



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikael Rantala

LIIKUTETTAVA ROBOTISOLU

UR5-ROBOTILLE

Tarkmet Oy

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikael Rantala
Opinnäytetyön nimi	Liikutettava robottisolun UR5-robotille
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	43
Ohjaaja	Osku Hirvonen

Tämän opinnäytetyön aiheena ja tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa liikutettava robottisolun UR5-robotille. Työn toimeksiantajana toimi Tarkmet Oy, joka toimii myös työnantajana. Lähtökohtana työlle oli, että UR5-robotti saataisiin työskentelemään NC-ohjatun hydraulikkapuristimen työparina ja näin ollen robotti saataisiin oikeisiin tuotannollisiin työtehtäviin.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin automaatio- ja robotisointeihin järjestelmiin, robottisolujen rakenteisiin, turvallisuuteen ja turvallisuuden standardeihin. Laitteiden, tietoperustan ja suunnittelun perusteella valitsin tarvittavat materiaalit ja hankinnat solun toteuttamiseen. UR5-robotti, OneRobot-tarttuja, MPD100 NC -Hydraulikkapuristin, sekä Hokuyo-turvalaserskanneri olivat jo valmiina. Materiaalien hankinnan jälkeen aloitin solun kokoonpanon ja valmistettavien osien valmistuksen.

Lopputulokseen Tarkmet Oy oli tyytyväinen ja näin ollen tavoitteisiin päästiin, sillä Tarkmet Oy sai toimivan robottisolun, joka soveltuu hyvin yrityksen tuotannollisiin työtehtäviin.

ABSTRACT

Author	Mikael Rantala
Title	Movable robot cell for UR5 robot
Year	2020
Language	Finnish
Pages	43
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

The topic and aim of this thesis was to design and implement a movable robot cell for a UR5 robot. The thesis was commissioned by Tarkmet Oy, which also acted as my employer. The starting point for the thesis was to get the UR5 robot to work as a working pair of an NC-controlled hydraulic press and thus get the robot for the actual tasks in production.

Automation and robotic systems, robot cell structures, safety, and safety standards are introduced in the thesis. Based on the equipment, knowledge base and design, the necessary materials and procurement to implement the cell were selected. The UR5 robot, OneRobot gripper, MPD100 NC Hydraulic Press, and Hokoyo safety laser scanner had already been acquired earlier. After acquiring the materials, the assembly of the cell started as well as making of the parts to be produced.

The aims of the thesis were achieved, as Tarkmet Oy got a functioning robot cell that is well suited for the companys` production task.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	TIETOA YRITYKSESTÄ	8
	2.1 Omat tuotteet.....	8
	2.2 Toiminta ja sertifikaatit.....	8
3	TAVOITTEET	9
	3.1 Tuotannon nykytila, kehitys ja sen tavoitteet	9
	3.2 Liikutettavan solun tavoite.....	9
	3.3 Tuotteet	9
	3.4 NC-ohjattu hydrauliiikkapuristin	11
	3.4.1 Manuaalinen työskentelytila	11
	3.4.2 Automaattinen työskentelytila	12
4	TIETOPERUSTA.....	13
	4.1 Tutkimuksen tausta	13
	4.2 Yleistä robotiikasta ja automatisoinnista	13
	4.3 Yhteistyörobotit (Univeral robots UR)	14
5	TOTEUTUS	16
	5.1 Solun suunnittelu ja rakenne.....	16
	5.1.1 Robotin valintakriteerit	17
	5.1.2 Tarttujan valintakriteerit.....	17
	5.1.3 Liikutettava pöytä.....	18
	5.1.4 Robotin kiinnitys.....	26
	5.1.5 UR5-robotti osana solua.....	29
	5.1.6 Työkaluteline.....	30
	5.1.7 Pöydän kiinnitys puristimeen.....	32
	5.1.8 Pohdinta pöytään tulevista kuormista ja jännityksistä	34
	5.1.9 Solun hinta	34
6	TURVALLISUUS	36

6.1	Yleistä yhteistyörobottien turvallisuudesta ja standardeista	36
6.1.1	Valvottu pysähtyminen	36
6.1.2	Käsin tapahtuva ohjaaminen	36
6.1.3	Nopeuden valvonta hidastumalla tai pysähtymällä.....	36
6.1.4	Tehon ja voiman valvonta.....	36
6.1.5	Turvallisuuden standardit.....	37
6.2	Turvalaserskanneri	37
6.3	Skannerin sijainti ja asennus solussa	37
7	PROJEKTIN HYÖDYNTÄMINEN TULEVAISUUDESSA	41
7.1	Liikutettavan solun myynti palveluna.....	41
7.2	Myynti NC-ohjattujen hydrauliiikkapuristimien mukana.....	41
8	POHDINTA.....	42
	LÄHTEET	43

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Robottisolun koeajotuote ja tuotepidin.	10
Kuva 2. MPD100 NC-ohjattu hydrauliiikkapuristin.	11
Kuva 3. 3D-malli liikutettavasta solusta.	17
Kuva 4. OneRobot RG2 -tarttuja.	18
Kuva 5. Kumitassut ja jalat.	19
Kuva 6. Alarunko.	20
Kuva 7. Power Lock – SF -kiinnike.	20
Kuva 8. Profiilien kiinnitys.	21
Kuva 9. Kannen kokoonpano.	22
Kuva 10. Kannen valmis kokoonpano.	22
Kuva 11. Poikkituki.	23
Kuva 12. Poikkitukien valmis kokoonpano.	24
Kuva 13. Alataso.	25
Kuva 14. Päätytulppa.	25
Kuva 15. 3D-malli robotin kiinnityslaipasta.	26
Kuva 16. Zircon -puhallettu kiinnityslaippa.	27
Kuva 17. Kumitiiviste.	28
Kuva 18. Robotin kiinnityslaippa paikallaan.	28
Kuva 19. UR5-robotti.	29
Kuva 20. UR5-robotti puristimella.	30
Kuva 21. 3D-malli työkalutelineestä.	31
Kuva 22. Tarttuja työkalutelineessä.	31
Kuva 23. 3D-malli kiinnitysjalasta.	32
Kuva 24. Puristimen rungon kiinnitysreiät.	33
Kuva 25. Zircon -puhalletut kiinnitysjalat.	33
Kuva 26. Pöydän kiinnitys puristimeen.	34
Kuva 27. Turvalaserskanneri.	39
Kuva 28. Skannerin pidike.	39
Kuva 29. Skannerin turva-alueen määrittäminen.	40
Kuva 30. Valmis solu.	40

1 JOHDANTO

Tänä päivänä yritykset siirtyvät yhä useammin automaatioon ja automatisoituihin järjestelmiin. Tämän seurauksena robotisaatio ja robotit yleistyvät yrityksissä ja niitä käytetään lukemattomiin erilaisiin työtehtäviin. Näin ollen kappalemäärät saadaan suureksi ja läpimenoajat tasaisiksi. Tämä taas vaikuttaa kappaleiden hinnoitteluun.

Sain opinnäytetyöaiheeni työnantajaltani Tarkmet Oy:ltä. Tarkmet Oy koki haluavansa kehittää hydrauliiikkapuristinpalveluitaan isommaksi kokonaisuudeksi, koska automaatio yleistyy kovaa vauhtia. Näin ollen Tarkmet Oy pystyy vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Luomalla täysin automatisoidun robottisolun hydrauliikkapuristimen ympärille, voidaan puristimien ja kokonaisten puristin-robottisolujen kysyntää kasvattaa.

Sen lisäksi, että puristimet saadaan automatisoitua, hyötyvät myös yritykset ja yritysten työntekijät siitä. Aiemmin puristimella työskennellyt työntekijä voidaan vapauttaa muihin työtehtäviin, sillä robotti hoitaa kappaleenvaihdon hydrauliikkapuristimella. Lisäksi laatu pysyy hyvänä ja tasaisena ja näin ollen asiakkaat pysyvät tyytyväisinä.

2 TIETOA YRITYKSESTÄ

Tarkmet Oy on Vaasassa sijaitseva metallialan yritys, joka on perustettu vuonna 1999. Tarkmet Oy tarjoaa asiakkailleen kokonaisvaltaisia, laadukkaita ja tarkkoja metalli- ja konealan palveluita. Toimintaan sisältyy omia tuotteita, alihankintaa, suunnittelua ja kokonaisratkaisuja.

