

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja Tuotantotekniikka

2018

Severi Karjalainen

TUOTANNON VIRTAUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone - & Tuotantotekniikan koulutusohjelma

18.06.2018 | 52 sivua

Severi Karjalainen

TUOTANNON VIRTAAUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää muovituotteita valmistavan yrityksen kokoonpano-osioiden ja hitsaussolujen automatisoinnin mahdollisuutta. Automatisoinnin avulla pyritään myös yleiseen virtaustehokkuuden parantamiseen yrityksessä. Opinnäytetyön tavoitteena on antaa asiakkaalle mahdollisimman valmiit suunnitelmat edellämainittujen työpisteiden automatisointiin, kuitenkin jättämällä konsepteihin parantamis- ja muokkausmahdollisuuksia. Opinnäytetyön tilaajana toimi suomalainen Oy Parlok AB.

Opinnäytetyössä käsitellään yleisellä tasolla automatisointiin liittyviä ongelmia ja vaatimuksia, minkä lisäksi perehdytään yrityksessä ilmeneviin ongelmiin automaation kannalta. Lisäksi robottisolujen suunnitelmat 3D-mallinnettiin soluja varten. 3D-mallinnukseen käytettiin Solidworks (Solidworks 2016-2017) ja Autocad (AutoCAD 2018) CAD-ohjelmia. Suunnitelmiin kuului robottien valinta ja solun toimimiseen tarvittavien työkalujen, jigien ja muiden elementtien valinta, suunnittelu ja mallinnus.

Työn tuloksena luotiin yritykselle uusi näkökanta automaatiomahdollisuuksista. Työn vaikutuksia ei vielä ole yrityksessä havaittavissa, sillä tehtaan automatisointi ei vielä ole täysin ajankohtaista.

ASIASANAT:

Automaatio, Kokoonpano, Hitsaus, Muovi, Tuotanto

BACHELOR´S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

18.6.2018 | 52 pages

Severi Karjalainen

IMPROVING THE FLOW EFFICIENCY IN PRODUCTION

The main goal of this thesis was to sort out the automation possibilities for a Finnish company specialized in plastics. The automation was limited to assembly units and welding units of the company. The main goal of automatization was to improve the flow efficiency in production of the company. This thesis was commissioned by Oy Parlok AB.

The thesis deals with general problems and requirements related to automation, but it as well sorts out the difficulties of automation related to the company. In addition, the layout plans and 3D-models for robot working units were made using Solidworks (Solidworks 2016-2017) and Autocad (AutoCAD 2018) CAD-programs. The plans included selecting robots for the unit. Selecting, designing and modelling tools, jibs and other elements required for the unit to works was also part of the thesis.

The aim of the thesis was to give the client as ready-made plans as possible for the automation of the workstations mentioned above. The concepts were left with some space for improving additions and editing possibilities.

As the result of the thesis a new viewpoint on automation was created. Any real affects are not visible yet since the automation process has not started in the company.

KEYWORDS:

Automation, Assembly, Welding, Plastic, Production

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 YLEISTIETOA TEHDASAUTOMAATIOSTA	9
2.1 Automaatio tuotantoprosesseissa	9
2.2 Robotisoitu automaattiosolu	9
2.2.1 Robotit	9
2.2.2 Kappaleen asemointipisteet	10
2.2.3 Robottiradat	11
2.2.4 Turvalaitteet	11
3 TAUSTATIETOA JA PROJEKTIN TOTEUTUS	13
3.1 Oy Parlok AB yrityksenä	13
3.2 Projektin aloitus	13
3.3 Työn vaatimukset	14
3.4 Supra-roiskeenestojärjestelmien hitsauksen automatisointi	16
3.4.1 Roiskeenestomattojen ja läppien kuljetus ja paikoitus	18
3.4.2 Supra-hitsaussolun robotin valinta	22
3.4.3 Robotin työkalujen suunnittelu	23
3.4.4 Pneumaattisen tarttujan suunnittelu	23
3.4.5 Mekaanisen tarttujan suunnittelu	24
3.4.6 Lokasuojien paikoitus	26
3.4.7 Robottirata Supra-hitsaussoluun	28
3.4.8 Työkalujen säilytysteline / Vaihtoasema Supra-hitsaussoluun	29
3.5 Kannakekoonpanon automatisointi	30
3.5.1 Robottien valinta	34
3.5.2 Lokasuojien paikoitus	36
3.5.3 Työkalujen suunnittelu kannakekoonpanoon	37
3.5.4 Kannakkeiden syöttö	40
3.5.5 Pienosien syöttö	40
3.5.6 Työkalujen säilytysteline / Vaihtoasema kannakekoonpanoon	41
4 SOLUSUUNNITTELU	42

4.1 Supra-hitsaussolun layout.	42
4.2 Supra-hitsaussolun tavaravirran laskenta	44
4.3 Kannakekokoonpanon layout.	45
4.4 Kokoonpanosolujen tavaravirran laskenta	49

5 JOHTOPÄÄTÖKSET **50**

LÄHTEET **51**

KUVAT

Kuva 1. Yksinkertainen teollisuusrobotti (Niryö 2018).	10
Kuva 2. Esimerkkikuva robottiradasta (Eie 2018).	11
Kuva 3. Valoverho ja sen toiminnan esitys (Movetec 2018)	12
Kuva 4. Systemaattisen tuotekehitysprojektin perusrakenne, kuva mukailee Turun AMK, lehtorin Tommi Metson tunnilla esittämää kaaviota.	14
Kuva 5 Esimerkki lokasuojan taipumisesta nostettaessa.	15
Kuva 6 Kannakkeet kiinnitettynä lokasuojaan.	15
Kuva 7 Roiskeenestoläppä hitsausvaiheessa.	16
Kuva 8 Roiskeenestomatto kiinnityksessä.	17
Kuva 9 Roiskeenestoläppien nykyinen säilöntätapa.	19
Kuva 10 Painatusprosessin nykyinen kuivausteline.	20
Kuva 11 Renderöity 3D-mallinnos kuljetustelineen konseptista	21
Kuva 12 Renderöity 3D-mallinnos pneumaattisen tarttujan konseptista.	24
Kuva 13 Renderöity 3D-mallinnos mekaanisen tarttujan konseptista.	25
Kuva 14 Lokasuojalava.	26
Kuva 15 Tukipuut lokasuojassa.	27
Kuva 16 Renderöity 3D-mallinnos tukiseinän konseptista.	28
Kuva 17 Renderöity 3D-mallinnos työkalutelineen konseptista.	30
Kuva 18 P42, kannake Osa (1) Aluslevy, Osa (2) Suojalevy ja Osa (3) Lenkki	31
Kuva 19 Kannakkeet, Vasemmalta oikealle: Q42, P42, MR42, VR42.	32
Kuva 20 OEM-kannakekokoonpanon T1-Kannake.	33
Kuva 21 Kaikki OEM-kannakekokoonpanon kannakkeet (Vasemmalta oikealle: T1, T2, T3, T4, T5).	33
Kuva 22 OEM-kannakekokoonpanon kannakkeet kiinni lokasuojassa.	34
Kuva 23 Renderöity 3D-Mallinnos Kokoonpanopöydän konseptista.	36
Kuva 24 Renderöity 3D-mallinnos askelmoottorilla toimivasta mekanismista.	37
Kuva 25 Pneumaattinen moottori, jossa konsepti kiinnitys mekanismista.	38
Kuva 26 Renderöity 3D-mallinnos robottikäden konseptista.	39
Kuva 27 Supra-hitsaussolun layout suunnitelman konsepti.	43
Kuva 28 Kannakekokoonpanon layout suunnitelman ensimmäinen konsepti.	46
Kuva 29 Kannakekokoonpanon toinen layout konsepti.	48

TAULUKOT

Taulukko 1 Robottivertailu Supraan	22
Taulukko 2 Kokoonpanon robottivertailu.	35
Taulukko 3 Supra-hitsaussolun karkea tuotevirtaus.	44
Taulukko 4 Kokoonpanosolun karkea tuntinopeus laskettuna yhtä yksikköä kohti.	49

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

HDPE	High Density Polyethylene, eli Polyeteeni (Korkeatiheyksinen)
PE	Polyethylene, eli Polyeteeni
CAD	Computer Aided Design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu
T_{\max}	Korkein käyttölämpötila (Celsius-asteina)
Nm	Newtonmetri, voiman momentti, yksikkönä Newton * Metri
mm	Millimetri, mittayksikkö
Jigi	Kutsumanimi valmistuksessa käytettävälle pidikkeelle, käytetään varsinkin hitsauksessa

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi suomalainen Oy Parlok AB, joka valmistaa erityisesti autoteollisuuteen suunnattuja muovituotteita. Yrityksen tuoteperheen perustana ovat muovista valmistetut lokasuojat ja niiden roiskeenestojärjestelmät, yrityksen tuotantoprosessiin kuuluu myös tarvittaessa lokasuojien kiinnityskannakkeiden lisääminen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään roiskeenestojärjestelmien hitsausprosessiin ja lokasuojien kannakkeiden kokoonpanoprosessiin. Tavoitteena opinnäytetyössä on selvittää automatisoinnin mahdollisuudet yrityksessä ja miten automaatio vaikuttaisi virtaustehokkuuteen.

Yrityksen ripeän kasvun myötä on tuotannon tavoitteisiin pääsystä tullut haaste. Nykyisellä tuotantotavalla on vaikea päästä asiakkaiden tarpeisiin vastaavaan tuotannon virtausnopeuteen. Edellä mainitun syyn takia yritys kartoittaa mahdollisia tapoja parantaa virtausnopeutta eri soluissa.

Virtausnopeuden parantamista varten tässä opinnäytetyössä selvitetään, miten mahdollisen kokoonpanosolun ja hitsaussolun automatisointi auttaisi tuotannon virtausnopeuden lisäämistä. Tämän lisäksi opinnäytetyössä laadittiin suunnitelmat mahdollisia tulevia automaatiolosuja varten. Suunnitelmiin kuuluvat: Solujen layout-mallinnokset ja tarvittavien komponenttien mallinnokset.

Olen työskennellyt yrityksessä vuoden 2017 lopusta alkaen. Tänä aikana olen tutustunut yrityksen prosesseihin ja kerännyt tietoa, jota tässä opinnäytetyössä käytän apuna.

2 YLEISTIETOA TEHDASAUTOMAATIOSTA

Automaatio käsitteenä on suhteellisen laaja. Se voidaan liittää erittäin moneen osa-alueeseen ja se herättää nykypäivänä useita eri keskustelunaiheita. Teollisuusautomaation peruseräite on kuitenkin yksinkertainen, manuaalisesti suoritettavasta tehtävästä tehdään automaattinen käyttäen hyödyksi erilaisia laitteistoja kuten robotteja, automaatiolaitteita tai algoritmia. Kaikki automaattiset tai automatisoidut järjestelmät eivät kuitenkaan toimi välttämättä itsenäisesti, vaan vaaditaan usein ihminen operaattoriksi tai valvomaan automatisoitua tuotantoprosessia.

2.1 Automaatio tuotantoprosesseissa

Automaation osuus tuotantoprosesseissa on selkeästi lisääntymässä. Robottien kehittyminen, hinnan laskeminen ja yleinen kannattavuus tekevät automaatiosta päivä päivältä kiinnostavamman aiheen yrittäjille. Automaattisia järjestelmiä näkeekin nykyteollisuudessa vain yhä useampia.

Tuotantoprosesseissa yleisimmät automaatoratkaisut koostuvat kahdesta eri ratkaisusta. Tuotantolinjasta, jossa tuote kulkee automatisoidun linjaston läpi, missä se valmistetaan vaihe vaiheelta tai robottisolusta. Robottien avulla saadaan useimmatkin pulmalliset tuotantoprosessit automatisoitua.

2.2 Robotisoitu automaatiolosu

Robotisoitu automaatiolosu koostuu yleisesti useasta osasta. Siihen kuuluvat robotit ja niiden ohjausyksiköt, turva-aidat ja kaikki mahdolliset lisälaitteet. Näiden kaikkien yhteistoiminnasta saadaan aikaiseksi toimiva robottisolu.

2.2.1 Robotit

Robotteja on monia eri tyyppisiä eri käyttötarkoitusta varten. Tämän vuoksi ne nimetäänkin useimmiten sen mukaan, mikä niiden käyttötarkoitus on. allonrobots-sivusto on lis-

tannut robotteja ainakin seuraaviin käyttötarkoituksiin: Teollisuus-, kotitalous-, lääketiede-, palvelu-, sotilas-, viihde-, avaruus- ja harrastusrobotteihin. Opinnäytetyön sijoituksessa suomalaiseen teollisuuteen käytetään tässä kuitenkin lähinnä teollisuusrobotteja (Allonrobots 2018a).

Teollisuusrobotti muodostuu useimmiten viidestä osasta: Robottikädestä, työosasta, ohjausyksiköstä, keskusyksiköstä ja ohjaimesta (Allonrobots 2018b).



Kuva 1. Yksinkertainen teollisuusrobotti (Niryo 2018).

