



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sauli Tuuri

Putkenmuovaussolun robotisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Sauli Tuuri

Työn nimi alaotsikoineen: Putkenmuovaussolun robotisointi

Ohjaaja: Jarkko Pakkanen

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 53

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi FennoSteel Oy. FennoSteel Oy on Pohjoismaiden suurin henkilö- ja pakettiautojen sekä työkonoiden pakoputkistojen ja teollisuuden ohutseinäisten teräsputkien valmistaja. Toiminnan kasvaessa FennoSteel haluaa kehittää tuotantoaan tehokkaammaksi ja mahdollisuuksien mukaan automaattisemmaksi.

Toimeksiantaja oli kiinnostunut ruostumattoman teräsputken muotoilusolun robotisoinnista. Muotoilusolussa työn tekee tällä hetkellä ihminen, ja sarjat ovat melko pitkiä, esim. 500 kpl kerralla ja tiettyjä tuotteita tehdään jopa n. 7000 kpl vuodessa. Toimeksiantaja halusi selvittää robotin/cobotin soveltuvuuden työtehtävään.

Työn tavoitteisiin kuului solun toimintojen suunnittelu, ja soveltuvan robotin tai cobotin valinta. Lisäksi tavoitteena oli toteuttaa robotin testaus ja käyttöönotto, mikäli aikaa riittää. Tarkoituksena oli toteuttaa kaikki hankinnat projektin aikana ja saada solu toimintakuntoiseksi. Tarkempaan mekaniikkasuunnitteluun ja laitteistojen rakentamiseen voidaan käyttää ulkopuolista apua, jos se olisi työn rajauksen kannalta tärkeää.

Työn tuloksena saatiin valittua työsoluun sopiva cobotti ja siihen kuuluvat teknologiat. Lisävarusteet valittiin myös sitä ajatellen, että cobot tulisi joskus tekemään muitakin helppoja työrutiineja. Soluun saatiin suoritettua riskiarvio, jonka mukaan solua aletaan kehittää eteenpäin.

¹ Asiasanat: robotiikka, yhteistyö, cobot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Sauli Tuuri

Title of thesis: Robotization of tube molding

Supervisor: Jarkko Pakkanen

Year:2024

Number of pages:53

Number of appendices:1

The client of the thesis was FennoSteel Oy. FennoSteel Oy is the largest manufacturer of cars' vans' and work machines' exhaust systems, and it also makes thin-walled steel pipes for industrial use in the Nordic countries. As operations grow, FennoSteel aims to make their production more efficient and, where possible, more automated.

The client was interested in the robotization of the stainless-steel pipe shaping cell. Currently, the shaping work in the cell is done by people, and the batches are quite large, for example 500 pieces at a time. With certain products the annual production may be even 7,000 pieces. Therefore, the client wanted to investigate the suitability of a robot or cobot for this task.

The goals of the project included designing the cell's operations, selecting a suitable robot or cobot, and testing and commissioning it. The aim was to carry out all necessary acquisitions during the project and get the cell operational. The plan was that external assistance could be used for more detailed mechanical design and equipment construction if necessary for the scope of the work.

As the result of the work, a suitable cobot and related technologies were selected for the work cell. Additional accessories were also chosen with the idea that the cobot might eventually handle also other simple work routines. A risk assessment was completed for the cell, based on which further development of the cell will proceed.

¹ Keywords: robotics, collaboration, cobot

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn tausta	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne	8
1.4 Yritysesittely	9
2 YHTEISTYÖROBOTIIKKA	11
2.1 Miksi yhteistyörobotti.....	11
2.2 Yleistä yhteistyörobotiikasta (Cobot)	11
2.3 Turvallisuus ja standardit yhteistyörobotiikassa	12
2.4 Riksi arviointi	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
2.5 Yhteistyörobotin toiminta yhteistoimintatilassa	14
2.5.1 Valvottu pysäytys	14
2.5.2 Tehon ja voiman rajoittaminen suunnittelun ja/tai valvonnan avulla.....	15
2.5.3 Nopeuden ja etäisyyden valvonta	15
3 ROBOTISOINTI.....	17
3.1 Tarttujat.....	17
3.1.1 Työkalunvaihto/Työkalunvaihtajat	17
3.1.2 Alipainetarttujat	18
3.1.3 Magneettitarttujat	19
3.1.4 Hydrauliset tarttujat	20
3.1.5 Sähkötoimiset tarttujat	20
3.1.6 Pneumaattiset tarttujat	21
4 TURVALLISUUSTEGNOLOGIA.....	23

4.1	Turva-aidat ja kaarihäikäisy suojat	23
4.2	Alueskanneri ja valoverho	24
4.3	Hätäpysäytyspainike	25
5	MUUT TEKNOLOGIAT ROBOTISOINNISSA.....	26
5.1	Robotin ulkoiset akselit.....	26
5.1.1	AMR- ja AGV-robotit	26
5.1.2	Robottiradat	27
5.2	Voima-anturit.....	28
5.3	Konenäkö	29
5.4	Tiedonsiirto.....	30
6	TÖIDEN KARTOITUS	32
6.1	Alkuseelvitys.....	32
6.2	Solun suunnittelu.....	32
6.3	Solun työnkierto.....	34
6.3.1	Tarttujat.....	35
6.3.2	Konenäkö.....	37
6.3.3	Turvalaitteet	37
6.4	Yhteydet	37
6.5	Robottien vertailut	37
6.5.1	UR20 Universal Robots, 20 kg.....	38
6.5.2	Fanuc CRX-20iA/L, 20 kg ja Fanuc CRX-30iA, 25/30 kg.....	41
6.5.3	ABB GoFa CRB 15000 GoFa 10	43
6.6	Cobotin valinta.....	44
6.6.1	Jatkosuunnitelmat	45
7	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	47
	LÄHTEET	48
	LIITTEET	53

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Työkalun vaihtaja (SCHUNK, i.a.b).....	18
Kuva 2. Alipainetarttuja (onrobot, i.a.).....	19
Kuva 3. Pneumaattinen tarttuja (SCHUNK, i.a.a)	22
Kuva 4. Solun Turvalaitteet (Schüppstuhl ym., 2022, s.105)	24
Kuva 5. AGV- ja AMR-mobiilirobotit (MHI WAREHOUSE AUTOMATION, 2023).....	27
Kuva 6. Robottirata/kiskot (HepcoMotion, i.a.).....	28
Kuva 7. Teräsputkien Muotoilukone solussa Tubex IO-S 200 (Wecotech, i.a.)	32
Kuva 8. Robottisolu asettelu	33
Kuva 9. Liikuteltava yhteistyörobottiyksikkö (MTC Flextek, i.a.).....	34
Kuva 10. Työkalun toimintaperiaatteen tarkentava kuva	36
Kuva 11. Muokattu otintyökalu	36
Kuva 12. UR20 Universal Robots (Universal Robots, 2024b).....	39
Kuva 13. EasyPalletizer (EasyRobotics, i.a.).....	40
Kuva 14. GPPH-hitsauspöytä basic 1200x1000 (E.P. Migjako, i.a.)	40
Kuva 15. Fanuc CRX-20iA/L (FANUC, i.a.)	41
Kuva 16. Fanuc teachpendant tablet (FANUC, i.a.).....	42
Kuva 17. GoFa CRB 15000, GoFa 10 (ABB, i.a.a).....	43
Kuva 18. Kahden wecotec työkoneen ja robottien ulottuvuuksien pohjapiirros	45
Kuvio 1. Solun työnkulku.....	35

Taulukko 1. Konenäköjärjestelmän komponentit	29
--	----

Käytetyt termit ja lyhenteet

Cobot	Collaborative robot, yhteistyörobotti, joka tunnetaan myös kumppanirobotin nimellä. Se on robotti, joka on suunniteltu työskentelemään jaetussa tilassa tai siellä, missä ihminen on.
IP-luokka	Valaisimen tai muun sähkölaitteen IP-luokka (engl. International Protection) kertoo laitteen koteloinnin tiiviyyden. Se määrittää laitteen suojauksen mm. pölyä ja vettä vastaan. Erilaiset käyttökohdet vaativat erilaisia IP-luokituksia, esim. kosteissa tiloissa vaaditaan tiiviimpää kotelointia kuin kuivassa tilassa.
Pick&place	Asioiden poimimista yhdestä paikasta ja niiden sijoittamista toiseen.
PLC	PLC tarkoittaa ohjelmoitavaa logiikkaohjainta. PLC on ohjelmoitava tietokonejärjestelmä, jota käytetään ohjaamaan sähkömekaanisia prosesseja, yleensä teollisuuden alalla.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö toimeksiantajana toimii Pohjoismaiden suurin henkilö- ja pakettiautojen sekä työkoneiden pakoputkien ja teollisuuden ohutseinäisten teräsputkien valmistaja FennoSteel Oy. FennoSteel Oy:tä kiinnosti robotin tai cobotin käyttömahdollisuus putken muovaussolussa ja jatkossa myös muissa tulevilla kokoonpano tai käsittelytehtävissä. Yhä useammat yritykset ovat alkaneet investoida robotteihin automatisoidakseen prosesseja ja tuotteiden kokoonpanoja. Automatisoinnin avulla päästään eroon työntekijöille epäsuotuisista työolosta, esim. raskaista, yksinkertaisista ja suurista sarjatuotanto pisteistä, jossa on toistuvia työvaiheita (Universal Robots, i.a.).

