



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TERÄSLANGAN SYÖTTÖLAITTEEN SUUNNITTELU

Lankarakenne Oy

TEKIJÄ:

Tero Korhonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Tero Korhonen			
Työn nimi Langansyöttölaitteen suunnittelu			
Päiväys	13.05.2021	Sivumäärä/Liitteet	44
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Lankarakenne Oy, Timo Vainikainen			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli suunnitella automatisoidumpi ja kustannustehokkaampi työtapa tiilisidekokonaisuuden valmistamiseen Lankarakenne Oy:lle. Työn tavoitteena oli suunnitella yksinkertainen teräslangan syöttölaite oikaisu- ja katkaisuominaisuudella. Suunniteltu langansyöttölaite olisi näin ollen osa uutta valmistuskokonaisuutta tiilisteiden valmistuksessa. Nykyisestä valmistusvaiheesta korvattaisiin kappa-lemakasiinin käyttämiseen ja täyttämiseen liittyvät tapahtumat kokonaan. Uudessa automatisoidummassa työtavassa teräslanka liikkuisi automaation avulla oikaisulaitteen läpi ja robotti ottaisi langasta suoraan kiinni ennen kuin langansyöttölaitteen jälkimmäinen kappale katkaisisi langan. Tämän jälkeen robotti siirtäisi tiilisidekomponentin epäkeskopuristimeen, missä kappaleen toiseen päähän tehtäisiin litistys ja reikä. Tästä robotti siirtäisi tiilisidekomponentin eteenpäin jatkokäsittelyä varten ja siirtyisi ottamaan langansyöttölaitteen läpi kulkevasta teräslangasta uudestaan kiinni ennen kuin leikkuri katkaisisi teräslangan jälleen.</p> <p>Opinnäytetyössä langansyöttölaitteesta suunniteltiin 3D- mallinnukset. Työssä hyödynnettiin robotiikan, teknologian sekä automaation käytettävyyteen ja toimivuuteen perustuvaa teoriaa Internetistä ja kirjallisista materiaaleista. Internetistä löydettyä materiaalia on käsitelty kriittisesti ja tarkistettu muista luotettavista lähteistä. Internetistä hankittu tieto on pääasiallisesti eri komponenttien valmistajien sivustoilta, tutkimuksista ja esitteistä hankittua tietoa, jota voidaan pitää suhteellisen luotettavana. 3D-mallinnuksista on pyritty tekemään realistisia ja suhteellisen yksinkertaisia SolidWorks- ohjelmistolla.</p> <p>Tuloksia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää, mikäli Lankarakenne Oy aikoo hankkia langansyöttölaitteen osaksi tiilisteiden valmistustuotantoaan. Suunniteltua laitetta voidaan jatkokehittää ja muokata tarvittaessa uusien inspiraationlähteiden sekä toimivuuden johdosta. Langansyöttölaite lisää tuotannon automatisoitumista, joka näin ollen vähentää työvoiman työ määrää ja kustannuksia pidemmällä aikavälillä. Suunnitelma toimii hyvänä pohjana jatkuvalla kehitystyöllä kyseisessä yrityksessä.</p>			
Avainsanat langansyöttölaite, automaatio, robottisolu, tiiliseide, tuotekehitys			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author Tero Korhonen	
Title of Thesis Designing a wire feeding machine	
Date 13.05.2021	Pages/Appendices 44
Client Organisation /Partner Lankarakenne Oy, Timo Vainikainen	
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to design a more automatic and cost-efficient method to produce brick ties for Lankarakenne Oy. A simple wire feeding machine with straightening and cutting feature would serve as such a solution. The designed wire feeding machine would be part of a new manufacturing complex in the production of brick ties and completely replace the use and filling of the part magazine. In this new more automatic method, the steel wire would automatically proceed through the straightening process and attach to a robot before the latter part of the wire feeding machine would cut the wire. The robot would then carry the brick tie component into the eccentric press which would flatten and puncture the other end of the piece. Next the machine would move the component forward for further processing and get a grip of the steel wire moving through the machine before it is cut again.</p> <p>In the thesis, a 3D-modeling of the wire feeding machine was designed. The model was based on a theory of the usability and functionality of robotics and technology gathered from online and written sources. Material found on the Internet has been critically reviewed from other reliable sources. The online sources mainly consist of research as well as brochures and websites of the component producers and can thus be considered reliable. By using the SolidWorks software, the 3D-modeling aims for realistic and simplified portrayal of the wire feeding machine.</p> <p>If Lankarakenne Oy plans on including the wire feeding machine as part of their brick tie manufacturing process, the results of this study can be useful in the transitional stage. The wire feeding machine increases the automatization of production and therefore reduces the required labor workload and costs in the long term. There is room for further development and modifications to possibly improve the brick tie manufacturing even more with the help of the wire feeding machine. The design can serve as a basis for future development work in the client organization.</p>	
<p><b>Keywords</b> wire feeding machine, automation, robotcell, brick tie, product development</p>	

## ESIPUHE

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tiilisidekomponenttien valmistustuotantoa tehostavan langansyöttölaitteen suunnittelua ja ideointia. Tämä työ sai alkunsa Lankarakenne Oy:n tarpeesta tehostaa sekä helpottaa kyseistä tuotantoprosessia automaation avulla. Opinnäytetyössä suunniteltiin uusi koneellisesti toimiva langansyöttölaite olemassa olevaan robottisoluun korvaamaan kappalemakasiini.

Haluan kiittää Lankarakenne Oy:tä mahdollisuudesta tehdä mielenkiintoinen ja haastava opinnäytetyö näinä epävarmoina aikoina maailmantilanteesta johtuen. Yhteistyömme toimi mielestäni erinomaisesti kyseisen konepajan kanssa. Saamani tuki ja ohjeistus työtä tehdessäni ansaitsevat suuret kiitokset. Tämän johdosta haluan erityisesti kiittää Lankarakenne Oy:n työnjohtajaa Timo Vainikaista suuresti omistautumisesta projektiin. Savonia-ammattikorkeakoulun puolelle haluan jakaa myös kiitokset. Kiitokset menevät Tatu Westerholmille sekä kone- ja tuotantotekniikan tiimivastavalle Mikko Nissiselle opastuksesta läpi tämän koko työjakson.

Kuopiossa 13.5.2021

Tero Korhonen

## SISÄLTÖ

KUVALUETTELO .....	7
1 JOHDANTO .....	9
2 LANKARAKENNE OY .....	10
3 TIILISIDE .....	11
3.1 Mikä on tiilaside? .....	11
3.2 SHR+ VLR+ TS- tiilaside.....	11
3.3 THR+ VLR+ TS- tiilaside .....	12
3.4 PRKR+ TS- tiilaside .....	13
3.5 Muut tiilasideet yrityksessä.....	14
4 AUTOMAATIO JA ROBOTIIKKA .....	15
4.1 Automaatio.....	15
4.2 Automaation käsitteitä .....	16
4.3 Robotiikka ja robotisointi .....	17
4.3.1 Historia.....	17
4.3.2 Robotiikan nykyhetki .....	18
4.3.3 Robottisolun teollisessa tuotannossa .....	18
4.3.4 Robottitarrain .....	19
5 TERÄSLANGAN SYÖTTÖKONEEN SUUNNITTELU .....	21
5.1 Suunnitteluprosessin teoriaa .....	21
5.2 Suunnittelun lähtökohdat.....	22
5.3 Suunnittelun tavoite .....	23
5.4 Robottisolun layout .....	25
5.5 Langansyöttökoneen suunniteltu osakokoonpano .....	26
5.5.1 Ohjainrullasto .....	27
5.5.2 Vetorullasto .....	29
5.5.3 Paineilmaleikkuri .....	31
5.5.4 Muut kokoonpanon osat .....	32
6 SUUNNITELTU TERÄSLANGAN SYÖTTÖLAITE KUVINA.....	33
7 VERTAILUA.....	35
7.1 Robottisolun layouttien vertailu.....	35
7.2 Kappalemakasiinin ja langansyöttölaitteen vertailu .....	37

8 POHDINTA JA YHTEENVETO .....	39
LÄHDELUETTELO.....	40
LIITE 1: VAATIMUSLISTA.....	42

## KUVALUETTELO

Kuva 1. SHR + VLR + TS - tiiliside (Lankarakenne Oy, 2021) .....	11
Kuva 2. SHR+ VLR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018) .....	12
Kuva 3. THR + VLR + TS - tiiliside (Lankarakenne Oy, 2021) .....	12
Kuva 4. THR+ VLR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018) .....	13
Kuva 5. PRKR + TS- tiiliside (Lankarakenne Oy, 2021) .....	13
Kuva 6. PRKR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018).....	14
Kuva 7. Ensimmäinen teollisuusrobotti Unimate (IFR, 2021) .....	17
Kuva 8. Robottisolun tarttuja (Lankarakenne Oy, 2018) .....	20
Kuva 9. Lankarakenne Oy:n robottisolun .....	22
Kuva 10. Robottisolun työrobotti ja kappalemakasiini .....	23
Kuva 11. Epäkeskopuristin .....	24
Kuva 12. Funktionaalisen layoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a).....	25
Kuva 13. Solulayout toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a) .....	25
Kuva 14. Tuotantolinjalayoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a) .....	25
Kuva 15. Virtautetun tuotannon layoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a.) .....	26
Kuva 16. Automatisoitu langansyöttölaite (Novo Precision, s.a) .....	26
Kuva 17. Ohjainrullasto edestäpäin .....	27
Kuva 18. Ohjainrullasto sivultapäin .....	27
Kuva 19. Ohjainrullasto alhaaltapäin.....	28
Kuva 20. Ohjainrullasto ja sen säädettävyys .....	28
Kuva 21. Vetorullasto ja sähkömoottori .....	29
Kuva 22. Vetorullasto edestäpäin .....	30
Kuva 23. Vetorullasto ja sen säädettävyys .....	30
Kuva 24. Paineilmaleikkuri edestäpäin .....	31
Kuva 25. Paineilmaleikkuri ylhäältäpäin.....	31
Kuva 26. Kaksitoimisen sylinterin toimintakaavio (Wikipedia, 2019) .....	31
Kuva 27. Kokoonpanossa oleva robotti (Grabcad, 2019) .....	32
Kuva 28. Kokoonpanossa oleva moottori (Crabcad, 2017).....	32
Kuva 29. Teräslangansyöttölaite sivultapäin .....	33
Kuva 30. Langansyöttölaite edestäpäin .....	34
Kuva 31. Langansyöttölaite sivultapäin .....	34
Kuva 32. Robottisolun nykyinen layout (Lankarakenne Oy, s.a).....	35
Kuva 33. Robottisolun uusi layout .....	36

Kuva 34. Kappalemaksiini .....	37
Kuva 35. Teräslangan syöttölaite.....	38



## 1 JOHDANTO

”Koneet jatkavat siitä, mihin ihmiset jäävät” -lausahdus on tulevaisuutta. Konepajoissa toimintatavat ovat kehittyneet ajan kuluessa ja robotiikka sekä automaatioteknologia ovat lisääntyneet. Automaation avulla voidaan muun muassa varmistaa tuotteiden tasainen laatu, jätteiden väheneminen ja pienentynyt työvoiman tarve fyysisenä läsnäolona. Tuotannon tehostamiseen kasvavan kilpailun ohella on nykyaikana panostettu, jotta yritykset säilyisivät kilpailukykyisenä. Kilpailukykyä markkinoilla mitataan muun muassa kehittyneillä ja laadukkailla tuotteilla sekä toimitusajoilla. Myös työvoimakustannukset ovat oleellinen osa tätä kokonaisuutta. Konepajatuotannon tuleekin tulevaisuudessa lisätä automatisointia ja miehittämättömän tuotannon määrää, jotta konepajat pärjäävät muuttuvan maailman kilpailussa mukana.

Lankarakenne Oy on Kuopiossa toimiva konepaja, joka valmistaa sarjatuotannolla lankatuotteita, valuankureita ja tiilisiteitä. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on suunnitella kyseiselle konepajalle koneellisesti toimiva langansyöttölaite jo olemassa olevaan tiilisiteitä valmistavaan robottisolun. Työssä keskitytään kehittämään ja automatisoimaan tiilisiteen valmistusprosessia kyseisellä työpisiteellä. Pyrkimyksenä on suunnitella realistinen ja toteutettavissa oleva langansyöttölaite sekä tehdä siitä 3D- mallinnus. Langansyöttölaitteen toimivuuteen sekä automaatioon paneudutaan lisäksi teorian tasolla.

Työn tarkoitus on myös vertailla automatisoinnin hyötyjä ja haittoja kyseisellä robottisolun työpisiteellä verrattuna nykyhetkeen. Työn tavoitteena on auttaa Lankarakenne Oy:tä kehittämään ja mahdollisesti automatisoimaan tuotantoaan lisää lähitulevaisuudessa. Kilpailukyyn parantaminen kasvavilla markkinoilla on yrityksessä keskeinen prosessi, jota se pyrkii kehittämään jatkuvasti. Opinnäytetyön tuloksia yritys voi hyödyntää tulevaisuudessa ja sitä kautta parantaa ja tehostaa omaa tuotantoaan. Alkukustannuksien jälkeen yritys voi mahdollisesti automaation ansiosta vähentää työntekijöiden työmäärää, lisätä työturvallisuutta, parantaa kilpailukykyä sekä lisätä liikevoittoa.

Opinnäytetyön aiheeksi rajattiin teräslangan syöttölaitteen kehittäminen, suunnittelu ja arvioiminen Lankarakenne Oy:n robottisolun, joka valmistaa SHR+ VLR+ TS- tiilisidettä. Dassault Systems:in valmistamalla SolidWorks 3D CAD - suunnitteluohjelmistolla saa suunnittelemaista langansyöttölaitteesta tehtyä osa- ja kokoonpanopiirustukset.

## 2 LANKARAKENNE OY

Lankarakenne Oy on vuonna 1986 perustettu konepaja. Kuopiossa yritys on erikoistunut tiilisteiden, valuankkureiden ja lankatuotteiden joustavaan sarjatuotantoon. Lankarakenne Oy valmistaa lisäksi myös erilaisia pintakäsittelyvariaatioita tekemiinsä tuotteisiin ja tarjoaa myös erilaisia ohutlevy- ja hitsauspalveluja sekä pulverimaalauksia. Tuotannossa Lankarakenne Oy:llä on käytössään hitsauskooneet, automaattiosahat, särmäyspuristimet, levytyökeskukset, epäkeskopuristimet ja oma pulverimaalaamo.

Lankarakenne Oy toimii 9001:2000 laatujärjestelmän ja ympäristöstandardin ISO 14001:2004 mukaan. Robotiikka sekä 3D/CAD/CAM- järjestelmät kuuluvat nykyään tärkeäksi osaksi yrityksen tuotannon täysimittaista hyödyntämistä. Lisäksi yritys ilmoittaa vahvuusikseen toimitusvarmuuden ja tuotteiden laadun.

### **Maarla Oy**

Vuonna 1987 perustettu Maarla Oy on metallialan yritys, joka on erikoistunut ohutlevy- ja lankatuotteiden tuotantoon. Tuotteet ohjautuvat pääasiallisesti rakennus- ja elektroniikkateollisuuteen. Yrityksen toimipiste sijaitsee Viitasaarella Keski-Suomessa. Maarla -yrityskonserniin kuuluu myös Sopvalm Oy ja Lankarakenne Oy. Sopvalm Oy liittyi Maarla -konserniin kesällä 2018 ja sijaitsee Maarla Oy:n läheisyydessä Viitasaarella. Lankarakenne Oy sijaitsee Itä-Suomessa Kuopiossa. Sukupolven vaihdoksen ja kesän 2018 yrityskauppojen jälkeen konserni on kasvanut sekä kehittynyt merkittävästi. Koko konsernissa työskentelee tällä hetkellä lähes 100 henkilöä. Perusarvoina ovat asiakaslähtöisyys, laadukkuus, joustavuus, rehellisyys ja kotimaisuus. (Maarla Oy, 2021)

Maarla Oy tarjoaa myös erilaisia pintakäsittelyvariaatioita valmistamiinsa tuotteisiinsa. Yrityksellä on sertifioitu 9001:2000-laatujärjestelmä ja toimii ympäristöstandardin ISO 14001:2004 mukaisesti. Maarla Oy:ssä on alkutestattu KIWA Inspecta Oy:n valvoma IWE valvottu tuotanto. (Maarla Oy, 2021)

Maarla Oy osti Lankarakenne Oy:n osakekannan vuonna 2014. Yrityksen toimialaan liittyy myös erilaisten tilaustuotteiden valmistaminen sekä erilaiset ohutlevy- ja hitsauspalvelut. Lankarakenne Oy:n yritysstrategian tärkeitä osa-alueita on kehittää konepajatuotantoa ja robotiikkaa. Yritys ilmoittaa tärkeimmiksi kehityskohteikseen tulevaisuudessa kehitystyön ja sarjatuotannon lisäämisen. Opinnäytetyössä suunniteltu teräslangansyöttölaite on suunniteltu yhteistyössä Kuopion toimipisteen kanssa kehittämään kyseisiä osa-alueita.