2.2.2 Kappaleen asemointipisteet

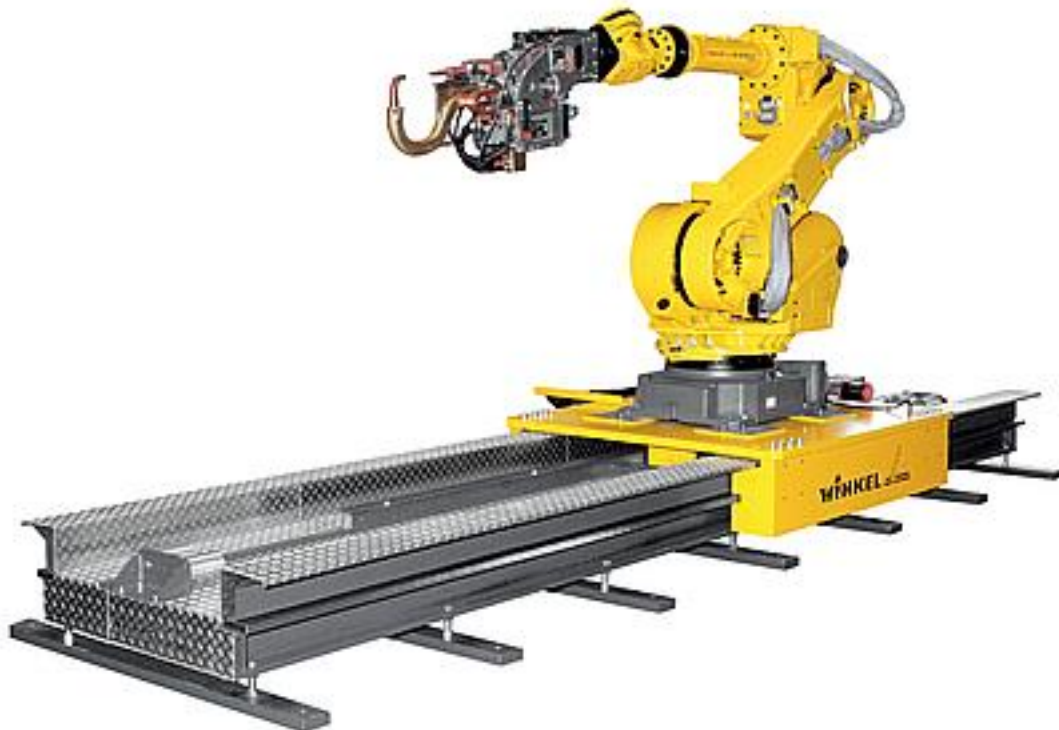
Toimiakseen oikein tulee robottien aina tietää, mistä raaka-aine, asennettava tuote tai hitsattava levy löytyvät ja missä asennossa ne ovat. Tämän takia robotisoiuihin automaatio-oseluihin luodaan useimmiten yksi tai useampia kappaleen asemointipisteitä. Asemointipisteitä voidaan käyttää eri vaiheissa solun toimintaa. Jos esimerkiksi ihminen asettaa tuotteen robotille käytetään sen asettelun avustamiseen kappaleen asemointipistettä.

Kappaleen asemointipisteitä suunnitellessa tulee ottaa huomioon siis lähes kaikki tekijät, jotka vaikuttavat kappaleen asentoon ja sijaintiin. Hyvä asemointipiste saa robottisolun toimimaan tarkemmin, sen avulla saadaan eliminoitua virheitä prosessista.

2.2.3 Robottiradat

Robotin oma työalue ei välttämättä aina ole tarpeeksi suuri vaadittuun tehtävään, varsinkin niissä tapauksissa, joissa käsiteltävän kappaleen koko on suuri. Tällaisissa tapauksissa voidaan turvautua robottirataan.

Robottiradat voivat koostua joko maahan kiinnitetystä radasta tai ilmassa olevasta akselista jonka varassa robotti liikkuu, akseleita voidaan käyttää myös useita, jotta saadaan lisäulottuvuuksia robotille. Robottiratojen tukena voidaan käyttää myös erilaisia liikutettavia pöytiä synkronoidulla liikkeellä.



Kuva 2. Esimerkkikuva robottiradasta (Eie 2018).

2.2.4 Turvalaitteet

Robotit pystyvät liikuttelemaan raskaita kuormia paikasta toiseen nopeasti ja tarkasti. Tämä tapahtuu kuitenkin täysin sokeasti ohjelman koordinaattien pohjalta. Tästä syystä täytyy robottisoluissa aina olla turva-aidat ihmisiä varten.

Turva-aidat ovat yleisimmissä tapauksissa joko perinteisiä teräksestä valmistettuja aitoja, jotka estävät ihmisen kulkemisen robotin toiminta-alueelle, tai valoverhoja, jotka ihmisen astuessa alueelle katkaisevat kaikista laitteistoista virran automaattisesti. Raskaan sarjan laser-roboteille käytetään myös ratkaisuja, joissa robotti on rajattu omaan tilaansa ja seinissä on tunnistimia laserin virran sammuttamista varten.



Kuva 3. Valoverho ja sen toiminnan esitys (Movetec 2018)

3 TAUSTATIETOA JA PROJEKTIN TOTEUTUS

3.1 Oy Parlok AB yrityksenä

Asiakasyrityksenä toimiva Parlok valmistaa pääasiallisesti muovikomponentteja ja lisävarusteita autoteollisuuteen. Tuotevalikoiman pohjana ovat raskaan kaluston lokasuojat joita yritys on valmistanut jo vuosikymmenien ajan. Yritys ei kuitenkaan ole vain lokasuojien varaan rakentunut vaan laajentaa tuoteperhettään jatkuvasti. Tulevaisuudessa yritys pyrkii myös vielä enemmän tilauskohtaisesti räätälöityihin muovituotteisiin lämpömuovauskoneen hankinnan pohjalta.

Erilaisia kokoonpanoprosesseja on yrityksellä erittäin paljon, mutta ne voidaan luokitella suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Kokonaisuuksia ovat: Kannakekokoonpano, OEM-kannake-kokoonpano ja laatikkokokoonpano. Tämän lisäksi muunlaisia jälkikäsittelyprosesseja yrityksellä on Supra-roiskeenestojärjestelmien hitsaussolu, lokasuojien venytyssolu ja moniakselisten Tandem-lokasuojien kokoonpanosolu. Tässä opinnäytetyössä keskittyy kannake- ja OEM-kannake-kokoonpanoon ja näiden lisäksi vielä Supra-hitsaussoluun.

Yrityksessä on viime aikoina tehty layout muutoksia uusien konehankintojen vuoksi. Yritys on myös luomassa lähiaikoina lisää varastotilaa johtuen kasvaneesta myyntimäärästä.

3.2 Projektin aloitus

Työn vastaanoton jälkeen käsittely alkoi tavallisen tuotekehitysprojektin mukaisesti, aikataulun laatiminen ja opinnäytetyön avauspalaverin sopiminen olivat projektin ensimmäiset vaiheet.

Tämän jälkeen alettiin seurata systemaattisen tuotekehitysprojektin perusrakennetta. Perusrakenteen vaiheet ovat seuraavat: Vaatimuslista, jako alitoimintoihin, ideointi, konseptointi, arvoanalyysi, looginen kuvaus ja viimeiseksi virtuaalinen malli. Tätä täsmennetään kuvassa 4.



Kuva 4. Systemaattisen tuotekehitysprojektin perusrakenne, kuva mukailee Turun AMK, lehtorin Tommi Metson tunnilla esittämää kaaviota.

Projektin poiketessa hieman normaalista tuotekehitysprojektista, osaa perusrakenteesta ei tässä projektissa käytetty.

3.3 Työn vaatimukset

Opinnäytetyön vaatimuksina oli selvittää virtaustehokkuuden parantamista automaation avulla. Automaation olisi siis tarkoitus jollain tasolla nostaa kokoonpano- ja hitaussolujen tuotevirtaa.

Tehtaan toiminta tuli siis jakaa alitoimintoihin ja kartoittaa, miten jokaista haluttuihin toimipisteisiin tulevaa osaa ja tarviketta täytyisi kuljettaa tai muuttaa, jotta automaatio olisi mahdollista. Automaation osalta suurimmaksi haasteeksi yrityksessä nousi tarkkuus. Käsiteltävät osat ovat valmistettu suurimmaksi osaksi käyttäen HDPE:tä, niiden koko on suuri, lokasuojien pituus on useimmiten vähintään kaksi metriä. Suuren pituuden vuoksi käsiteltävä tuote voi nostettaessa helposti taipua tai vääntyä (Kuva 5), joka saattaa vaikuttaa robotin käsittelytarkkuuteen kaikissa työvaiheissa. Lokasuojia liikuttaessa robotilla tulee siis ottaa huomioon asento, jossa liikutettavaa lokasuojaa pidetään.



Kuva 5 Esimerkki lokasuojan taipumisesta nostettaessa.

Toisena ratkaistavana ongelmana oli kannakkeiden kiinnitys lokasuojaan. Kiinnitystä varten tulee lokasuojien olla aika oikeassa paikassa ja oikeassa asennossa. Myös kannakkeita ja muita niihin tulevia osia pitäisi olla jatkuvalla syötöllä saatavilla robotille ja niiden asennon on oltava aina kohdallaan.



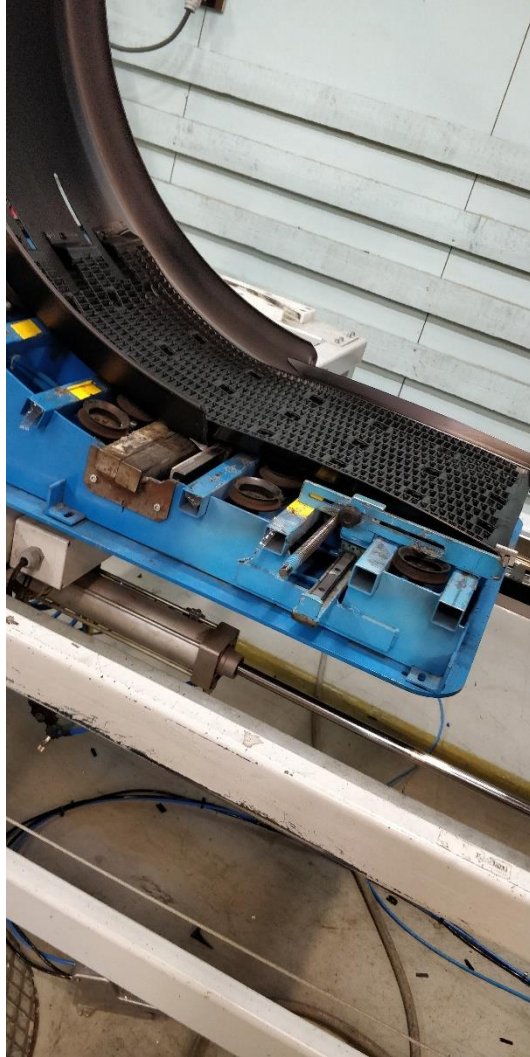
Kuva 6 Kannakkeet kiinnitettynä lokasuojaan.

3.4 Supra-roiskeenestojärjestelmien hitsauksen automatisointi

Supra-hitsaussolussa kiinnitetään lokasuojaan ensimmäisessä vaiheessa roiskeenestoläppä (Kuva 7) ja toisessa vaiheessa Supra-roiskeenestomatto (Kuva 8). Niiden hitsaus lokasuojaan tapahtuu hitsauskoneen avulla, johon tällä hetkellä ihminen asettaa lokasuojan ja siihen tulevat osat. Kaikkien osien paikoitus on hitsauksen onnistumisen kannalta tärkeää.



Kuva 7 Roiskeenestoläppä hitsausvaiheessa.



Kuva 8 Roiskeenestomatto kiinnityksessä.

Supra-hitsauslaitteita on tehtaassa kaksi kappaletta. Uusi kaksipaikkainen hitsauslaite ja vanha yksipaikkainen hitsauslaite. Kummatkin laitteet ovat teoriassa mahdollisia automatisoida, mutta on niihin joitakin muutoksia luultavasti tehtävä. Suurimmat ongelmat Supra-hitsauslaitteissa ovat niiden laadun tasaisuus. Vaikka laite toimisikin oikein ja siinä ei mitään virheitä havaittaisi saattaa hitsauksessa kuitenkin tapahtua virhe. Tämän vuoksi laaduntarkkailu operaattorilta olisi melkein välttämätöntä. Tässä opinnäytetyössä robotin on esitetty sijoittavan valmiin tuotteen suoraan lavalle, mutta supra-hitsaussolun virhemäärän takia voi robotti myös syöttää tuotteet esimerkiksi liukuhihnalle, josta operaattori pakkaa valmiit tuotteet lavalle tarkistettuaan niiden laadun.

Lisäongelmaksi osoittautuu myös lokasuojan asettelu Supra-hitsauslaitteeseen, varsinkin kaksipaikkaisessa hitsauslaitteessa voi ongelmia paikoituksessa tulla käännön jälkeen. Tämän ongelman ilmetessä ratkaisuna on kuitenkin yksikertaisesti lokasuojan kääntäminen siten, että robotti tarttuu sen sisäpinnasta kiinni. Tämä onnistuu, joko luomalla pöytä robotille, jossa se saa käännettyä lokasuojan tai yksinkertaisesti ottamalla lokasuoja vain lavan toisesta päästä.

