

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2022

Joonas Virtanen

KONEISTETTUJEN
TUOTTEIDEN
PESUNJÄLKEISEN
KUIVAUKSEN
AUTOMATISOINTI



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 67 sivua

Joonas Virtanen

Koneistettujen tuotteiden pesunjälkeisen kuivauksen automatisointi

Eskomatic Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli automatisoida koneistettujen tuotteiden pesunjälkeisen kuivaus sen jälkeen, kun ne ovat pesty erillisessä teollisuuspesukoneessa.

Työ aloitettiin kattavalla nykytilan kartoituksella, jonka tavoitteena oli perehtyä siihen, että miten nykyinen pesu ja kuivaus prosessi toimii ja mitä kaikkea siihen sisältyy. Työssä suunniteltiin ja toteutettiin automaatio ratkaisu, jossa pesukorit kappaleineen on tarkoitus mahdollisimman automatisoidusti kuivata yhteistyörobotin avulla. Opinnäytetyössä tarkasteltiin ja pyrittiin kehittämään työergonomiaa muun muassa melun suhteen.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua ja asennettua toimiva automaatioratkaaisu, joka auttaa varsinkin siinä tilanteessa, kun pestävää ja kuivattavaa on paljon. Automaatioratkaisun avulla myös vapautetaan työntekijä itse puhallus prosessista, jolloin aikaa jää enemmän esimerkiksi pakkaus tehtäviin. Suunniteltu automaatioratkaaisu edistää työergonomiaa varsinkin melun suhteen ja myös poistaa hankalat asennot käsin puhaltaessa.

Asiasanat:

Yhteistyörobotiikka, suunnittelu, automatisointi, paineilma

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 69 pages

Joonas Virtanen

Automating the drying process of machined components

Eskomatic Oy

The aim of the thesis was to automate the drying process of machined components, after they have been washed in a separate industrial washing machine.

The thesis work began with a comprehensive survey of the current situation, the aim of which was to get acquainted with how the washing and drying process currently works and what it all involves. In the thesis, an automation solution was designed and implemented in which the washing baskets and the pieces it contains are to be dried as automatically as possible with the help of a collaborative robot. The thesis also examined and aimed to improve work ergonomics with regard to, among other things, noise pollution.

As the result of this thesis, an automation solution was designed and installed, which helps accelerate the washing and drying processes especially when there are many parts to be washed. The automation solution also frees up the employee from the drying process, allowing for more time, for example, packing tasks. The planned automation solution improves work ergonomics, especially with regard to, noise pollution and it also removes the awkward positions when drying manually.

Keywords:

Collaborative robotics, designing, automation, compressed air

Sisältö

1 Johdanto	8
1.1 Työn esittely	8
1.2 Eskomatic Oy	8
2 Layout-suunnittelu ja lean robotiikassa	10
2.1 Layout-suunnittelu	10
2.1.1 Tuotantolinja-layout	10
2.1.2 Funktionaalinen-layout	11
2.1.3 Solulayout	12
2.1.4 Layoutin valinta ja suunnittelu	13
2.1.5 Layoutsuunnittelun tavoitteet	16
2.2 Lean periaatteen hyödyntäminen robotiikassa	16
2.3 Robottisovellusten layout	19
3 Robotiikka	21
3.1 Robotiikan historia	21
3.1.1 Robottien voimanlähteet	24
3.1.2 Robotiikka ja sen kasvu suomessa	26
3.2 Yhteistyörobotiikka ja sen turvallisuus	29
4 Nykytilan kartoitus	31
4.1 Robotiikka ja sen sovellus kohteet yrityksessä	31
4.2 Automatisoinnin kohde	32
4.3 Tila	35
4.4 Kohteen työergonomian tarkastelu	36
4.4.1 Melu	36
4.4.2 Nostotyöt	38
5 Puhallusalustan suunnittelu	40
5.1 Suunnitteluprosessi	40

5.1.1	Automatisointiratkaisu johdehissillä	42
5.1.2	Automaattioratkaisu ilman johdehissiä	43
5.2	Puhallusrakennelman layout	44
5.3	Pääkomponenttien esittely	45
5.4	Työssä käytetyt 3D-tulosteet	48
6	Robotin ja puhallusalustan käyttöönotto	52
6.1	Robotin työkalu	53
6.2	Työssä käytetyt lisälaitteet	53
6.3	Robotin ohjelmointi	56
6.4	Alustan ja robotin asennus ja käyttöönotto	58
6.5	Sylintereiden asennus	59
7	Tulokset	61
7.1	Puhallusrakennelman toimivuus	61
7.2	Lean:in hyväksikäyttäminen	63
8	Yhteenveto ja pohdinta	64
	Lähteet	66

Kuvat

Kuva 2.	Tuotantolinja-layout (Haverila ym. 2009, 476).	11
Kuva 3.	Funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2009, 477).	12
Kuva 4.	Solulayout (Haverila ym. 2009, 478).	13
Kuva 5.	Tuotemäärä-analyysi (Haverila ym. 2009, 479).	14
Kuva 6.	Hyötyarvomatriisi (Haverila ym. 2009, 481).	15
Kuva 7.	Lean-robotiikan metodologiat. (Leanrobotics.org).	17
Kuva 8.	Seward Babbit:in patentti Gantry-tyyppiselle systeemille. (Cyberneticzoo.com).	21
Kuva 9.	Vuonna 1941 julkaistu patentti maalausrobotista. (Cyberneticzoo.com).	22
Kuva 10.	Planetbot hydraulinen robotti vuonna 1957. (cyberneticzoo.com).	23

Kuva 11. Vuonna 1973 julkaistu Cincinnati Milacron T3 robotti. (Researchgate.net).	24
Kuva 12. Robottien asennus maailmalla eri toimialoilla (IFR.org.)	26
Kuva 13. Robottitiheys teollisuudessa maittain 2020. (IFR.org)	27
Kuva 14. Yhteistyörobottien myynti eri aloilla (Interact Analysis 2021).	28
Kuva 15. Yhteistyörobottien käyttötarkoitukset (Interact Analysis 2021).	28
Kuva 16. KUKA yhteistyörobotti (Kuka.com).	29
Kuva 17. Yrityksessä käytössä oleva yhteistyörobotti, joka panostaa työstökoneita.	31
Kuva 18. Yrityksessä käytössä oleva robottisolu, joka panostaa CNC-sorvia.	32
Kuva 19. Käytössä oleva teollisuuspesukone.	33
Kuva 20. Kolme erityyppistä pesukoria.	34
Kuva 21. Pestäviä kappaleita.	35
Kuva 22. Käsintehty alustava skitsaus layoutista.	40
Kuva 23. Ensimmäinen versio johteettomasta mallista.	41
Kuva 24. Johdehissin 3D-malli	42
Kuva 25. Johdehissillinen automaattioratkaisun layout.	43
Kuva 26. Työpaikan viimeinen 3D-malli layoutista	44
Kuva 27. Layout teollisuuspesukoneen ja varastohyllykön välissä.	45
Kuva 28. Rullarata, jossa valumapelti.	46
Kuva 29. Puhallusratkaisun alusrakenne	47
Kuva 30. Puhallusalusta, jonka päällä pesukorit puhalletaan.	47
Kuva 31. Suojarakenteen 3D-malli	48
Kuva 32. Työkalu robotissa kiinni.	49
Kuva 33. Käyttöliittymä ja hätäseis suojalaatikot.	49
Kuva 34. Suojarakenteen ovi sisäpuolelta.	50
Kuva 35. Puhallusalustan putkituet	51
Kuva 36. Paineilmaputken 3D-tulostetut tuet robotin rungossa.	51
Kuva 37. Robotti testipenkissä.	52
Kuva 38. 3D-tulostettu robotin työkalu ja sen jatke.	53
Kuva 39. Työssä käytetty paineilmasyylinteri.	54
Kuva 40. Männänvarretoman sylinterin 3D-malli	54

Kuva 41. 5/2, 2/2 ja 5/3 venttiilit	55
Kuva 42. Paineensäädin ja vastusvastaventtiili	55
Kuva 43. Työssä käytetty kanavapuhallin.	56
Kuva 44. Käyttöliittymä asennettuna paikoilleen.	58
Kuva 45. Oven sylinteri sisältä katsottuna.	59
Kuva 46. Männänvarreton sylinteri asennettuna.	60
Kuva 47. Valmis puhallusrakennelma asennettuna	62

Taulukot

Taulukko 1. Toiminta- ja raja-arvot (Työsuojeluhallinto 2021).	37
Taulukko 2. Melun keston vaikutus meluallitukseen (Työsuojeluhallinto 2021).	38

1 Johdanto

1.1 Työn esittely

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli automatisoida koneistettujen kappaleiden kuivaus pesun jälkeen. Työssä käytetään Universal Robots yhteistyörobotia hyväksi kappaleiden puhaltamisessa. Työssä myös suunnitellaan, jokin automaattioratkaisu, jossa pesukorit kappaleineen puhallettaisiin.

Työssä tarkastellaan myös hieman työergonomiaa melun ja nostojen suhteen. Melu, joka aiheutuu paineilmasta, on tällä hetkellä yrityksessä isoin työergonomia haitta, joten sitä pyritään vähentämään.

Tällä hetkellä kappaleet kuivataan koreissa pesukoneen vetopöydällä, jolloin pesukonetta ei voida käyttää. Työn tavoitteena on nopeuttaa ja helpottaa tätä pesu- ja kuivausprosessia. Työssä pyritään edistämään työntekijän työergonomiaa ja vapauttaa työntekijä kuivausprosessin ajaksi muihin tehtäviin.

Työ aloitetaan kattavalla nykytilan kartoituksella, jonka tavoitteena on perehtyä muun muassa tämänhetkiseen työkuvaan sekä erilaisiin pestäviin kappaleisiin ja miettiä miten nämä seikat vaikuttavat tulevaan työhön. seuraavana vaiheena on tehdä suunnitelmat valmiiksi ja viimeisenä vaiheena on itse työn toteutus, kuten robotin käyttöönotto sekä kaikkien komponenttien kokoaminen ja asennus.

1.2 Eskomatic Oy

Eskomatic Oy on turkulainen konepaja, joka perustettiin vuonna 1976. Yritys koostuu noin 70 henkilöstä ja yrityksen liikevaihto oli 9 miljoonaa euroa vuonna 2020. Eskomatic on alihankintaan erikoistunut konepaja, jonka asiakaskunta koostuu muun muassa Laitevalmistajien, metalli-, hydraulikka-, lääketiede-, laboratorio-, biotekniikka-, ase- ja elektroniikka-alojen yrityksistä. Yrityksessä on

myös varastointi ja kokoonpano, jossa tarpeen mukaan kokoonpannaan yrityksen valmistamia komponentteja ja pakataan valmiiksi asiakkaalle.

Yrityksen tiloja laajennettiin vuonna 2019, jolloin tuotantotilaa lisääntyi 800m². Tämänhetkinen konekanta koostuu pitkäsorveista, monitoimisorveista, koneistuskeskuksista, 2:sta teollisuusrobotista, 3:sta yhteistyörobotista, automaattisahasta, koordinaatti- ja videomittauslaitteesta sekä teollisuuspesukoneesta.

2 Layout-suunnittelu ja lean robotiikassa

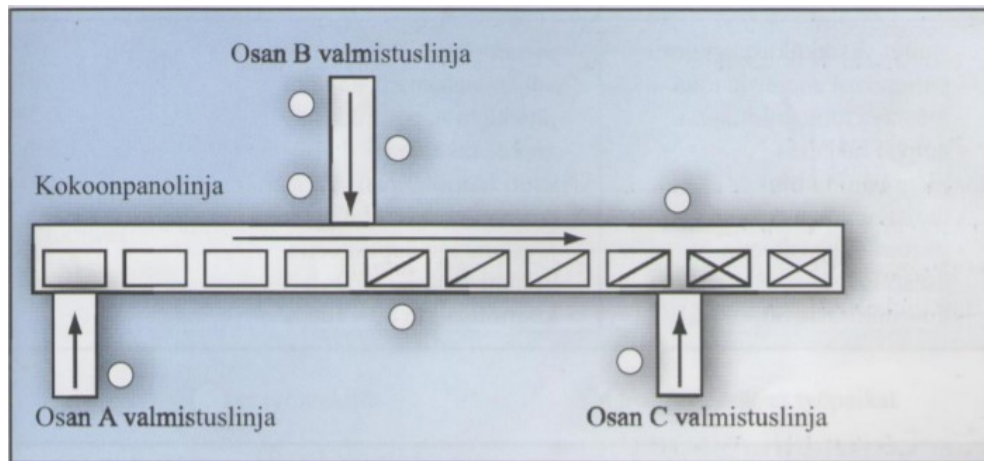
2.1 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelulla tarkoitetaan tuotantojärjestelmän fyysisten komponenttien, kuten koneiden ja laitteiden sekä myös varastoinnin ja kulkureittien sijoittelua tehtaan sisällä. Layoutit voidaan jakaa kolmeen eri päätyyppiin: tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout ja solulayout. (Haverila ym. 2009, 475.)

2.1.1 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinja-layout on perinteisesti suunniteltu yhden tuotteen valmistukseen, joka valmistetaan eri työvaiheissa. Tuotantolinjassa voi olla monia eri koneita ja vaiheita, joissa tuotteeseen tehdään jotain uutta. Jotta tuotantolinja-layout olisi järkevää tarvitaan tuotteelta suuri volyymi ja korkea kuormitusaste. Suuren volyymin ansiosta tuotteen yksikköhinta on alhainen. Tuotantolinjoissa on usein asetusajat pitkiä, joten tuote tyyppien vaihtelu pyritään minimoimaan.

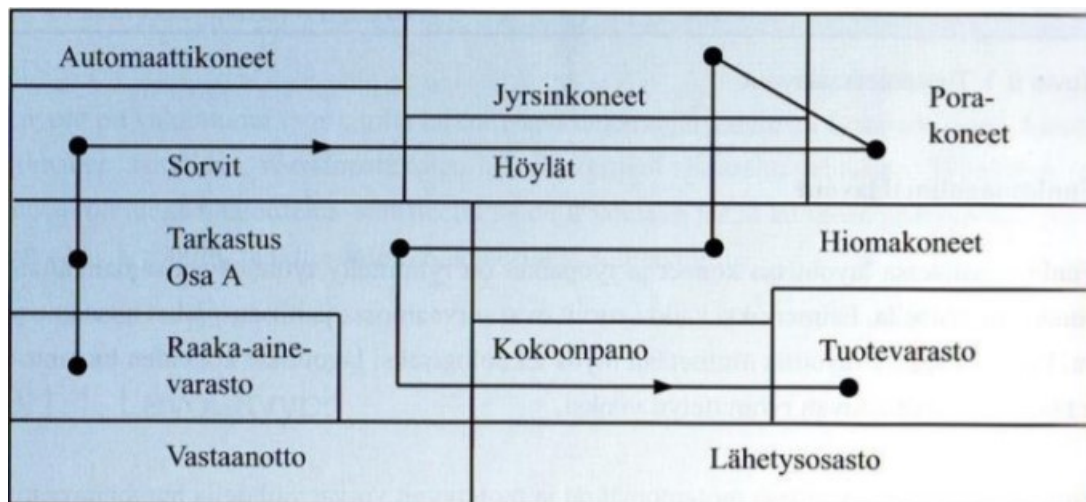
Tuotantolinjan yksi huonoista puolista on sen häiriönsietokyky. Esimerkiksi, jos tuotantolinjan alkupäässä olevaan koneeseen tulee jokin vika, jolloin se voi tuottaa virheellisiä tuotteita merkittävästi ennen kuin se huomataan seuraavissa pisteissä. Tuotantolinjat ovat myös usein hyvin automatisoituja, jolloin häiriönsietokyky laskee. Tuotantolinjan laadunvalvonta on erityisen tärkeää, jotta virheet pystyttäisiin mahdollisimman nopeasti havaitsemaan. (Haverila ym. 2009, 475–476.)



Kuva 1. Tuotantolinja-layout (Haverila ym. 2009, 476).

2.1.2 Funktionaalinen-layout

Funktionaalisisessa layoutissa koneet ja työpisteet on jaoteltu työtehtävän samankaltaisuuden näkökannalta, kuten lastuavat koneet omassa nurkkauksessa ja hitsaamo ja kokoonpano erillään. Funktionaalisisessa layoutissa useimmiten tuotantomäärä ja tuotetyypit vaihtelevat paljon. Tuotteiden tuotantomäärä vaihtelevuuden takia materiaalikäsittelyn automatisointi on hankalaa. Funktionaalisisessa layoutissa tuotannonohjaus on hankalampaa muihin layout tyyppeihin vertailtaessa, koska se perustuu eri koneille jonottavien töiden järjestelyyn ja siksi töiden oikea-aikainen ohjaus työvaiheesta toiseen on hankalaa. Yksittäinen tuote voi käydä samalla työpisteellä useamman kerran sen valmistuksen aikana, jolloin työpisteiden etäisyyksistä voi muodostua uusia kustannuksia. (Haverila ym. 2009, 476–477.)



