

Timo Vilén

TAPITUSSOLUN KÄYTTÖÖNOTON SUUNNITTELU
HUONEKALUTEHTAASSA

NMT16SR konetekniikka
2021



Tekijä(t) Vilen, Timo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2021
	Sivumäärä 41	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Tapitussolun käyttöönoton suunnittelu huonekalutehtaassa		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä robottikäyttöinen tapitussolu huonekaluliike Niemen tehtaat Oy:lle. Työn tavoitteena oli kehittää yrityksen automatisointitasoa, sekä tehostaa tuotantoa Koch -tapituskoneella robottia käyttäen. Työ käsittelee robotti käyttöisen tapitussolun rakentamista ja suunnittelua, pohjapiirustuksen laadintaa, sekä tarttujan kokoluokan etsintää ja solun käyttöönottoa.</p> <p>Työn suunnittelu ja rakentaminen toteutettiin yhteistyössä Ferob Oy:n yrityksen henkilöstön kanssa. Robotin tilaajan Niemen tehtaat Oy:n kanssa pidimme palavereja solun kehitykseen liittyen. Tehtaalle tehtiin myös useita tuotantokäyntejä tapitussolun paikkaan liittyen. Tapitussoluun tehtiin käyttöönotto tarkastus Niemen tehtaiden toimitusjohtajan toimesta. Tämän perusteella työ ja tapitussolun käyttöönotto hyväksyttiin.</p> <p>Tuloksena toteutui robotti käyttöinen tapitussolu, johon laaditun ohjelman pohjalta soluun pystytään tekemään helpommin uusia ohjelmia. Tapitussoluun luotiin myös ohjeet ohjelman lukemiseksi. Ohjeena laadittiin lohkokaavio, joka helpottaa operaattoria työn tekemisessä ja ohjelman lukemisessa.</p>		
Asiasanat: robotit, yritykset, opinnäytteet, automaatio, huonekaluliikkeet, teollisuustyö		

Author(s) Vilén, Timo	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2021
	Number of pages 41	Language of publication: English
Title of publication Planning the introduction of a tap cell in a furniture factory		
Degree program Mechanical Engineering		
<p>The topic of this thesis was to make a robot-powered clapping cell for furniture store Niemen tehtaat Oy. The aim of the work was to develop the company's automation level and to improve production with the Koch pin machine using a robot. The work deals with the construction and design of a robot-powered clapping cell. Drawing a floor plan, as well as searching for the size class of the sticker and deploying the cell.</p> <p>The planning and construction of the work was carried out in cooperation with the personnel of Ferob Oy's company. The development with Niemi Factories Ltd, a cell and robot subscriber, was to hold meetings related to the development of the cell. Several production visits were also made to the factory in connection with the location of the clapping cell. The taping cell was commissioned by the CEO of Niemi's factories. On this basis, the work and the introduction of the clapping cell were approved.</p> <p>The result was a robot-based clapping cell, which can be used more easily to make new programs based on the programme. A pin to the cell was also created with instructions, to read the program. The help was a block diagram that makes it easier for the operator to do the job and read the program.</p>		
Key words: robots, companies, theses, automation, furniture stores, industrial work		

SISÄLLYS

1	ALKUSANAT.....	5
2	TYÖN TOIMEKSIANTAJA	6
3	KUKA-ROBOT.....	7
3.1	Robotin toimittaja Ferob Oy	7
3.2	Kuka-Robotin historia ja syntyminen	7
3.3	Projektiin valittu robotti KR 90 R2700 pro	8
3.4	KR C4 -robottiohjain	10
4	KUKA-ROBOTIN SIOITUSSUUNITTELU SOLUUN	13
4.1	Levyn valinta	13
4.2	Robotin toiminta solussa.....	14
4.3	Robotin sijoitus	16
4.4	Tarttujan valinta	19
4.5	Pneumatiikka.....	23
4.6	Työstettävien kappaleiden sijoitus solussa	27
5	PROJEKTIN TOTEUTUS	29
5.1	Kuka-Robottiin tutustuminen.....	29
5.2	Robotin ohjelmointia	29
5.3	Asentaminen ja käyttöönotto	32
6	TURVALLISUUS.....	33
6.1	Turvalaitteet	33
6.2	Suoja-aidat	34
6.3	Hätäpysäyttimet	36
6.4	Mahdollisia solussa tapahtuvia riskejä.....	38
7	YHTEENVETO JA POHDINTAA.....	39
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	

1 ALKUSANAT

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä robottikäyttöinen tapitussolu huonekaluliike Niemen tehtaat Oy:lle Sastamalan Vammalaan. Tapituskoneena solussa on Kochin valmistama työstökone, jonka ympärille solu kasataan. Tehtaalla tehdään lastulevyistä ja mdf-levyistä erikokoisia huonekalulevyelementtejä, jotka ovat kooltaan 300mm – 2500mm. Levyjä käsitellään isoissa sarjoissa 500 – 1500 kappaletta, mikä on operaattorille käsityönä ollut työlästä ja isompien levyjen kohdalla myös fyysisesti raskasta. Levyihin Koch-tapituskone poraa tappien alkureiät, koneeseen tehdyn ohjelman mukaan 0,2 mm tarkkuudella. Tapituskone asettaa liimatapit myös näihin koneella porattuihin reikiin valmiiksi.

Työn tarkoituksena on lisätä ja kehittää yrityksen ajanmukaista automatisointitasoa, sekä tehostaa tuotantoa isojen sarjojen käsittelyssä robottia käyttäen ja samalla työn fyysistä kuormitusta operaattorille keventäen. Opinnäytetyö käsittelee yleiseltä osaltaan tapitussolun rakentamista ja siihen kuuluvien lisäkomponenttien hankintaa, perehtymistä solun turvallisuuteen, suunnittelua lastulevyelementtien paikoittamiseen ja siirtämiseen Koch tapituskoneelle tapitettavaksi. Työssä hankittiin myös robotille oikean tyyppinen tarttuja, joka soveltuu erikokoisten levykappaleiden siirtämiseen robotilla kuormalavoilta kohdistuspisteiden kautta tapituskoneelle.

Työn rajaus aloitettiin alkukeskustelulla toimeksiantajan ja robotintoimittajayrityksen Ferob Oy:n kanssa. Alkukeskustelussa rajattiin pääpiirteittäin, mitä tapitussoluun tehdään tapituskoneelle tulevien levyjen käsittelyä ja siirtoa varten. Kokouksessa asetimme työlle minimivaatimuksen, joka oli solun käyttöönottoluovutus. Käyttöönottoluovutukseen sisältyy robotin täydellinen toiminta solussa. Alkukeskustelun jälkeen ensimmäiseksi työksi tuli kartoittaa, mikä tapituskoneella porattava ja tapitettava levytuote otetaan projektiin tulevaksi levyksi. Käyttöönottoluovutus tehdään tällä levyllä. Levyn valinnassa tärkeäksi osaksi tuli tarttujan soveltuvuus mahdollisimman isolle määrälle eri levykokoluokkia. Levyn valinnan jälkeen päästiin robotille hankkimaan sopivanlainen tarttuja ja viemään käyttöönottoa eteenpäin.

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

Yrityksen verkkosivujen mukaan Niemen Tehtaat Oy toimii Sastamalassa Suomen vanhimpana huonekaluvalmistajana. Se on myös suurimpia ja merkittävimpiä huonekalujen valmistajia Suomessa. Tämänhetkinen toimitusjohtaja on Panu Niemi.

Yrityksellä toimii Sastamalassa kaksi tehdasta, Vammalassa ja Suodenniemellä. Samaan yritysryhmään kuuluvat lisäksi vammalalaiset metallikalusteita valmistava Niemi Steel Ky sekä konepaja NH-Koneistus Oy, Kuopiossa Stemma Kaluste Parkkonen sekä moottoripyörävarusteiden verkkokauppa Mosquito Biker Oy. Henkilöstöä tällä hetkellä on noin 50. Tuotantotilaa tehtailla on Suomessa yhteensä 23 000 m².

Vietnamissa tehtaan omistuksessa on toiminut vuodesta 2006 tytäryhtiö Niemen Tehtaat Vietnam Ltd, jossa valmistetaan sisäkalusteita, sekä polyrottinkisia ulkokalusteita ja käydään tradingkauppaa. Lisäksi yitysryhmään Niemen Tehtaat Oy:n ja Niemi Vietnam Ltd:n ohella kuuluu vuonna 2012 perustettu, sohvia sekä muita verhoiltuja kalusteita valmistava Niemi Sofa Tallinnassa. (Niemen tehtaat Oy 2020.)

Huonekalutehdas on toiminut saman perheen omistuksessa vuodesta 1898, tällä hetkellä tehdas toimii neljännessä polvessa. 1986 yritys osti Suodenniemeltä sahan, jonka ympärille rakennettiin nykyinen kokopuukalusteita valmistava tehdas. Vammalan tehdas keskittyi pääasiassa levykalusteisiin. 2010-luvulla Niemen tehtaiden nykyvalikoima, kodinkalusteiden lisäksi koostuu päiväkotit, hoivakoti ja toimistokalusteista. Kilpailussa pyritään menestymään omalla suunnittelulla, ajanmukaiseksi automatisoidulla tuotannolla, erilaisten asiakasryhmien tarpeisiin vastaamalla. Nykyään yrityksen tuotannosta vientiin menee noin kolmannes. Merkittäviä kohdemaita ovat Ruotsi, Venäjä ja Baltian maat. (Niemen tehtaat Oy 2020.) Kuvassa 1 esitettynä Vammalan teollisuuskiinteistö ja henkilöstöä.



Kuva 1. Niemen tehtaat Oy Sastamalan Vammala (Niemen tehtaat Oy 2020).

3 KUKA-ROBOT

3.1 Robotin toimittaja Ferob Oy

Tarjouskilpailun robotin toimittamisesta Niemen tehtaan Koch -tapituskoneen syöttäjäksi voitti Ferob Oy. Ferob on Satakunnassa, Ulvilassa, sijaitseva teollisuusrobottien parissa toimiva automaatioalan yritys. Yhtiön toiminta sai alkunsa vuonna 2011, jonka perusti Niko Moilanen ja Juha Karttunen. Näin syntyi Ferob Oy, joka on tunnettu yritys teollisuusrobottien myyjänä. (Ferob 2020).