Supra hitsauslaitteeseen tulee myös asentaa sensoreita automatisointia varten, jotta robotti tietää milloin osat ovat paikallaan ja hitsauksen voi aloittaa. Sensoreita tarvitaan selvittämään ainakin seuraavat kysymykset robotille: Onko lokasuoja paikallaan, onko roiskeenestoläppä paikallaan ja onko roiskeenestomatto paikallaan. Tämän lisäksi sensoreilla voidaan selvittää ovatko roiskeenestomatto ja roiskeenestoläppä viallisia. Turvasensorit ja valoverhot laitteesta löytyvätkin jo valmiina.

Supra-koneessa olevat säädöt hitsauspisteiden sijainnille ja osien paikoitukselle tulee säätää aina ennen ajoa. Tätä prosessia ei voida automatisoida, sillä roiskeenestoläppien leveys vaihtelee melko paljon. On siis operaattorin tarkistettava hitsattavien osien laatu aina ennen robotin työn aloitusta. Operaattorin tehtävänä on myös säätää koneen mitat siten, että robotin toiminta olisi mahdollisimman jatkuvaa säädön jälkeen.

Tyypillisimmät viat Supra-hitsauslaitteessa, jotka vaikuttavat laatuun ja tulisi korjata ennen automatisointia, ovat seuraavat: Hitsauspiikkien liikkuminen ja hitsauspiikkien lämmön katoaminen. Hitsauspiikkien liikkumisessa liikkuvat piikit pystysuunnassa, jolloin niiden kärki on liian kaukana kappaleesta ja hitsaus jää vajaaksi tai sitä ei tapahdu. Lämmön katoaminen piikeistä tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että hitsauspiikin lämmönsäätelyssä on tapahtunut häiriö ja piikin lämpötila laskee niin alhaiseksi, ettei hitsausta tapahdu.

3.4.1 Roiskeenestomattojen ja läppien kuljetus ja paikoitus

Roiskeenestomattojen ja läppien kuljetus nykymuodossaan ei toimi automaatiota ajatellessa. Tuotteet asetellaan lavoille siten, ettei robotti pysty niitä millään tavoin siirtämään (Kuva 9).



Kuva 9 Roiskeenestoläppien nykyinen säilöntätapa.

Ratkaisuna kuljetukseen ja paikoitukseen olisi siis uudentyyppinen kuljetusteline edellä mainituille osille. Lokasuojien koot yrityksessä vaihtelevat leveydeltään 405mm malleista 720mm leveisiin malleihin. Näin ollen niihin kiinnitettävät roiskeenestojärjestelmätkin ovat eri leveyksissä.

Supra-hitsaussolussa pystytään hitsaamaan käytännössä noin 15-25 tuotetta tunnissa, joten kuljetustelineeseen tulisi mielellään mahtua vähintään 100 kappaletta roiskeläppiä tai roiskeenestomattoja. Lisäksi kuljetustelineen tulisi kestää lieviä lämpötiloja (Lämpötilat eivät silti koskaan nouse korkeammaksi kuin PE:n maksimi lämmönsietokyky $T_{max} = 90-110^{\circ}\text{C}$ (CES EduPack 2017)). Lämpötilankesto on määritelty yrityksen vaatimuksena kuljettimelle.

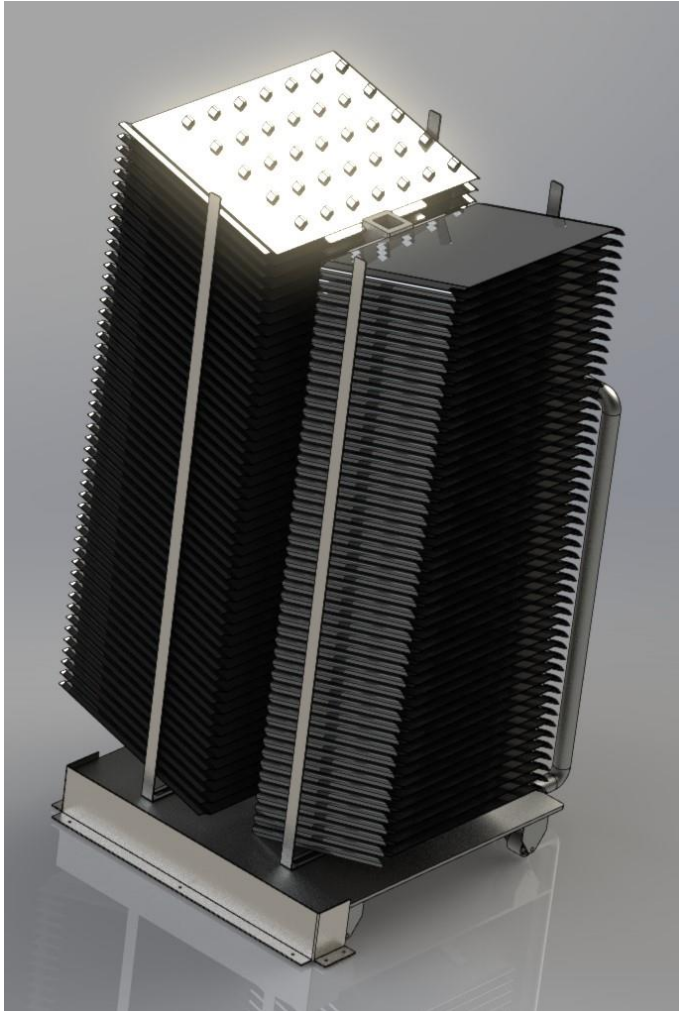
Kuljettimen toimiessa myös kuivatustelineenä roiskeläppien painatusvaiheessa (Kuva 10), on telineessä oltava välejä läppien välillä, jotta maali kuivuu oikein.



Kuva 10 Painatusprosessin nykyinen kuivausteline.

Kuljetustelineen muotoilussa on mahdollistettu myös se, että sen panostamisesta voisi tulevaisuudessa tehdä automaattista, panostus voitaisiin toteuttaa linjan päähän lisättävällä hissillä, jonka jälkeen operaattorin tulisi vain keskittää komponentit keskitysmekanismin avulla. Keskitysmekanismin avulla läpät ja roiskeensuojat ovat valmiiksi paikoitettuja niiden saapuessa robottisoluun, joten ylimääräistä paikoitusta ei näille enää tarvita.

Kuljetustelineen lopulliseksi paikkamääräksi tuli tavoiteltu 100 kappaletta, joko roiske-läppiä tai roiskeenestosuojia. Haluttaessa voidaan yhteen kärryyn sijoittaa kumpaakin tuotetta. Tällä paikkamäärällä pitäisi suprasolun siis pystyä työskentelemään itsenäisesti vähintään 4 tuntia ennen kärrynvaihtoa.



Kuva 11 Renderöity 3D-mallinnos kuljetustelineen konseptista

Kärryn materiaalina voidaan käyttää parhaiten saatavilla olevaa terästä, joko ruostumaton terästä tai muuta terästä, joka maalauksen tai pinnoituksen avulla saadaan estettyä pahemmalta ruostumiselta.

3.4.2 Supra-hitsaussolun robotin valinta

Supra hitsaussoluun tarvitaan robotti, jolla on melko laaja kantama ja keskiverto nostokyky. Vertailuun roboteista otettiin 4 sopivaa mallia ja niistä luotiin pisteytystaulukko. Robottien mallit olivat: Yaskawa MH180-120 (Yaskawa 2018a), Yaskawa MH110 (Yaskawa 2018a), Kuka KR 120 R2500 pro (Kuka 2018) ja Fanuc R-1000 iA /80H (Fanuc 2018).

Pisteytyksessä käytettiin tekijöinä seuraavia: Suurin työalue (Kerroin 1), Hyötykuorma (Kerroin 0,5), Robottirata (Kerroin 0,75), Toistotarkkuus (Kerroin 1), Ohjattavien akselien määrä (Kerroin 0,25) ja sitä onko valmistajalla muita robotteja käytettävissä. (Kerroin 1). Vertailussa parhaimmaksi valittiin Yaskawan MH180-120-Robotti (Yaskawa 2018a). Tarkemmat tulokset vertailusta selviävät taulukosta 1.

Taulukko 1 Robottivertailu Supraan

Robottivertailu supra				
Robotti	MH180-120	MH110	KR 120 R2500 PRO	R-1000 iA
Valmistaja	Yaskawa	Yaskawa	Kuka	Fanuc
Suurin työalue (mm)	3058	2236	2496	2230
Hyötykuorma (kg)	120	110	80	80
Robottirata	Kyllä	Ei	Ei	Ei
Toistotarkkuus (mm)	0,2	0,1	0,1	0,1
Akseleita	6	6	6	5
Valmistajalla muita käytettäviä robotteja	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Ei
Pisteytys				
Suurin työalue	5	2	3	2
Hyötykuorma	5	5	4	4
Robottirata	5	1	1	1
Toistotarkkuus	4	5	5	5
Akseleita	5	5	5	3
Valmistajalla muita käytettäviä robotteja	5	5	5	1
Yhteensä	3,58	2,75	2,83	1,92

Vertailun tuloksien pohjalta valittiin Supra-hitsaussolun robotiksi Yaskawa MH180-120 (Yaskawa 2018a). Robotin ohjausyksiköksi valitaan Yaskawan YRC1000-ohjausyksikkö (Yaskawa 2018b).

3.4.3 Robotin työkalujen suunnittelu

Supra-hitsaussolussa robotin käsiteltäväksi jää kolme osaa: Lokasuoja, roiskeenestöläppä ja roiskeenestomatto. Näiden käsittelyyn robotille suunnitellaan työkalut joilla se käsittelee osia. Opinnäytetyön laajuudesta johtuen on työkalujen suunnittelu vasta konseptitasolla.

3.4.4 Pneumaattisen tarttujan suunnittelu

Ensimmäiseksi robotti tarvitsee työkalun, jonka avulla se voi siirtää lokasuojia paikasta toiseen. Nostettavana materiaalina lokasuojalla on HDPE-lokasuoja, jonka pinta on melko sileä ja tasainen. Voidaan lokasuojaan tarttumiseen käyttää siis pneumaattisia imukuppeja.

Pneumaattisen tarttujan vaatimuksiksi tuli seuraavat: Lokasuojan nostovoima ja joustavuutta tartunnassa. Lokasuojan pituudesta johtuen jokainen imukuppi on täydessä kontaktissa muoviin tartuntahetkellä, joten virta ei pääse katkeamaan imukuppien välillä ja tartunta onnistuu aina.

Luotiin 3D-malli (Kuva 12) pneumaattisesta tarttujasta käyttäen Solidworks 2016-2017 ohjelmaa (Solidworks 2016-2017). Mallin imukuppimäärään voidaan halutessa muuttaa suuremmaksi tai pienemmäksi ja sen muotoilu voidaan suunnitella tarvittaessa myös uudelleen.



Kuva 12 Renderöity 3D-mallinnos pneumaattisen tarttujan konseptista.

Tarttujan runko voidaan valmistaa alumiinista tai halutusta teräksestä, teräksen käsittely ja koneistus on kuitenkin helpompaa. Joustinelementeiksi imukupeille valittiin PIAB:in (PIAB 2018A) Level compensator LC25-F3880, G3/8" (PIAB 2018B). Elementeissä on 80 mm iskupituus, joka mahdollistaa lokasuojan muodon mukailuun. Joustinelementtejen päihin kiinnitetään niihin sopivat PIAB:in (PIAB 2018A) B52XP Polyurethane 60, G3/8" (PIAB 3) imukupit. Imukupit käyvät myös muoviin tarttumiseen.

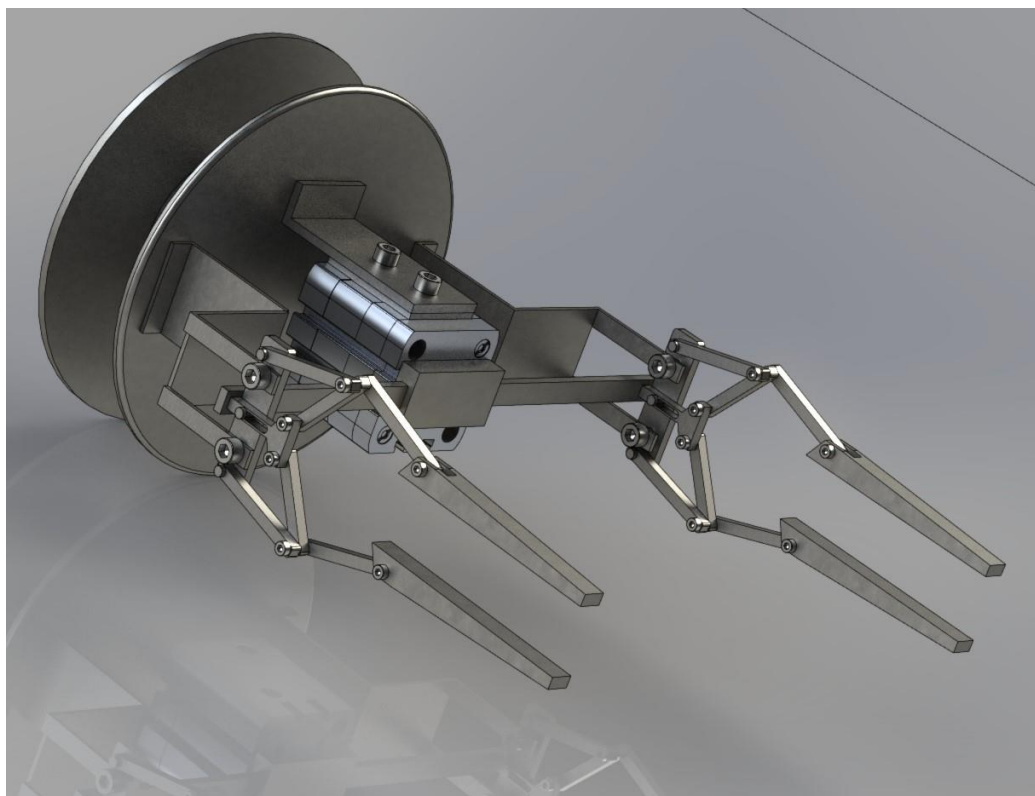
3.4.5 Mekaanisen tarttujan suunnittelu

Supra-hitsaussoluun tarvitaan robotille myös erillinen työkalu roiskeenestöläpille ja roiskeenestomatoille. Roiskeenestöläpän voi muotonsa puolesta liikuttaa pneumaattisella

tarttujalla, mutta roiskeenestomaton muoto ei tätä salli. Tarvitaan siis mekaaninen tarttajakäsi.

