6.2 Liitin paletin sivuun

Paletin sivuun tulevaa liitintä lähdettiin soveltamaan traktoreiden, vastaavien työkonoiden ja robotin tarttujien kautta. Traktoreissa käytetyt pikaliitin ratkaisut ovat käsin kiristettäviä, jotka kuski voi itse helposti laittaa yhteen (kuva 20). Tässä tapauksessa liitintä tarvitsee soveltaa automatisoitu kiinnitys.



Kuva 20. Pikaliitin (Voswinkel GmbH 2015).

Robottiikassa käytetyt liitin sovellukset ovat automatisoituja kiinnityksiä, jotka tapahtuvat paineilma-avauksella ja jousikiinnityksellä. Monesti robotiikassa paineilmaohjauksen liittimet on sovellettu työkalun kiinnityslaipan yhteyteen. Liitimen kiinnityksen suunnittelussa täytyy laskea yksi ohjausletku lisää, jotta liitos saadaan tiiviisti lukittua. Ilman lukitusta liitin ei pysy kiinni hydraulikka tai pneumatiikka paineen vaikutuksesta.

Tähän työhön liitos olisi helpompi rakentaa, jos telineeseen olisi rakennettu valmiiksi paletin lukitus, kuten joissain vastaavissa sovelluksissa on tehty. Etuna on

liittimen kohdistus ja lukitus. Vastaavat tilanteet tulee ottaa huomioon solua suunnitellessa. Jälkeenpäin järjestelmän muuttaminen vie aikaa ja vaatii FMS-hyllyjärjestelmän pysäyttämistä.

Päädyttiin kuvan 21 tyyppiseen liittimeen, jonka etuna on sen muokattavuus, ja mahdollisuus vaihtaa liitinosia, kuten esimerkiksi sähköliitin. Liitintä ei suoranaisesti voi tässä tilanteessa käyttää, vaan tuote on enemmän suuntaa-antava. Osat rakennettaisiin metallikappaleista, johon tulisi irrallisista liitinosia, joista tehtäisiin tähän räätälöity versio (kuva 22).



Kuva 21. Multi coupling (Stäubli 2015).



Kuva 22. Liitinosia (Hydrokomp 08.2014).

Koneessa tila on hyvin pieni paletin vaihdon aikana, joten lisäosa ei saa tulla paletista pois päin yli 50 mm, sillä muuten se osuu seinään kääntyessä. Asennuspaikan telineessä pitimien väli on 280 mm, joten leveyttä liittimen rungolle ei saa enempää. Tämän takia liitinosien määrä jää rajalliseksi.

### 6.3 Palettiin keskeltä tuleva liitin

Toisena vaihtoehtona on asentaa paletin keskelle liitin. Etuna sivusta tulevaan liittimeen on se, ettei paletin ulkomitta kasva, jolloin saadaan poistettua törmäysriski seinään paletin vaihdon aikana. Tämä vaihtoehto tarvitsee hieman enemmän suunnittelua, koska liittimen pitää asettua tarkasti paletin keskelle, jotta liitos osuu kohdalle.

Liitinvaihtoehtoja ei monelta valmistajalta löytynyt. Ainoat valmistajat, joiden tuotteet sopivat tähän työhön oli Römheld ja Hydrokomp (Römheld GmbH 2015b, Hydrokomp 02.2014). Näistä valmistajista työhön sopi paremmin Hydrokomp:n liitin (kuva 23).



Kuva 23. Multiple coupling system (Hydrokomp 02.2014).

Liitännöistä löytyy useita eri kokoja, kuten esimerkiksi Hydrokomp:lta löytyy kokoja 3-12 läpivientiin. Liittimen valinnassa täytyy ottaa huomioon kuinka monta

läpivientiä tarvitaan, sillä kuudesta läpiviennistä eteenpäin liittimen koko kasvaa huomattavasti. Osat ovat arvokkaita, joten kannattaa miettiä tarkkaan mitä tarvitaan. Vastaavia liitinsovelluksia on jonkin verran käytetty työstökoneissa.