3.2 Kuka-Robotin historia ja syntyminen

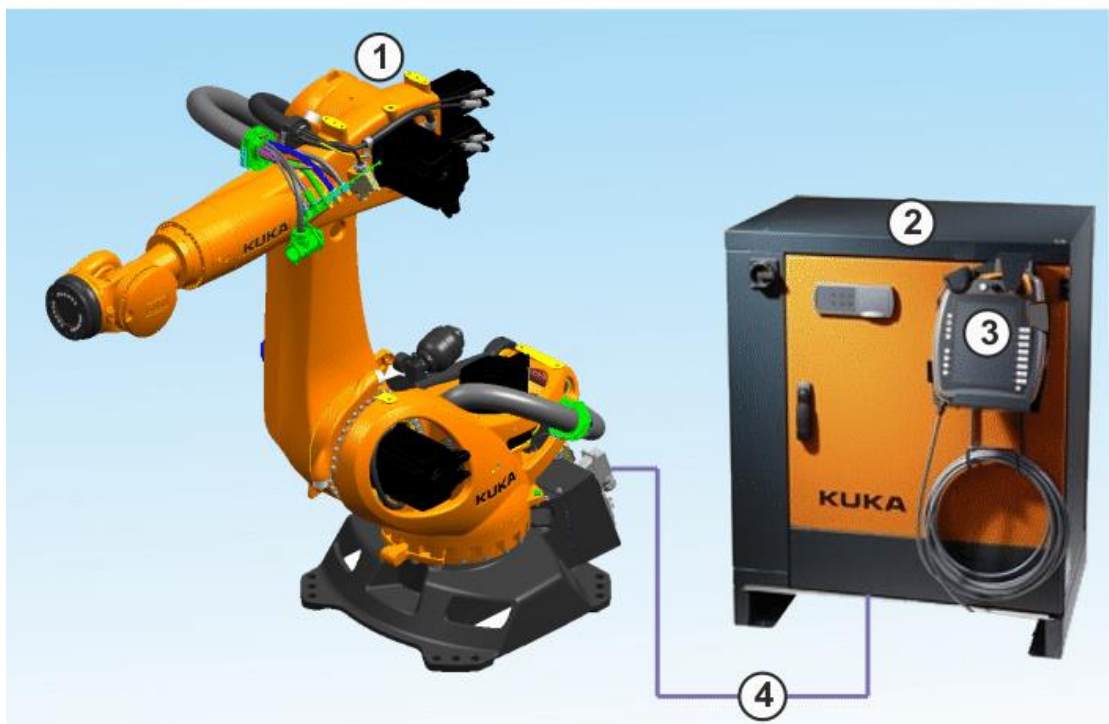
Yrityksen nimi, Kuka, on lyhenne sanoista Keller und Knappich Augsburg. Se on myös Kukan tuottamien teollisuusrobottien ja muiden tuotteiden rekisteröity tavaramerkki. yrityksen perustivat Johann Josef Keller ja Jacob Knappich vuonna 1898 Augsburgissa Saksassa. Vuonna 1995 Kuka jaettiin yhtiöiksi Kuka-Robotics ja Kuka Schweißanlagen (nykyisin Kuka Systems GmbH). Tämänhetkisesti, Kuka keskittyy edistyneisiin teollisen tuotannon automaatio-sovelluksiin ja on maailmanlaajuisesti toimiva, saksalainen teollisuusrobottien ja tehdasautomaatioratkaisujen tuottaja. Nyttemmin Kukalla on myös robotti, jonka

nostokapasiteetti on 1000 kilon kuorman. Kuka kr 1000 titan robotti on päässyt Guinnessin ennätysten kirjaan maailman vahvimpana kuuden akselin teollisuusrobottina. Tehtaalla on valmistuksessa myös LBR:iiwa, joka on maailman ensimmäinen sarjavalmisteen herkkä robotti, mikä on hyväksytty suoraan ihmisen ja robotin yhteistyöhön. Robottia voidaan käyttää sekä teollisessa sarjatuotannossa että dynaamisissa, jäsentämättömissä työasemissa. (KUKA 2020.)

Kuka-Roboticsilla on maailmalla 25 tytäryhtiötä. Useimmat niistä tuottavat myynti- ja huoltopalveluita. Kuka Oyj on saksalaissyntyinen yhtiö, jonka tämänhetkinen omistaja on kiinalainen Midea Group (aiemmin IWKA-konserni). (KUKA 2020.)

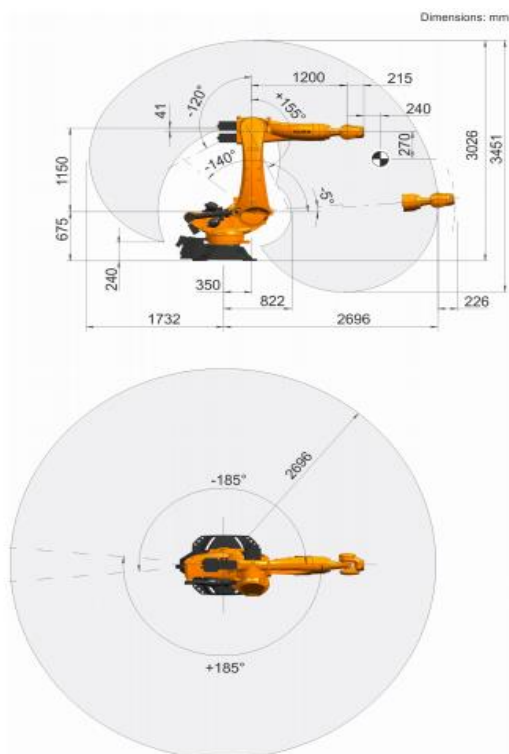
3.3 Projektiin valittu robotti KR 90 R2700 pro

Tapituskoneelle tuleva robottimalli on Kukan KR Quantec -sarjan KR 90 R 2700 pro. Kuvassa 2 on esiteltynä mistä laitteista projektissa käytettävä Kuka-Robotti koostuu. Kuvassa numerolla 1) Robottikäsivarsi Kuka Quantec sarjan malli KR 90 R 2700 pro. Kuvassa numerolla 2) Robotti ohjain Kuka KRC4 standard. Kuvassa numerolla 3) Opetusyksikkö Kuka SmartPAD. Kuvassa numerolla 4) Teho ja resolveri kaapelit 7 m tai 15 m. KR Quantec -robotteja on myyty yhteensä jo yli 100 000 robottia ja se onkin Kukan eniten myydyin robottiperhe



Kuva 2. Kuka-Robotti kiteytettynä (Ferob 2020).

KR Quantec -sarja on maailman ensimmäinen teollisuusrobottivalikoima, jolla on huomattavasti pienemmät käyttökustannukset moduulirakenteensa ansiosta, sekä sen komponenttien määrät ovat pienemmät. Tämä lattiaan asennettava robotti on kuusiakselinen ja robotin suurin ulottuvuus on 2696 mm. Robotti pystyy käsittelemään 90 kilon kuormaa. Lisäkuormaa robotin pyörivällä pylväällä on 50 kg, joten robotin kokonaiskuormaksi tulee 140 kg. Robotti säilyttää silti vaikuttavan 0,06 mm toistettavuuden. Painoa robotilla on 1058 kg, lattiaan kiinnitettävän jalustan ohjeistus koko on 830 mm x 830 mm. Lisätietoja robotin liikematkoista saa tutustumalla kuvaan 3. Kuka KR Quantec on yleiskäyttöinen automaatiotyöjuhta, joka sopii lähes sovellukseen kuin sovellukseen. (Ferob 2020.)



Technical data

Maximum reach	2696 mm
Rated payload	90 kg
Rated supplementary load, rotating column / link arm / arm	0 kg / 0 kg / 50 kg
Rated total load	140 kg
Pose repeatability (ISO 9283)	± 0.06 mm
Number of axes	6
Mounting position	Floor
Footprint	830 mm x 830 mm
Weight	approx. 1058 kg

Axis data

Motion range	
A1	±185 °
A2	-140 ° / -5 °
A3	-120 ° / 155 °
A4	±350 °
A5	±125 °
A6	±350 °
Speed with rated payload	
A1	136 °/s
A2	130 °/s
A3	120 °/s
A4	292 °/s
A5	258 °/s
A6	284 °/s

Kuva 3: Robotin akselien liikematkat ja akselien kääntyvyys astekulmat. (Ferob, 2020).

3.4 KR C4 -robottiohjain

Työssä käytettävässä Kuka KR 90 R 2700 pro robotissa, aivoina toimii edistysellinen KR C4 -robottiohjain, jonka malli on kuvassa 4. Sillä on avoimen arkkitehtuurin PC-pohjainen ohjaus Kuka System Software (KSS) -käyttöjärjestelmällä. Robottiohjaimen laitteistopuoli käsittää muun muassa ulkoisten akseleiden liitynnät. Kuka KR C4 -robottiohjaimessa on myös todella monipuoliset liityntämahdollisuudet ulkopuolisiin laitteisiin ja järjestelmiin. Saatavilla on erilaisia I/O-moduuleja ja kenttäväyliä (Profibus, Profinet, Ethernet IP, Ether Cat, Profi Safe, Cip Safety ja FSoE). (Ferob 2020.)

Katsaus KR C4: n kaikkiin tosiseikkoihin ja lukuihin:



	KR C4 kompakti	KR C4 pieni koko-2	KR C4	KR C4 keskikoko
Mitat (KxLxS)	271 x 483 x 460 mm	615 x 580 x 540 mm	960 x 792 x 558 mm	1160 x 792 x 558 mm
Suoritin	Moniydintekniikka	Moniydintekniikka	Moniydintekniikka	Moniydintekniikka
Kovalevy	SSD	SSD	SSD	SSD
Käyttöliittymä	USB3.0, GbE, DVI-I	USB3.0, GbE, DVI-I	USB3.0, GbE, DVI-I	USB3.0, GbE, DVI-I
Akselien määrä (maks.)	6 + 2 (lisäakseliruudun kanssa)	6 + 6 (lisäakseliruudun kanssa)	9	9
Verkkotaajuus	50/60 Hz ± 1 Hz	50/60 Hz ± 1 Hz	49 - 61 Hz	49 - 61 Hz
Nimellisjännite	200 V - 230 V AC	3 x 380 V - 3 x 575 V AC	3 x 380 V - 3 x 575 V AC	3 x 380 V - 3 x 575 V AC
Suojaluokka	IP20	IP54	IP54	IP54
Ympäristön lämpötila	+5 °C - +45 °C	+5 °C - +45 °C	+5 °C - +45 °C	+5 °C - +45 °C
Paino	33kg	60kg	150kg	160kg

Kuva 4: KR C4 -robottiohjain, kehystetty alue on käytettävä ohjain (Ferob, 2020).

Kuka System Software -ohjelmisto tuo käyttäjälle robotin ohjelmointimahdollisuudet opetusyksikön eli Kuka Smart pad:n käyttöliittymän ja robotin oman KRL (Kuka-Robot Language) ohjelmointikielen kautta. Kukan helppokäyttöinen ja nopeasti opittava graafinen käyttöliittymä sisältää monikielivalinnan. Ohjausjärjestelmään on saatavilla lukuisia erilaisia softaoptioita, kuten esimerkiksi monirobottiohjaus Kuka Robo Team, turvasofta Kuka, Safe Operation, TCP/IP-kommunikointi Kuka, Ethernet KRL ja vaikka mitä. (Ferob 2020.)

Kuka KR C4 -robottiohjaimeen liittyy Kuka WorkVisual tietokoneohjelmisto, jolla voidaan konfiguroida robottijärjestelmän asetuksia, tarkastella diagnostiikkaa, editoida robottiohjelmiä, ottaa projektin varmuuskopiot, yms. toimintoja. (Ferob 2020.)

Kukan SmartPad -opetusyksik

Kaikkiin KR C4 -robottiohjaimiin kuuluu Kuka SmartPad -opetusyksikkö, joka on kuvassa 5. Ohjaimen avulla robottia liikutetaan, hallitaan ja ohjelmoidaan. Ergonomisessa ja mekaanisesti kestävässä opetusyksikössä on havainnollinen 8,4”

kosketusnäyttö. Kukan intuitiivisen käyttöliittymän kautta robotin käyttö on helppoa. Robotin liikuttelu on mahdollista, joko 6D-hiiren tai perinteisten näppäinten avulla. Kuka SmartPadista löytyy myös USB-portti. (Ferob 2020.)