2.1 Omat tuotteet

Vuodesta 2014 MKH-Press- ja MKH-Lift-tuoteperhe siirtyi Tarkmet Oy:n omistukseen. Omia tuotteita ovat käsi- ja sähkökäyttöiset hydraulikkapuristimet teollisuuden tarpeisiin. Omiin tuotteisiin sisältyy myös erilaiset magneettinostimet tasaisille ja kaareville pinnoille, siirtovaunut, laakereiden ulosvetäjät ja hydraulisylinterit. Tuotteita on myös mahdollista saada räätälöityinä ja erikoisvalmisteisina malteina.

2.2 Toiminta ja sertifikaatit

Tarkmet Oy:n asiakkaita ovat kaiken kokoiset yritykset monilta eri toimialoilta eri puolilta maailmaa. Pääasiassa Tarkmet Oy kuitenkin keskittyy pohjoismaiden alueelle. Tarkmet Oy:n toimintajärjestelmä on sertifioitu ja se täyttää standardien ISO 9001, ISO 14001 ja ISO 45001 mukaiset vaatimukset. Kaikessa toiminnassaan Tarkmet Oy pyrkii ottamaan huomioon ympäristön ja sen hyvinvoinnin.

3 TAVOITTEET

3.1 Tuotannon nykytila, kehitys ja sen tavoitteet

Tuotanto robotin suhteen tällä hetkellä on, että robotti on ollut ainoastaan demo- ja messukäytössä kiinnitettynä NC-ohjatun hydraulikkapuristimen runkoon ja sillä on ajettu ainoastaan pienimuotoisia ohjelmia, jotka on tehty messuja varten.

Kehitys robotin käytön suhteen ja sen tavoitteeksi olisi luoda liikutettava solu robotin ja hydraulikkapuristimen välille. Tasolle, jolle robotti integroidaan, saataisiin enemmän tuotteita ja näin saataisiin robotti oikeisiin tuotannollisiin tehtäviin.

3.2 Liikutettavan solun tavoite

Liikutettavan solun tavoite on, että robotti saadaan integroitua liikutettavaan soluun/tasoon tukevasti ja että se pystyy työskentelemään itsenäisesti liikutettavan tason ja hydraulikkapuristimen välillä. Liikutettavaa solua suunnitellessa otin huomioon myös sen, että liikutettava solu olisi mahdollista siirtää tulevaisuudessa tarvittaessa myös lasermerkkaus koneelle. Tämä opinnäytetyö kuitenkin keskittyy ainoastaan liikutettavan robottisolun toteutuksen hydraulikkapuristimelle.

3.3 Tuotteet

Varsinaisia tuotteita ei vielä robottisolun ole, koska robotti on ollut vain demo- ja messukäytössä. Valitsin tuotteeksi laserleikkeenä olevan avaimen, joka taivutetaan NC-ohjatulla hydraulikkapuristimella 45° kulmaan. Laserleikatut aihiot asetetaan niille tarkoitettuun pitimeen, josta robotti hakee yhden kerrallaan ja vie taivutettavaksi sen puristimelle (**Kuva 1**).



Kuva 1. Robottisolun koeajotuote ja tuotepidin.

3.4 NC-ohjattu hydrauliiikkapuristin



Kuva 2. MPD100 NC-ohjattu hydrauliiikkapuristin.

NC-puristimet perustuvat rungoltaan normaaleihin jo pitkään olemassa oleviin peruspuristimiin. NC-puristimiin on kuitenkin lisätty monia lisäominaisuuksia ja toimintoja. Ominaisuuksiin sisältyy automaattinen ja manuaalinen työskentelytila. Kaikki NC-puristimet on varustettu 7” HMI-kosketusnäyttöllä, josta on mahdollisuus päästä puristimen parametreihin ja tarvittaessa muuttaa niitä.

3.4.1 Manuaalinen työskentelytila

Puristin sisältää analogisen ohjaussauvan joka toimii portaattomasti. Tämä mahdollistaa tarkat ja hallitut puristukset monivaihepuristuksessa manuaalikäytössä.

Manuaalikäytössä näytöstä voidaan muuttaa parametrejä siten, että määritetään männän sijainti, paine ja voima, nopeus, männän sijainti ylä- ja alarajalla, sekä voiman/ paineen raja-arvot.

Puristuksien dataa tai puristusparametrejä voidaan tallentaa joko suoraan puristimelle tai ulkoiseen tallennustilaan USB-toiminnon avulla. Datasta voidaan myös valvoa puristusdataa tai mitata männän sijaintia absoluuttisesti tai ingrementaalisesti.

3.4.2 Automaattinen työskentelytila

Automaattisessa työskentelytilassa pystytään luomaan mukautettuja puristusohjelmia tuottavuuden maksimoimiseksi ja prosessien standardisointia varten. Automaattisessa työskentelytilassa voidaan NC-ohjattuun puristimeen integroida robotti, joka mahdollistaa käytön ilman työntekijää. Tällöin kuitenkin vaaditaan turvallinen suojattu alue tai valoverho, sekä robotista johtuvat turvallisuuskriteerit.

4 TIETOPERUSTA

4.1 Tutkimuksen tausta

Tänä päivänä yritykset pyrkivät olemaan mahdollisimman tuottavia ja ympäristöystävällisiä. Monissa yrityksissä ja tuotannoissa siirrytään yhä enemmän ja enemmän automatisoituun ja robotisoituun järjestelmään, jossa robotit korvaavat ihmisen aiemmin tekemän yksinkertaisen työn, helpottavat sitä, tai ovat osana yhteistä työskentelyä.

Sain opinnäytetyöaiheen työnantajaltani Tarkmet Oy:ltä, jossa tarkoituksena on suunnitella ja toteuttaa liikutettava robottisolu UR5-robotille ja saada se käyttöön tuotannossa. Robotti tulee työskentelemään MDP100 NC-ohjatun hydraulikkapuristimen kanssa. Robotti ei ole aiemmin ollut tuotannollisessa käytössä, vaan se on ollut ainoastaan messu- tai demokäytössä. Tulevaisuudessa solua voisi myydä palveluna, tai puristimien mukana asiakkaiden tarpeen mukaan. Solua suunnitellessa pidin taustalla ajatuksen myös siitä, että robottia ja liikutettavaa solua voisi myös hyödyntää lasermerkkauksella koneella, mutta tämän opinnäytetyön pääaiheena kuitenkin on, että solu tulee toimimaan puristimen kanssa.

4.2 Yleistä robotiikasta ja automatisoinnista

Teollisuus- ja yhteistyörobotit ovat erinomainen apu kaikenlaisissa työtehtävissä, jossa vaaditaan tarkkuutta ja tasaista laadun tuottamista. Robotit soveltuvat kaikenlaisiin työtehtäviin ja ovat päivä päivältä yhä enemmän osana tuotantoa. Rajoittavana tekijänä kuitenkin robottien- ja yhteistyörobottien yleistymisessä ja hankinnassa on niiden hankintakustannukset ja kustannustehokkuus. Robotit ja niiden turvajärjestelmät ovat iso investointi, joten ennen robotin hankkimista kannattaa miettiä tarkasti, onko robottia kannattavaa hankkia tuotantoon /1, s. 14/.

Automaatio ja robotiikka nostavat monissa tilanteissa ja työtehtävissä tuottavuutta, tehokkuutta, laatua, sekä turvallisuutta. Robotit pystyvät samaan toistotarkkuuteen lukemattomia kertoja ilman, että laatu heikkenee. Robotit voidaan sijoittaa tekemään mm. sellaisia työtehtäviä, mitkä ovat liian raskaita tai olosuhteet työn

tekemiseen ovat liian haastavia ihmiselle. Robotit voivat lyhyellä aikatahtämällä viedä työpaikkoja, mutta eivät korvaa pelkästään ihmisen tekemää työtä. Robotisaatio mahdollistaa laadukkaan ja kilpailukykyisen tuotannon /2, 3/.

ISO 8373 -standardin mukaan teollisuusrobotit ovat vähintään kolminivelisiä työlaitteita, jotka ovat uudelleen ohjelmoitavissa eri työtehtäviin. Teollisuusrobotit ovat suunniteltu toimimaan kaikissa erilaisissa tuotannon sovelluksissa ja työtehtävissä. Teollisuusrobotti pystyy liikuttamaan erilaisia kappaleita, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein. Robottijärjestelmä ei kuitenkaan ole pelkkä robotti, vaan se sisältää paljon erilaisia komponentteja ja turvajärjestelmiä. Järjestelmä sisältää erilaisia anturointeja, ohjausjärjestelmiä, turvalaitteet ja järjestelmät, sekä muut toimilaitteet /4/.