### 3 TIILISIDE

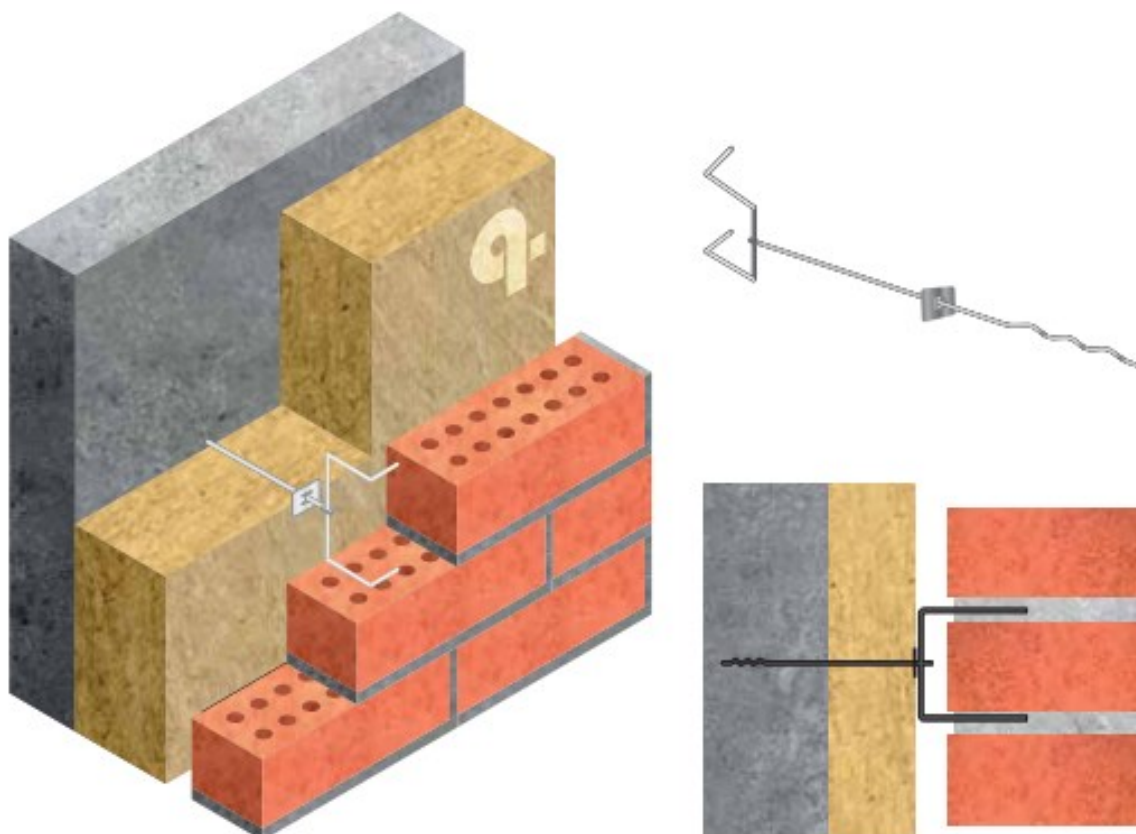
#### 3.1 Mikä on tiilaside?

Tiilasideitä käytetään tiiliverhouksen sitomiseen runkorakenteeseen. Tiilasideitä on saatavilla useampia erilaisia malleja. Käytettävä tiilaside valikoituu runkorakenteen materiaalin perusteella. Rakennuksen runkorakenne voi olla betonia tai puuta. Lankarakenne Oy:ssä tiilasideet valmistetaan 4 ja 5 millimetrin ruostumattomasta teräslangasta. Tiilasideiden tuotanto langasta valmiiksi tiilasideeksi toteutetaan Lankarakenne Oy:ssä. (Lankarakenne Oy, 2021)

Lankarakenne Oy valmistaa useita erilaisia tiilasideitä. Opinnäytetyössä suunnittelu langansyöttölaite sopii tiilasidemallille SHR+ VLR+ TS. Tiilaside on kokonaisuus, joka sisältää erilaisia komponentteja mallista riippuen. Tiilasideellä tarkoitetaan komponenttia, jonka avulla eriste ja ulkokuori sidotaan olemassa olevaan sisäkuoreen. (Lankarakenne Oy, 2021)

#### 3.2 SHR+ VLR+ TS- tiilaside

Betoniin esiasennettava SHR + VLR + TS - tiilaside on esitetty kuvassa 1. Tiilaside asennetaan betonitehtaalla elementtiin valmiiksi. SHR painetaan eristeen läpi betoniin. Betonin kuivuttua asennetaan vastinlevy (VLR) sitomaan eriste ja betoni yhteen. Tiilisanka (TS) asennetaan muurauksen yhteydessä työmaalla. Kaikki osat on valmistettu ruostumattomasta teräslangasta. Mallia valmistetaan 4 sekä 5 millimetrin paksuisina ja menekki on 4-8 kpl/m<sup>2</sup>. CE- hyväksytty. (Lankarakenne Oy, 2021)



Kuva 1. SHR + VLR + TS - tiilaside (Lankarakenne Oy, 2021)

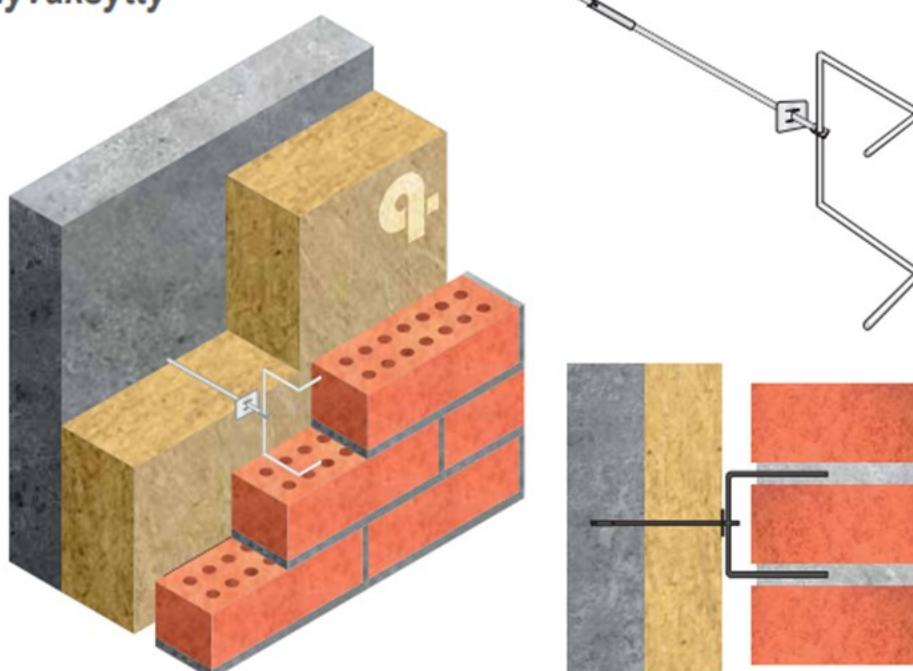


Kuva 2. SHR+ VLR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018)

### 3.3 THR+ VLR+ TS- tiiliside

THR+ VLR+ TS on liikkeen salliva tiiliside betonirunkoon, joka on kuvattu kuvassa 3. Tiilisanka asennetaan muurauksessa tiilen saumoihin. Porataan 40 mm syvä reikä ja kiilataan asennustyökalulla (ASPU-R). Eriste sidotaan vastinlevyllä (VLR). THR on nimitys tiilisiteen osasta, joka kertoo sen olevan tarkoitettu asennettavaksi betonirunkoon. THR:n pituus on eriste + 50 mm. VLR tarkoittaa vastinlevyä ja TS tiilisankaa, jotka yhdessä muodostavat tiilisidekokonaisuuden. Tiilisanka asennetaan muurauksen yhteydessä tiilen saumoihin ja sen koko määräytyy tiilien korkeuden ja ilmaraon mukaan. Tiiliside on tarkoitettu rakennusten julkisivumuurauksen kiinnittämiseen rakennuksen runkoon. Osat valmistetaan ruostumattomasta teräslangasta. Mallia voidaan valmistaa 4 ja 5 millimetrin paksuisina. Menekki 4-8 kpl/m<sup>2</sup>. CE- hyväksytty. (Lankarakenne Oy, 2021)

**CE-hyväksytty**



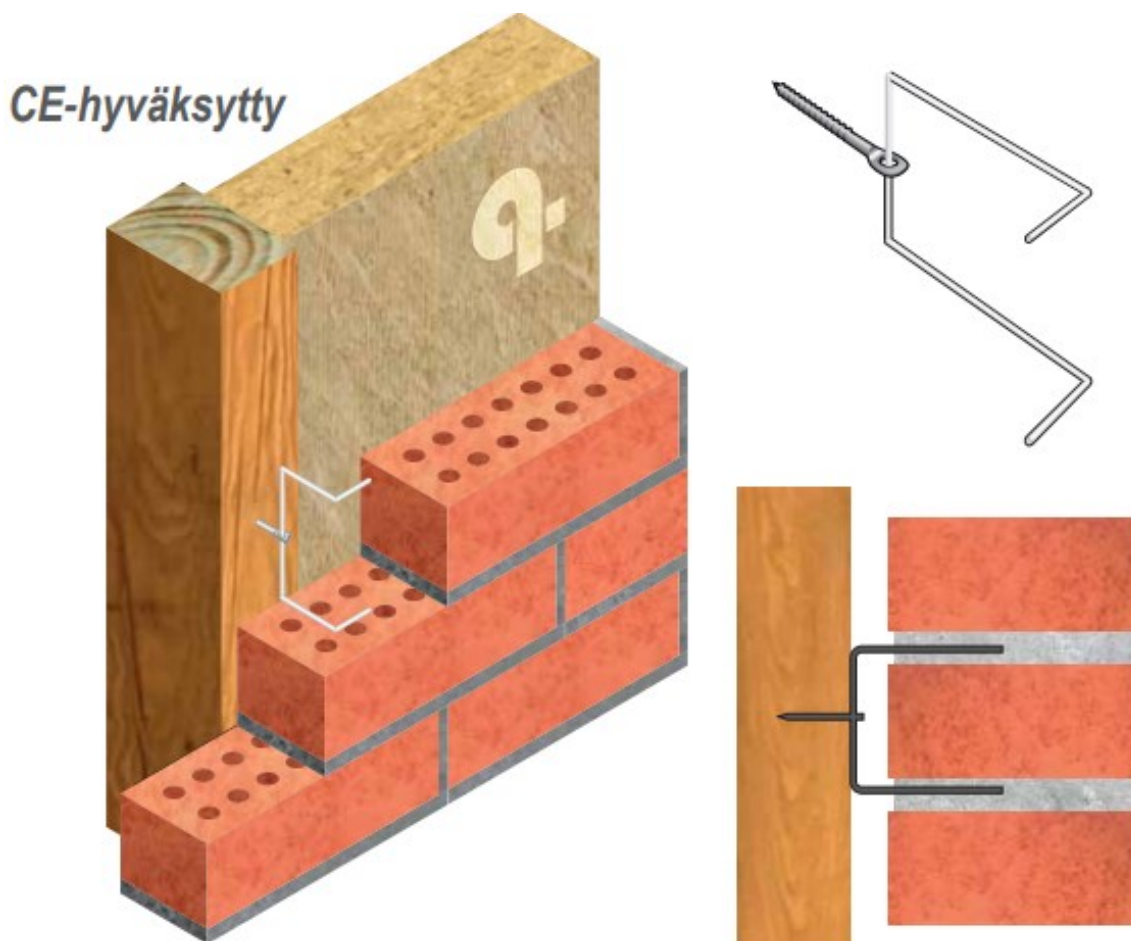
Kuva 3. THR + VLR + TS - tiiliside (Lankarakenne Oy, 2021)



Kuva 4. THR+ VLR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018)

### 3.4 PRKR+ TS- tiiliseide

Kuvassa 5 on esitetty PRKR + TS- tiiliseide. PRKR on liikkeen salliva tiiliseide ja se kierretään puurun-koon, joka asennetaan porakoneeseen yhdistettävällä työkalulla. Eriste sidotaan vastinlevyllä (VLR). Tiilisanka (TS) puolestaan asennetaan tiilen saumoihin muurauksen yhteydessä työmaalla. PRKR:n pituus on eristepaksuus + 70 mm. Kaikki osat ovat valmistettu ruostumattomasta teräslangasta. Mallia valmistetaan 4 ja 5 millimetrin paksuisina. Menekki 4-5kpl/m<sup>2</sup>. CE- hyväksytty. PRKR + TS- tiilisiteen osa on esitetty kuvassa 6. (Lankarakenne Oy, 2021)



Kuva 5. PRKR + TS- tiiliseide (Lankarakenne Oy, 2021)



Kuva 6. PRKR+ TS- tiilisiteen osa valmistusvaiheessa (Lankarakenne Oy, 2018)

### 3.5 Muut tiilisiteet yrityksessä

Kyseinen robottisolu yrityksessä, johon langansyöttökone on suunniteltu, pystyy valmistamaan näitä kolmea edellä mainittua tiilisidettä. Langansyöttökone on kuitenkin suunniteltu vain SHR+ VLR+ TS-tiilisiteiden valmistukseen, johtuen teräslangan sopivuudesta ja yksinkertaisuudesta. Lankarakenne Oy:n työnjohtaja Timo Vainikaisen (2021-04-06) mukaan SHR- tiilisiteiden myynti on viime vuosina lisääntynyt ja pienentänyt muiden kuten THR- tiilisiteiden osuutta myynnistä. SHR- tiilisiteiden myynti kappalemäärissä (n. 200 000 kpl/vuosi) on noin kaksi kertaa suurempi kuin THR- tiilisiteiden.

SHR+ VLR+ TS, THR+ VLR+ TS sekä PRKR+ TS- tiilisiteiden lisäksi yritys valmistaa seitsemää erilaista tiilisidekokonaisuutta, jotka ovat: ELK 20+ TS, TLP+ VLR, TH+VLR, TPR+ VLR, TRM+ VLR, SH+ VLR ja LHS. Tiilisiteillä sidotaan siis julkisivumuuraus ja lämmöneristeet runkorakenteeseen. Ne mitoitetaan ja suunnitellaan myös tuulenpainetta vastaan. Tiilisiteet valmistetaan pääsääntöisesti ruostumattomasta teräksestä ja rakennesuunnittelija määrittelee niiden tarpeen kohteeseen. Lisäksi tärkeä huomio tiilisiteiden asennuksessa on se, että niiden asento on joko vaakasuora tai vähän ulospäin laskeva. Tällä tekniikalla estetään tiilisiteiden kautta mahdollisen kosteuden johtuminen eristeisiin.

## 4 AUTOMAATIO JA ROBOTIIKKA

### 4.1 Automaatio

Automaation juuret löytyvät yli 2000 vuoden takaa ja se on ollut mukana teollisen vallankumouksen alkuajoista lähtien. Automaatio on nykyisin olennainen osa teknologiaa teollisuudenaloilla, kuluttajatuotteissa ja infrastruktuureissa. 1970-luvulla automaatio alkoi hyödyntää digitaalitekniikkaa tavoitteenaan sulavampi ja tehokkaampi työskentely. Tulevaisuudenkuva automaation kehityksessä ja kasvamisessa on positiivinen. Tätä edesauttavat tekoälyn kehittyminen sekä automaation integroituminen eri teknologian sovelluksien kanssa. Automaation olemassa oleminen näkyy itse asiassa kaikilla elämän osa-alueilla ja se vaikuttaa jokaisen ihmisen elämään. Se on sateenvarjokäsite, joka ylittää kaikki rajat aina tietotekniikasta robotiikkaan sekä keinoälyyn. (Suomen automaatioseura, 2018)

Automaatiota esiintyy tänä päivänä kotitalouksissa, kuluttajatuotteissa- ja laitteissa, jolla tehdään ihmisen elämästä helpompaa. Toiset laitteet tarvitsevat ihmisen apua toimiakseen, kun taas toiset toimivat täysin automaattisesti. Yhteiskunnan infrastruktuurit perustuvat myös pääosin automaatioon. Esimerkiksi energia-, vesi- ja viemärijärjestelmissä automaatio ohjaa kyseisten järjestelmien toimintaa. Automaatiossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen väliin tuloa.