Kuva 5: Kuka SmartPad -opetusyksikkö (Ferob, 2020).



Kuva 6: Robotit saapuneet päivitykseen Ferob Oy Ulvilaan työn alkuvaiheessa.

4 KUKA-ROBOTIN SIJOITUSSUUNITTELU SOLUUN

4.1 Levyn valinta

Opinnäytetyössä käytettäväksi otettavan levyn valinta alkoi haastatteleamalla Nieme tehtaiden työnjohtoa. Haastattelussa saimme tietoa koneella tehtävistä levytuotteista. Palaverissa päädyimme lopputulokseen, ettei tapituskoneen kaikkia levytuotteita ja pienimpiä sarjakokoja kannata viedä robotin tehtäväksi. Robotin käyttöön otettaisiin aluksi isoimmat sarjat ja isoimmat levy kokoluokat. Tämän päätöksen perusteella jatkoimme isompien sarjakokojen ja levytuotteiden kartoitusta. Kartoitustyön jälkeen päädyimme työnjohdon kanssa vakiosarjatuotteeseen, Fiini-kalustesarjan päätylevyyn. Päätylevystä mallina kuva 7, jolla aloitamme solun robotisointityötä viemään eteenpäin.



Kuva 7. Valmiiksi tapitettuja Fiini-kalustesarjan päätylevyjä, levypinossa myös esimerkki tehtaalla käytettävästä työmääräimestä.

4.2 Robotin toiminta solussa

Robottisolun toiminta alkaa, kun operaattori noutaa varastosta täyden kuormalavan tapitukseen tulevia lastulevy tai mdf-levyelementtejä. Operaattori toimittaa lavan tapitussoluun lavalle tuleville levyille varatulle paikalle. Lattiaan on ruuvattu kulmaraudasta keltaisenväriseksi värjäytyt, hyvin harmaasta lattiasta erottuvat tukevat vastin raudat, joita vasten lava työnnetään aina samaan paikkaan lavaa vaihdettaessa. Operaattori toimittaa soluun lisäksi tyhjän kuormalavan, valmiille tapituskoneelta tuleville levytuotteille.

Valmiiden levyjen lavan paikkaa varten lattiaan on maalattu lavalle oma paikka, johon lava työnnetään. Maalausta käytetään lattiassa, ettei operaattori sekoittaisi lavojen paikkojen järjestystä, tyhjän lavan ja työstöön tulevien levyjen kesken. Tämän jälkeen operaattori kuittaa robottisolun turva-alueen, solun ulkopuolella olevasta resetointikytkimestä, io:n ohjauspaneelistä. Tämä ohjauspaneeli on kuvassa 8. Samalla operaattori myös kuittaa lavat vaihdetuiksi. Tässä on oltava tarkkana, jos vaihtaa vain tulevien levyjen lavan. Tällöin pitää muistaa kuitata vain tulevien levyjen lava vaihdetuksi. Kuittaamalla molemmat lavat vaihdetuksi robotti luulee, että valmiidenkin kappaleiden lava on tyhjä. Tätä ei saa tapahtua, koska robotti ajaa

seuraavan levyn valmiiksi tapituksen jälkeen päin valmiiden levyjen pinoa. Parasta onkin vaihtaa aina molemmat levylavat ja alkaa alusta solun työkierto.



Kuva 8. Robotin i:o paneelilta löytyvät lavojen vaihdonkuittaus painikkeet ja työkierron keskeytys, hylky painike, sekä käynnistys painikkeet. Lisäksi solun käsiajolla tai robottiajolla oleva vipukytkin ja solun käyttöön kuittaus painike, sekä hätäseis.

Solun lavojen vaihdon ja työkierron jatkon kuittauksen seurauksena robottisolun kulkuaukoilla olevat rajakytkimet aktivoituvat ja sulkevat solun alueen robotin käytettäväksi. Robotti lähtee siirtämään työstettävää levyä tapituskoneelle Lineartec Oy:n valmistamalla imulevytarttujalla. Tarttuja on varustettu erillisellä lisäventtiilillä tuomaan ilmanpainetta tarttujalle puhallusta varten. Puhalluksella suoritetaan levyn pinnan puhdistus mahdollisesta purusta ja pölystä.

Robotti tarttuu levyyn imulevytarttujalla ja siirtää pienemmät alle kuusisataa millää pitkät levyt, painovoimaista keskityskulmaa käyttäen tapituskoneelle. Isommilla levyillä keskityspöytänä käytetään rullapöytä keskitystä. Robotin siirtäessä levyn rullapöydälle pöydän rullat käynnistyvät ja vetävät levyn pöydässä olevia

kulmavasteitapäin. Keskittämistä isoimmilla levyillä ei tarvitse uusia, koska robotti pystyy kääntämään kappaleen samalla tartunnalla ja näin ollen tietää levyn linjat. Yhdellä tartunnalla on kuitenkin käytettävä hitaita liikenopeuksia, ettei levy siirry tarttujaan nähden siirron aikana ja aiheuta viallista porausta tapeille.

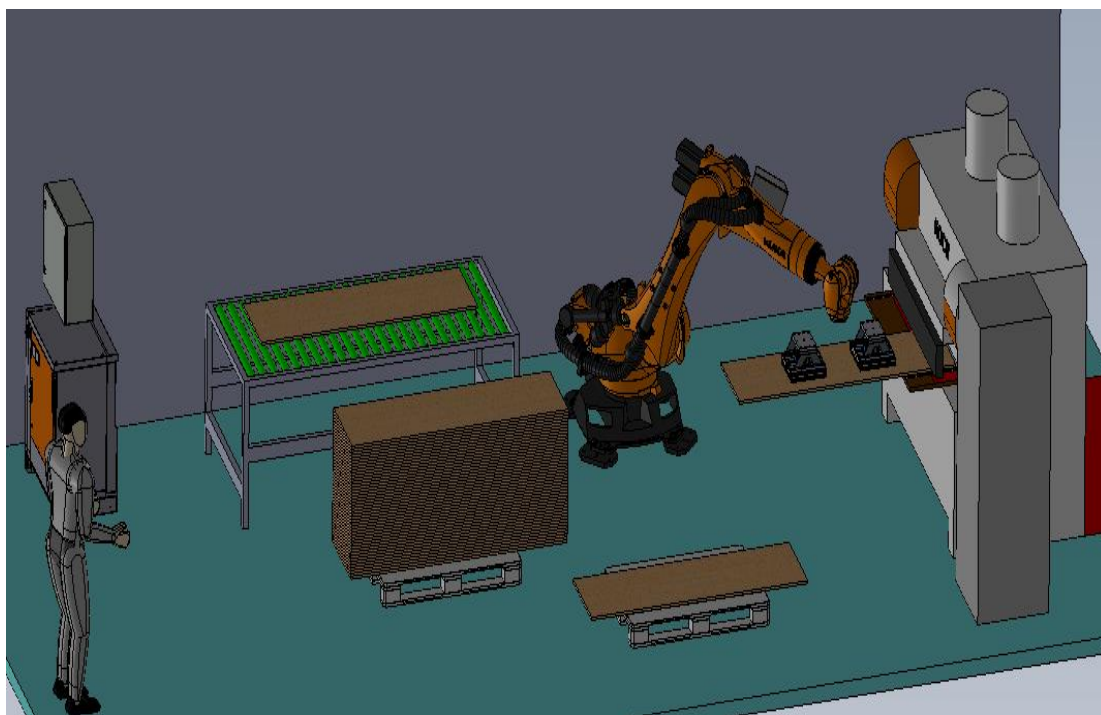
Keskityksen jälkeen robotti siirtää levyn Koch-tapituskoneen pöydälle, jossa on tapituskoneen omat paikoitus ja kohdistuskulmat levyn paikannusta varten. Tapituskoneeseen levy kiinnittyy koneen omilla kiinnitystunkeilla automaattisesti, levyn asetuttua oikealle paikalleen tapituskoneessa. Porausten ja tapituksien jälkeen koneen kiinnitystunkkien auetessa robotti saa tiedon kääntää levyn ja toistaa tapitus tehtävän työstettävän levyn toiseen päähän. Robotin havaitessa jonkinlaisen häiriötilan antureiden signaaleissa tai jossakin muussa tunnistuksessa, tapituskone menee häiriötilaan tai hätäseistilaan. Tällöin robotti siirtää levyn automaattisesti hylkykappaleiden vientipaikkaan kuljetinpöydän päähän ja siirtyy odotustilaan odottaman häiriön kuittausta. Solun toimiessa normaali tilassa ilman häiriöitä, robotti siirtää valmiin koneistetun levytuotteen lavalle, valmiiden levyjen pinoon. Solu toistaa tätä kiertoa, kunnes robotti tunnistaa mitta-anturi tekniikan avulla, ettei työstöön tulevien levyjen lavalla ole enää levyjä. Tämän jälkeen robotti siirtyy kotiasemaan odottamaan uutta ohjelman käynnistystä, tällöin kaikki tuotteet on koottu valmiiden levyjen lavalle operaattorille noutovalmiuteen.

4.3 Robotin sijoitus

Robotin sijoitusta soluun suunniteltiin apuna käyttäen Solid Works 3D -mallintamisohjelmaa yhteistyössä Ferob Oy:n kanssa. Ohjelmassa pystyttiin tarkasti määrittelemään Kuka-Robotin tyyppi. Näin saatiin käyttöön robotin mitat ja liikematkat, sekä solun tarvitsema alue turva-aitoineen. Piirustusohjelmaan mallinnettiin myös keskittämiskulmat, joissa robotti keskittää levykappaleet. Lisäksi mallinnettiin työstöön tulevien levyjen lavan paikka ja valmiiden levyjen lavan paikka, sekä tapituskone.

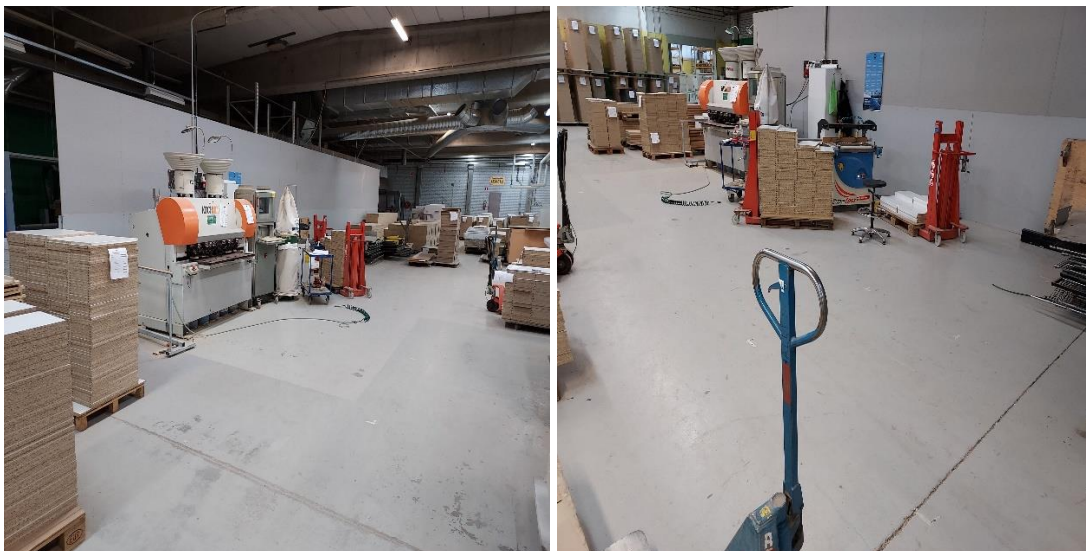
Ohjelmassa pystyttiin helposti muokkaamaan solun sisällä olevien apuvälineiden ja robotin paikkaa. Näin ollen pystyttiin tarkkailemaan robotin liikematkoja ja

ulottuvuuksia. Tämä helpotti ratkaisevasti robotin sijoituspaikan valintaa, joka päädyttiin sijoittamaan tapituskoneen sivustalle kiinteän seinän viereen. Robotti sijoitettiin tarkoituksellisesti solun sivuun, koska tapituskonetta täytyi pystyä ajamaan myös manuaalisesti ilman robottia. Käsiäjolla robotin pitää olla pois koneen edestä. 3D -mallintamisohjelmalla päästiin luomaan virtuaalinen malli robottisolun sijoittelusta ja pystyttiin testaamaan erilaisia robotin työtapoja erikokoisilla työstettävillä levyillä. Kuvassa 9 on esitetty 3D -mallintamalla luotu kuva.