Tarttajakäden pidikeosan on oltava melko pitkä, jottei ohut muovilevy taitu liikaa sitä liikuttaessa, suurien taipumisten vaikutuksesta voi sen tarkka asettelu hitsaamisen kannalta olla vaikeaa. On tarttujan oltava myös melko leveä, mutta ei kuitenkaan saa ylittää pienimmän roiskeenestoläpän mittoja.

Luotiin 3D-malli (Kuvan 13) Mekaanisesta tarttujasta käyttäen Solidworks 2016-2017 ohjelmaa (Solidworks 2016-2017). Mekaanisen tarttujan mekanismin sijasta voidaan käyttää myös valmiina myytäviä pneumaattisia puristimia, mutta on niihin liitettävä lisäosa, joka tekee tarttuin pinta-alasta tarpeeksi laajan, jotta minimoitaisiin roiskeestomaton taipuminen.



Kuva 13 Renderöity 3D-mallinnos mekaanisen tarttujan konseptista.

Tarttujan runko on valmistettu konseptiversiossa ruostumattomasta teräksestä. Osat joko koneistetaan tai valmistetaan ohutlevytekniikoiden avulla. Tarttujan mekanismia liikuttamaan valittiin FESTO:n (FESTO 2018) Compact cylinder ADNGF pneumaattinen sylinteri (FESTO 2018A).

3.4.6 Lokasuojien paikoitus

Kun lokasuojien mahdolliset toimenpiteet on tehty, siirrytään pakkaamaan lokasuojia lavoille kuljetusta varten. Toimenpiteestä ja lokasuojan mitoista riippuen tulee lavoille tietty määrä lokasuojia.



Kuva 14 Lokasuojalava.

Pakatessa lokasuojia edellä kuvatulla tavalla (Kuva 14) alkaa pakkaustavan tiivyydestä ja lokasuojien muodon aiheuttamana ensimmäisiin lokasuojiin (Lavalle ensimmäisenä pakatut lokasuojat) muodostumaan jännitteitä, jotka painavat niiden reunoja kasaan muuttaen leikkauskohdan halkaisijaa. Tämä voi johtaa siihen, että lokasuoja joutuu kontaktiin kuorma-auton renkaan kanssa.

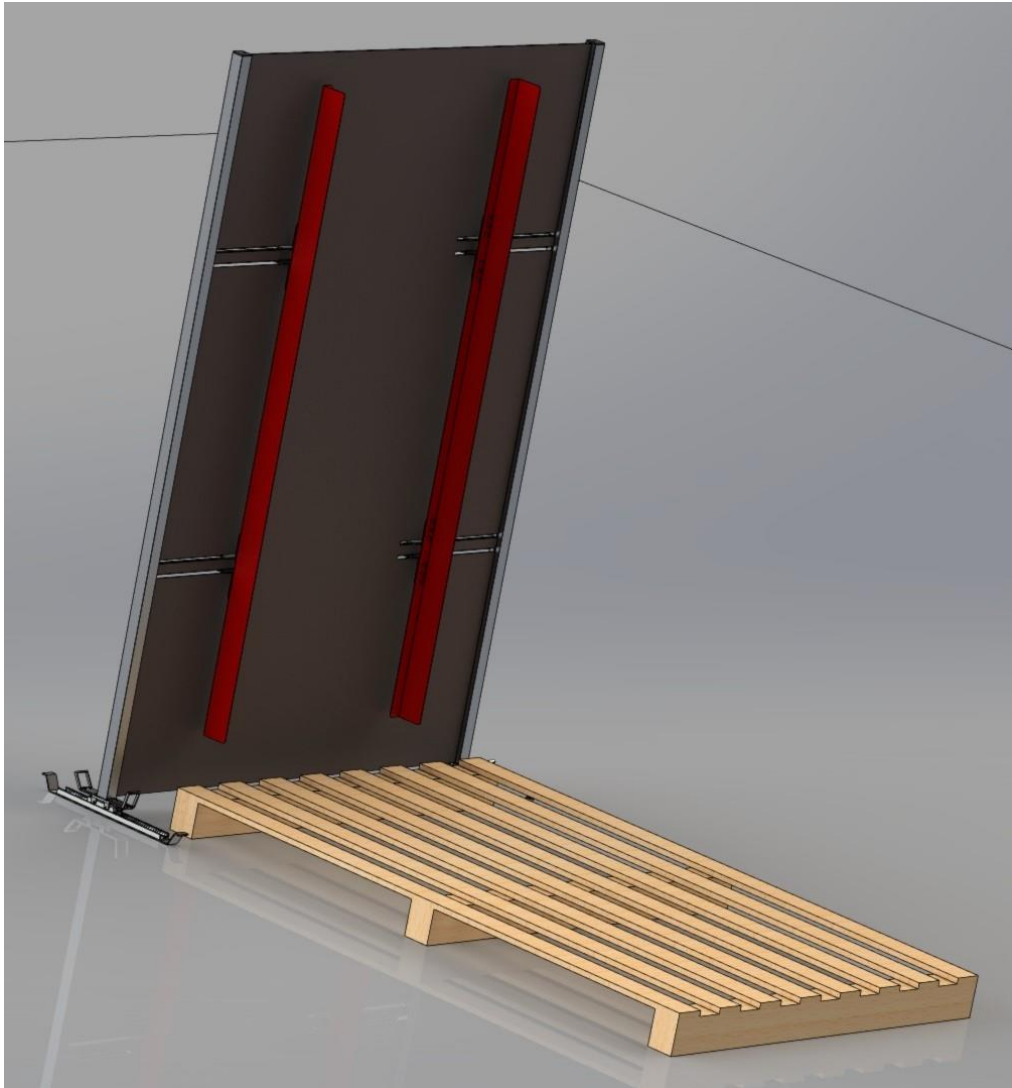
Edellä mainittuun ongelmaan on yrityksessä käytetty ratkaisuna tukipuuta, joka on valmistettu lavan viimeiseen lokasuojaan estämään sen taipumista (Kuva 15).



Kuva 15 Tukipuut lokasuojassa.

Tukipuun valmistamiseen robotilla vaadittaisiin liikaa tilaa ja välineitä robottisoluun, joten on tukipuulle keksittävä vaihtoehtoinen ratkaisu ajoille jolloin operaattori ei ole valvomassa robotin työtä ja pääse lisäämään tukipuuta itse. Tällaisia tapauksia voivat olla, vaikka miehittämätön vuoro, jolloin robotti on panostettu ajamaan yksin tietyn ajan.

Ratkaisuksi muodostui lavaseinä, jossa laakereiden avulla voidaan siirtää seinän paikkaa lavan poistamiseksi seinän läheltä. Seinässä on kaksi laakereiden avulla liikutettavaa tukea jotka voidaan säätää lokasuojan halkaisijan mukaan. Tuet jatkuvat lavan alaosasta yläosaan tasaisina, jolloin lavalle asetettaessa useita kerroksia lokasuojia pysyy sen toiminta kuitenkin samanlaisena. Kuvassa 16 on 3D-mallinnettu konsepti seinästä.



Kuva 16 Renderöity 3D-mallinnos tukiseinän konseptista.

3.4.7 Robottirata Supra-hitsaussoluun

Jotta saavutettaisiin mahdollisimman pitkät ajovälit ilman lisäpanostusta solussa tarvitaan soluun tilaa materiaalivarastoille. Jotta robotti pystyisi keräämään materiaalia myös "varastosta" on sillä oltava robottirata, joka kasvattaa sen liikkuma-aluetta.

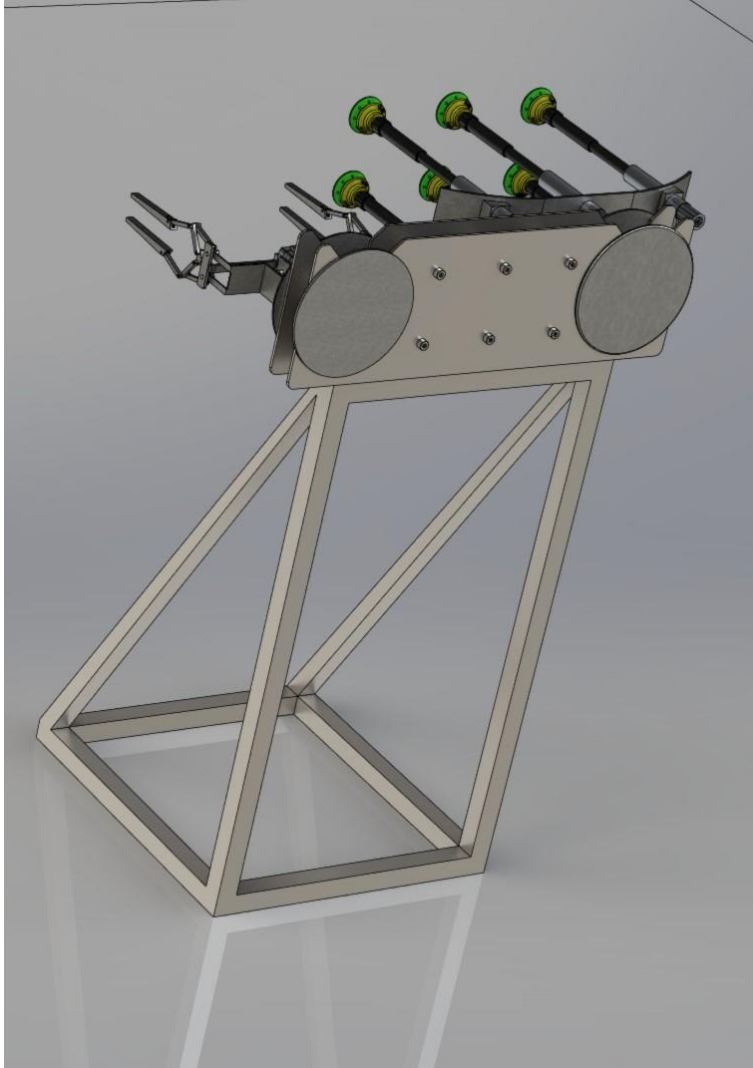
Valitun robotin ollessa Yaskawan MH180-120 (Yaskawa 2018a), löytyy tähän malliin vain kahdentyyppistä robottirataa sen valmistajalta. Edellä mainitussa robottiradat ovat Yaskawan TSL2000SD, sekä TSL4000SD (Yaskawa 2018c). Luku radan nimessä tarkoittaa sen kuormakestoja kiloissa. Tässä prosessissa eivät kuormat ole koskaan suuria, joten voidaan valita kevyen luokan malli TSL2000SD. Robottirataa löytyy pituuksissa 6-

24 metriä, joista 6 metrin malli riittää erittäin hyvin tähän tarkoitukseen. Robottiradaksi valitaan siis Yaskawan TSL2000SD (Yaskawa 2018c), kuuden metrin radalla.

3.4.8 Työkalujen säilytysteline / Vaihtoasema Supra-hitsaussoluun

Työkaluja on supra hitsaussolussa kaksi, joten on niitä pystyttävä säilyttämään robotin saatavissa ja niiden on oltava helposti ja nopeasti vaihdettavissa. Tämän takia on työkaluille suunniteltava säilytysteline, jota voidaan käyttää myös vaihtoasemana.

Suunniteltiin kaksipaikkainen työkaluteline, jonka kiinnitys tapahtuu lattiaan. Työkaluteline voidaan rakentaa, joko ruostumattomasta teräksestä tai maalatusta teräksestä. Työkaluteline voidaan valmistaa suurimmaksi osaksi käyttäen ohutlevytekniikkaa, joka tekee valmistamisesta yksinkertaista.