Teollisuusrobotti on siis mekaaninen laite, jossa on kiinnityslaippa ja siinä on kiinni työkalu, jota käytetään tarvittavaan työhön. Tätä työkalua robotti siirtelee työskentelyalueella ohjelmoidulla tavalla. Liikeratoja voidaan määrittellä eri tavoilla, esimerkiksi antureiden avulla, jolloin robotti aistii ympäristöä ja toimii sen mukaan, tai liikeradat voidaan määrittellä ja ohjelmoida etukäteen /5/.

Tuotannon automatisoinnista ja robotisoinnista on monenlaista hyötyä yritykselle. Tuotannon kokonaiskäytettävyys ja tuotannon tehokkuus paranee todella merkittävästi. Käytännössä tämä tarkoittaa, että automatisoinnin ja robotisoinnin avulla voidaan poissulkea ja pienentää työntekijästä johtuva tuottamattoman työn määrää, joka johtuu tauoista, lomista ja muista työn keskeyttävistä asioista. Tällä voidaan myös kasvattaa tuotantovolyymejä, parantaa kannattavuutta, vähentää onnettomuuksia ja niiden riskejä, sekä mahdollistaa tuotteiden tasalaatuisuuden ja näin vähentää reklamaatioiden määrää /6/.

4.3 Yhteistyörobotit (Univeral robots UR)

UR-robotit ovat kehitetty ja suunniteltu erityisesti pienten ja keskisuurten yritysten tarpeille. UR-roboteissa on todella käyttäjäystävällinen käyttöliittymä ja kosketusnäyttö, jonka asioista ohjelmointi ja monenlaiset eri sovellukset ovat nopeasti tehtävissä ilman pitkiä ja monimutkaisia koulutuksia tai luentoja /7/.

UR-yhteistyörobottien integrointi erilaisiin tuotantoympäristöihin on todella helppoa ja käyttäjäystävällisiä toteuttaa. Yhteistyöroboteissa robottien käsivarret ovat kuusiakselisia ja ne ovat suunniteltu jäljittelemään ja vastaamaan ihmisen käsivarren liikkeitä /7/.

5 TOTEUTUS

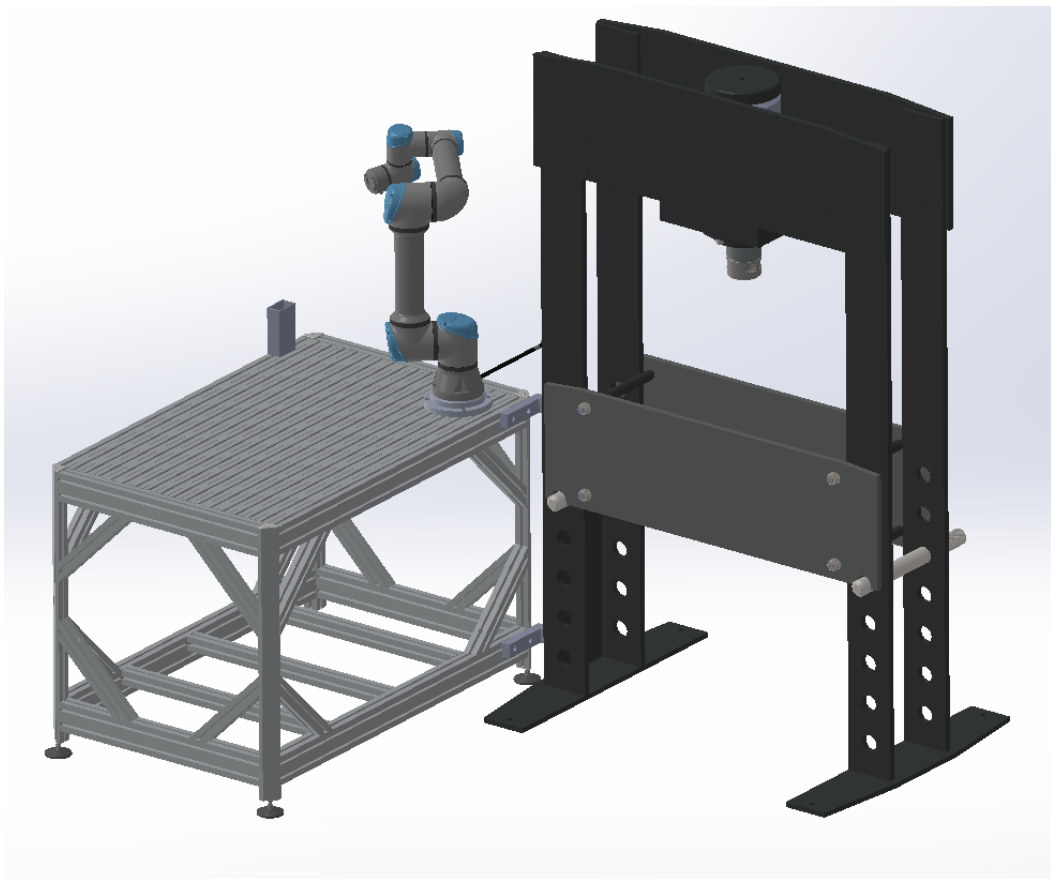
5.1 Solun suunnittelu ja rakenne

Aloitin solun suunnittelemisen tutkimalla erilaisia ratkaisuja, joissa robotti palvelee erilaisia työkoneita. Sain idean, jossa pöytä tulisi olemaan pyörien päällä ja täten helposti liikutettavissa. Pöytään kiinnitettäisiin robotti, sekä kaikki tarvittavat komponentit. Tarkoituksena oli myös, että robotti ja muut pöydän komponentit olisivat helposti liikutettavissa.

Pidimme palaverin Tarkmet Oy:ssä, jossa esittelin oman ideani solusta, jollaista olin siitä ajatellut. Palaverissa oli mukana opinnäytetyövalvoja ja 3 suunnittelijaa. Pidin tätä tarpeellisena, koska suunnittelijoillamme on vuosien kokemus ja täten solusta saataisiin mahdollisimman hyvä heti, eikä sitä tarvitsisi paljoa muuttaa. Palaverissa sainkin hyvää tietoa ja apua suunnittelijoilta, joten lopullinen ratkaisu solusta olikin jo miltei valmis palaverin päätyttyä.

Lopullinen ratkaisu valmiista solusta, johon päädyin oli, että NC-ohjatun hydrauliiikkapuristimen sivulle rakennettaisiin liikutettava pöytä kumitassujen päälle. Pöytää pystyisi liikuttelemaan pumppukärryillä tarpeen vaatiessa. Pöytään kiinnitettäisiin robotti, työkaluteline, kappaletavaralle tarvittavat erilaiset pitimet, sekä turvalaserskanneri. Pöytä valmistettaisiin valmiista Alumiini-profiileista, jotka on helppo liittää toisiinsa oikeanlaisilla kiinnikkeillä ja pöydällä olevien komponenttien paikkaa on helppo muuttaa. Pöytä kiinnitettäisiin NC-ohjatun hydrauliikkapuristimen runkoon, jolloin robotin kiinnityspiste saadaan pysymään aina samana. Tämä helpottaa puristimen käyttäjää, asetuksen tekijää, sekä ohjelmoijaa (**Kuva 3**).

Muiden osien, kuten robotin kiinnityslaipan, kiinnitysjalkojen, turvalaserskannerin pidikkeen ja työkalutelineen suunnittelun ja valmistuksen suoritin vasta pöydän kokoonpanon jälkeen. Tämän tein varmistaakseni, että kaikki tarvittavat mitat ja etäisyydet pöydästä pitävät paikkansa, jolloin kaikki osat sopisivat varmasti paikalleen.



Kuva 3. 3D-malli liikutettavasta solusta.

5.1.1 Robotin valintakriteerit

Valitsimme Universal Robots -yhteistyörobotin siksi, koska se mahdollistaa nopean ja helpon tuotannon automatisoinnin. Isona tekijänä robottia valittaessa oli se, että robotin kanssa työskentely on turvallista, sillä robotti pysähtyy osuessaan ihmiseen. Robotin ympärille ei tarvitse rakentaa isoja ja kalliita suoja- tai turva-aitoja. Robotti ei myöskään vaadi muita turvalaitteita. Lisäksi robotti on todella helppo käyttöönottaa ja ohjelmoida.

