



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lotta Klasila

---

## Konepalvelun robotisointi ja käyttöohjeen laadinta

Opinnäytetyö

Syksy 2024

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Lotta Klasila

Työn nimi alaotsikoineen: Konepalvelun robotisointi ja käyttöohjeen laadinta

Ohjaaja: Jarkko Pakkanen

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 41

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja ohjelmoida robottisolu, joka suorittaa konepalvelutehtäviä sorville, sekä laatia käyttöohje tälle. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Robia Oy. Robottina käytettiin Kassow KR810 -yhteistyörobotia. Robotin tehtävänä oli putkiaihioiden lastaus sorviin ja valmiiden tuotteiden lastaus sorvilta lavalle.

Työssä käydään läpi teoriaa yhteistyöroboteista, niiden standardeista, robotisoidusta konepalveluista, robottien ohjelmoinnista sekä käyttöohjeen laadinnasta. Työssä esitellään myös siinä käytetyt laitteistot ja ohjelmistot. Toteutusosuudessa käsitellään solun kokoonpanemista, robotin ohjelmointia, parametrillä ohjelmointia, testausta ja käyttöohjeen laadintaa.

Työn tuloksena saatiin ohjelmoitua testauksen avulla toimivaksi todettu robotisoitu konepalvelusovellus sekä käyttöohje sille. Työn tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa yrityksen tulevissa projekteissa ja käyttöohje menee heti asiakkaalle käyttöön.

<sup>1</sup> Asiasanat: ohjelmointi, robotiikka, robotit, yhteistyörobotit, konepalvelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Bachelor of Engineering, Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Lotta Klasila

Title of thesis: Robotic automation of machine services and creation of user manual

Supervisor: Jarkko Pakkanen

Year: 2024

Number of pages: 41

---

The purpose of the thesis was to design and program a robotic cell for a lathe and to create a user manual. The application was made for Robia Oy. The robot used was Kassow KR810 collaborative robot. The task of the robot was to load a billet to the lathe and take the finished piece from the lathe to the pallet.

The theoretical part of the thesis studied collaborative robots, focusing on their standards, robotic machine services, robot programming, and the process of creating user manuals. Also, the hardware and software used in the project was introduced. The practical part covered the assembly of the robot cell, robot programming, parametric programming, testing, and the creation of the user manual.

As the result of the work there was a robotized machine service application that was successfully programmed and validated through testing. The outcomes of the thesis can be utilized in the future projects of the company. Additionally, a user manual was created, and it was given to the client.

<sup>1</sup> Keywords: programming, robotics, robots, collaborative robots, machine service

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuvaluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Työn tausta .....	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne .....	7
1.4 Yritysesittely .....	8
2 Yhteistyörobotiikka .....	9
2.1 Perinteisten teollisuusrobottien ja yhteistyörobottien erot.....	9
2.2 Valinta perinteisen teollisuusrobotin vai yhteistyörobotin väliltä .....	10
3 Standardit Yhteistyörobotiikassa .....	12
3.1 SFS-EN ISO 10218: Robotit ja robotiikkalaitteet, turvallisuusvaatimukset .....	12
3.1.1 SFS-EN ISO 10218 osa 1: Teollisuusrobotit.....	12
3.1.2 SFS-EN ISO 10218 osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät .....	13
3.2 ISO/TS 15066, yhteistyörobotit.....	14
4 Robotisoitu konepalvelu .....	16
4.1 Yhteistyörobotiikka konepalvelussa.....	16
4.2 Robotisoinnin kannattavuus .....	17
4.2.1 Robotisoidun konepalvelun hyödyt .....	17
4.2.2 Robotisoidun konepalvelun haasteet .....	18
5 Robottien ohjelmointi .....	20
5.1 Ohjelmointitavat.....	21
5.2 Ohjelmien parametrisointi.....	21
6 Käyttäjystävällisten käyttöohjeiden suunnittelu .....	23
6.1 Käyttäjakeskeisyys .....	23

6.2	Rakenne.....	24
6.3	Visuaalinen suunnittelu .....	24
6.4	Selkeys ja yksinkertaisuus .....	25
7	Robottisolun kokoonpano .....	26
7.1	Kassow KR810 -yhteistyörobotti.....	26
7.2	Käsiohjain.....	27
7.3	Tarttuja .....	28
7.4	Liukutaso ja paikoitustaso .....	29
7.5	Ovi, turvareunukset sekä sorvi .....	30
7.6	Kohdekappaleet .....	31
8	Työn toteutus .....	32
8.1	Solun kokoonpano.....	32
8.2	Ohjelmointi .....	32
8.2.1	Parametrinen ohjelmointi .....	34
8.2.2	Koordinaattien ohjelmointi.....	34
8.3	Testi .....	35
8.4	Käyttäjätavallisen käyttöohjeen laadinta .....	36
8.5	Käyttöönotto .....	37
9	Yhteenveto ja pohdinta.....	38
	Lähteet .....	39

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Kassow KR810 -yhteistyörobotti.....	27
Kuva 2. Robotin käsiohjain. ....	28
Kuva 3. Lineaaritarttuja MHZ2-40D. ....	28
Kuva 4. Liukutaso. ....	29
Kuva 5. Paikoitustaso. ....	30
Kuva 6. Turvareunukset ja sylinteri. ....	31
Kuva 7. Ohjelman rakennekaavio. ....	33
Kuva 8. Testaukseen käytetty I/O-rasia sekä muoviset putkiaihiot. ....	36

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>I/O</b>	Input/Output tarkoittaa tietojen ja signaalien vastaanottamista ja lähettämistä.
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization on maailmanlaajuisen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto.
<b>SFS</b>	Suomen Standardisoimisliitto.
<b>Standardi</b>	Standardi on asiakirja, johon on kirjattu yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suorituksia tai ominaisuuksia tuotteille ja niiden valmistukselle tai testaukselle sekä järjestelmille tai palveluille.
<b>Tekninen spesifikaatio</b>	Asiakirja, jossa esitetään tuotteen tai menettelyn vaatimukset.
<b>TF-funktio</b>	TF-funktion (Teach function) avulla robotti siirretään haluttuun uuteen asentoon, joka tallennetaan uudeksi asennoksi tai vanhan asennon korvaajaksi. Tämä mahdollistaa halutun liikkeen tai asennon päivittämisen ilman, että ohjelmaa tarvitsee kirjoittaa uudelleen.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön toimeksiantajan eli Robia Oy:n asiakkaalla on ollut varastossaan yhteistyörobotti pitkän aikaa. Heidän ajatuksenaan oli ohjelmoida robotti suorittamaan konepalvelutehtäviä sorville. Asiakkaalla ei ole ollut aikaa tehtävään, joten he ulkoistivat sen Robia Oy:lle. Konepalvelun robotisointi parantaa turvallisuutta ja tehokkuutta sekä mahdollistaa työntekijän keskittymisen muihin tehtäviin.

## 1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella robottisolun, joka automatisoi putkiaihioiden lastauksen sorviin ja valmiiden tuotteiden lastauksen sorvilta lavalle.

Opinnäytetyön vaiheet:

- Putkiaihioiden syöttämiseen tarkoitettujen liukutasojen kokoonpano.
- Robotin ohjelmointi suorittamaan sille tarkoitettu tehtävä. Saman ohjelman tulee toimia kaikenkokoisilla putkilla ilman, että sitä pitää muokata jokaiselle erikseen.
- Robotin liittäminen sorviin.
- Sorvin oven ohjaukseen käytettävän sylinterin ja oveen tulevan turvalaitteen asennus.
- Ohjelman vuokaavion tekeminen ja käyttäjäystävällisten käyttöohjeiden laatiminen.

## 1.3 Työn rakenne

Työ sisältää yhdeksän lukua. Ensimmäisessä luvussa käsitellään työn tausta, tavoite ja rakenne sekä esitellään yritys, jolle opinnäytetyö tehdään. Seuraavat viisi lukua käsittelevät teorian yhteistyörobotiikasta, standardeista yhteistyörobotiikassa, robotisoiduista konepalveluista, robottien ohjelmoinnista ja käyttöohjeen laatimisesta. Tämän jälkeen esitellään robottisolun. Luvussa kahdeksan käydään läpi työn toteutus. Viimeisessä luvussa on

yhteenveto työstä ja sen tuloksista. Siinä on myös pohdintaa työn toteutuksesta, haasteista ja tuloksista.

#### **1.4 Yritysesittely**

Opinnäytetyö tehdään yritykselle nimeltä Robia Oy. Yritys toimittaa robotisoituja automaatiojärjestelmiä sekä huoltaa niitä (Robia, i.a). Yritys tuo maahan Hyundai- ja Kassow-robotteja sekä toimittaa asiakkaille tarttuvia ja muita lisälaitteita. Robia Oy:lla työskentelee kolme vakituista työntekijää ja sen toimipiste on Seinäjoella, mutta yrityksellä on asiakkaita ympäri Suomea.

## 2 YHTEISTYÖROBOTIIKKA

Yhteistyörobotiikka termiä käytetään, kun viitataan sovelluksiin, joissa ihmisellä on esteetön pääsy robotin työtilaan, vaikka varsinaista yhteistyötä ei tapahtuisikaan (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Yhteistoiminnallisen robottisolun turvallistaminen -luku). Yhteistyörobotit ovat pienempiä ja kevyempiä kuin perinteiset teollisuusrobotit ja ne pystytään asentamaan liikkuville alustoille (Weiss ym., 2021, Automation versus robots versus cobots -luku). Yhteistyöroboteissa on tyypillisesti antureita ja ohjelmistoja, jotka mahdollistavat niiden turvallisen vuorovaikutuksen ihmisten kanssa työympäristössä. Ne on suunniteltu niin, että niiden kanssa on turvallista työskennellä ja ne pystytään yhdistämään olemassa olevaan työnkulkuun helposti. Yhteistyörobotteja löydetään yleensä teollisuusympäristöistä, mutta niitä käytetään useilla eri aloilla.

### 2.1 Perinteisten teollisuusrobottien ja yhteistyörobottien erot

Perinteiset teollisuusrobotit työskentelevät ilman ihmistä toisin kuin yhteistyörobotit, jotka työskentelevät ihmisten kanssa yhteistyössä (Weiss ym., 2021, Automation versus robots versus cobots -luku). Suurin ero näiden robottien välillä on se, että ihmiset voivat työskennellä samassa tilassa yhteistyörobottien kanssa turvallisesti ilman suljettua aitausta välissä.