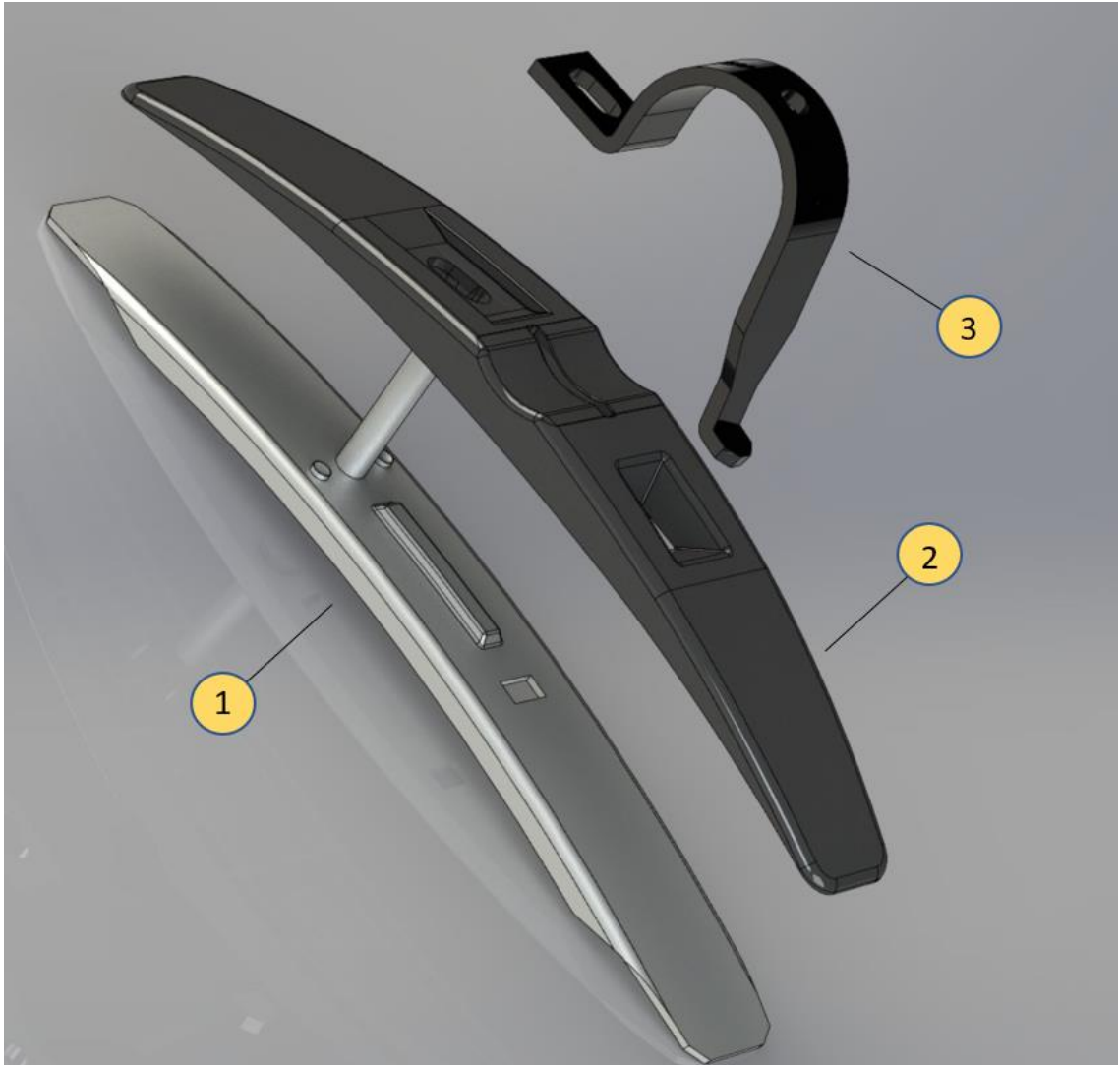


Kuva 17 Renderöity 3D-mallinnos työkalutelineen konseptista.

3.5 Kannakekoonpanon automatisointi

Kannakekoonpanossa kiinnitetään lokasuojaan kannakkeet, joiden avulla ne kiinnitetään ajoneuvoon. Kannakkeita on useita eri tyyppisiä ja suurin osa niistä poikkeaa toisistaan kiinnitysmenetelmissä. Kannakkeet kiinnitetään aina kuitenkin, joko lokasuojaan tehtyyn uraan tai reikiin.

Kannakkeet voidaan jakaa kuitenkin kahteen eri pätyyppiin, yleisen koonpanon kannakkeisiin ja OEM-kannakekoonpanon-kannakkeisiin. Yleisin kannakemalli on P42-kannake. Se koostuu pohjaosasta (Kuva 18, (1)), joka tulee lokasuojan alle, peitelevystä (Kuva 18 (2)) ja lenkistä (Kuva 18, (3)). Osien paikalleen laitton jälkeen kannake kiinnitetään lokasuojaan mutterin ja prikan avulla. P42-kannake kiinnitetään lokasuojan uraan.



Kuva 18 P42, kannake Osa (1) Aluslevy, Osa (2) Suojalevy ja Osa (3) Lenkki

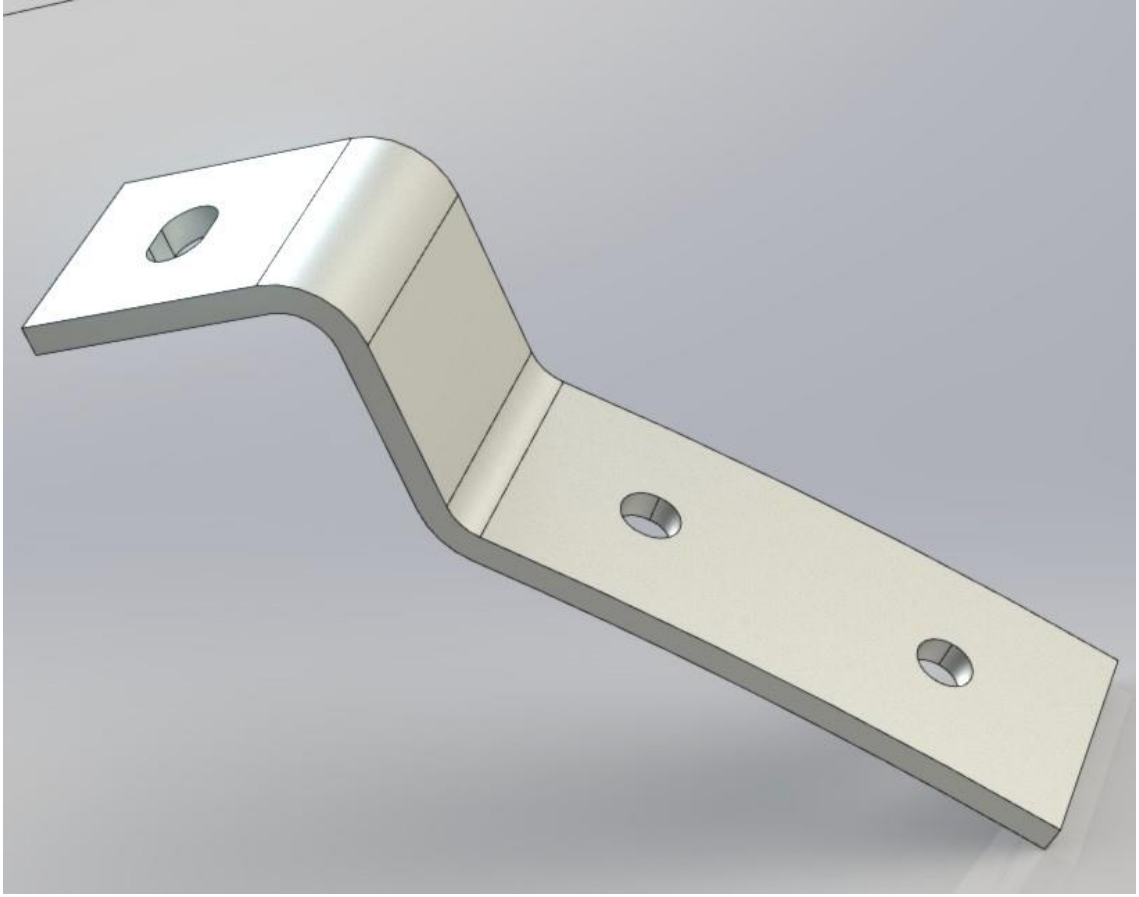
Muita yleisiä kannakkeita on VR-42, MR-42, MR-50 ja QR-42. lisäksi on suunnitteilla uusi kannakemalli, joka ei vielä tällä hetkellä ole tuotannossa. Kuvassa 19 on esitetty kannakkeet lukuun ottamatta uutta kannaketta. (Kuva 19)



Kuva 19 Kannakkeet, Vasemmalta oikealle: Q42, P42, MR42, VR42.

Kannakkeista P42 ja Q42 sopivat automaatioon melko ongelmitta, ne on helppo asemoida, niiden asennus on yksinkertaista ja ne sopivat uraan helposti. Näiden kannakkeiden hyvä puoli on myös vähäinen irrallisten osien määrä. Ongelmaksi automatisoinnissa syntyvät MR- ja VR-kannakkeet. Näissä kannakkeissa tulee lokasuojasta riippuen eripituisia pultteja kiinnitykseen. Nämä pultit kiinnitetään lokasuojan alapuolesta prikan ja mutterin avulla. Pulttien kiinnitys on jo ihmisen suorittamana erittäin hankalaa, sillä varsinkin supra-roiskeenestomatto tuottaa ongelmia prikan ja mutterin kiinnityksessä pulttiin. Olisikin tämän vuoksi suositeltavaa, että MR- ja VR-kannakkeita, muutettaisiin toimimaan paremmin automaation kanssa yhdessä. Muutos näissä voisi parantaa virtausnopeutta kokoonpanossa, vaikka ei solua automatisoitaisikaan, sillä nämä kannakkeet hitaine kiinnityksineen hidastavat valmiiden lokasuojien määrään aina selkeästi tuotannossa.

OEM-kannakekokoonpanon-kannakkeet poikkeavat yleisistä kannakkeista. Niissä on kaikissa vain yksi osa, joka kiinnitetään lokasuojaan pulttien avulla. OEM-kannakekokoonpanon-kannakkeet kiinnitetään aina reikiin. Alla olevassa kuvassa (Kuva 20) On esitettyä OEM-kannakekokoonpanon T1-Kannake.



Kuva 20 OEM-kannakekokoontalon T1-Kannake.



Kuva 21 Kaikki OEM-kannakekokoontalon kannakkeet (Vasemmalta oikealle: T1, T2, T3, T4, T5).



Kuva 22 OEM-kannakekokoontalon kannakkeet kiinni lokasuojassa.

3.5.1 Robottien valinta

Kannakekokoontalon on kaksi toimivaa ratkaisua. Ensimmäinen ratkaisu on jakaa yleinen kannakekokoontalo ja OEM-kannake kokoontalo erilleen (Kuva 28), jolloin kumpaankin yksikköön tarvitaan kaksi robottia. Robotti 1 kuljettaa lokasuojat työstöpaikalle ja tarvittaessa poraa niihin reiät kannakkeita varten. Robotin 2 tehtävänä on asentaa kannakkeet paikoilleen. Kannakkeiden kiinnityksen jälkeen Robotti 1 siirtää lokasuojan valmiiden kasaan ja tuo uuden lokasuojan työstettäväksi.

Toinen ratkaisu kokoontalon robotisointiin on yhdistää solut yhdeksi kokonaisuudeksi, jossa robottiradalla liikkuva Robotti 1 vie lokasuojan ensimmäiseksi Robotille 2, joka poraa reiät lokasuojiin tarvittaessa. Robotti 1 kuljettaa työstettäviä lokasuojia, ensimmäiseksi kokoontalon pisteille, jossa on yhteensä 4 robottia 2 eri pisteellä, toisella pisteellä on OEM-kannake-kokoontalo ja toisella pisteellä yleinen kokoontalo. Robotin 1

tehtävä tässä on siis pelkkä kappaleiden liikutus, Robotin 2 tehtävä on reikien tekeminen ja robottien 3-7 tehtävänä on kokoonpaneminen.

Lokasuojien kuljetusta varten käytettävään robottiin voidaan käyttää samaa mallia, mikä todettiin toimivaksi Supra-hitsaussoluun. Käytetään lokasuojien kuljetukseen siis Yaskawan MH180-120-Robottia (Yaskawa 2018a).

Osat kokoonpanevan robotin on joko koostuttava kahdesta robottikädestä, jotka toimivat synkronoituna, tai yhdestä robotista jolla on kaksi kättä. Vertailukohteiksi otettiin siis Yaskawa SIA20F (Yaskawa 2018d) ja Yaskawa SDA10F (Yaskawa 2018e). Vertailtavat arvot olivat: Suurin työalue (Kerroin 1), Hyötykuorma (Kerroin 0,5), Toistotarkkuus (Kerroin 1), Akseleita (Kerroin 0,25) Ja onko valmistajalla muita robotteja (Kerroin 1).

Robottivertailu kokoonpano		
Robotti	SIA20F	SDA10F
Valmistaja	Yaskawa	Yaskawa
Suurin työalue (mm)	910	720
Hyötykuorma (kg)	20	10
Toistotarkkuus (mm)	0,1	0,1
Akseleita	7	15
Valmistajalla muita käytettäviä robotteja	Kyllä	Kyllä
Pisteytys		
Suurin työalue	5	4
Hyötykuorma	5	4
Toistotarkkuus	5	5
Akseleita	5	5
Valmistajalla muita käytettäviä robotteja	5	5
Yhteensä	3,75	3,45

Taulukko 2 Kokoonpanon robottivertailu.

Lopputulokseksi saatiin kaksi kappaletta Yaskawan SIA20F-robottia (Yaskawa 2018d).

