



Jonne Lahtinen

# CNC-Jyrsimen kappaleenvaihdon automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

23.10.2022

## Tiivistelmä

Tekijä: Jonne Lahtinen  
Otsikko: CNC-Jyrsimen kappaleenvaihdon automatisointi  
Sivumäärä: 21 sivua + 2 liitettä  
Aika: 23.10.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Koneautomaatio  
Ohjaajat: Lehtori Heikki Paavilainen  
Toimitusjohtaja Vesa Sirén

---

Insinööri työ perustuu Rensi Finland Oy:lle tehtävään tuotekehitykseen, jossa tarkoituksena on yhdistää CNC-jyrsimen ja robottikäsivarren ohjaus ja näin saada aikaan tuotantoyksikkö automaattisella kappaleenvaihdoilla. Työn tarkoituksena on kehittää yhdistämistapa CNC-jyrsimen ja robottikäsivarren ohjauksien välille, niin että robottikäsivarsi voi suorittaa automaattista kappaleenvaihtoa jyrsimelle työohjelman päätyttyä. Työn lopputuloksen tulee mahdollistaa kyseisen teknologian ja siitä syntyvän osaamisen myynti ja markkinointi asiakasyrityksille dokumentaatioineen. Dokumentointi käsittää tässä insinööri työssä liitteenä olevan kytkentäohjeen sekä turvallisuusvaatimukset robottisolulle.

Nykyisellään jyrsimen kappaleenvaihto suoritetaan manuaalisesti eli ohjelman päätyttyä jyrsinpöydältä on poistettava käsin valmistuneet kappaleet sekä ylijäämäaihiot. Tämä tarkoittaa sitä, että jyrsin vaatii jatkuvasti ihmisen läsnäoloa kappaleenvaihtoa varten ja esimerkiksi suurien tuotantoerien tekeminen tuottaa työvoiman takia lisäkustannuksia. Myös uuden aihion paikoittaminen ja ohjelman käynnistäminen vaatii konetta operoivan ihmisen huomion. Robottikäsivarren lisääminen prosessiin vähentää ihmisen tarvetta osallistua aihoiden ja työkappaleiden käsittelyyn.

Avainsanat: tuotekehitys, automaatio

## Abstract

Author: Jonne Lahtinen  
Title: Automation of CNC- routers part change  
Number of Pages: 21 pages + 2 appendices  
Date: 23<sup>rd</sup> October 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Mechanical Engineering  
Professional Major: Machine Automation  
Supervisors: Heikki Paavilainen, Senior Lecturer  
Vesa Sirén, Managing director

---

This Bachelor's thesis is based on on a product development project for Rensi Finland Oy. The goal of this project was to develop a connection method between the logic circuitry of a CNC-router and a robotic arm, so that the robotic arm can perform an automatic part exchange for the milling machine after the end of the machining program. Requirements for a successful project were that that the resulting know-how, technology, and technical documentation could be sold and marketed to customer companies, technology and technical documentation could be sold and marketed to customer companies. The produced documentation includes the connection manual and the safety requirements for the robot cell, presented in appendices.

The project relied on studying the existing documentation of the CNC-router and the robotic arm. Understanding of the electrical drawings and control circuitry were a critical part of the project to achieve the connections between two machines. In order to maintain a competitive advantage, the methods used to connect the machines in the two appendices have been redacted. The designs of the connections were accomplished by following both manufacturer's and Rensi's own technical documents.

The result of the project proves to be a working machine unit and automated part change. The resulting documentation enables Rensi's technician to make connections between the router and the robotic arm.

The documentation produced during the project enables a risk-analysis for the paired machines even with the configuration changes depending on the customer's needs. The risk-analysis is important and required base for the selection of the safety equipment and fences surrounding both machines.

Keywords: development, automation

# Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teoria	1
2.1	CNC-jyrsin	1
2.2	ABB	2
2.3	Robottikäsivarsi	2
2.4	Ohjausjärjestelmät	3
2.5	Jyrsimen ohjaus	4
2.6	Robotin ohjaus	6
2.7	Koneiden yhdistämisen teoria	7
3	Käytännön toteutus	8
3.1	Kappaleenvaihto ja nykytilanne	8
3.2	Ohjauksien signaalit	8
3.3	Kytkenät	9
3.4	Työkierron kuvaus	9
4	Turvallisuus	9
4.1	CE-määräykset	9
4.2	Riskiarviointi	10
4.3	Robottisolun turvallisuus	11
4.4	Vaarojen tunnistaminen	11
4.4.1	Vaaran todennäköinen vakavuus	12
4.4.2	Vaaratilanteen todennäköisyys	12
4.5	Riskianalyysi	13
4.6	Suojaustoimet	13
5	Lopputulos	14