Näistä kahdesta liittintyypestä päädyttiin Hydrokomp:n multiple coupling system:iin, sillä mitoitus mukaan sivuliitäntä tulisi liian ahtaaksi paletin vaihdon aikana. Muutenkin ulkoiset liitännät osuvat helpommin muihin esteisiin ja keräävät lastuja koneistuksen aikana. Huonona puolena on, ettei saada sähköhjausta palettiin, mutta tässä työssä sitä ei tarvita.

#### 6.4 Ohjauksen tuonti asennuspöytään

Asennuspöydän täytyy pystyä pyörimään, joten väliin täytyy miettiä liitäntä, jossa letkut eivät menisi solmuun. Hydraulikkaan ja pneumatiikkaan on olemassa sovelluksia, joissa liitosten väliin tulee pyöriviä osia eli pyörivä liitin. Pyöriviä liittimiä on olemassa yksittäisiä, joissa liitosten välikohta pyörii, joista on olemassa myös kulma osina (kuva 24). Toisena vaihtoehtona on useamman viennin pyörivä liitin (kuva 25). Etuna on, että saadaan letkut tuotua yhtä reittiä. Samalla vältetään letkujen sokeutumista toisiinsa, joka voi hyvin tapahtua yksittäisissä pyörivissä liittimissä.



Kuva 24. Yksittäinen pyörivä liitin (Suomen Pikaliitin Oy 2015).





Kuva 25. Pyörivä liitin (Konaflex Oy 2015).

Työhön valitaan pyörivä liitin tyyppinen ratkaisu, jolloin saadaan mahdollisuus pyörittää asennuspöytää rikkomatta letkuja (kuva 25). Pyörivän liittimen valmistajia on huomattavasti enemmän, kuin multiple coupling system:n, joka helpottaa osien etsinnässä. Kumminkin lopulta päädyttiin Hydrokomp:n pyörivään liittimeen, jolloin saadaan varmistettua osien sopivuus yhteen (Hydrokomp 02.2013).

### 6.5 Kappaleiden kiinnittimien ohjauksen suunnittelu

Tarvittavat komponentit saatiin valittua, joten alettiin pohtimaan eri variaatioita tulevalle järjestelmälle. Suunnitteilla oli, että kiinnittimet ohjataan hydraulikalla ja pneumatiikalla, joten liittimet täytyy suunnitella hydraulikan mukaan. Liittinosissa on painerajat, jonka takia täytyy tietää mille painealueelle järjestelmä halutaan rakentaa. Pyörivissä liittimissä täytyy ottaa huomioon myös pyörimisnopeus, muuten tiivisteet alkavat vuotamaan.

Kappalekiinnitysten puristimien ohjaus pitää toimia niin, että jousikuorma pitää kappaleet kiinni ja hydraulikka tai pneumatiikka avaa puristimet. Muuten koneistuksen aikana kappaleet irtoavat kiinnittimistä, jolloin puristimet tarvitsisivat paineakun, joka pitää paineen vakiona.

Kiinnityksessä on mietitty myös yhden ohjauksen jakamista useampaan puristimeen, kuten käyttämällä ajastimia tai kuristimia. Tällä tavalla saataisiin ajoitettua puristimien liikkeitä hidastamalla virtauksen kulkua toiseen puristimeen, jolloin

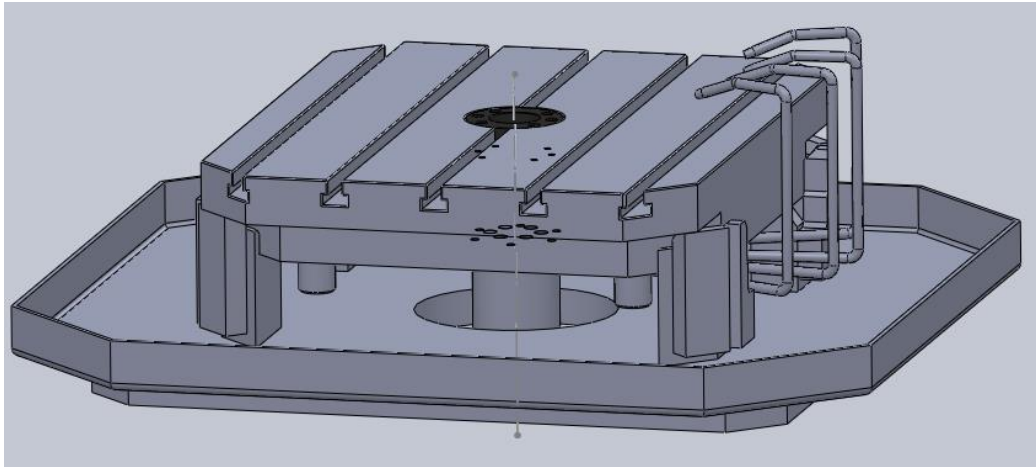
saadaan robotille enemmän aikaa hakea uusi kappale. Vastaavasti letkujen määrä vähentyisi liittimen kohdalla. Tämä on etuna tilanteissa, joissa on pieni koneistuspaletti, johon ei saada tuotua enempää pneumatiikka- tai hydraulikkaletkuja.