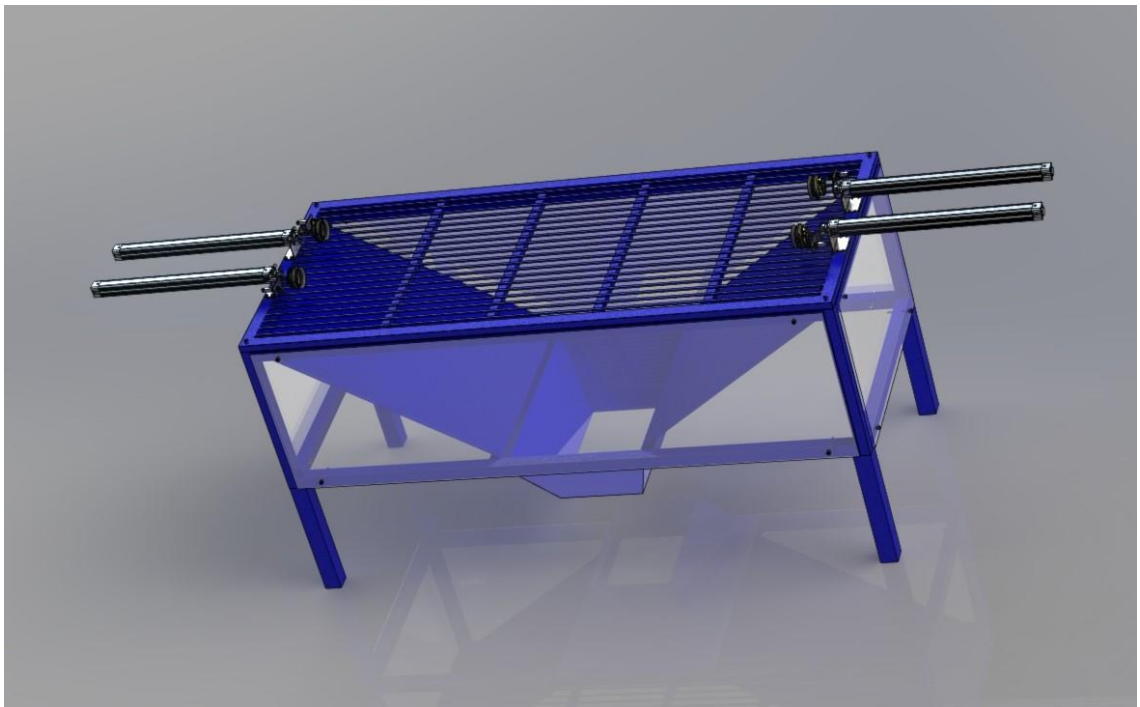
Reikien poraamiseen tarvitaan robotti jonka työalue riittää lokasuojan reikien välisiin matkoihin. Lisäksi pitää siinä olla voimaa painaa pora läpi lokasuojasta. Valitaan siis tähän tarkoitukseen Yaskawan GP12-robotti (Yaskawa 2018f). 1440 mm työalueella robotti on

oivallinen tähän tarkoitukseen ja sen 12 kg hyötykuorman kesto riittää poraamiseen hyvin.

3.5.2 Lokasuojien paikoitus

Lokasuojien paikoitus solusta ulos suoritetaan samalla tavalla kuin Supra-hitsaussoiluissa. Sen vuoksi käytetään aikaisemmin kuvassa 16 esitettyä tukiseinän konseptia.

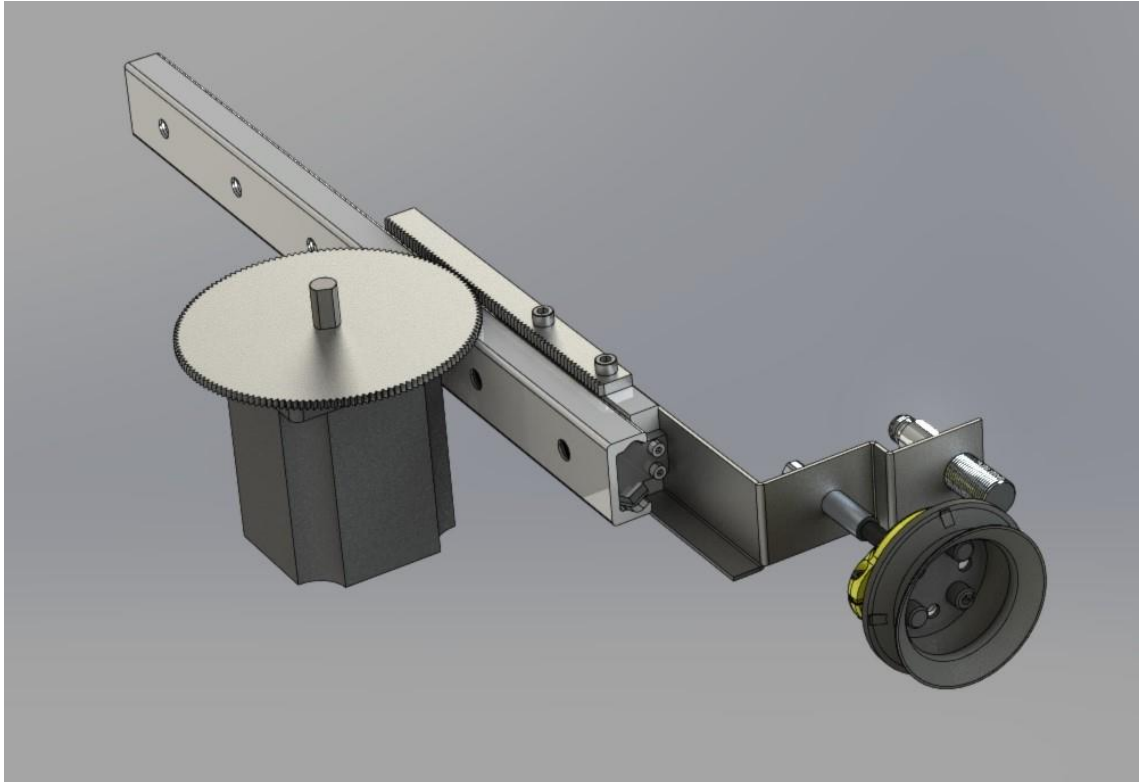
Kannakekokoonpanossa pitää lokasuojien kuitenkin olla aina samassa paikassa, kun kannakkeita kiinnitetään lokasuojiin. Tämän takia kokoonpanovaiheeseen on suunniteltu pöytä, joka keskittää lokasuojat. (Kuva 23) Porausvaihetta varten on pöytään tehty reikiä ja kevyt ilmanpaineella toimiva kuljetussysteemi, joka kuljettaa ylimääräisen muoviroskan suoraan säilöntäastiaan. Säilöntäastia voi olla allas pöydän alla tai pöytään liitetty kuljetinputki, jossa alipaineen avulla muoviroska kerätään niille haluttuun säilöön.



Kuva 23 Renderöity 3D-Mallinnos Kokoonpanopöydän konseptista.

Kokoonpanopöydän lokasuojien keskitys tapahtuu pöydässä olevien servopneumaattisten sylinterien avulla. Ne voidaan säätää aina lokasuojan ulkomitan perusteella keskittämään lokasuojan paikka. Toinen vaihtoehto servopneumaattisille venttiileille on luoda jokaiselle lokasuojakoolle oma pöytään kiinnitettävä jigi.

Näiden vaihtoehtojen lisäksi voidaan käyttää askelmoottorille ohjelmoitavaa mekanismia, jolla saadaan paikoitus toimimaan. Mekanismi mukailee servopneumaattisen moottorin mekanismia, mutta on hinnaltaan halvempi, koska voidaan käyttää askelmoottoria, jossa ohjaimena toimii esimerkiksi Arduino (Arduino). Kuvassa 24 on konsepti askelmoottorilla toimivasta mekanismista.



Kuva 24 Renderöity 3D-mallinnos askelmoottorilla toimivasta mekanismista.

3.5.3 Työkalujen suunnittelu kannakekoonpanoon

Kannakekoonpanossa lokasuojien kuljetukseen voidaan käyttää samaa pneumaattista tarttujaa kuin Supra-hitsaussolussa. Käytetään siis kuvan 12 mukaista pneumaattisen tarttujan konseptia.

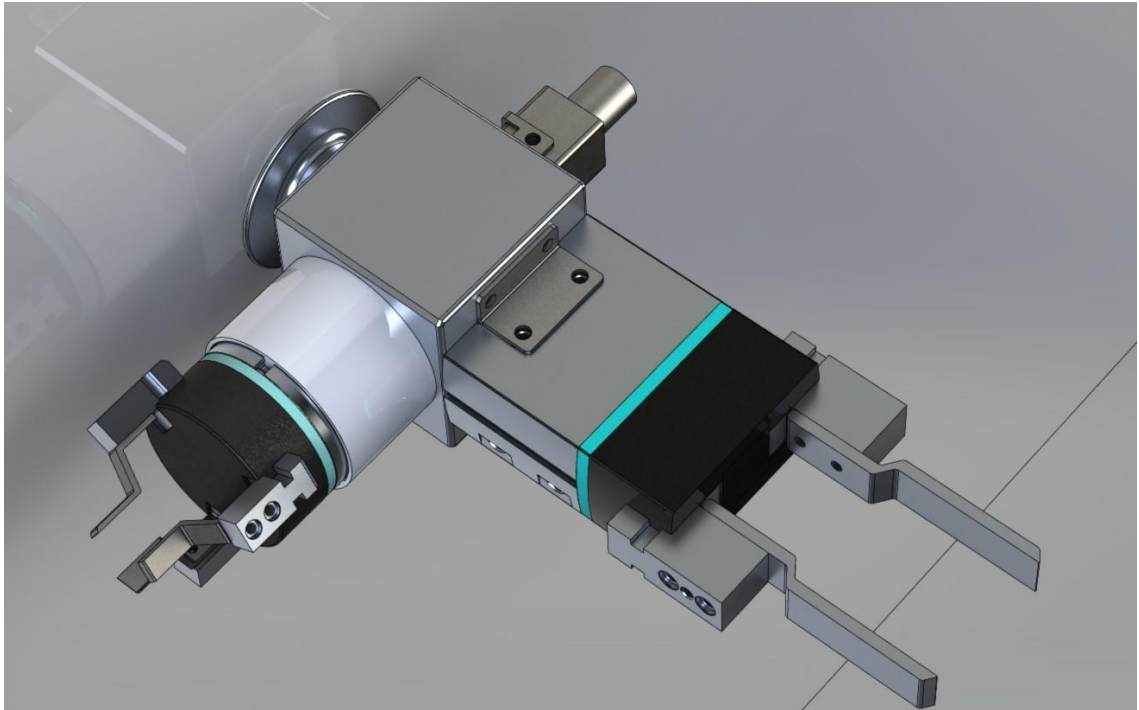
Tämän lisäksi tarvitaan kannakekoonpanoon reikien poraukseen työkalu, tähän voidaan ratkaisuksi käyttää pneumaattista moottoria, johon kiinnitetään oikeanmallinen jyr-

sinterä. Sopiva moottori on GLOBE 5M05R moottori (GLOBE 2018), jonka maksimikierronnopeus on 3000 RPM ja siitä syntyy 7 Nm vääntö. Moottorin kiinnitys robottiin voidaan tehdä yksinkertaisesti hitsaamalla se varteen, johon liitetään robotin työkaluvaihdin. Vastaavasti siihen voidaan valmistaa esimerkiksi kuvan 25 kaltainen kiinnitysmekanismi.



Kuva 25 Pneumaattinen moottori, jossa konsepti kiinnitys mekaniismista.

Reikien porauksen lisäksi kokoonpanija-robottien täytyy pystyä käsittelemään kappaletta. Tämän vuoksi niille pitää valmistaa yleistyökalu, jossa on ominaisuudet kannakeisiin, pultteihin, muttereihin ja prikkoihin. Luotiin 3D-malli kyseisestä työkalusta (Kuva 26).



Kuva 26 Renderöity 3D-mallinnos robottikäden konseptista.

Tarttujasta löytyy kaikki tarvittava kannakekoonpanon osien käsittelyyn, kolmipistetarttuja pulteille ja muttereille, kahden pisteen tarttuja kannakkeiden nostoa varten ja sähkömagneetti hankalissa paikoissa sijaitsevien osien käsittelyyn.

Sähkömagneettina kädessä on käytetty SP-Elektronikan päästömagneettia (SP-Elektronikka 2018), magneetissa on tarpeeksi voimaa nostaa kaikki tarvittavat kappaleet ja sen toimintaa on helppo hallita.

Kolmipistetarttujan moottorina on käytetty FESTO:n (FESTO 2018B) Three point grippers DHDS-tarttujan 50 mm mallia. Tarttujaan on mallinnettu siihen kiinnitettävät työkalut, jotka saavat tarttujan halkaisijan oikeaksi kappaleiden käsittelyä varten.

Kahden pisteen tarttujan moottorina on käytetty FESTO:n (FESTO 2018C) Parallel gripper DHPS-tarttujan 35 mm mallia. Tarttujaan on mallinnettu siihen kiinnitettävät työkalut, jotka auttavat tarttujaa saamaan paremman otteen kannakkeista.

Robotin kädellä voitaisiin myös hoitaa pulttien kiristys siten, että ostetaan sopiva pulttipysy, jonka robotti voi ottaa käteensä ja käyttää tai vaihtoehtoisesti luodaan pulttipysystä toinen työkalu robotille, joka vaihdetaan kokoonpanoprosessin aikana.

3.5.4 Kannakkeiden syöttö

Kannakkeiden syöttöön voidaan käyttää kahta tapaa, ensimmäinen ratkaisu on tehokkaampi varsinkin OEM-kannakekokoontalon-kannakkeiden kannalta ja toinen ratkaisu on parempi muita kannakkeita varten. Kumpikin ratkaisu toimii kuitenkin molempiin syöttöihin.