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää yhteistyörobotin sopivuus työkoneen kanssa yhteistoimintaan ja tutkia teknologioita ja etsiä sopiva malli ja tarttumat työhön. Ensiselvityksessä tehdään valinta robotin ja cobotin välillä, jotta saadaan sopiva robotti kyseiseen soluun ja jatkossa muihinkin tehtäviin. Tavoitteena on selvittää myös robotisoinnin tulevaisuuden mahdollisuuksia.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyö koostuu seitsemästä luvusta. Työn johdanto (luku 1) käsittelee työn taustan, tavoitteet sekä esittelee työn tilaajana toimivan yrityksen ja sen konsernin.

Teoriaosuus kattaa luvut 2–4. Luvussa 2 paneudutaan yhteistyörobotiikkaan, jossa käsitellään yhteistyörobotteja (Cobotteja), niiden turvallisuusvaatimuksia ja standardeja. Lisäksi tutkitaan riskien arviointia yhteistyörobotiikassa ja tarkastellaan yhteistyörobotin toimintaa yhteistoimintatilanteissa, kuten valvotussa pysäytyksessä, tehon ja voiman rajoittamisessa sekä nopeuden ja etäisyyden valvonnassa. Luvussa 3 keskitytään robotisointiin, erityisesti robotisoituun kokoonpanoon ja siihen liittyviin päätelaitteisiin ja tarttujiin. Luvussa

käsitellään myös erilaisia tarttujatyyppejä, kuten työkalunvaihtajia, alipainetarttuvia, magneetitarttuvia ja hydraulisia tarttuvia.

Luvussa 4 esitetään robotin valinta käytännön sovelluksiin ja tarkastellaan sen suorituskykyä. Tässä tarkastellaan robotin soveltuvuutta eri käyttökohteisiin ja teknologisia valintakriteerejä.

Työn käytännön osuus alkaa luvusta 5, jossa kartoitetaan mahdolliset yhteistyörobottien käyttömahdollisuudet tehtaan osakokoonpanossa. Tämän jälkeen kannattavimpana pidettyä käyttökohdetta analysoidaan tarkemmin ja rakennetaan osittainen prototyyppi, jossa tutkitaan sovelluksen toteutettavuutta.

Luvussa 6 käsitellään robotisoinnin ongelmia ja mahdollisuuksia. Luvussa pohditaan teoriaosuudessa esiteltyjen aiheiden soveltamista käytännössä. Analyysissa käydään läpi robotisoinnin haasteet ja potentiaaliset parannusehdot.

Luvussa 7 esitetään yhteenveto, jossa kootaan työn keskeisimmät havainnot ja johtopäätökset.

1.4 Yritysesittely

Fennosteel Oy on Parkanossa sijaitseva Pohjoismaiden suurin henkilö- ja pakettiautojen sekä työkoneiden pakoputkistojen ja teollisuuden ohutseinäisten teräsputkien valmistaja. (FennoSteel, i.a.). Palveluihin kuuluu myös erikoistuotteiden valmistus suunnittelusta valmistukseen.

Fennosteelin juuret ulottuvat vuoteen 1985, jolloin pakoputkien, äänenvaimentimien ja ohutseinäisten teräsputkien tuotanto käynnistyi (FennoSteel, i.a.). Toiminta alkoi 2000 neliömetsin hallissa ja on sittemmin laajentunut 12000 neliömetrin moderniksi tehtaaksi ja 9000 lavapaikan logistiikkakeskukseksi. Pitkä kokemus antaa Fennosteelille hyvät lähtökohdat ja näkemyksen tehdä oikeita asioita tällä erittäin kilpaillulla alalla.

Fennosteelin asiakkaita ovat eurooppalaiset varaosien tukkukauppiat ja jakeluketjut, komponentti-, ajoneuvo- ja työkonevalmistajat sekä liikenneturvallisuuustuotteiden että rakentamisen ammattilaiset (FennoSteel, i.a.).

2 YHTEISTYÖROBOTIIKKA

2.1 Miksi yhteistyörobotti

Yhteistyörobotit on suunniteltu jakamaan työtila ihmisten kanssa, mikä tekee automatisoinnista helpompaa kuin koskaan ennen kaikenkokoisille yrityksille (Sango Automation, 2021). Seuraavassa esitetään miksi robotin/cobotin hankkimisen kynnyks on nykyä niin alhainen.

Helppo ohjelmoida. Cobotteja on suunniteltu olemaan huomattavasti helpompia käyttää kuin perinteisiä teollisuusrobotteja (Sango Automation, 2021). Se vapauttaa työntekijäsi ja antaa heidän toimia robottien operaattoreina, jolloin heillä on enemmän aikaa tärkeämpiin tehtäviin. Intuiitiivisen 3D-visualisoinnin avulla voidaan helposti liikuttaa robottivartta Halutuihin kohtiin tai käyttää nuolinäppäimiä helppokäyttöisellä kosketusnäyttötalilla.

Helppo asentaa. Cobottien asentaminen on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin perinteisten robottien, mikä tekee niistä kustannustehokkaan vaihtoehdon yrityksille (Universal Robots, 2022). Ne tarvitsevat vain vähän asennus- ja ohjelmointityötä, joten ne voidaan nopeasti ottaa käyttöön olemassa olevissa prosesseissa aiheuttamatta suuria häiriöitä.

Soveltuvuus moniin eri työtehtäviin. Cobotteja voidaan hyödyntää monissa eri teollisuudenaloissa esim. autoteollisuuden, ruoan ja juoman valmistukseen (Techman Robot, i.a.). Cobottien joustavuus tekee niistä monipuolisia, nopeasti mukautuvia ja tehokkaita ratkaisuja yrityksille, jotka haluavat sopeutua muuttuviin markkinaolosuhteisiin.

Kustannustehokkuus. Cobotit tarjoavat edullisen ratkaisun yrityksille, jotka haluavat parantaa toiminnan tehokkuutta ja tuottavuutta (Techman Robot, i.a.). Niiden asentaminen on vaivatonta ja ne voidaan nopeasti ottaa käyttöön nykyisiin prosesseihin, mikä tekee niistä sopivan valinnan yrityksille, jotka haluavat pitää kustannukset hallinnassa.

2.2 Yleistä yhteistyörobotiikasta (Cobot)

Yhteistyörobotiikassa on useita keskeisiä näkökohtia, jotka on hyvä ymmärtää. (Andersson, 2023). Cobotit on suunniteltu työskentelemään turvallisesti ihmisten kanssa ja niissä on kehittyneitä turvallisuusominaisuuksia, kuten kyky havaita voimat ja vääntömomentit, mikä auttaa ehkäisemään loukkaantumisia. Ne ovat käyttäjäystävällisiä laitteita, joissa on usein intuitiiviset ohjelmointiliittymät ja mahdollisuus ohjata manuaalisesti erilaisten tehtävien läpi. Coboteilla on joustava ja modulaarinen rakenne, joka mahdollistaa niiden helpon mukauttamisen eri sovelluksiin ja ympäristöihin. Ne integroituvat saumattomasti olemassa oleviin järjestelmiin käyttäen standardeja teollisuusviestintäprotokollia. Tyypillisiä käyttökohteita ovat kokoonpano, poiminta ja paikannus, pakkaaminen sekä laadunvalvonta. Cobotit ovat myös yleensä kustannustehokkaita vaihtoehtoja, sillä niiden käyttöönottoon liittyvät alhaisemmat kustannukset ja vähäisemmät turvallisuusinfrastruktuurivaatimukset tekevät niistä houkuttelevan vaihtoehdon teollisuudessa (Universal Robots, 2022). Tiettyjen standardien, kuten ISO/TS 15066, noudattaminen varmistaa, että näitä robotteja voidaan käyttää turvallisesti yhteistyöympäristöissä (Andersson, 2023).

2.3 Turvallisuus ja standardit yhteistyörobotiikassa

Kun robotit alkoivat yleistyä teollisuudessa, turvallisuus herätti paljon huolta (Andersson, 2023). Tämän vuoksi kehitettiin standardit ISO 10218-1 ja ISO 10218-2, jotka määrittelevät teollisuusrobottien turvallisuusvaatimukset. Näiden standardien tarkoituksena on varmistaa, että robotit toimivat turvallisesti sekä itsenäisesti että osana suurempia järjestelmiä. Niiden noudattamisesta onkin tullut vakiintunut ja hyväksytty käytäntö teollisuudessa jo vuosikymmenten ajan.

SFS-EN ISO 10218-1 (Suomen standardisointiliitto (SFS), 2013, s. 8) määrittelee yleiset turvallisuusvaatimukset teollisuusroboteille. Standardi kattaa robottien suunnittelun, asennuksen, käytön ja huollon turvallisuusnäkökohdat. Siinä käsitellään muun muassa turvallisuusohjauksia, fyysisiä suojauksia ja riskien arviointia, joiden avulla varmistetaan, että robotti voi toimia turvallisesti ihmisten läsnä ollessa.