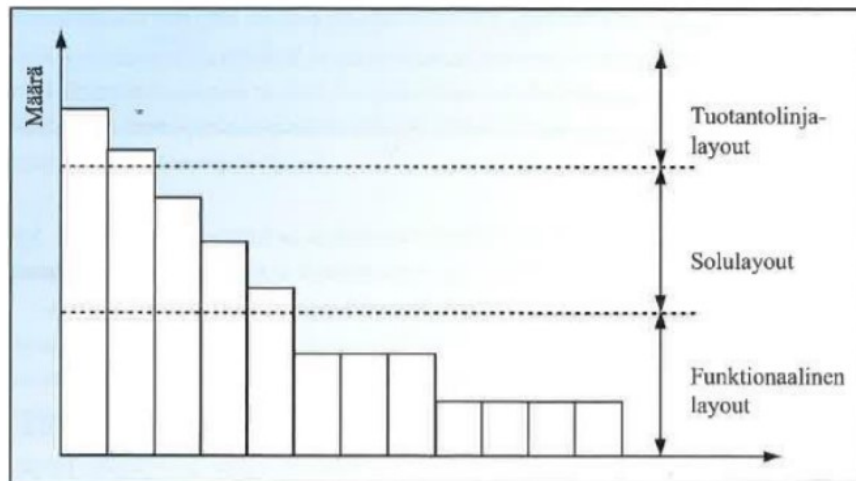
Kuva 2. Funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2009, 477).

Funktionaalisen layoutin toteutus on halvempaa ja helpompaa kuin tuotantolinjalayout. Funktionaalinen layout on myös paljon joustavampi häiriötilanteissa kuin tuotantolinja. Funktionaalista layoutia on myös helppo laajentaa uusien koneiden ja laitteiden avulla. (Haverila ym. 2009, 476–477.)

2.1.3 Solulayout

Solulayout koostuu eri koneiden ja työpaikkojen yhdistelmästä, joka on erikoistunut tietyn osan valmistukseen tai jonkin työvaiheen suorittamiseen. Solulayout on niin sanotusti funktionaalisen- ja tuotantolinja layoutin välimuoto. Solun tuotteiden läpäisy aika on huomattavasti lyhyempi kuin funktionaalisisessa layoutissa. Välivarastoja ei synny koska materiaalivirta on selkeää. Solu on joustavampi kuin tuotantolinja, koska solussa on merkittävästi lyhyemmät asetus ajat ja solussa voidaan valmistaa joustavasti useampia tuotteita, joille solu on suunniteltu. (Haverila ym. 2009, 477–478.)

Tuotteiden tuotantomäärät ja eräkoot voivat vaihdella paljon ja tuotteita voidaan valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Tuotannonohjaus on helppoa, koska siinä muodostuu yksi kuormituspiste. Laadunvalvonnan kannalta solulayout on erinomainen, koska valmistusvaiheet suoritetaan peräkkäin, jolloin virheiden löytäminen ja niiden korjaaminen on helppoa. Solulayout on



Kuva 4. Tuotemäärä-analyysi (Haverila ym. 2009, 479).

Ryhmäteknologia on menetelmä, jossa pyritään hyväksikäyttämään eri tuotteiden valmistuksen samankaltaisuutta tuotantoprosessin suunnittelussa. Ryhmäteknologian tavoitteena on saavuttaa riittävä valmistus määrä, jotta voidaan aloittaa solu- tai linjatuoanto. Tämä tapahtuu osien ja tuotteiden valmistusmenetelmien ja työvaiheiden analysoinnilla ja niiden avulla pyrkii muodostamaan ryhmä, jossa eri kappaleita voidaan valmistaa samoilla resursseilla. Osaperheiden muodostamiseksi on kehitetty erilaisia koodausmenetelmiä, joissa tuotteen koodi kertoo sen geometriasta ja valmistusvaiheista. Tämän koodin avulla voidaan etsiä kappaleita, joilla on esimerkiksi sama muoto tai työkulku, joita pystyttäisiin valmistamaan samassa tuotantoprosessissa. Tämä on kuitenkin erittäin työlästä ja vaatii myös paljon resursseja. (Haverila ym. 2009, 480.)

Tehtaan layout voi muodostua erityyppisistä osalayouteista, jolloin layout voi vaihdella tuotantoprosessin eri vaiheissa. Tuotteet voidaan esimerkiksi kokoonpanna tuotantolinjassa, kun taas osat valmistetaan funktionaalisisa layout tyylissä. (Haverila ym. 2009, 480.)

Layoutsuunnittelun peruslähtökohtina ovat seuraavat tekijät:

- Puolivalmisteiden, komponenttien ja raaka-aineiden tuotetietojen keräys

- Työvaiheiden suunnittelu, jossa näkyy tuotteen työvaiheet ja järjestys
- Tuotantomäärän mitoitus, jonka perusteella valitaan tuotantokoneista sekä tuotantomuoto ja -tekniikka
- Tuotannon aikajänteen suunnittelu, jossa näkyy kuinka kauan tuotanto tulee säilymään suunnitelman mukaisesti. Aikajänteen kesto tulee myös vaikuttamaan investoinnin kannattavuuteen
- Tarvittavien tukitoimintojen selvittely. Tukitoimintoja ovat esimerkiksi taukotilat, ilmastointilaitteet, työkaluhuolto ja jätteiden käsittely

Layoutvaihtoehtojen arvioinnissa voidaan käyttää hyväksi hyötyarvomatriisia, jossa kullekin arvioitavalle tekijälle annetaan painoarvo. Kaikki ratkaisuvaihtoehdot pisteytetään ja kerrotaan painoarvolla. (Haverila ym. 2009, 481.)

	Painoarvo	Vaihtoehtojen arviointi ja punnitut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalin kulun tehokkuus	8	E 24	I 16	E 24	E 24	
2. Pinta-alan hyväksikäyttö	6	A 24	A 24	I 12	I 12	
3. Investointitarve	10	I 20	O 10	I 20	A 40	
4. Valmistuksen ohjaus	3	A 12	U 0	A 12	A 12	
5. Joustavuus laajennuksille	7	E 12	A 28	E 12	A 28	
6. Työkaluhuolto	6	A 24	O 6	I 12	I 12	
7.						
SUMMA		116	84	92	128	

A = melkein täydellinen (4) E = erittäin hyvä (3) I = hyvä (2)
 O = välttävä (1) U = huono (0) X = ei toivottava (-)

Kuva 5. Hyötyarvomatriisi (Haverila ym. 2009, 481).

2.1.5 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Keskeisimpänä tavoitteena layoutsuunnittelulla on materiaalivirtojen tehokas suunnittelu, kuten materiaalien liikkuminen eri osastojen ja työpisteiden välillä pyritään minimoimaan työpisteiden sijoittamisella. Materiaalivirran selkeys edesauttaa tuotannonohjausta ja toiminnan kehitystä. (Haverila ym. 2009, 480.)

Hyviä layout-ominaisuuksia:

- Selkeä materiaalivirta
- Helposti muutettava ja joustava layout
- Materiaalia käsittelevät työpisteet mahdollisimman lähekkäin, jolloin kuljetus matka olisi mahdollisimman lyhyt
- Erityisomaasi vaativat työvaiheet keskitetty samaan paikkaan
- Tehtaan sisäisten palvelujen sijoitus käyttöpaikan lähelle, kuten vessat ja taukokuoneet
- Tehokas materiaalin vastaanotto ja jakelu
- Hyvä sisäinen kommunikaatio
- Kaikkien valmistusvaiheiden erityistarpeet otettu huomioon
- Tehokkaasti käytetty tila
- Hyvä työturvallisuus ja -tyytyväisyys

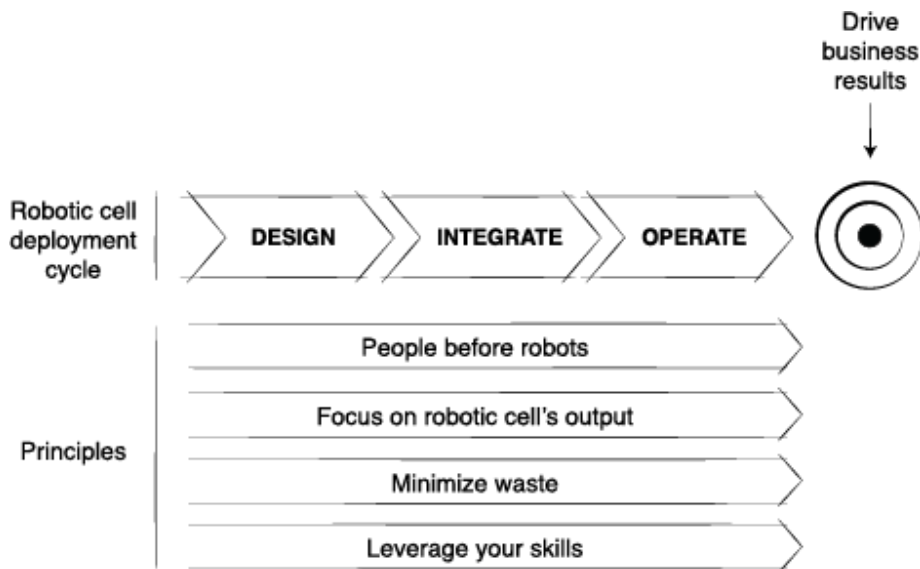
Layoutsuunnittelussa on hyvä varautua mahdollisiin laajennus- ja muuttotapahtumiin, jotta ne olisivat mahdollisimman helposti toteutettavissa, eikä muuhun tuotantoon tulisi tällöin merkittävää haittaa. Isommat ja vaikeasti liikutettavat koneiden ja laitteiden layoutsuunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon, että ne eivät haittaa mahdollisia muutos ja laajennustarpeita. (Haverila ym. 2009, 480.)

2.2 Lean periaatteen hyödyntäminen robotiikassa

Lean-robotiikalla tarkoitetaan robottisolun tehokasta käyttöönottoa ja sen jälkeistä operointia yrityksessä. Tavoitteena lean-robotiikalla on lisätä arvoa

asiakkaalle ja parantaa liiketoiminnan tuloksia. Lean-robotiikka koostuu neljästä peruseriaatteesta ja kolmivaiheisesta robottisolun käyttöönottoprosessista.

(Bouchard 2017, 38.)



Kuva 6. Lean-robotiikan metodologiat. (Leanrobotics.org).

Lean:in kannalta robotit voivat edesauttaa ja haitata lean:in toimivuutta kokonaisuudessa. Robotin tuomia haittoja voi olla esimerkiksi se, että robottisolun voi luoda uuden arvoa lisäämättömän toiminnan, kuten jos työntekijän täytyy asemoida kappaleita robotille erikseen esimerkiksi kuljetus hihnalle. Toinen haitta voi olla se, että robottisolun valmistuttua sitä on hankala muokata varsinkin layoutin kannalta, kuten uusien laitteiden integrointi solun jatkeeksi. Haitoista huolimatta edut ovat useimmiten paljon merkittävämpiä kuin haitat. Etuja ovat esimerkiksi, tuotannon laatu, työergonomian parantaminen, ajan säästö, turvallisuus, virheiden automaattinen varmistus, hukkaan menevän ihmisen potentiaalin vähentäminen ja myös uusi näkökulma hukkaa vähentäville käytännöille. Hukalla tarkoitetaan muun muassa ylimääräisiä tai tuottamattomia asioita, kuten ylituotanto, virheet ja odotus. (Bouchard 2017, 43–45.)

Robottisolun hukan vähentämiseen on monia keinoja, yksi hyvä keino on käyttää esimerkiksi 5S-järjestelmää. 5S-järjestelmä on työkalu lean:in edistämiseksi. 5S-järjestelmä koostuu viidestä periaatteesta sortteeraus,

systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta. Yksi isoimmista hukista roboteilla on se, että robottisolu ei ole toiminnassa, joko odottamattoman pysäytyksen takia tai sitten, kun robotilla ei ole enää työtä. Odottamaton pysäytys on isompi hukka, kun robotille suunniteltua työtä ei voida suorittaa sillä hetkellä. Hyvä käytäntö tätä hukkaa minimoimaan on tehdä riskianalyysi ja lieventämissuunnitelma seisokkijalle sekä poistaa kaikki mahdollinen mikä voisi aiheuttaa tarpeettomat pysähdykset. On melko varmaa, että jokin päivä odottamaton pysäytys tapahtuu, joten on hyvä ennakoidusti varautua siihen esimerkiksi perehtymällä mahdollisiin tekijöihin, joita ei voida poistaa ja siihen, miten solu saadaan mahdollisimman nopeasti takaisin toimintaan. (Bouchard 2017, 176–177.)

Robottisolun hukkien vähentämiskeinoja ovat muun muassa hukan vähentäminen tehtävän kartoituksella, kuten ylimääräisen varaston kertyminen. Hukan vähentäminen odottamattoman pysäytyksen riskienarvioinnilla ja lieventämissuunnitelmalla. Robottisolun jatkuvalla monitoroinnilla saadaan selville mahdollisia seikkoja, jotka aiheuttavat hukkaa. Virheiden estämisellä voidaan estää esimerkiksi törmäys, mikäli soluun on joutunut viallinen aihio tai täysin väärä kappale esimerkiksi anturoinnin avulla. (Bouchards 2017, 177.)

Tärkeänä hukan vähentämistapana on hyödyntää osaamista, kuten odottamattoman pysäytyksen tapahduttua on hyvä olla yrityksen sisällä oma työntekijä, joka on hyvin koulutettu ja valmis korjaamaan odottamaton pysäytys. Kun esimerkiksi solun kunnossapito ja ohjelmointi tapahtuu yrityksen omilla työntekijöillä, voidaan ajallista hukkaa vähentää, kun ulkopuolista apua ei aina tarvita. (Bouchard 2017, 176–182.)

Standardisoinnin avulla saadaan vähennettyä hukkaa, joka esimerkiksi menee oikean työkalun etsimiseen, jos työkaluille ei ole määritetty omaa paikkaansa. Standardisoinnin eri kohteita robottisolussa on komponentit, joita voivat olla esimerkiksi itse robotti ja lisälaitteet. Jos yritys hankkii tietyn robotin olisi myös kannattavaa, että jos hankitaan uusi robotti, niin hankitaan saman valmistajan robotti, jotta työntekijöiden ei tarvitsisi uudestaan tutustua ja opetella uuden robotin käyttöä. Ohjelmoinnin standardisointi on tärkeää varsinkin, kun ohjelmia

tai robotteja on useita. Ohjelmassa standardisoinnin kohteita voivat ovat esimerkiksi ohjelman rakenne, muuttujien ja paikkapisteiden nimet sekä ohjelman sisäiset kommentit. (Bouchard 2017, 196–200.)

2.3 Robottisovellusten layout

Layoutin tärkeys korostuu robotiikassa, koska jo pienet muutokset layoutissa voivat nopeuttaa robotin työstöaikaa, mikä tarkoittaa sitä, että robotti on tehokkaampi. Jotta saadaan mahdollisimman tehokas solulayout voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia kuutta perusperiaatetta solun suunnittelussa ja robotin ohjelmoinnissa. (Owen-Hill 2018.)

1. Lyhyet liikeajat

-Mahdollisimman lyhyillä ja tehokkailla liikeradoilla voidaan vähentää sitä aikaa missä robotti esimerkiksi vaihtaa kappaleen työstökoneesta. Kun tämä aika on mahdollisimman lyhyt, on solukokonaisuus aina tehokkaampi.

2. Pieni solun jalanjälki

-Pienemmällä solulla saadaan säästettyä tilaa, mutta on myös tärkeää, että ei suunnitella liian pientä solua, jolloin solun turvallisuus voi laskea. Solun oikean koon avulla saadaan myös liikeaikaa pienennettyä esimerkiksi sillä, että työstökoneeseen tulevat kappaleet ovat tarpeeksi lähellä robottia.

3. Kaikki tarvittava robotin ulottuvilla

-Robotin työtila tulisi suunnitella niin, kaikki tarvittavat ovat robotin ulottuvuuden sisällä.

4. Robotin työtilan optimaalinen käyttö

-Robotin työtilan optimaalisella käytöllä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi robotilla tehdään työtä siinä kohdassa, jossa robotti on ketterä, eikä esimerkiksi robotin ulottuvuuden rajoilla.

5. Solun siisteys

-Solun siisteys on myös tärkeää, jotta esimerkiksi solussa ei ole ylimääräistä tavaraa tai roskaa. Solun siisteydessä voidaan käyttää myös 5S menetelmää.