Ensimmäinen ratkaisu on kannakkeiden tilaus valmiiksi panostettuina, näin ne saadaan syötettyä panostuslaitteeseen suoraan, joka pystyy sitä kautta annostelevaan kannakkeita suoraan robotin käyttöön. Näin saadaan aikaseksi tehokas kannakevirtaus.

OEM-kannakekokoontalon-kannakkeiden syöttölaitteiston kapasiteetti määritetään niiden tarvittavaan määrään 8 tunnin käyttöajalla. Lokasuojien oletettu valmistusnopeus on 15 kappaletta tunnissa, joka tarkoittaa 60 kannaketta tunnissa. Täytyy laitteen kapasiteettina täyteen ladattuna olla siis 480 kappaletta kannakkeita. OEM-kannakekokoontalon kannakkeita varten ei välttämättä tarvitse tärylaitetta valmistaa, joten syöttölaitteen voi suunnitella siten, että kaikki kannakkeet sopivat siihen.

Yleistä kokoonpanoa varten tulee kaikille kannakkeille ja niiden osille olla omat syöttölaitteet. Syöttölaitteiden määrästä johtuen voi solun suunnittelun kannalta tilakäyttö olla hankalaa. Laitteiden suunnittelija voi päättää, syötetäänkö kannakkeet tärylaitteiden avulla vaiko panostamalla koneeseen.

Yleisen kokoonpanon lokasuojien tuntivauhti on luokkaa 18 lokasuojaa tunnissa. Tämä tarkoittaa 576 kannakkeen kapasiteettiä, 8 tunnin ajoa varten.

3.5.5 Pienosien syöttö

Pienosien syöttö kannakekokoontalossa hoidetaan tärymaljojen avulla. Pienosiksi lasketaan mutterit, pultit, prikät.

Muttereiden, pulttien ja prikkujen tärymaljojen kapasiteetti OEM-kannakekokoontalon-lokasuojissa on kaksinkertainen kannakemäärään, sillä yhteen kannakeeseen tulee kaksi kutakin pienosaa. Tämä tarkoittaa, että kapasiteetiksi laitteistoille tulee 960 pienosaa.

Yleisessä kokoonpanossa P42 ja Q42-kannakkeisiin tulee pienosia saman määrä, kuin kannakkeitakin. MR50 ja VR42-kannakkeissa taas muttereiden ja prikkujen määrä kannakkeisiin on kaksinkertainen. Näiden kapasiteettinä on siis 1152 kappaletta. MR50 ja VR42-kannakkeisiin tulee kahdenmittaisia pultteja, joita kumpaakin kannaketta myöten yksi. Pulttien kapasiteetti on siis sama kuin kannakkeissa tässä tapauksessa.

3.5.6 Työkalujen säilytysteline / Vaihtoasema kannakekokoonpanoon

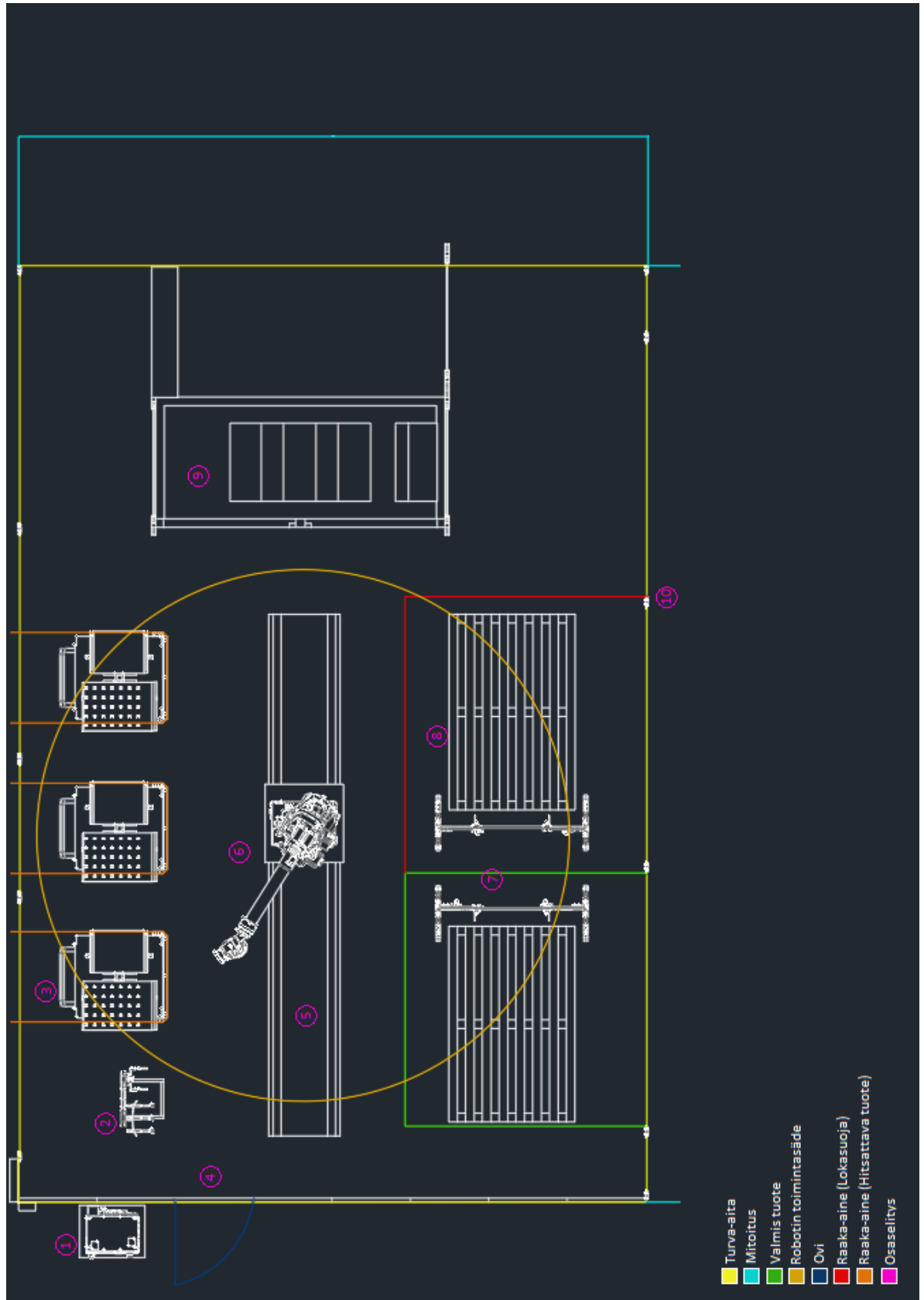
Kannakekokoonpanossa voidaan käyttää samaa työkalunvaihtolinettä, kuin Supra-hitsaussolussa. Kannakekokoonpanossa ei kuitenkaan työkalunvaihtoa välttämättä tarvita, joten tämä tehdään vain tarvittaessa.

4 SOLUSUUNNITTELU

Alustavien ratkaisujen perusteella mallinnettiin jokaisesta solusta alustavat layout-piirustukset, joita voidaan käyttää esimerkkinä valmista solua suunnitellessa. Layout piirustukset luotiin aluksi Solidworks 2016-2017 Ohjelmaa käyttäen (Solidworks 2016-2017) ja tämän lisäksi niistä luotiin 2D-piirustukset AutoCAD-ohjelmaa käyttäen (Autocad 2018). 2D-piirustukset tehtiin, jotta mitat saisi ilmoitettua selkeämmin malleissa.

4.1 Supra-hitsaussolun layout.

Supra hitsaussoluun sen välimatkojen vuoksi tarvittiin 6 metriä pitkä robottirata, tämän takia solun konsepti suunniteltiin sen ympärille. Kaikki mahdollinen tila mikä radan ansiosta syntyi käytettiin ”varastoksi”, tämän avulla mahdolliset panostusvälit saadaan mahdollisimman pieniksi.



Kuva 27 Supra-hitsaussolun layout suunnitelman konsepti.

Kuvassa 27 on näkyvillä Supra-hitsaussolun layout konsepti. Kuvassa numeroidut laitteet ovat seuraavat:

1. YRC1000-ohjausyksikkö robotille. (Yaskawa 2018b)
2. Työkaluteline
3. Roiskeenestoläppien / roiskeenestomattojen kuljetusteline
4. Ovi turva-aidassa
5. Robottirata
6. Motoman MH180-120-Robotti (Yaskawa 2018a)
7. Tukiseinä
8. Kuljetuslava
9. Supra-hitsauslaite
10. Valoverhoyksikkö

Valoverhoina ja turva-aitoina voidaan käyttää parhaiten saatavilla olevia tarvikkeita. Merkillä tai tavarän myyjällä ei ole väliä niin kauan, kun valoverhot ja turva-aidat pitävät solun turvallisena.

4.2 Supra-hitsaussolun tavaravirran laskenta

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa virtaustehokkuutta, on siis selvitettävä karkeasti millaisiin valmistusnopeuksiin solussa päästään. Luotiin karkea määrittäminen eri ajoista, mitä prosessissa kuluu ja laskettiin lokasuojien valmistuksen tuntinopeus.

Tehtävä	Karkea suoritus aika (s)
Lokasuojan haku lavalta	18
Lokasuojan panostus koneeseen	25
Työkalun vaihto mekaaniseen tarttujaan	45
Roiskeenestoläppän hakeminen telineeltä & Asettelu	50
Roiskeenestomaton hakeminen telineestä & Asettelu	50
Hitsausaika	60
Työkalun vaihto pneumaattiseen tarttujaan	0
Kappaleen poisto koneesta ja kääntäminen	45
Valmiin kappaleen lavalle asettelu	45
Aika yhteensä (min)	5,63
Lokasuojat tunnissa	10,7

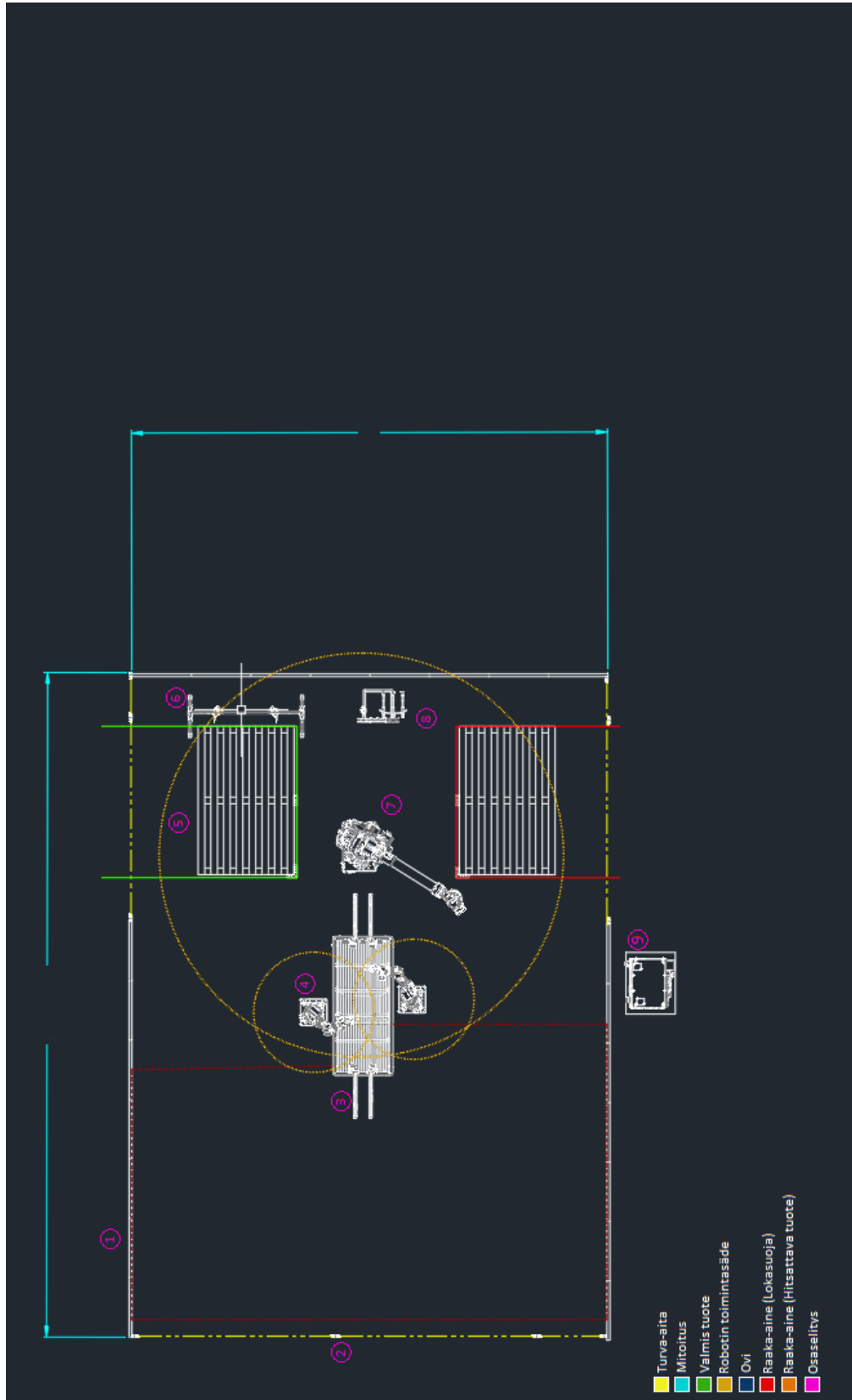
Taulukko 3 Supra-hitsaussolun karkea tuotevirtaus.