SFS-EN ISO 10218-2:2011 (SFS, 2017, s. 5) keskittyy erityisesti yhteistyörobottien turvallisuusvaatimuksiin. Standardi määrittelee turvallisuusvaatimukset ja toimintaominaisuudet roboteille, jotka on suunniteltu työskentelemään ihmisten kanssa ilman fyysisiä esteitä tai suojauslaitteita. Se korostaa turvallisuusominaisuuksia, kuten voimansiirron rajoittamista, nopeuden ja liikkeen valvontaa sekä hätäpysäytystoimintoja, jotka ovat olennaisia varmistettaessa turvallisuutta yhteistoimintatilanteissa.

2.4 Riskien arviointi

Riskien arviointi (SFS, 2017, s. 12) standardin mukaan luvussa 4.3 käsitellään robottijärjestelmän riskien arviointia ja hallintaa integraation näkökulmasta. Koska robottijärjestelmä on aina määritetty tiettyyn sovellukseen, integraatioon on suoritettava riskien arviointi tarkoituksenaan määrittää tarvittavat toimenpiteet riskien riittävän pienentämiseksi sovellusympäristössä.

Riskin arvioinnin jälkeen seuraa tarvittaessa riskien pienentäminen. (SFS, 2017, s. 14) Tämä prosessi on iteratiivinen ja toistuva, jossa tavoitteena on poistaa vaarat ja pienentää riskejä käyttämällä suojaustoimenpiteitä ja muita riskienhallintatoimia mahdollisimman tehokkaasti.

Riskin arviointiin kuuluvat seuraavat osiot (SFS, 2011, s. 17):

Robottijärjestelmän rajojen määrittäminen. Robottijärjestelmän rajojen määrittäminen tarkoittaa prosessia, jossa määritellään alueet ja ehdot, joissa robotti toimii (SFS, 2011, s. 18–19). Tämä voi sisältää fyysiset esteet tai ohjelmistopohjaiset rajoitukset, jotka määrittelevät, missä ja miten robotti voi liikkua ja toimia.

Vaarojen tunnistaminen. Vaarojen tunnistaminen on olennainen osa turvallisuutta robottijärjestelmissä (SFS, 2011, s. 19–21). Tämä prosessi kattaa kaikki mahdolliset riskitekijät ja vaaratilanteet, jotka voivat aiheuttaa vahinkoa ihmisille, laitteille tai ympäristölle, kun robotti on käynnissä.

Riskin suuruuden arviointi. Riskin suuruuden arviointi liittyy vaarojen tunnistamisen jälkeen tehtävään prosessiin, jossa arvioidaan, kuinka suuri riski kukin tunnistettu vaara tai tilanne voi aiheuttaa (SFS, 2011, s. 21–25). Tämä arviointi voi perustua esimerkiksi todennäköisyyteen ja seurauksiin, joita vaaratilanne voi aiheuttaa.

Riskin merkityksen arviointi. Riskin merkityksen arviointi puolestaan keskittyy siihen, kuinka vakavasti kukin tunnistettu riski voi vaikuttaa turvallisuuteen ja toiminnan jatkuvuuteen (Suomen Standardisointiliitto (SFS), 2011, s. 26). Arvioinnissa otetaan huomioon riskin seuraukset, mahdolliset vahingot ja toimenpiteiden tarpeellisuus riskin lieventämiseksi tai poistamiseksi.

2.5 Yhteistyörobotin toiminta yhteistoimintatilassa

Kun suunnitellaan yhteistyötoimintaa robottisolussa, on tärkeää valita yksi tai useampi sovellova turvallisuusominaisuus, kuten ne on esitetty ISO 10218-1 standardin luvuissa 5.10.2...5.10.5 varmistamaan turvallinen työympäristö kaikille ihmisille, jotka ovat alttiina solussa esiintyvillä vaaroilla. (SFS), 2013, S. 36). Standardi määrittelee vaatimukset ja toimintaominaisuudet roboteille, jotka toimivat yhteistyötehtävissä, kuten kuvataan mainituissa kohdissa.

Kaikissa yhteistyötoiminnoissa valittujen turvallisuusominaisuuksien on reagoitava havaittuihin vikaantumisiin varmistaakseen turvallisuuden ja suorittaa turvapysäytys standardin SFS-EN ISO 10218-2 luvun 5.3.8.3 mukaisesti (SFS, 2017, s. 18). Tämä tarkoittaa, että jos turvallisuusominaisuus havaitsee poikkeaman, robotti on pysäytettävä turvallisesti välittömästi. Autonominen toiminta ei saa jatkua ennen kuin vika on korjattu ja yhteistyötila on tarkoituksellisesti käynnistetty uudelleen ulkopuolelta.

2.5.1 Valvottu pysäytys

Valvottu pysäytys toimintatavassa robotti toimii automaattisesti, jos yhteistoimintatilassa ei ole henkilöitä (SFS, 2016, luku 5.5.2; SFS, 2011, luku 5.11.5.2). Kun kyseessä on tilanne, jossa henkilö tulee yhteistoimintatilaan esimerkiksi vaihtamaan robotin työkalua, on robotin pysähdyttävä ja suoritettava valvottu pysähtyminen (SFS, 2013, s. 36). Kun henkilö

poistuu yhteistoimintatilasta, robotti voi jatkaa automaattista työskentelyä ilman erillisten pysäytyspiirien kuitausta. Tämä toimintatapa varmistaa turvallisen yhteistoiminnan ihmisten ja robotin välillä työympäristössä.

2.5.2 Tehon ja voiman rajoittaminen suunnittelun ja/tai valvonnan avulla

Tehon ja voiman rajoituksen työtapaperustuu robotin ja ihmisen törmäyksen tunnistamiseen (Malm & Salmi, 2019, s. 15). Törmäyksen havaitsemiseen voidaan käyttää esimerkiksi robotin sisäistä voima-anturia, joka tunnistaa törmäyksen moottorin kasvaneesta sähkövirrasta. Useimpiin saatavilla oleviin yhteistyöroboteihin on integroitu törmäyksen tunnistamistoiminto, mikä vähentää tarvetta erillisille turvajärjestelmille uusissa sovelluksissa.

Teknisessä spesifikaatiossa ISO/TS 15066 määrittää tarkat törmäysvoimarajat robotin ja ihmisen väliselle törmäykselle. Tämä sisältyy liitteeseen A, ja voimarajat perustuvat yhteen tutkimukseen (International Organization for Standardization (ISO), 2016, s. 21–24). On huomionarvoista, että vaikka voimarajat on määritelty, iskut pään alueelle eivät ole sallittuja, vaikka spesifikaatio antaa niillekin voimarajat. Tämä perustuu yhteen perusteelliseen tutkimukseen, mutta odotetaan, että voimarojoja tarkennetaan ja päivitetään tulevaisuudessa lisätutkimusten myötä (Malm & Salmi, 2019; ISO, 2016). Tämä lähestymistapa varmistaa, että robotit ja ihmiset voivat työskennellä turvallisesti yhdessä, minimoiden loukkaantumisriskit ja säilyttäen tuottavuuden.

2.5.3 Nopeuden ja etäisyyden valvonta

Nopeuden ja välietäisyyden valvonnan työtavassa robottisovelluksen turvallisuus perustuu siihen, että käytössä on turvallisuustason antureita, jotka kykenevät tunnistamaan ihmisen ja robotin välisen etäisyyden yhteistoiminta-alueella (Malm & Salmi, 2019, s. 15; SFS, 2011, luku 5.11.5.4). Näitä antureita hyödynnetään pitämään turvallinen etäisyys ihmisen ja robotin välillä, esimerkiksi hyödyntämällä logiikkaa ja ohjausta. Robottisovelluksissa liikenoisuus ja etäisyys ihmiseen voivat olla joko dynaamisia tai kiinteitä.

Kiinteän liikenoisuuden ja etäisyyden tapauksessa suurin sallittu nopeus ja ihmisen välietäisyys määritetään riskien arvioinnin perusteella. (ISO, 2016, luku 5.5.5; Malm & Salmi,

2019, s. 13). Dynaamisen liikenopeuden ja etäisyyden tapauksessa arvot voivat muuttua jatkuvasti riippuen robotin ja ihmisen välisestä etäisyydestä. Turvallisuusstandardien mukaan, kuten ISO 13849-1:2015, dynaamisen nopeuden ja etäisyyden valvonnassa ohjausjärjestelmässä tulee käyttää PL-luokan d-tason komponentteja, ja rakenteen luokan on oltava vähintään kategoria 3.

Tällaisilla toimenpiteillä varmistetaan, että robotit ja ihmiset voivat työskennellä turvallisesti yhteistoiminnassa. Turvallisuusstandardien noudattaminen ja asianmukaisen tekniikan käyttäminen ovat avainasemassa, kun pyritään varmistamaan, että robottisovellukset ovat mahdollisimman turvallisia ja riskit pysyvät minimoituina. (Malm & Salmi, 2019; SFS, 2011; ISO, 2016).

3 ROBOTISOINTI

3.1 Tarttujat

Seuraavissa luvuissa käsitellään yleisimmin käytettyjä tarttujia, joita voidaan hyödyntää työssä tai robotin tulevissa ohjelmissa. On tärkeää tutkia erilaisia tarttujia ja niiden käyttö-tarkoituksia, että saadaan laajempi kuva, mitä niillä voidaan tehdä ja miten niitä voidaan hyödyntää.

Tarttujat ovat päätelaitteita, jotka tarttuvat osaan siirtotoimintoja varten robotin työkierrossa (Gupta ym., 2017, s. 458).