Yhteistyörobottien ja perinteisten teollisuusrobottien erot ovat seuraavat:

- Joustavuus ja ohjelmoitavuus. Yhteistyörobotit on helppo ottaa käyttöön niiden kevyen rakenteen ansiosta, ja ne on myös helppo ohjelmoida (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Yhteistyörobotit -luku). Tämän seurauksena ne kykenevät mukautumaan nopeasti solun muutoksiin ja erilaisten materiaalien käsittelyyn. Teollisuusrobotit puolestaan ovat raskaita sekä niiden ohjelmointi on monimutkaista. Teollisuusrobotit sopivat yhdenlaiseen työhön, joka ei juuri koskaan muutu.
- Saavutettavuus. Yhteistyörobotit ovat halvempia ja saavutettavampia yrityksille (Salvendy. 2012 s. 1443; Inbolt, 2024). Ne parantavat tuottavuutta suorittamalla tarkkoja tehtäviä edullisesti. Työntekijöiden on helppo ottaa käyttöön ja ohjelmoida yhteistyörobotit itse. Työntekijöiden on helpompi hyväksyä yhteistyörobotit osaksi työympäristöä, koska ne eivät yleensä korvaa ihmistyövoimaa vaan

täydentävät sitä. Perinteiset teollisuusrobotit puolestaan voivat olla kalliita hankkia ja niiden yhdistäminen valmiisiin toimintoihin voi olla aikaa ja energiaa vievä prosessi.

- Turvallisuus. Yhteistyörobottien suuri etu on niiden turvallisuus (Salvendy, 2012, s. 1443; Inbolt, 2024). Niiden keveyden ja ulkomuodon lisäksi niissä käytetään korkealaatuisia turvallisuusominaisuuksia, joiden avulla voidaan estää, havaita sekä välttää törmäyksiä. Turvallisuusominaisuudet sisältävät turvallisuuspysäytysjärjestelmän, tarkan voiman tunnistuksen ja ympäristön havainnoinnin. Perinteisissä teollisuusroboteissa näitä ominaisuuksia ei yleensä tarvita sillä ne työskentelevät suljetuissa soluissa.

Yhteistyörobotiikka tarjoaa siis merkittäviä etuja erityisesti tilanteissa, joissa tarvitaan joustavuutta, turvallisuutta ja kustannustehokkuutta. Ne mahdollistavat ihmisten ja robotiikan tehokkaan yhteistyön monenlaisissa teollisuussovelluksissa, missä perinteiset teollisuusrobotit eivät välttämättä ole käytännöllisiä tai turvallisia.

## **2.2 Valinta perinteisen teollisuusrobotin vai yhteistyörobotin väliltä**

Valinta perinteisen teollisuusrobotin ja yhteistyörobotin välillä riippuu useista tekijöistä, jotka liittyvät erityisesti tehtävään, jota robotin odotetaan suorittavan sekä ympäristöön, jossa robotti tulee toimimaan. Seuraavassa on esitty huomioitavia seikkoja kummankin robotin tyyppin valinnassa:

1. Teollisuuden vaatimukset:
  - a. Suorituskyky ja kappaleaika. Perinteiset teollisuusrobotit ovat yleensä nopeampia, tarkempia ja voimakkaampia kuin yhteistyörobotit (Robotiq, 2018, s.13, 16). Niillä on myös pidempi ulottuvuus, mikä tekee niistä sopivia suuriin ja vaativiin tuotantotarpeisiin. Yhteistyörobotit kuitenkin kehittyvät koko ajan, esimerkiksi niiden kantokykyä, ulottuvuutta ja muita vastaavia ominaisuuksia kehitetään, heikentämättä niiden turvallisuutta.
  - b. Tuotantokapasiteetti ja kappaleiden vaihtelu. Teollisuusrobotit soveltuvat parhaiten suuriin tuotantomääriin samanlaisten tuotteiden valmistuksessa (Vijayalakshmi & Muruganand, 2020 s. 407). Ne eivät yleensä sovellu hyvin tilanteisiin, joissa tarvitaan jatkuvaa kappaleiden vaihtelua ja nopeaa

sopeutumista erilaisiin tuotantovaatimuksiin. Yhteistyörobotit voivat helposti käsitellä monenlaisia kappaleita ja ne toimivat parhaiten pienemmissä tuotantoprosesseissa, joissa kappaleiden vaihtelu on suurta (Tarantino, 2022, s. 325).

2. Kappaleiden koko ja paino. Teollisuusrobotit on suunniteltu käsittelemään suuria ja painavia kappaleita, kun taas yhteistyörobotit ovat parempia kevyempien ja pienempien kappaleiden käsittelyssä (Robotiq, 2018, s.12).
3. Sovellustyyppit. Teollisuusrobotit ovat erinomaisia materiaalin poistossa, kokoonpanosovelluksissa ja muissa raskaan teollisuuden prosesseissa, jotka vaativat suurta voimaa ja tarkkuutta (Inbolt, 2024). Yhteistyöroboteilta onnistuu helposti mm. konepalveluiden suorittaminen, kappaleiden nouto ja poislaitto sekä laadunvalvonta.
4. Tilat. Teollisuusrobotit vaativat yleensä turva-aitauksen ympärilleen, mikä lisää niiden tilantarvetta (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Turva-aidat-luku). Yhteistyörobotit voivat toimia ilman aitauksia, mikä säästää tilaa ja mahdollistaa niiden asentamisen pienempiin tiloihin.
5. Työntekijöiden taidot. Yhteistyörobottien käyttöönotto ja ohjelmointi on yleensä helpompaa kuin perinteisten teollisuusrobottien (Inbolt, 2024). Ne voivat olla intuitiivisempia käyttää ja vaativat vähemmän erityisosaamista työntekijöiltä.
6. Pää tavoite. On tärkeää miettiä mikä kyseisen robotisoinnin päätavoitteena on (Kadir ym., 2018, Cobot implementation does not make any sense -luku). Yhteistyöroboteilla voidaan esimerkiksi parantaa tuotteen laatua, vapauttaa työntekijöitä muuhun työhön tai joustavasti lisätä tuotantokapasiteettia. Teollisuusroboteilla puolestaan pyritään yleensä parantamaan tuotannon nopeutta ja tehokkuutta.

### 3 STANDARDIT YHTEISTYÖROBOTIIKASSA

Teollisuusrobottien käytössä noudatetaan useita standardeja, jotka varmistavat niiden turvallisuuden ja toimivuuden. Yhteistyörobotiikassa keskeisimmät standardit ovat SFS-EN ISO 10218 osat 1 ja 2 sekä tekninen spesifikaatio ISO-TS 15066. ISO 10218 -standardi käsittelee teollisuusrobottien ja robottijärjestelmien turvallisuusvaatimuksia ja tekninen spesifikaatio ISO-TS 15066 täydentää ISO 10218 -standardia ja keskittyy erityisesti yhteistyöroboteihin (Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2013, s. 8; International Organization for Standardization (ISO), 2020, s. 5).

#### 3.1 SFS-EN ISO 10218: Robotit ja robotiikkalaitteet, turvallisuusvaatimukset

Standardi ISO 10218 on C-tyyppin standardi (SFS, 2024; SFS, 2013, s. 8). C-tyyppin standardien tarkoituksena on määritellä tarkat ja yksityiskohtaiset yksittäisten koneiden ja koneryhmien turvallisuusvaatimukset, jotka toteutetaan osittain viittaamalla A- ja B-tyyppin standardeihin. Robotteihin liittyvät vaarat tunnetaan hyvin, mutta eri roboteissa ja järjestelmissä on niille ominaiset vaarojen lähteet (SFS, 2013, s. 8). Vaarojen lukumäärät ja tyypit vaihtelevat automaatioprosessin luonteesta, järjestelmän monimutkaisuudesta sekä robotityypistä ja sen käyttötarkoituksesta, asentamistavasta, ohjelmoinnista, käytöstä ja kunnossapidosta riippuen. Riskien arvioinnin perusteella tehdään tarvittavat toimenpiteet. Standardi on jaettu kahteen osaan erilaisiin käyttötapoihin liittyvien vaarojen vuoksi. Ensimmäinen osa koskee teollisuusroboteja ja toinen osa koskee robottijärjestelmiä, kun ne on yhdistetty ja asennettu teollisuusrobottisoluihin ja linjoihin.

##### 3.1.1 SFS-EN ISO 10218 osa 1: Teollisuusrobotit

Standardin SFS ISO 10218 ensimmäisessä osassa määritetään vaatimuksia ja ohjeita teollisuusrobottien turvalliselle suunnittelulle, turvallisuustoimenpiteille ja niiden käyttöä koskeville tiedoille (2013, s. 10). Siinä kuvataan robotteihin liittyvä vaaroja ja esitetään vaatimuksia niihin liittyvien riskien vähentämiseksi tai poistamiseksi (mts. 20). Standardissa esitetään ohjeet riskien vähentämiseksi tai poistamiseksi. Tämä voi sisältää muutoksia suunnitteluun, vaarallisten ominaisuuksien korvaamista turvallisilla, suojalaitteiden asentamista sekä varoitusten ja koulutuksen käyttöä. Muihin kuin ensimmäisessä osassa esiteltyjen

vaarojen tunnistamiseksi on tehtävä vaara-analyysi. Standardissa kerrotaan ohjeet vaarojen analysoimiseksi.

Standardi edellyttää, että robotin suunnittelussa ja käytössä tunnistetaan mahdolliset vaarat ja arvioidaan niihin liittyvät riskit (SFS, 2013, s. 14). Tämä sisältää esimerkiksi robotin tarkoitetun käytön, ohjelmoinnin, kunnossapidon, asetukset ja puhdistuksen huomioimisen. Riskien arvioinnissa on erityisesti kiinnitettävä huomiota robotin mahdolliseen suunnittelemattomaan käynnistymiseen, henkilöiden läsnäoloon, ennakoituun väärinkäyttöön ja ohjausjärjestelmän mahdollisiin vikaantumisiin.

Riskien arvioinnin jälkeen pitää tarkastaa, että kaikki vaarat on tutkittu ja korjaavat toimenpiteet on tehty (SFS, 2013, s.44–46). Robotin mukana tulee olla tarvittavat tiedot ja ohjeet turvalliseen käyttöön. Tämä sisältää dokumentaation, merkinnät, signaalit, symbolit ja kaaviot, jotka on suunniteltu käyttäjän ymmärrettäviksi, ja joilla varmistetaan, että käyttäjä ymmärtää robotin turvallisen käytön periaatteet ja mahdolliset jäännösriskit.