6. Tehokkaat syötteet ja tulosteet

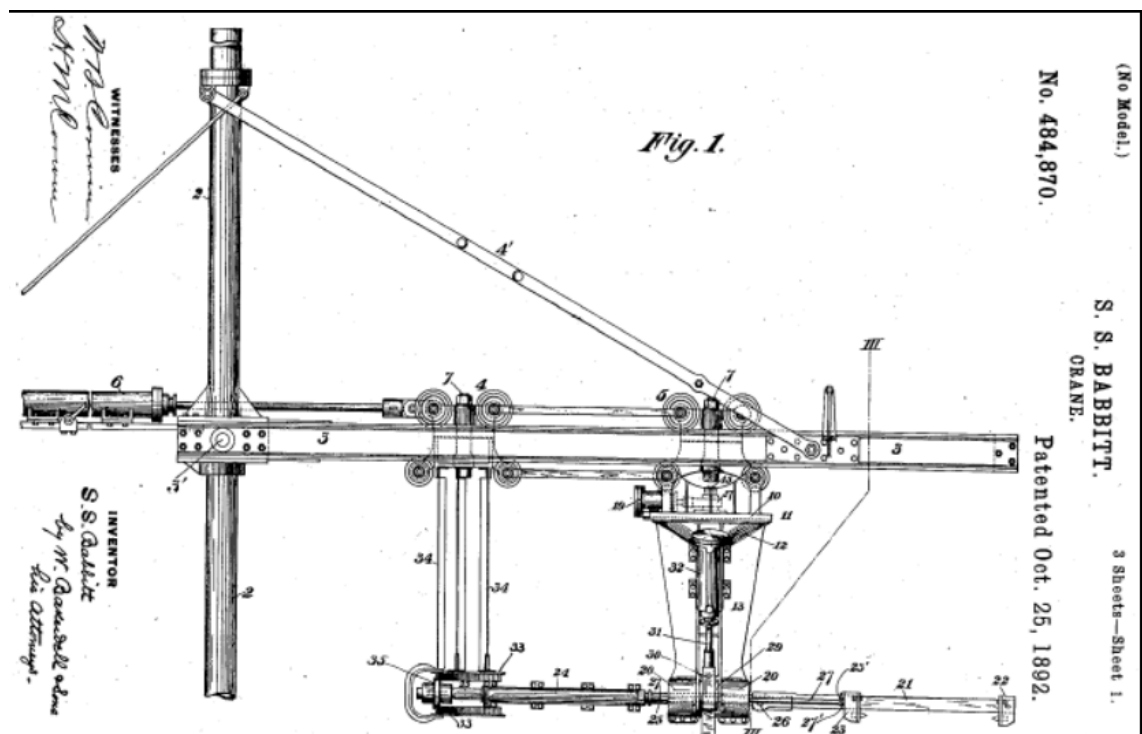
-Tehokkailla syötteillä ja tulosteilla tarkoitetaan niitä asioita, jotka tulevat soluun ja lähtevät sieltä. Näitä ovat kappaleet, joita esimerkiksi koneistetaan robottisolun sisällä. Yksi ensimmäisistä vaiheista robottisolun suunnittelussa on päättää nämä asiat, kuten se, että mihin tulevat kappaleet sijoitetaan ja mihin valmiit kappaleet menevät. (Owen-Hill 2018.)

3 Robotiikka

3.1 Robotiikan historia

Robotic Industries association määrittelee modernin teollisrobotin automaattisesti ohjatuksi, uudelleen ohjelmoitavaksi. Teollisuusrobotin manipulaattoreita pystytään ohjelmoimaan yksitellen ja robotti voi olla, joko kiinteästi tai liikkuvasti asennettu. (Dinwiddie 2018, 22).

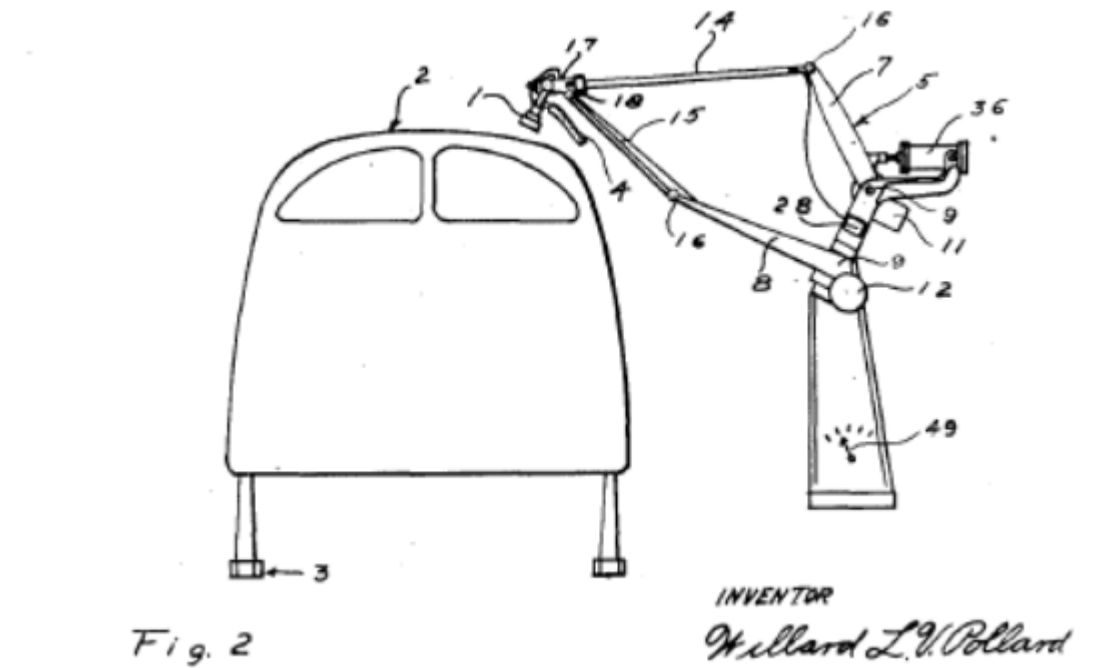
Ensimmäinen kiinnostus teollisuusroboteille oli vuonna 1892, jolloin Seward Babbit ja Henry Aiken suunnittelivat ensimmäisen Gantry-tyyppisen systeemin, jossa oli tarttuja ja sen tehtävänä oli liikutella metallisia aihioita. (Dinwiddie 2018, 26).



Kuva 7. Seward Babbit'in patentti Gantry-tyyppiselle systeemille. (Cyberneticzoo.com).

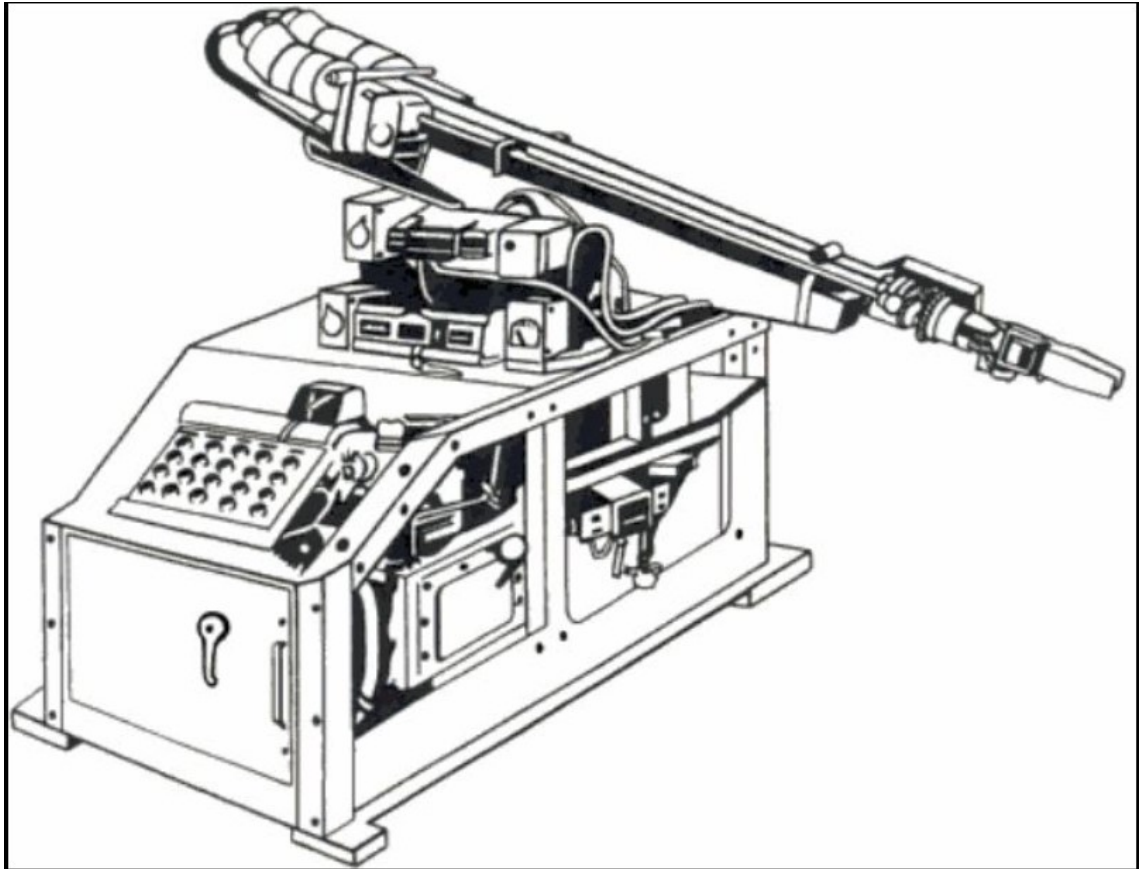
Ensimmäinen monien mielestä oikean teollisuusrobotin valmisti DeViblliss yhtiö vuonna 1941. Tämän robotin käyttötarkoituksena oli maalata auton runkoja ja

tällöin maalikerroksista tuli tasaisempia ja yhdenmukaisempia sekä hukka pysyi alhaisempana verrattuna siihen, jos työn olisi tehnyt ihminen. Tämä aloitti tuottokaan kumppanuuden autoteollisuuden kanssa. Jotkin autoteollisuuden yritykset auttoivat robotin valmistajia robotiikan kehittämisessä, kuten Honda ja General Motors. (Dinwiddie 2018, 26.)



Kuva 8. Vuonna 1941 julkaistu patenti maalausrobotista. (Cyberneticzoo.com).

Vuonna 1957 yritys nimeltä Planet Corporation esitteli heidän viisiakselisen hydraulitoimisen robotti käsivarren, jonka käyttökohteena oli liikutella vaarallisia kappaleita autoteollisuudessa, kuten kuumia aihioita. (Dinwiddie 2018, 26–27.)



Kuva 9. Planetbot hydraulinen robotti vuonna 1957. (cyberneticzoo.com).

Vuonna 1968 valmistettiin ensimmäinen kokonaan sähkövoimalla toimiva ja tietokoneohjattu robotti käsivarsi, jota kokeiltiin erilaisissa kappaleiden kokoonpanossa, tällä kokeilulla pystyttiin todistamaan, että robotti pystyi tekemään monia eri tehtäviä, jotka olivat sinä aikoina luultu mahdottomaksi. Ensimmäinen kaupallisesti saatavilla oleva robotti, joka oli kontrolloitu mikrotietokoneella, julkaistiin vuonna 1973 nimeltä Cincinnati Milacron T3. (Dinwiddie 2018, 26–27.) Robotissa on kuusi niveltä, kantavuus 68 Kg, ulottuvuus 2540 mm, suurin nopeus 1000 mm/s ja robotti itsessään painaa 2300 Kg.



Kuva 10. Vuonna 1973 julkaistu Cincinnati Milacron T3 robotti. (Researchgate.net).

3.1.1 Robottien voimanlähteet

Robotit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden voimalähteen avulla: sähkövoimalliset, hydrauliset tai pneumaattiset. (Dinwiddie 2018, 62).

Kokonaan sähkövoimalla toimivat robotit ovat kaikkein yleisimpiä hintansa ja käytettävyyden takia. Sähkövoimalla toimivassa robotissa jokaiselle nivelelle on oma moottorinsa ja näissä moottoreissa voidaan käyttää, joko tasavirtaa tai vaihtovirtaa. Tasavirran etuja on esimerkiksi, että tasavirralla päästään suurempaan vääntömomenttiin, mutta jos käytetään harjallista tasavirtamoottoria niin moottoria täytyy huoltaa useammin. Toinen haitta harjallisille tasavirtamoottoreille on se, että moottorit voivat aiheuttaa kipinöitä, jolloin niitä ei voida käyttää mahdollisesti räjähdysherkissä kohteissa, kuten maalauksessa. Harjattomilla tasavirtamoottoreilla kipinän syntymisen riskiä ei ole, mutta nämä moottorit maksavat jonkin verran enemmän. Tasavirtaa

suositaan myös mobiiliroboteissa, koska akut tuottavat tasavirtaa. (Dinwiddie 2018, 62–63.)

Vaihtovirralla toimivat robotit ovat yleisempiä vaihtoehtoja teollisiin kohteisiin, koska niissä on vähäisemmät huoltotarpeet, ne ovat laajasti saatavilla ja vaihtovirralla voidaan ohjata askelmoottoreita sekä servomoottoreita.

Askelmoottorit liikkuvat tietyn asteen verran aina, kun sille annetaan virtaa ja mitä enemmän näitä askeleita on, sitä tarkempaa liikkuminen on robotilla.

Askelmoottoreita käytettiin paljon robottien varhaisessa vaiheessa ja niitä suositaan vieläkin kohteissa missä paikoitus voidaan toteuttaa muilla keinoilla.

Servomoottorissa käytetään enkoodereita, jotka kertovat moottorin paikoituksen. Kalliimmat enkooderit kertovat myös moottorin kiertosuunnan ja nopeuden sekä sen, että kuinka monta astetta moottori on liikkunut. Robotti käyttää enkoodereilta saatuja tietoja robotin positioimiseen. Servomoottorit ovat myös hintavampia kuin askelmoottorit. (Dinwiddie 2018, 63.)

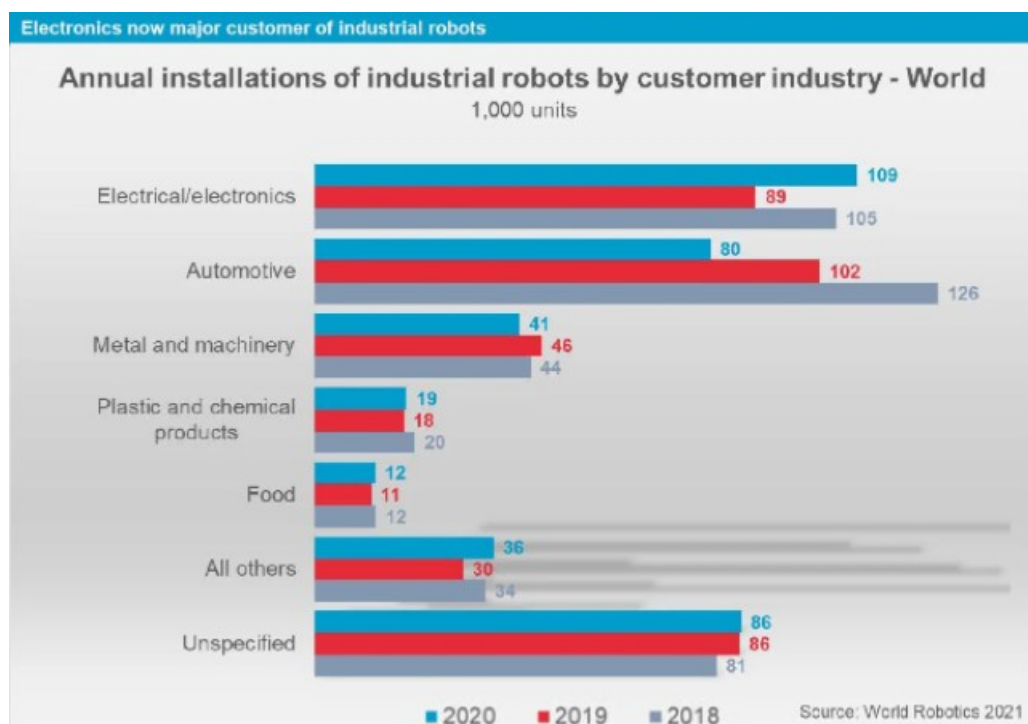
Hydraulisella voimalla toimivissa roboteissa käytetään ei puristuvia nesteitä, joiden avulla robotin liikkuvia osia liikutetaan. Hydraulikalla toimivassa robotissa käytetään kuitenkin sähköllä toimivia laitteita, kuten hydraulipumput ja ohjauslaitteet. Hydraulikalla saadaan myös aikaiseksi suuremmat voimat muihin verrattuna. Vaihtovirtaisten moottorien kehitys on vähentänyt hydraulisten robottien määrää merkittävästi, mutta niitä löytyy vielä joissain kohteissa. Hydraulikalla on myös merkittäviä huonoja puolia robotiikassa, kuten hydrauliset vuodot, öljyn hinta, palonvaara, huollon tarve sekä melu. (Dinwiddie 2018, 63.)