Kuristimet ja ajastimet tulee suojata koneistuksen ajalta, koska ne joudutaan laittamaan liittimen jälkeen paletin päälle. Jigejä rakentaessa voidaan suunnitella vastaavien osien laittamista jigin rungon sisälle.

## 6.6 Paineilmapuhdistus

Laitteistoa suunniteltaessa mietittiin puristimien ja paletin puhdistusta kappaleiden vaihdon aikana. Automatisoidussa tuotannossa ei välttämättä tule ajateltua kappaleiden tai puristimien puhdistusta, koska normaali koneistuksessa koneen käyttäjä tekee puhdistuksen. Muutama lastu voi vaikuttaa siihen, että kappale irtaa koneistuksessa tai kappaleen pintaan jää jälkiä. Laitteiston automatisointia mietittiin niin, että järjestelmä puhdistaisi itsenäisesti puristimet ja paletin.

Suunniteltiin kuuden ohjauksen tuontia pyörivälle liittimelle, joista neljä tulee liittimen läpi palettiin, yksi liittimen lukitukselle ja yksi puhdistukseen. Puhdistusta on ajateltu paineilmalla, jossa vain toiselta puolelta tulee puhallus palettiin, kappaleisiin ja kiinnittimiin. Asennuspöytään mietittiin rakennettavaksi useasta putkesta puhallusjärjestelmä, joka puhaltaa lastut pois (kuva 26).



Kuva 26. Pöydän puhdistus.

Rakentaessa puhdistusta on otettava huomioon paletin liikkuminen, etteivät putket osuisi palettiin vaihdon aikana. Tässä tapauksessa, kun lastut puhalletaan pois puristimista, on mietittävä mihin lastut menevät. Toispuolisella puhalluksella pystyy jonkin verran rajaamaan lastujen lentämistä.

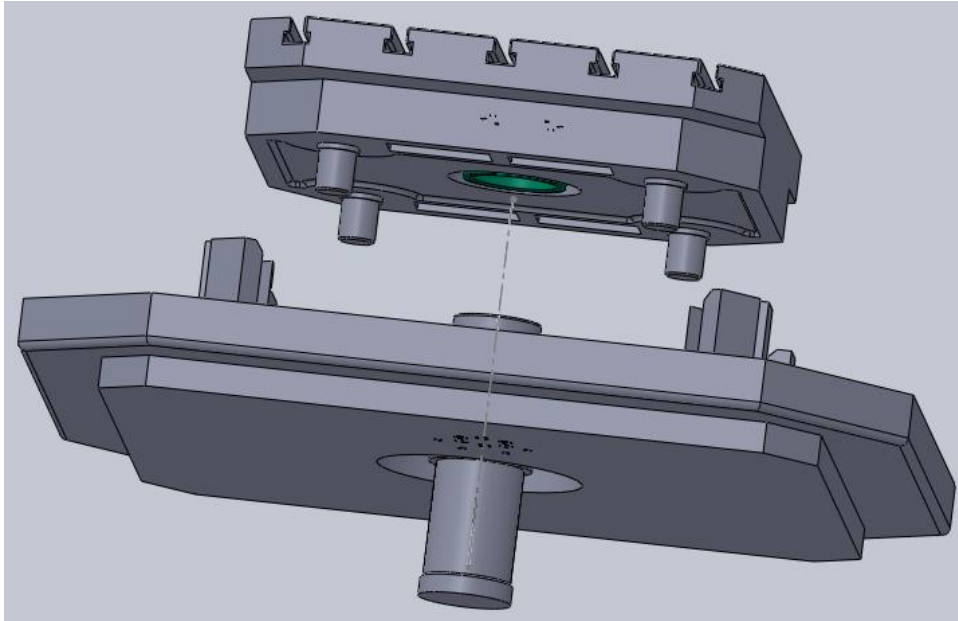
Robottiin on myös mahdollista rakentaa puhallusjärjestelmä, jossa putket on liitetty työkalun yhteydessä. Pöytä ja puristimet voidaan puhdistaa kappaleen vaihdon yhteydessä. Silloin putkien paikka on helpompi suunnitella ja puhalluksen suuntaus tulee tarkemmin, eikä tarvitse miettiä putkien osumista palettiin vaihdon aikana.