### **3.1.2 SFS-EN ISO 10218 osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät**

Standardin ISO 10218 osa 2 täydentää ensimmäistä osaa keskittymällä robottijärjestelmien turvallisuusvaatimuksiin, kun ne on yhdistetty ja asennettu teollisuusrobottisoluihin ja -linjoihin (SFS, 2017, s. 5). Vaarat ovat yksilöllisiä robottijärjestelmille ja niiden lukumäärät ja tyypit riippuvat automaatioprosessin luonteesta ja kokoonpanon monimutkaisuudesta.

Seuraavassa on esitetty yhdistämiseen liittyviä asioita (SFS, 2017, s. 7):

- Robottijärjestelmän tai -solun suunnittelussa ja asennuksessa on otettava huomioon koko prosessi, mukaan lukien valmistus, kunnossapito, käyttö ja poisto käytöstä.
- Kaikki tarvittavat tiedot ja ohjeet robottijärjestelmän turvalliseen käyttöön ja ylläpitoon on dokumentoitava ja toimitettava käyttäjälle.
- Robottijärjestelmään tai -soluun sisältyvien laitteiden turvallisuus on varmistettava, ja niiden on täytettävä standardin asettamat vaatimukset.

Robottisolun tai -järjestelmän suunnittelussa pitää ottaa huomioon erilaisten koneiden ominaisuudet ja se, miten eri koneet vaikuttavat suojaustoimenpiteiden suunnitteluun ja valintaan (SFS, 2017, s. 11). Avainprosessi vaarojen poistamiseen ja riskien pienentämiseen on robottijärjestelmän tai -solun sijoituskaavion suunnittelu. Robottijärjestelmissä riskien arviointi mahdollistaa riskien systemaattisen analysoinnin ja merkityksen arvioinnin koko eliniän ajalta. Riskien arvioinnin jälkeen seuraa mahdollisten riskien pienentäminen soveltaen riittäviä toimenpiteitä.

Robottijärjestelmän ja -solun yhdistelmän toteutuksen on oltava standardin ISO 10218 osan 2 vaatimusten mukainen (SFS, 2017, s. 5). Lisäksi robottisolun tai -linjan suunnittelussa on noudatettava ISO 12100 -standardin periaatteita niiltä osin, joita ei ole käsitelty ISO 10218 -standardissa. ISO 12100 käsittelee yleisesti koneiden turvallisuutta ja sitä, miten turvallisuus on integroitava koneiden suunnitteluun ja valmistukseen. Robottijärjestelmän kuuluu myös olla ergonominen käyttää ja turvallinen ihmisille.

Valmistajien tai jälleenmyyjien on varmistettava, että kaikki turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet on todennettu ja kelpuutettu standardin mukaisesti (SFS, 2017, s. 42–44). Tämä sisältää myös turvalaitteiden tarkastuksen ja kelpuutuksen, jotta varmistetaan, että ne toimivat oikein ja tarjoavat tarvittavan suojan käyttäjille ja ympäristölle. Kaikki tarvittavat ohjeet, merkinnät ja dokumentaatio on myös toimitettava käyttäjälle, jotta varmistetaan järjestelmän turvallinen ja asianmukainen käyttö.

### **3.2 ISO/TS 15066, yhteistyörobotit**

Tekninen spesifikaatio ISO/TS 15066 tarkoittaa turvallisuusvaatimuksia yhteistyörobottijärjestelmissä ja niiden työympäristöissä sekä opastaa niiden toimintaa silloin, kun ne toimivat samoissa tiloissa ihmisten kanssa (ISO, 2020, s. 1; ISO, 2020, Foreword-luku). Tämä on erityisen tärkeää, sillä yhteistyörobottien toimintatapa eroaa perinteisten teollisuusrobottien toiminnasta, ja niiden kanssa työskentelevien ihmisten turvallisuus on taattava. Tekninen spesifikaatio eroaa virallisesta standardista siten että se ei aseta sitovia vaatimuksia turvallisuudella, vaan pelkästään neuvoo ja antaa esimerkkejä standardin 10218 tulkittamiseen. Kaikki yhteistyöjärjestelmät tarvitsevat suojaustoimenpiteitä niiden ollessa toiminnassa. ISO/TS 15066 -teknisessä spesifikaatiossa kuvaillaan yhteistyösovelluksen

suunnittelua sekä vaarojen tunnistamista ja riskien arviointia näissä järjestelmissä. Riskien arvioinnin avulla voidaan tunnistaa mahdolliset vaarat ja valita sopivat riskinvähentämistoimenpiteet.

Tekninen spesifikaatio ISO/TS 15066 kuvailee myös vaatimukset yhteistyörobotiisovelluksille, turvallisuuteen liittyvälle ohjausjärjestelmälle, yhteistyörobotin toiminnan suunnitteluun sekä yhteistyörobottien ympäristön suunnitteluun (ISO, 2020, s. 5). Vaatimusten pitää olla standardin ISO 10218 mukaisia. Valmistajien ja jälleenmyyjien on varmistettava, että turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet täyttyvät ja että järjestelmän mukana toimitetaan tarvittavat tiedot ja ohjeet sen turvalliseen sekä oikeanlaiseen käyttöön. Nämä tiedot ovat samat kuin ISO 10218 -standardissa esitetyt tiedot.

ISO/TS 15066 sisältää myös ohjeet robotin nopeuden ja etäisyyden hallintaan silloin, kun robotti ja ihminen työskentelevät yhdessä (ISO, 2020, s. 22–28). Teknisessä spesifikaatiossa neuvotaan, kuinka määritellä robotin maksiminopeus, voima ja paine siten, että ne eivät ylitä biomekaanisia rajoja. Ne on määritelty estämään mahdolliset vammat, jos robotti joutuu kosketuksiin ihmisen kanssa.

## 4 ROBOTISOITU KONEPALVELU

Konepalvelutehtävät voivat olla toistuvia, tylsiä ja vaarallisia töitä ihmisille, ja siksi ne ovat oivallisia kohteita automatisoinnille (Jhfoster, i.a.-a; Jhfoster, i.a.-c). Konepalvelutehtävät voivat sisältää materiaalin tai osien viemistä koneelle, valmiin tuotteen hakemista koneelta sekä muiden tehtävien suorittamista, kuten siivousta ja laaduntarkkailua. Tällä hetkellä konepalvelutehtävät ovat yleensä ihmisten tekemiä, mutta konepalveluiden robotisoiminen on yleistymässä nopeasti. Ihmistyöntekijöille konepalvelutehtävät ovat liian toistuvia aiheuttaen tylsistymistä, virheitä ja loukkaantumisia. Roboteille nämä tehtävät ovat kuitenkin ihanteellisia, sillä ne eivät väsy tai tylsisty.

Robotisoitu konepalvelu on edistynyt automaatiosovellus ja se eroaa pelkästä robotin tekemästä materiaalinkäsittelystä siten, että robotisoidussa konepalvelussa robotti kommunikoi prosessikoneiston kanssa ja robotti kykenee myös suorittamaan useita toimintoja yhdessä sovelluksessa (Jhfoster, i.a.-a; Jhfoster, i.a.-c). Yleensä konepalvelulla tarkoitetaan osien laittamista CNC-koneeseen tai osien ottamista CNC-koneesta. Nykyään robotit voivat tehdä monimutkaisempia tehtäviä, ja erilaisten tehtävien automatisoinnista tulee yhä yleisempiä (Bhatt, 2021). Robotisoituja konepalveluja käytetään eri teollisuudenaloilla tehokkuuden ja turvallisuuden lisäämiseksi (Bernier, 2023). Näitä teollisuudenaloja ovat esimerkiksi auto-, ilmailu-, elektroniikka- ja metalliteollisuuden alat.

Robotisointi perustuu aina tiettyyn tarpeeseen ja sen tavoitteena on saavuttaa hyötyjä, kuten parantaa tehokkuutta, vähentää virheitä ja lisätä työturvallisuutta (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Robotisoinnin perusta -luku). Kun prosessi robotisoidaan, työntekijän tehtävät muuttuvat ylläpitäviksi ja valvoviksi. Samalla prosessin tarkkuus, toistuvuus ja nopeus paranevat.

### 4.1 Yhteistyörobotiikka konepalvelussa

Koska konepalvelutehtävissä on paljon vaihtelua ja erilaisia konepalvelusovelluksia on paljon, yhteistyörobottien joustavuus on tarpeen (Universal robots, 2023). Kuten perinteisiin teollisuusrobotteihin myös yhteistyörobotteihin voi lisätä paljon erilaisia lisäosia, kuten työkaluja ja konenäköjärjestelmiä, tehden niistä käyttäjäystävällisempiä ja soveltuvampia

monimutkaisempiin tehtäviin. Yhteistyörobotit voivat myös toimia samassa tilassa ihmisten kanssa niin, että ihmisten on helppo tehdä yhteistyötä niiden kanssa.

Lisäksi yhteistyörobottien ohjelmointi on yleensä yksinkertaisempaa ja intuitiivisempaa kuin perinteisten teollisuusrobottien (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Yhteistyörobotit-luku). Tämä helpottaa niiden käyttöönottoa ja mukauttamista erilaisiin tehtäviin ja ympäristöihin. Yhteistyörobottien joustavuus ja turvallisuus tekevät niistä ihanteellisia työkaluja konepalvelutehtävissä, joissa tarvitaan monipuolisuutta ja ihmisten ja robottien yhteistoimintaa.

## **4.2 Robotisoinnin kannattavuus**

Robotisointi voi olla elintärkeää liiketoiminnan jatkamiselle, ja sen kannattavuutta tulee arvioida pitkällä tähtäimellä. (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Robotisoinnin kannattavuudesta -luku). Kannattavuuteen vaikuttavat useat eri asiat, joita voi olla vaikea arvioida tai ennakoita. Näitä asioita voivat olla työvoiman saatavuus, prosessin tarkkuus ja tuotantokapasiteetti ja kysyntä sekä työturvallisuuden vaatimukset. Joskus robotisointi ei ole välttämätöntä, vaan sille voi olla muita vaihtoehtoja, kuten lisätyöntekijöiden palkkaus. Robotisoinnin kannattavuuden laskenta ei ole suoraviivaista, vaan siihen vaikuttavat monet eri tekijät. Esimerkiksi robotti suorittaa hitsaustehtävän samaan aikaan kuin ihmistyöntekijä, mutta robotti voi siirtää osan paljon nopeammin. Yhteenvetona, robotisoinnin kannattavuuden arviointi on monimutkainen prosessi, joka vaatii kattavaa analyysia ja strategista suunnittelua. Se voi tarjota merkittäviä etuja, mutta vaatii huolellista harkintaa ja pitkän aikavälin tarkkailua.