Tarttuja on laite, jonka avulla robotti/cobotti voi poimia, käsitellä ja pitää kiinni esineestä (Gupta ym., 2017, s. 458). Cobottien ja robottien tarttujat voivat antaa valmistajille mahdollisuuden automatisoida tuotantolinjan olennaiset vaiheet, kuten kokoonpanon, tarkastuksen, konehuollon sekä keräilyn ja sijoittamisen.

Tarttujan valintaan vaikuttaa monet mahdolliset tekijät kuten (SP Automation & Robotics, 2022):

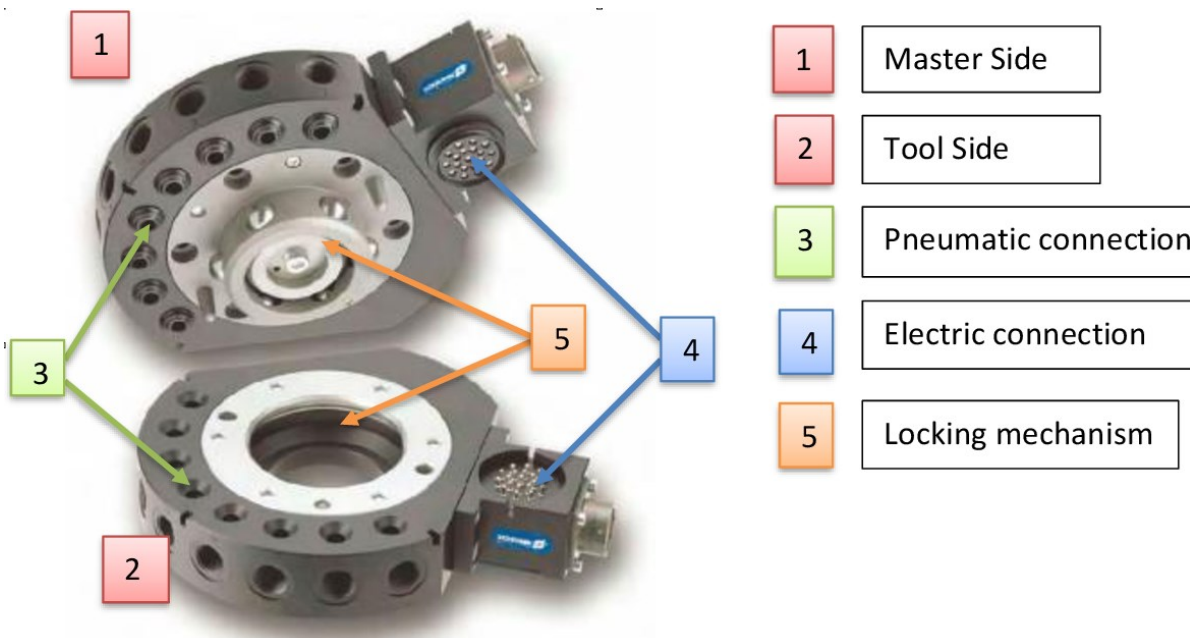
- tartuntavoima
- tartuntatapa
- paino
- leukojen/tarttujen määrä
- muut tekijät

3.1.1 Työkalunvaihto/Työkalunvaihtajat

Työkalunvaihtajat (kuva 1) ovat olennainen osa yhteistyörobotin järjestelmää, sillä ne mahdollistavat eri työkalujen nopean ja tehokkaan vaihdon, laajentaen näin robotin tehtävien

kirjoa (ATI, i.a.). Ne antavat yhteistyörobotille kyvyn käyttää useita erilaisia työkaluja saman linjan tai sovelluksen sisällä, mikä tekee niistä entistäkin joustavampia. Esimerkiksi kokoonpanosovelluksissa robotti voi ensin asettaa osat oikeille paikoilleen ja sitten kiinnittää ne ruuvimeisselillä. Tämä ei vain lisää robotin joustavuutta, vaan myös sen tuottavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

Työkalunvaihtajien eri tyyppejä ovat pikavaihtotyökalujen pidikkeet, magneettiset työkalunvaihtajat, automaattiset työkalunvaihtajat (ATC), kahden käden työkalunvaihtajat ja modulaariset työkalunvaihtajat (Pact Automation, 2023). Näiden avulla yhteistyörobotti pystyy suorittamaan monenlaisia tehtäviä, jotka vaativat tarkkuutta ja johdonmukaisuutta, ja samalla tuovat mukaan inhimillisen kosketuksen ja luovuuden.



Kuva 1. Työkalun vaihtaja (Schunk, i.a.-b)

3.1.2 Alipainetarttujat

Alipainetarttujat (kuva 2) toimivat käyttämällä ilmakehän paineen ja tyhjiön välistä eroa (SP Automation & Robotics, 2022). Niiden avulla tarttuja voi nostaa, pitää kiinni ja siirtää esineitä. Yleensä tyhjiövirtaus syntyy paineilmakäyttöisellä pumpulla tai sähkömekaanisella

pienoispumpulla. On tärkeää varmistaa, että tyhjiövirtaus on keskeytymätöntä, että cobot ja robot pystyvät pitämään turvallisesti kiinni esineestä, jonka ne ovat poimineet.

Ero sähkömekaanisella ja paineilmakäyttöisten pumppujen välillä on se, että paineilma-käyttöinen pumppu tuottaa neljästä kymmeneen kertaa enemmän tehoa verrattuna sähkömekaanisiin pumppuihin (Universal Robots, 2020). Tämä tekee paineilmakäyttöisestä pumpusta paremman valinnan, jos on nostettava raskaita kappaleita.

Alipainetarttijat ovat erittäin monipuolisia, niitä käytetään automatisoimaan monenlaisia tehtäviä (SP Automation & Robotics, 2022). Yleisimmät käyttökohteet ovat pakkaus- ja lavaustoiminnoissa. Hyviä puolia alipainetarttujissa on myös niiden hinta muihin tarttujatyyppeihin verrattuna.



Kuva 2. Alipainetarttuja (Onrobot, i.a.)

3.1.3 Magneettitarttijat

Magneettista tarttujaa käytetään metallisten kappaleiden tarttumiseen (Gupta ym., 2017, s.473–474). Magneettitarttujan toimintaperiaate muistuttaa alipainetarttujaa, mutta

magneetitarttujissa imukupit on korvattu magneeteilla. Vaikka metallisia kappaleita voisi-kin siirtää alipainetarttujalla, on siinä yksi iso poikkeus. Jos metallisessa kappaleessa on reikiä, silloin alipainetarttujan tehot laskevat. Näissä tilanteissa magneettinen tarttuja on ehdoton. Magneetitarttujia käytetään auto teollisuudessa tai muissa kokoonpanotehtävissä. Täyden tartuntatehon saavuttamiseksi magneetilla täytyy olla täysi kontakti kappaleeseen, jota se käsittelee. Pienikin ilmatasku heikentää magneetin käyttötehoa, siksi ta-saiset metallikappaleet ovat parhaita magneetitarttujille.

Kestomagneeteilla on taipumus demagnetoitua kuumentuessa, joten pitkäkestoinen kosketus kuumaan työkappaleeseen heikentää niitä niin paljon, että niitä ei voida enää käyttää (Gupta ym., 2017, s. 473–474). Ominaisuus, joka erottaa magneetitarttujan muista tarttujista, on se, että se jättää vain vähän tai ei ollenkaan magneettista jäännösvarausta, kun se sammutetaan, jolloin se vapauttaa osan välittömästi. Joissain sovelluksissa ei haluta käyttää magneetteja tarttumiseen, koska siitä voi jäädä magneettisuutta työkappaleisiin, jolloin ne keräävät myöhemmin rautaisia ”roskia” itseensä, esim. hydraulikkaan liittyvät komponentit. Tätä kutsutaan jäännösmagnetismiksi.

3.1.4 Hydrauliset tarttijat

Hydrauliset tarttijat toimivat hydraulinesteiden avulla ja tarjoavat enemmän tartuntavoimaa kuin pneumaattiset tarttijat, mikä tekee niistä erinomaisen valinnan raskaaseen käyttöön (Universal Robots, 2020).

Vaikka hydraulisten tarttujen suurin etu on niiden erinomainen tartuntavoima, niillä on myös haittapuolensa (Universal Robots, 2020). Näihin kuuluvat öljyn, pumpun ja säiliön käsittelyn tuoma lisämonimutkaisuus. Tämän takia hydrauliset tarttijat vaativat enemmän huoltoa kuin muut tarttujatyypit. Lisäksi ne eivät yleensä sovellu puhdistilakäyttöön tai monein lääketieteellisiin sovelluksiin.

3.1.5 Sähkötoimiset tarttijat

Sähkökäyttöiset tarttijat ovat yleinen valinta moniin yhteistyörobottien sovelluksiin, kuten koneiden huoltoon ja poiminta- ja sijoittelutehtäviin (SP Automation & Robotics, 2022).

Vaikka niiden tartuntavoima ei yllä hydraulisten tarttujen tasolle, ne sopivat hyvin

tilanteisiin, joissa tarvitaan suurta nopeutta ja kevyttä tai keskinkertaista tartuntavoimaa. Sähkökäyttöisiä tarttujia on yleensä saatavilla kaksi- ja kolmikyntisinä malleina, joista kolmikyntiset ovat erityisen hyviä pyöreiden tai sylinterimäisten esineiden käsittelyyn.