## **Lyhenteet ja selvennykset**

Router: *Tietokoneohjattu jyrsinkone.*

ATC: *Automatic Tool Change. Automaattinen työkalunvaihto.*

Kobotti: *Yhteistyörobotti, joka on suunniteltu toimimaan samassa tilassa yhteistyössä ihmisen kanssa.*

PLC: *Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka automaation ohjausta varten.*

I/O- kortti: *Input/ Output- väyläinen kommunikaatiolaite tietokoneen ja laitteen välissä.*

# 1 Johdanto

Insinööriytyö perustuu Rensi Finland Oy:lle tehtävään tuotekehitykseen, jossa tarkoituksena on yhdistää CNC-jyrsimen ja robottikäsivarren ohjaus ja näin saada aikaan tuotantoyksikkö automaattisella kappaleenvaihdolla. Työn tarkoituksena on kehittää yhdistämistapa CNC-jyrsimen ja robottikäsivarren ohjauksien välille, niin että robottikäsivarsi voi suorittaa automaattista kappaleenvaihtoa jyrsimelle työohjelman päätyttyä. Työn lopputuloksen tulee mahdollistaa kyseisen teknologian ja siitä syntyvän osaamisen myynti ja markkinointi asiakasyrityksille dokumentaatioineen. Dokumentointi käsittää tässä insinööriytyössä liitteenä olevan kytkentäohjeen sekä tekniset dokumentit.

Rensi Finland Oy on työstö- ja mittauskoneiden, laserien ja ohjelmistojen maahantuoja. Palveluihin kuuluu konekaupan lisäksi myös ohjelmistojen maahantuonti, koulutus sekä tuki asiakkaille. Rensi järjestää myös CAD/CAM koulutusta Hexagonin valmistus- ja suunnitteluohjelmistoilla.

Insinööriytyössä käytettävissä olevat koneet ovat Rensin REU1530ATC sekä ABB:n YuMi IRB 14050 kobotti.

## 2 Teoria

### 2.1 CNC-jyrsin

Jyrsin on mallia REU1530ATC, valmistajana Unitech. Kyseinen router on Rensin ja Unitechin yhteistyössä suunnittelema, kolmeakselinen työstökone. Työstöalueeltaan router on 1500 x 3000 x 180 mm ja on varustettu automaattisella kahdeksanpaikkaisella työkalunvaihdolla sekä imupöydällä,

jonka alipaineellisia alueita voi rajata sulkemalla pöydästä alipaineistettuja osia. Tämän mahdollistaa kaksi koneeseen kytkettyä alipainepumppua. Kone on suunniteltu työstämään ei-metallisia materiaaleja, kaikkea massiivipuusta akryyliin.



Kuva 1. REU1530 ATC.

## 2.2 ABB

ABB valmistaa teollisuusrobotteja, modulaarisia valmistusjärjestelmiä, ohjelmistoja ja robottipalveluja teollisuusasiakkaiden materiaalinkäsittelytehtäviin ja prosesseihin kaikkialle maailmassa.

## 2.3 Robottikäsi

Robottikäsiartena projektissa käytettiin ABB:lta lainattua YuMi-kobottia. Mallina IRB-14050. Tämä kyseinen kobotti eroaa teollisuuteen tarkoitetusta

robottikäsivarresta huomattavasti ominaisuuksiltaan, kooltaan ja teholtaan. Teollisuusrobotti ei omaa samoja turvamekanismeja kuin kobotti, joten suojaustoimenpiteet eriävät suuresti kobotin ja robotin välillä. Tulevaisuuden sovelluksiin käytetään aina asiakkaan tarpeeseen personoitua teollisuusrobottikäsivartta, mutta robotin ohjaus ja kytkennät pysyvät pääosin samana. Tärkeintä projektin onnistumisen kannalta oli kuitenkin ohjauksien yhteensopivuus ja niiden välisen kommunikoinnin onnistuminen.



Kuva 2. YuMi IRB 14050.