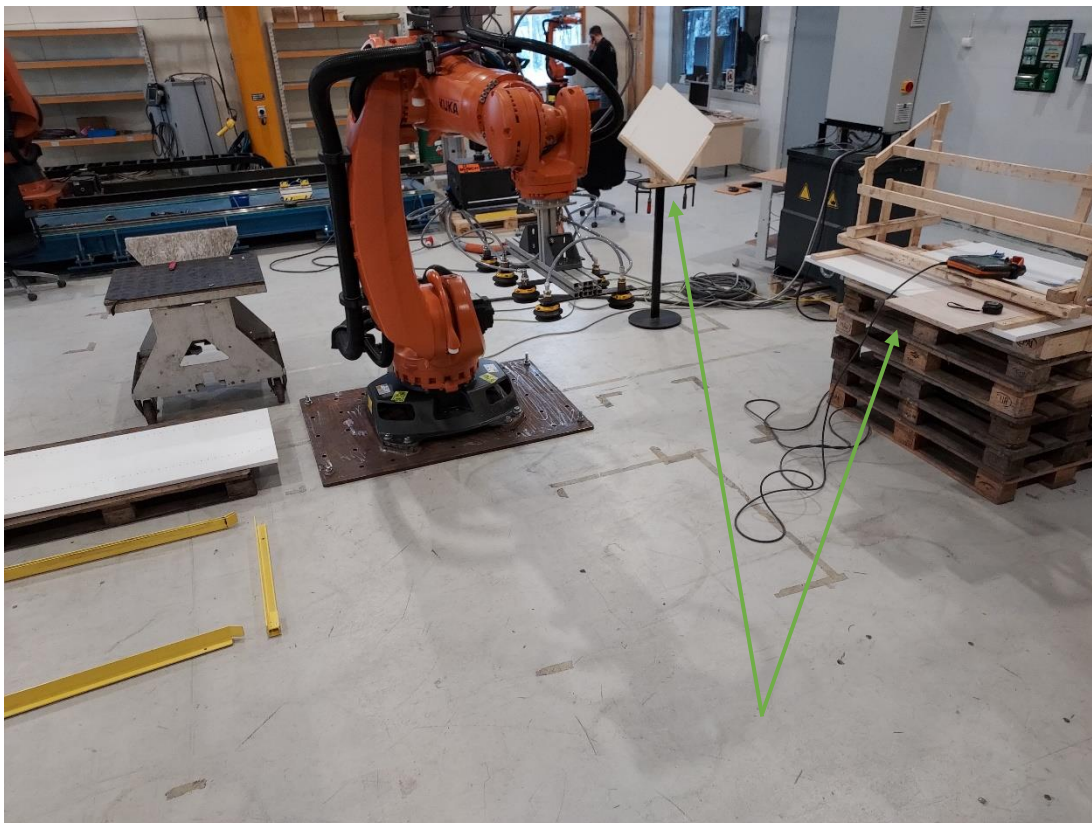
Kuva 9. Robottisolu mallinnettuna Solid Works -3D -mallinnusohjelmalla.

3D-mallia hyödynnettiin myös tuotantotiloissa käyntien aikana. 3D -mallin avulla pystyttiin mittaamaan robottisolun ja robotin paikkaa tehtaassa ja saimme varmistettua solun sopivuus tilaan. Kuvassa 10 tapitussolun paikka tehtaalla.



Kuva 10. Robottisolun tuleva paikka tehtaassa.

Mallintamista apuna käyttäen saimme luotua toimivan robottisolun tehtaaseen. Solusta tehtiin Ferob Oy Ulvilan tiloihin aluksi toimiva sijoittelu niin, että sitä pystyttiin kokeilemaan. Kuvassa 11 on esimerkki solun sijoittelusta. Tästä oli huomattavaa hyötyä solun puutteiden ja haittojen arvioinnissa ja tällä tavoin ne pystyttiin heti korjaamaan ja minimoimaan ennen tehtaalle siirtoa. Esimerkiksi havaitsimme, että levypinot eivät saa olla lattiatasosta yli 1200mm korkeita, jotta robotti pystyy vielä kääntämään levyn lavalla olevien kappaleiden yläpuolella. Lisäksi valmiiden levyjen lava ei saanut olla liian lähellä tapituskonetta, jotta yli 2200mm pitkät levyt pystyi vielä viemään koneelle tapitettavaksi. Robotille tehtiin myös harjoitusohjelmointia, miten solu tehtaassa toimii ja näin päästiin kokeilemaan myös tarttujan ja rullapöydän toimivuus. Ohjelmaharjoituksia varten tapituskone tehtiin kuormalavoista vastaamaan oikeanlaista konetta Ferob Ulvilan tiloihin.



Kuva 11. Robottisolun rakentamista Ferobilla. Tapituskoneena trukkilavoista tehty harjoitusmalli sekä levyistä valmistettu painovoimainen testi paikoituskulma.

4.4 Tarttujan valinta

Tarttujalla tarkoitetaan robotin mekaanista osaa, jolla robotti siirtää kappaleita paikasta toiseen, tarttujaa sanotaan robotin työkaluksi. Yleensä robotin työkalu on tarttuja, se voi olla myös maaliruisku, hiomakone tai hitsauspistooli. Nämä ovat robotin useasti käyttämiä työkaluja. Tarttujan suunnittelu on myös tärkeä osa robotin toimintaa. Tarttujan suunnittelussa ja valinnassa on tunnettava eri tarraintyyppejä ja tartuntatapoja.

Tarttujan valitseminen aloitettiin etsimällä oikean tyyppistä tarttujamallia. Apuna tässä Ferob Oy:n kanssa käytimme Solid Works 3D -mallinnusta. Ohjelmalla saimme mallinnettua käytettäviä levyjä ja tapituskoneesta mallin. Ohjelmaa apuna käyttäen pystyimme mitoittamaan tarttujan kokoa ja tartunta pinta-alaa, mikä jää tarttujan käyttöön koneen tartunta vasteiden ulkopuolelle. Tämän jälkeen alkoikin yhteistyössä Ferob Oy:n kanssa alipainetarttujen valmistajien etsintä. Valmistajia löytyikin viisi Lineartec, Smaltz, Fipa, Bibus ja Joulin. Näillä valmistajilla on tarjota kohteeseen

suorakaiteen muotoinen alipainetarttuja sopivalla alipainetehoalueella. Valmistajien välillä on kuitenkin eroja tarttujien imutehoissa ja räätälöinti palveluissa.

Tarttujan tarvitsemaa alipainetta, tarkastelimme robotti toimituksen mukana tulleita vakuumpumppuja. Tarkemman tarkastelun tuloksena huomasimme, että kyseisiä pumppuja ei olekaan käytetty roboteissa, vaan jossain muussa yhteydessä, vaikka ne oli toimitettu robottien mukana. Alkuperäinen suunnitelma oli hyödyntää vakuumpumppuja ja tarttujissa imulevyjä.

Tämän jälkeen tutkimme eri levykokoja ja suunnittelimme tarttujan tarkempaa toteutusta. Päädyimme siihen, että paras yhdistelmä vaikuttaisi olevan edelleen vakuumpumpun käyttö ja käyttäisimme imulevyjen sijasta imukuppeja. Tähän liittyen aloimme miettimään yhteistyössä Ferob Oy:n kanssa, että jos käytetään imukuppeja, niin voivatko ne olla perus-NBR-materiaalia vai pitääkö ehdottomasti olla jälkeä jättämätön vaihtoehto.

Asiaa tarkasteltuamme tulimme siihen lopputulokseen, että työssä pitää ehdottomasti käyttää täysin jälkeä jättämätöntä vaihtoehtoa, sillä tuotannossa ei enää tarkastella, eikä puhdisteta levyjä koneistusprosessien jälkeen. Näin ollen jäljet päätyisivät suoraan asiakkaille ja näin ei saa missään tapauksessa tapahtua. Tässä vaiheessa päätimme kuitenkin imulevyjen sijasta käyttää imukuppitekniikkaa. Huomattavaa tässä on, että jatkossa erilaisia tarttuja on helpompaa ja edullisempaa toteuttaa perus imukuppitekniikalla.

Tarttuja toimittajien kanssa asiaa uudelleen pohdittua, tarttuja kuitenkin toteutettiin imulevyratkaisuna. Imulevyratkaisu on aina räätälöity ratkaisu/malli ja tiedonvaihto niiden valmistajien kanssa on hidasta. Tämä pidensi tarttujan tilauksen saantia ja solun toimitusaikaa tehtaaseen.

Tämän jälkeen luotiin uusi imulevykonstruktio, jolla samalla tarttujalla saadaan liikutettua tyypilliset levykoot ja myös huomattavasti pienempiä osia, jotka ovat kooltaan 100 mm x 300 mm. Pienien levyjen käsittely ja kääntely vaatii erillisen painovoimaisen paikoituskulman, joka piti suunnitella soluun erikseen.