### **4.2.1 Robotisoidun konepalvelun hyödyt**

Robotisoidun konepalvelun käyttö tuo merkittäviä etuja, kuten lastaus- ja purkuajan vähentämisen, mikä lyhentää osan kiertoaikaa eli aikaa, joka menee yhden kappaleen valmistukseen (Ferkova, 2021). Tämän seurauksena robotit kykenevät valmistamaan enemmän osia kuin ihmistyöntekijät. Robotit pystyvät työskentelemään niin kauan kun on tarpeen, jopa 24 tuntia vuorokaudessa viikon jokaisena päivänä, kunhan ne saavat tarvittavat raaka-aineet ja purkutilan. Pitkällä aikavälillä pienet säästöt kasvavat isoiksi.

Konepalveluiden robotisoinnin avulla voidaan myös pienentää materiaalin ja energian kulutusta prosessien optimoinnin avulla (Standard bots, 2023).

Robotit kykenevät toistamaan saman tehtävän toistuvasti täsmälleen samalla tavalla (Ferkova, 2021). Robottien käyttö auttaa pienentämään ihmisten tekemien virheitä, lisäten tuotantoprosessin tarkkuutta ja parantaen näin tuotteiden yleistä laatua. Konepalveluihin voi myös konenäön tai sensoreiden avulla yhdistää automaattisen laadun tarkkailun, jolloin viralliset tuotteet saadaan poistettua linjastolta nopeasti (Standard bots, 2023). Hyvin suunnitellussa robottisolussa robotti voidaan myös asettaa niin, että se yltää useaan eri koneeseen ja pystyy käyttämään niitä yhtä aikaa (Ferkova, 2021). Robotit voivat myös suorittaa useita eri toimintoja työkierron aikana, kuten tuotteen viimeistelyn, ja niiden on helppo vaihtaa tuotteesta toiseen.

Monesti konepalvelutehtäviä tehdään ympäristöissä, jotka eivät ole täysin turvallisia ihmisille. Näistä ympäristöistä voi seurata vakavia terveysvaikutuksia työntekijöille, mikä voi tulla kalliiksi yritykselle (Ferkova, 2021). Nykyaikaiset robotit voivat työskennellä vaikeissa olosuhteissa, kuten äärimmäisissä lämpötiloissa, pölyisissä tiloissa sekä vaarallisen jätteen seassa. Robotit vähentävät myös kroonisia terveysriskejä tekemällä kaikki fyysisesti vaativat työt ihmisten puolesta (IFR, 2018, s. 3)

#### **4.2.2 Robotisoidun konepalvelun haasteet**

Robotisoinnin haasteet liittyvät pääasiassa investointikustannuksiin, järjestelmän yhteensopivuuteen, koulutustarpeisiin ja tuotannon muutoksiin. Konepalveluiden robotisoimiseksi joudutaan tekemään erilaisia investointeja (Standard bots, 2023). Tehtävään sopivien robottien, työkalujen ja ohjelmistojen hankinnan lisäksi pitää ottaa huomioon työntekijöiden koulutukseen, järjestelmän ylläpitämiseen sekä päivittämiseen menevät kulut. Kannattavuuslaskenta on siksi tärkeä tehdä, jotta nähdään, onko robotisointi kannattavaa.

Konepalveluiden robotisointi voi olla hankalaa, koska uudet laitteet ei välttämättä ole yhteensopiva vanhojen laitteiden kanssa (Standard bots, 2023). Järjestelmää joudutaan todennäköisesti muokkaamaan jonkin verran, jotta se saadaan toimimaan, mikä vie aikaa ja rahaa. Uuden konepalvelusovelluksen käyttöönotto voi myös vaikuttaa muihin tuotannon

osa-alueisiin, joten tuotannon koko toimintaa voidaan joutua muuttamaan merkittävästi. Tämä voi aiheuttaa häiriöitä tuotannossa ja vaatia aikaa uusien prosessien ja käytäntöjen kehittämiseen. Tämän lisäksi työntekijät pitää opettaa käyttämään uutta järjestelmää ja järjestelmän turvallisuusvaatimukset voivat muuttua.

## 5 ROBOTTIEN OHJELMOINTI

Ohjelmoinnin päätehtävä on saada robotti kulkemaan oikeaan paikkaan ja aikaan oikealla liiketyypillä (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Robottien ohjelmointi -luku). Ohjelmoinnin tärkeimmät tehtävät ovat:

- Toimintajärjestyksen ja logiikan laatiminen robottikäsivarren liikkeille työkalun liikkeiden toteuttamiseksi.
- Käsivarren liikkeiden tahdistaminen ympäristön signaaleihin tai muihin laitteisiin tarvittavien tietojen välittäminen
- Robotin toiminnan määrittely virhetilanteessa

Robottimerkeillä on omat ohjelmointikielensä, jotka yleensä perustuvat perinteisiin ohjelmointikieliin kuten Basic-, Pascal- tai C-kieleen (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Robottien ohjelmointi -luku). Oheislaitteiden lisääntyessä robotit ovat alkaneet tukemaan myös muita ulkoisten järjestelmien käyttämiä käskyjä sekä Python- ja C++-kieliä. Nykyään robotteja ohjelmoidaan yhä useammin lohko-ohjelmoinnilla, jossa eri toimintoja voidaan raahata halutulle paikalle ohjelmaa (mts. Lohko-ohjelmointi-luku). Robotti osaa lopuksi kääntää ohjelman sen omalle ohjelmointikielelle.

Robotin ohjelmassa on pääohjelma sekä useita aliohjelmia (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Ohjelmistorakenne/aliohjelmat -luku). Pääohjelman tulee olla niin selkeä, niin että sitä luettaessa voi päätellä robotin tehtävät sekä työkierron. Selkeyden vuoksi pääohjelman tulisi sisältää vain ohjelman suoritusta kontrolloivia ehtolauseita ja niiden sisällä kutsuttuja aliohjelmia. Liikekäskyjen ja muiden tarkempien komentojen tulisi aina sijaita aliohjelmien alla. Aliohjelmat sisältävät varsinaiset liikekäskyt ja muut toiminnot, jotka robotin tulee suorittaa. Robotilla usein toistuvat asiat ja soluissa samoina pysyvät toiminnot ohjelmoidaan omiksi aliohjelmikseen, jotka ovat keskenään samanarvoisia. Tämä tehdään koodin selkeyden vuoksi. Nykyään roboteille on myös lisääntynyt ohjelmien moniajo (mts. Ohjelman suoritus -luku). Moniajossa robotille voidaan ohjelmoida taustaohjelmia, jotka ovat käynnissä pääohjelman rinnalla tai jopa ilman sitä.

## 5.1 Ohjelmointitavat

Robotin ohjelmointitavan valinta riippuu pitkälti käytettävästä robotista ja siitä millaiseen tehtävään sitä käytetään (Groover, 2014, s. 226—229). Online-ohjelmointi on nopea tapa ohjelmoida yksinkertaisia tehtäviä ja etäohjelmointi tarjoaa joustavuutta ja mahdollisuuden ohjelmointiin ilman että tuotanto pitää keskeyttää.

Online-ohjelmointi voidaan jakaa kahteen eri menetelmään: johdattamalla ohjelmointiin ja opettamalla ohjelmointiin. Johdattamalla ohjelmoinnissa ohjelmoijan pitää manuaalisesti raahata robottikäsivarsi halutun liikeradan läpi opetusprosessin aikana. Tämä reitti tallennetaan ohjaimen muistiin myöhempää käyttöä varten. Opettamalla ohjelmoinnissa robotin käsivarsi ja työkalu ohjataan haluttuun asentoon ja paikkaan käsiohjaimen avulla ja sitten tämä paikkatieto tallennetaan muistiin. Näiden tietojen avulla kirjoitetaan robotin ohjelma. Online-ohjelmointi on yksinkertainen ja helppo ohjelmointitapa, kun tehtävät ovat helppoja ja ohjelman muokkaus onnistuu paikan päällä. Online-ohjelmointi ei vaadi syvällistä ohjelmointiosaamista, mutta siinä on rajoitetut mahdollisuudet monimutkaisempien logiikkojen ja päätösten tekemiseen. Tuotanto pitää myös pysäyttää ohjelmoinnin ajaksi.

Etäohjelmointi tai offline-ohjelmointi (offline programming, OLP) tarkoittaa robotin ohjelmointia tuotannon ulkopuolella (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Offline- eli etäohjelmointi -luku). Ohjelmointi voidaan tehdä muualla olevalla tietokoneella ja sitä voidaan testata simulointityökalujen avulla. Näin tuotantoa ei tarvitse pysäyttää. Joskus teollisuudessa tulee myös tilanteita, joissa opettamalla ohjelmointi ei onnistu tilanpuutteen tai turvallisuusriskien takia. Etäohjelmointi vaatii kuitenkin erikoisohjelmistojen hankkimista ja syvällisemmän ohjelmoinnin osaamista, ja simuloitu ympäristö pitää kalibroida oikein todellisen ympäristön kanssa.

## 5.2 Ohjelmien parametrisointi

Parametrisessa ohjelmoinnissa käytetään kiinteiden arvojen sijaan muuttujia tai funktioita (Youngwerth, 2023). Parametrisessa ohjelmoinnissa rakennetaan joustava kaava koneen toimintoja varten. Sen sijaan että ohjelmoitaisiin tarkat toiminnot tai koordinaatit, käyttäjä syöttää koneelle parametrejä, joiden avulla kone laskee tarvittavat toimenpiteet. Tämä mahdollistaa uusien toimintojen lisäämisen järjestelmään ilman että robottia pitää

uudelleenohjelmoida. Tällainen ohjelmointi vähentää ohjelmien määrää silloin kun tuotteet ovat samankaltaisia, mutta eri kokoisia (Suomen robotiikkayhdistys, 2023, Parametrinen ohjelmointi -luku). Parametrinen ohjelmointi tarvitsee kuitenkin tukea käytetyn sovelluksen kehittäjiltä tai muuten sen käyttäminen voi olla monimutkasta tai mahdotonta (Youngwerth, 2023).