## 2.4 Ohjausjärjestelmät

Ohjausjärjestelmillä projektissa tarkoitetaan sekä jyrsimen- että robotin ohjausjärjestelmiä. Kumpikin ohjausjärjestelmä toimii 24V jännitteellä ja näin mahdollistetaan ohjausjärjestelmien välinen kommunikointi I/O- korttien välillä.



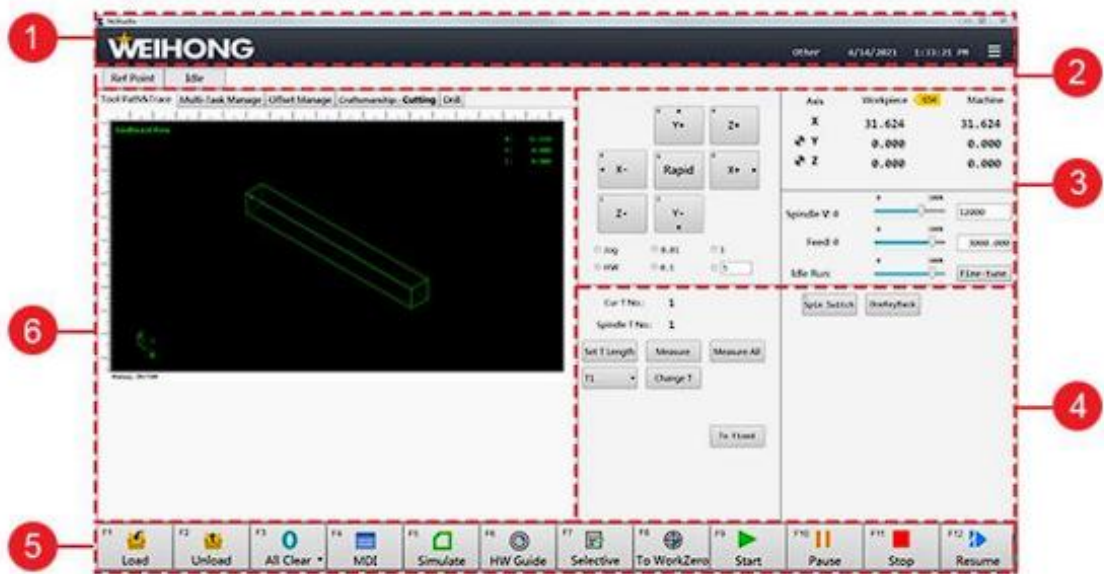
## 2.5 Jyrsimen ohjaus

Routerin ohjauksesta vastaa Weihong Lambda 21A- I/O kortti, joka on kuvattuna alla kuvassa 2. Kyseinen I/O-kortti vastaa routerin toimintojen ohjaamisesta, kuten Servokäytön hallinnasta, invertterien toiminnasta ja muista työstökoneen ominaisuuksista.



Kuva 3 Lambda 21 A.

Jyrsimen ohjausta hallitaan NcStudio Phoenix -ohjelmistolla. Ohjelmisto pitää sisällään jyrsimen manuaalisen ohjaamisen, automaattisen työstöradan ajamisen, käsipyörän kontrollin valitsemisen sekä koneen huoltoon ja säätämiseen liittyvät asetukset. Alla olevassa kuvassa näytettynä ohjelmiston pääikkuna selitteineen.