Automaattisesti toimivan laitteiston perusidea on se, että ihmisen toiminta ja tarve kohdistuu pääasiassa kyseisen prosessin valvontaan, poikkeustilojen selvittämiseen sekä laitteistojen huolto- ja korjaustoimenpiteisiin. Tästä esimerkkinä voidaan ottaa suomalainen hissiyhtiö Kone Oyj, jossa itsekin olen ollut työharjoittelussa koneinsinööriopintojeni aikana. Kone Oyj:llä automaatio on läsnä esimerkiksi sen hisseissä ja liukuportaissa. Kun hissi jämähtää paikalleen, tarvitaan ihmistä selvittämään vikatila ja korjaamaan se, jotta laitteisto jälleen toimii oikein ja halutulla tavalla. Tiivistettynä ja lyhyesti sanottuna automaatio tulee kreikan kielestä ja tarkoittaa itsestään toimivaa. (Heinonkoski, Asp & Hyppönen, 2008)

Automaation hyötyjä on muun muassa seuraavanlaisia:

- Ihminen pääsee helpommalla
- Luotettavuus ja toistettavuus
- Turvallisuus
- Laatu ja nopeus
- Kustannustehokkuus ja massatuotanto
- Energian ja raaka-aineiden säästäminen
- Jätteiden väheneminen

Automaation haittapuolia ovat taas:

- Kunnossapidosta ja huollosta aiheutuvat kustannukset
- Alkukustannukset (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas, & Sumujärvi, 2007)

## 4.2 Automaation käsitteitä

Ohjelmoitava logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller) tarkoittaa suoraan suomen kielelle käännettynä ohjelmoitavaa logiikkasäädintä, mutta toiminnaltaan se on säädintä paljon monipuolisempi ohjausjärjestelmä. Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan hyvin toteuttaa pienet ja keskisuuret automaatiotehtävät. Ohjelmoitavia logiikoita, jotka myös ovat mikroprosessoripohjaisia tietokonelaitteita ja ohjelmistoja, käytetään korvaamaan alempi tason digitaalisia automaatiojärjestelmiä edullisemman hintansa vuoksi. Lisäksi ohjelmoitavissa logiikoissa muutosten teko on yleensä joustavampaa ja nopeampaa kuin releissä, koska logiikkaan voidaan ohjelmoida uusi ohjelma. PLC:llä, joka on kuin pieni tietokone, voidaan korvata jopa tuhansia aiemmin käytettyjä ajastimia ja releitä. Ohjelmoitavilla logiikoilla voidaan toteuttaa monimutkaisia kokonaisuuksia helpommin kuin releohjauksilla. Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan ohjata laitteita. Logiikoihin ohjelmoidaan loogisista käskysanoista koostuvia ohjelmia, jotka tallennetaan logiikkayksikön muistiin. (Wikipedia 2020)

Rakenteeltaan logiikka on mikroprosessoripohjainen laite, jonka tulo- ja lähtöportit ovat joko integroituja tai modulaarisia. Niihin voidaan kytkeä erilaisia toimilaitteita ja antureita, joita voidaan ohjata käyttäjän luomalla ohjelmalla. Ohjelmat on sijoitettu logiikan paristovarmennettuun muistiin, jotta ne säilyvät sähkökatkon ajan. (Wikipedia, 2020)

Käyttöliittymä (HMI, Human-Machine Interface) tarvitaan ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välisessä kommunikoinnissa. Käyttöliittymän kautta järjestelmään voidaan syöttää ennalta määriteltyjä parametreja sekä saadaan tilannetietoja laitteiston toiminnasta. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas, & Sumujärvi, 2007)

Kenttäväylä (Fieldbus) on kokonaisuus, joka koostuu väyläkaapeleista ja väylän järjestelmälaitteista. Väylän tehtävänä on tiedonsiirto antureiden, ohjauslaitteiden sekä ohjaavien yksiköiden välillä. Väylä on nopeasti ja helposti laajennettavissa pienillä kaapelointikustannuksilla. Etuna on nopea ja varma tiedon siirto sekä säästöt kaapeloinneissa. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas, & Sumujärvi, 2007)

Automaation ja sen tekniikan yhteydessä voidaan puhua instrumenttitekniikasta, mittaus- ja säätötekniikasta, servotekniikasta sekä logiikkaohjauksista. Yhtenä automaation muotona voidaan pitää testausautomaatiota, jossa tietokone ohjelmoidaan matkimaan ihmisen toimintaa. Tässä opinnäytetyössä teräslangansyöttölaitteen automaation toteuttaa kyseinen PLC ohjelmointilogiikka. Langan-syöttökone tarvitsee lisäksi toimiakseen automaattisen mittalaitteen, joka osaa ohjelmoinnin avustuksella mitata työstettävän kappaleen pituuden ennen kuin teräsvaijerista katkaistaan työstettävä kappale leikkurilla. Sähkömoottori, leikkuri sekä työstettävän kappaleen mittalaite ohjelmoidaan kyseiseen logiikkaan.

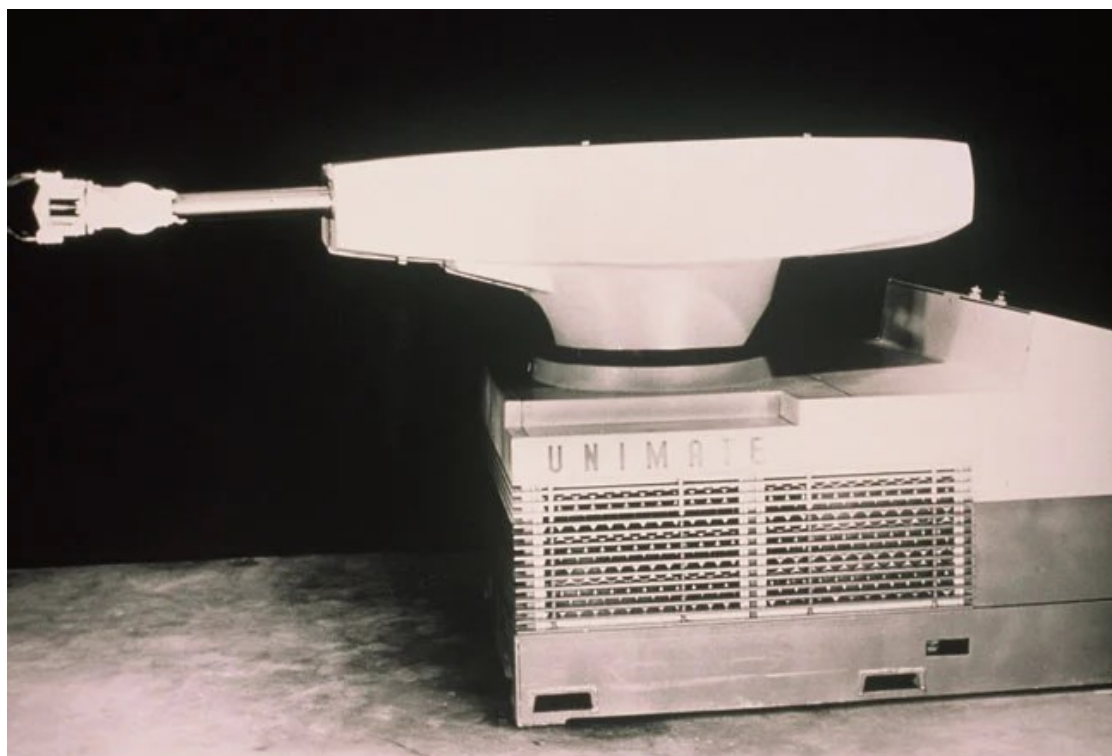


## 4.3 Robotiikka ja robotisointi

### 4.3.1 Historia

Robotti sanaa käytettiin ensimmäisen kerran vuonna 1920 Karel Capekin esittelemässä näytelmässä "Rossum's Universal Robots". Tieteisnäytelmässä robotit tekivät töitä luojilleen, näytelmän lopussa koneet kaappasivat vallan ja tuhosivat ihmiskunnan. Termi tulee tsekin kielen sanasta robota, joka tarkoittaa maaorjaa tai orjaa. Vuonna 1956 perustettu yhtiö Unimation julkaisi ensimmäisen teollisuusrobotin, Unimaten, 1959. Ensimmäisenä robotin otti käyttöön yhdysvaltalainen autoteollisuus vuonna 1961, ja sitä käytettiin kuumissa olosuhteissa valukoneiden läheisyydessä. Unimaten valmistaminen maksoi yritykselle 65 000 dollaria, mutta he myivät sitä 18 000 dollarilla. Ensimmäinen Unimaterobotti Euroopassa otettiin käyttöön Ruotsissa vuonna 1967. (IFR, 2021)

Myöhemmin Unimation teki yhteistyötä yhdysvaltalaisen autoteollisuuden kanssa ja kehitti heidän tarpeisiinsa soveltuvan PUMA-käsivarsirobotin (Programmable Universal Machine for Assembly) vuonna 1978. Robotti suunniteltiin, koska General Motors huomasi, että kokoonpanossa käsiteltävät tuotteet olivat suurimmaksi osaksi pieniä, alle kolmen kilon painoisia. Tästä syystä kehitettiin PUMA-robotti, joka oli pienikokoinen ja soveltui kevyempien kappaleiden käsittelyyn. Ensimmäinen SCARA-robotti valmistettiin Yamanashin yliopistossa Japanissa vuonna 1978. Tätä seurasi ensimmäinen kiertyvänivelinen robotti kuudella vapausasteella. Tästä eteenpäin kehitystä on tapahtunut aina tähän päivään asti. Teknologian kustannukset ovat halventuneet ja useat erilaiset lisälaitteet, kuten sensorit ja kamerat, ovat robotiikassa yleistyneet. (IFR, 2021)



Kuva 7. Ensimmäinen teollisuusrobotti Unimate (IFR, 2021)

#### 4.3.2 Robotiikan nykyhetki

Robotit ovat jo korvanneet miljoonia teollisuuden työpaikkoja ja ne yleistyvät myös palveluissa, joissa hyödynnetään esimerkiksi puheentunnistusta ja koneoppimista. Lisäksi robottien ennustetaan vievän maailmanlaajuisesti noin 20 miljoonaa teollisuuden työpaikkaa 2020-luvun aikana. (YLE, 2019)

Robottien avulla voidaan monipuolistaa konepajojen valmistusprosesseja ja parantaneet teollisuuden tuottavuutta. Robotit kykenevät suoriutumaan sille annetuista tehtävistä sellaisella tarkkuudella ja nopeudelle, joihin ihminen ei pysty. Robotisoinnilla parannetaan yrityksen tuottavuutta, tuotteiden laatua sekä turvallisuutta. Yritykset ovat saavuttaneet robotisoinnilla mittavia hyötyjä ja edistäneet työntekijöiden työolosuhteita. Yritykset hankkivat robotteja monenlaisten tehtävien suorittamiseen.

Syitä robottien hankinnalle voi olla muun muassa seuraavanlaiset:

- Työturvallisuuden parantaminen
- Kilpailukyvyyn ja tuottavuuden lisääminen
- Työtehtävien vähentäminen ja helpottaminen
- Tuotteiden laadun parantaminen
- Miehittämättömien työvuorojen lisääminen (ABB Oy, s.a)

#### 4.3.3 Robottisolun teollisessa tuotannossa

Robottisolulla tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa on robotin lisäksi useampia toimintoja suorittavia laitteita. Robottisolun päälaitteena on robotti. Robottijärjestelmä tarvitsee toimiakseen myös:

- Työkalun
- Käsivarren
- Ympäristöä tarkkailevat prosessianturit tai -aistimet
- Ohjausjärjestelmän
- Ympäryys- ja oheislaitteet
- Liitännät robotin toimintaa ohjaaviin tietokoneisiin (Lehtinen, s.a)

Koska robotti on robottisolun tärkein laite, robotin valinnassa täytyy kartoittaa sen toimintaan liittyvät yksityiskohdat. On myös tärkeää huomioida robottisolun turvallisuus. Robotti ei saa aiheuttaa ihmiselle vaaraa. Lähtökohtana on, että ihminen ja robotti erotetaan toisistaan esimerkiksi turva-aidalla. Turva-aita takaa sekä robotille että ihmisille tehokkaan ja turvallisen työskentelyn. (Salmi, Väätäinen, Malm & Marstio 2014, 7, 11 ; Finnrobotics Oy, s.a)

Robotti on Laukkasen (2002) mukaan tietokoneohjelmalla ohjattava laite, joka korvaa kokonaan tai osittain työntekijän. Kansainvälisen robottiyhdistyksen standardimääritelmänsä (ISO 8373) mukaan teollisuusrobotti on puolestaan uudelleenohjelmoitava, monikäyttöinen ja vähintään kolmenivelineen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan osia, kappaleita, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavien liikkein tehtävien suorittamiseksi teollisuudessa. (International Federation of Robotics; Lehtinen, s.a)

Historian alussa ajateltiin, että tehdasrobottien ulkonäön täytyisi muistuttaa ihmistä. Robottien varsinainen kehitystyötä tekevät tajusivat kuitenkin, ettei automatisoitua työtä tekevän laitteen tarvitse muistuttaa ihmistä ulkoisesti. Tämän seurauksena useimmat teollisuusrobotit muistuttavatkin nykyään ihmistä siinä, että niissä on monipuoliset liikeradat sisältävät käsi ja työtehtävän mukainen kiinnitysvälineistö. (Laukkanen, 2002)

Lehtisen (s.a., 2) mukaan teollisuusrobotti onkin yksinkertaistettuna mekaaninen laite, jonka tehtävänä on siirtää työkalun kiinnityslaippaa ohjelmoidulla tavalla. Lisäksi robotissa on jalustan ja työkalun välissä tukivarsia, joita nivelet liittävät toisiinsa. Niveleitä taas liikuttavat servotoimilaitteet. Kiertyvänivelineen robotti on yksi yleisimmistä käytetyistä robottityypeistä. Robotissa on kuusi vapausastetta, joista vähintään kolme on kiertyviä. Kuuden vapausasteen ansiosta työkalu saadaan asemoitua mihin tahansa asentoon työalueella. Ytimekkäästi sanottuna robotiikka on automaation toteuttamista robotteja hyödyntämällä.

#### 4.3.4 Robottitarrain

Robotin yleisin työkalu on tarrain tai tarttuja, jolla tarkoitetaan mekaanista osaa, jota robotti liikuttaa asemasta toiseen. Tarrain on työkaluista yksinkertaisin. Toimiakseen robotilla pitää olla tarrain tai jokin muu työkalu, jolla se pystyy työstämään haluttua kappaletta. Tarraimelle on yleensä vain kaksi toimintaa eli avautuminen ja sulkeutuminen, mutta tarraintyyppillä sekä tartuntatavalla on suuri merkitys robotin tehokkuuteen ja toimintakykyyn. Työkalua valittaessa on huomioitava työstettävien kappaleiden mahdolliset muoto-ominaisuudet ja kestävyudet. Tarraimen erilaisia tartuntoja ovat muun muassa muotosulkeinen tartunta, kitkasulkeinen tartunta eli puristusvoimaan perustuva tartunta sekä vetovoimaan perustuva tartunta, joka voidaan toteuttaa magneetilla tai alipaineella. Yleensä parhaimpaan lopputulokseen päästään, kun suunnitellaan ja valmistetaan tarrain itse. Tuotantojärjestelmän automatisoimisessa yksi tärkeimmistä vaiheista on tarttujan suunnitteleminen.