## 6 KÄYTTÄJÄYSTÄVÄLLISTEN KÄYTTÖOHJEIDEN SUUNNITTELU

Käyttöohjeet on suunniteltu auttamaan käyttäjää käyttämään tuotetta asianmukaisesti sekä ratkaisemaan ongelmatilanteet helposti (SFS, 2020, s. 9). Ne ovat myös välttämättömiä varmistamaan tuotteen turvallisen käytön sekä täyttämään tuotteen markkinavaatimukset ja lakisääteiset velvoitteet. Tuotteet voivat olla järjestelmiä, palveluja, tavaroita, ohjelmistoja, informaatiota tai niiden yhdistelmiä. Sekava tuoteinformaatio tai ohjeiden riittämättömyys aiheuttaa turhautumista tuotteen käyttäjälle. Puutteellinen informaatio voi myös aiheuttaa vaaran tai monia muita ongelmia.

Hyvän ohjeen merkit (Kauppinen ym., 2010, s. 135) ovat:

- Jäsennys on yhtenäinen ja johdonmukainen
- Kuvatut toimintavaiheet kytkeytyvät suoraan ja yksiselitteisesti toisiinsa
- Lukijalta ei edellytetä ennakkotietoja, joita hänellä ei ole
- Kieli on helposti ymmärrettävää ja siinä ei ole virheitä
- Ei käytetä erikoistermejä, varsinkaan ilman selitystä
- Kuvat ovat selkeitä ja niille on syy olla siinä, missä ne ovat.

### 6.1 Käyttäjäkeskeisyys

Käyttöohjeiden tulee keskittyä käyttäjän tarpeisiin ja auttaa heitä ratkaisemaan ongelmia tai oppimaan uutta (Knott, 2023). On tärkeää, että ohjeet määrittelevät selkeästi tavoitteensa ja pysyvät niissä ilman tarpeetonta laajentumista, jotta käyttäjä löytää tarvitsemansa tiedot helposti.

Kun laaditaan käyttöohjetta pitää ottaa huomioon kohdeyleisöltä vaadittavat taidot ja tehtävät (SFS, 2020, s. 23). Kohdeyleisöjä voi olla useita, mukaan luettuna tuotteen käyttäjät, asentajat, teknikot, järjestelmänvalvojat, operaattorit ja muut, jotka työskentelevät tuotteen kanssa. Jokainen kohdeyleisö on määriteltävä. Eri kohdeyleisöillä on erilaiset luku- ja käytötavat ja heidän pitää helposti pystyä löytämään haluamansa asiakohdat. Jos tuotteesta on saatavilla lisätietoa, pitää käyttäjän kyetä löytämään kyseinen lisätieto helposti.

Kohdeyleisön määrittelyssä on otettava huomioon (SFS, 2020, s. 23) seuraavat seikat:

- Kohdeyleisön tausta, kokemus ja koulutus
- Kohdeyleisön kieli
- Tehtävät
- Työympäristö
- Käytettävissä olevat työkalut
- Informaation pääsykeinot.

## 6.2 Rakenne

Käyttöohjeissa on käytettävä johdonmukaista terminologiaa (SFS, 2020, s. 43). Jos kohdeyleisölle tuntemattomien kirjainsanojen, lyhenteiden ja teknisten termien käyttöä ei voi välttää, käyttöohjeessa pitää luetella ja selittää niiden merkitys. Käyttöohje on myös jäseneltävä niin että edistetään sen käytettävyyttä ja ymmärrettävyyttä. Käyttöohjeessa kuuluu olla soveltuvien ominaisuuksia, joiden avulla mahdollistetaan helppo haku, kätevä navigointi sekä ohjeiden yksiselitteinen ymmärtäminen. Monimutkaiset ja pitkät ohjeet tulisi jakaa käytännöllisiin osiin ja varmistaa niiden johdonmukainen rakenne.

Käyttöohjeen rakenne olisi hyvä jakaa ennalta määriteltyihin informaatiolajeihin, kuten (SFS, 2020, s. 9):

- Viiteinformaatioon. Viiteinformaatio on yksityiskohtaista informaatiota, joka on tarpeen noutaa toisinaan, kuten vianetsintä, käskyt ja koodit.
- Käsitteellinen informaatio. käsitteellinen informaatio sisältää käsitteitä, selityksiä ja kuvauksia, joita kohdeyleisö tarvitsee tehtävien suorittamiseen ymmärtäen niiden tarkoituksen ja tuetun tuotteen toimintaperiaatteet.
- Opastavaan informaation. Opastavassa informaatiossa on menettelytavat ja tehtäväsuuntaiset vaiheittaiset ohjeet

## 6.3 Visuaalinen suunnittelu

Käyttöohjeiden laatimisessa on olennaista hyödyntää visuaalisia elementtejä (Knott, 2023). Kuvat, videot ja kuviot auttavat merkittävästi käyttäjää sisäistämään asioita

paremmin kuin pelkkä teksti. Jonkin asian toiminnan näkeminen auttaa monesti enemmän kuin siitä lukeminen. Lukijan on vaikea lukea suurta määrää tekstiä kerralla, joten visuaaliset elementit rikkovat tekstiä hyvin. Erityisesti silloin, kun käyttäjä ei välttämättä hallitse ohjeessa käytettyä kieltä täysin, visuaaliset elementit ovat avainasemassa (Kauppinen ym., 2010, s. 135). Visuaaliset elementit tulee suunnitella siten, että ne ovat loogisia ja helposti ymmärrettäviä, ja ne tulee sijoittaa liittyvän tekstin läheisyyteen ilman tarpeetonta informaatiota.

Värejä käytettäessä niiden rooli on tukea huomion kiinnittämistä, eikä niitä tule käyttää turhaan. Tekstin ja muiden merkintöjen, kuten turvallisuusmerkkien, kuvatunnusten ja piirrosmerkkien, pitää olla helposti luettavissa (SFS, 2020, s. 53). Tekstin korostamiskeinoja, kuten lihavoitua, alleviivausta sekä kursivointia, kuuluu käyttää säästeliäästi, jotta tekstin luettavuus ei kärsisi.

#### **6.4 Selkeys ja yksinkertaisuus**

Käyttöohjeiden on oltava selkeitä ja yksinkertaisia, sillä liian sekava tai puutteellinen ohjeistus voi johtaa käyttäjän turhautumiseen ja jopa vaaratilanteisiin (SFS, 2020, s. 9). Käyttöohjeissa pitää seurata minimalismia (SFS, 2020, s. 20–21). Minimalismi on lähestymistapa, joka sisältää olennaisen tärkeän informaatio sekä pienemmän määrän muuta informaatioita, joiden avulla käyttöohjeet ovat perusteellisia. Liiallinen dokumentaatio estää käyttäjää löytämästä tarvittavan informaation nopeasti ja ymmärtämään miten tuotetta käytetään sen perustehtävissä.

Käyttöohjeen pitäisi olla mahdollisimman lyhyt ja yksinkertainen jotta se olisi selkeä eikä hämmäntäisi lukijaa (Knott, 2023). Ohjeiden on oltava ymmärrettäviä kaikille käyttäjille, ja niiden tulee säilyttää yhtenäinen tyyli koko dokumentin ajan. Monimutkaisten sanojen ja lauseiden, samaa tarkoittavien sanojen, täytesanojen ja liian teknisten termien käyttöä on suositeltavaa välttää. Käyttöohjeen kirjoitustyylin pitää olla oikeanlainen, jotta sitä olisi helppo ymmärtää. Ohjeissa tulisi käyttää imperatiivia ja aktiivimuotoa sekä puhutella käyttäjää suoraan, jotta käyttäjä ymmärtää selkeästi, milloin ja mitä hänen tulee tehdä. Ohjeen tulee olla tarkka ja yksiselitteinen, jotta käyttäjä ei joudu arvailemaan ohjeen tarkoitusta.

## 7 ROBOTISOLUN KOKOONPANO

Työssä käytetty järjestelmä rakennettiin pääosin yrityksen tiloissa. Robottisolun sisältää Kassow KR810 -robottikäsivarren, liukutasoja, tarttujan, paikoitustason, Mori Seiki SL-253BMC/500 -sorvin, oven avaavan sylinterin sekä lavan, jolle valmiit tuotteet lastataan. Robotti integroitiin sorviin ja oven ohjaavaan sylinteriin vasta asiakkaan tiloissa.

### 7.1 Kassow KR810 -yhteistyörobotti

Työssä käytettiin Kassow KR810 -yhteistyörobottia, jonka asiakas oli aiemmin ostanut (kuva 1). Asiakas aikoi itse tehdä robotilla jotain, mutta robotti päättyi käyttämättömänä varastoon. Kassow KR810 on suunniteltu erityisesti yhteistyökäyttöön (Kassow robots, i.a. -a; Kassow robots, i.a. -b). KR810 koostuu robottikäsivarresta, ohjainkaapista, käsiohjaimesta sekä kaapeleista, jotka yhdistävät ne. Robottikäsivarsi on seitsemän akselinen ja näitä akseleita liikutetaan servomooottoreilla. Seitsemäs akseli lisää robotin liikkuvuutta ja mahdollistaa monimutkaisempien tehtävien tekemisen. Robotin enimmäisulottuvuus on 850 mm ja maksimikantokyky on 10 kg. Robotin nivelet kaksi ja neljä kykenevät kääntymään 180 astetta ja loput nivelet kääntyvät 360 astetta, jopa kulmanopeudella 255 astetta sekunnissa.

Robotin ohjauskaappi sisältää 48 voltin virtalähteen, tietokoneen robottiliikkeiden ohjaamiseen, I/O-kortin, releet, liittimet pistorasialle, robottikäsivarrelle ja käsiohjaimelle sekä turvallisuuskytkimet ja hätäpysäytyspainikkeet (Kassow robots, 2023, s. 22–23).



Kuva 1. Kassow KR810 -yhteistyörobotti (Kassow robots, i.a. -a).