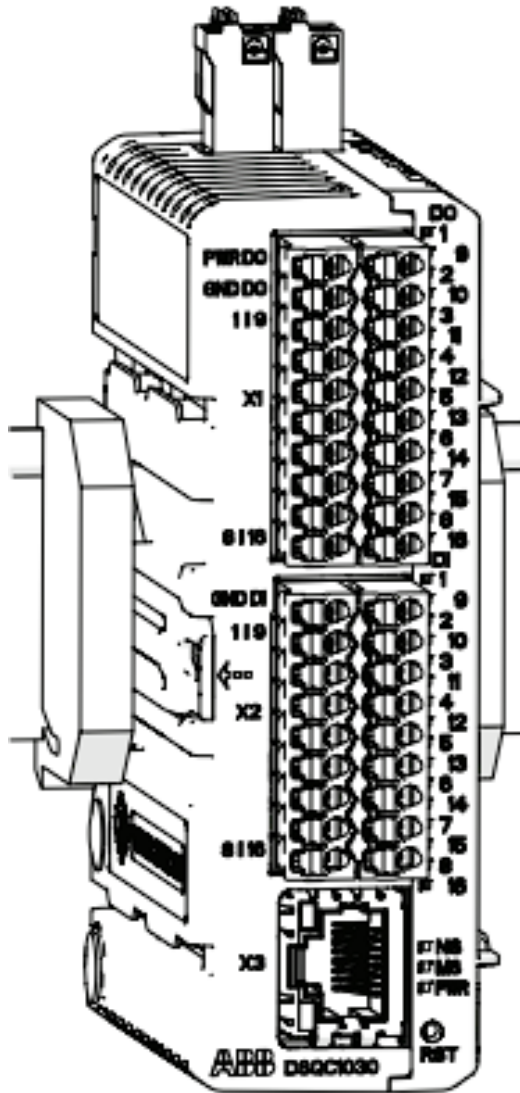


1. Otsikkopalkki
2. Tilapalkki
3. Koneen ohjauspalkki
4. Toiminnon ohjauspalkki
5. Käytön ohjauspalkki
6. Toimintoikkuna

Kuva 4. NcStudio Phoenix -pääikkuna.

## 2.6 Robotin ohjaus

Robotin ohjauksessa yhdistämistä varten käytössä on DSQC1030 Digitaalinen I/O-kortti (kuva 5) Laitteessa itsessään on 16 digitaalista sisääntuloa ja 16 ulostuloa sekä EtherNet-portti.



Kuva 5. DSQC1030 I/O-kortti.

I/O- kortti toimii 24V jännitteellä. Kortin kytkennät ovat taulukoituna alla olevassa taulukossa 1. Kortin kytkennät ovat lueteltuna vasemmalta oikealle laskevassa järjestyksessä.

Taulukko 1. I/O- kortin kytkennät.

<i>Location</i>	<i>Connector</i>	<i>Left side/description</i>	<i>Right side/description</i>		
<i>Top</i>	X4 Logic power	2 - PWR	4 - PWR		
		1 - GND	3 - GND		
<i>Front</i>	X1 Digital outputs, process power	10 - PWR DO	20 - PWR DO		
		9 - GND DO	19 - GND DO		
		8 - DO01	18 - DO09		
		7 - DO02	17 - DO10		
		6 - DO03	16 - DO11		
		5 - DO04	15 - DO12		
		4 - DO05	14 - DO13		
		3 - DO06	13 - DO14		
		2 - DO07	12 - DO15		
		1 - DO08	11 - DO16		
		X2 Digital inputs	9 - GND DI	18 - GND DI	
			8 - DI01	17 - DI09	
			7 - DI02	16 - DI10	
			6 - DI03	15 - DI11	
			5 - DI04	14 - DI12	
			4 - DI05	13 - DI13	
			3 - DI06	12 - DI14	
			2 - DI07	11 - DI15	
		<i>Down</i>	X3 EtherNet	1 - DI08	10 - DI16
			X5 EtherNet		

## 2.7 Koneiden yhdistämisen teoria

Teorian puolesta tarvitaan ymmärrys routerin ja robotin ohjauksista ja niiden välisestä kommunikoinnista. Insinööriyön osalta asiaa helpottaa suuresti se, että kummatkin digitaaliset ohjaukset toimivat 24V jännitteellä. Näin yhdistäminen ei vaadi ylimääräisiä releitä tai muita ratkaisuja. Käytännössä routerin ja robotin ohjauksien väliseen kommunikointiin voidaan siis käyttää

suoria kytkentöjä tulojen ja lähtöjen välillä. Huomioitavaa on se, että robotti hallitsee koko operaatiota eikä router voi käynnistyä ilman robotilta saatavaa erillistä käskyä.

### **3 Käytännön toteutus**

#### **3.1 Kappaleenvaihto ja nykytilanne**

Nykyisellään jyrsimen kappaleenvaihto suoritetaan manuaalisesti eli ohjelman päätyttyä jyrsinpöydältä on poistettava käsin valmistuneet kappaleet sekä ylijäämäaihio. Tämä tarkoittaa sitä, että jyrsin vaatii jatkuvasti ihmisen läsnäoloa kappaleenvaihtoa varten ja esimerkiksi suurien tuotantoerien tekeminen tuottaa työvoiman takia lisäkustannuksia. Myös uuden aihion paikoittaminen ja ohjelman käynnistäminen vaatii konetta operoivan ihmisen huomion.