Oman tarttujan suunnittelussa on olemassa kaksi perussääntöä:

- Ei vertaa ihmistä robotteihin, sillä robotti ei pysty samankaltaisiin asentoihin ja tartuntoihin kuin ihminen
- Kokonaisuuden hahmottaminen ja miettiminen

Tarraimen valinnassa ja suunnittelussa on otettava huomioon seuraavat ehdot:

- Tarraimen soveltuvuus kappaleelle
- Tarraimen keveys eli robotin täytyy pystyä käsittelemään sitä
- Tilavaatimukset eli tarttujan on toimittava esteettömästi
- Voimavälitys kappaleeseen (hydrauliikka, paineilma ja magnetismi)
- Yksinkertainen rakenne (rakentaminen ja kunnossapito)
- Luotettava tartunta, jotta kappale ei pääse irtoamaan tai hajoa (Kuivanen 1999, 64–68)

Robotin tarttujista on olemassa erilaisia variaatioita, kuten: mekaaniset tarraimet, imukuppi-/alipainetarraimet, magneettitarraimet, vakiotarraimet ja älykkäät tarraimet. Tartuntavoiman on oltava semmoinen, että kappale pysyy tarraimessa luotettavasti kiinni, muttei hajoa. Tartuntavoiman aikaan saamiseksi tarvitaan toimilaitteita, kuten sormitarttujia, joilla saadaan kappaleeseen hyvä ote. Sormien liike tuotetaan pääosin lineaarisesti, mutta liike voi olla myös erilaisin nivelmekanismein tai kulmatarraimin toteutettu. Työkappaleen ja tarraimen välinen tartunta, koostuu myös painopisteestä, pinnanlaadusta ja toleransseista. (Kuivanen 1999, 67)

Kappaleiden erilaiset materiaalit ovat tarraimen suunnittelussa tärkeitä huomion aiheita. Tartuntaperiaatetta valitessa on tiedostettava materiaali lujuus, pintapaineen kestävyys ja kitkakerroin. Näiden asioiden pohjalta voidaan miettiä, että tartutaanko muotosulkeisella vai kitkasulkeisella tartunnalla. Muita huomioitavia asioita ovat tunnistettavuus sekä materiaalivakiot. Materiaalivakioita ovat lämmönjohtavuus, eriste vai johde ja magneettisuus. Magneettinen kappale antaa aina mahdollisuuden käyttää magneettitarrainta. (Kuivanen 1999, 67)

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavan teräslangan syöttökoneen robottisolun tarrain joutuu käsittelemään vain yhden ja samankokoisen tiilisiteen osaa eli tarttujalla on kiinteä tartuntapiste langansyöttölaitteen loppupäästä. Tarrain on jo Lankarakenne Oy:llä käytössä ja soveltuu ominaisuuksiensa puolesta tiilisiteiden käsittelyyn. Tarrain on pneumaattinen eli sen toimilaitteita ohjataan paineilmalla. Paineilmakäyttöisyyden lisäksi tarttujassa on sisäisiä antureita, joiden ansiosta se pystyy lukemaan kohteen etäisyyttä, muotoja sekä kosketuksen voimaa komponenttiin.



Kuva 8. Robottisolun tarttuja (Lankarakenne Oy, 2018)

## 5 TERÄSLANGAN SYÖTTÖKONEEN SUUNNITTELU

### 5.1 Suunnitteluprosessin teoriaa

Yleensä suunnittelun lähtökohtana on jokin tarve tietyn ongelman ratkaisemiseen tai halu parantaa jotakin jo olemassa olevaa. Ongelman voi ratkaista ilman suunnittelua, mutta suunnitteluprosessi on keino etsiä paras ratkaisu. Tarpeen lisäksi tarvitaan mielikuva ongelman ratkaisun toteuttamismahdollisuudesta. (Jokinen 2001, 17)

Pelkästään koneensuunnitteluun ja sen teoriaan pohjautuvaa kirjallisuutta on saatavilla hieman vähemmän, eikä sitä löydä kovin helposti. Kuitenkin suunnitteluprosessia käsitellään eri kirjallisuuksissa monin eri tavoin, kuten tuotekehityksen, muotoilun, käsityön, projektien, prosessisuunnittelun ja tuotekehityksen näkökulmasta. Tyypillistä suunnitteluprosessille on jakaa se vaiheisiin ja näitä vaiheita on nimetty sekä jaettu eri aihepiireihin liittyen hieman eri tavoin. Kuitenkin tyypillistä suunnitteluprosessille on esittää se kulkukaaviona, jossa on kaksi päätyyppiä. Toinen päätyypeistä etenee lineaarisesti, kun taas toinen spiraalimallisesti. Lineaarisesti etenevässä suunnitteluprosessissa vaihtoehdot välillä jakautuvat, mutta lopulta supistuvat ratkaisuiksi kaaviossa. Spiraalimallisissa voidaan taas palata aikaisempiin vaiheisiin suunnitteluprosessin edetessä. Suunnitteluprosessi on keino päästä haluttuun lopputulokseen ja siinä keskeistä on sen laajuus sekä laatu. Suunnitteluprosessin mahdollistavia tai rajoittavia tekijöitä ovat aika sekä raha. Tuloksien, rahan ja ajan tasapainottelu on keskeinen aihealue suunnitteluprosessissa, joka on pidettävä mielessä läpi prosessin.

Suunnitteluvaiheessa tuotteen suunnittelu viimeistellään yksityiskohtia myöten esisuunnitteluvaiheesta saatujen suuntaviivojen mukaan. Suunnitteluvaiheessa korostuu rakenteiden teknistaloudellinen tarkastelu ja optimointi. Siinä päätetään muun muassa rakenteiden geometriat ja materiaalit. Suunnitteluvaiheen jälkeen viimeistelyvaiheen mittapiirustusten tulee olla yksiselitteisesti tehtävissä. (Jokinen 2001, 89-91)

Suunnitteluprosessi on siis hyvin kokonaisvaltainen kokonaisuus. Kokonaisvaltaisuus tässä tarkoittaa sitä, että suunnitteluprosessin eri osa-alueet vaikuttavat toinen toisiinsa ja muodostavat yhdessä kokonaisuuden, joka on enemmän kuin osiensa summa. Itse ideoitava ja suunniteltava laite on moniulotteinen ja kokonaisvaltainen, mutta suunnittelijan kannattaa suunnittelutyötä tehdessään laajentaa huomionsa myös asiakkaan tarpeeseen, valmistusmenetelmiin, komponenttitietämykseen, kilpailijoiden tuotteisiin ja markkinoihin, muodostaen kaikesta kokonaisnäkömyksen. Tähän aihealueeseen viitaten, suunniteltava langansyöttölaiteen kokoonpano tulee olemaan havainne sen toimintaperiaatteesta ilman automaatioita ja valmistuspiirustuksia. Kuitenkin langansyöttölaite on pyritty suunnittelemaan oikeassa mittakaavassa ja oikeista materiaaleista vieläpä kustannustehokkaasti.

## 5.2 Suunnittelun lähtökohdat

Kuopiolainen konepaja Lankarakenne Oy on erikoistunut tiilisiteiden sarjatuotantoon. Yritys on automatisoimassa tiilisiteiden valmistusprosessia robotisoinnin ja automaation avulla. Opinnäytetyön aloituspalaverissa 03/2021 määriteltiin Lankarakenne Oy:n tarpeet ja kehityskohdat robottisoluun, joka valmistaa SHR+ VLR+ TS- tiilisidettä. Kehityskohdaksi muodostui suunnitella ja kehittää yritykselle koneellisesti toimiva teräslangan syöttölaite oikaisu- ja katkaisuominaisuudella korvaamaan kappalemakasiinin käyttämiseen ja täyttämiseen liittyvät tapahtumat kokonaan. Kappalemakasiinilla tarkoitetaan laitetta, johon ladataan tuotannossa työstettävät komponentit ja josta kappaleenkäsittelyrobotti noutaa komponentit tuotantoon käsiteltäväksi. Kappalemakasiini näkyy kuvassa 9 metallinharmaana "harjakattotalona".

Opinnäytetyön 3D-mallinnuksessa ja CAD-suunnittelussa käytetään Dassault Systemes'in valmistamaa SolidWorks 2021 3D/CAD -suunnitteluohjelmistoa. SolidWorks on ohjelmisto, jolla voidaan suunnitella ja mallintaa 3D-kappaleita, erilaisia rakenteita ja kokoonpanoja. SolidWorks -ohjelmistolla tehdään opinnäytetyön kaikki mallinnus- ja suunnitteluvaiheet.



Kuva 9. Lankarakenne Oy:n robottisolu



### 5.3 Suunnittelun tavoite

Teräslangan syöttökoneen suunnittelemisen tavoitteena on nopeuttaa ja helpottaa tuotantoa automaation avulla kyseisessä robottisolussa. Teräslankaa ei tarvitse jatkossa enää katkoa satojatuhansia kappaleita vuosittain erikseen ja siirtää ihmisvoimin kappalemakasiiniin, vaan uudessa automatisoidussa työtavassa n.500 kg teräslankarulla pyörii ja syöttää lankaa automaation avulla oikaisulaitteen läpi eteenpäin tuotantolinjalla. Robottisolun työrobotti (kuva 10) ottaa teräslangasta suoraan kiinni tarraimellaan, mikä tulee langansyöttölaitteen vetorullien läpi. Tämän jälkeen langansyöttölaitteen jälkimmäinen leikkausosa saa komennon ja katkaisee teräslangan. Siitä robotti siirtää suoraan tarraajassa olevan tiilisidekomponentin epäkeskopuristimeen (kuva 11), missä kappaleiden toiseen päähän tehdään litistys ja reikä. Tästä robotti siirtää tiilisidekomponentit eteenpäin jatkokäsittelyä varten sen edessä oleviin laatikoihin.



Kuva 10. Robottisolun työrobotti ja kappalemakasiini

Lankarakenne Oy:stä toivottiin teräslangan syöttökoneen sopivan jo olemassa olevaan robottisoluun sekä asentamismahdollisuus samantyyppiselle alustalle, jotta robottisolu ei tarvitsisi hirveästi muuttaa eikä laitteiston asentaminen vie ylimääräistä aikaa ja resursseja. Kyseinen langansyöttölaite tulisi linjastotyyppisesti kyseiseen robottisoluun seuraavanlaiseen muodostelmaan: teräslankarulla- langansyöttölaite- robotti- epäkeskopuristin- valmiit komponentit. Tämä vaatisi hieman robottisolun layoutin muokkaamista, muttei välttämättä suuria toimenpiteitä. Yritys ei antanut erityisiä rajoitteita kappaleiden tai hinnan puolesta langansyöttölaitteen suunnitteluun. Yritys toivoi, että suunniteltu langansyöttölaite on toteuttamiskelpoinen, toimintavarma ja käytännöllinen kyseiseen työpisteeseen. Myös turvallisuustekijöiden, huollon ja ylläpidon näkökulma oli huomioitava sekä pidettävä mielessä työtä tehdessä.



Kuva 11. Epäkeskopuristin

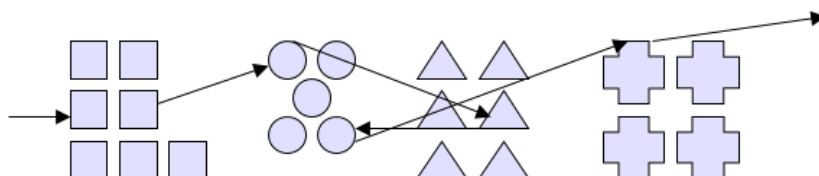


## 5.4 Robottisolun layout

Tuotannon alussa sen yksi tärkeimmistä vaiheista on tuotantotilan suunnittelu. Layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantotilassa laitteet, työpisteet, kulkureitit, varastot ja muut tarvittavat asiat on sijoitettu tuotantotilaan. Layoutin suunnittelu vie yleensä aikaa, rahaa ja työtä eikä sen muuttaminen ole välttämättä kovin helppoa. Layoutilla on suuri merkitys tuotannon sujuvuuteen ja tehokkuuteen. (Logistiikan Maailma, s.a)

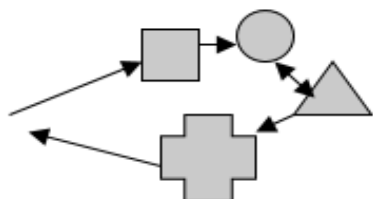
### Layout-tyypit

Layoutit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään funktionaalinen layout, tuotantolinjalayout ja solulayout. **Prosessilähtöisessä eli funktionaalisessa layouteissa** yhdenmukaiset toiminnot ovat ryhmitelty yhteen. Layout sallii laajan tuotekirjon, mutta vaatii paljon ohjausta. Funktionaalisessa layoutissa materiaalivirrat ovat monimutkaisia ja läpäisyajat yleensä pitkiä.



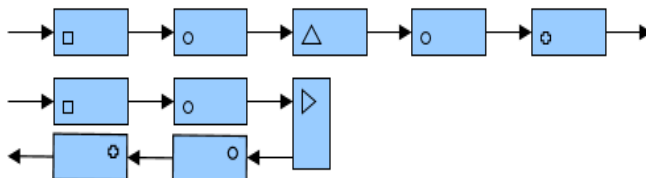
Kuva 12. Funktionaalisen layoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a)

**Solulayoutissa** tuotantosolu on useasta koneesta koostuva kokonaisuus, jossa valmistetaan erilaisia tuotteita. Layout suunnitellaan tuotteiden luonnollisen valmistusjärjestyksen mukaan. Solulayout sopii pienivolyymiseen tuotantoon ja se sisältää tuotteen tekemiseen vaadittavat toiminnot.



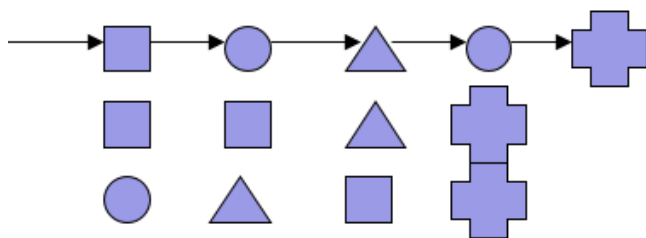
Kuva 13. Solulayout toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a)

**Tuotantolinjalayoutin** tuotanto on järjestetty linjamaisesti ja sitä ohjataan yhtenä kokonaisuutena. Ensimmäisenä sisään menevä tuote tulee ensimmäisenä ulos. Tuotantolinjalayout sopii suurien erien tuotantoon kustannustensa vuoksi.



Kuva 14. Tuotantolinjalayoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a)

Tuotanto voidaan myös organisoida linjan tapaan joustavammaksi. Tätä kutsutaan **virtautetuksi tuotannoksi**. Tämä sallii kiinteää linjaa suuremman vaihtelun tuotteissa ja lisää täten joustavuutta etenkin tilanteissa, jossa valmistetaan isoa määrää variaatioita pienehköjä volyymejä.



Kuva 15. Virtautetun tuotannon layoutin toimintaperiaate (Logistiikan Maailma, s.a.)

### 5.5 Langansyöttökoneen suunniteltu osakokoonpano

Teräslangan syöttökoneen osakokoonpano sisältää kaksi mekaanista ohjainrullastoa, sähkömoottorilla toimivan vetorullaston sekä paineilmasylinterin sisältävän teräslankaleikkurin. Kokoonpanosta suunniteltu malli on havainne sen toimintaperiaatteesta ilman automaatioita. Suunniteltuihin osiin ja kappaleisiin on etsitty ja mallinnettu mahdollisimman realistiset raja-arvot, mitat ja materiaalit. Toiminnalliset hyödyt, kappaleiden valmistuksesta saatavat kustannushyödyt sekä standardit on pidetty mielessä osia suunnitellessa. Mallit on pyritty myös optimoimaan niin, että suunniteltuihin kappaleisiin jää ainoastaan ydintoiminnallisesti välttämättömät materiaalit rakennelujuuksineen sekä kappaleenmuodot ja kaikki muu ylimääräinen on jätetty pois.