Pneumatiikalla toimivat robotit toimivat pitkälti samalla tavalla kuin hydrauliset, mutta pneumatiikassa käytetään ilmaa, joka on kokoonpuristuvaa. Yksi pää ongelmista näissä roboteissa on niiden paikoitus, koska ilma on kokoonpuristuvaa, on robotin paikallaan pitämien hankalaa ja se onnistuu esimerkiksi järjestelmän pitäminen ääriasennossa tai pitämällä se jatkuvan voiman alaisena. Pneumaattiset järjestelmät ovat erityisen äänekkäitä, mutta ne ovat myös suhteellisen halpoja. Pneumaattiset järjestelmät vaativat hieman ylimääräistä kunnossapitoa, mutta ei niin paljon kuin hydrauliset. Yleisimmät

murheet ovat paineilmakekanavien ja letkujen suojaus, jotta ne eivät vuoda sekä melun tuotto. Pneumatiikan käyttö on kasvanut paljon työkaluissa, kuten tarttujissa, porauksessa, sumuttimissa ja tyhjiötarraimissa, joten useat sähkötoimiset robotit käyttävät pneumaattisia työkaluja. (Dinwiddie 2018, 63.)

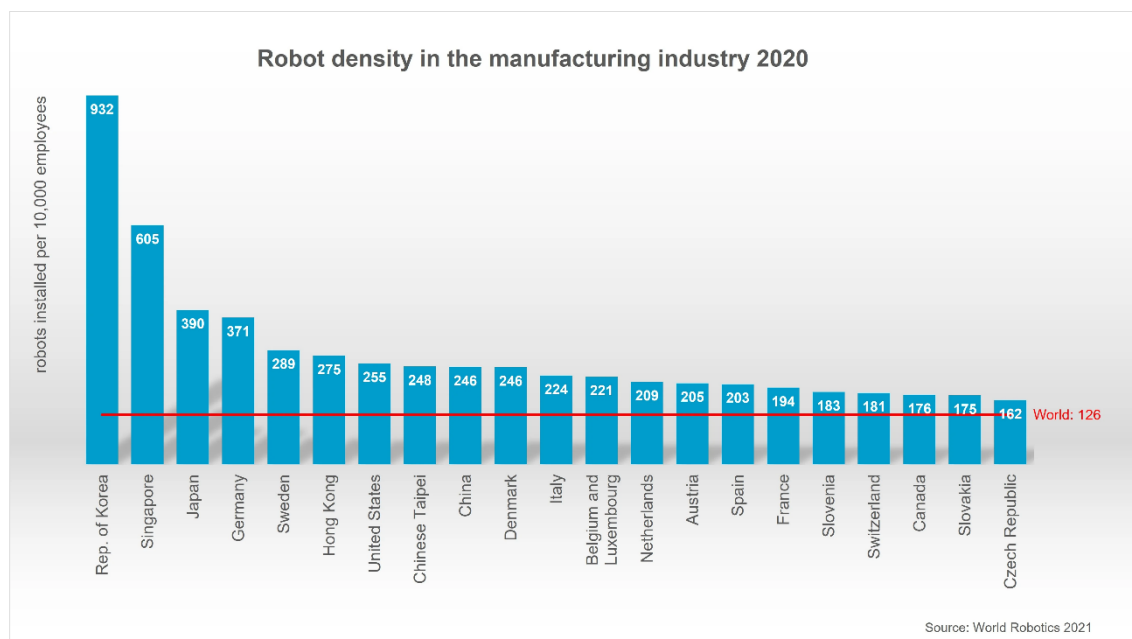
3.1.2 Robottiikka ja sen kasvu suomessa

Uusien Teollisuusrobottien käyttöönottoon vaikutti korona negatiivisesti vuonna 2020, kun investoinnin määrä laski -19 % siitä, mitä se oli vuonna 2019. Suomessa otettiin käyttöön 430 ±10 robottia vuonna 2020. Konepajat ovat olleet vuosia isoimpana kasvualana, jossa uusia robotteja asennetaan. Vuonna 2020 konepajoissa otettiin käyttöön 45 % kaikista suomessa käyttöönotetuista robotista, joka on noin 194 robottia. Konepajoissa robotteja käytetään erityisesti työstökoneiden palveluun ja hitsaukseen, näissä työtehtävissä on suuri työvoimatarve osaaville tekijöille. Autoteollisuudessa uusia robotti-investointeja oli 22 kpl mikä on vähentynyt vuosi vuodelta. Elintarviketeollisuuden uudet investoinnit ovat pysyneet vaatimattomina. (Lempiäinen 2021.)



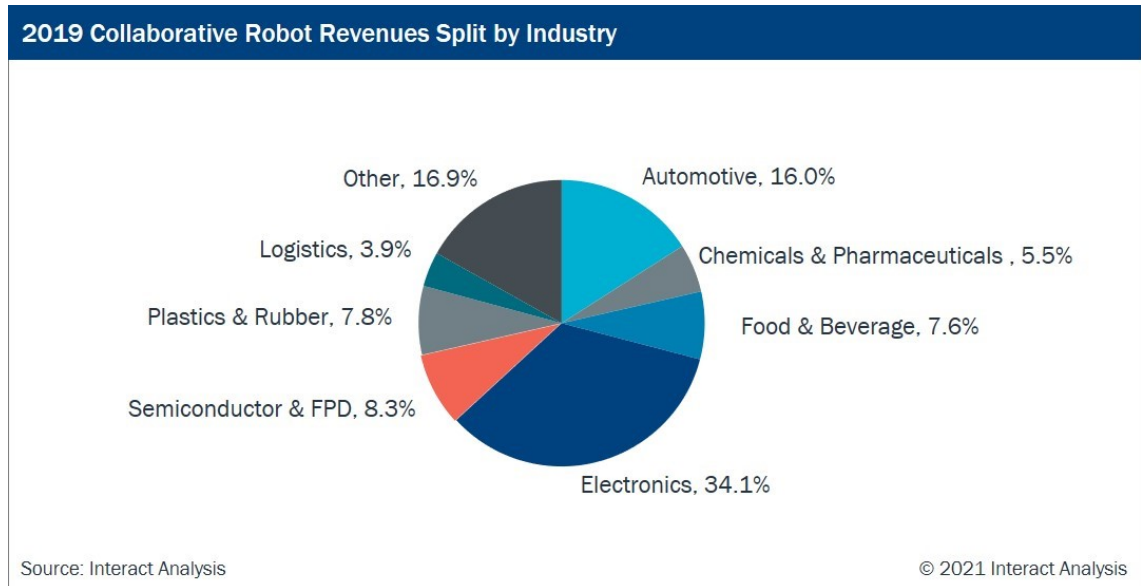
Kuva 11. Robottien asennus maailmalla eri toimialoilla (IFR.org.)

Robottien asennusmäärää muihin pohjoismaihin vertaillen, kuten Ruotsissa uusien robottien investoinnin määrä väheni -18 %. Ruotsissa otettiin käyttöön vuonna 2020 1323 robottia, joista myös iso osa 37 % meni konepajojen käyttöön. Autoteollisuuden investoinnit ovat myös hiipuneet Ruotsissa. Tanskassa uusia robotteja otettiin käyttöön 690 kpl, joista elintarviketeollisuuteen menivät 114 kpl ja konepajateollisuuteen 179kpl. (Lempiäinen 2021.)



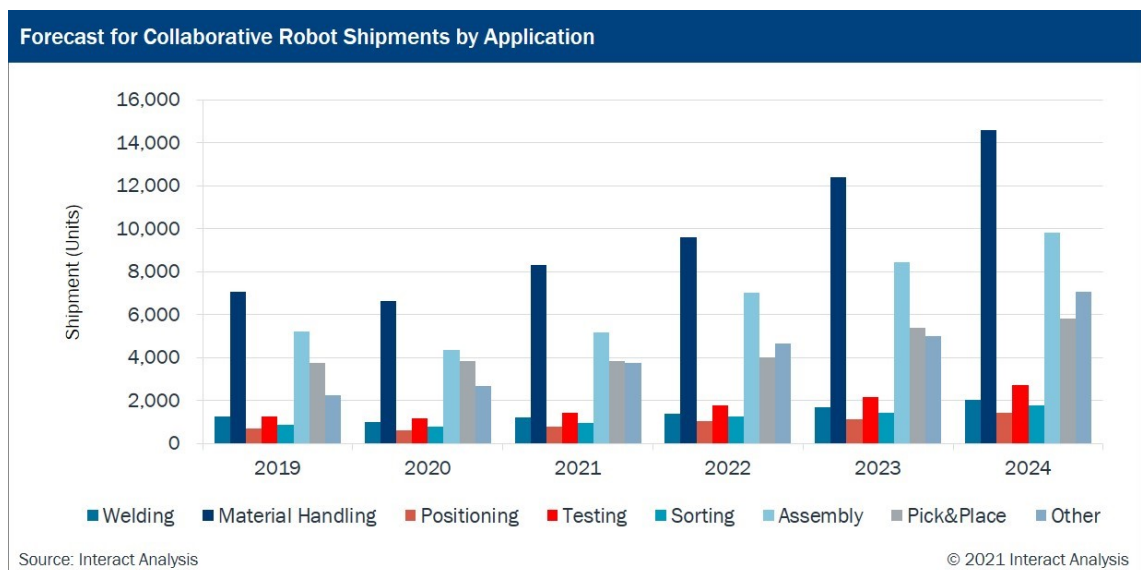
Kuva 12. Robottitiheys teollisuudessa maittain 2020. (IFR.org)

Suomessa vuonna 2020 robottitiheys oli 152 robottia 10 000 teollisuustyöntekijää kohden, joka on maailman sijalla 21. Suomen robottitiheys oli vuonna 2018 138 robottia 10 000 teollisuustyöntekijää kohden. Vuonna 2018 maailman keskiarvo oli 85 robottia 10 000 teollisuustyöntekijää kohden. (IFR.org.)



Kuva 13. Yhteistyörobottien myynti eri aloilla (Interact Analysis 2021).

Yhteistyörobottien isoimmat markkina alueet ovat myös auto- ja elektroniikka kuten teollisuus roboteilla. Yhteistyörobottien uusia mahdollisia kasvavia aloja ovat, varastointi ja logistiikka, terveydenhuolto ja älykkäät vähittäiskaupat. Näillä aloilla yhteistyörobottien joustavuus ja turvallisuus ovat tärkeimpiä tekijöitä. (Maya Xiao 2021.)



Kuva 14. Yhteistyörobottien sovelluskohteita (Interact Analysis 2021).

3.2 Yhteistyörobotiikka ja sen turvallisuus

Yhteistyörobotit eroavat perinteisiin teollisuusrobotteihin siten, että yhteistyörobotit on suunniteltu työskentelemään työntekijän rinnalla ja teollisuusrobotit tekemään työn työntekijän puolesta, jolloin työntekijä voidaan korvata kokonaan. Yhteistyörobottien on tarkoitus auttaa työntekijää työtehtäviltä, jotka ovat esimerkiksi vaarallisia, fyysisesti rasittavia tai pitkistä työvaiheita. (Cory Roehl 2017.)



Kuva 15. KUKA yhteistyörobotti (Kuka.com).

Yhteistyöroboteissa on niin hyviä kuin huonoja puolia. Yhteistyörobotiikka ei sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin, kuten painavien kappaleiden käsittelyyn tai nopeisiin liikkeisiin. Yhteistyörobotilla kuitenkin on paikkansa, koska se on turvallinen, halvempi, takaisinmaksuaika on lyhyempi, helppokäyttöisempi, vaatii paljon vähemmän tilaa ja yhteistyörobotti on nopeampi käyttöönottaa. (Jérôme Laplace 2014.)

Yhteistyörobottien turvallisuus perustuu robotin pieniin voimiin, hitaampiin liikkeisiin ja robotissa oleviin antureihin ja sensoreihin. Vuonna 2006 julkaistiin

SFS–EN ISO 10218–1:2006 standardi, jossa esiteltiin yhteistyörobottien vaatimuksia yleisellä tasolla ja tämä standardi oli ensimmäinen luokkaansa. Standardissa robotin turvallisuus perustuu pieneen voimaan, jossa 80 W:n dynaaminen teho tai 150 N:n staattinen voima ei saa yltyä työkalupisteen kohdalla. Vasta vuonna 2016 julkaistiin yhteistyörobotteja tarkemmin kuvaava tekninen spesifikaatio ISO/TS 15066, jossa kuvailtiin tarkemmin yhteistyörobottien turvallisuus periaatteita. Teknisessä spesifikaatiossa yhteistyöroboteille esitetään reunaehtoja robotin ja ihmisen työskentelylle, kuten törmäyksissä sallittavat maksimivoimat ja painerajat eri kehon osiin. (Timo Malm 2019.)

Yhteistyörobotiikalla on viisi eri yhteistoiminnan muotoa: yhteistyö, auttava, synkronoitu yhteistyö, jaettu läsnäolo ja erotettu robottisoluu. (Timo Malm 2019). Yhteistyössä, robotti nimensä veroisesti tekee yhteistyötä ihmisen kanssa, jolloin robotti voi koskettaa ihmistä suoraan tai kappaleen välityksellä. Auttavassa yhteistyössä robotti voi työskennellä ihmisen läheisyydessä, mutta tässä tilanteessa robotti ei yleensä koske ihmistä. Synkronoidussa yhteistyössä robotti ja ihminen tekevät työtä samalla työalueella ja saman kappaleen kanssa, mutta eri vaiheissa. Jaetussa läsnäolossa robotti on samassa avoimessa työtilassa, mutta robotilla on oma alueensa, jossa ihmisen ollessa robotti ei liiku. Erotetussa robottisolussa robotin ei ole tarkoitus koskea ihmiseen, joten robotti on eristetty esimerkiksi suoja aidoilla. Tämä muistuttaa perinteistä robottisolua.

4 Nykytilan kartoitus

4.1 Robotiikka ja sen sovellus kohteet yrityksessä

Yrityksessä on tällä hetkellä kolme UR robottia käytössä. Kahta robottia käytetään työstökoneen apuna ja yhtä robottia käytetään koneistettujen kappaleiden puhdistukseen ja järjestelemiseen.



Kuva 16. Yrityksessä käytössä oleva yhteistyörobotti, joka panostaa työstökoneita.

Yrityksellä on myös kaksi teollisuusrobotti solua, joita käytetään työstökoneen yhteydessä. Näissä solussa koneistetaan hieman isompia kappaleita, joiden aihiot painavat enemmän. Molemmissa soluissa käytetään Motoman:in teollisuusrobotteja.



Kuva 17. Yrityksessä käytössä oleva robottisolu, joka panostaa CNC-sorvia.

Yhteistyörobotiikka sopii yritykselle hyvin, koska kappaleiden painot pysyvät useasti alle viisi kiloisenä, jolloin yhteistyörobottien kantavuus ei tule heti esteeksi. Yhteistyörobotit ovat myös turvallisempia ja vievät paljon vähemmän tilaa kuin perinteiset robottisolut. Yhteistyörobotit ovat myös helpompia integroida, asentaa, ohjelmoida ja ne ovat myös halvempia.

Yrityksellä on pyrkimyksenä lisätä automatisaatiota ja tämän vuoksi yrityksellä on käytäntönä olla aina yksi ylimääräinen yhteistyörobotti varastossa odottamassa uutta sovellusta.

4.2 Automatisoinnin kohde

Teollisuuspesukoneena on yrityksessä käytössä suomalaisvalmisteinen Aqua Clean AC-1.3-2LD mallia oleva osienpesukone. Koneen toimintaperiaate on,

että koneen sisällä olevat suihkuputkistot, jotka pyörivät ja suihkuttavat pesukoneen jokaiselta sivulta, suihkuputkiston toiminta muistuttaa perinteistä astianpesukonetta. Pesuohjelman mukaan kappaleet voidaan huuhdella ohjelman lopuksi vedellä.



Kuva 18. Käytössä oleva teollisuuspesukone.