5.1.2 Tarttujan valintakriteerit

Universal Robots -yhteistyörobotteihin on saatavilla lukematon määrä erilaisia tarttujia, jotka ovat suunniteltu erilaisiin työtehtäviin. Valitsimme tarttujaksi One-robot RG2 -tarttujan, sillä leukojen suurin avauma on jopa 110 mm. One-robot RG2 sopii

todella moniin erilaisiin työtehtäviin ja kappaleisiin, jota NC-ohjatulla hydrauliiikkapuristimella painetaan tai taivutetaan (**Kuva 4**).



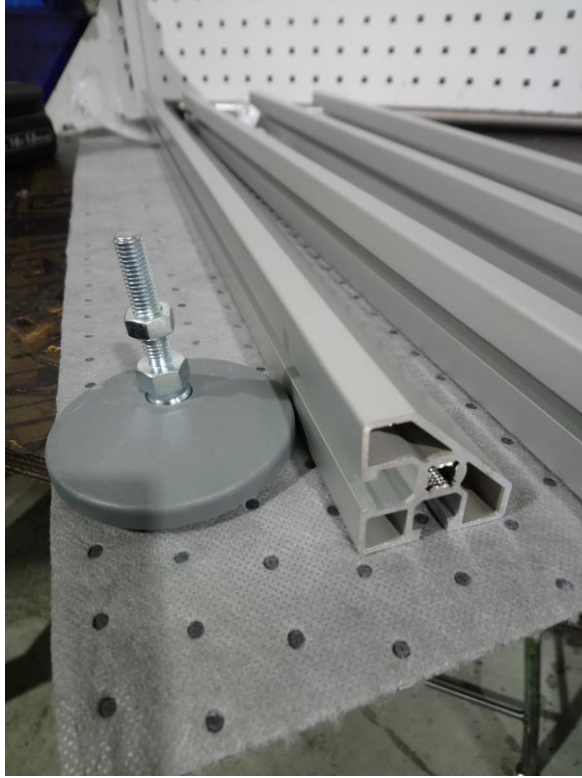
Kuva 4. OneRobot RG2 -tarttuja.

5.1.3 Liikutettava pöytä

Liikutettavaan pöytään kaikki materiaalit ja kiinnikkeet tilattiin MiniTec Finland Oy:ltä. Kaikki alumiiniprofiilit olivat määrämittaan sahattuja. Materiaaleihin olin todella tyytyväinen, sillä kaikki osat olivat juuri oikean mittaisia ja sopivat näin ollen hyvin yhteen ja paikalleen.

Aloitin kokoonpanon pöydän jaloista, joihin kiinnitin kumitassut värähtelyn ja liukumisen eston ehkäisemiseksi (**Kuva 5**). Kiinnitin seuraavaksi alarungon profiilit paikalleen ja kolme kappaletta poikkitukia. Kiinnitin alarungon profiilit 120 mm korkeudelle maasta niin, että pumppukärryn piikit mahtuvat alarungon alle ja pöytää pystyy liikuttamaan sillä (**Kuva 6**). Kiinnitin kaikki Alumiini-profiilit toisiinsa niihin kuuluvilla oikeanlaisilla Power Lock – SF -kiinnikkeillä (**Kuva 7**).

Power Lock – SF -kiinnike toimii siten, että profiilin päässä olevaan reikään tehdään manglaavalla M8 -kierretapilla kierre ja Power Lock – SF -kiinnike kiinnitetään profiilin päähän M8 -pultilla. Power Lock – SF -kiinnike asennetaan toisen profiilin uraan ja kiristetään paikalleen M6 -pidätinruuvilla (**Kuva 8**).



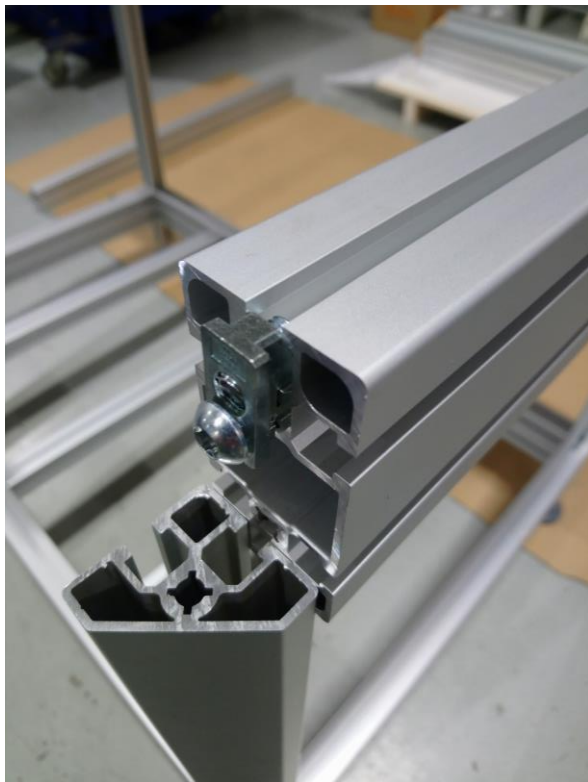
Kuva 5. Kumitassut ja jalat.



Kuva 6. Alarunko.



Kuva 7. Power Lock – SF -kiinnike.



Kuva 8. Profiilien kiinnitys.

Kiinnitin yläkehikon rungon sivut ja takaprofiilin niin, että etuosa jäi avoimeksi. Etuosasta sain liu'utettua pöydän kannen profiilit yksitellen paikalleen. Kannen profiilit tulivat myös jokainen kiinni Power Lock – SF -kiinnikkeellä (**Kuva 9 ja 10**). Kannen tein siksi myös profiilista, koska uriin pystyy asentaa jousilevyillä varustettuja muttereita ja tämä taas mahdollistaa erilaisten tuotteiden pöytään kiinnityksen paikasta riippumatta. Kun kansi oli asennettu, niin kiinnitin etuprofiilin paikalleen. Kannen alapuolelle asensin kaksi poikkitukea sitomaan kannen tukevuutta. Poikkituet kiinnitin 45° kulmakiinnikkeillä.



Kuva 9. Kannen kokoonpano.



Kuva 10. Kannen valmis kokoonpano.

Asensin pöydän jokaiseen ala- ja yläkulmaan 45° poikkituet. Poikkituet olivat tarpeelliset, koska pöydälle tulee kuitenkin painoa ja siihen vielä lisäksi robotin liikkeistä johtuvat värähdykset. Näin pöydästä tuli todella tukeva, eikä se joustaa. Poikkituet asensin niille kuuluvilla M8 -pulteilla siten, että profiilin uraan asensin jousilevyllä varustetun M8 -mutterin ja pultti kiinnittyi siihen (**Kuva 11 ja 12**).



Kuva 11. Poikkituki.



Kuva 12. Poikkitekien valmis kokoonpano.

Pöydän kokoonpanon viimeisessä vaiheessa asensin poikkitekien päälle polykarbonaatista laserilla leikatut levyt, jonka päälle robotin keskusyksikkö tulee. Näin robotin keskusyksikkö kulkee pöydän mukana, eikä sitä tarvitse erikseen kuljettaa (**Kuva 13**). Jalkojen molempiin pätyihin asensin päätytulpat. Päätytulpat toivat pöydälle hienon viimeistelyn, eikä profiilien päädyt jääneet avoimiksi (**Kuva 14**).



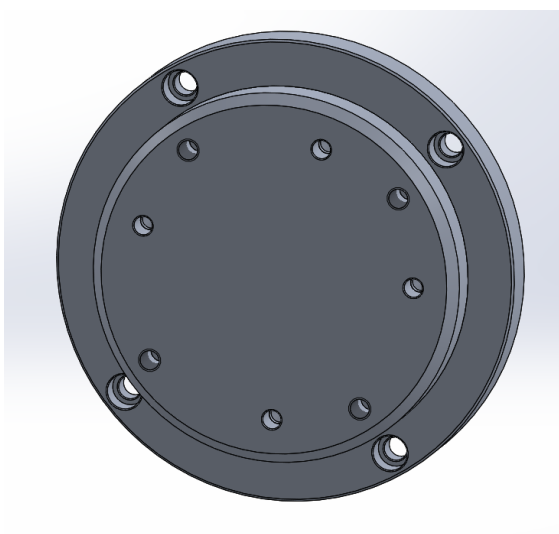
Kuva 13. Alataso.



Kuva 14. Päätetulppa.