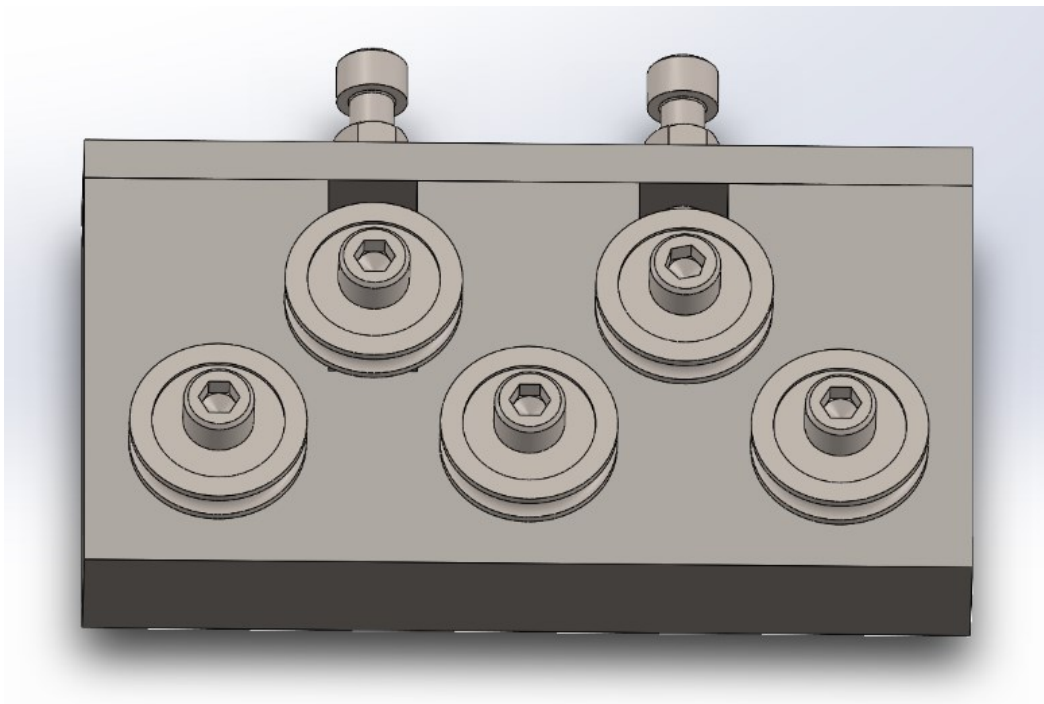
Suunniteltu laite soveltuu monen erilaisen metallilangan suoristukseen mittojen 1-10 mm väliltä. Virhemarginaali leikatuissa kappaleissa on +/- 0.3 mm. Langansyöttönopeus laitteessa jopa 100 metriä minuutissa, mutta työnopeus on paljon pienempi. Sisältää kosketusnäytön ja ohjausjärjestelmän. Kuvassa 16 on esitetty eräänlainen mekaaninen ja automatisoitu langansyöttölaite oikaisu- ja katkaisuominaisuudella, mihin olen tämän opinnäytetyön isossa kuvassa pyrkinyt.



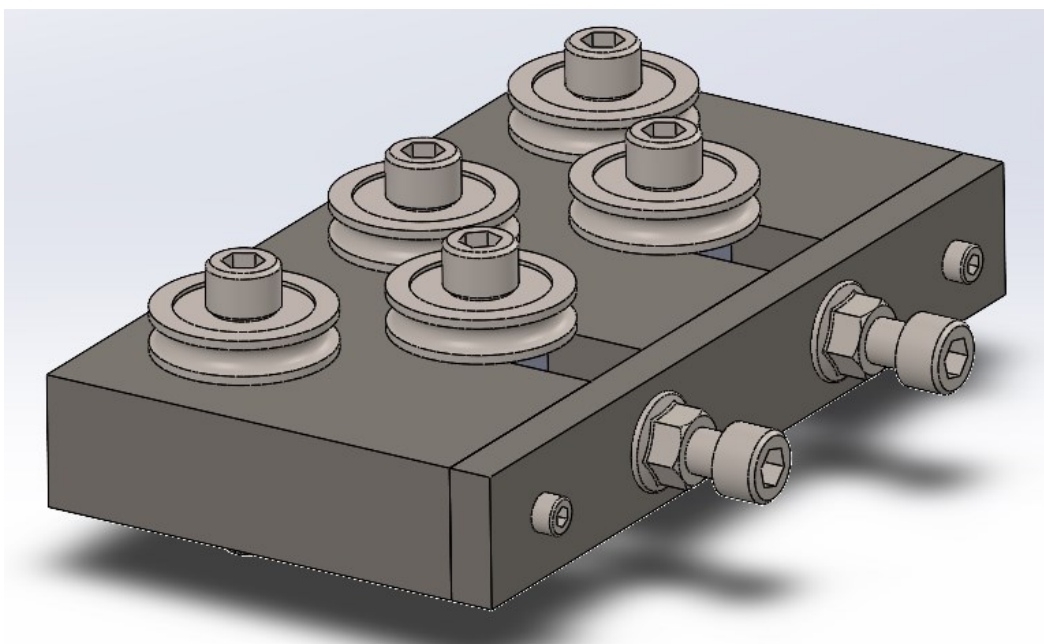
Kuva 16. Automatisoitu langansyöttölaite (Novo Precision, s.a)

### 5.5.1 Ohjainrullasto

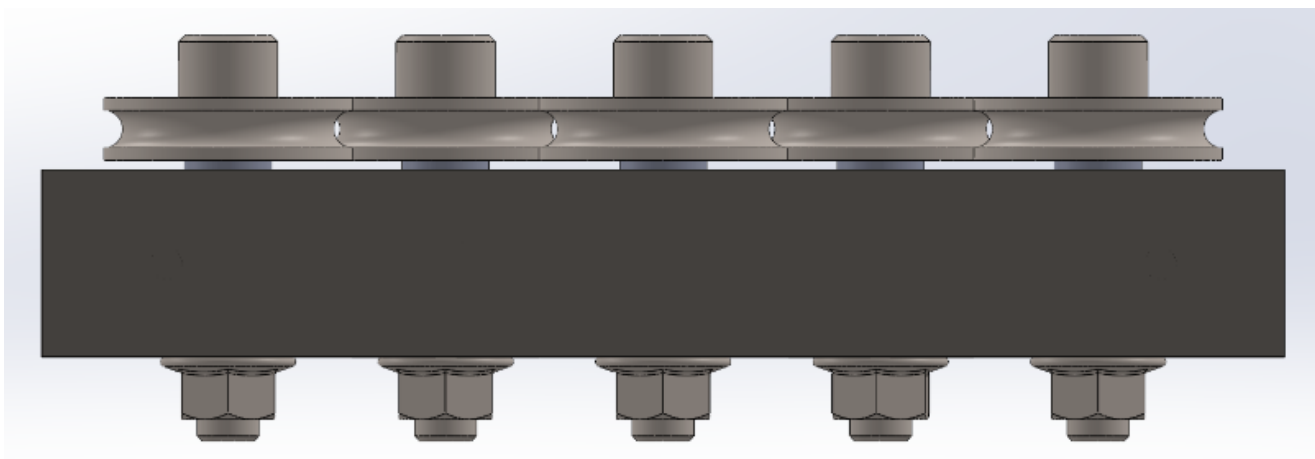
Säädettävä ohjainrullasto ohjaa teräslangan kulkemaan langansyöttökoneessa suoraan. Ohjainrullasto on suunniteltu niin, että sitä pystyy säätämään teräslanganpaksuuden muuttuessa. Peräkkäin kaksi rullastoja vaaka- ja pystysuunnassa takaa langan vakaan ja tasapainoisen etenemisen koneessa, mikä vähentää mahdollisten vikatilojen syntymistä robottisolussa. Ohjainrullasto valmistetaan koneistamalla.



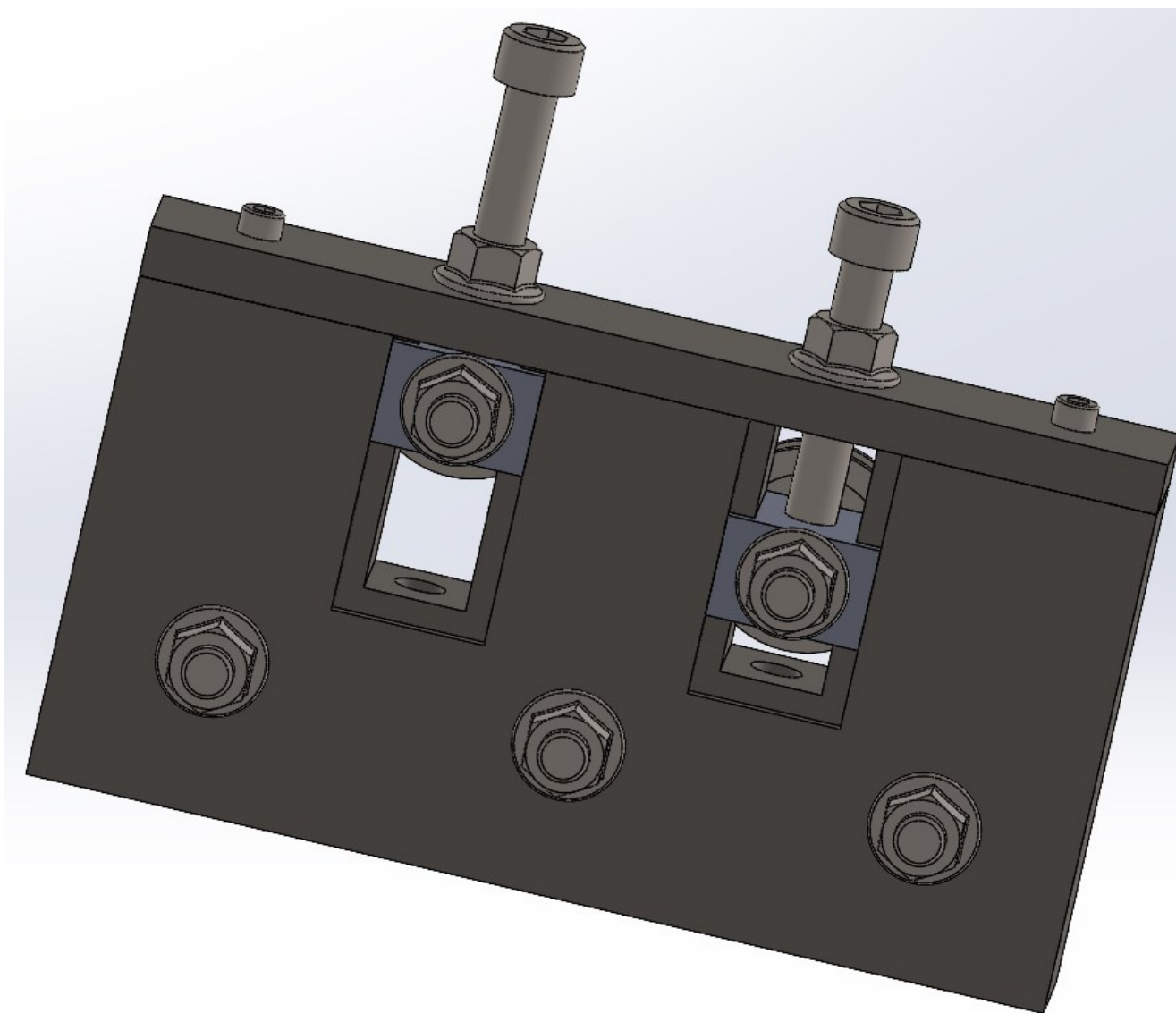
Kuva 17. Ohjainrullasto edestäpäin



Kuva 18. Ohjainrullasto sivultapäin



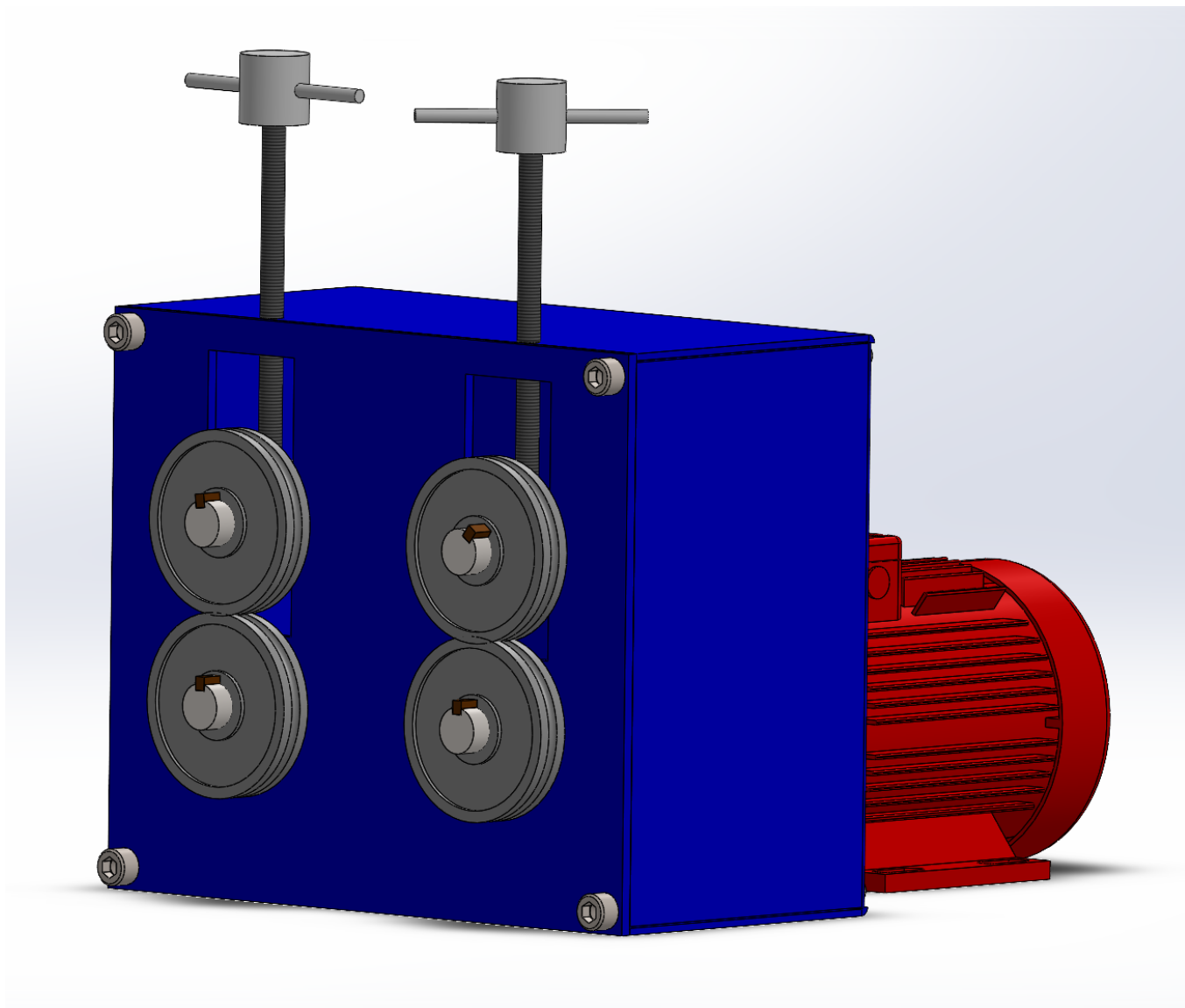
Kuva 19. Ohjainrullasto alhaaltapäin



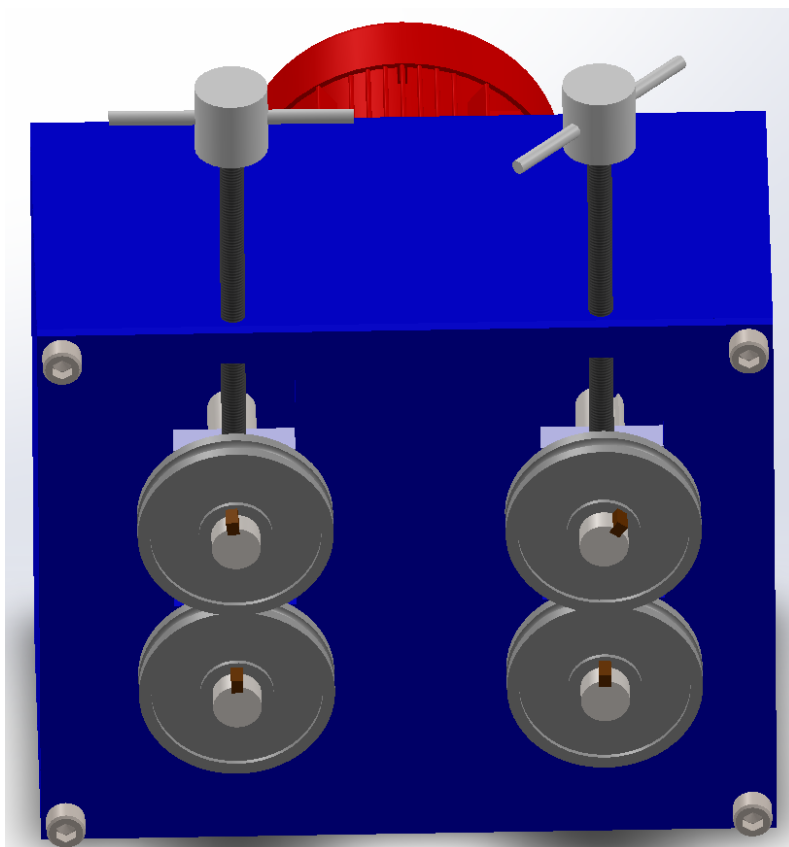
Kuva 20. Ohjainrullasto ja sen säädettävyys