Pesukoneen pesuohjelmat eroavat hieman toisistaan ohjelman keston, intensiivisyyden kannalta sekä siinä, että käytetäänkö lopuksi vesihuuhtelua. Ohjelmia löytyy valmiina pesukoneessa 5, mutta näistä käytetään pääsääntöisesti ohjelmia 1–3. Ohjelmat valitaan kappaleiden mukana tulevan ohjeistuksen avulla. Ohjelmaa 1 käytetään ruostuviin kappaleisiin ja tässä ohjelmassa erona on, että jälkihuuhdetta ei käytetä. Ohjelma 2 ja 3 eroavat olennaisesti ohjelman keston kannalta, jossa ohjelma 3 kestää 8 minuuttia kauemmin. Monissa kappaleissa voidaan käyttää ohjelmia 2 tai 3 ja ohjelman valinnan tekee työntekijä, joka arvioi kumman ohjelman valitsee muun muassa kappaleen muodon tai tottumuksen perusteella.

Yrityksellä on tarkoituksena hankkia tulevaisuudessa erillinen iso pesulinjasto, jota tällä hetkellä ei pystytä toteuttamaan tilan puutteen vuoksi.

Pesukorit ovat saman mittaisia leveys ja pituus suunnissa, mutta korkeus on eri metalli- ja muovipesukorilla. Metallikorit soveltuvat paremmin painavimpiin kappaleisiin, koska muovikori on hieman heikompi rakenteeltaan. Useimmin korien valinnoissa ei ole mitään sovittua sääntöä, vaan työntekijät valitsevat korin, joko kappaleen mukaan tai sitten sen, että mitä koreja on vapaana. Korien koot täytyy ottaa huomioon varsinkin robotin ohjelmoinnissa.



Kuva 19. Kolme erityyppistä pesukoria.

Yrityksessä koneistetaan monenlaisia eri kappaleita. Yleisin kappaleen materiaali, jota pestään, on teräs ja alumiini. Alumiiniset kappaleet voivat olla erittäin kevyitä, joten niitä pestessä ja puhaltaessa täytyy olla tarkkana, jotta kappaleet eivät esimerkiksi pesukoneessa tai puhaltaessa lennä pesukoreista pois tai turhaan törmäile muiden kappaleiden kesken, jolloin kappaleet voivat vaurioitua. Pestävät kappaleet ovat tyypillisesti sarjavalmisteita ja ne ovat painoltaan 20 g – 600 g. Joidenkin kappaleiden muodot voivat olla myös hankalia, kuten esimerkiksi kappaleessa voi olla monia umpinaisia reikiä joka puolella, jolloin kappale pitää huolellisemmin puhalttaa.



Kuva 20. Pestäviä koneistettuja kappaleita.

Puhallus tapahtuu normaalilla paineilmapistoolilla pesukoneen vetopöydällä. Pesunjälkeinen puhallus pitäisi suorittaa mahdollisimman pian pesun jälkeen, jotta kappaleeseen ei kuivuisi pesuainejäämiä, jotka voivat haitata muun muassa mahdollisen pinnoituksen laatua.

4.3 Tila

Pesukoneen läheisyydessä on varastotilaa ja tämän vuoksi tila saattaa olla ajoittain ahdas. Pesuun tulevia pesukoreja säilytetään tässä tilassa joko trukkilavoilla tai sitten liikutettavassa pesukori hyllykössä. Pesuun tulevia kappaleita ei myöskään tule tasaista tahtia vaan voi olla, että kappaleita tulee kerralla satoja, jolloin tila saattaa olla ahdas. Puhdistettujen kappaleiden mahdollinen pakkaaminen tapahtuu myös pesukoneen lähistöllä, jolloin pakkaustarvikkeita säilytetään lähistöllä.

4.4 Kohteen työergonomian tarkastelu

4.4.1 Melu

Melu on tällä hetkellä isoin työergonomia haitta yrityksessä. Melu aiheutuu pääosin paineilmapistooleista, joita käytetään melkein jokaisessa työpisteellä.

Työturvallisuuden kannalta melua tarkisteltiin mittaamalla melun taso eri työpisteillä pesukoneen läheisyydessä.

- Pesukoneen vieressä puhaltaessa melun huippuarvoksi saatiin 113 dB ja ”vihellyksessä” 116 dB.
- Lähimmän kokoonpanopisteen, joka on noin 5 m etäisyydessä pesukoneesta, melun huippuarvoksi saatiin n. 95 dB.
- Varastotyöntekijän tietokoneella, joka on noin 10 m etäisyydessä, melun huippu arvoksi saatiin 83 dB.

Yrityksessä on käytäntönä aina käyttää kuulosuojaimia, kun mennään tuotannon puolelle. Pesukone on hieman huonossa paikassa, jos miettii melun suhteen, koska pesukoneen vieressä kulkee kulkuväylä, josta työntekijät kulkevat melko paljon esimerkiksi pukuhuoneista työpisteilleen.

Melun huippuarvot ovat korkeita, mutta niiden kestot ovat lyhyitä ja arviolta maksimi melun kesto näillä arvoilla on päivässä yksi tunti. Kun tarkastellaan raja-arvoa, niin siinä otetaan huomioon kuulosuojainten vaikutus meluun, joten jos melun kesto on yksi tuntia, niin melun raja-arvo on 96:ssa dB:ssä ja tämän arvon alle päästään, kun vähennetään kuulosuojaimista aiheutuva melun alennus, joka on 25 dB yrityksessä saatavilla olevilla korvatulpilla. Tällöin päästään raja-arvon alle, kun melun huippuarvo on 116 dB ja siitä vähennetään kuulosuojainten tuoma suoja, päästään arvoon 91 dB, joka on alle ylemmän toimi arvon 94 dB. Tämä arvo on kuitenkin vielä melko korkea, joten työllä pyritään siihen, että puhalluksen aikana vieressä voitaisiin olla, jopa ilman kuulosuojaimia, joten tavoitteena melulle olisi alle 85 dB.

Toiminta-arvot on säädetty asetusten mukaan siten, että alemmalla ja ylemmällä toiminta-arvoilla kuulovaurio voi aiheutua jollain todennäköisyydellä. Raja-arvo on säädetty siksi, että missään tapauksessa ei olisi sellaista melua, joka kertakuulemalla tai pitempään jatkuessa vahingoittaisi kuuloa. Toiminta-arvoja tarkasteltaessa kuulosuojainten vaikutusta ei oteta huomioon, mutta raja-arvoa tarkasteltaessa kuulosuojainten vaikutus otetaan huomioon mittauksissa. Nämä seikat ovat määritetty työturvallisuuslaissa. (Työsuojeluhallinto 2021.)

	Päivittäinen melualtistus	Äänen huippupaine-/taso
Alempi toiminta-arvo	80 dB	112 Pa / 135 dB
Ylempi toiminta-arvo	85 dB	140 Pa / 137 dB
Raja-arvo, johon verratessa otetaan huomioon kuulonsuojainten vaimentava vaikutus	87 dB	200 Pa / 140 dB

Taulukko 1. Toiminta- ja raja-arvot (Työsuojeluhallinto 2021).

Alemman toiminta-arvon ylittyessä työntekijällä on oltava mahdollisuus kuulosuojaimiin työnantajan puolesta. Kuulosuojaimia tulee käyttää työnantajan ohjeistusten mukaisesti, mikäli päivittäinen melutaso ylittää ylemmän toiminta-arvon. Työntekijällä pitää olla myös mahdollisuus työterveyshuollon järjestämään kuulontarkastuksiin määräajoin, mikäli ylempi toiminta-arvo ylittyy. Työnantajalla on velvollisuus mahdollisuuksien mukaan vähentää meluhaittaa. Raja-arvon ylittyessä työnantajan on ryhdyttävä toimiin meluhaitan vähentämiseksi vähintään alle raja-arvon, työntekijän melulle altistamista vähentämällä, selvittää melun syy ja estettävä raja-arvon ylitys. (Työsuojeluhallinto 2021.)

Melun kesto	Alempaa toiminta-arvoa vastaava melutaso	Ylempää toiminta-arvoa vastaava melutaso	Raja-arvoa vastaava melutaso korvassa
8 tuntia	80	85	87
4 tuntia	83	88	90
2 tuntia	86	91	93
1 tuntia	89	94	96
30 minuuttia	91	97	99
15 minuuttia	94	100	102
7,5 minuuttia	97	103	105
3,25 minuuttia	100	106	108
97 sekuntia	103	109	111
48 sekuntia	106	112	114

Taulukko 2. Melun keston vaikutus meluallitukseen (Työsuojeluhallinto 2021).

Melunaltistuksen mittauksessa otetaan huomioon, kuinka kauan työntekijä on alttiina melulle työpäivän aikana. Mikäli melu on työpäivän aikana jatkuvasti samantasoista tällöin, otetaan tuloksissa huomioon päivän melutason keskiarvo. Mikäli meluallistus on vaihtelevaa päivittäin, tarkastellaan meluntasoa viiden työpäivän ajan. Taulukossa 2 näkyy miten melussa oloaika vaikuttaa toiminta-arvoihin. (Työsuojeluhallinto 2021.)

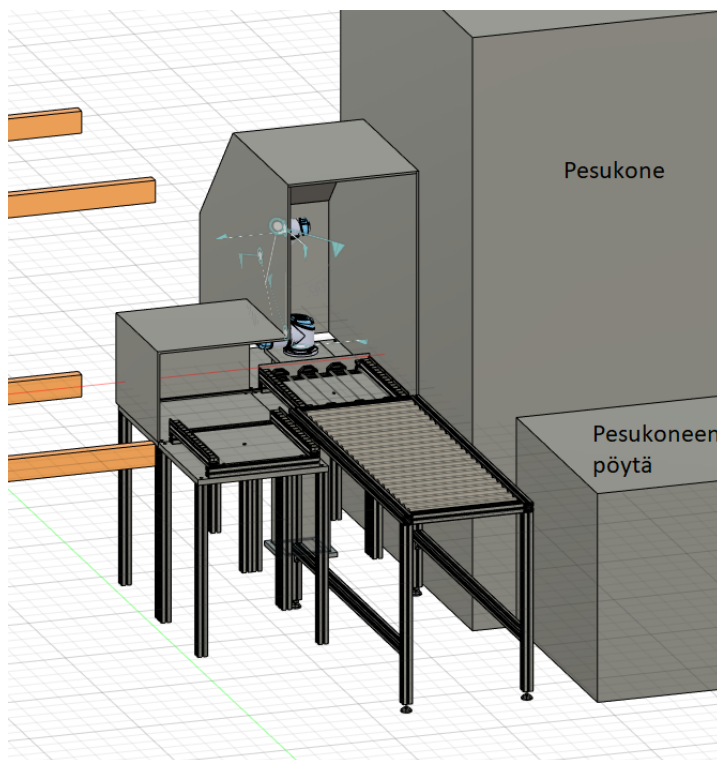
4.4.2 Nostotyöt

Työpisteellä pesukoreja joudutaan nostamaan käsin pesukoneen vetopöydälle. Pesukorien painot vaihtelevat paljon, jotkin korit painavat kappaleineen vain muutaman kilon, kun taas isommilla kappaleilla koreille voi tulla painoa jopa 50 kg. Nostot tapahtuvat painavammilla koreilla trukkilavalta, jota on nostettu haarukkavaunulla mahdollisimman lähelle vetopöydän korkeutta, jolloin pystysuuntainen nosto olisi mahdollisimman vähäinen. Työympäristö on hyvin valaistu eikä nostotapahtuman ympäristössä ei ole mitään merkittäviä kompastumisen uhkia.

Oikealla nostotavoilla ja nostoapuvälineillä voidaan parantaa työturvallisuutta sekä yleistä työhyvinvointia ja tämän kautta vaikutetaan tuottavuuteen, kun nostotöistä johtuvia sairauslomia olisi mahdollisimman vähän. Lainsäädännössä ei itsessään ole määritetty mitään painorajaa nostotyölle, mutta eri lähteillä saattaa olla suosituksia taakan enimmäispainolle käsin nostaessa, kuten 35 kg tämän kyseisen lähteen mukaan. Hyvässä käsintehdyssä nostotapahtumassa kuormasta saadaan hyvä ote, kuormaa ei tarvitsisi siirrellä pitkiä matkoja ja taakka olisi mahdollisimman lähellä kehoa niin, että sitä ei tarvitsisi kurottamalla siirtää mihinkään suuntaan. Nostokorkeus on myös hyvä olla mahdollisimman lähellä vyötärönkorkeudella ja taakkaa ei tarvitsisi siirrellä ylös tai alaspäin merkittäviä matkoja. Työympäristössä monet asiat vaikuttavat turvalliseen nostotapahtumaan, kuten viileässä työympäristössä työtapaturmariski kasvaa ja myös liian lämpimässä ympäristössä on riskinsä. Muita seikkoja, jotka vaikuttavat työturvallisuuteen nostotöissä ovat esimerkiksi valaistus, työympäristön järjestys ja oikeanlaiset turvavälineet, kuten turvajalkineet ja työhanskat. (Työsuojeluhallinto 2021.)

layoutista, mitoista, materiaaleista ja siitä, miten puhallusalusta toimii käyttäjän kannalta. Tämän palaverin tavoitteena oli jälleen saada palautetta ja ehdotuksia, joiden avulla viimeistä 3D-mallia muokattaisiin. Isoin muokkaus tähän oli muuttaa jalusta rakenteen materiaali neliöraudaksi alumiiniprofiilien sijaan ja tämä rakenne alihankintaisiin.

Viimeisessä suunnittelupalaverissa käytiin vielä läpi muokattu 3D-malli, materiaalilistaa ja hieman alustavia piirustuksia eri komponenteista, joita tarvittaisiin sekä alustavasti päättää mitkä alihankintaisiin ja mitkä tehtäisiin itse.

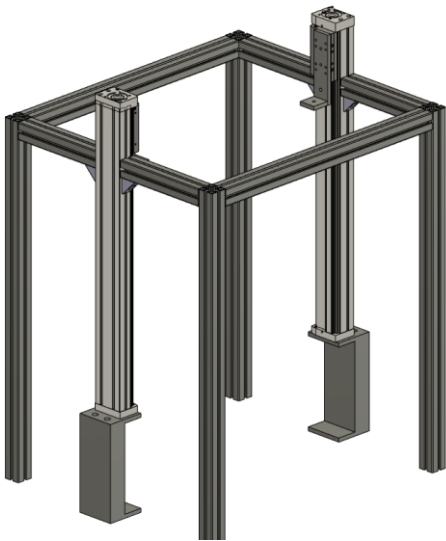


Kuva 22. Ensimmäinen versio johteettomasta mallista.

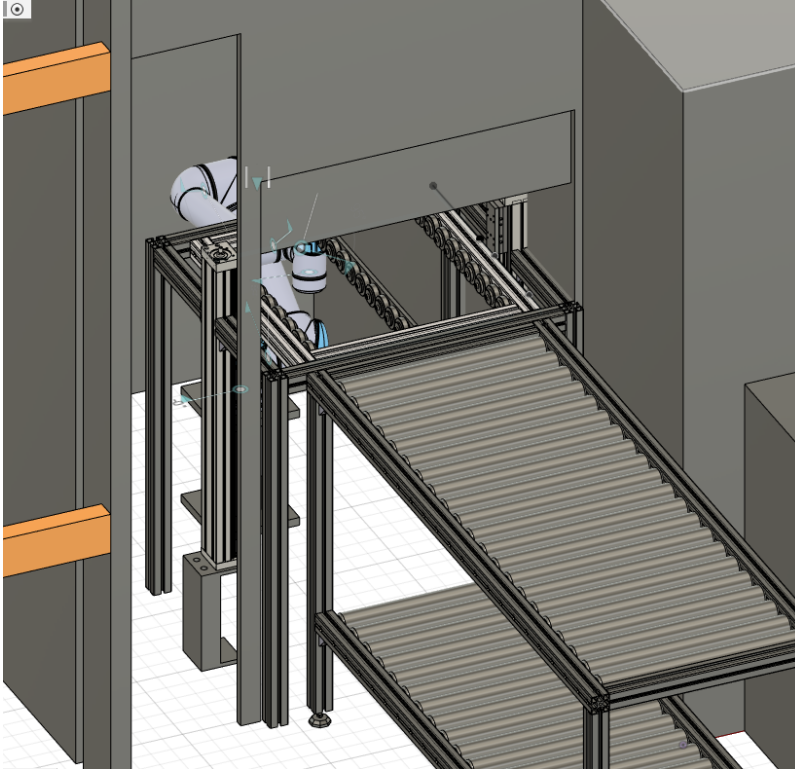
Kuvassa 23 oleva 3D-malli esiteltiin toisessa suunnittelupalaverissa ja tätä ideaa lähdettiin kehittämään.