Teollisuudessa on käytetty imua vastaavissa tilanteissa. Lastut imuroidaan suoraan astioihin, mikä pitää tilat siistimpänä, ja lastut kerääntyvät yhteen paikkaan. Huonona puolena imussa on se, että imuvoiman pitää olla suuri, jotta se pystyy keräämään lastut. Tämä takia myös muun irtotavaran imeminen lastusäiliöön on mahdollista, kuten huonosti kiinnitetyt osat. Liian heikko imuvoima ei taas poista lastuja. Imu pitäisi rakentaa robottiin, mikä lisää letkuja robotin rungon viereen. Tämä vaikeuttaa ohjelmointia, sillä silloin tarvitsee varoa letkujen jäämistä robotin rungon väliin.

Tässä työssä palettipöydän puhdistus jäi enemmän ajatukseksi, koska jokaiselle työlle on todennäköisesti suunniteltava siihen parhaiten soveltuva puhdistamismenetelmä.

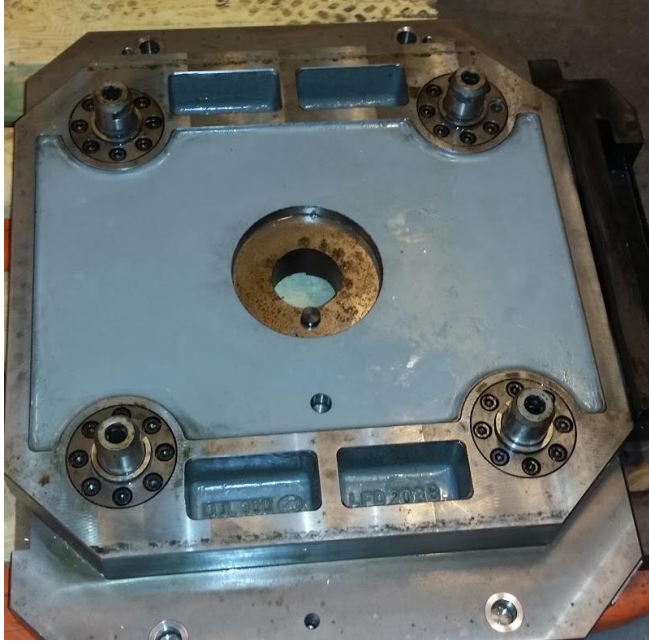
## 6.7 Ohjauksen tuonnin suunnittelu

Valittujen liitinosien jälkeen suunniteltu järjestelmä olisi kuvan 27 mukainen, jossa paletti lasketaan telineelle ja samalla liittimet menevät paikalleen. Kuvassa 27 näkyvät osat pyörivät yhdessä, joten pyörivä liitin kiinnitetään telineen pohjarunkoon ja sen alaosa pysyy paikallaan letkujen varassa.



Kuva 27. Liitännän kokoonpano.

Haasteena työssä on liittimen asennus palettiin, sillä paletti on pieni ja paletin keskellä olevan mustan osan tulisi jäädä palettiin (kuva 26). Mustaa osaa käytetään työstökeskuksessa paletin keskitykseen, ja se toimii paletin keskipisteenä. Jos liitin on liian korkea, joudutaan reikää suurentamaan ja mustaa keskitysosaa ei saada palettiin kiinni, mutta siihen voidaan silti rakentaa vastaava systeemi.



Kuva 28. Paletin alapuoli.