## 7.2 Käsiohjain

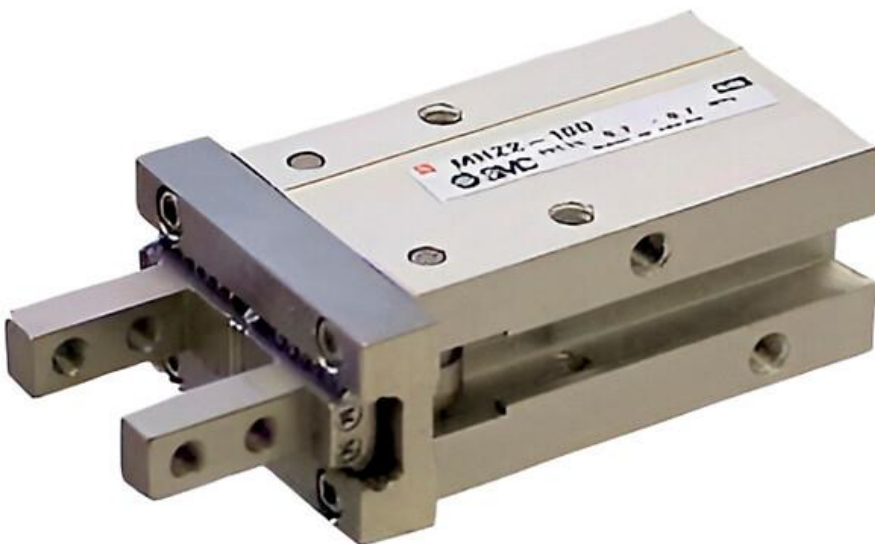
Robotin ohjelmointiin käytetään sen käsiohjainta (kuva 2). Käsiohjain mahdollistaa käyttäjän robottijärjestelmän ohjelmoinnin (Kassow robots, 2023, s. 23). Käsiohjaimessa on kaksi painiketta, joilla robotin liikkeitä voidaan ohjata vetämällä, sekä hätäseis- ja suojauspysäytyskytkimet. Lisäksi siinä on painike, jolla voidaan aloittaa ja pysäyttää toiminto sekä säätää robotin tilaa. Käsiohjain on tablettimallinen ja sen käyttöliittymä perustuu Android-käyttöjärjestelmään. Kosketusnäyttö on jaettu kahteen osaan, mikä helpottaa käyttöä. Ohjelmoinnissa käytetään lohko-ohjelmointia, mutta siinä on myös mahdollista kirjoittaa omaa ohjelmakoodia tekstieditoriin C++-kielellä.



Kuva 2. Robotin käsiohjain.

### 7.3 Tarttuja

Aihoiden poimintaan käytetään SMC:n pneumaattista lineaaritarttuja MHZ2-40D (kuva 3). Tarttujan tartuntavoima on 254 N ja iskunpituus 30 mm (SMC, i.a.). Tarttujaan tarvitaan paineilmaa, jota syötetään SMC SY3220-5LOU-C4-Q -venttiililtä. Lisäksi tarttujaan on asennettu kaksi SMC D-M9PW -puolijohdetunnistinta, jotka ilmoittavat, onko tarttuja auki vai suljettu. Itse kappaleen poimintaan käytettiin valmiiksi 3D-tulostettuja leukoja.



Kuva 3. Lineaaritarttuja MHZ2-40D (Etra, i.a).

## 7.4 Liukutaso ja paikoitustaso

Robotti hakee aihiot liukutasoilta, jollaista toimeksiantaja on käyttänyt muissakin projekteissa (kuva 4). Kehikossa on neljä liukutasoa, joilta aihiot voidaan hakea. Liukutason kokoa voidaan säätää ja ne voidaan lukita sopimaan tietyn pituisille aihioille. Liukutasoon yhdistettiin myös valmiina ollut paikoitustaso (kuva 5). Robotin käyttäjä voi ennen ohjelman ajoa valita, käytetäänkö aihiot paikoitustasolla.



Kuva 4. Liukutaso.

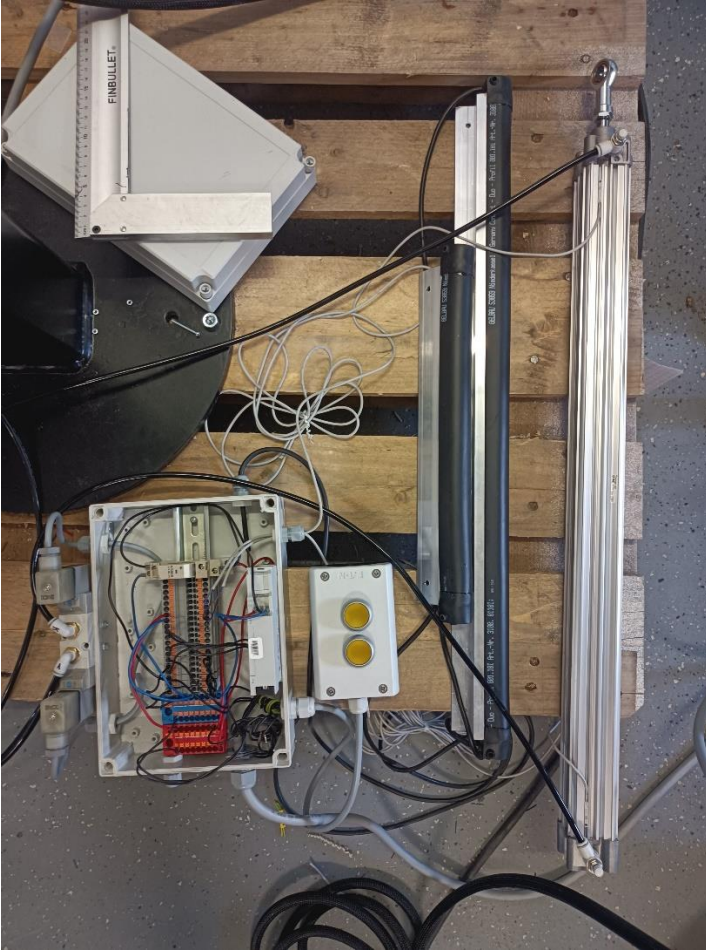


Kuva 5. Paikoitustaso.

## 7.5 Ovi, turvareunukset sekä sorvi

Kuvassa 6 on oikeassa reunassa oven avaamiseen käytetty SMC CP96SDB32-600C kaksoitoiminen sylinteri. Sylinterin sisähalkaisija 32 mm ja iskunpituus on 600 mm.

Jotta oven automaattinen sulkeutuminen ei aiheuttaisi vaaratilanteita, asennettiin siinä turvareunuksia. Turvareunuksella varmistetaan, että ovi ei pääse sulkeutumaan, jos jotain on sen välissä. Käytetty turvareunus on Gelbaun Contact-Duo 3100.0110I (kuva 6). Turvareunuksessa kulkee tietty määrä virtaa, joka määräytyy 8,2 kilo-ohmin vastuksen mukaan (Gelbau GmbH & Co. KG, i.a.). Mekaaninen paine, joka syntyy turvareunusta koskettaessa, laskee vastuksen 5,5 kilo-ohmiin. Jos turvareunuksessa on vika, kuten katkennut kaapeli, nousee vastus 11,5 kilo-ohmiin. Vastuksen muuttuminen aiheuttaa virran muutoksen, jolloin turvareleet katkaisevat virtapiirin avaten sorvin oven.



Kuva 6. Turvareunukset ja sylinteri.

Sorvi, johon robotti yhdistetään, on Mori seiki SL-253BMC/500, jossa käytetään Fanuc 18i-MB -ohjausta.

## 7.6 Kohdekappaleet

Robottisolussa valmistetaan sorvilla valmiita kappaleita metallisista putkiaihiosta, jotka voivat olla eripituisia ja erikokoisia halkaisijoiltaan. Koska asiakkaalta ei ollut mahdollista saada oikeita putkiaihiota testaukseen, käytettiin testauksen aikana tilalla PVC-muoviputkia.

## 8 TYÖN TOTEUTUS

Työssä robotisoitava konepalvelu on ollut ihmistyöntekijän tekemää. Robotisoimalla kyseisen tehtävän saadaan työntekijä vapaaksi tekemään muita työtehtäviä. Robotisoimalla tehtävän tuotanto tehostuu ja mahdolliset vaaratilanteet vähenevät. Kyseisessä konepalvelutehtävässä aihiot haetaan liukutasolta ja viedään sorviin, jonka jälkeen valmiit kappaleet haetaan sorvista lavalle.

### 8.1 Solun kokoonpano

Työn ensimmäinen tehtävä oli robottisolun kokoonpano. Ensimmäisenä kokoonpantiin itse robotti, jonka jälkeen robottisoluun koottiin liukutasot aihioille. Jotain oli kuitenkin pielessä, sillä liukutason jarrujen ruuvien reiät olivat eri kokoiset kuin reiät levyssä, joille ne piti kiinnittää. Tämän vuoksi reikien paikkaa piti hieman muokata. Kehikon myös pystyi kokoonpanemaan vain tietyllä tavalla ja koska kokoamiselle ei ollut ohjetta, se vaati muutaman yrityksen. Liukutasokehikkojen väliin suunniteltiin myös levyt joilla ne yhdistettiin toisiinsa. Seuraavaksi yhdistettiin robotin tarttujaan pneumatiikkaputket. Tarttujaan asennettiin myös anturit tunnistamaan, onko tarttuja auki vai kiinni. Sorvin oven avaamiseen tarvittava sylinteri ja turvareunukset kytkettiin robottiin valmiiksi ennen solun siirtämistä asiakkaalle ja robotin yhdistämistä sorviin.