Sähkökäyttöisten tarttujen merkittävin etu automaatiassa on niiden hallittavuus (SP Automation & Robotics, 2022). Useimmissa malleissa on mikroprosessorit, joiden avulla voidaan säätää tartuntavoimaa ja -nopeutta. Voima-anturin ansiosta sähkökäyttöiset tarttijat pystyvät käsittelemään erilaisia osia helposti. Vaikka sähkökäyttöiset tarttijat kehittyvätkin jatkuvasti ja niiden teho kasvaa, ne tarjoavat yleensä vähemmän tartuntavoimaa kuin pneumaattiset tarttijat ja ovat usein myös kalliimpia.

3.1.6 Pneumaattiset tarttijat

Pneumaattiset (kuva 3) tarttijat toimivat paineilman ja mäntien avulla, jotka liikuttavat tarttujan sormia tai leukoja (Universal Robots, 2020). Suosituimmat mallit ovat kaksi- ja kolmikyntisiä, vaikka tarjolla on myös ihmiskäden kaltaisia vaihtoehtoja.

Nämä tarttijat ovat erittäin monikäyttöisiä ja pystyvät hoitamaan monenlaisia tehtäviä (Universal Robots, 2020). Pneumaattisten tarttujen etuihin kuuluvat niiden alhaiset kustannukset ja laaja tartuntavoima. Ne soveltuvat hyvin ahtaisiin tiloihin ja niillä on nopea vasteaika. Haittapuolena on, että ne sopivat parhaiten yksittäisten osatyypien käsittelyyn. Jos tuotantolaitoksessa tehdään pieniä eriä monenlaisia tuotteita, ne eivät ehkä ole paras valinta. Lisäksi pneumaattisten tarttujen voiman ja asennon hallinta on rajoitettua verrattuna muihin tarttujatyyppeihin, ja niiden käyttö vaatii paineilmaa. Paineilman tarve tuo mukanaan lisäventtiilien tarpeen, mikä lisää laitteiston integroinnin ja ohjelmoinnin kustannuksia.



Kuva 3. Pneumaattinen tarttuja (Schunk, i.a.-a)

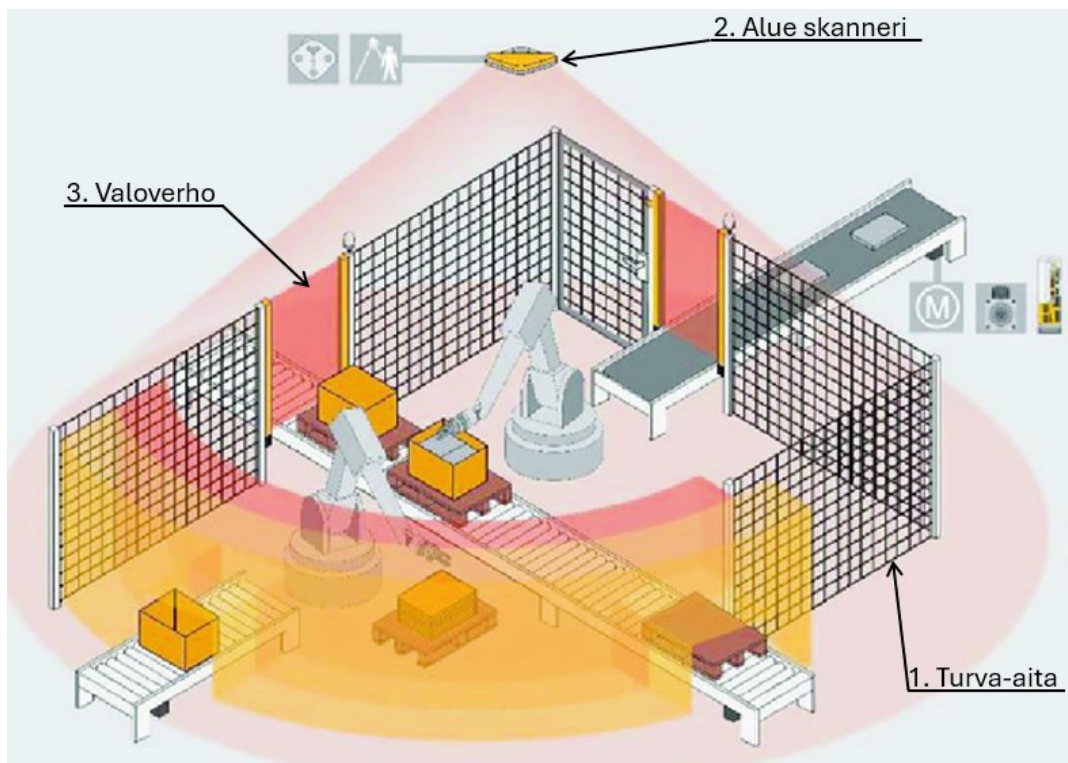
4 TURVALLISUUSTEKNOLOGIA

4.1 Turva-aidat ja kaarihäikäisy suojat

Turva-aita on fyysinen este, jolla suljetaan työskentelyalueen rajat (Robots Done Right, i.a.-b). Aidat muodostavat selvän kuvan robotin rajoista. Aidan korkeus voi olla useita metrejä, ja työtilan koko riippuu siitä, mitä tehtäviä siellä suoritetaan ja kuinka monta robottia solussa on. (kuva 4, kohta 1, turva-aita). Aidatun solun aitoihin voidaan myös asentaa portteja/ovia, jotka ovat turvattu kytkimillä ja antureilla. Näitä alueita ei ole yleensä suojattu muilla, kun oveen kiinnitetyllä anturilla tai kytkimellä, jonka aktivoituessa anturi tai kytkin pysäyttää robotin välittömästi hätäseispainikkeen tavoin. Jos robotti on pysäytetyssä tilassa, ovista saa kulkea vapaasti.

Aitoihin voidaan kiinnittää verhoja estämään roskien pääsy työsolun tai järjestelmän ulkopuolelle (Robtos.com, 2017). Osa verhoista suojaa roskilta ja osa valokaaren häikäisyltä. Kaarihitsauksessa syntyvä kirkas valo voi aiheuttaa silmien ärsytystä tai verkkokalvovaurioita, jos siihen altistuu pitkään. Hitsausverhot suojaavat silmiä samalla tavalla kuin aurinkolasit. Valokaaren häikäisyltä suojaavia verhoja, kuten Wilson Spectra -verhoja, on

saatavilla keltaisina, oransseina, harmaina ja ruskeina. Ne asennetaan yleensä aidan kolmelle sivulle työsolussa.



Kuva 4. Solun Turvalaitteet (Schüppstuhl ym., 2022, s. 105)

4.2 Alueskanneri ja valoverho

Aidat ovat usein kolmelta sivulta suljettuja, ja yksi sivu on avoinna osien lastausta varten (Robtos.com, 2017). Tämä avoin alue vaatii erilaisia robottiturvallisuusratkaisuja, kuten valoverhoja tai alueen skannerin.

Turvavaloverhot ovat näkymättömiä esteitä, joita käytetään suojaamaan työsolun avointa aluetta, kuten osien lastausta ja purkua varten (Robots Done Right, i.a.-b). Ne toimivat siten, että valoverhon lähetin ja vastaanotin luovat näkymättömän infrapunasäteiden tietyllä

alueella. Jos tämä säde katkeaa, se lähettää signaalin robotille, joka pysäyttää toiminnan. (kuva 4, kohta 3, valoverho).

Robottijärjestelmiä voidaan turvata erilaisilla laitteilla ja teknologioilla (Robtos.com, 2017). Alueskannerit toimivat kuten valoverhot, mutta ne tarjoavat laajemman suojan, koska ne voivat kattaa koko alueen sen sijaan että ne suojaisivat vain yhtä paikkaa. Kun skannerin valokenttä häiriintyy, se pysäyttää robotin kokonaan työsolussa (kuva 4, kohta 2, alueskanneri, joka on asetettu kattoon solun yläpuolelle). Jotkut skannerit voidaan ohjelmoida, mikä mahdollistaa niiden käytön monenlaisissa sovelluksissa tarjoamalla korkean suorituskyvyn. Ohjelmoitavuutensa ansiosta alueen skannerit tarjoavat enemmän joustavuutta kuin valoverhot, koska ne voivat tarkasti määrittää suojattavan alueen, kuten lastausalueen. Tämä tekee osien lataamisesta ja purkamisesta helpompaa tietyssä järjestelmässä tai työsolussa.

4.3 Hätäpysäytyspainike

Hätäpysäytyspainike (E-stop) on painike, jota käytetään kiireellisissä tilanteissa robotin toiminnan välittömään pysäyttämiseen (Robots Done Right, i.a.-b). Työsoluissa voi olla useita tällaisia painikkeita eri puolilla järjestelmää. Kun hätäpysäytyspainike on aktivoitu, robotin toiminnan jatkaminen edellyttää, että turvallisuuspainike palautetaan alkuperäiseen tilaan ja hätätilanne nollataan. Hätäpysäytyspainike on yleisesti punainen nappi, jolla on joko keltavalkoinen laatikko tai keltamusta kotelo.