Työstökeskukseen tuodessa paletin pohja asettuu lähelle konetta, joten liitin osa ei saa tulla paletin pohjan alapuolelle. Paletin lukituksen tunnistus tapahtuu pienen ilmareiän kautta, jota vasten on paletin alapuolella oleva musta nappula (kuva 28 keskireiän vieressä). Sen takia pohjan reikää ei saa suurentaa, tai tunnistukseen joudutaan kehittämään toisenlainen ratkaisu.

## 7 JATKOTOIMENPITEITÄ SOLUN PARANTAMISEEN

Miehittämättömän kappaleen vaihtoon tulee suunnitella liitinjärjestelmän toteutus työstökonepalettiin. Miten liitin saataisiin palettiin kiinni niin, että paletin muita osia voidaan käyttää, kuten keskitystä ja tunnistusta? Miten ohjauspaineet saadaan tuotua paletin läpi se päälle, ja tarvittavat osat siihen, niin ettei liitin osu koneen paletin kiinnittimen runkoon?

Paletin tuonti asennuspöydän telineeseen tulee suunnitella niin, että liitin asettuu oikeaan kohtaan ja lukittuu. Pyörivälle liittimelle tulee suunnitella kiinnitys niin, ettei liitin osu paletin runkoon silloin, kun paletissa ei ole vastaliitintä. Telineeseen tulee suunnitella liittimelle anturi, jotta tiedetään liittimen lukitus.

Järjestelmän täytyy suunnitella paineilma- ja hydraulikkaventtiileille paikat ja mistä niihin saadaan ohjaus. Solusta tulisi tarkastaa voidaanko esimerkiksi käyttää olemassa olevia hydraulikan venttiilejä. Robotista tulee tarkastaa I/O-output-moduuleista venttiileille ohjauspaikat. Pyörivän liittimen letkut saadaan asennuspöydän alla menevään energiansiirtoketjuun, mutta täytyy tarkastaa, mahtuvatko letkut sinne. Letkut saadaan tuotua pöytään energiansiirtoketjusta sen seinän puolelta ulkoisen suojan kautta liittimeen.

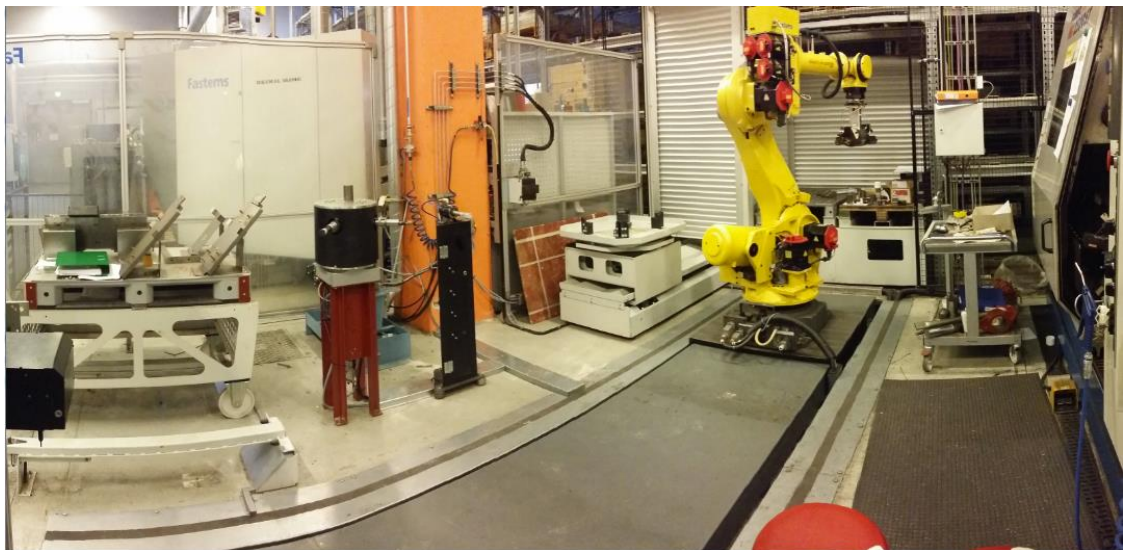
Paletin tuonnissa soluun on pieniä ongelmia, sillä FMS:n keskitys ei ole kohdallaan, minkä takia paletti kolahtaa viedessä ja hakiessa sitä. Paletin tuonnin ohjelmassa on jotain arvoja pielessä, sillä ohjelma odottaa anturitietoa. Kyseistä anturia ei ole FMS-järjestelmässä, niin se pitää itse kuitata. Samalla solusta korjata FMS-lavapaikat, jotta saataisiin tuotua lavoja FMS:stä soluun. Ohjelma tarvitsee tarkastaa, jotta saadaan laitteisto toimimaan virheettömästi.