5.1.1 Automatisointiratkaisu johdehissillä

Tämä ratkaisu oli kalliimpi vaihtoehto, mutta myös automatisoidumpi vaihtoehto. Automaattioratkaisun toimintaperiaate oli, että rullarata olisi ollut moottorikäyttöinen, jolloin työntekijän ei olisi tarvinnut tehdä muut kuin asettaa korit rullarata ja painaa nappia. Rullaradalta pesukorit menisivät äänieristettyyn koppiin, jossa robotti puhaltaisi ensimmäiseksi pesukorin alapuolelta, jonka jälkeen johteen avulla pesukori liikkuisi rullaradan alemman kerroksen kohdalle, jossa robotti puhaltaa pesukorin päältä ja työntää korin pois johde hissistä. Tämä vaihtoehto osoittautui liian hintavaksi vaihtoehdoksi lineaarijohteiden ja moottorisoidun rullaradan takia.



Kuva 23. Johdehissin 3D-malli

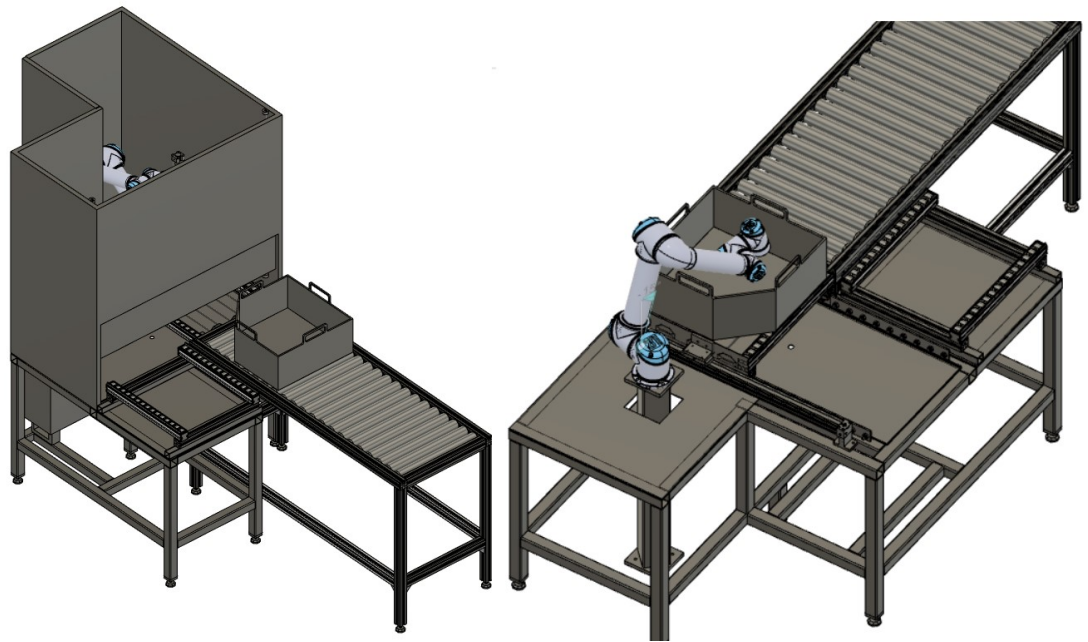


Kuva 24. Johdehissillinen automaattioratkaisun layout.

5.1.2 Automaattioratkaisu ilman johdehissiä

Tämä puhallusalusta osoittautui paremmaksi vaihtoehdoksi hinnan, käytettävyyden ja toteuttamisen helppouden kannalta. Tämän toimintaperiaate on, että työntekijä nostaa korin pesukoneen vetopöydältä rullaradalle ja työntää korin puhallusalustalle, jossa se puhalletaan. Tämä puhallusalusta liikkuu sivusuunnassa, jolloin puhallettu pesukori saadaan pois puhallusalustalta eri reittiä kuin mistä se sisään menee.

Tässä vaihtoehdossa käytettiin hieman hyväksi valmiina olevaa 3D-mallia, josta saatiin isoimpana hyötynä kuvassa 30 näkyvä putkisto ja 3D-tulostetut tuet, joiden avulla pesukorit puhalletaan alapuolelta.



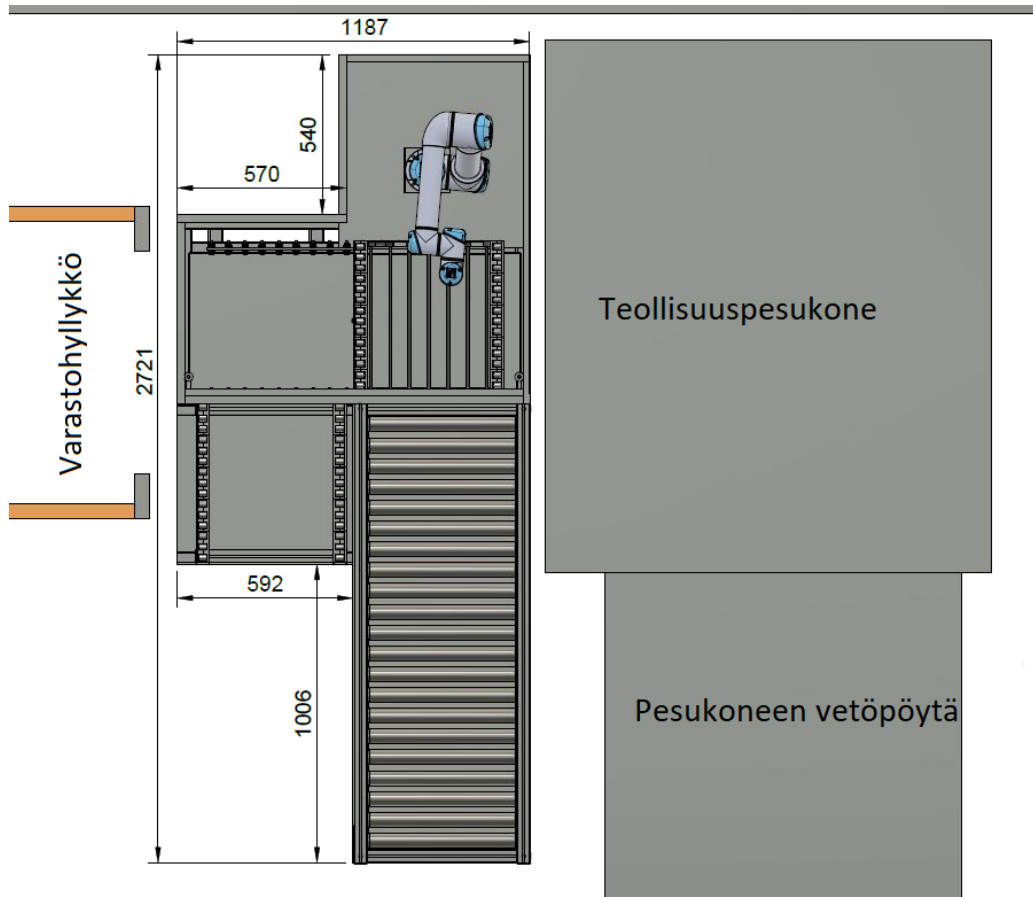
Kuva 25. Työpaikan viimeinen 3D-malli layoutista

5.2 Puhallusrakennelman layout

Työlle oli määritelty oma paikkansa jo ennen työn alkua, johon puhallusautomaatio rakennelma sijoitettaisiin. Rakennelma oli tarkoitus sijoittaa pesukoneen ja varastohyllykön väliin. Tätä tilaa käytettiin satunnaisesti pesuun tulevien kappaleiden säilytykseen. Näistä layoutin reunaehdoista, ehkä tärkein on, että rakennelma ei ulottuisi käytävälle sen enempää, mitä pesukone ulottuu. Muita layouttiin sisältäviä ehtoja oli, että kaikki pesukorit saataisiin pois pesukoneen vetopöydältä, joten niille piti olla tarpeeksi tilaa rullaradalla. Toinen myös tärkeä asia oli, että pesukoneen vetopöydältä olisi mahdollisimman lyhyt matka nostaa pesukorit rullaradalle

Oli myös tärkeää, että robottiin sekä robotin ohjausyksikköön päästäisiin tarvittaessa käsiksi, joten suojarakenteeseen liitettiin ovi, jotta niihin pääsee tarvittaessa käsiksi.

Layoutin tyypiksi muodostui solu-layout, koska työskennellään saman komponentin kanssa molemmissa laitteissa.



Kuva 26. Layout teollisuuspesukoneen ja varastohyllykön välissä.

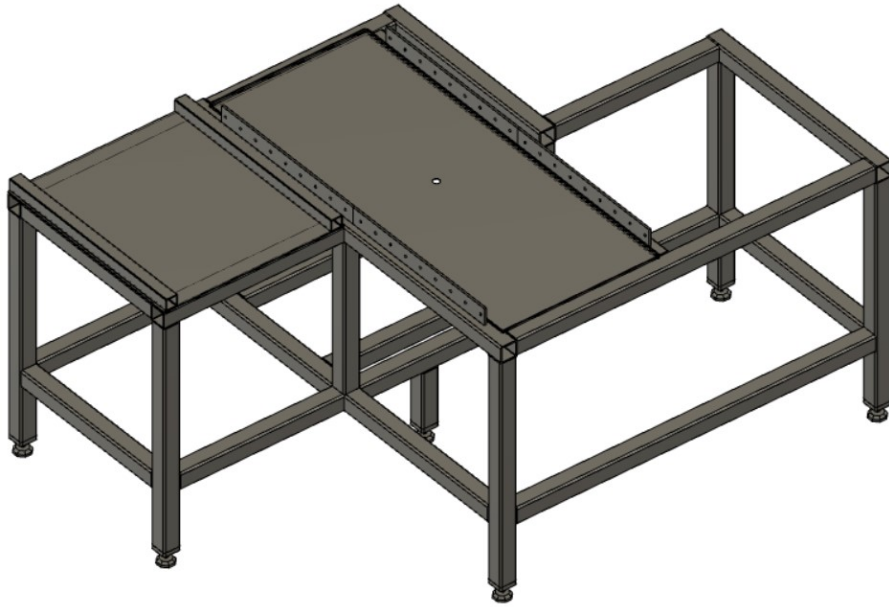
5.3 Pääkomponenttien esittely

Rullarata päälle asetetaan pesukorit suoraan pesukoneen vetopöydältä, jonka jälkeen ne työnnetään suojarakenteen sisälle. Rullarataan tilattiin alumiiniprofiilit ja niihin kuuluvat kiinnikkeet sekä teräsrollat. Rullarata kasattiin omasta toimesta ja alumiiniprofiileihin tehtiin vaaditut koneistukset, jotta teräsrollat saatiin asennettua profiileihin kiinni. Teräsrollien alle valmistettiin myös valumapelti, jotta lattialle ei tippuisi ylimääräistä vettä kappaleista.



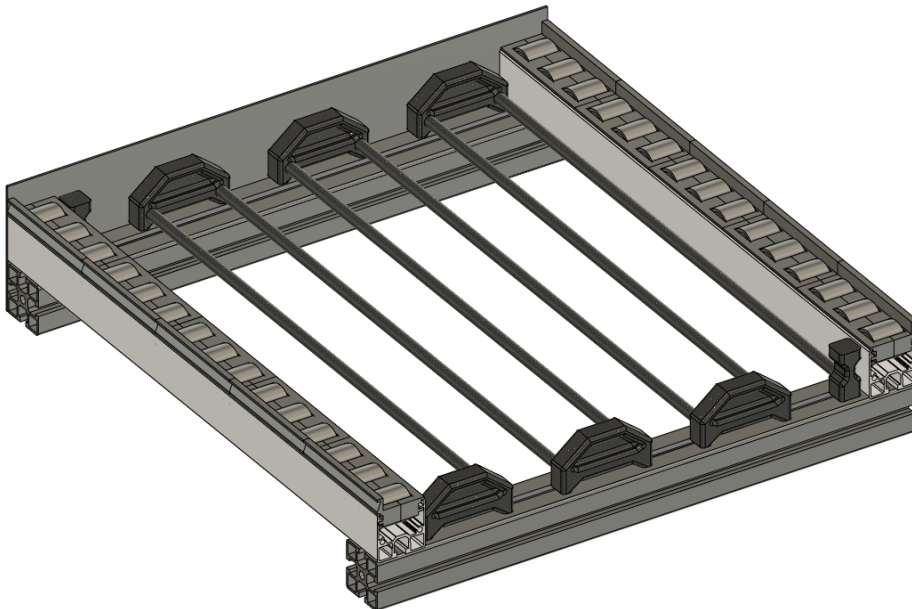
Kuva 27. Rullarata, jossa valumapelti.

Alusrakenne eli pöytä valmistettiin 50x50 mm neliöraudasta ja tämä rakenne alihankittiin. Pöydästä tehtiin kokoonpanopiirustus, jonka avulla se valmistettiin. Pöytään liitettiin myös valumapelti, ja liukuraide, jonka päällä puhallusalusta liikkuu laakereiden yllä.



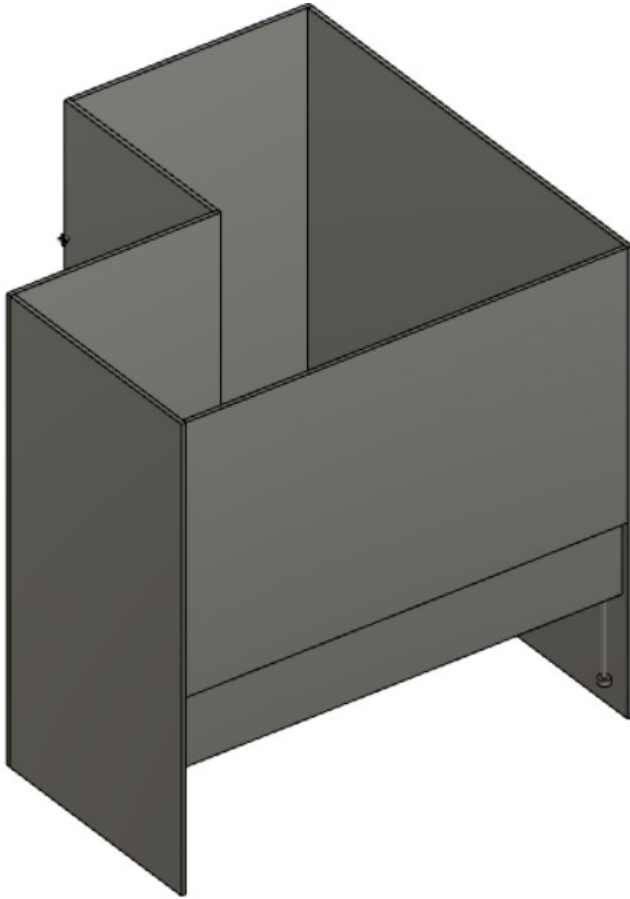
Kuva 28. Puhallusratkaisun alusrakenne

Puhallusalusta valmistettiin alumiiniprofiileista, kuten rullaratakin. Pesukorit ovat tämän rakenteen päällä, kun niitä puhalletaan. Puhallusalusta liikkuu myös sivusuunnassa laakeroidun latan yllä. Puhallusalustan sisäpuolella on 3D-tulostetut tuet ja alumiiniputkisto, jonka avulla puhallus tapahtuu alapuolelta.



Kuva 29. Puhallusalusta, jonka päällä pesukorit puhalletaan.

Suojarakenne tai toisin sanoen koppi, jonka sisällä robotti puhaltaa rakennettiin koivuvanerista. Vanerin paksuudeksi valitui 12 mm ja kyseisessä paksuudessa ääneneristävyys on 20–23 dB vanerioppaan mukaan ja tämä lukema on lähellä samaa lukemaa mitä normaalit kuulosuojaimet eristävät.



Kuva 30. Suojarakenteen 3D-malli

5.4 Työssä käytetyt 3D-tulosteet

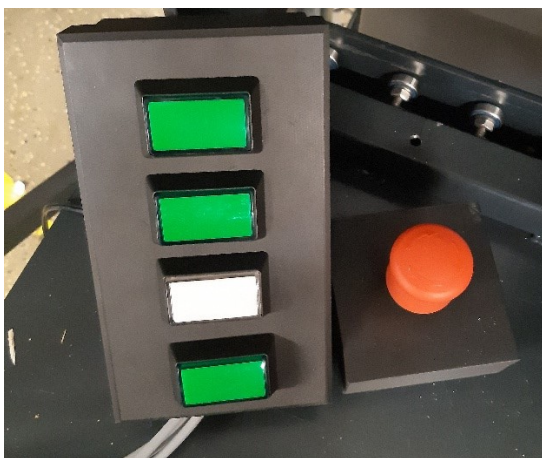
Työssä 3D-tulostettiin muutamia komponentteja. 3D-tulostus oli kätevä ratkaisu monille komponenteille pääosin siksi, että painot pysyvät alhaisena ja tulostaminen oli helpompaa kuin esimerkiksi osien valmistaminen muulla keinolla tai niiden hankkiminen ulkopuolelta.

Työkalu oli ennen työn aloitusta tulostettu, mutta siihen tulostettiin vielä työkalun jatke sekä työkalun päähän pieni osa, joka poisti mahdollisen törmäyriskin ohjelmassa.