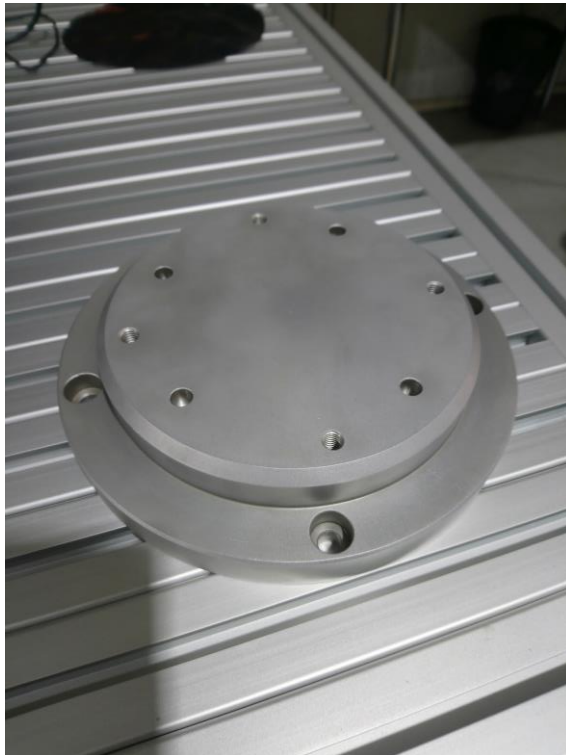
5.1.4 Robotin kiinnitys

Lähdin suunnittelemaan robotin kiinnitystä pöytään. Materiaaliksi valitsin alumiinin, koska se on kevyttä ja pöytäkin on alumiinia. Robotin pohjassa on kiinnitys neljällä M8 -pultilla, mutta pöydässä oleva urien jaotus ei sopinut kiinnitykseen. Mallinnusta aloittaessa mittasin robotin pohjassa kiinnitystä varten olevan reikäjaon ja mittasin samalla myös toisen reikäjaon, joka on keskitystä ja sokkatappeja varten (**Kuva 15**).



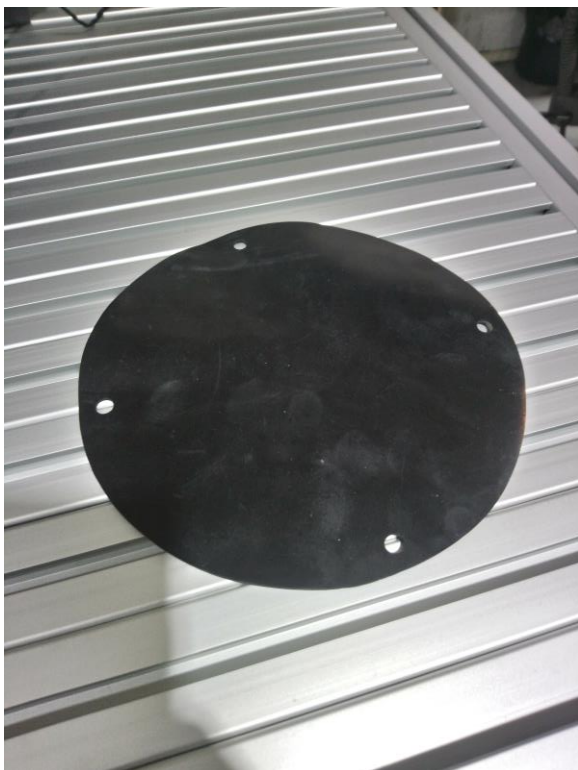
Kuva 15. 3D-malli robotin kiinnityslaipasta.

Mallinnuksen jälkeen valmistin alumiinista laipan sorvaamalla kahdessa vaiheessa. Sorvauksen jälkeen siirryin työstökeskukselle, jossa valmistin kiinnitysreiät, kierereiät ja sokkatappien reiät jyrsimällä yhdessä vaiheessa. Koneistuksen jälkeen kappaleelle Zircon -puhalluksen. Zircon -puhallus sisältää keraamisia kuulia. se toimii samalla periaatteella kuin hiekkapuhallus, mutta Zircon -puhallus on paljon hienovaraisempi ja jättää kappaleeseen kauniin ja sileän pinnan, ilman että materiaali kärsii tai muuttuu (**Kuva 16**).

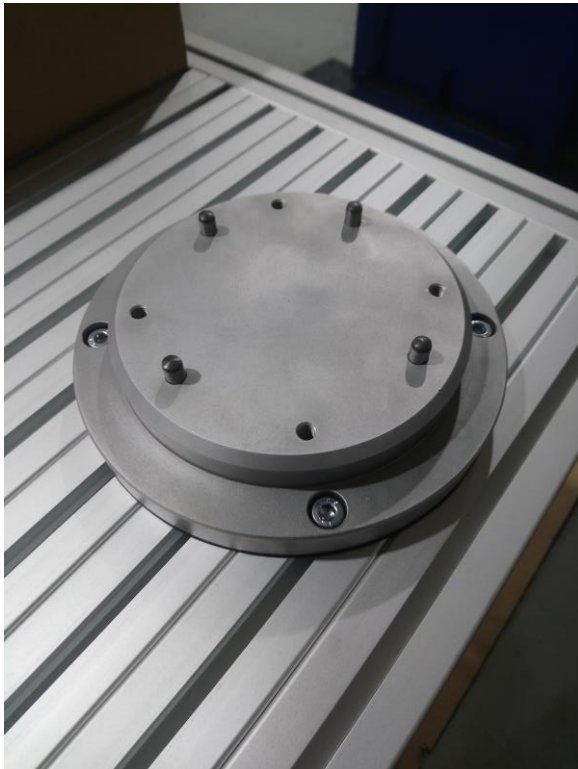


Kuva 16. Zircon -puhallettu kiinnityslaippa.

Laipan valmistuksen jälkeen leikkasin 1 mm paksuisesta kumista tiivisteeseen pöydän ja alumiinilaipan väliin resonoinnin poistamiseksi (**Kuva 17**). Pöydän uriin asensin jousilevyllä varustetut M8 -mutterit. Asensin pöytään kumitiivisteeseen ja alumiinilaipan. Alumiinilaipan läpi tuli 4 kappaletta M8 -pultteja, joilla kiinnitin sen pöytään. Asensin viimeiseksi 4 kappaletta sokkatappeja paikalleen (**Kuva 18**).



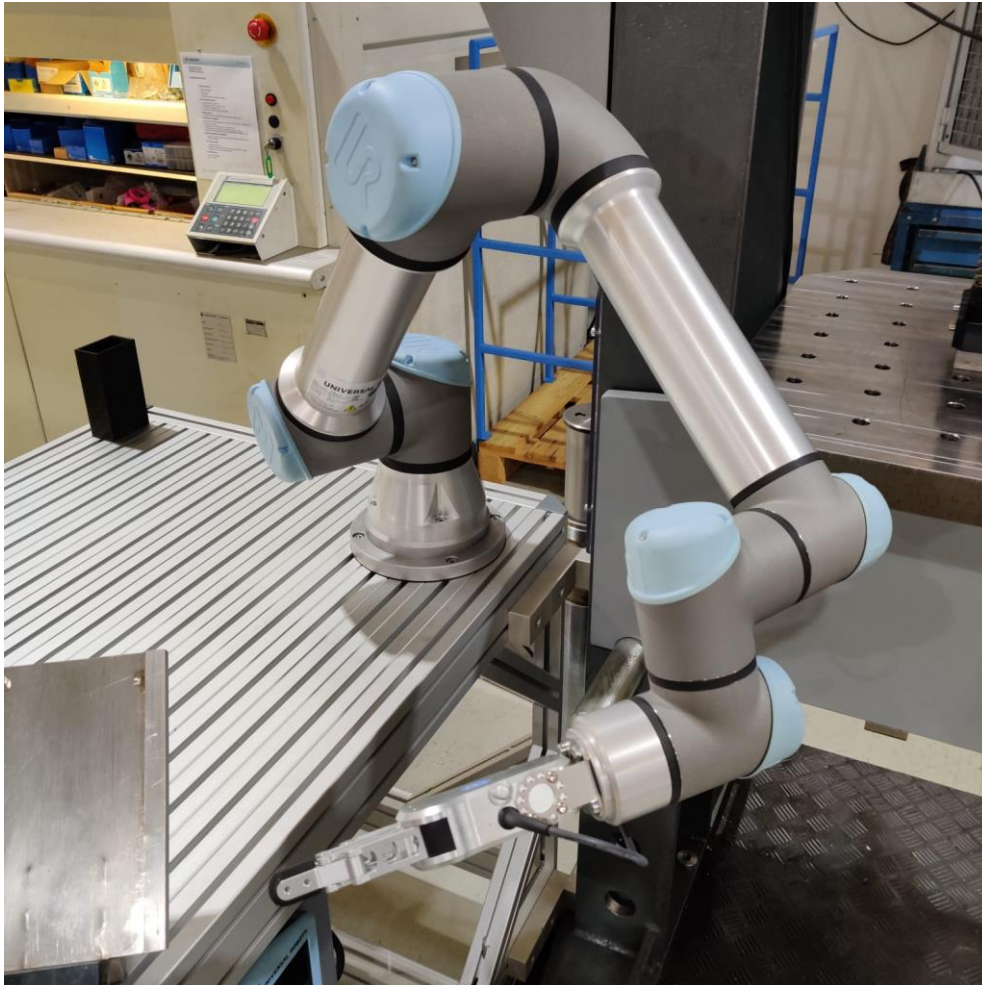
Kuva 17. Kumitiiviste.