Tässä työssä ei ole mietitty, miten ohjaukset tulevat liittimestä puristimille. Tarvi-taan puristimet ja niihin jonkinlainen väliliitin tai letkut tulee suoraan pikaliittimillä. Tulevatko kiinnittimet yksittäin pöytään tai pakettina? Mahdollista on myös käyttää valmiita nollapistekiinnitin elementtejä.

Robotissa ei tällä hetkellä ole kuin muutama työkalu, eivätkä ne oikein sovellu asentamaan puristimille koneistuskappaleita, minkä takia työkaluja tarvitsee suunnitella ja rakentaa tai tilata suoraan uusia. Olisi hyvä, jos työssä jatkossa käytettäisiin suunniteltua PR-muistia työkalu- ja käyttäjäkoordinaatistonpaikkoina.

## 8 YHTEENVETO

Työllä lähdettiin parantamaan KTK:n robottisolun toimintaa ja saamaan solusta avoimempi. Ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan solun toimilaitteiden uudelleen sijoittelun kautta ja siirtämällä pois solusta sen toiminnan kanalta tarpeettomat tavat. Näiden lisäksi tehtiin irrallisten johtojen suojaus ja niiden reititys. Työn jälkeen solu näyttää siistimmältä ja avarammalta (kuva 29).



Kuva 29. Solun lopullinen ilme.

Robotille tehtiin ohjausmuutokset, kuten PR-muistipaikkojen laajennus ja PR-muistin käyttö työkalukoordinaatiston asetuksena. Ohjelmissa ja apuohjelmissa on kokeiltu PR-muistin käyttöä, joka on toiminut hyvin. Tällä on saatu haluttu lopputulos, eikä jatkossa tarvitse käyttää kuin yhtä työkaluasetusta. Täytyy silti ottaa huomioon, että PR-muistinpaikkojen tiedot voidaan vahingossa poistaa. Sen takia täytyy miettiä sille varmistus, vaikka kirjoittaa arvot muistiin.

Automaatiojärjestelmä, johon kuuluu pyörivä liitin ja multiple coupling system, tullaan rakentamaan soluun. Tarvittavat osat valittiin ja tilattiin tämän työn suunnittelun mukaan kyseiseltä yritykseltä. Oy FMS-Tools Ab toimii Suomessa Hydrokomp:n edustajana. Järjestelmän toteutus jää henkilökunnalle tai seuraavalle opinnäytetyön tekijälle. Työ tullaan toteuttamaan työssä suunnitellulla tavalla.



Syynä, miksi järjestelmää ei tässä työssä toteutettu, on työn laajuus. Työ lähdettiin aluksi suunnittelemaan tilauksen ja valmistettavien kappaleiden mukaan, jossa tarvittiin nopeampaa järjestelmää lyhyen koneistusajan takia. Tilauksen kiireisen aikataulun ja senhetkisen työtilanteen takia järjestelmän rakentamista ei nähty kiireisen. Tämän työn suunnitelmien perusteella järjestelmä tullaan kuitenkin toteuttamaan lähitulevaisuudessa.

Paletin puhdistusjärjestelmän toteuttaminen tehdään kulloisenkin tarpeen mukaan. Tässä työssä sitä ei toteutettu. Tulevaisuudessa, kun pudistusta tullaan tarvitsemaan, on sitä ainakin jonkin verran mietitty.

Opinnäytetyö oli aiheena mielenkiintoinen ja siinä oli monipuolisesti asioita. Itse pääsin suunnittelemaan ja tekemään kehittäviä asioita. Työssä tehtiin paljon suunnitelmia, joista osa työstä jäi pelkäksi pohdinnaksi. Liitinosat tilattiin, mutta ne eivät ehtineet tähän työhön. Parasta on se, että kumminkin työn tärkeimmät asiat toteutettiin, kuten layout -muutos. Liitinjärjestelmä toteutetaan kuluneen vuoden aikana. Yhteistyö kumppaneina liitinosien etsinnässä ja tilauksessa toimivat Oy Lind-Tec Hydro Ab ja Oy FMS-Tools Ab.