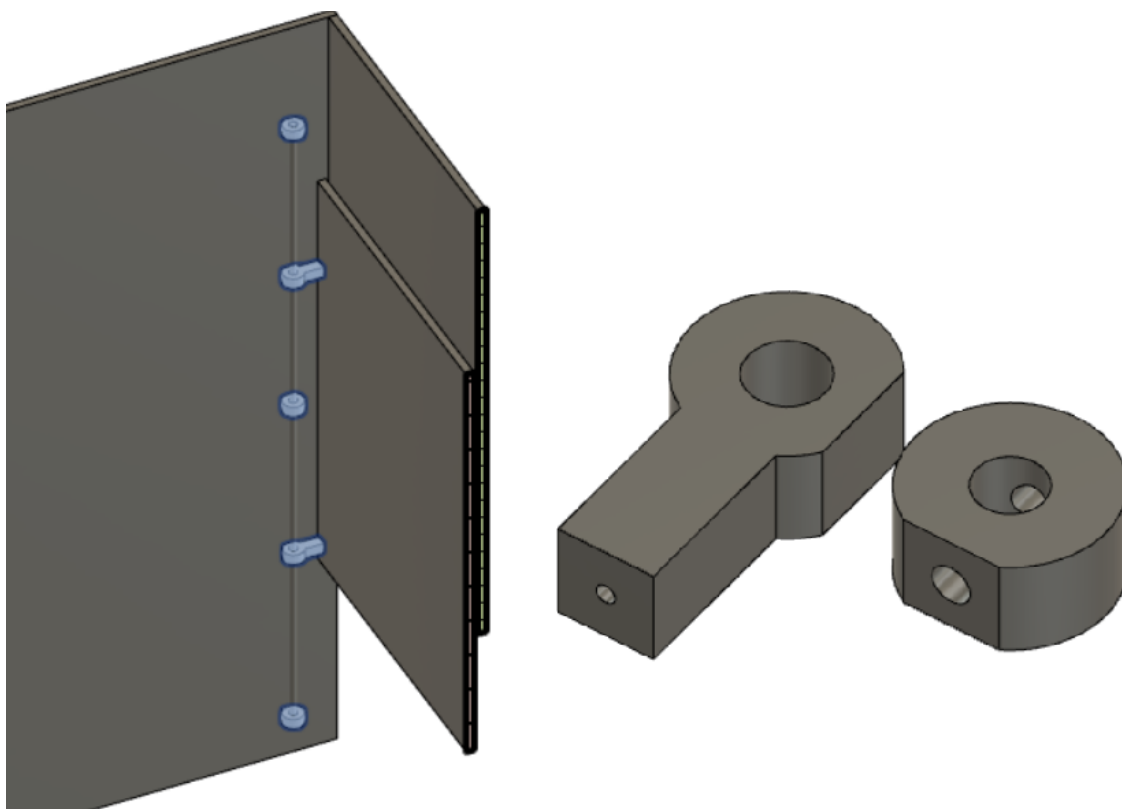
Kuva 31. Työkalu robotissa kiinni.

Käyttöliittymä ja hätäseipainikkeen suojalaatikko tulostettiin myös, koska sopivan kokoisia suojalaatikoita oli hankala tilata yksittäiskappaleina.



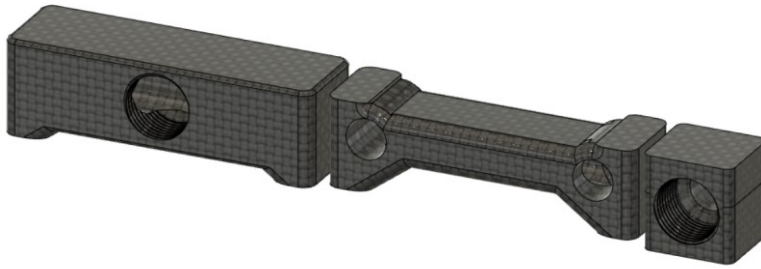
Kuva 32. Käyttöliittymä ja hätäseis suojalaatikat.

Suojarakenteen oven toimimista varten tulostettiin sivuohjaimet, joiden avulla ovi nousee ja laskee suorassa.



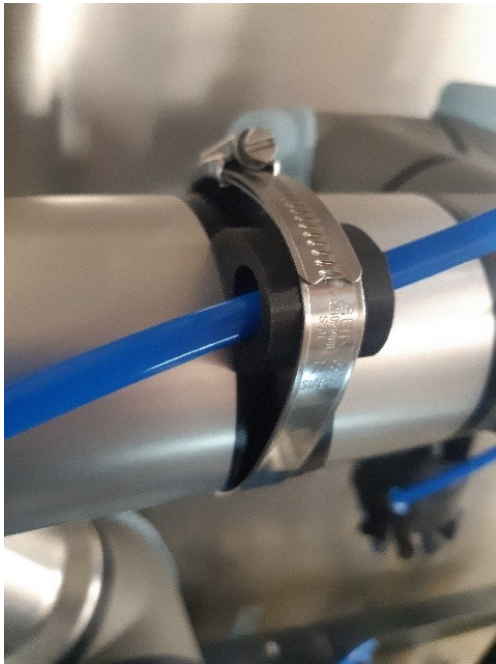
Kuva 33. Suojarakenteen ovi sisäpuolelta.

Puhallusalustan alapuolista puhallusta varten 3D-tulostettiin putkituet, joiden välillä kulkee $\text{Ø}10$ mm alumiiniputki, johon on porattu $\text{Ø}1,5$ mm reikiä satunnaisesti. Toisen puolen putkituet tulostettiin uudelleen, kun huomattiin, että tarvitaan hieman enemmän puhallus tehoa, jolloin uudet tuet tulostettiin isommalla kierteellä.



Kuva 34. Puhallusalustan putkituet

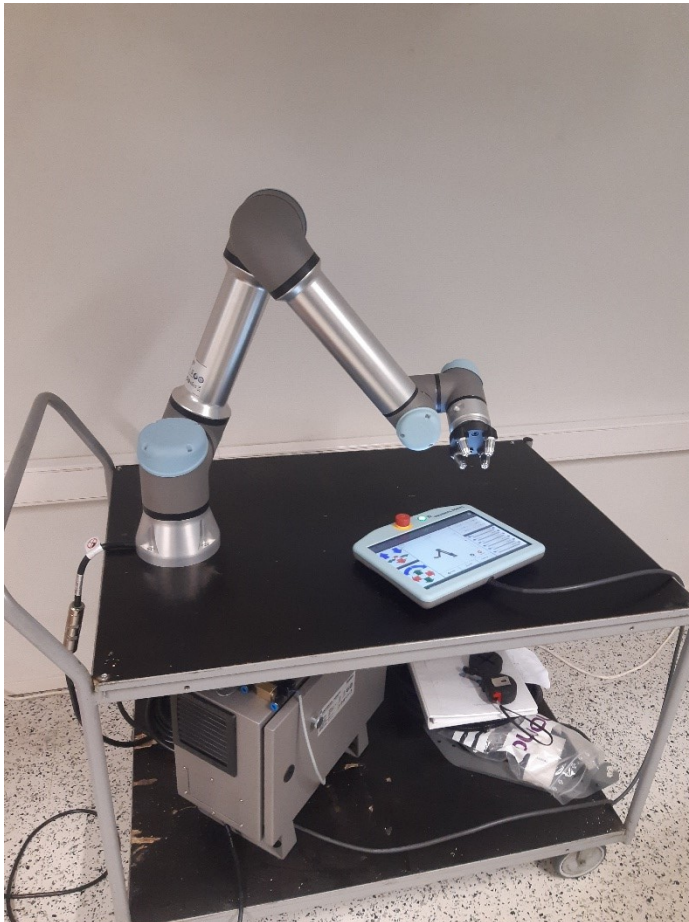
Robotin rungossa kulkevan paineilmaletkun kiinnitykseen tulostettiin pienet tuet, jotka kiinnitettiin robotin runkoon putkikiristimien avulla.



Kuva 35. Paineilmaputken 3D-tulostetut tuet robotin rungossa.

6 Robotin ja puhallusalustan käyttöönotto

Robotin käyttöönotto aloitettiin asentamalla yhteistyörobotti erilliselle testipenkille, jossa robotin liikeratoja ja tilan tarvetta voitaisiin tarkastella ennen itse puhallusrakennelman varsinaista suunnittelun aloitusta. Tällöin myös ohjelmointiin päästiin tutustumaan ja pohtimaan, miltä robotin tuleva ohjelma näyttäisi.



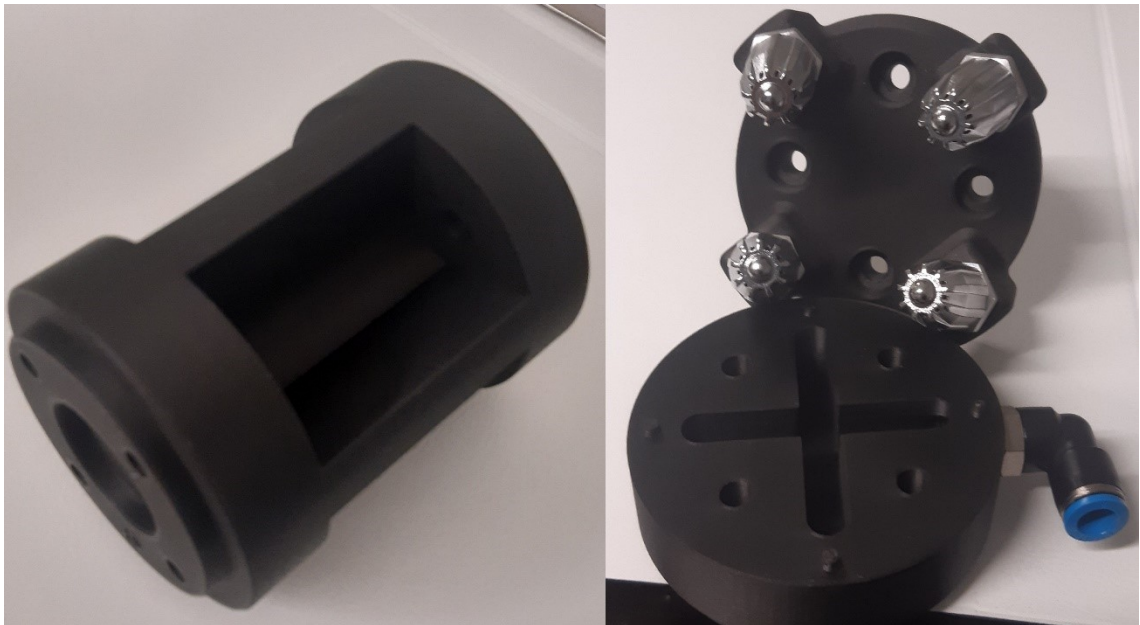
Kuva 36. Robotti testipenkissä.

Yhteistyörobottina toimii Universal Robotsin UR5e, jonka kantokyky on 5 kg ja toimintasäde on 850 mm. Robotissa on kuusi niveltä, joiden liikkuma-alue on $\pm 360^\circ$ ja suurin nopeus $180^\circ/\text{s}$. Robotin toisto tarkkuus on ± 0.03 mm. Robotin IP-luokitus on IP54, joka tarkoittaa, että se on suojattu pölyltä, mutta ei

täydellisesti tiivistetty sekä robotti on suojattu vesiroiskeilta. (Universal Robots 2021.)

6.1 Robotin työkalu

Robotin työkalun tarkoitus on puhalttaa kappaleiden yläpuolelta paineilmasuuttimien avulla.



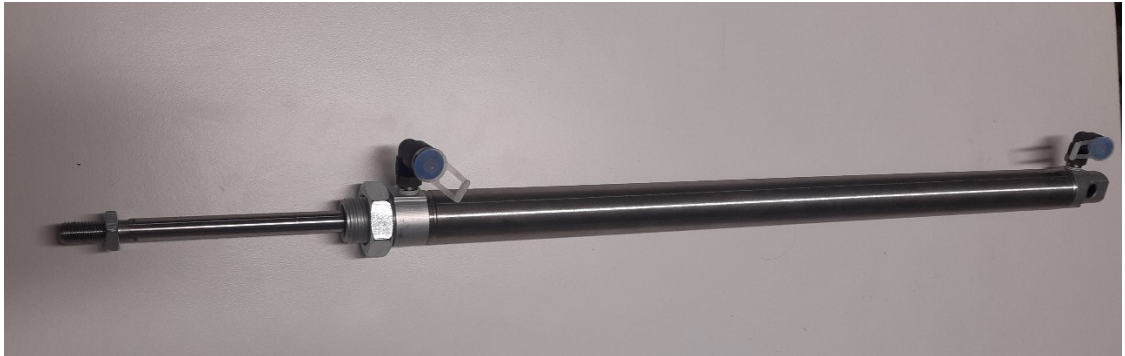
Kuva 37. 3D-tulostettu robotin työkalu ja sen jatke.

6.2 Työssä käytetyt lisälaitteet

Jotta robotti toimisi toivotulla ja turvallisella tavalla siihen tarvittiin seuraavia lisälaitteita, sylinteriä, kahta venttiiliä ja paineensäädintä. Näitä komponentteja ohjailtiin robotin ohjelmassa.

Sylinterin valintaan vaikutti se, että sen olisi tarkoitus kestää mahdollisesti kosteaa ympäristöä, joten sylinteriksi valittiin Festo:n DSNU-25-400-P-A, joka on ruostumattomasta teräksestä valmistettu paineilma sylinteri, jonka akselin halkaisija on 25 mm ja männän iskupituus on 400 mm. Sylinterin teoreettinen maksimivoimaksi 6 bar:in paineella sisäänveto liikkeessä on 247 N ja

työntöliikkeessä 294 N. Tämä voima riittää hyvin, koska sylinterin taakalle arvioitiin noin 8 Kg.



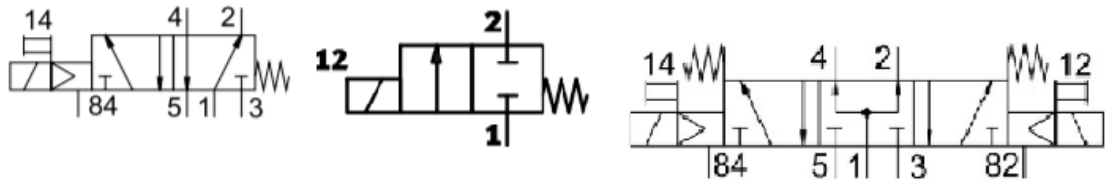
Kuva 38. Työssä käytetty paineilmasylinteri.

Pesualustan työntöön valittiin MY1B25TFG-600Z männänvarreton sylinteri, jossa iskunpituus on 600 mm ja teoreettinen maksimivoima on 245 N 6 bar:in paineella, joka on riittävä. Puhallusalustaa liikutetaan noin 550 mm, joten siihen tarvitaan kaksi induktiivista anturia molempiin pätyihin lopettamaan liikkeen.



Kuva 39. Männänvarretoman sylinterin 3D-malli

Venttiileitä käytettiin kolmea erilaista, joista yksi oli 2/2 venttiili solenoidi ohjauksella, jolla ohjattiin puhallusta ja toinen oli 5/2 venttiili solenoidi ohjauksella, jolla ohjattiin sylinteriä. Kolmatta 5/3 venttiiliä käytettiin puhallusalustaa liikuttavan lineaarijohteen ohjaukseen. 5/3 venttiilissä on paineistettu keskiasento, jolloin johteen kelkka pysyy paikallaan jarrutettuna. Kuvassa 46 näkyy männänvarreton sylinteri asennettuna.

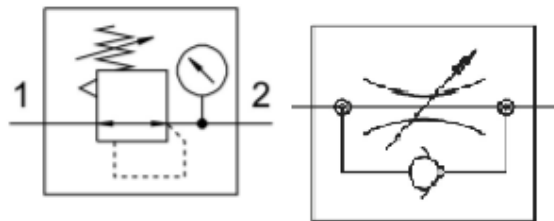


Kuva 40. 5/2, 2/2 ja 5/3 venttiilit

Paineensäätimellä saatiin suojarakenteen oven lasku turvalliseksi.

Paineensäädin sijoitettiin ennen 5/2 venttiiliä, jotta mahdollinen oven välinen murskautumisen vaara saataisiin merkittävästi vähennettyä.

Vastusvastaventtiilillä säädettiin männänvarrettomman sylinterin liikenopeutta, jotta se ei olisi turhan nopea.



Kuva 41. Paineensäädin ja vastusvastaventtiili

Työssä käytetään myös kanavapuhallinta, jonka tarkoituksena on puhalttaa kostea ilma pois suojarakenteen sisältä. Kanavapuhaltimessa on myös portaaton nopeuden säädin, jota työntekijä voi tarvittaessa säätää tai kokonaan sammuttaa puhaltimen.