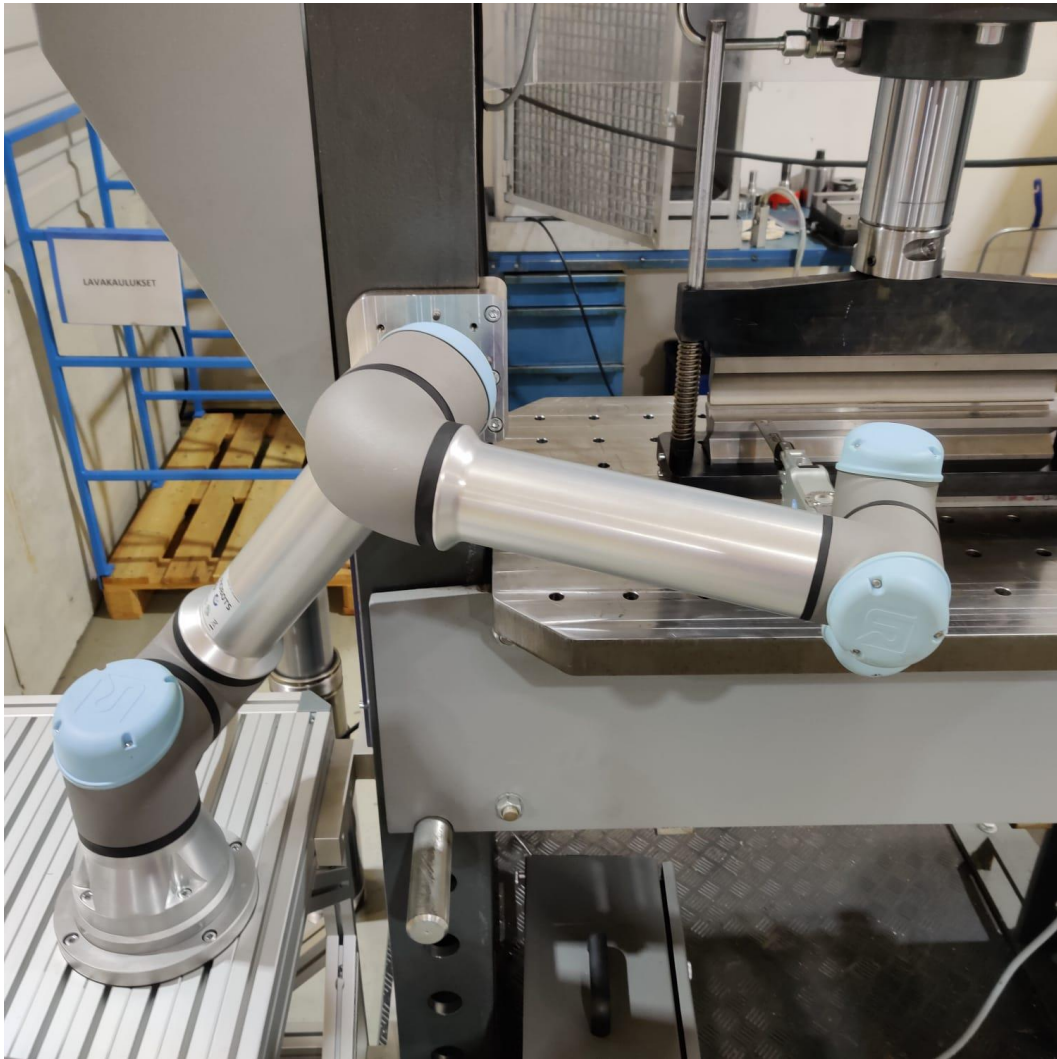
Kuva 18. Robotin kiinnityslaippa paikallaan.

5.1.5 UR5-robotti osana solua

UR5-robotin kiinnitin lähelle puristimen runkoa niin, että se on mahdollisimman optimaalisessa paikassa ohjelmoitaessa sekä asetuksia tehdessä (**Kuva 19**). Robotin paikkaan vaikutti myös suurimpana tekijänä robotin käsivarren ulottuvuus. Robotin ollessa kuvan mukaisessa paikassa, se ulottuu hyvin pöydän vastakkaiseen kulmaan sekä myös puristimen pöydälle (**Kuva 20**).



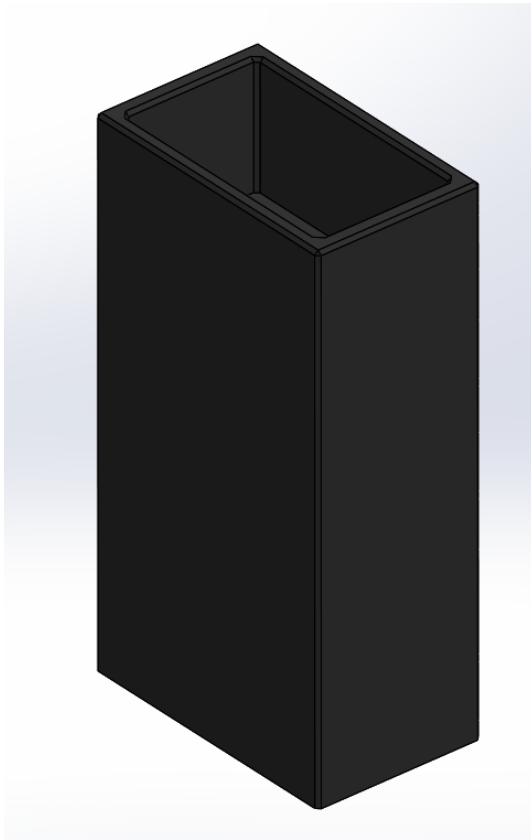
Kuva 19. UR5-robotti.



Kuva 20. UR5-robotti puristimella.

5.1.6 Työkaluteline

Lähdin suunnittelemaan työkalutelinettä Onrobot RG2 -tarttujalle. Tarttuja ilmeni todella haastavaksi muotonsa takia, joten päätin tehdä telineestä mahdollisimman yksinkertaisen. Päädyin ratkaisuun, jossa työkaluteline 3D-tulostetaan Tarkmet Oy:ssä olevalla Minifactory 3D-tulostimella (**Kuva 21 ja 22**).



Kuva 21. 3D-malli työkalutelineestä.

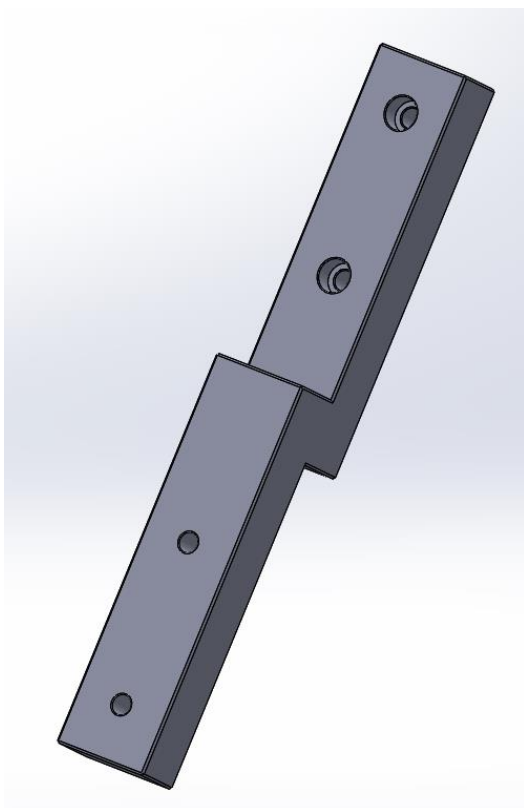


Kuva 22. Tarttuja työkalutelineessä.