### 8.2 Ohjelmointi

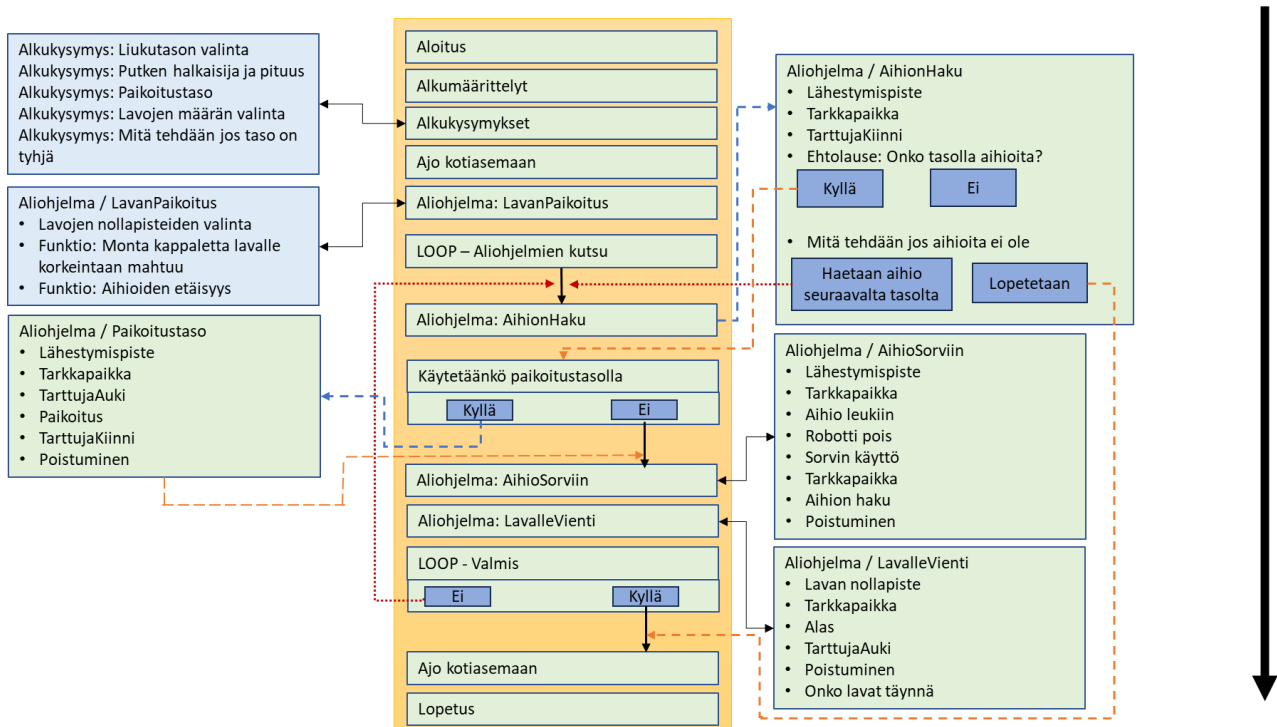
Robotin ohjelmointi toteutettiin Kassowin käsiohjaimella käyttäen online-ohjelmointia. Ohjelmasta haluttiin selkeä ja tehokas, joten sen eri tehtävät jaettiin omiksi aliohjelmikseen. Suurinta osaa aliohjelmista ajetaan pääohjelmassa olevassa Loop-silmukassa. Kassow KR810:ssa robotille voidaan laittaa halutessa kaksi ohjelmaa eli sekvenssiä ajamaan yhtä aikaa. Tässä työssä käytettiin kuitenkin vain yhtä.

Pääohjelma alkaa sillä, että käyttäjältä kysytään tarvittavat tiedot ja parametrit kuten:

- Valittu liukutaso
- Aihion halkaisija ja pituus
- Tieto siitä käytetäänkö aihio paikoitustasolla

- Käytössä olevien lavojen määrä
- Toimenpiteet, jos taso on tyhjä.

Nämä tiedot kysytään vain ohjelman alussa, joten käyttäjää ei tarvita ohjelman työkierron aikana muuten. Halutessaan robotin käyttäjä voi myös ottaa kysymykset pois käytöstä ja kirjoittaa tarvittavat tiedot suoraan ohjelmaan. Pääohjelma sisältää myös aliohjelman, joka laskee lavalle mahtuvien kappaleiden määrän ja aiheiden väliset etäisyydet. Ennen silmukan alkamista robotti siirretään alkuasetelmaan ja varmistetaan, että tarttuja on auki. Kun kaikki on valmista, aloitetaan loop-silmukka. Kuvassa 7 esitetään ohjelman rakennekaavio.



Kuva 7. Ohjelman rakennekaavio.

Seuraavaksi käydään läpi aliohjelmat ja niiden tarkoitukset:

- 1. AihionHaku.** AihionHaku-aliohjelmassa aihio haetaan valitulta liukutasolta. Liukutasolla oikea hakukohta määräytyy aihion pituuden mukaan. Jos liukutaso on tyhjä, robotti siirtyy joko kotiin tai seuraavalle liukutasolle sen mukaan, mitä käyttäjä on valinnut tapahtuvan. Robotti tietää, että taso on tyhjä, jos tarttuja pääsee sulkeutumaan kokonaan. Jos liukutasolla on aihio, tarttuja ei mene kokonaan

kiinni. Aluksi testattiin laittaa anturi tunnistamaan, onko liukutasolla aihioita. Tämän todettiin olevan tarpeetonta, sillä aikaisemmin mainittu keino toimii ja anturit lisäävät kustannuksia.

2. **PaikoitusTaso.** PaikoitusTaso suoritetaan vain, jos käyttäjä valitsee sen pääohjelmassa. Aliohjelmassa aihio viedään paikoitustasolle ja sieltä pois paikoituksen jälkeen. Jos PaikoitusTaso on valittu, robotti tiputtaa aihion tasolle ja hakee sen sitten tietyistä kohtaa, niin että robotti tarttuu kaikkiin aihioihin samasta kohtaa.
3. **AihioSorviin.** AihioSorviin-aliohjelmassa aihio viedään sorvin käsiteltäväksi.
4. **LavalleVienti.** Valmiit kappaleet lastataan yhdelle tai kahdelle lavalle käyttäjän valinnan mukaan. Jos lavat ovat täynnä, ohjelma lopetetaan.

### 8.2.1 Parametrinen ohjelmointi

Parametrisessa ohjelmoinnissa ohjelman muuttujat määritellään käyttäjän antamien arvojen perusteella. Parametristä ohjelmointia käytettiin, koska putkiaihioita on monen kokoisia. Ohjelman alussa käyttäjältä kysytään putkiaihion pituus ja halkaisija, ja nämä arvot asetetaan muuttujiksi. Näiden muuttujien avulla ohjelma osaa mukautua automaattisesti erikokoisille putkiaihioille ilman, että ohjelmakoodia tarvitsee muokata manuaalisesti jokaista eri aihiota varten.

Kun putkiaihion pituus ja halkaisija on annettu, ohjelma laskee näiden perusteella oikeat paikat, mistä putkiaihiot haetaan, mihin kohtaan paikoitustasoa ne asetetaan, miten ne viedään sorviin ja mihin valmiit kappaleet sijoitetaan lavalla. Kaikki tarvittavat etäisyydet, nostokorkeudet ja välimatkat lasketaan annettujen mittojen perusteella. Tämä tekee ohjelmasta joustavan ja tehokkaan, sillä se voi automaattisesti mukautua erilaisten putkiaihoiden käsittelyyn ilman lisätyötä käyttäjältä.

### 8.2.2 Koordinaattien ohjelmointi

Valmiit kappaleet lastataan lavalle vierekkäin. Yleensä tämä on helppo ohjelmoida niin että robotti vain liikkuu tietyn verran joka kerta. Lopulliseen työhön lavojen nollapisteiden valintaa ei jätetty vaan ne laitetaan suoraan ohjelmaan. Jos käyttäjä määrittelee lavojen nollapisteen ohjelman alussa, tulee ohjelmasta monimutkaisempi. Kassow on sen verran uusi

yrittäjä alalla, että sen tuotteiden käyttöön ei löydy paljon apuja esim. netin keskustelupalstoilta. Ohjelmoija tai käyttäjä joutuu siis melko paljon vain kokeilemaan ja etsimään ratkaisuja ongelmiin itse. Työssä testattiin eri keinoja koordinaattien käyttämiseen muuttujien avulla.

Kassowin ohjelmointiympäristössä koordinaatteihin ei voi suoraan käyttää muuttujia, ja vaikka muuttujat saisikin laitettua koordinaatteihin ohjelmoinnin avulla, ei niitä pysty käyttämään normaalisti, koska robotti ei osaa laskea sopivia nivelkonfigurointeja. Ilman nivelkonfigurointia robotti ei pysty ajamaan nivelliikettä. Lineaariliike toimii ilman nivelkonfigurointeja. Työssä liike ei kuitenkaan onnistunut testatulla tavalla, vaan robotti jatkoi liikettä loputtomasti, kunnes se ei enää pystynyt liikkumaan. Robotti ei tiennyt, miten se pääsisi oikeaan paikkaan, koska se ei osannut laskea parasta reittiä ilman nivelkonfiguraatiota. Ongelmaan mietittiin useita eri ratkaisuja. Ratkaisuksi mietittiin myös sitä, että ohjelma laskisi C-kieltä käyttäen kaikkien paikkojen nivelkonfiguroinnit, mutta koska käänteisen kinematiikan laskeminen voi olla todella monimutkaista ja sen ohjelmointi käsiohjaimella olisi ollut epäkäytännöllistä ja aikaa vievää, niin tätä ratkaisua ei tehty. Robotin KR810 -käsiohjainta ei ole suunniteltu käytettäväksi kehittyneemmissä ja monimutkaisemmissa ohjelmointiratkaisuissa. Monesti yksinkertaisin ratkaisu on paras, ja lopullisessa ratkaisussa käytettiin yksinkertaista if-else-rakennetta. Jokaiselle koordinaatille oli oma silmukkansa ja jokaisessa silmukassa koordinaattiin lisättiin yksi millimetri tai vähennettiin yksi millimetri TF-funktion avulla, kunnes haluttu arvo saavutettiin. Tämän jälkeen robotti saatiin siirrettyä lineaariliikkeellä haluttuun paikkaan.

Työn lopullisessa versiossa nollapisteiden koordinaatit laitettiin ohjelmaan valmiiksi. Robotti siis tietää, mihin kohtaan ensimmäinen kappale pitää laskea ja tämän jälkeen robotti osaa laskea seuraavan kappaleen kohdan kappaleiden halkaisijan avulla.

### 8.3 Testi

Sovelluksen toimintaa testattiin yrityksen tiloissa, ennen kuin se otetaan käyttöön asiakkaalla. Koska robotti liitetään sorviin vasta asiakkaan tiloissa, piti koko sovelluksen toimintaa simuloida muilla tavoilla. Testausta varten rakennettiin I/O-rasia, joka simuloi sorvin toimintaa (kuva 8). Testauksessa ei myöskään pystytty käyttämään asiakkaan oikeita

kohdekappaleita, joten niiden tilalla käytettiin muoviputkia. Tämä pitää huomioida myöhemmin oikeassa käyttöönotossa, koska muoviputket ovat kevyempiä kuin metalliaihiot.



Kuva 8. Testaukseen käytetty I/O-rasia sekä muoviset putkiaihiot.

#### 8.4 Käyttäjätavallisen käyttöohjeen laadinta

Asiakkaalle laadittiin myös käyttöohje, jonka avulla työntekijöiden on helppo opetella robotin ja koko robottisovelluksen käyttö. Yrityksellä on valmiina pohja, jolle käyttöohje laadittiin käyttäen apuna teoriaosuudessa tutkittua käyttöohjeen laadintaa. Käyttöohjeessa kerrotaan käyttäjälle tarvittava tieto robottisolun turvalliseen ja helppoon käyttöön.