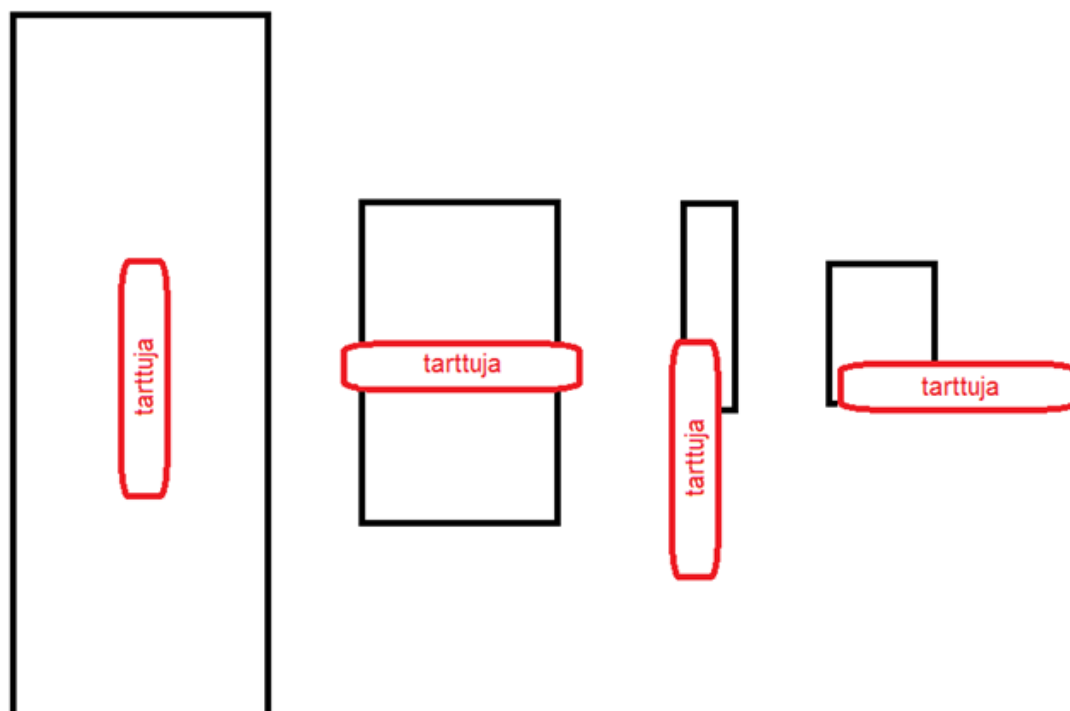
Roboteissa oli kaksi olemassa olevaa vakuumpumppua, jotka tulivat robottien mukana ja olivat teholtaan hieman eri kokoisia. Molemmat olivat myös todella isoja ja teholtaan reilusti ylimitoitettuja yhden robotin käyttöön. Vaikeutena kuitenkin näiden pumppujen kanssa oli, että nämä pumput olivat malliltaan sellaisia, joissa imutehon säätely ei ole mahdollista taajuusmuuttajan kanssa. Mdf-levyllä huomattiin, että imu menee usean levyn lävitse eli pelkältä lavalta pinosta mdf-levyn poiminta ilman erityisratkaisuja teetti myös jonkin verran ongelmia. Tämän jälkeen alettiin pohtia ja kartoittaa, mitä kustantaisi mahdollinen uusi alipainepumppu, jolla pystyttäisiin imupainetta säätämään. Kartoituksen ja hinnoittelun jälkeen todettiin järkevimmäksi vaihtoehdoksi soluun hankkia robotille uusi alipainepumppu tarttujan valmistajalta.

Ferob Oy teki sopimuksen tarttujan valmistuksesta Lineartec Oy:n kanssa. Lineartec Oy:llä on myös oma tarttujan räätälöintipalvelu, jolla he pystyvät suunnittelemaan erityisen tarttujan kohteeseen ja näin päädyimme tähän vaihtoehtoon tarttujan toimittajana. Tässä projektissa emme kuitenkaan tätä räätälöintipalvelua tarvinneet, koska valmistajalta löytyi kuvassa 13 esitelty vakio imulevytarttuja malleista, työhön sopiva imulevykonstruktio, joka on mallinumeroltaan 651.114.74.VV.



Kuva 13. Tarttuja, johon on suunniteltu robotin laippaan tuleva kiinnitin. Malli Lineartec 651.114.74.VV Tarttujaan ohjelmoitu sylinterejä ja liiketunnistin releitä apuna käyttäen myös törmäystunnistin.

Ennen tarttujen tilausta suunnitelimme, miten yhdellä tarttujalla pystyttäisiin nostamaan mahdollisimman montaa erikokoista levytuotetta tarttujaa vaihtamatta. Suunnitelmassa isoimmille levyille tartunta pyrittiin tekemään keskeltä levyä. Pienemmillä levyillä, joissa massa on 0,5 kg - 5 kg tarvitaan tarttujan imualaa vain osittain käyttöön tarttujan toisesta päästä levyyn tartuttaessa. Näin levyyn jää tarpeeksi pinta-alaa tapituskoneen vievää kiinnitystilaa varten. Esimerkki tartunta suunnittelusta on kuvassa 14. Lisäksi suunniteltavaksi ja toteutettavaksi jäi tarttujan kiinnityslaipan toteutus. Kiinnityksen suunnittelun ja työn teki robottiin Ferob Oy. Tarttujaan suunniteltiin ja ohjelmoitiin myös törmäystunnistus tarttujassa olevien jousto sylinterien liikematkaa ja anturitekniikkaa apuna hyödyntäen, mahdollisten törmäyksien varalta.



Kuva 14: Tarttujan mitoituksen suunnittelusta erilaisilla tartunta tavoilla levytuotteiden nostoon.

4.5 Pneumatiikka

Pneumaattisten järjestelmien yleiset vaatimukset on määritelty standardissa SFS-EN 983. Pneumaattisen järjestelmän komponentit pitää valita niin, että ne ovat käytön aikana turvallisia ja toimivat suunnitellun mukaisesti. Komponentit, jotka vikaantuessaan voisivat aiheuttaa vaaratilanteita, pitää erityisesti huomioida. Pneumatiikka järjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon myös järjestelmän tai laitteen maksimityöpaine tai ettei komponenteille määriteltyä nimellispainetta ylitetä. Ylipainetta voidaan rajoittaa käyttämällä paineenrajoitusventtiilejä, jotka on asennettu järjestelmään siten, että ne rajoittavat koko järjestelmän painetta. Robotissa käytettyjä paineenalennusventtiileitä ja imuletkuja on esiteltyä kuvissa 15-18 (SFS-ISO 983.)



Kuviot 15. Robotissa käytetyt komponentit paineenalennin ja painemittarit tarttujan paineen ohjaukseen, jotka asennettu robottiin.



Kuvio 16. Tarttujavalmistajan Lineartecin toimittama uusi alipainepumppu, joka on kiinnitetty robotin runkoon.



Kuvio 17. Robottiin on asennettu uudet imuletkut.



Kuva 18. Alipainepumpun säästöä ajatellen, imupuolelle on robotissa sylinteri käyttöinen hukkaportti, joka toimii vakio ohjelmalla robotin käynnistäessä tarttujan imun.

Ennakoitavissa olevat toiminnot, häiriötilanteet ja viat eivät saa aiheuttaa ihmisille vaaraa. Ylipaineen lisäksi järjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon myös: heilahduspaine, painevahvistus, paineen äkillinen aleneminen tai häviäminen kokonaan, järjestelmän sisäiset tai ulkoiset vuodot syötön katkeaminen tai palautuminen katkon jälkeen, syötön kytkeminen päälle tai pois. Lyhytkestoisia vaara-alueella käyntejä varten voidaan paineilmajärjestelmän syötöstä erottaminen hoitaa normaalisti ohjausjärjestelmän sulkemilla venttiileillä. Pitkäkestoisia syötöstä erottamisia varten on järjestelmässä oltava käsikäyttöinen, lukittavissa oleva sulkuventtiili. (Siirilä 2008, 319–321.)

Venttiilin sulkeutumisen lisäksi on paineilmajärjestelmissä tärkeää, että järjestelmässä oleva paine purkautuu. Järjestelmään jäänyt paineilma voi aiheuttaa vaarallisia liikkeitä, vaikka järjestelmä olisikin erotettu paineilmaverkosta. Syötöstä erottamisen pitäisi samalla purkaa paineen järjestelmän kaikista osista turvallisesti. Mikäli tämä ei

ole mahdollista, on vastaava turvallisuus varmistettava muulla tavoin. (SFS-ISO 983 ; Siirilä 2008.)

Kohdistuspisteet

Pienempien levyjen keskitykseen rakennettiin painovoimainen keskityskulma, joka on liukkaasta levystä valmistettu jyrkästi alakulmaan painovoimaisesti viettävä keskityskulma. Isommilla levyillä keskityspöytänä käytetään kuvassa 19 esitettyä rullapöytä tyyppistä keskitystä. Levy ajetaan pöydässä yhdeksänkymmenen asteen kulmassa olevia kulmavasteitapäin, jolloin se on aina samassa kulmassa robotin noudettavaksi. Keskittämistä isoimmilla levyillä ei tarvitse uusia, koska robotti pystyy kohtuullisilla liike nopeuksilla kääntämään kappaleen samalla tartunnalla niin, ettei kappaleen kohdistus levyyn nähden muutu. Rullapöytä tulee valmiina laitevalmistajalta soluun toimitettuna. Tältä osin levyn keskityksen suunnittelu ja ratkaisu vapautui isoimpien levyjen osalta.



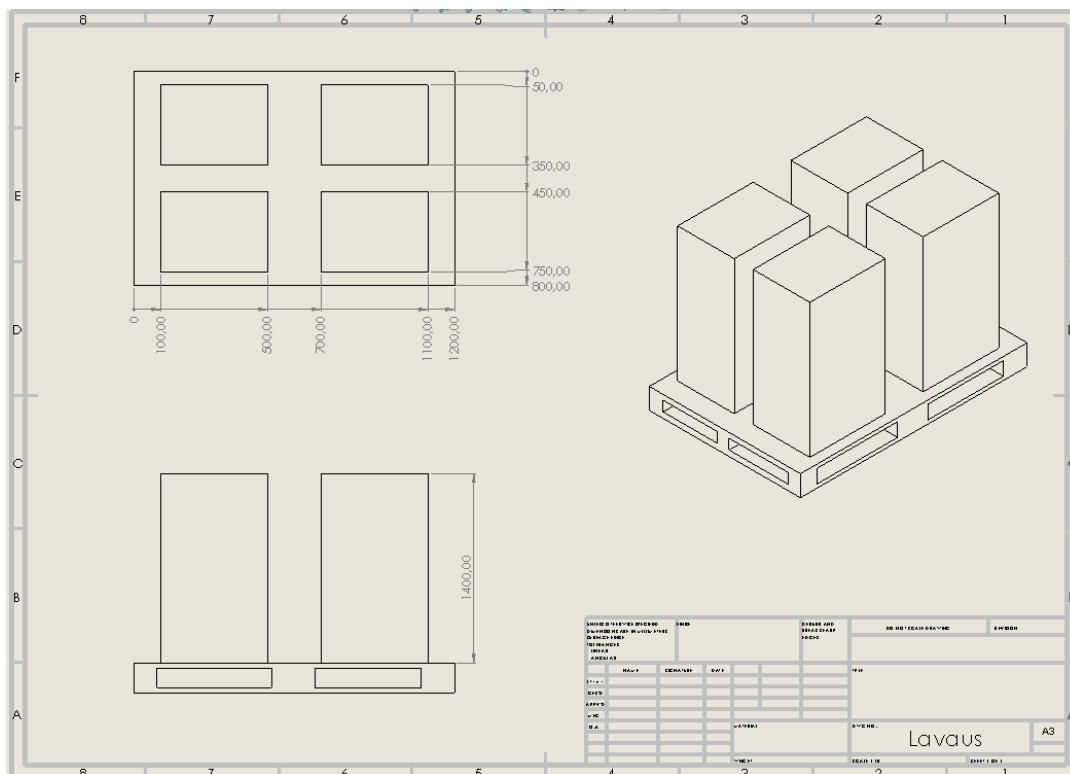
Kuva 19. Rullapöytä, levyn keskitykseen testi solussa Ulvilassa

4.6 Työstettävien kappaleiden sijoitus solussa

Tapituskoneelle tulevien levyjen paikoitukseen liittyen aihoiden lavalla heräsi mietittävää, missä ja miten tapitukseen tuotavat levyt asetetaan kuorma lavalle? Muodostetaanko nämä tuotavat kuormalavat käsin vai muilla tehtaassa olevilla roboteilla tai koneilla. Tehtaalla entuudestaan käytössä olevia on ABB -robotti listoitulinjalla ja Kuka-Robotti rei'ityslinjalla. Osa tuotteista tulee tapitussoluun muiden robotien lastaamana. Näillä tuotteilla on lavan asettelu vakio, joka on solun kannalta hyvä asia.