#### **3.2 Ohjauksien signaalit**

Ohjauksien signaalit ovat listattuna alla. Nämä signaalit vaikuttavat koneyhdistelmän välittömään toimintaan ja mahdollistavat robotin ja routerin välisen toiminnan. Tärkeänä painotuksena projektissa on se, että robotti ohjaa operaatiota ja hallitsee tilannetta. Näin voidaan estää routerin tahaton käynnistyminen ja kytkemällä router irti robotin ohjauksesta voidaan varmistua työskentelyturvallisuudesta esimerkiksi robottia opettaessa.

- Työstöohjelma päälle
- Hätäseis
- Router-ohjelman loputtua väistöpaikassa

- Alipainejigin imu päälle/pois
- Robotin ohjaus säätää tarttujan imukupin päälle ja pois

### 3.3 Kytkenät

Kytkenät robotin ja routerin välille ratkaistiin tutkimalla koneiden sähkökaavioita ja konsultoimalla kahta asiantuntijaa. Kytkenät selvitetään liitteessä 1.

### 3.4 Työkierron kuvaus

Työkierto insinööriyölle selitetään tarkemmin liitteessä. Tuotantosolun työkierto on helposti muokattavissa asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Työstöohjelmat sekä YuMi:n ohjauksesta löytyvän WIZARD-liittymän helppokäyttöisyys tekevät työkierron muokkaamisesta ja robotin opettamisesta sujuvaa. (liite 1)

## 4 Turvallisuus

### 4.1 CE-määräykset

CE-merkintä tarkoittaa sitä, että valmistetulle koneelle on tehty tarkistus, jossa on todennettu koneen vaatimustenmukaisuus voimassa olevien EU:n lainsäädäntöjen kanssa. Valmistaja täten vakuuttaa, että tuote on soveltuvien eurooppalaisten direktiivien ja näissä esitettyjen terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukainen

Standardit ovat virallisia dokumentteja, jotka sisältävät teknisiä yksityiskohtia ja muita tarkennettuja kriteerejä, joita käytetään yhdenmukaisina sääntöinä varmistamaan tuotteiden tarkoitusten soveltuminen.

Projektissa käytetyillä koneilla on kummallakin edellytykset CE-dokumentaation tekemiseen robottisolulle.

## 4.2 Riskiarviointi

Jotta tuotantoyksikkö olisi mahdollista saattaa myös Rensin tuotevalikoimaan on se oltava CE-hyväksytty. Tämä hyväksyntä vaatii riskianalyysin tekemistä ja siinä sovelletaan tandardia SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus. Standardi kattaa yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen. Tämän lisäksi turvallisuusvaatimukset koneyhdistelmille löytyvät standardista SFS-EN ISO 11161 + A1. Koneyhdistelmän ohjauksien lisäkytkennät ovat myös osa turvallistamista. Niiden suoritustason määrittäminen perustuu SFS- EN ISO 13849-1 -standardiin. Ohjauksien välisen turvapiirin suunnittelussa on otettava tämä huomioon siten, että vaadittu suorituskyky PLr toteutuu. Tämä kattaa keskimääräisen ajan vaaralliseen vikaantumiseen (MTTFd), luokkarakenteen, diagnostiikan kattavuuden ja mahdollisen yhteisvikaantumisen.

Tarkoituksena on tunnistaa vaarat, arvioida riskien suuruus ja niiden merkitys. Riskien analysointi on raja-arvojen määrittelyn vaaran tunnistamisen sekä riskin suuruuden arvioinnin muodostama kokonaisuus.

CE-merkinnän alaisena loppukäytössä on koneyhdistelmä ja tämän vuoksi esimerkiksi robottia ei ole pakollista CE-merkitä. ABB:lta on kuitenkin mahdollista hankkia lisäpalvelu, joka mahdollistaa myös robotin CE-merkitsemisen.

Suurimman vaaran tuotantoyksikössä loppukäyttäjälle aiheuttaa teollisuuskäyttöön tarkoitettu robottikäsi. Riskianalyysi suoritetaan siis sen perusteella, että kuinka suuren riskin robotti voi aiheuttaa käyttäjälleen ja suojalaitteet, aidat ja muut turvallisuuteen liittyvät asiat suunnitellaan sen mukaisesti.

### 4.3 Robottisolun turvallisuus

Robottisolun turvallisuuden varmistamiseksi robottisolulle on suoritettava riskianalyysi ja turvalaitteita muokattava tarpeen vaatiessa. Johtuen laajasta soveltamisalasta riskiarviointit tehdään aina tapauskohtaisesti johtuen muuttuvasta konfiguraatiosta.