5.1.7 Pöydän kiinnitys puristimeen

Pöydän kiinnitys puristimeen syntyi miltei itsestään. Tarkoituksena alun perin oli, että pöytä tulisi puristimen eteen, mutta hetken pohdinnan jälkeen parempi ratkaisu oli sijoittaa pöytä puristimen vasemmalle puolelle. Pöydän ollessa puristimen sivulla helpottaa puristimen käyttäjää, asetustentekijää sekä robotin ohjelmoijaa solussa työskentelyn aikana.

Lähdin suunnittelemaan ja mallintamaan pöydän kiinnitystä puristimeen. Suunnitelin kiinnitysjalat, jotka tulevat pöydän kylkiprofiileihin (**Kuva 23**). Kiinnitys profiileihin M8-jousilevymuttereilla ja M8-pulteilla. Tein puristimen kylkirunkoon kierrereiät M8-pultteja varten, joilla pöytä kiinnitetään puristimeen (**Kuva 24**). Hyöty, joka tällä saavutetaan on se, että paikkapiste pysyy aina samana, eikä sitä tarvitse joka kerta erikseen hakea robotilla, vaikka pöytä olisikin ollut irti puristimesta. Koneistin kiinnitysjalat työstökeskuksella, jonka jälkeen puhalsin osat Zircon-puhaltimella (**Kuva 25**). Asensin pöydän kiinni puristimeen (**Kuva 26**).



Kuva 23. 3D-malli kiinnitysjalasta.



Kuva 24. Puristimen rungon kiinnitysreiät.



Kuva 25. Zircon -puhalletut kiinnitysjalat.



Kuva 26. Pöydän kiinnitys puristimeen.

5.1.8 Pohdinta pöytään tulevista kuormista ja jännityksistä

Pöytään kohdistuvat jännitykset ja kuormat tulevat ainoastaan robotista johtuvista liikkeistä ja värähdyksistä, sekä kappaletavarasta. On mahdoton vielä määrittää paljonko painoa pöydälle tulee kappaletavarasta, koska mitään varsinaisia tuotteita ei vielä ole. Pöydästä tuli todella vankka, joten uskon, ettei robotin liikkeistä johtuvat värähdykset ja liikkeet vaikuta pöydän materiaalien tai liitoskohtien väsymiseen pitemmälläkään aikavälillä.

5.1.9 Solun hinta

Solun hinta-arvio eriteltyinä:

Pöydän alumiiniprofiilit: 1 700 €

Onerobot RG2 -tarttuja: 3 260 €

Universal robot 5: 25 900 €

Suunnittelu: 937,50 €

Koneistus: 262,50 €

Koneistusmateriaalit: 13,44 €

MPD100 NC -ohjattu hydrauliiikkapuristin: 26 900 €

3D-tulostusmateriaalit: 2,56 €

Tulostusaika: 84,30 €

Solun kokonaishinta arvio: 59 060,30 €

6 TURVALLISUUS

6.1 Yleistä yhteistyörobottien turvallisuudesta ja standardeista

Nykyään robotit ovat todella nopeita, voimakkaita ja niillä on suuri käyttöalue. Eri-laisia turvallisuusmenetelmiä on monia, joten täytyy löytää oikea turvallisuusme-netelmä riippuen siitä, millaisessa työtehtävässä ja työympäristössä robotti tulee työskentelemään.

6.1.1 Valvottu pysähtyminen

Valvottua pysähtymistä käytetään, jolloin robotti toimii pääsääntöisesti yksin. Jos-kus on kuitenkin tilanteita, jolloin ihmisen täytyy mennä robotin toiminta-alueelle. Valvottu pysähtyminen toimii siten, että kun ihminen tulee robotin toiminta-alu-eelle, robotti pysäyttää kaikki liikkeet kokonaan /8/.

6.1.2 Käsin tapahtuva ohjaaminen

Käsin tapahtuvassa ohjauksessa käytetään yhteistyöroboteissa yleisimmin lisälait-teena saatavaa voimantunnistus -anturia, joka määrittelee robotin äkkinäisiä liike-voimia. Äkillisessä törmäyksessä ihmiseen, anturi tunnistaa äkillisen liikevoiman ja robotti pysähtyy. Tällaista anturia käytetään ainoastaan käsin tapahtuvassa oh-jauksessa. Muissa tapauksissa turvallisuus täytyy määrittää erikseen /8/.

6.1.3 Nopeuden valvonta hidastumalla tai pysähtymällä

Nopeuden valvontaan on lukematon määrä erilaisia lasereita ja turvaskannereita, jotka seuraavat robotin työympäristössä tapahtuvaa liikettä. Työ- ja turvallisuusym-päristö määritellään lasereihin ja skannereihin ennalta ja niissä pystytään määritte-lemään turva-alueet tarpeiden mukaan. Laserit ja skannerit toimivat siten, että kun ihminen tulee määritellylle turva-alueelle robotti hidastuu tai pysähtyy /8/.

6.1.4 Tehon ja voiman valvonta

Tehon ja voiman valvonta toimii hieman samalla periaatteella kuin käsin tapahtu-vassa ohjauksessa, mutta sitä voidaan käyttää monipuolisemmin. Robottiin

pystytään määrittelemään jokin maksimivoima, millä robotin saa pysähtymään. Robotin tunnistessa maksimivoiman tai sen ylittäessä sen, robotti pysähtyy /8/.

6.1.5 Turvallisuuden standardit

Yhteistyöroboteille on määritetty kansainväliset standardit. Standardit ovat tärkeä osa yhteistyörobottien turvallista toimintaa. Standardisointiin kuuluu robotin työkalut, ohjausjärjestelmien laitteet, ohjelmistot ja toimilaitteet. Yhteistyörobottien standardit ovat ISO 10218-1, ISO 10218-2 ja ISO/TS 15066:2016, joissa kyseisiin robotteihin määritellään toimintatyypit ja perusvaatimukset. Yhteistyörobottien tulee täyttää Euroopan Unionin konedirektiivi, joka on 2006/42/EC-työkoneiden turvallisuus /9/.

6.2 Turvalaserskanneri

Turvalaserskannerina toimi Hokuyo UAM-05, joka vastaa solun turvallisuudesta. Skannerin suojavaistöhyke on viisi metriä ja varoitusvyöhyke kaksikymmentä metriä. Skannauksen suurin avautumiskulma on 270°, ja siihen pystytään määrittämään myös pelkästään tietyt turva-alueet.

Hokuyo UAM-05 on todella monipuolinen, sillä pienen kokonsa vuoksi se on helppo asentaa minne tahansa, eikä se vie paljoa tilaa. Skannauksen resoluutiota on mahdollista muuttaa, kolmekymmentäkaksi erilaista ohjelmoitavaa aluetta, jota voidaan myös muokata pulssiantureilla. Voidaan käyttää vertikaalisissa tai horisontaalisissa työtehtävissä /10/.

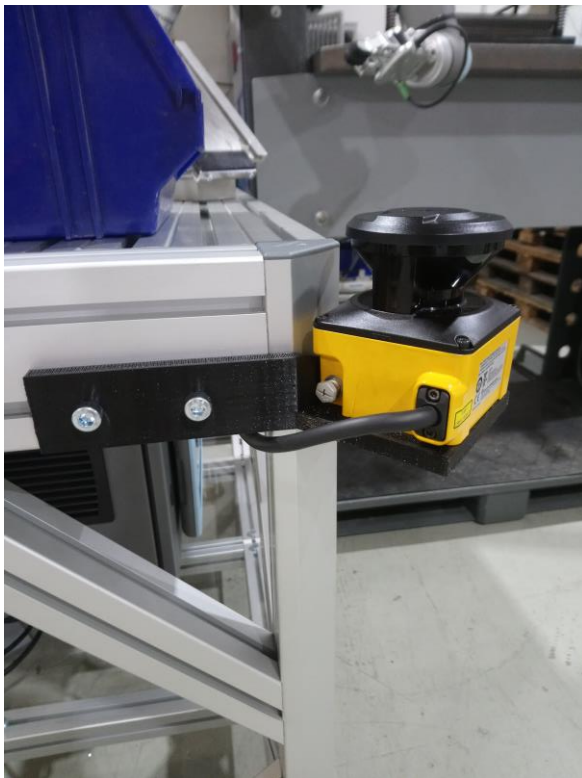
6.3 Skannerin sijainti ja asennus solussa

Skannerin sijaintia lähdin suunnittelemaan siten, että se tulisi mahdollisimman järkevään paikkaan. Paikka löytyi robotin pöydän etukulmasta, jolloin skannerin nollakulma on juuri puristimen suuntaan (**Kuva 27**). Skannerin kiinnitykseen suunnitelin ja mallinsin 3D -tulostettavan kappaleen, joka tulee kiinni robotin pöytään. (**Kuva 28**). Ohjelmoin skannerin turvaamaan koko käyttöalueen, jossa robotti työskentelee ja mihin robotin käsivarsi ylettyy (**Kuva 29**).