Kuva 42. Työssä käytetty kanavapuhallin.

6.3 Robotin ohjelmointi

Universal Robots:ia voidaan kontrolloida kahdella eri tasolla: robotin oma GUI ja URScript. GUI:lla eli Graphical User Interface tarkoitetaan robotin käsiohjainta, tällä ohjelmointi on simppeleä ja helppo oppia. URScript on Universal Robots:n oma ohjelmointikieli, jolla kontrolloidaan robottia skripti-tasolla. URScript:iin ei tarvitse koskea pienissä ja simpeleissä ohjelmissa, mutta vaatimimmissa ohjelmissa sen tarve kasvaa. Universal Robots:in robotteja voidaan myös offline ohjelmoida käyttäen esimerkiksi RoboDK:n valmistamaa sovellusta, jota voidaan ohjelmoida muun muassa Python, C#, C++, Visual Basics ja Matlab ohjelmointi kielillä. Universal Robots tarjoaa myös, oman offline simulointi ohjelman URsim, joka on teachpendant virtuaalisesti ja tätä ohjelmaa käytetään tietokoneella virtuaalikoneen kautta.

Robotin ohjelmalla oli muutamia ehtoja, jotta se toimisi mahdollisimman hyvin ja halutulla tavalla:

- Robotille pyrittiin liittää mahdollisimman vähän laitteita, jotta IO:ta ei ole turhaan liikaa.
- Käyttöliittymä mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen.
- Robotin tunnistettava onko kyseessä metalli- vai muovikori niiden korkeuserojen takia.
- Tunnistaa mahdollinen viiste korissa.

- Liikuttaa puhallusalusta sivusuunnassa, joko robotin voimin tai erillisellä sylinterillä.

Puhallusalustan työntämistä testattiin robotin voimin, mutta ilmeni, että robotin voimat tulevat esteeksi painavimmilla koreilla, joten siihen tarkoitukseen hankittiin erillinen paineilmatoiminen männänvarreton sylinteri, jolla puhallusalustaa työnnetään. Tämä ei kuitenkaan tullut täysin yllätyksenä, vaan jo suunnittelu vaiheessa siihen varauduttiin varmistamalla, että mahdolliselle sylinterille on tilaa.

Robotin ohjelman sisällä käytettiin hyväksi yhteistyörobotin komentoa Until Contact, jossa robotin työkalu liikkuu Z-suunnassa alaspäin, kunnes se osuu johonkin matkalla tai saavuttaa paikkapisteen. Komennon avulla tunnistettiin kulmat siten, että robotti liikkuu kulman kohdalle, jonka jälkeen lähtee Z-suunnassa alaspäin, kunnes se osuu korin kulmaan tai menee ohi korin kulman korkeuden, jolloin ohjelma tietää, että kyseisessä paikassa on viiste. Jokaiselle viisteelle on oma aliohjelmansa, jossa robotti puhaltaa pesukorin kappeleineen.

Robotin ohjelma tehtiin lähes valmiiksi sen ollessa vielä erillisessä testipenkissä, jolloin asennus vaiheessa ohjelmaan ei tarvitsisi käyttää paljon aikaa.

Robotin ohjelman kulku:

- Odottaa käyttäjältä valintaa ohjelman keston suhteen.
- Sulkee sylinterillä liukuoven ja aloittaa ohjelman.
- Robotti tunnistaa, että onko kyseessä metallinen vai muovinen pesukori.
- Robotti käy jokaisen kulman kohdalla etsimässä mahdollisen viisteen.
- Aloittaa liikekäskyt sen jälkeen, kun on paikantanut viisteen.
- Puhalluksen jälkeen puhallusalusta liikutetaan vasemmalle johteen avulla, kunnes sensori aktivoituu
- Aukaisee liukuoven sylinterillä
- Odottaa, että käyttäjä on ottanut pesukorin pois, jonka jälkeen odottaa kuittausta käyttäjältä.

- Kuittauksen jälkeen puhallusalusta liikkuu sivusuunnassa takaisin oikealle, jonka jälkeen ohjelma alkaa alusta.

Käyttöliittymässä käytetään neljää eri painonappia. Kahta näistä napeista käytetään ohjelman keston valintaa, kolmatta käytetään kuittausnappina ja neljännellä napilla aloitetaan ohjelman kulku. Ohjelmassa kesto muuttuu ohjelman sisällä siten, että kun nappia painetaan, vaihtuu ohjelman sisällä muuttuja ja tämä muuttujaa määrittää kuinka monta kertaa puhalluksen liikekäskyt toistetaan. Napit ovat myös valaistu ja näitä valoja ohjataan ohjelman sisällä kertomaan käyttäjälle seuraavan vaiheen.

Robotin käyttöliittymän laatikko 3D-tulostettiin, koska sopivan kokoisia valmiita laatikkoja oli hankala löytää ja 3D-tulostamalla siitä saatiin juuri sellainen kuin haluttiin.



Kuva 43. Käyttöliittymä asennettuna paikoilleen.

6.4 Alustan ja robotin asennus ja käyttöönotto

Asennustyö aloitettiin alustan paikoittamisella sekä robotin jalustan kiinnittämisellä lattiaan. Tämän jälkeen robotti kiinnitettiin jalustalle, jonka jälkeen ohjelman paikkapisteitä muokattiin.

Paineilma komponentteja aloitettiin testaamaan sen jälkeen, kun robotti oli paikoillaan. Puhalluskomponentteja testattiin ja kävi ilmi, että alapuolinen puhallus on melko heikkoa, joten alapuoliseen puhallukseen liitettäisiin Ø10 mm letkua Ø8 mm letkun sijaan. Tähän tarvittiin muutama komponentti ja myös putkitukia piti 3D-tulostaa uudelleen isommalla kierteellä. Robotin työkalu tulostettiin myös uudestaan, jotta siihen voidaan liittää myös Ø10 mm paineilmaputkea.

6.5 Sylintereiden asennus

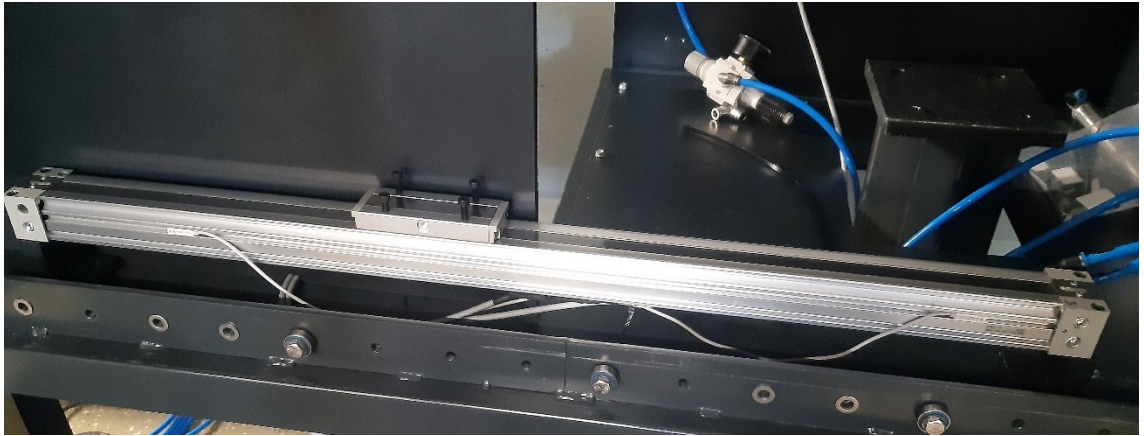
Oven sylinteri asennettiin suojarakenteen kattoon, josta se ottaa ovesta kiinni ja nostaa sitä. Oven voimaa ja liikenopeutta säädettiin paineenalennimella, joka sijoitettiin ennen sylinteriä ohjaavan venttiiliä, jolloin painetta alennetaan molempiin suuntiin.



Kuva 44. Oven sylinteri sisältä katsottuna.

Männänvarreton sylinteri asennettiin alusrakenteeseen ja sylinteriä korotettiin hieman, jotta siirrettävän massan painopiste olisi lähempänä sylinterin kelkan

pintaa. Antureiden paikoitus piti myös katsoa, jotta sylinteri liikkuu oikean matkan.



Kuva 45. Männänvarreton sylinteri asennettuna.

7 Tulokset

7.1 Puhallusrakennelman toimivuus

Puhallusrakennelma toimii suunnitelmien mukaan ja robotin työkalun puhallusteho on riittävä, mutta alapuolinen puhallus on joillekin kappaleille hieman riittämätön, jolloin kappaleiden alapuoli jää hieman märäksi. Alapuolista puhallusta täytyy testata enemmän ja ehkä myös miettiä, että miten sitä pystytään parantamaan tai edesauttamaan esimerkiksi kappaleiden asemoinnilla tai paineilma komponenttien muutoksella tai muokkauksella.

Rakennelman avulla vähennettiin melua ja mittailun tuloksena rakennelman läheisyydessä puhalluksen ollessa päällä melun huippuarvo oli 95 dB, mikä on merkittävästi pienempi kuin käsin puhaltaessa, jossa huippuarvoksi saatiin 116 dB. Melun suuruutta on vielä mahdollista pienentää erilaisin keinoin.



Kuva 46. Valmis puhallusrakennelma asennettuna

7.2 Lean:in hyväksikäyttäminen

Lean-menetelmä on käytössä laajasti yrityksessä, joten sitä pyrittiin tässä työssäkin hyödyntämään. Keinoja, joilla pyrittiin tätä tekemään, oli esimerkiksi hankkia mahdollisimman paljon komponentteja samasta kohteesta, jotta komponentteja ei tarvitsisi tilata monesta eri kohteesta. Muita keinoja oli muun muassa turhien/väärien komponenttien ja muiden osien minimointi, samankaltaisten kiinnitysmenetelmien käyttö ja yrityksessä tuttuja olevien menetelmien ja komponenttien käyttö.

Robotin ohjelmoinnissa ja asennuksessa pyrittiin minimoimaan kaikki tekijät, jotka voisivat aiheuttaa törmäyksen. Ohjelmoinnin avulla tehdään niin sanotusti virheiden automaattista tarkistusta esimerkiksi sillä, että robotti tarkistaa korin korkeuden ja sen mahdollisen viisteen paikan.

Lean:in kannalta mikään ei ole koskaan täydellinen, vaan sitä voidaan aina parantaa. Tässä työssä tuli muutamia kohtia, joissa lean:in kannalta olisi voinut mennä paremmin, kuten muutamia yksittäisiä komponentteja jouduttiin tilaamaan erikseen, koska niitä ei ollut saatavilla muualta. Työhön tilattiin myös muutama ylimääräinen komponentti, jotka korvattiin toisilla komponenteilla ja myös muutamat 3D-osat tulosteettiin uudemman kerran.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli automatisoida märkien kappaleiden kuivaaminen puhaltamalla, jotta työntekijän ei käsin niin tarvitsisi tehdä, käsin puhaltaessa aiheutuu myös paljon melua, jota pyrittiin vähentämään. Automatisoinnin avulla voitaisiin käyttää myös pesukonetta tehokkaammin, kun kappaleiden kuivaaminen ei tapahdu pesukoneen vetopöydällä.

Työssä oli melko vapaat kädet suunnittelussa ja toteutuksessa, joka oli mieluisaa, kun sai itsenäisesti miettiä ja tehdä, mutta toi myös hieman haastetta. Suunnittelun aloitus oli melko haasteellista, kun täytyi miettiä monia asioita monelta kannalta, kuten mitä komponentteja tarvitaan, mistä tilattaisiin, mitä materiaaleja, pystytäänkö itse valmistamaan ja myös, että onko taloudellinen valinta. Oman vision löydettyä suunnittelu lähti hyvin liikkeelle ja suunnittelupalaverien palautteiden ja ehdotusten avulla saatiin suunniteltua mielestäni toimiva ratkaisu.

Suunnittelussa apuna käytettiin Fusion 360 suunnittelu ohjelmaa, jonka avulla tehtiin tarvittavista komponenteista piirustukset ja tarvittaessa materiaalilistat. 3D-mallinnus ja niistä piirustusten tekeminen oli mielenkiintoista ja myös opettavaista, koska niiden mukaan tehtiin muutamia komponentteja, jolloin mahdolliset puutteet tai epäkohdat piirustuksissa tuli hyvin esille. Suunnitelmat onnistuivat kokonaisuudessaan hyvin, mutta muutamia pienempiä asioita tuli esille, joita ei oltu täysin loppuun mietitty, mutta niistä selvittiin pienten hienosäätöjen avulla.

Opinnäytetyössä tuli myös hieman esille 3D-tulostuksen mahdollisuuksista konepaja ympäristössä. 3D-tulostaminen on todella kätevä ratkaisu varsinkin erikoisten komponenttien valmistuksessa. On myös usein helpompaa ja nopeampaa 3D-tulostaa jokin osa kuin tilata se jostakin. Tietysti 3D-tulostamisella on rajansa esimerkiksi materiaalin lujuuden ja muiden ominaisuuksien suhteen.

Robotin ohjelmointi onnistui ja se toimii, mutta ohjelmaa muokataan vielä tarvittaessa. Ohjelman liikeratoja pyrittiin optimoimaan, jotta ei tulisi turhaa liikettä, mutta luultavasti muutama sekunti voitaisiin vielä karsia koko ohjelman ajasta.

Työergonomian kannalta työssä päästiin vähentämään puhalluksesta aiheutuvaa melua hyvin, mutta nostojen suhteen työergonomiaa oli hankala parantaa, mutta muutamia ideoita tuli miten sellainen olisi mahdollista. Yksi helppo tapa hieman auttaa nostojen suhteen on valmistaa eräänlainen silta, jonka päältä pesukorit vedetään pesukoneen vetopöydältä rullaradalle, jolloin pesukoria ei tarvitse nostaa sitä matkaa.

Automaattioratkaisu on parhaimmillaan, kun pestävää on paljon, mutta esimerkiksi yksittäisten pesukorien tai erikoisimpien kappaleiden puhaltaminen luultavasti on helpompi ja nopeampi puhaltaa käsin. Automaattioratkaisun todellinen hyöty tai sen käytettävyys selviää vasta myöhemmin, kun sitä on käytetty enemmän.

Paineilman kulutusta täytyy myös hieman enemmän tarkkailla, jotta saadaan selville, että olisiko erillinen paineakku kannattavaa hankkia, joka hieman alentaisi paineilman tuottotarvetta.

Opinnäytetyö oli mieluisa tehdä, koska siinä pääsin tekemään asioita laidasta laitaan, kuten suunnittelusta komponenttien valintaan sekä myös valmistamaan ja rakentelemaan itse suunniteltuja osia ja rakennelmia.

Lähteet

Bouchard, S. 2017. Lean robotics. A guide to making robots work in your factory. Kanada: Samuel Bouchard.

Dinwiddie, K. 2018. Industrial Robotics. Painos 1. USA: Cengag.

Haverila, J.; Uusi-Rauva, E. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6 Painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino.

Laplace Jêrôme, 2014. Human-robot interaction finally reaches the work floor. Viitattu 5.11.2021 <https://www.generationrobots.com/blog/wp-content/uploads/2014/01/Lightweight-robots-and-Collaborative-Robotics.pdf>.

Lempiäinen Juhani, Stabiili robottimarkkina vuonna 2020. Viitattu 25.1.2022 http://www.automaatiovayla.fi/wp-content/uploads/2021/12/Robotiikkatilastot_2021_netti.pdf.

Malm Timo, 2019. Yhteistyö robotit tulevat. Viitattu 5.11.2021 <http://www.automaatiovayla.fi/automaatiovayla-6-2019-on-nyt-luettavissa-sahkoisesti>.

Owen-Hill Alex, 2018. Six essential properties of an efficient cell layout. Viitattu 27.1.2022 <https://blog.robotiq.com/6-essential-properties-of-an-efficient-cell-layout>.

Roehl Cory, 2017. Know your machine: industrial robots vs. cobots. Viitattu 8.11.2021 <https://www.universal-robots.com/blog/know-your-machine-industrial-robots-vs-cobots/>.

Työsuojeluhallinto 2020 Fysikaaliset tekijät melu. Viitattu 2.11.2021 <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/melu>.

Työsuojeluhallinto 2020 Nostot käsin. Viitattu 4.11.2021 <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fyysinen-kuormitus/nostot-kasin>.

Universal Robots 2021 UR5e. Viitattu 5.11.2021 https://www.universal-robots.com/media/1802778/ur5e-32528_ur_technical_details_.pdf.

Xiao Maya, The collaborative robot market 2021-2028. Viitattu 22.11.2021
<https://www.interactanalysis.com/the-collaborative-robot-market-2021-28-grounds-for-optimism-after-a-turbulent-two-years/>.