5 MUUT TEKNOLOGIAT ROBOTISOINNISSA

5.1 Robotin ulkoiset akselit

Robottien tai cobottien liikuteltavuuteen on monenlaisia ratkaisuja. Ratkaisut vaihtelevat niiden käyttötarkoitusten välillä riippuen halutaanko, että robotti kuljettaa tavaraa esimerkiksi linjastoille tai varastoon vai halutaanko robotin toimivan koko linjaston leveydellä, jolloin se toimisi ns. kiskoilla. Liikutettavuus on yksi asia, mitä varsinkin coboteilta halutaan, sillä ne ovat pieniä ja vaativan vähemmän tilaa riippuen tietysti voimista ja nopeuksista mitä cobotti käyttää työssään.

5.1.1 AMR- ja AGV-robotit

AGV on lyhenne sanoista Automated Guided Vehicle, kun taas AMR tulee sanoista Autonomous Mobile Robot (Mobile Industrial Robot, 2024). Vaikka molemmat ovat käytössä materiaalinkuljetuksessa, niiden toiminnassa ja joustavuudessa on perustava ero (kuva 5).

AGV-robotti kulkee ennalta määriteltäviä polkuja tai reittejä materiaalien kuljettamiseksi ja vaatii yleensä infrastruktuurimuutoksia, kuten magneettisia nauhoja tai johtoja (Mobile Industrial Robot, 2024).

AMR-robotti toimii itsenäisesti ja pystyy navigoimaan hallitsemattomassa ympäristössä ilman kiinteitä polkuja tai reittejä. AMR-robotit ovat tunnettuja joustavuudestaan ja ne ovat keskeinen osa kaikkia MiR AMR-automaattioratkaisuja (Mobile Industrial Robot, 2024). Kyseisessä työssä ei tulla käyttämään kumpaakaan automaattista teknologiaa, mutta ne on hyvä käydä läpi tutkimuksen kannalta.



Kuva 5. AGV- ja AMR-mobiilirobotit (MHI Warehouse Automation, 2023).

5.1.2 Robottiradat

Robottiradat ovat järjestelmiä, jotka mahdollistavat robottien liikkumisen tietyn radan pituutta pitkin (kuva 6) (Borunte, 2023). Robotin ohjaukisko on laite, joka auttaa teollisuusrobotteja liikkumaan ennalta määritellyllä reitillä. Se määrittää kiinteälle reitille koordinaattipisteitä, joita robotti voi seurata automaattisesti ja suorittaa tarvittavat tehtävät. Järjestelmä koostuu kiskoista, liikkeenhallintalaitteista, ohjausjärjestelmästä ja robottia tukevista kiinnikkeistä. Kisko on keskeinen osa ohjaukiskojärjestelmää, joka muodostuu yleensä lineaarisista kiskoista, kaarikiskoista tai ristikkäisistä kiskoista. Kiskot asetellaan suunniteltujen koordinaattipisteiden mukaan, jotta robotti pystyy liikkumaan tarkasti haluttuihin paikkoihin. Ohjausjärjestelmä on ohjaukisko järjestelmän äly, vastaten robotin liikkeiden ohjelmoinnista ja hallinnasta, jotta se voi noudattaa suunniteltuja reittejä ja tehtäviä. Lisäksi järjestelmä seuraa robotin liikkeiden tilaa reaaliajassa varmistaakseen turvallisen ja tarkan toiminnan. Robottiratojen etuja on monia muun muassa lattiapinta-alan säästäminen, laajennettu työalue ja tehokkuuden parantuminen.



Kuva 6. Robottirata/kiskot (HepcoMotion, i.a.)

5.2 Voima-anturit

Voiman-antureiden ansiosta robotit voivat "tuntea" tekemänsä tehtävän, mikä tekee niistä turvallisempia ja monipuolisempia (Robots Done Right, i.a.-a). Voimantunnistimet havaitsevat odottamattomat voimat, mikä mahdollistaa robotin pysäyttämisen tai liikkeiden säätämisen välttääkseen vahingoittamasta ihmisiä tai esineitä. Tämä on erityisen tärkeää yhteistyöroboteissa (cobots), jotka työskentelevät ihmisten rinnalla.

Ne mahdollistavat robotin soveltaman voiman tarkan säätämisen, mikä on olennaista herkien tehtävien kuten pienten komponenttien kokoamisen tai hauraiden esineiden käsittelyn yhteydessä. Voimantunnistimet tarjoavat reaaliaikaista palautetta robotin ohjausjärjestelmälle, parantaen sen liikkeiden ja toimintojen tarkkuutta ja johdonmukaisuutta (Robots Done Right, i.a.-a).

Voimantunnistimet yleensä mittaavat niihin kohdistuvan voiman muuntamalla mekaanisen voiman sähköisiksi signaaleiksi (Reach Robotics, i.a.-a). Jännitemittarit, piezo-anturit ja

kapasitiiviset anturit ovat yleisiä voimantunnistintyyppisiä, joita käytetään robotiikassa. Integraatioanturit integroidaan usein robotin työkalulaippaan (työkalu, joka on kiinnitetty robotin käsivarteeseen) tai nivelten osaksi, mikä mahdollistaa voimien mittaamisen suoraan vuorovaikutusalueella.

5.3 Konenäkö

Konenäköratkaisut ovat järjestelmiä, jotka sisältävät 2D- tai 3D-kameroita, ja ne antavat yhteistyörobotille kyvyn nähdä ympäristönsä (Zebra, i.a.). Tämä mahdollistaa yhteistyörobottien kyvyn paikantaa esineitä, tunnistaa kuvioita sekä skannata QR- ja viivakoodeja. Näköratkaisujen käyttö voi huomattavasti helpottaa yhteistyörobotin integrointia. Normaalissa tilanteessa esineet on asetettava robotille tiettyyn järjestykseen, jotta robotti tietää, mistä ne voi hakea. Näköratkaisujen avulla yhteistyörobotti pystyy kuitenkin itse paikantamaan esineitä, eikä esineiden järjestelyä tarvita enää niin tarkasti miettiä. Näköratkaisuja voidaan hyödyntää myös optisten tarkastusten suorittamiseen, kuten esineiden poikkeavuuksien tarkistamiseen. Tekoälyn avulla tämän alueen mahdollisuudet ovat vain kasvaneet.

2D-näköjärjestelmät ovat kustannustehokkaampia kuin 3D-järjestelmät, mutta niiden toiminnot ovat myös rajoittuneemmat (Zebra, i.a.). Näillä kameroilla voidaan mitata esineen pituus ja leveys, mutta korkeuden mittaaminen ei ole mahdollista.

Toisaalta 3D-näköjärjestelmät pystyvät määrittämään esineen pituuden, leveyden ja korkeuden (Zebra, i.a.). Tämä avaa valtavasti uusia mahdollisuuksia, mutta se myös tuo mukanaan korkeamman hinnan. Korkeuden mittaamisen ansiosta 3D-kamerat soveltuvat täydellisesti esineille, joiden korkeus vaihtelee tai jos tuotteita tarvitsee pinota, kuten esimerkiksi lavojen pinoaminen tai laatikoiden pakkaaminen.

Taulukko 1. Konenäköjärjestelmän komponentit (Emergent vision technologies, i.a.)

1. Kamera: Kamera on konenäköjärjestelmän peruskomponentti, joka tallentaa kuvan tai videon kohteesta.
--

<p>2. Valaistus: Oikeanlainen valaistus on tärkeä konenäköjärjestelmän toimivuuden kannalta. Se voi parantaa kuvan laatua ja auttaa erottamaan kohteen taustasta.</p>
<p>3. Prosessori ja ohjelmisto: Konenäköjärjestelmän prosessori käsittelee kameran ottaman kuvan tai videon tietoja ja analysoi niitä konenäköalgoritmeilla. Tämä tapahtuu erityisen ohjelmiston avulla, joka on suunniteltu tunnistamaan, luokittamaan ja/tai tekemään päätöksiä kohteesta.</p>
<p>4. Liitäntä: Konenäköjärjestelmässä voi olla erilaisia liitäntöjä, kuten Ethernet, USB tai digitaaliset I/O-portit, jotka mahdollistavat kommunikoinnin muiden järjestelmien kanssa, kuten teollisten robotiikka- tai valmistuslaitteiden kanssa.</p>
<p>5. Objektiivit ja linssit: Objektiivit tai linssit vaikuttaa kuvan tarkkuuteen ja tarkennukseen. Niiden avulla voidaan säätää kuvan laatuun ja tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten kuvakenttää ja syväterävyyttä.</p>
<p>6. Tietokone tai ohjainyksikkö: Tietokone tai muu ohjainyksikkö suorittaa konenäköjärjestelmän ohjelmiston ja antaa käskyjä muille järjestelmän osille, kuten kameralle ja valaistukselle.</p>

Nämä komponentit yhdessä muodostavat konenäköjärjestelmän, joka voi suorittaa erilaisia tehtäviä, kuten laadunvalvontaa, tunnistamista ja paikannusta teollisuudessa ja muissa sovellusalueissa.