### 5.5.2 Vetorullasto

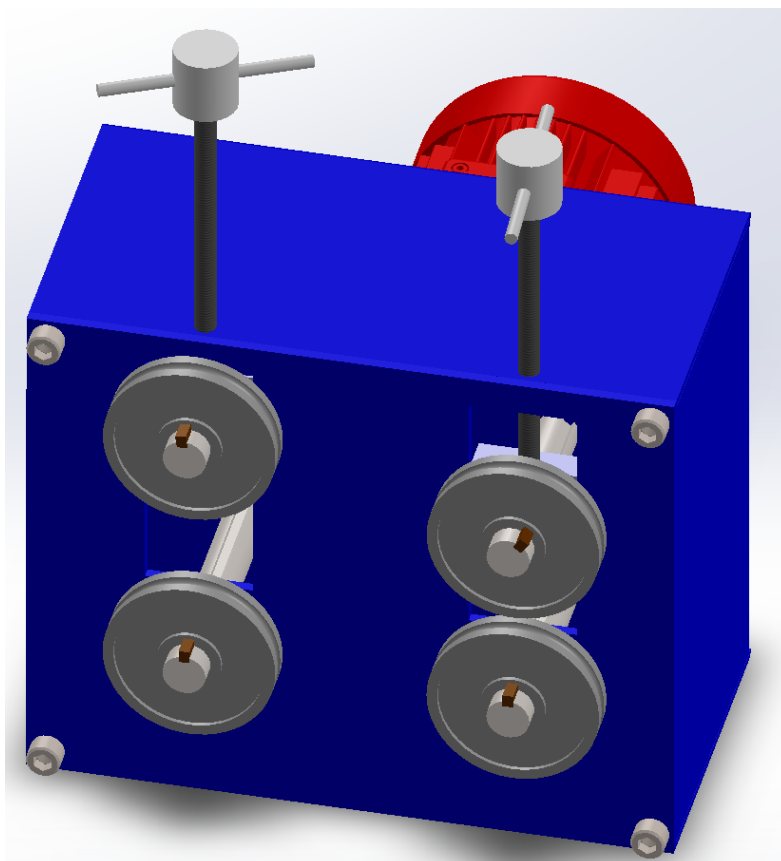
Säädettävä vetorullasto ohjaa teräslangan kulkemaan niin ikään suoraan langansyöttökoneen läpi ennen leikkuria. Erona ohjainrullastoihin on vetävät ja isommat rullat, jotka toimivat koneellisesti ja automaation avulla. Vetorullastoon ohjelmoidaan tarvittava vetovoima sekä kuinka paljon teräslanka aina liikkuu tuotantolinjalla. Vetorullat ovat ns. aktiivisia painerullia, joita moottori pyörittää samaan suuntaan ja saa aikaan vedon. Pituudet tuotettavilla "lankakappaleilla" vaihtelevat 200-360 mm välillä. Vetorullaston runko valmistetaan teräslevyistä.



Kuva 21. Vetorullasto ja sähkömoottori



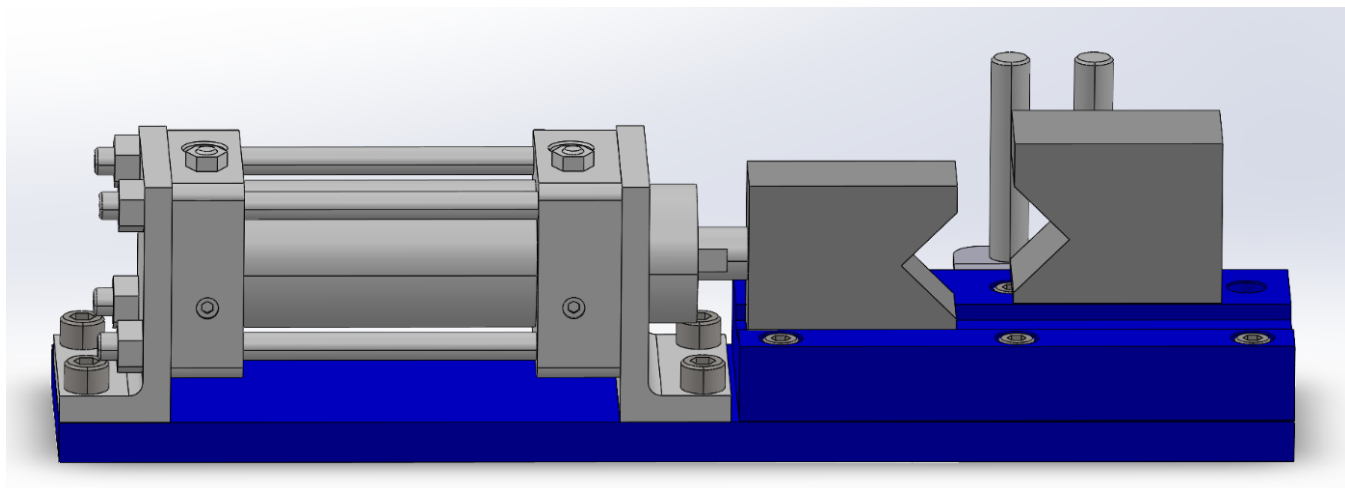
Kuva 22. Vektorullasto edestäpäin



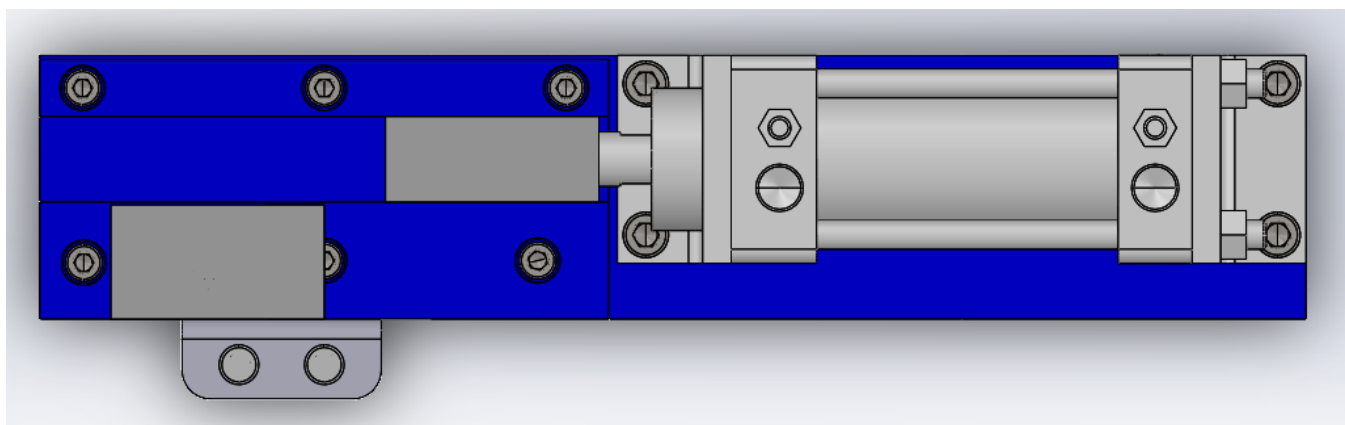
Kuva 23. Vektorullasto ja sen säädettävyys

### 5.5.3 Paineilmaleikkuri

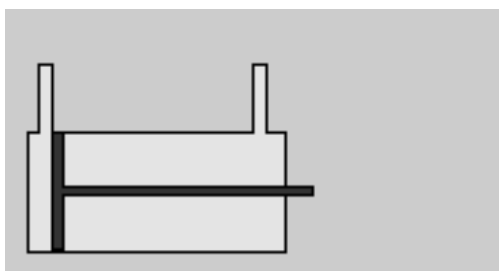
Langansyöttölaitteen viimeisenä osana on teräslanganleikkuri. Paineilmaleikkurissa on pohja ja automaation avulla toimiva sylinteri sekä kaksi terää, joista toinen on sylinterissä kiinni ja toinen kiinnitettyä runkorakenteeseen. Paineilmasynterillä saadaan paineilman avulla aikaan mekaaninen liike, joka on lineaarinen ja katkaisee teräslangan. Kaksitoiminen sylinteri ja sen toimintaperiaate esitetään kuvassa 26. Ohjaus tapahtuu paineilma-venttiileillä. Paineilmaleikkurin toimintaa ohjataan kokoonpanossa ohjelmoitavan automaation avulla.



Kuva 24. Paineilmaleikkuri edestäpäin



Kuva 25. Paineilmaleikkuri ylhäältäpäin



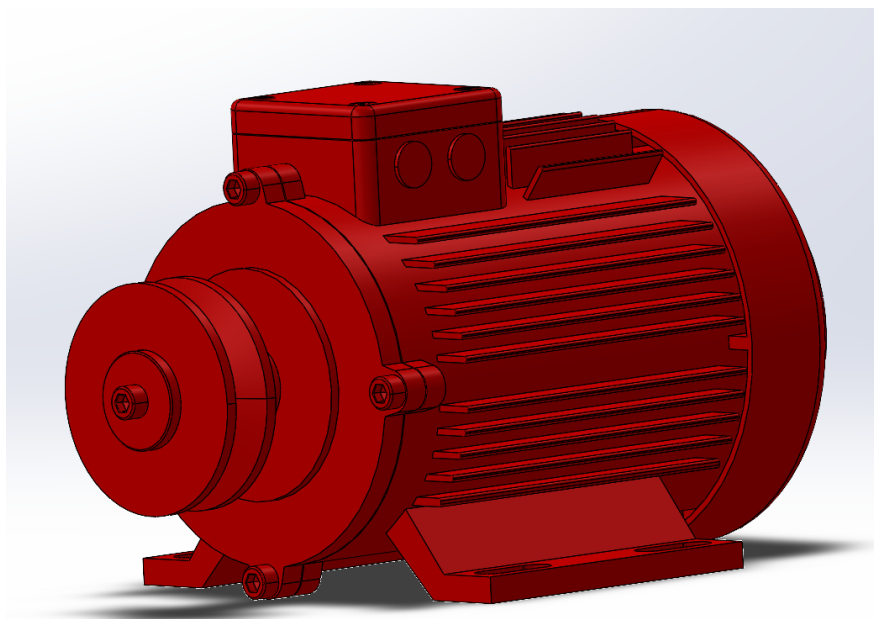
Kuva 26. Kaksitoimisen sylinterin toimintakaavio (Wikipedia, 2019)

#### 5.5.4 Muut kokoonpanon osat

Opinnäytetyöni kokoonpano kuviin löysin Crabcad:stä sopivan työrobotin sekä sähkömoottorin. Niistä myös kuvat alapuolella:



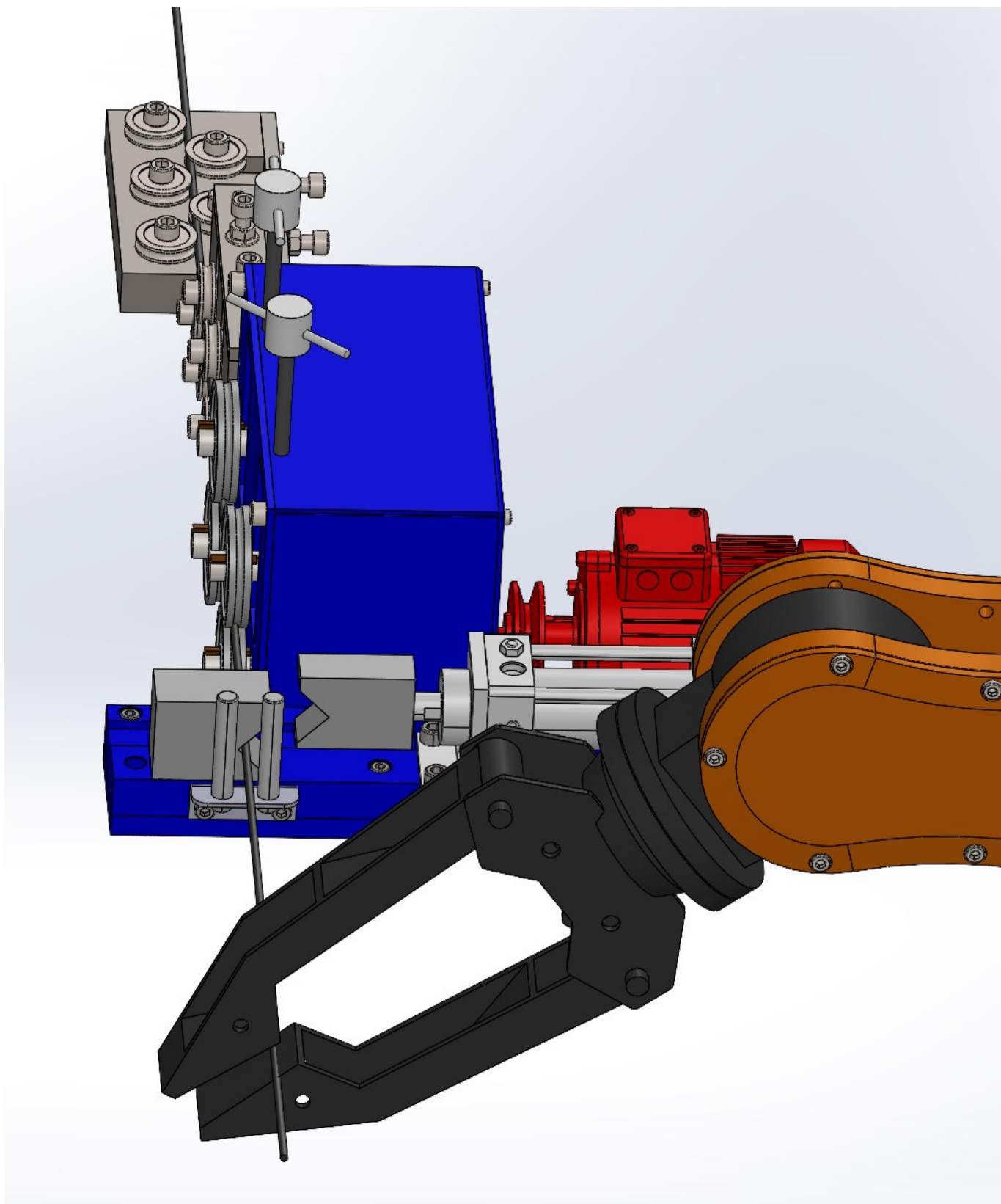
Kuva 27. Kokoonpanossa oleva robotti (Grabcad, 2019)



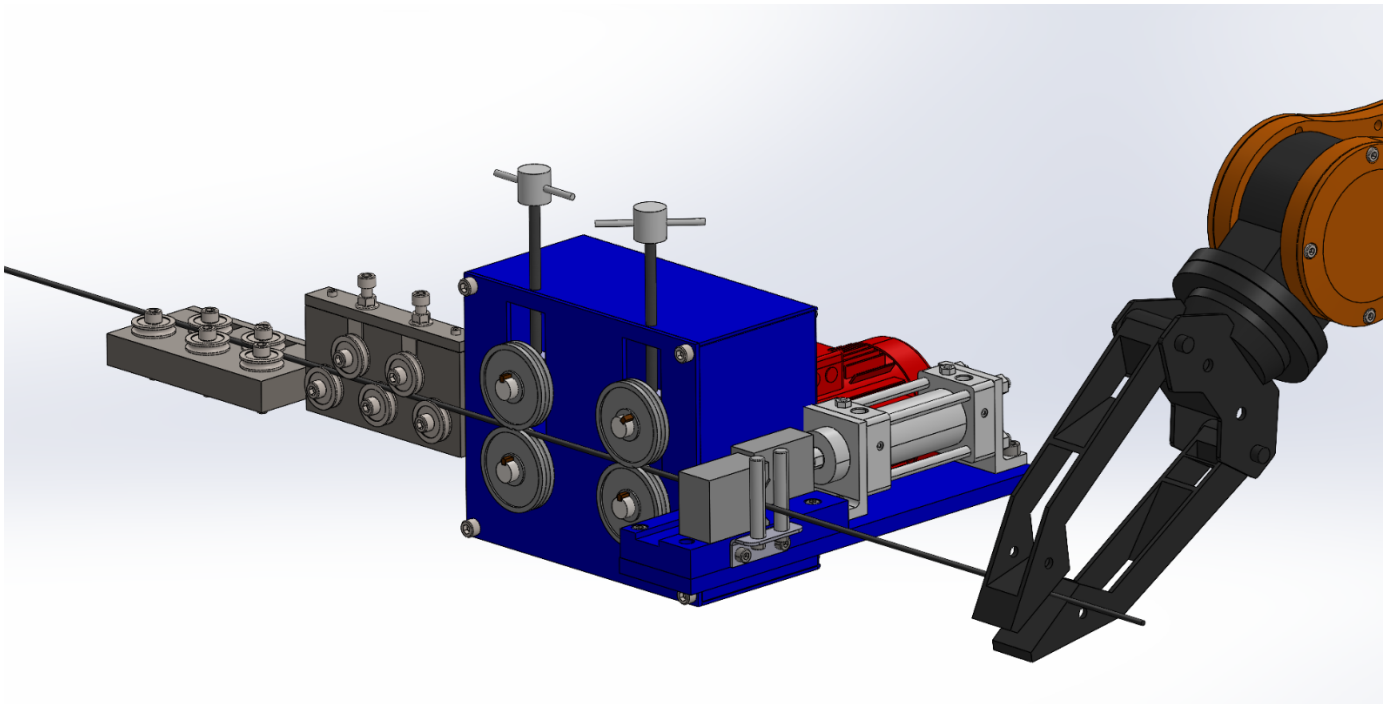
Kuva 28. Kokoonpanossa oleva moottori (Crabcad, 2017)