Lastattaessa käsityövaiheina levyjen asettelu on haastavampaa, joten työhön suunniteltiin kuormalavat, joiden pintalevyihin on koneistettu urat. Näihin uriin levysahalla työskentelevät operaattorit sijoittavat levyt, työmääräimen mukana tulevan

kuvan 20 tyyppisen lavaus ohjeistuksen perusteella. Ohjeistuksen mukaan levyt sijoitetaan niin, että ne ovat aina samansuuntaisessa asennossa lavalla 90 asteen kulmassa lavaan nähden ja kohdistettuna lavan uriin. Kerroksessa määrä olisi aina 1, 2, 4, tai 6, sekä lavan pinnasta 10 mm tai 1200 mm lattiasta korkeissa levypinoissa.



Kuva 20. Esimerkki työmääräimen mukaan liitettävästä kuvasta robotille tulevan lavan ladonnasta ennen robotti soluun tuloa.

Solun rullakeskitys pöydän eteen on lavaa varten lattiaan asetettu metalliset kulmalistat, joita vasten operaattori työntää lavan tuotaessa soluun. Näin saadaan lavoilla olevat levyt aina samaan kohtaan robottiin nähden. Robotilla päästään tarttumaan levystä samasta kohdasta ja pystytään siirtämään levy kohdistus pöydälle tai kohdistus kulmaan. Tulevien levyjen lava sijoitettiin kuljetinpöydän eteen, säteellä 2700mm robotin keskeltä, takaseinästä 2000mm ja 2500mm oviaukosta. Valmiiden levyjen lava sijoittuu työstöön menevien levyjen taakse, robotin eteen. Säteellä robotin keskistä 2700mm ja 750mm tulevien levyjen lavan taakse lähemmäksi tapituskonetta, näin ollen robotilla on lyhyt siirtymämatka jälleen ottamaan työkierron käynnissä ollessa uusi levy työstöön.

Valmiiden levyjen lavan paikannus toteutetaan käyttämällä lattiassa merkintä maalausta, sekä alueen rajojen teippausta. Tällä tavalla lava on samassa kohdassa ja robotti tietää lavanpaikan. Lattiaan ei asenneta kulmarautoja, ettei ne ole kulkureitin tiellä robottia käsin ajettaessa. Lavat pitää saada tuotua lähemmäksi tapituskonetta käsiajolla käytettäessä. Soluun luotiin myös hylkypiste, joka on rullapöydän päässä ja on ovi aukon lähellä.

5 PROJEKTIN TOTEUTUS

5.1 Kuka-Robottiin tutustuminen

Työn käynnistyessä, ensimmäinen tehtävä oli tutustua robotin manuaaleihin, sekä ohjelmointi oppaaseen Kuka-Robotin toiminnasta. Tutkimme Kuka-Robotin käyttömahdollisuuksia, työkaluja, nostokykyä, liikkuvuutta ja ohjelmointiin liittyviä käskyjä esimerkiksi LIN suoraviivainen liike ja PTP kaareva nopea liike. Ferob Oy Ulvilan tiloissa pääsimme harjoittelemaan robotin käyttöä ja saimme alkuopastusta robotin käyttöön. Perusteiden opittua aloimme liikuttelemaan ja harjoittelemaan robotin liikematkoja käytännössä. Seuraavaksi harjoitusten edetessä pääsimme ohjelmoimaan robottia käyttämällä käsiohjausyksikköä. Tällä tavoin saimme tuntumaa robotin nopeuksiin, liikekäskyihin ja robotin käyttöön. Robotti soluun saatuaamme kaikki komponentit keskitys pöytineen, antoi Ferob Oy:n ohjelmointikoulutusta, millaisilla työkiertokäskyillä kannattaa robotin ohjelmointia alkaa luomaan. Tärkeänä seikkana ohjelmoinnissa on, että siitä tulee mahdollisimman turvallinen ja selkeä käyttää. Ohjelmointiharjoittelussa harjoittelimme, miten saadaan kaikki tarkistuspisteet ohjelmoitua ja myös virhetilanteet otettua huomioon. Virhekappaleille luotiin myös oma palautus pisteensä harjoitus ohjelmoinnin aikana.

5.2 Robotin ohjelmointia

Projektin alussa tutustuimme robottiin ja harjoittelimme sen ominaisuuksia. Robotin tultua enemmän tutuksi ja kun kaikki komponentit soluun oli saatu tilattua, aloimme

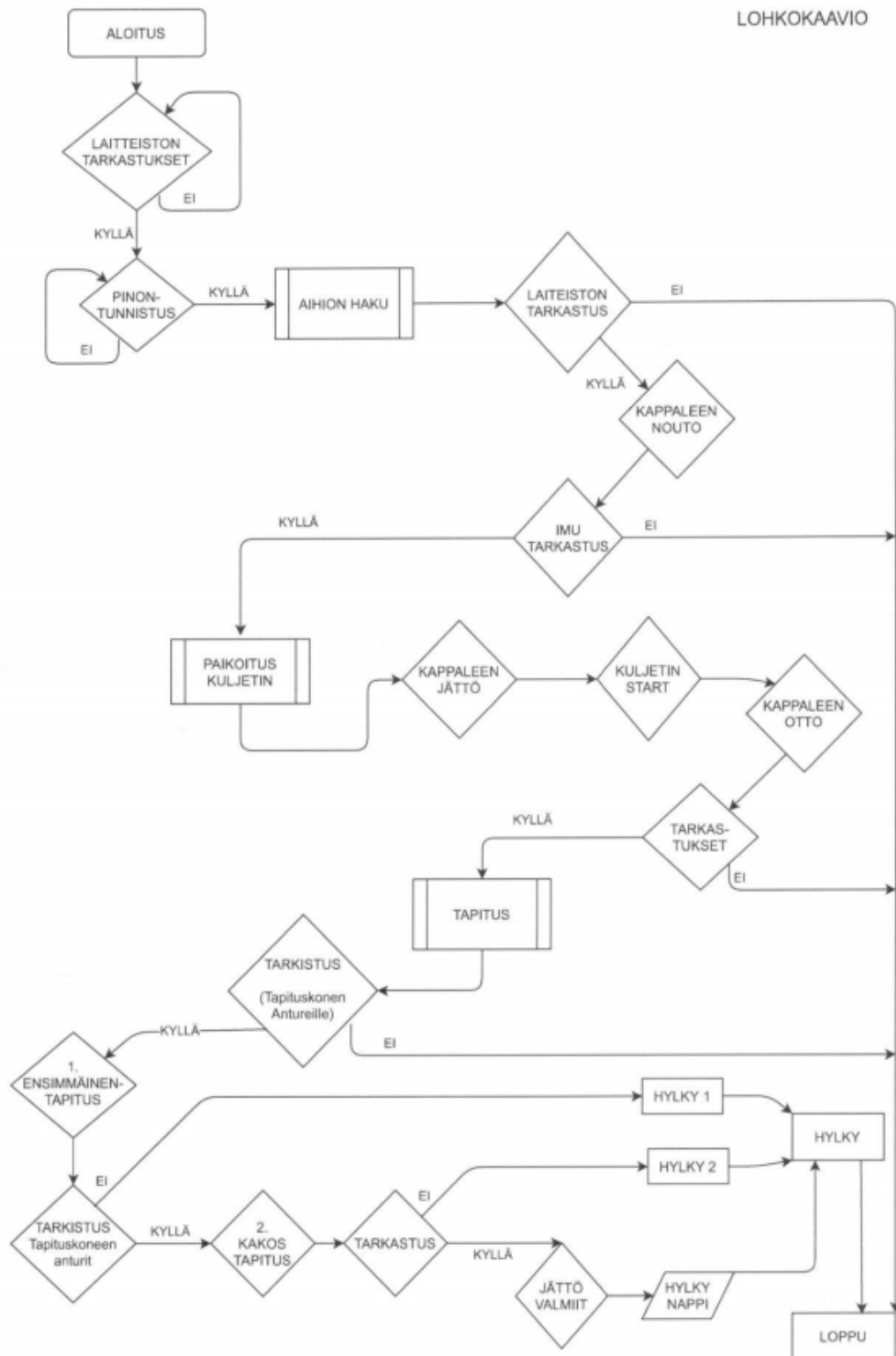
robotille luomaan kunnollista harjoitusohjelmaa. Tämän jälkeen, kun olimme saaneet harjoitus ohjelman toimimaan harjoituskappaleilla, aloimme muokkaamaan ensimmäiseksi työnalle valitulle levyille ohjelmaa. Ohjelmoinnissa pitää olla tarkkana, että kaikki mahdolliset häiriötilanteet ja robottisolun tarkistukset tulevat tehtyä ohjelman edetessä säännöksiensä mukaisesti. Tässä yhteydessä huomasimme myös, että soluun kannattaa laatia kuvan 21 mukainen lohkokaavio robotin toiminnan ja mahdollisten hälytystilanteiden selkeyttämiseksi, robotinkäyttäjälle ja operaattorille.

Pohdimme myös, mistä kannattaa alkaa paikoittamaan lavalla olevia levyjä. Olisiko se lavan keskeltä vaiko lavan kulmasta, josta voisimme luoda lavalle patteri ohjelmoinnin. Patteriohjelmointi pitää aloittaa miettimällä montako kappaletta lavalla on X- suunnassa eli pidemmässä pituussuunnassa ja montako kappaletta lavalla on Y -suunnassa eli lyhemmässä leveysuunnassa. Kappaleita lavalla voisi olla yhdessä kerroksessa X -suunnassa 4kpl ja Y -suunnassa 3kpl, jolloin kerroksessa olisi yhteensä 12kpl.

Tämän jälkeen mietimme, miten ohjelmoisimme robotin työkierron ohjauksen. Pitäisikö robotilla olla mahdollisuus asettaa tapitettavaksi levymääräksi esim. 1000 kpl, kun laskuri saavuttaisi tämän arvon, niin roboti tietäisi lopettaa. Vai laittaisimmeko ohjauksen niin, että robotille syötettäisiin vain X-määrä lavojen sisältämiä levyjä ja kun halutut lavat olisi ajettu tyhjiksi, niin robotin ohjelmanajo käskyttäisiin lopetettavaksi. Kummassakin tapauksessa robotin näytölle saadaan näkymään laskuri, joka kertoo montako kappaletta on robotilla tapitettu. Päädyimme ohjelmoimaan ohjelmaan tarpeellisen levymäärän, emmekä katsoneet tarpeelliseksi asettaa mitään erityistä kappalemäärää ohjelman päättämiseksi, vaan roboti tunnistaa laskemalla, koska lava on tyhjä ja näin operaattori voi vaihtaa lavan tai lavat.