## LÄHTEET

- FANUC Europe Corporation 2001. Robotin ohjaus, Viitattu 5.3.2015.  
Fanuc Robot series R-J3iC Handing tool operator manual B-82284EN-2/01
- Fastems Oy Ab 2015. Joustava valmistusjärjestelmä, Viitattu 5.3.2015.  
[www.fastems.com/fi/tuotteet/palettiautomaatio/](http://www.fastems.com/fi/tuotteet/palettiautomaatio/)
- Koneteknologiakeskus Turku Oy 2015. Yritysesittely, Viitattu 5.3.2015.  
[www.koneteknologiakeskus.fi/](http://www.koneteknologiakeskus.fi/)
- Hellsten, S 2014. Konemyyjä, Machine Tool Center Turku, Haastattelu.
- Hydrokomp 02.2013. Pyörivä liitin, Viitattu 5.3.2015.  
[www.hydrokomp.de/upload/050003\\_E.pdf](http://www.hydrokomp.de/upload/050003_E.pdf)
- Hydrokomp 02.2014. Multiple coupling systems, Viitattu 5.3.2015  
[www.hydrokomp.de/upload/010004\\_E.pdf](http://www.hydrokomp.de/upload/010004_E.pdf)
- Hydrokomp 08.2014. Liitin, Viitattu 5.3.2015.  
[www.hydrokomp.de/upload/010003\\_E.pdf](http://www.hydrokomp.de/upload/010003_E.pdf)
- Konaflex Oy 2015. Pyöriväliitin, Viitattu 5.3.2015.  
[www.konaflex.fi/fi/Tuotteet/Kytkimet%20ja%20Jarrut/Py%C3%B6rint%C3%A4liittimet/](http://www.konaflex.fi/fi/Tuotteet/Kytkimet%20ja%20Jarrut/Py%C3%B6rint%C3%A4liittimet/)
- Laine, R. 2014. Konstruktiosuunnittelija. Koneteknologiakeskus Turku Oy, Haastattelu.
- Römheld GmbH 2015a. Pyöriväliitin, Viitattu 5.3.2015.  
[www.roemheld.de/EN/roemheld.aspx?cmd=DETAILS&Article=9286135&csid=146&sm=](http://www.roemheld.de/EN/roemheld.aspx?cmd=DETAILS&Article=9286135&csid=146&sm=)
- Römheld GmbH 2015b. Multi-coupling, Viitattu 5.3.2015  
[www.roemheld.de/EN/roemheld.aspx?cmd=DETAILS&Article=0460821&csid=154&sm=Kupplungstyp=8;](http://www.roemheld.de/EN/roemheld.aspx?cmd=DETAILS&Article=0460821&csid=154&sm=Kupplungstyp=8;)
- SFS-EN 775 1993. Teollisuusrobotit turvallisuus.
- Stäubli 2015. Multi coupling, Viitattu 20.3.2015.  
[www.directindustry.com/industrial-manufacturer/multi-coupling-84615.html](http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/multi-coupling-84615.html)
- Suomen Pikaliitin Oy 2015. Yksittäinen pyöriväliitin, Viitattu 20.3.2015.  
[suomenpikaliitin.fi/pages/tuotteet/pyorivat\\_liittimet/nivelkaytto.html?gclid=CMeu1L7nu8MCFQsNcwod6lsAWQ](http://suomenpikaliitin.fi/pages/tuotteet/pyorivat_liittimet/nivelkaytto.html?gclid=CMeu1L7nu8MCFQsNcwod6lsAWQ)
- Viherkallio, E. 2014. Levytyöoperaattori. Koneteknologiakeskus Turku Oy, Haastattelu.
- Viuhko, J. 2014. Hitsausoperaattori. Koneteknologiakeskus Turku Oy, Haastattelu.
- Voswinkel GmbH 2015. Pikaliitin, Viitattu 29.1.2015..  
[www.voswinkel.net/de/aktuelles/multikuppler-mk-nach-kundenvorgabe/](http://www.voswinkel.net/de/aktuelles/multikuppler-mk-nach-kundenvorgabe/)