Vaarojen syntyminen robottisolussa voi johtua käyttäjän tekemistä huolto-, asennus-, säätö- ja ohjelmointitoimenpiteistä. Vaarojen syntyminen on myös mahdollista, mikäli käyttäjä menee robotin toiminta-alueelle poistamaan tukosta. Robottisolun aiheuttamat vaarat jaotellaan neljään eri kategoriaan:

1. isku ja törmäys
2. puristuminen
3. mekaaniset viat
4. muut syyt.

Kattava luettelo teollisuusroboteihin liittyvistä merkittävistä vaaroista löytyy standardista SFS-EN ISO 10218-1 Robotit ja robotiikkalaitteet.

Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Myös robottien yhdistämisestä teollisuuskoneisiin löytyy oma standardinsa: ISO 10218-2:2011 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. Näiden standardien lisäksi voidaan turvallisuusvaatimuksia täydentää standardista SFS-EN ISO 11161.

Koneturvallisuus. Valmistusjärjestelmien koneyhdistelmät. Perusvaatimukset

### 4.4 Vaarojen tunnistaminen

Vaarojen tunnistaminen kuuluu oleellisena osana riskiarviointiin. Vaarojen tunnistamisessa on tärkeää ajatella kokonaisuutta ja kartoittaa riskit mahdollisimman avarakatseisesti eri tilanteissa. Huomioitavaa on se, että



robottia ohjelmoi kokematon käyttäjä ja näin inhimillisen virheen riski on suurempi. Riskiä voidaan pienentää sopivalla koulutuksella ja perehdyttämällä käyttäjä robotin ja routerin toimintaan siten, että virheitä ja väärinkäyttöjen määrää pienennetään. Vaarojen tunnistamiseen on olemassa monenlaisia tapoja ja näin voidaan myös arvioida vaarojen vakavuus ja todennäköisyys.

#### 4.4.1 Vaaran todennäköinen vakavuus

Koneiden riskejä koskevassa standardissa SFS-EN ISO 12100 Seurauksien vakavuudet luokitellaan kolmeen erilliseen vakavuusluokkaan:

- erittäin vakava (kuolema)
- vakava (tavallisesti palautumaton vamma)
- lievä (palautuva vamma)

Vahinkojen laajuutta arvioidessa on huomioitava se, että aiheutuuko tapaturmasta vaaraa yhdelle vaiko usealle henkilölle. Riskejä kartoittaessa on tarkoituksena arvioida riskin todennäköinen vakavuus, eli tapaturmasta aiheutuvat todennäköiset seuraukset.

#### 4.4.2 Vaaratilanteen todennäköisyys

Myös todennäköisyydet riskeille jaotellaan kolmeen kategoriaan, jotka ovat listattuna alla:

- todennäköinen
- epätodennäköinen
- hyvin epätodennäköinen

Riskien vakavuutta ja niiden realisoitumisen todennäköisyyttä arvioimalla on mahdollista määrittää riski kyseiselle tapaturmalle. Taulukossa (1) Esitetään edellä mainittujen luokkien perusteella toteutettu matriisi. Riskejä arvioitaessa

on otettava huomioon ihmisen tekemät virheet, jotka voidaan ennakoida.

Ihmisen tekemiä virheitä voivat esimerkiksi olla:

- Turvallisten ja koulutettujen toimintatapojen unohtaminen
- Häätääntyminen yllättävässä vikatilanteessa
- Turvalaitteiden ohittaminen

Taulukko 2. Riskimatriisi.

Riskit	Lievä	Vakava	Erittäin vakava
Hyvin epätodennäköinen	Vähäinen riski	Siedettävä riski	Kohtalainen riski
Epätodennäköinen	Siedettävä riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski
Todennäköinen	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Sietämätön riski

#### 4.5 Riskianalyysi

Riskinä robottisolussa on ihmisen joutuminen robotin työskentelyalueelle, kappaleen irtoaminen työstöalueelta, puristuminen ja muu koneiden vikaantuminen tai odottamaton tila. Edellä mainitut riskit muodostavat kokonaisuuden, joka on käyttäjälle vähintään merkittävä riski ja aiheuttavat vakavan vaaran. Tästä johtuen suositetaan alla olevassa kappaleessa kuvattuja toimenpiteitä. Nämä ovat yleispäteviä ohjeistuksia, joita muokataan ja tarkennetaan konfiguraation muuttuessa tekniseen dokumentaatioon liitteessä 2.