5.4 Tiedonsiirto

Voi olla tarve siirtää tai vastaan ottaa tieto robotin ulkopuolisilta lähetyksiltä. Esimerkiksi Fanukin yhteistyörobotit käyttävät monenlaisia tiedonsiirtoprotokollia kommunikoidakseen muiden järjestelmien, laitteiden ja ohjauksliittymien kanssa (Bouchard, 2014). Nämä protokollat ovat ratkaisevia cobottien integroitumiseksi automatisoituihin tuotantolinjoihin, mikä

mahdollistaa niiden tehokkaan vuorovaikutuksen muiden koneiden ja järjestelmien kanssa. Seuraavassa selitetään keskeisiä tiedonsiirtoprotokollia, joita käytetään.

Transmission control protocol/Internet protocol (TCP/IP). TCP/IP-protokollapino mahdollistaa tiedonsiirron hoitamalla datan jakamisen paketteihin lähettäjän puolella, varmistamalla niiden luotettavan siirron verkkojen läpi, reitittämällä ne oikeaan osoitteeseen reitittimien ja kytkinten avulla IP-protokollan kautta ja lopuksi kokoamalla paketit oikeaan järjestykseen vastaanottavalla laitteella (Greene, 2024).

RS-232/RS-485 sarjaviestintä on Standardoitu sarjaviestintäprotokollat, joita käytetään laitteiden liittämiseen lyhyillä etäisyyksillä (Black Box, i.a.). Se tarjoaa yksinkertaisen, luotettava viestinnän matalamman nopeuden tiedonsiirtoon, ja on usein käytössä ohjelmoinnissa, konfiguraatiossa sekä yksinkertaisissa tiedonsiirtotehtävissä.

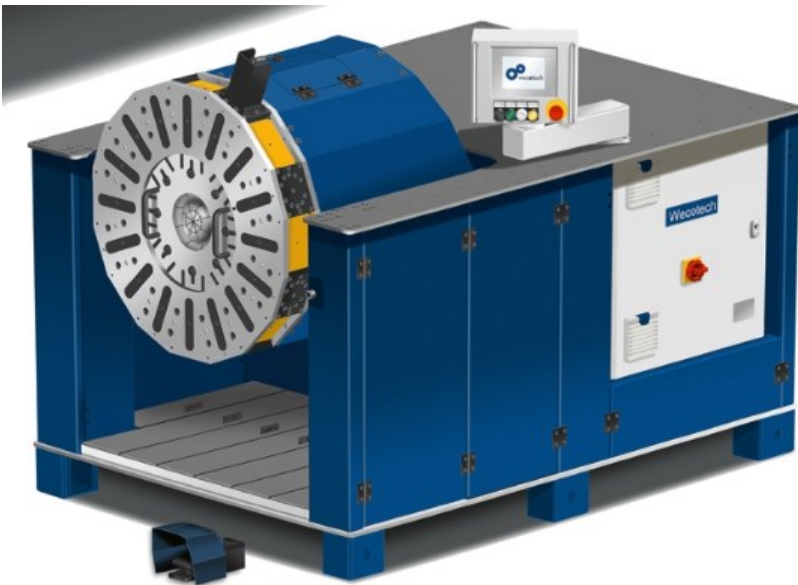
FTP (File Transfer Protocol). FTP-protokollaan käytetään tiedostojen siirtämiseen robotin ohjaimen ja ulkoisten järjestelmien välillä (Greene, 2024) se mahdollistaa ohjelmien, lokien ja muiden tiedostojen helpon siirron, mikä on hyödyllistä varmuuskopioinnissa, päivityksissä ja data-analyysissä.

Integraatiossa on huomioitava, että valittu protokolla on yhteensopiva olemassa olevien järjestelmien ja laitteiden kanssa (Shoplogix, 2024). On myös valittava protokolla, joka täyttää sovelluksen nopeus-, viive- ja luotettavuusvaatimukset. Tärkeää myös valita protokolla, joka voi mukautua tuotantotarpeiden mukaisesti ja tukisi tulevia laajennuksia. Tietoturvasasiat ovat oikean protokollan valinnassa tärkeitä, ettei niihin pääse ulkopuolinen tekijä käsi, joten protokollaan kuuluvat turvallisuusominaisuudet ovat elintärkeitä tuotannolle. Asianmukaisten tiedonsiirtoprotokollien käyttö varmistaa cobottien saumattoman viestinnän ja integroinnin automatisoituihin järjestelmiin, parantaen tuottavuutta ja tehokkuutta teollisuusympäristöissä.

6 TÖIDEN KARTOITUS

6.1 Alkuseelvitys

Työ aloitettiin käymällä Fennosteel Oy:n tehtaalla Parkanossa katsomassa läpi kyseinen työsolu, joka olisi tarkoitus robotisoida. Solussa muotoillaan ruostumattomia teräsputkia Wecomatic Tubex IO-S 200 -koneella (kuva 7). Koneessa muotoillaan monen kokoisia ja pituisia osia. Isoimmat osat ovat 545,1 mm pitkiä ja halkaisijaltaan 88,9 mm paksuja. Pienimmät ovat 39 mm pitkiä ja halkaisijaltaan 102,5 mm paksuja. Kyseinen kappale on muovaamisen jälkeen 25,4 mm pitkä, joten se on kokonaan koneen sisällä. Näitä kahta osaa menee n. 7000 kpl vuodessa. Tämän käynnin avulla saatiin hyvä tietämys siitä, mitä robotilta halutaan ja mitä robotisoinnilla haetaan solussa. Työkierrosta puhutaan luvussa 6.3.

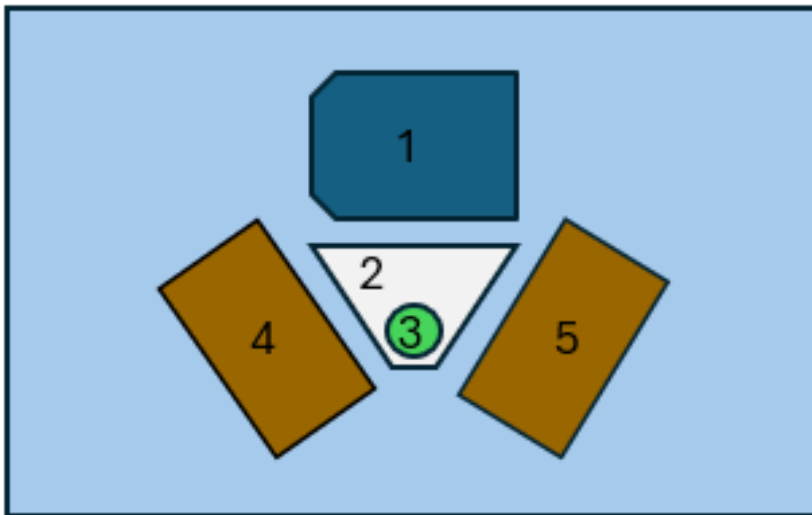


Kuva 7. Teräsputkien Muotoilukone solussa Tubex IO-S 200 (Wecotech, i.a.)

6.2 Solun suunnittelu

Alkuseelvityksen pohjalta oli helppo suunnitella, miltä kyseisen solun tulisi näyttää ja mitä se vaatisi. Soluun tulisi pöytä/taso, josta kappaleet noudetaan. Taso olisi kallistettuna, jotta kappaleet liikkuisivat aina kun sieltä noudetaan tavaraa (kuva 8). Robotin toiselle puolelle tulisi toinen taso, johon valmiit kappaleet vietäisiin koneistuksen tai mahdollisen

laaduntarkastuksen eli tulkkauksen jälkeen. Robotille tulee liikutettava taso, joka mahdollistaa solun helpon muokkauksen, ja tulevaisuudessa sen helpon siirrettävyyden toisiin työtehtäviin. (kuva 8). Asettelussa robotin liikutettavan tason esimerkkinä on käytetty MTCF mobile -vaunua (kuva 9). Kuva 8 on suuntaa antava eikä tule olemaan lopullisen työn layout.



1. Työstökone.
2. Robotin liikutettava taso.
3. Robotti.
4. Pöytä/taso josta kappaleet noudetaan (Kallistettu).
5. Pöytä/taso valmiit kappaleet.

Kuva 8. Robottisolun asettelu

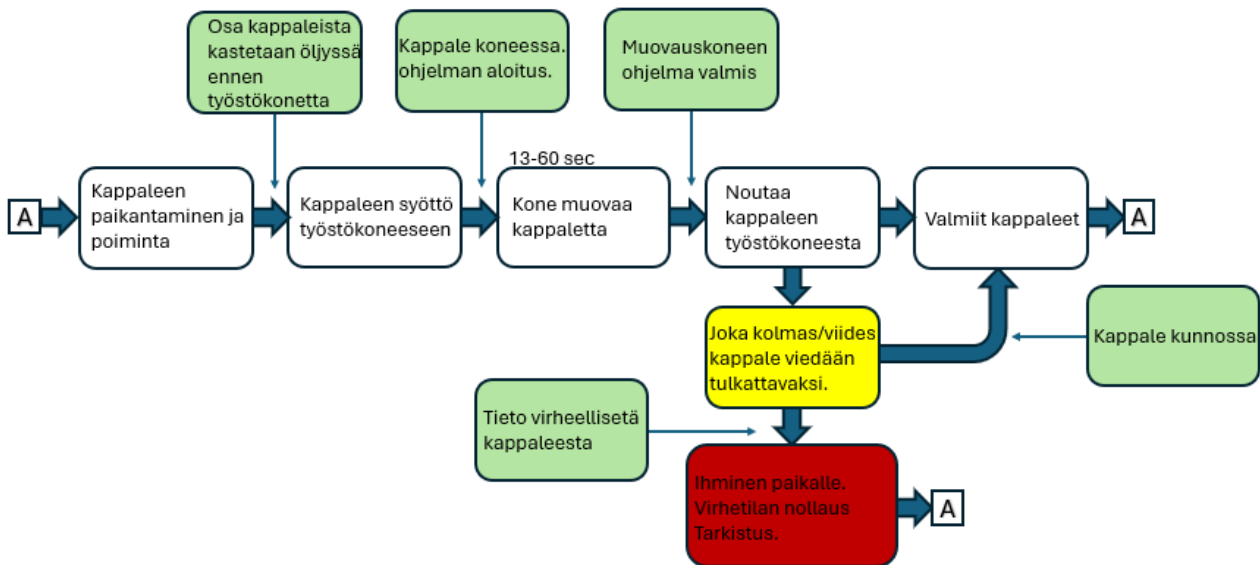


Kuva 9. Liikuteltava yhteistyörobottiyksikkö (MTC Flextek, i.a.)