Käyttöohje tehtiin käyttämällä PowerPoint-sovellusta. Käyttöohjeessa on sisällysluettelo, jotta käyttäjän on helpompi löytää tarvitsemansa. Käyttöohjeessa esitellään ensin robottisolun pääkomponentit, jonka jälkeen käydään läpi käsiohjain ja sen toiminnot. Seuraavaksi neuvotaan, miten ohjelma suoritetaan. Käyttöohjeeseen on myös lisätty ohjelman rakennekaavio, I/O-luettelo sekä luettelo muuttujista. Lisäksi käyttöohjeessa neuvotaan, miten pitää toimia yleisempien häiriötilanteiden sattuessa ja mistä saa lisäapua tarvittaessa. Käyttöohje perustuu pitkälti kuviin ja niiden selityksiin. Kuvat auttavat käyttäjää hahmottamaan, mitä ohjeessa käydään läpi.

## 8.5 Käyttöönotto

Käyttöönottoa ei työn tekemisen aikana ehditty tekemään, mutta käyttöohjeen tekemistä varten laadittiin I/O-luettelo, luettelo muuttujista sekä hieman ohjeita asioista, jotka käyttöönotossa tulisi huomioida. Käyttöönotossa robottisolun asennetaan paikoilleen ja robotti yhdistetään sorviin. Käyttöönotossa joudutaan muuttamaan joidenkin koordinaattien paikkoja ja liikkeiden pituuksia, koska testiympäristö poikkeaa hieman lopullisesta käyttöympäristöstä. Tämän vuoksi ohjelmaa voidaan joutua muokkaamaan. Lisäksi käyttäjille opetetaan ohjelman ajaminen ja käyttö.

## 9 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella robottisolu, joka automatisoi putkiaihioiden lastauksen sorviin ja valmiiden tuotteiden lastauksen sorvilta lavalle. Työn tavoitteet saatiin toteutettua käyttöönottoa lukuun ottamatta.

Työ aloitettiin tutustumalla siinä tarvittavaan teoriaan. Teoriaan tutustumisen jälkeen robotisolu koottiin sorvia lukuun ottamatta. Sorvi lisätään soluun vasta käyttöönoton yhteydessä. Solun kokoaminen onnistui lähes ongelmitta. Ensimmäinen ongelma oli se, että liukutason ruuvien reiät eivät sopineet yhteen liukutason lukituksen ruuvien reikien kanssa. Tämä oli helppo korjata poraamalla uudet reiät vanhojen viereen. Toinen ongelma oli liukutason kehikon kokoamisessa, joka oli hieman hankalaa. Kehikko pitäisi suunnitella helpokäyttöisemmäksi tulevaisuutta varten.

Robotin ohjelmointi onnistui tavoitteen mukaisesti. Muutamia ongelmia oli, mutta ne saatiin kaikki ratkaistua. Koska Kassow on suhteellisen uusi ja pieni toimija alalla, on sen robottien online-ohjelmoinnissa vielä kehittämisen kohteita. Kassowin käsiohjain on melko rajoitettu ja sen käyttämiseen ei löydy kunnon apua netistä, koska se ei ole vielä niin tunnettu.

Sorvin oven ohjaus onnistui tavoitteen mukaisesti ja turvalaite saatiin toimimaan, kuten sen kuuluukin toimia. Työlle saatiin myös tehtyä käyttöohje sekä ohjelman rakennekaavio asiakasta varten. Käyttöohje menee asiakkaalle heti käyttöön. Käyttöönottoa ei ehditty tekemään opinnäytetyöprosessin aikana, mutta sitä varten tehtiin ohjeet.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja siinä riitti haasteita varsinkin ohjelmoinnissa. Työtä tehdessä oppi todella paljon robotteihin keskittyvästä automaatioinsinöörin työstä. Opinnäytetyöprosessin aikana oppi myös, mitä kaikkea tulee huomioida, priorisoida sekä tehdä kun asioita tai palveluita automatisoidaan.

## LÄHTEET

- Bhatt, D. (27.8.2021). *Why machine-tending robot?* Diy robotics. <https://diy-robotics.com/blog/why-a-machine-tending-robot/>
- Bernier, C. (8.6.2023). *Machine loading robots: Enhancing your machines potential.* Howtorobot. <https://howtorobot.com/expert-insight/machine-loading-robots>
- Etra. (i.a). Lineaaritarttuja MHZ2-40D. <https://www.etra.fi/fi/lineaaritarttuja-mhz2-40d-10420009144>
- Gelbau GmbH & Co. KG. (i.a.) *Datasheet 3100.0110I.* [https://www.gelbau.com/fileadmin/user\\_upload/datasheet-contact-duo-profile-3100-0110i-en.pdf](https://www.gelbau.com/fileadmin/user_upload/datasheet-contact-duo-profile-3100-0110i-en.pdf)
- Groover, M. P. (2014). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4. p.). Harlow.
- Inbolt. (2.4.2024). *Industrial robots vs cobots.* <https://www.inbolt.com/resources/industrial-robots-vs-cobots>
- International federation of robotics (IFR). (10.2020). *How connected robots are transforming manufacturing.* [https://ifr.org/downloads/hidden/Information Paper How Robots are Transforming Manufacturing V01.pdf?utm\\_source=CleverReach&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Paper+Download&utm\\_content=Mailing\\_12323895](https://ifr.org/downloads/hidden/Information Paper How Robots are Transforming Manufacturing V01.pdf?utm_source=CleverReach&utm_medium=email&utm_campaign=Paper+Download&utm_content=Mailing_12323895)
- International federation of robotics (IFR). (3.2018). *Robots and the workplace of the future.* [https://ifr.org/downloads/hidden/IFR Robots and the Workplace of the Future Positioning Paper V01.pdf?utm\\_source=CleverReach&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Paper+Download&utm\\_content=Mailing\\_12323895](https://ifr.org/downloads/hidden/IFR Robots and the Workplace of the Future Positioning Paper V01.pdf?utm_source=CleverReach&utm_medium=email&utm_campaign=Paper+Download&utm_content=Mailing_12323895)
- International Organization for Standardization (ISO). (04.02.2016). *Robots and robotic devices: Collaborative robots (ISO/TS 15066:2016)*
- Ferkova, A. (22.7.2021). *What is machine tending.* <https://www.photoneo.com/what-is-machine-tending/>
- Jhfoster. (i.a.-a). *Machine tending robots.* <https://jhfoster.com/products/robotics/machining-robot/>
- Jhfoster. (i.a.-b). *The differences between collaborative and industrial robots.* <https://jhfoster.com/automation-blogs/the-differences-between-collaborative-and-industrial-robots/>

- Jhfoster. (i.a.-c). *What can machine tending robots do?* <https://jhfoster.com/automation-blogs/what-can-machine-tending-robots-do/>
- Kadir, B. A., Broberg O., & Souza da Conceição C. (2018). *Designing human-robot collaborations in industry 4.0: Explorative case studies*. DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference, s, 601—610.
- Kassow robots. (i.a.-a). *7-axis collaborative robot arm: A range of products that adapt to any situation*. <https://www.kassowrobots.com/products/7-axis-collaborative-robot-arm-kr-series>
- Kassow robots. (i.a. -b). *Collaborative robots*. <https://www.kassowrobots.com/collaborative-robots>.
- Kassow robots. (25.10.2023). *Instruction manual (0246)*. [https://assets-global.website-files.com/63d5486d54f67c178c365547/65801a425b17e17950fb9342\\_3.0%20generation%20%20english%20manual%20chloe.pdf](https://assets-global.website-files.com/63d5486d54f67c178c365547/65801a425b17e17950fb9342_3.0%20generation%20%20english%20manual%20chloe.pdf)
- Kauppinen, A., Nummi, J., & Savola, T. (2010). *Tekniikan viestintä: kirjoittamisen ja puhumisen käsikirja* (10. p.). Edita Prima.
- Knott. (23.1.2023). *How to build the best user manual*. <https://www.techsmith.com/blog/user-documentation/>
- Niku, S. B. (2020). *Introduction to robotics: analysis, control, applications* (3. P.). Wiley.
- Robia. (i.a.). Robia.fi. <https://www.robia.fi/>
- Robotiq. (2018). *Getting started with collaborative robots. Part II: Shopping for a robot*.
- Salvendy, G. (2012). *Handbook of human factors and ergonomics* (4. p.) Wiley
- SMC. (i.a.). SMC pneumatics.com. [SMC MHZ2-40D gripper, MHZ2 GRIPPER, PARALLEL-MHZ2-40D \(smcpneumatics.com\)](https://www.smcpneumatics.com/SMC-MHZ2-40D-gripper-MHZ2-GRIPPER-PARALLEL-MHZ2-40D)
- Standard bots. (25.10.2023). *What is a machine tending robot? The easy guide*. <https://standardbots.com/blog/what-is-robotic-machine-tending-a-comprehensive-guide>
- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (i.a). *Mitä standardi tarkoittaa?* [https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/?gad\\_source=1&qclid=Cj0KCQjw3tCyBhDBARIsAEY0XNIq0ovZIYI7067eBqGMOtKX9tDkLX\\_YiJQc9eYDGowGevoy2VliYO0aAn45EALw\\_wcB](https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/?gad_source=1&qclid=Cj0KCQjw3tCyBhDBARIsAEY0XNIq0ovZIYI7067eBqGMOtKX9tDkLX_YiJQc9eYDGowGevoy2VliYO0aAn45EALw_wcB)

- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (20.09.2013). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit; Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 1: Robots* (SFS-EN ISO 10218-1)
- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (12.09.2017). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät; Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Part 2: Robot systems and integration* (SFS-EN ISO 10218-2:2011).
- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (05.05.2020). *Tuotteiden käyttöohjeiden laatiminen. Osa 1: Periaatteet ja yleiset vaatimukset* (SFS-EN IEC/IEEE 82079-1:2020).
- Suomen standardisoimisliitto (SFS). (31.5.2024). *Koneturvallisuuden standardit*. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tietoastandardeista/koneturvallisuudenstandardit.html.stx>
- Suomen robotiikkayhdistys. (2023). *Teollisuuden robotiikka*.
- Tarantino, A. (2022). *Smart manufacturing. The lean six sigma way*. Wiley.
- Universal robots. (10.3.2023). *Guide to machine tending with robots*. <https://www.universal-robots.com/blog/guide-to-machine-tending-with-robots/>
- Vijayalakshmi, S. R., & Muruganand, S. (2020). *Embedded vision. An introduction*. Mercury learning and information.
- Youngwerth, A. (28.9.2023). *Parametric programming vs. teach pendant programming*.
- Weiss, A., Wortmeier, A-K., & Kubicek, B. *Cobots in Industry 4.0: A roadmap for future practice studies on human–robot collaboration*. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 51(4), 335—345