#### 4.6 Suojaustoimet

Pääperiaatteellisesti koko työalue aidataan, makasiineille asennetaan valoverhot sekä router ja robotti kytketään samaan hätäseis-piiriin. Hätä-seis-

piiriin liitetään myös aitojen ulkopuolella oleva hätäseis-kytkin, jotenka robottisolun toiminta on mahdollista keskeyttää turvallisesti aidan ulkopuolelta. Näin varmistutaan riittävästä turvallisuudesta tuotantosolun suhteen. Aidassa oleva huolto-ovi on myös varustettava kytkimellä, joka auetessaan pysäyttää robottisolun toiminnan. Järjestelmän on kyettävä pysähtymään ennen ihmisen pääsyä vaaravyöhykkeelle, mikäli turvalaitteisiin vaikutetaan. Robotissa itsessään on riittävän luotettava ohjelmalukitus kielletyille alueille ja tätä hyödyntämällä voidaan varmistua, ettei robotti pääse kielletyille alueille tai törmäämään routeriin. Robotille voidaan myös määrittää World zone-alue ja tällä estää robotin liikkuminen kielletylle alueelle ohjelmistosta, esimerkiksi robot-studiosta. Robotin törmäämisen estäminen routerin puoleen varmistetaan ylimääräisellä kytkimellä, joka asennetaan routerin väistöpaikalle. Väistöpaikalla tarkoitetaan routerin koordinaatistossa olevaa erikseen asetettua lopetus pistettä, johon router väistää työstöohjelman loppuksi. Tämä väistöpaikan kytkin asetetaan robotin ohjelmassa ehdoksi, vain kytkimen ollessa aktiivinen saa robotti suorittaa omaa työkiertoaan.

## 5 Lopputulos

Insinööriyön lopputuloksena oli toimiva koneiden yhteistyö, YuMi vaihtoi kappaletta ohjelman mukaan ja ohjasi routerin toimintaa. YuMin vaihdettua kappaletta se väisti määrätylle paikalleen ja antoi signaalin routerin ohjaukselle työstöohjelman käynnistämiseksi. Kun työstöohjelma oli päättynyt, router lähetti signaalin väistöpaikaltaan YuMi:lle työkierron jatkamiseksi. Insinööriyössä toteutettu yhdistämisteknologia siis toimii ja tuotantoyksikkö on mahdollista sovittaa tulevaisuudessa asiakkaan tarpeisiin. Lisäksi tuotantoyksikölle on mahdollista suorittaa riskien arviointi ja määrittellä suojalaitteet konfiguraation mukaisesti sen muuttuessa. Työn lopputuloksena tuotantoyksikkö on mahdollista toteuttaa sekä tuottaa tarvittava dokumentaatio niin yritykselle kuin asiakkaalle. Insinööriyön tuloksena valmistuneet liitteet salataan kilpailuedun minimoimiseksi.

## Lähteet:

- 1 Autio, Arttu. 2015. Robottisolun turvallistaminen. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus.
- 2 Hoikkala, Matti. 2010. Teollisuusrobotin käyttöönotto. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus.
- 3 Kantonen, Tuomas. 2019. Teollisuusrobotista kollaboratiiviseksi. Opinnäytetyö. Turun Ammattikorkeakoulu. Theseus.
- 4 Liukkonen, Aleksi. 2019. Yhteisityörobotin riskienarviointi. Opinnäytetyö. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Theseus.
- 5 SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 6 SFS-EN ISO 10218-1:2011. Robotit ja robotiikkalaitteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 7 SFS-EN ISO 10218-2:2011 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 8 SFS-EN ISO 11161 + A1 Koneturvallisuus. Valmistusjärjestelmien koneyhdistelmät. Perusvaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 9 SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 10 SFS-EN ISO 13857 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 11 SFS-EN ISO 13857 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Tekninen konsultaatio:

Hakola, Kari. Project Engineer. Robotics. Abb Oy. Robotin ohjausjärjestelmä.

Niittymäki, Joni. Tuotepäällikkö. Rensi Finland Oy. Routerin ohjausjärjestelmä.

Sirén, Vesa. Toimitusjohtaja. Rensi Finland Oy. Yleinen tekninen konsultaatio & dokumentaatio.

Taipale, Peter. Area Sales Manager. Robotics. Abb Oy. Yleistietoa Roboteista.