Kuten taulukossa 3 selviää, lokasuojia tunnissa saataisiin noin 10,7 kappaletta. Lopullinen tulos voi kuitenkin, olla parempi tai huonompi kuin laskelmissa, sillä ei aikoja robotilla olla voita mitata. Työkalun vaihto pneumaattiseen tarttujaan vaihe ei ylimääräistä häiriötä prosessissa tuota, sillä se tapahtuu hitsauksen aikana.

Laskelmien perusteella varsinaiseen parantuneeseen virtaustehokkuuteen ei päästä, mutta suuremmalla aikavälillä voidaan tuotantovauhdissa kuitenkin voittaa. Robotin tehdessä töitä kuitenkin kahvitaukojen ja ruokataukojen aikana. Myös mahdolliset miehittämättömät vuorot saattavat parantaa virtaustehokkuutta.

4.3 Kannakekokoontalon layout.

Kannakekokoontalon luotiin kaksi layout-mallia, ensimmäinen malli on yhden robotin ratkaisu, jossa OEM-kannakekokoontalo ja yleinen kokoontalo säilyvät omina yksiköinä. Toinen malli on yhdistetty ratkaisu.



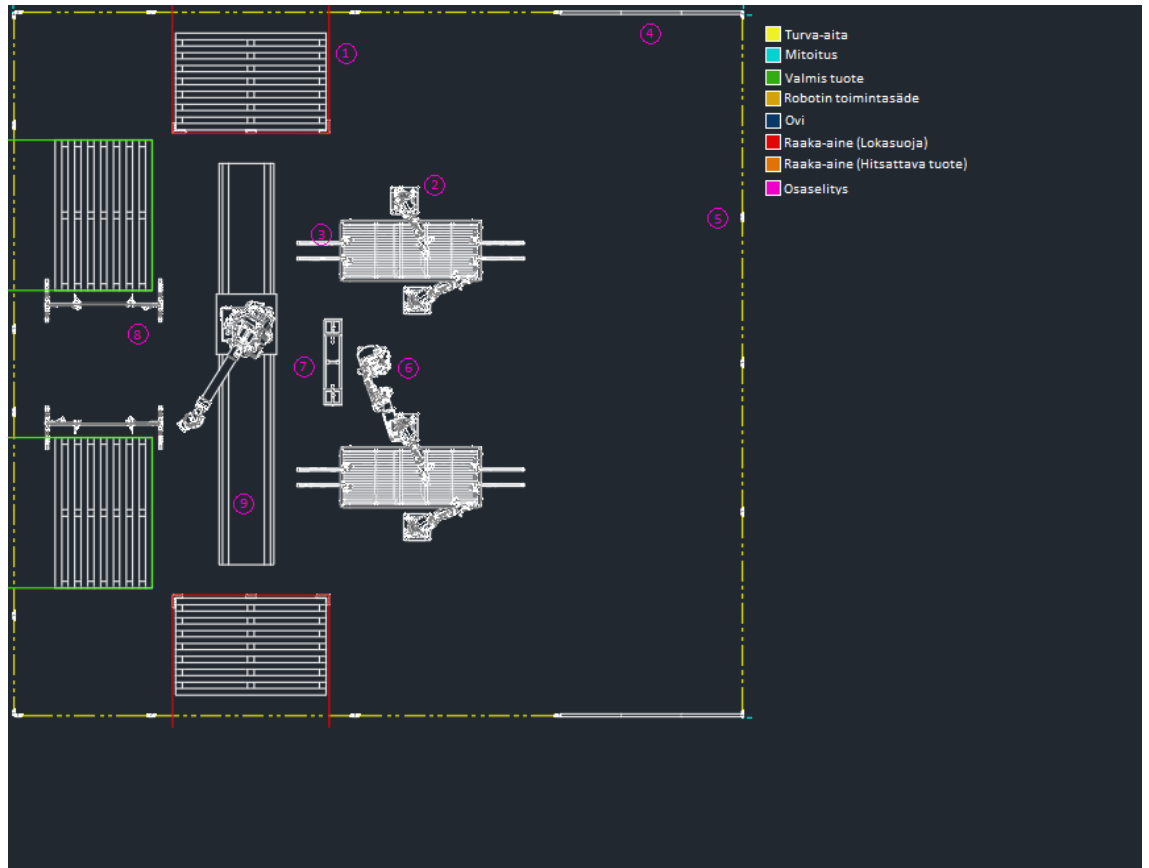
Kuva 28 Kannakekoonpanon layout suunnitelman ensimmäinen konsepti.

Kuvassa 28 on näkyvillä Supra-hitsaussolun layout konsepti. Kuvassa numeroidut laitteet ovat seuraavat:

1. Turva-aita
2. Valoverhoyksikkö
3. Kokoonpanopöytä
4. Motoman SIA20F-Robotti (Yaskawa 2018d)
5. Kuljetuslava
6. Tukiseinä
7. Motoman MH180-120-Robotti (Yaskawa 2018a)
8. Työkaluteline
9. YRC1000 ohjausyksikkö (Yaskawa 2018b)

Valoverhoina ja turva-aitoina voidaan käyttää parhaiten saatavilla olevia tarvikkeita. Merkillä tai tavaran myyjällä ei ole väliä niin kauan, kun valoverhot ja turva-aidat pitävät solun turvallisena.

Malliin on varattu tilaa tärylaitteille ja panostus laitteille melko paljon, sillä soluun tulee tällaisia laitteita useita.



Kuva 29 Kannakekokoonpanon toinen layout konsepti.

Kuvassa 29 on näkyvillä Supra-hitsaussolun layout konsepti. Kuvassa numeroidut laitteet ovat seuraavat:

1. Kuljetuslava
2. Motoman SIA20F-Robotti (Yaskawa 2018d)
3. Kokoonpanopöytä
4. Turva-aita
5. Valoverhoyksikkö
6. Motoman GP12-Robotti (Yaskawa 2018f)
7. Porauspöytä
8. Tukiseinä
9. Motoman MH180-120-Robotti (Yaskawa 2018a) ja robottirata

Valoverhoina ja turva-aitoina voidaan käyttää parhaiten saatavilla olevia tarvikkeita. Merkillä tai tavaran myyjällä ei ole väliä niin kauan, kun valoverhot ja turva-aidat pitävät solun turvallisena.

Malliin on varattu tilaa tärylaitteille ja panostuslaitteille melko paljon, sillä soluun tulee tällaisia laitteita useita.

4.4 Kokoonpanosolujen tavaravirran laskenta

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa virtaustehokkuutta, on siis selvitetävä karkeasti millaisiin valmistusnopeuksiin solussa päästään. Luotiin karkea määräitys eri ajoista, mitä prosessissa kuluu ja laskettiin lokasuojien valmistuksen tuntinopeus.

Tehtävä	Karkea suoritus aika (s)
Lokasuojan haku lavalta	18
(Lokasuojan poraus)	45
Kokoonpanovaihe	180
Valmiin lokasuojan pöydältä poisto	15
Valmiin kappaleen lavalle asettelu	30
Aika yhteensä (min)	4,80
Lokasuojat tunnissa	12,5

Taulukko 4 Kokoonpanosolun karkea tuntinopeus laskettuna yhtä yksikköä kohti.

Kuten taulukossa 4 selviää, lokasuojia tunnissa saataisiin noin 12,5 kappaletta. Lopullinen tulos voi kuitenkin, olla parempi tai huonompi kuin laskelmissa, sillä ei aikoja robotilla olla voita mitata.

Laskelmien perusteella varsinaiseen parantuneeseen virtaustehokkuuteen ei päästä, mutta suuremmalla aikavälillä voidaan tuotantovauhdissa kuitenkin voittaa. Robotin tehdessä töitä kuitenkin kahvitaukojen ja ruokataukojen aikana. Myös mahdolliset miehittämättömät vuorot saattavat parantaa virtaustehokkuutta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa automaation vaatimuksia määritellyissä työpis-teissä ja suunnitella automaatioon vaadittavat alustavat suunnitelmat. Automaation tulisi myös parantaa keskimääräistä virtausnopeutta tekemällä siitä tasaisempi.

Työssä tutustuttiin automaation haasteisiin kohdeyrityksessä ja pyrittiin kehittämään mahdolliset ratkaisut kohdattuihin ongelmiin, jotka olivat tarkkuus ja kappaleiden käsitely. Näiden ongelmien ratkaisuksi suunniteltiin ja mallinnettiin laitteistot joiden avulla ongelmat voitaisiin ratkaista. Työssä tutustuttiin myös robotteihin ja siihen, mitä kaikkea robottisolu pitää sisällään ja mitkä ovat sen toimintatarpeet.

Alkuperäisenä tavoitteena oli lisätä vielä kolmas kokoonpanosolun automatisointi suunnitelmiin. Työtä tehdessä kuitenkin moni idea muovautui uudelleen ja uudelleen, mikä johti siihen, että työtä rajattiin myös sen tekemisen aikana.

Vaikka ongelmia matkalla ilmenikin saatiin työ kuitenkin päätökseen ja valittujen kokoonpanosolujen alustavat automatisointisuunnitelmat saatiin valmiiksi.

LÄHTEET

Allonrobots 2018b018a. Types of robots. Viitattu 25.5.2018

<http://www.allonrobots.com/types-of-robots.html>

Allonrobots 2018b018b. Industrial robots. Viitattu 26.5.2018

<http://www.allonrobots.com/industrial-robots.html>

Arduino 2018. Viitattu 30.5.2018

<https://www.arduino.cc/>

AutoCAD 2018. Viitattu 29.5.2018

<https://www.autodesk.fi/>

CES EduPack 2017. Tietokanta sovellus.

<http://www.grantadesign.com/education/edupack/>

Eie 2018, Robottirata. Viitattu 26.5.2018

<https://www.eie.fi/tuotteet/materiaalinkaesittely/robottirata/>

Fanuc 2018. R-1000iA. Viitattu 27.5.2018

<https://www.fanuc.eu/uk/en/robots/robot-filter-page/r-1000-series/r-1000ia-80h>

FESTO 2018. Viitattu 27.5.2018

https://www.festo.com/cms/fi_fi/index.htm

FESTO 2018a, Compact cylinder ADNGF. Viitattu 27.5.2018

https://www.festo.com/cat/fi_fi/products_ADNGF_1

FESTO 2018b. Three-point grippers DHDS. Viitattu 28.5.2018

https://www.festo.com/cat/en_us/products_DHDS

FESTO 2018c. Parallel grippers DHPS. Viitattu 28.5.2018

https://www.festo.com/cat/fi_fi/products_DHPS

GLOBE 2018. Compact vane air motors. Viitattu 28.5.2018

<https://www.globe-benelux.nl/en/producten/air-motors/compact-vane-air-motors/>

Kuka 2018. KR QUANTEC pro. Viitattu 27.5.2018

<https://www.kuka.com/en-de/products/robot-systems/industrial-robots/kr-quantec-pro>

Movetec 2018. Valoverhot. Viitattu 26.5.2018

<https://www.movetec.fi/fi/tuotteet/mekaniikka-muut/124-tuotteet/koneturvallisuus/valoverhot>

Niryo 2018. What are industrial robots. Viitattu 26.5.2018

<https://niryo.com/2016/11/03/what-are-industrial-robots/>

PIAB 2018a. Suction Cups. Viitattu 27.5.2018

<https://www.piab.com/en-US/products/suction-cups/>

PIAB 2018b. LC25-F3880. Viitattu 27.5.2018
<https://www.piab.com/en-US/products/suction-cups/suction-cup-accessories/level-compensators/0124961/>

PIAB 2018c. PIAB 3. Viitattu 27.5.2018
<https://www.piab.com/en-US/products/suction-cups/shape/bellows/b---bellows-du-raflex-10-110-mm0.4-4.5/0205205/>

Solidworks 2016-2017. 3D-Mallinnusohjelma.
<https://www.solidworks.com/>

SP-Elektroniikka 2018. Päästömagneetti. Viitattu 28.5.2018
<http://www.spelektroniikka.fi/p6672-paastomagneetti-polarisoitu-irrottaa-kun-virta-on-kytketty-24v-45kg-fi.html>

Yaskawa 2018a. MH-Sarja. Viitattu 27.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/motoman-robotit/sarjaa-koskevat-tiedot/serie/mh/>

Yaskawa 2018b. Ohjausyksiköt. Viitattu 27.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/ohjausyksikoet/>

Yaskawa 2018c. Robottiradat. Viitattu 27.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/oheislaitteet/robottiradat/>

Yaskawa 2018d. SIA-Sarja. Viitattu 28.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/motoman-robotit/sarjaa-koskevat-tiedot/serie/sia/>

Yaskawa 2018e. SDA-Sarja. Viitattu 28.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/motoman-robotit/sarjaa-koskevat-tiedot/serie/sda/>

Yaskawa 2018f. GP-Sarja. Viitattu 28.5.2018
<https://www.yaskawa.fi/fi/tuotteet/robotiikka/motoman-robotit/sarjaa-koskevat-tiedot/serie/gp/>