Paikoituspisteen valinta osoittautui lopulta varsin haastavaksi. Haastavaksi sen teki erimittaiset tuotteet ja pitkillä levyillä kulmapaikannus ei onnistunut ilman, että levyt olisivat olleet lavalla kulmasta ladottuna, kun taas lyhyillä levyillä poiminta ohjelmointi olisi ollut helpompaa lavan kulmasta paikoitettuna. Päädyimme kuitenkin asettamaan nollapisteen lavan kulmaan, josta ohjelmoimalla saadaan aina poimittua lavalla olevat levyt. Levypinon korkeuden tunnistus tapahtuu robotilla aina kuitenkin lavan keskeltä, josta johtuen levyjen tulee olla aseteltuna niin, että ne ovat lavan

keskellä. Ensimmäinen ohjelma luotiin robotille Ulvilassa Ferobilla, jota saatiin koe ajettua demosolussa.



Kuva 21: Robotin mukaan laadittu työkierron ohjeistus lohkokaavio

5.3 Asentaminen ja käyttöönotto

Ohjelmointi harjoitusten ja solun toiminnan varmistumisen jälkeen alkoi solun purku ja siirto lopulliseen kohteeseensa, Niemen tehtaalle Sastamalan Vammalaan. Kuljetuksen jälkeen, Ferob Oy:n asentajat alkoivat solun kasaamisen seuraavana työpäivänä tapituskoneen käyttöön. Kasauksessa soluun asennetaan kaikki tarpeelliset apuvälineet ja turva-aidat. Tapituskoneen ohjaus liitetään automaattisesti tietoväyliä apuna käyttäen robotin käytettäväksi. Kun solu on toimintakunnossa ja robotti ajettavissa turvallisesti, pääsee operaattori muokkaamaan robotille valmiiksi Ferobilla Ulvilassa luotua ohjelmaa, ensimmäiseksi työnalle tulevalle levyille.

Solun toimintaan saattamiseksi kului enemmän aikaa, kuin alustavasti oli suunniteltu, tästä johtuen opinnäytetyö päättyy solun toimintaan saattamiseksi Ferobilla Ulvilassa, jossa se on toiminut käyttökelpoisesti. Solun valmistumisaikataulu kasauksen, testauksen ja mahdollisista muista viivytyksistä johtuen on noin kaksiviikkoa opinnäytetyön päättymisen jälkeen.

Solun / solujen asennus on yksi vaarallisimpia työvaiheita, varsinkin suurilla koneilla. Asennuspaikalla on usein paljon ihmisiä ja työt ovat eri vaiheissa. Tapaturmien välttämiseksi on asennusvaiheen turvallisuutta, myös mietittävä. Isoissa laitoksissa on huolehdittava turvallisten kulkuväylien, tasojen ja portaiden olemassaolosta solun asennus vaiheen alkaessa. Asennus- ja käyttöönottovaiheissa on historiassa sattunut vakavia tapaturmia, joita ovat aiheuttaneet, puutteellisesti suojatut ja yllättävät koneen käynnistymiset. Tulevien huoltojen ja korjausten tarve on otettava myös huomioon työtasoissa, valaistuksessa ja muussa koneen ympäristössä. Koneiden on oltava turvallisia ja vakaita myös, huoltojen ja korjausten yhteydessä, jolloin koneista mahdollisesti joudutaan irrottamaan osia. Myös vikojen etsimisen yhteydessä saattaa tapahtua tapaturmia, siksi koneturvallisuusasetuksen mukaan, kone pitää varustaa erityisellä vikadiagnostiikalla tai liitäntämahdollisuudella siihen. (Siirilä 2008, 335,336.)

Asennusvirheiden minimoimiseksi voidaan koneen suunnitteluvaiheessa osien muotoilulla ja suunnittelulla varmistaa, että osat voidaan kiinnittää koneeseen, miten päin tahansa tai vain yhdellä tavalla. Oikean tyyppinen asentaminen on myös pyrittävä

varmistamaan selkeitä merkintöjä ja ohjeita apuna käyttäen. Mekaanisten osien oikean asennuksen ja liikesuunnan lisäksi on varmistettava irrotettavien neste, ilma tai kaasuletkujen, sekä sähkö- ja tiedonsiirtokaapeleiden oikea liittäminen suunniteltujen ja rakenneratkaisujen avulla. Liitoskappaleiden suositellaan olevan erilaisia, että vain oikeiden liitosten ja kytkentöjen tekeminen niillä on mahdollista. (Siirilä 2008, 337.)

6 TURVALLISUUS

6.1 Turvalaitteet

Robottisolun liittyy usein erilaisia turvallisuusriskejä, joita pyritään minimoimaan erilaisilla turvalaitteilla. Tämän robottisolun turvalaitteiden valinta ja suunnittelu toteutetaan standardien SFS-EN ISO 13857:2019 / Koneturvallisuus ja SFS-EN ISO 13855 / Koneturvallisuus määräysten mukaisesti.

Layoutia suunnitellessa on huomioitava myös hyvä näkyvyys kulkuaukkojen, turvakytkimien ja ohjausyksikön, sekä vaara-alueiden välillä. Robotin kuittauksen ja automaattisen kierron käynnistyksen tulee tapahtua vaara-alueen ulkopuolelta. Työkalujen ja työkappaleiden vaihtuessa alueiden rajat voivat muuttua ja se on huomioitava myös, layoutia suunniteltaessa. Monimutkaisissa automaatiojärjestelmissä ovat suunnitteluvirheet nousseet keskeisiksi vaaranlähteiksi. Kun turvallisuus on yhä enemmän yhdistetty monimutkaisen järjestelmän eri toimintoihin, ei perinteisellä tavalla enää voida tarkistaa, onko riittävä turvallisuus saatu aikaan. Pienilläkin ohjelmistojen täydennyksillä voidaan usein moninkertaistaa haluttujen toimintojen luotettavuutta. (Heinonkoski, Asp & Hyppönen 2008, 163.)

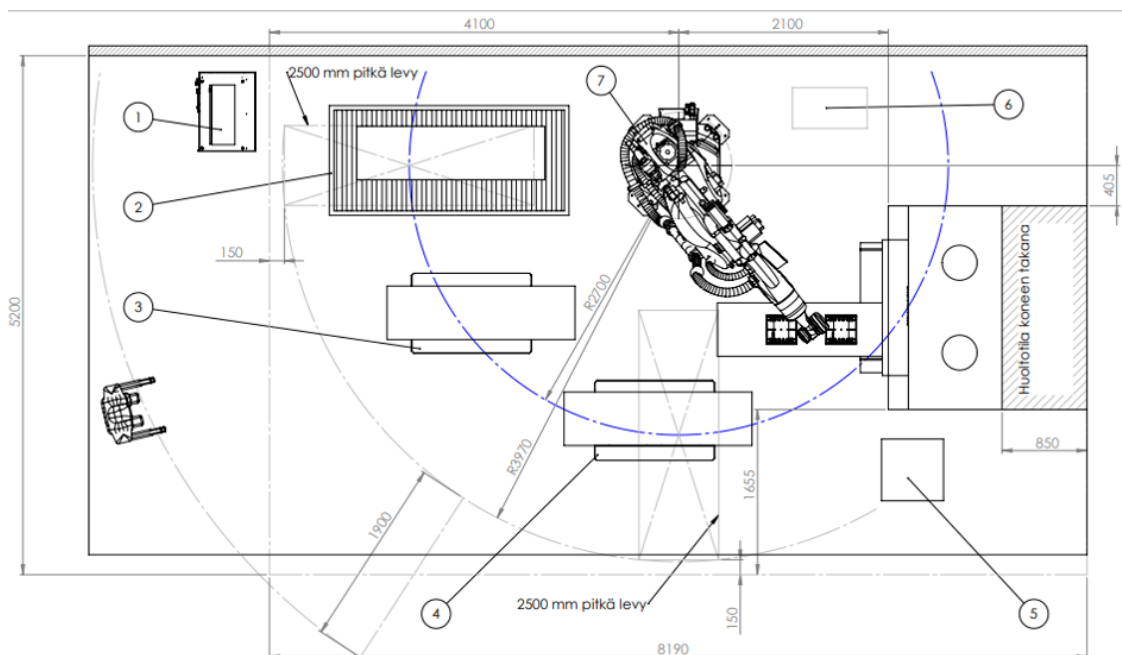
6.2 Suoja-aidat

Verkkosuoja-aita on yleinen ratkaisu sen edullisen hinnan ja helpon suunnittelun vuoksi. Tässä projektissa käytämme robotti toimituksen mukana tulleita verkkoaitoja, sekä kulku ovia. Toimitetuista turva-aidoista tehtaalle työn alkuvaiheessa kuva 24. Suojaseinien asettelu pyrittiin saamaan mahdollisimman oikealle paikalle jo suunnittelun alkuvaiheessa, roboteille tehtiin myös alustava solun sijoittelu Ferobin hallitiloihin Ulvilaan. Solun sijoitusta päästiin toteuttamaan piirtämällä layout mittakuva Solid Works -ohjelmaa käyttäen Ferobilla. Tämän avulla päästiin mitoittamaan tilantarve, jota robottisolu turva-aitoineen tarvitsee, kun kaikki apuvälineet robotille on solussa tapituskoneen kanssa mukana.

Ottaen huomioon turvastandardit, saimme määritettyä tarvittavat turvaetäisyydet tapitussoluun. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Standardien sääntöjen mukaan turvaetäisyys robotin vaara-alueella, minne isoin mahdollinen levy robotin tarttujassa yltää, on tämän pisteen ja verkko aidan välillä oltava vähintään 120 mm tyhjää tilaa. Layoutkuvaan ja suunnitelmaan merkitään 150 mm.

Käytettäessä turvalopuomeja (3-sädettä) saadaan laskettua vaadituksi turvaetäisyydeksi noin 1900 mm solun sisään käyntiin. Tämä etäisyys pitää jäädä avoimen kulkuaukon säteiden ja isoimman mahdollisen robotti solussa käsiteltävän levyn väliin.

Isoimman mahdollisen levyn ulottuma on merkitty kuvaan 22 tekstin alapuolella $R=3970$ mm kuva selventää myös, mikä on turvastandardien vaatiman sääntöjen mukainen turvaetäisyys, kun määrätyille sivuille laitetaan verkkoaitaa ja ovia.



Kuva 22: Robottisolun turva-aita mitoitus Solid Works ohjelman pohjakuva.

Aluksi tärkein asia oli sopia, miltä sivulta halutaan robottisoluun kulku. Asiaa tarkasteltuaamme, huomasimme pitkän ja kapean tilan kannalta, että on parasta laittaa verkkoaitaa layout-kuvan alisivulle ja jättää kulkuaukko vasempaan sivuun. Sisäänkäyntiin päädyimme vaihtamaan laser puomien sijasta leveään liukuoven, pienimmän lattiatilan kuluttamiseksi robottiaseman tarpeisiin. Kulkuaukon kokoon ja sijoitteluun vaikutti lavapaikkojen sijoittelu, jotta aukosta pääsee pumppukärryillä kulkemaan, tuomaan ja poistamaan lavat mahdollisimman vaivattomasti. Layoutin piirtäminen selventää minimi tilantarvetta. Soluun tuleva liukuovi löytyikin robotin mukana tulleista turvallisuuslaitteista ja aidoista. Kuvassa 23 on havainnoitu millaiset turva-aidat tulisivat olemaan tapitussolussa.



Kuva 23: Turva-aidan havainnollistamista ja aitojen mitoitus suunnittelu vaiheessa.