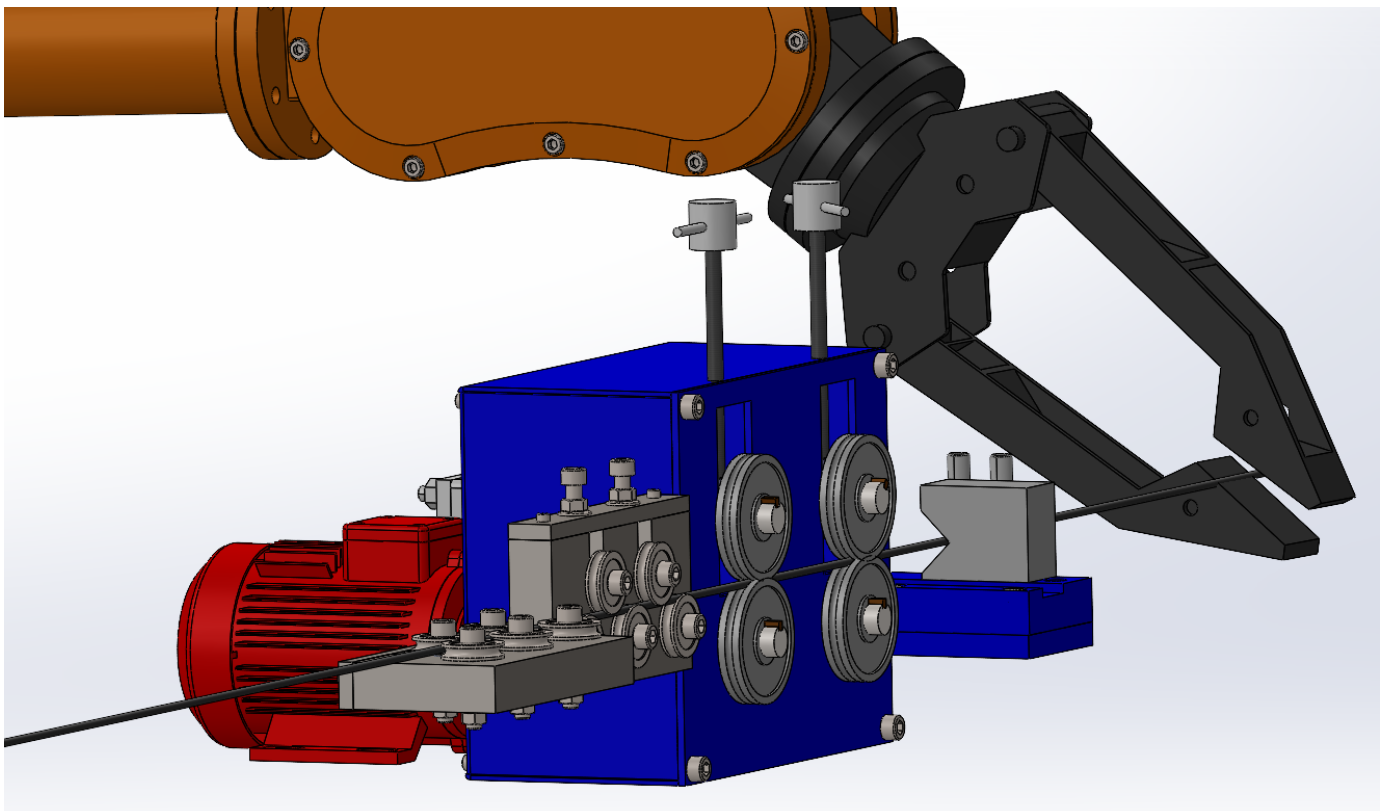
## 6 SUUNNITeltu TERÄSLANGAN SYÖTTÖLAITE KUVINA



Kuva 29. Teräslangansyöttölaite sivultapäin



Kuva 30. Langansyöttölaite edestäpäin



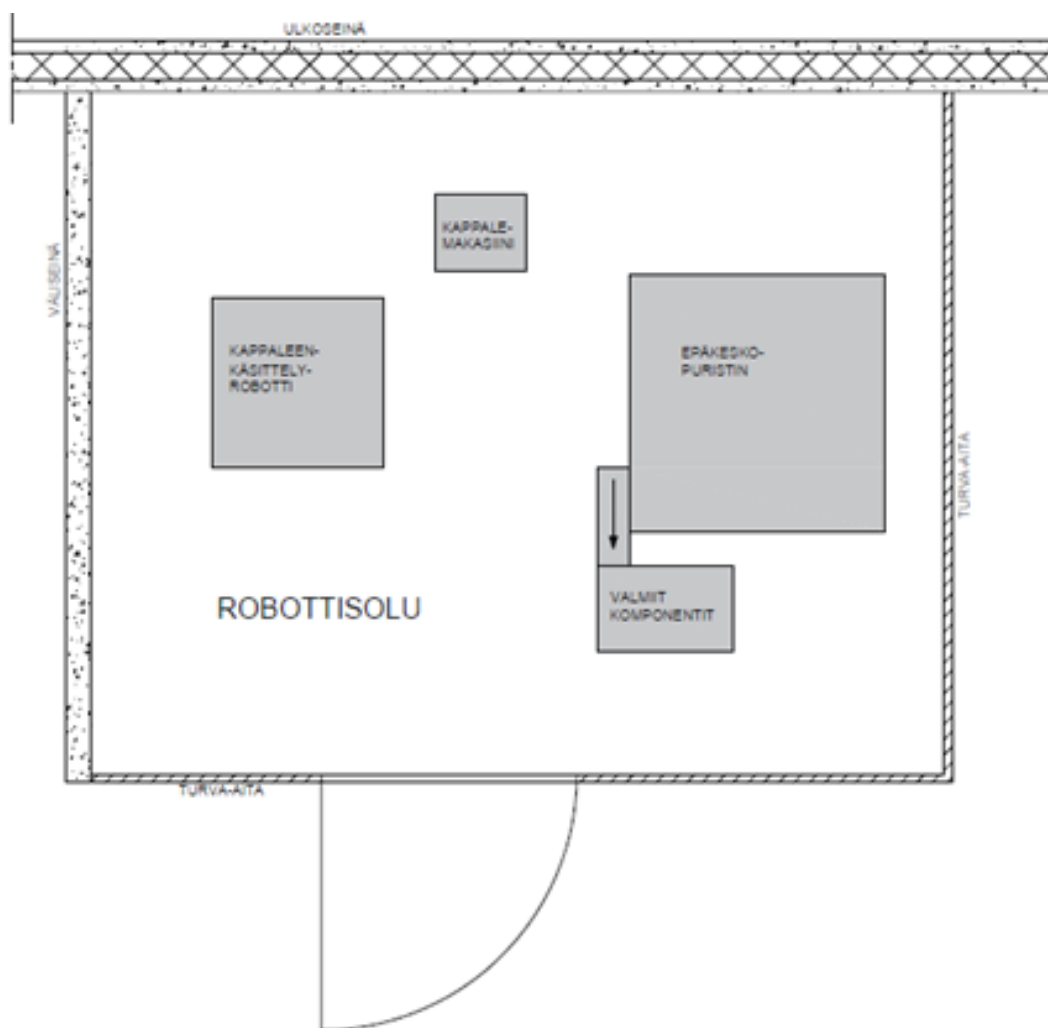
Kuva 31. Langansyöttölaite sivultapäin

## 7 VERTAILUA

### 7.1 Robottisolun layouttien vertailu

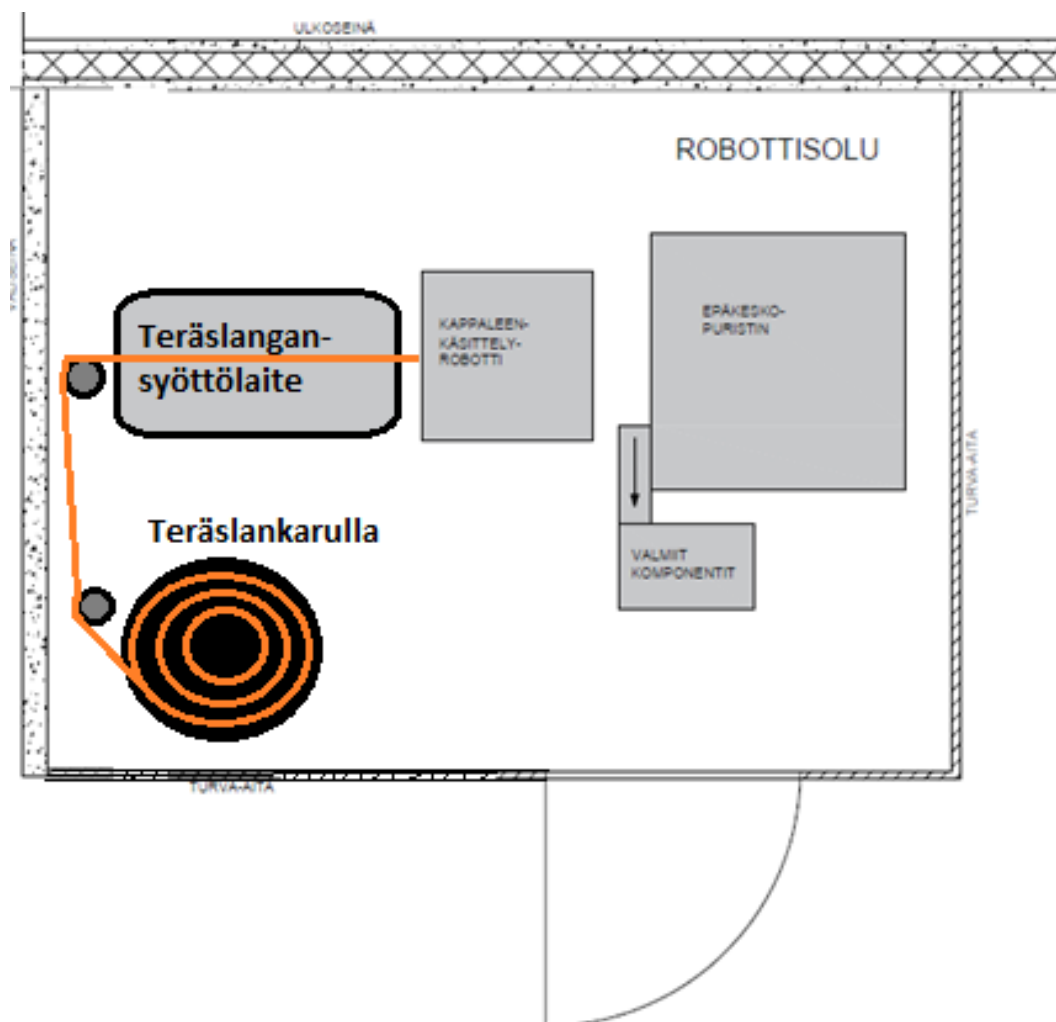
Lankarakenne Oy:n nykyinen robottisolun on rakennettu tuotelähtöisen solulayoutin mukaisesti, jossa se sisältää tiilisiteen tekemiseen vaadittavat toiminnot. Nykyinen solulayout on esitetty kuvassa 32 ja se sisältää robotin, kappalemakasiinin ja epäkeskopuristimen. Robottisolua ympäröi turva-aita, seinät, turvalaitteet, anturitekniikkaa ja portti.

Nykyisen robottisolun toimintaperiaate sisältää sen, että robotti ottaa kappalemakasiinista työstettävän kappaleen ja siirtää sen epäkeskopuristimeen, jossa siihen tehdään litistys ja reikä. Tämän jälkeen robotti siirtää kappaleen valmiille komponenteille varattuihin laatikoihin ja sitä kautta jatkotoimenpiteisiin.



Kuva 32. Robottisolun nykyinen layout (Lankarakenne Oy, s.a)

Opinnäytetyössä suunnitellussa langansyöttökoneellisessa robottisolussa on samat toiminnot kuin nykyisessä solussa. Kuitenkin kappalemakasiinin tilalle on korvaavana tuotteena tulleet langansyöttölaite sekä siihen olennaisesti liittyvä teräslankarulla sekä suuntarullat teräslangalle. Myös oviaukkoa on hieman siirretty oikealle, jotta valmiit komponentit saataisiin suorassa linjassa oveen nähden siirrettyä jatkotoimenpiteisiin.



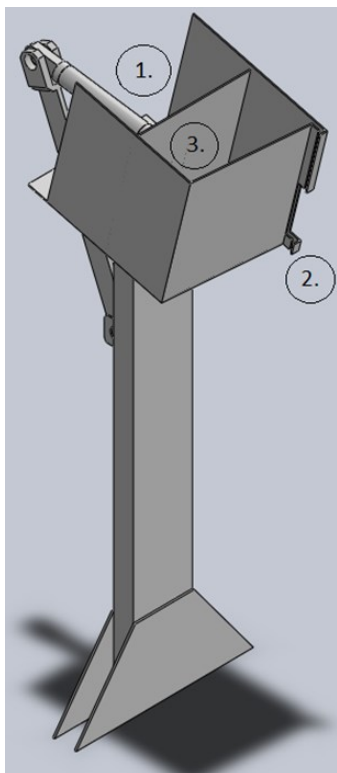
Kuva 33. Robottisolun uusi layout

Layoutia on myös mahdollista muokata hieman isommin siten, jos vasemmalla puolella sijaitseva ohut väliseinä langansyöttökoneen vierestä purettaisiin ja lankarulla tulisi linjaan robottisolun muiden toimintojen kanssa. Tällöin kappaleenkäsittely robottia ei tarvitse myöskään liikuttaa lähemmäksi epäkeskopuristinta ja virhemarginaali langansyötössä pienenee.

## 7.2 Kappalemakasiinin ja langansyöttölaitteen vertailu

### Kappalemakasiini

Robotin työtehtäviä voidaan edistää suunnittelemalla ja rakentamalla robottisoluun robotin työtehtäviä tukevia kappalemakasiineja. Pelkällä robotilla on vaikeaa hoitaa koko kokoonpanotuotanto. Kappalemakasiinilla tarkoitetaan siis laitetta, johon ladataan tuotannossa työstettävät komponentit ja josta robotti noutaa komponentit tuotantoon. Makasiineissa voi olla erilaisia noutopisteitä, josta makasiiniin varastoidut komponentit noudetaan. Yleisimpiä makasiinityyppejä ovat pystymakasiinit ja paletit. Makasiinit ovatkin helppo tapa organisoida kappaleensyöttö. Makasiinit soveltuvat erityisesti helposti toisiinsa tarttuvien komponenttien käsittelyyn. Makasiinien hyvä puolia ovat myös edullisuus ja helppokäyttöisyys. Makasiinien haittapuolena puolestaan on manuaalinen täyttöedellytys. Makasiinit tulisivat suunnitella sellaisiksi, että ne ovat helppo ladata. Hyvin suunnitelluilla ja rakennetuilla makasiineilla edistetään robottisolun toimintaa.