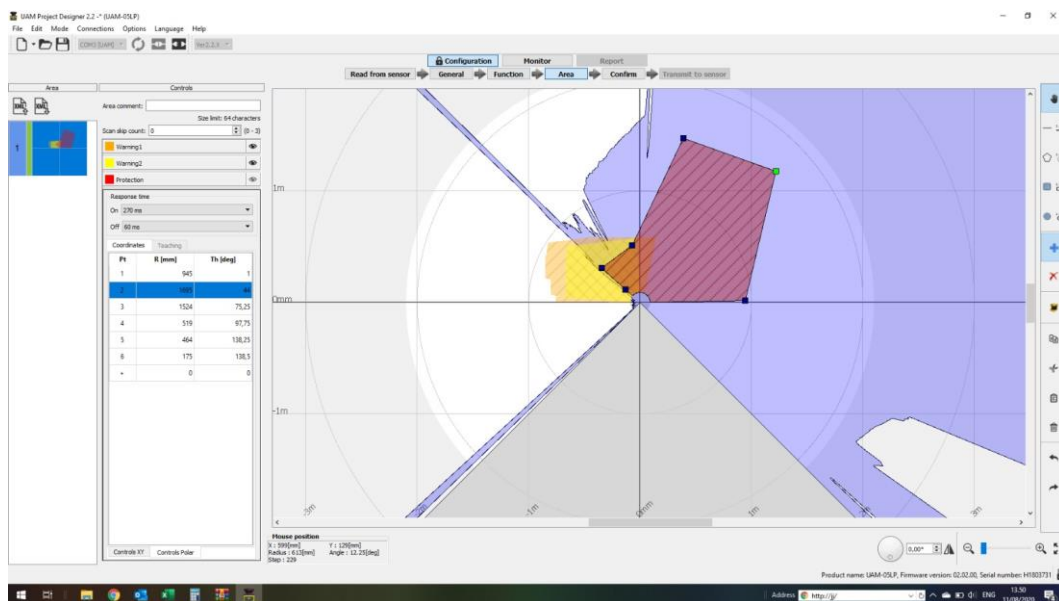
Hokuyo UAM-05 skannerin toimintaperiaate perustuu nopeuden valvontaan. Skanneri valvoo ennalta määrättyssä työympäristössä tapahtuvaa liikettä. Kun skanneri huomaa työympäristössä tapahtuvaa liikettä, se hidastaa robotin ja puristimen liikkeitä automaattisesti. Mitä lähemmäksi liike tulee, sitä hitaammaksi robotin ja puristimen liikkeet menevät ja lopuksi pysähtyvät.



Kuva 27. Turvalaserskanneri.



Kuva 28. Skannerin pidike.



Kuva 29. Skannerin turva-alueen määrittys.



Kuva 30. Valmis solu.

7 PROJEKTIN HYÖDYNTÄMINEN TULEVAISUUDESSA

7.1 Liikutettavan solun myynti palveluna

Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista hyödyntää solun myyntiä palveluna. Asiakas vuokraisi kokonaisen liikutettavan robottisolun palveluna, joten asiakkaan ei tarvitsisi ostaa kokonaista solua itselleen. Näin ollen hinta vuokrattuna voisi olla huomattavasti edullisempi, jos solun käyttö olisi pelkästään kausiluonteista.

Robottisolun vuokraamisessa voisi olla myös hyötyä ruuhkatilanteiden purkamisessa tai tilapäisen henkilöstöpulan paikkaamisessa. Vuokraamisesta olisi myös hyötyä silloin, jos yritys on suunnitellut robotin hankkimista, mutta ei ole varma tulisiko se toimimaan. Näin ollen aloittamisesta tulisi mahdollisimman helppoa.

7.2 Myynti NC-ohjattujen hydrauliikkapuristimien mukana

Myynti NC-ohjattujen hydrauliikkapuristimien kanssa on myös mahdollista. Moni asiakas tai yritys ovat halukkaita ostamaan useimmiten valmiiksi rakennetun ja toimivan kokonaisuuden, koska heillä ei ole välttämättä aikaa, rahaa tai resursseja lähteä rakentamaan ja suunnittelemaan täysin uutta kokonaisuutta itse.

Soluja on myös mahdollista saada räätälöityinä malleina eri kokoisille puristimille ja roboteille käyttötarkoitusten mukaisesti. Tämä mahdollistaisi kompaktimmat ratkaisut pienemmissä puristimissa ja laajemman asiakaskunnan. Tarkmet Oy hoitaa puristimien huoltopalvelut, joten tulevaisuudessa voisi ajatella, että huoltopalvelu tulisi myös kokonaiseen robotti – puristinsoluihin. Näin ollen asiakkailla olisi turvallinen ostaa kokonainen solu, sillä huoltopalvelut ja sopimukset tulisivat yrityksen puolelta myös.

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksen oli suunnitella ja toteuttaa liikutettava robottisolun UR5-robotille. Robotin tarkoituksena on toimia MPD100 / NC-ohjatun hydraulikkapuristimen työparina. Solulla pystyy toteuttamaan erilaiset veto- ja puristustyöt sekä myös särmästyöt.

Robottisolun mahdollistaa erilaisten veto- ja puristustöiden, sekä särmäystöiden läpimenon puristimella itsenäisesti, eikä siihen tarvita erillistä työntekijää kappaleenvaihto tehtäviin, sillä robotti hoitaa sen työnosuuden.

Robottisolun suunnittelu ja valmistus oli todella tarpeellista, sillä robotille ei ole ollut aiemmin käyttöä ja se on ollut ainoastaan demo- ja messukäytössä. Nyt kun solu on valmis ja se on koeajettu onnistuneesti, niin se saadaan oikeisiin tuotannollisiin työtehtäviin.

Solun liikutettavuus mahdollistaa myös sen, että robottisolua voitaisiin hyödyntää myös lasermerkkauksessa. Pidin tämän ajatuksen mielessä suunniteltaessa solua, mutta pääaiheena kuitenkin tässä opinnäytetyössä oli valmistaa robottisolun NC-ohjatulle hydraulikkapuristimelle.

Opinnäytetyötä tehdessäni sain paljon lisätietoa ja opin paljon uutta robottisolujen suunnittelusta ja siitä mitä suunnittelussa täytyy ottaa huomioon. Työ oli todella mielenkiintoinen, koska robottisolulle oli todellinen tarve ja se tulee toimimaan oikeissa tuotannon työtehtävissä.

LÄHTEET

- /1/ Arkko J. 2018. Teollisuusrobotiikka AMK-opetuksessa; työelämän vaatimukset. Diplomityö. Viitattu 6.5.2020. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26889/Arkko.pdf?sequence=4>
- /2/ Malm, T. 2008. Vuorovaikutteisen Robotiikan Turvallisuus. Helsinki. Suomen Robotiikkayhdistys Ry. Viitattu 6.5.2020.
- /3/ Niku, Saeed B. 2011. Introduction to Robotics. Pearson Education, Inc. United States of America. Viitattu 6.5.2020.
- /4/ Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Tampere. Suomen Robotiikkayhdistys Ry. Viitattu 6.5.2020. Viitattu 6.5.2020.
- /5/ Heinsonkoski, R. Asp, R. & Hyppönen, H. 2008. Automaatio - helppoa elämää? Helsinki. Opetushallitus. Viitattu 6.5.2020.
- /6/ Algottechnics. Automaatio ja robotiikka. Teollisuus. Automatisointi. Viitattu 13.5.2020. <https://www.algottechnics.fi/automaatio-ja-robotiikka/teollisuus/automatisointi/>
- /7/ Posicraft. Robotit. Universal-robots. Viitattu 13.5.2020. <https://www.posicraft.fi/tuotteet/robotit/universal-robots/>
- /8/ Yhteistyörobottien turvallisuus ja standardit. Viitattu 11.8.2020. <https://blog.robotiq.com/what-does-collaborative-robot-mean>
- /9/ ISO/TS 15066:2016 2016. Viitattu 14.8.2020. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25661/poikolainen.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- /10/ Oem. Tuotteet. Turvalaserskannerit. UAM - 05. Viitattu 14.8.2020. <https://www.oem.fi/tuotteet/turva/turvalaserskannerit/uam-05-turvalaserskanneri-332704>