6.3 Häätöäyttimet

Robottisolu vaatii standardin SFS-EN ISO 13850 (2015) vaatimukset täyttävän häätöäyttimen. Standardi luettelee muutamia häätöäyttimen tärkeimmistä ominaisuuksista:

- Häätöäyttimen pitää olla aina toimintavalmiina koneen tilasta riippumatta.
- Häätöäyttimen pitää katkaista robotilta käyttöenergia luotettavasti välittömästi tai heti pysähtymisen jälkeen.
- Häätöäytyskäsky ei saa aiheuttaa uusia vaaroja eikä se saa vähentää turvatoimintojen tehokkuutta.
- Häätöäytyskäsky on ensisijainen kaikkiin muihin käskyihin nähden.
- Häätöäytyskäskyn vapauttaminen ei saa käynnistää mitään robotin osaa.
- Hallintaelimen on lukittauduttava samalla, kun häätöäyttimen koskettimet avautuvat, eikä lukkiutuminen saa olla mahdollista koskettimen avautumatta.

- Hätäpysäyttimen hallintaelimen tulee olla väriltään punainen ja taustan mikäli mahdollista, keltainen.
- Köysihätäpysäytintä käytettäessä köyden irtoamisen tai katkeamisen tulee aiheuttaa automaattisesti hätäpysäytys.
- Jokaisella koneen ohjauspaikalla on oltava hätäpysäytin (SFS-EN 60204-19)
- Hätäpysäyttimen kuittaus pitää tehdä vaara-alueen ulkopuolelta. (Kuivanen 1999, 171.)

Tämän solun hätäpysäyttimet löytyvät robotin ohjauskaapista liukuoven vierestä, suoja-aidasta pienemmän kulkuoven vierestä ja käsiohjaimesta. Pysäytyskäsä voidaan kuitata robotin ohjauskaapilta ja pikku oven vierestä, sekä käsiohjaimesta. Kaikilta kuittauspainikkeilta on hyvä näköyhteys robotille ja ne sijaitsevat vaara-alueen ulkopuolella. Kuvissa 24 ja 25 on esitelty solussa olevia hätäseis-painikkeita.



Kuva 24: Solussa olevia hätäseis-painikkeita.



Kuva 25: Yleinen hätäseis-painike.

6.4 Mahdollisia solussa tapahtuvia riskejä

Levyn jostain syystä irrotessa kesken siirron tarttujasta, robotin olisi hyvä pysähtyä välittömästi. Tarttujaan olisi voitu suunnitella lisävarusteena alipaineen häviämisen tunnistimen ja solun sisäpuolelle olisi voinut asentaa turvamattoja. Nämä turvavälineet olisivat välittäneet ohjausyksikölle tiedon, kun niiden päälle astutaan tai jos levy putoaa niiden päälle. Turvamattojen aktivointi toteutetaan yleensä pneumaattisesti tai sähkömekaanisesti. Pneumaattinen turvamatto tunnistaa kasvavan paineen paineanturin kautta. Sähkömekaanisesti toteutetut turvamatot ovat pneumaattisia yleisempiä. Sähköllä aktivoituva turvamatto koostuu sähköpiiristä, joka aukeaa tai sulkeutuu riittävän kosketuspaineen alla. Näitä varusteita tähän soluun ei asennettu. Tapitussoluun asennetaan valomajakka ilmoittamaan robotin tilasta, sekä lisäksi varoituskylttejä muistuttamaan varovaisuuden noudattamisesta robottisolun läheisyydessä.

Robottisolu rajataan fyysisesti suoja-aidoilla. Erilaisia suoja-aitoja on markkinoilla paljon. Kaikkien robottisolun kulkuaukkojen tulee olla valvottuja. Kulkuoviin asennettiin anturit, jotka välittävät robotille tiedon ovien asennosta. Ovet ovat lähellä robotin vaara-aluetta, joten niihin asennetaan elektroninen suojalukko. Suojalukko estää oven avaamisen ennen robotin pysähtymistä.

Tapituskoneessa on anturit, jotka saavat tiedon levystä, kun se on paikallaan tapitusta varten, jos tapituskone ei saa tässä tapauksessa tietoa levyn paikoituksesta, menee robotti häiriötilaan. Kuvassa 26 on esitettyä häiriötila tapituskoneen ruudulla. Samoin toimii myös keskityspöydässä olevat tunnistimet, jos levy on keskitykseen tullessaan tippunut matkalla, solu menee häiriötilaan, koska ei pysty tunnistamaan levyä. Operaattori voi myös havaita viallisen levyn solun ulkopuolelta ja kuitata ohjauskeskuksesta robotin häiriötilan i: on näyttöpaneelistä löytyvästä painikkeesta. Tämän seurauksena robotti siirtää levyn häiriökappaleille varattuun paikkaan ja asettaa solun häiriötilaan. Tämän seurauksena robotti pysähtyy odottamaan kuittausta. Operaattori purkaa keskeytyksen viemällä rikkoutuneen levyn pois solu alueelta ja kuittaa tämän jälkeen solun jälleen robotin käyttöön.



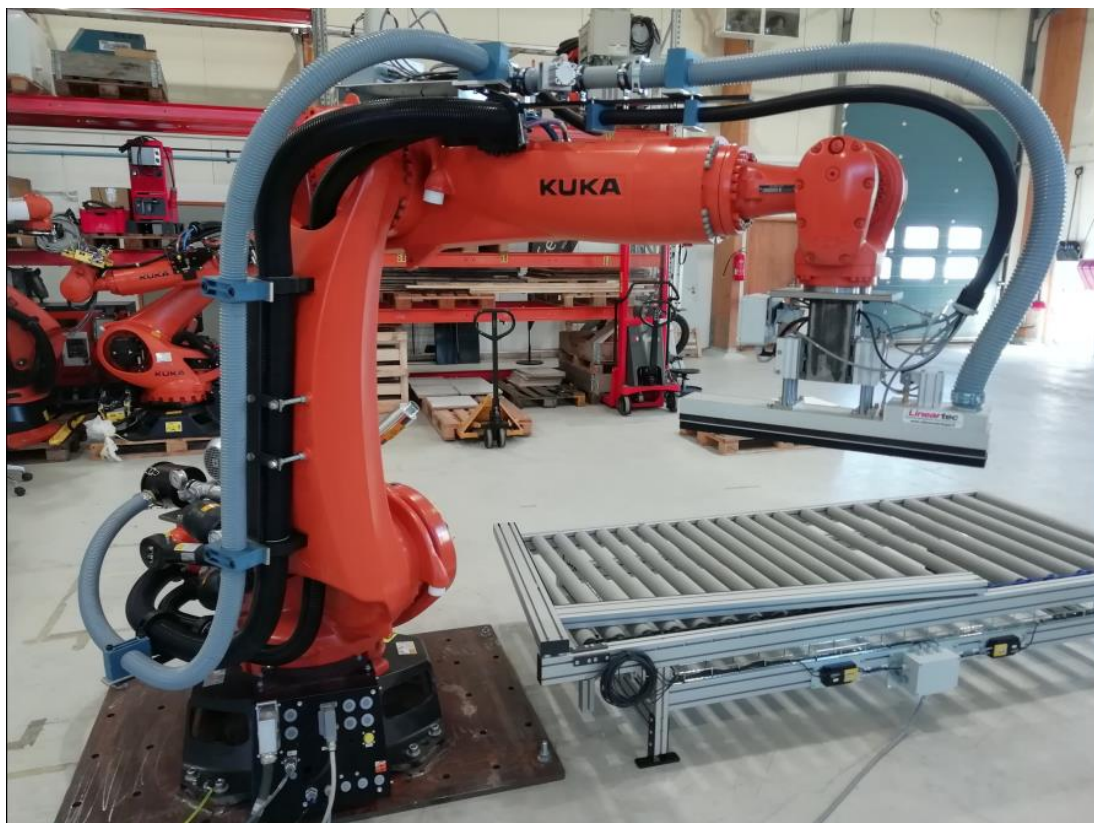
Kuva 26: Kuvassa Koch-tapituskoneen ilmoittamasta häiriöstä ja ohjausvirrankäynnistys kytkimistä

Tapituskoneeseen tulevia häiriöitä voivat olla myös poran katkeaminen ja tapitustyön epäonnistuminen tapituskoneessa, jolloin tapituskoneen ohjausvirta katkeaa ja varmistus tunkit koneessa aukeavat. Tämän seurauksena tapituskone menee vika tai hätäseis tilaan. Tämän tiedon viemiseksi robotille on asetettu myös tietoväylä, joka pysäyttää robotin toiminnan ja asettaa solun häiriötilaan.

7 YHTEENVETO JA POHDINTAA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa tapitussolu huonekalutehtaaseen. Työ haluttiin toteuttaa automatisoimalla tehdasta ja siirtää tuotantolinjan käsityötä robotille tehtäväksi. Automatisoinnin avulla tuotantoa saadaan nopeutettua ja työtä kevennettyä operaattorilta. Työn tuli sisältää tapitussolun käyttöönotto ja toiminta Ferob Oy:n tiloissa Ulvilassa. Kuva 27 on otettu viimeisen testauksen jälkeen valmiista robotista. Käyttöönoton saimme tehtyä aikataulusta noin kolmisen kuukautta

myöhässä, johtuen projektissa olleista haasteista. Tarttujan suunnitteluun meni myös yllättävän paljon aikaa, vaikkakin se on robotin tärkein osa solun toimivuuden kannalta. Projekti saatiin kuitenkin tehtyä valmiiksi, vaikka aikataulusta oltiin myöhässä.



Kuva 27: Robotti toimituskunnossa Ferobilla Ulvilassa.

Aikaisempi kokemukseni ja osaamiseni roboteista oli koulussa robotiikanperusteet ja konenäkökurssilta opitut asiat, mistä johtuen opinnäytetyön tekeminen vaati paljon tiedonhakua ja itsenäistä opiskelua. Projektin laajuus ei ollut alussa minulle kokonaisuudessaan tiedossa, sen sisältö ja opinnäytetyöhön kuuluva osuus muuttui projektin edetessä, tarttujan ja ployout kuvan laadinnasta koko tapitussolun luomiseen.

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena valmistunutta ohjelmaa voidaan soveltaa Niemen tehtaiden muihinkin tuleviin Kuka-robottikäyttöisiin soluihin valmiina ohjelmajohdanna, joka helpottaa uusien solujen käynnistymistä. Operaattori voi myös tätä pohjaa hyödyntää tapitussolussa luomalla tämän ohjelman pohjalta uusia versioita.

LÄHTEET

Ferob. 2020. verkkodokumentti. viitattu 21.12.2020. <https://www.ferob.fi/yritys/>

Greenlane. 2020. verkkodokumentti. viitattu 19.10.2020.
<https://www.greelane.com/fi/humanistiset-tieteet/historia-ja-kulttuuri/definition-of-a-robot-1992364/>

Heinonkoski, R., Asp, R. & Hyppönen, H. 2008. Automaatio-helppoa elämää?
Helsinki: Opetushallitus.

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa: Tummavuoden Kirjapaino Oy.

KUKA. 2020. verkkodokumentti. viitattu 16.9.2020. <https://www.kuka.com/en-se/about-kuka/history>

Niemen tehtaat Oy. 2020. verkkodokumentti. viitattu 7.9.2020.
<https://www.byniemi.fi/niemen-tehtaat/>

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Suomen Standardoimisliitto. SFS-ISO 983. Koneturvallisuus hydraulisten ja pneumaattisten järjestelmien turvallisuusvaatimukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto ry.

LITTEET