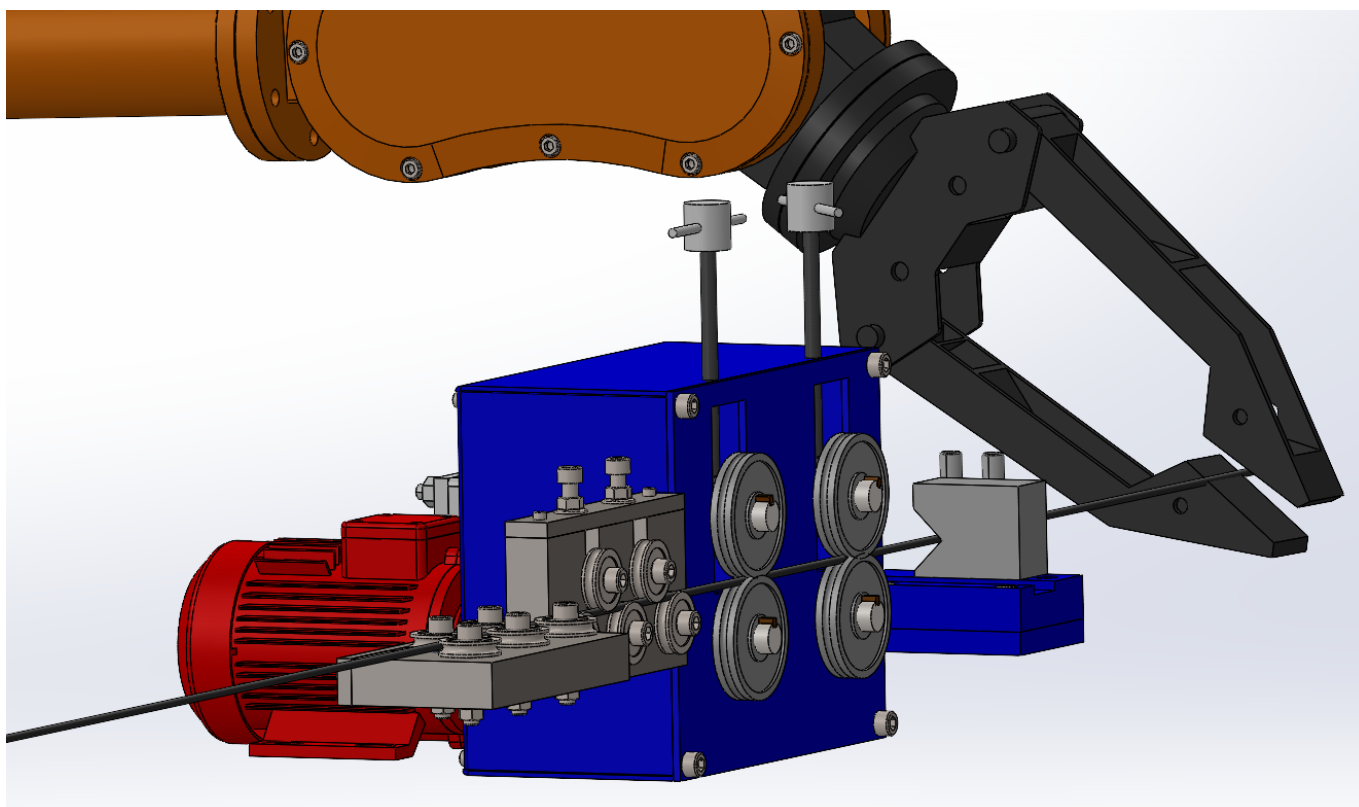


Kuva 34. Kappalemakasiini

Kappalemakasiinille tyypillinen toimintahäiriö on työstettävien kappaleiden joutuminen huonoon asentoon makasiinissa. Paineilmasyylinterillä (1) sekä työntöseinällä (3) komponentteja pyritään pitämään pystyasennossa. Laitteen sylinteri on ohjelmoitu pitämään ja työntämään komponentteja kohti makasiinin robotin noutopistettä (2). Tyypillinen virhetilanne- tai syöttö tapahtuu, kun komponentit takertuvat toisiinsa tai noutopiste jumittuu. Tällöisen tilanteen sattuessa makasiinissa aktivoituu tärytoiminto, joka tärisyttää laatikkoa tavoitteenaan saada komponentit joko irtoamaan toistaan tai liikkumaan parempiin asetelmiin noutopistettä ajatellen. Makasiinin tyhjetessä komponentit ladataan makasiiniin manuaalisesti ihmisen toimesta, jolloin työkierto alkaa alusta. Makasiinin etu on kuitenkin sen suuri komponenttikapasiteetti yhdistettynä pieneen kokoon.

### Teräslangan syöttölaite

Teräslangan syöttölaitteella korvataan kappalemakasiinin käyttö kokonaan. Tällöin ihmisen ei tarvitse manuaalisesti katkoa komponentteja valmiiksi ja siirtää niitä makasiiniin eikä myöskään täyttää makasiinia sen tyhjentyessä. Tällöin myös käyttökatkokset robottisolussa komponenttien takertumisesta johtuen helpottuu. Langansyöttölaite sisältävä robottisolu on kokonaisuus, joka alkaa teräslankarullasta ja päättyy valmiiseen tuotteeseen. Langansyöttölaite automatisoi työtehtävää kyseisellä työpisteellä. Langansyöttölaitteen mahdolliset epäkohdat syntyvät, kun 500 kilogramman teräslankarulla loppuu ja se pitää vaihtaa uuteen. Uuteen vaihtaminen ei kuitenkaan ole työläsprosessi, sillä teräslankarullat kulkevat pyörillä varustetun jalustan päällä. Myös mahdolliset virhesyötöt langan ja syöttölaitteen välillä voivat aiheuttaa käyttökatkon ja ihminen joutuu osallistumaan huoltotoimenpiteisiin. Langansyöttölaitteen etuja on taas automaatio ja pienempi virhemarginaali komponentteja työstäessä.



Kuva 35. Teräslangan syöttölaite

## 8 POHDINTA JA YHTEENVETO

Suunnittelin tässä opinnäytetyössäni langansyöttölaitteen kuopiolaiselle Lankarakenne Oy:lle. Tavoitteena oli suunnitella teräslangan syöttölaite oikaisu- ja katkaisuominaisuudella, joka nopeuttaa ja helpottaa tuotantoa automaation avulla, korvaten kappalemakasiinin käytön robottisolussa. Lankarakenne Oy:lle syntyi tarve opinnäytetyölle kasvavan tuotannon määrän vuoksi sekä halusta automatisoida lisää tuotantoaan. Opinnäytetyössä saavutettiin sille asettamat tavoitteet. Työssä suunniteltu 3D- mallinnus langansyöttölaitteen kokoonpanosta on kuitenkin havainne sen toimintaperiaatteesta ilman automaatioita. Koen kuitenkin, että langansyöttölaite pystyisi automaation avulla tulevaisuudessa vähentämään työntekijöiden fyysistä työmäärää, parantamaan työturvallisuutta ja kilpailukykyä kasvavilla markkinoilla sekä lisäämään liikevoittoa. Tulevaisuudessa yrityksen todennäköisesti kannattaa ostaa osat tai koko kokoonpano valmiina ja räätälöitynä pakettina ennemmin kuin alkaa sitä itse valmistamaan. Esimerkkejä yrityksistä, jotka valmistavat mahdollisesti tarpeisiin sopivaa langansyöttölaitteita tilaustyönä on mm. Qipang Industrial Co, G.P.A ITALIANA s.r.l sekä Novo Precision. Tarjouspyynnöissä kyseisiin yrityksiin kannattaa huomioida vaatimuslistan (liite 1) mukaiset toiminnot, jolloin on mahdollista tehdä parempia tarjouksia sekä hintakilpailua yritysten välillä.

Opinnäytetyö oli minulle henkilökohtaisesti iso projekti muutaman kevyemmän opiskeluvuoteni jälkeen sekä kilpaurheilu-urani päätyttyä. Työn tekeminen antoi paljon lisätietoa automatiikasta, robotiikasta ja tehdastyöstä, vaikkakin olen jo päässyt suorittamaan opintojeni aikana harjoitteluja ja työskentelemistä isoissa globaaleissa yrityksissä, kuten Kone Oyj:llä sekä ABB:llä. Opinnäytetyö myös palautti mieleeni 3D/ CAD- mallintamisen SolidWorks- suunnitteluohjelmistolla, johon en ollut koskenut muutamaan vuoteen. Uskon, että tästä tulee olemaan hyötyä tulevaisuudessa suunnitteluhommissa ja työnhaussa. Onnistuin pysymään hyvin aikataulussa ja puristin opinnäytetyöaiheen saatuani projektin kolmessa kuukaudessa valmiiksi alusta loppuun. Olen enemmän kuin tyytyväinen saamaani lopputulokseen samoin kuin Lankarakenne Oy.

## LÄHDELUETTELO

- ABB. Verkkosivut. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://new.abb.com/fi>
- Finnrobotics Oy s.a. Roboottiasemat. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://finnrobotics.fi/tuotteet/robottiasemat>.
- Futura Automation. A History Timeline of Industrial Robotics 2019. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<https://futura-automation.com/2019/05/15/a-history-timeline-of-industrial-robotics/>
- Heinonkoski, Risto; Asp, Risto & Hyppönen, Heikki. 2008. Automaatio – Helppo elämää? 2008. Helsinki. Opetushallitus. Suomen automaatioseura 2008.
- International Federation of Robotics Introduction 2017. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
[https://ifr.org/downloads/press/WR\\_Industrial\\_Robots\\_2017\\_Chapter\\_1.pdf](https://ifr.org/downloads/press/WR_Industrial_Robots_2017_Chapter_1.pdf)
- International Federation of Robotics. Robot History. IFR 2021. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<https://ifr.org/robot-history>
- Jokinen, Tapani. 2001. Tuotekehitys. Kuudes korjattu painos. Helsinki: Otatieto. Oy Yliopistokustannus University Press Finland.
- Keinänen, Toimi; Kärkkäinen, Pentti; Lähetkangas, Markku & Sumujärvi, Matti. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki. WSOY oppimateriaalit Oy.
- Kuivanen, Risto. 1999. Robotiikka. Vantaa. Helsinki: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
- Lankarakenne Oy, 2021. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://www.lankarakenne.fi>
- Lankarakenne Oy, 2021. Tiiliseet. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://www.lankarakenne.fi/tuotteet/tiiliseet/>.
- Laukkanen, Reino. 2002. Ja ihminen loi robotin omaksi kuvakseen. UAI 3/2002. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://www.studiolumi.com/koke/uaikn/robot.html>
- Lehtinen, Hannu s.a. Robotit. Suomenautomaatioseura ry. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/Robotit.pdf>
- Logistiikan Maailma s.a. Tuotannon layout. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout>.
- Maarla Oy, 2021. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<http://www.maarla.fi/>.
- Novo Precision, s.a. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.  
<https://www.novoprecision.com/products/turnkey-systems/>
- Rahman, Aji. Robot Arm. Crabcad 2019. Viitattu 13.5.2021.  
<https://grabcad.com/library/robot-arm-101>



Salmi, Timo. Väätäinen, Otso. Malm, Timo. & Marstio, Ilari. 2014. Ihmisen ja robotin yhteistyöhaasteita ja mahdollisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.

<http://www.seduaiukuiskoulutus.fi/loader.aspx?id=0d7263fb-10e4-4f13-863c-71ea61821eeb>

Suomen automaatioseura ry. Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa. 2018. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.

[https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio\\_ennen\\_nyt\\_ja\\_tulevaisuudessa\\_av\\_artikkelisarja\\_2018.pdf](https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf)

Vainikainen, Timo. Työnjohtaja. 2021-04-06. Haastattelu. Kuopio: Lankarakenne Oy

Vukovic, Aleksandar. Crabcad 2017. Viitattu 13.5.2021.

<https://grabcad.com/library/3-phase-electric-motor-1>

Wikipedia 2019. Kaksitoimisen sylinterin toimintakaavio. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic\\_cylinder#/media/File:Doppelwirkender\\_Zylinder\\_Funktionsprinzip.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatic_cylinder#/media/File:Doppelwirkender_Zylinder_Funktionsprinzip.gif)

Wikipedia 2020. Ohjelmitava logiikka. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.

[https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmitava\\_logiikka](https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmitava_logiikka)

Yle Uutiset. 2019. Tutkimus. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.5.2021.

<https://yle.fi/uutiset/3-10848330>

## LIITE 1: VAATIMUSLISTA

# Teräslangan syöttölaite

🏠 Paikka: Kuopio  
📅 Päivämäärä: 3/2021  
Lankarakenne Oy

## Vaatimuslista

*Tero Korhonen & Timo Vainikainen*

Tuotekehitysprojekti alkaa yleisesti vaatimuslistan määrittelystä. Vaatimuslistassa kuvataan yleisesti:

- Ulkonäköä
- Lainsäädännön vaatimuksia
- Tuotteen käyttöä jne.

Listatut toiminnot jaetaan vaatimuksiin, jotka suunniteltavan tuotteen pitää vähintään täyttää sekä toivomuksiin, miten tuotetta tai sen toimintoja voidaan mahdollisesti kehittää tulevaisuudessa.

Vaatimuslistaan kannattaa hakea myös asiakkaan näkökulmaa ja miettiä langansyöttölaitteen osia ja kokoonpanoa sekä laitteiston toimintaa eri näkökulmista. Tärkeys-sarake kertoo vaatimuksen tärkeydestä ja kriittisyydestä. Priorisointi taas vaatimuslistassa on kolmitasoinen: Kiinteä vaatimus, vähimmäisvaatimus ja toivomus.

## Ohjainrullasto

Priorisointi (KV, VV, T)	Vaatimus	Tärkeys
	<i>Ohjainrullasto</i>	
KV	Säädettävyys	Tärkeä
VV	Vähintään viisi (5) rullaa	Tärkeä
KV	Rullat kahdessa (2) tasossa	Tärkeä
KV	Rullissa urat	Tärkeä
	<i>Ohjainrullaston materiaalit</i>	
KV	Teräs s355	Tärkeä
T	Edulliset kustannukset	Otettava huomioon

*KV= Kiinteä vaatimus, VV= vähimmäisvaatimus, T=Toivottu ominaisuus*

*Tärkeys: Tärkeä / Otettava huomioon*

## Vetorullasto

Priorisointi (KV, VV, T)	Vaatus	Tärkeys
	<i>Vetorullasto</i>	
KV	Säädettävyys	Tärkeä
VV	Vähintään neljä (4) rullaa	Tärkeä
KV	Rullat kahdessa (2) tasossa	Tärkeä
KV	Vetävät rullat	Tärkeä
KV	Rullissa urat	Tärkeä
	<i>Vetorullaston materiaalit</i>	
KV	Teräs s355	Tärkeä
T	Edulliset kustannukset	Otettava huomioon

*KV= Kiinteä vaatimus, VV= Vähimmäisvaatimus, T=Toivottu ominaisuus*

*Tärkeys: Tärkeä / Otettava huomioon*

## Paineilmaleikkuri

Priorisointi (KV, VV, T)	Vaatus	Tärkeys
	<i>Paineilmaleikkuri</i>	
KV	Sylinteri	Tärkeä
VV	Vähintään yksi (1) leikkaava terä	Tärkeä
KV	Ohjaus paineilmaventtiileillä	Tärkeä
	<i>Paineilmaleikkurin materiaalit</i>	
KV	Teräs s355	Tärkeä
T	Edulliset kustannukset	Otettava huomioon

*KV= Kiinteä vaatimus, VV= Vähimmäisvaatimus, T=Toivottu ominaisuus*

*Tärkeys: Tärkeä / Otettava huomioon*

## Teräslangan syöttölaite

Priorisointi (KV, VV, T)	Vaatus	Tärkeys
	<i>Langansyöttölaite</i>	
	Turvallisuus	
KV	Laitetta voidaan käyttää turvallisesti	Tärkeä
T	Langansyöttölaitteen paikka robottisolussa	Otettava huomioon
T	Teräslankarullan paikka robottisolussa	Otettava huomioon
	Huollettavuus	
KV	Puhdistettavuus	Tärkeä
KV	Hyvä varaosien ja huollon saatavuus, jotta tuotanto ei seisoisi turhaan	Tärkeä
	Mitat	
T	Langansyöttölaite mahtuu pieneen tilaan robottisolussa	Otettava huomioon
	Liikuteltavuus	
KV	Langansyöttölaitetta sekä teräslankarullaa voidaan siirtää robottisolussa, mikäli valmistetaan jotain muuta tiilisidettä	Otettava huomioon
	Muunneltavuus	
KV	Helppokäyttöisyys	Tärkeä
KV	Toiminnallisuus	Tärkeä
	Kustannukset	
T	Edulliset kustannukset	Otettava huomioon

*KV= Kiinteä vaatimus, VV= Vähimmäisvaatimus, T=Toivottu ominaisuus*

*Tärkeys: Tärkeä / Otettava huomioon*