6.3 Solun työnkierto

Ennen työvaiheen robotisointia työ tehdään solussa käsin muovausta lukuun ottamatta, sen tekee kone. Tällä hetkellä ihminen käyttää kappaleen pohjan öljyssä ja laittaa kappaleen koneeseen. Ohjelma käynnistetään. Ohjelma on valmis, kun otetaan kappale pois koneesta. Tällöin pyyhkäistään rasvat pois. Kappale tarkistetaan ja laitetaan valmiiden kappaleiden koriin.

Kuviossa 1 näkyy robotin mahdollinen työkierto ja sen kaikki vaiheet. Aluksi on luultavasti karsittava kappaleen tarkistuksesta, jotta ohjelma saadaan ensin pyörimään sujuvasti, tämän jälkeen voidaan vähitellen lisätä monimutkaisempia vaihteita. On myös mahdollista, että koneistus ja tulkkaus tehdään eri ohjelmissa.



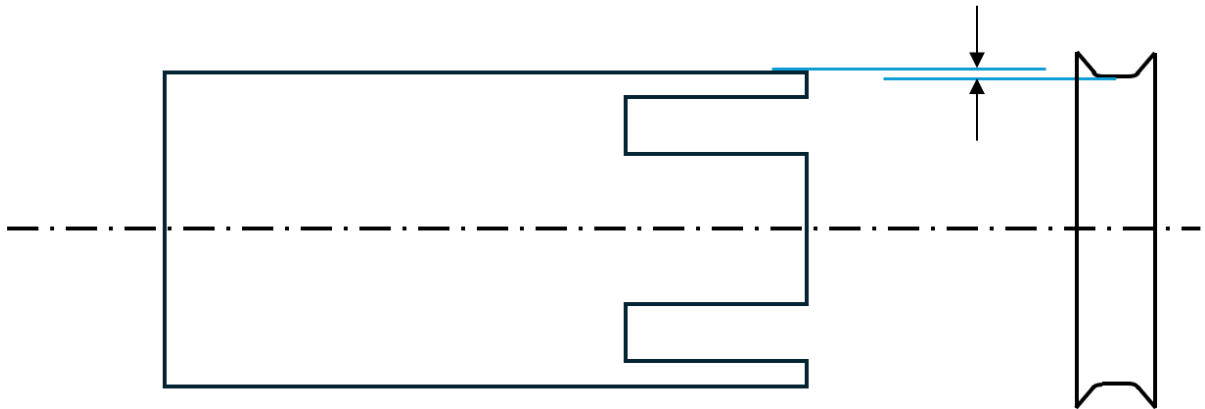
Kuvio 1. Solun työnkulku

6.3.1 Tarttujat

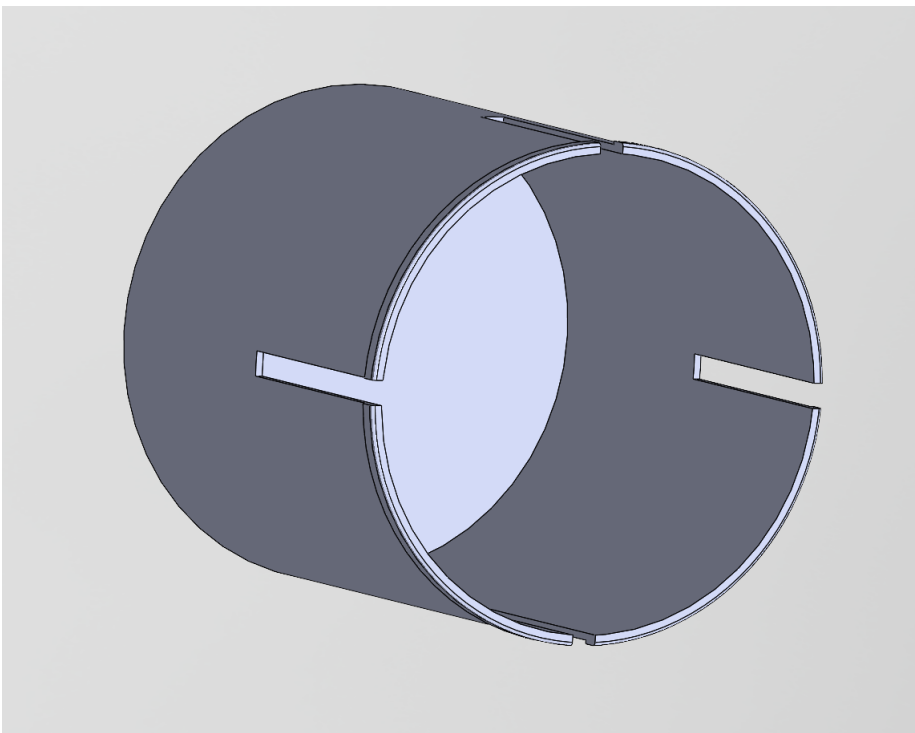
Pääkäyttöiseksi tarttujaksi valittiin kolmisormitarttuja, jolla isompienten kappaleiden ulkopinnoista saadaan hyvin kiinni (luku 3.2.4). Sähkötoimiset, etenkin kolmikyntiset, tarttujat ovat oikea valinta kyseiseen työhön. Niillä on helppo tarttua pyöreisiin pintoihin eikä pienenkään kappaleiden siirtely tuota ongelmia.

Yhdelle tuotannossa olevalle kappaleelle tehdään muokattu tarttuja/otin, jolla kappale saadaan työstökoneesta ulos. Koneistuksen jälkeen kyseinen kappale on niin ahtaassa tilassa, ettei sinne pääse käsiksi normaalilla tarttujalla. Kyseinen tuote otetaan nykyisinkin pois toisella putken pätkällä, joka mahtuu työstetyn kappaleen sisäpintoihin, jolla se nostetaan pois. Tarttujassa tullaan hyödyntämään kahden kappaleen toisiinsa kohdistuvaa kitkaa, kun ne painetaan sisäkkäin. Kyseiselle tarttujalle rakennetaan irrotushaarukka, jolla saadaan valmis tuote tarttujasta irti.

Kitkaliitos/kitkasovitus (interference fit myös tunnetaan nimellä friction fit) (Testbook, 2023). Kitkaliitoksessa osat pidetään yhdessä kitkan avulla ilman erillisiä kiinnitysmekanismeja. Yleensä toinen osa on hieman suurempi tai tiukempi, jolloin osat puristuvat toisiaan vasten ja pysyvät paikallaan kitkan ansiosta.



Kuva 10. Työkalun toimintaperiaatteen tarkentava kuva



Kuva 11. Muokattu otintyökalu

Kitka tulee kappaleiden välille, kun otin painetaan nostettavan kappaleen sisään, jolloin nostimen sakarat tiivistyvät ja aiheuttavat kitkaa. Tällöin kappale saadaan nostettua pois koneesta tai pöydältä. Kyseiseen työkaluun voi tulla muutoksia, mutta käyttötarkoitus tai tapa ei muutu.

6.3.2 Konenäkö

Työhön tullaan hankkimaan konenäköjärjestelmä myöhemmin, tulevaisuuden ohjelmia varten. Kameralla saadaan skannattua tarramerkeillä (merkityt asiat/esineet tarramerkeillä tarkoitetaan QR-koodin tapaista merkkiä, jonka robotti tunnistaa) jotka kamerajärjestelmä tunnistaa ja sen mukaan merkitsee ne omaan koordinaatistoonsa. Myös poimittavissa tuotteissa, joissa voidaan hyödyntää kyseistä järjestelmää, tullaan sitä käyttämään.

Konenäköjärjestelmä tulee helpottamaan robotin työskentelyä ohjauksen, navigoinnin, turvallisuuden, yhteistyön, ja objektientunnistuksen kanssa. Konenäön käyttö cobot-työolosuhteissa parantaa tuotannon laatua, nopeuttaa prosesseja ja lisää turvallisuutta, mikä tekee siitä arvokkaan työkalun nykyaikaisessa teollisuudessa.

6.3.3 Turvalaitteet

Kyseiseen soluun ei alkuun tule turva-aitoja. Cobottia ajetaan hitailla nopeuksilla. Soluun asennetaan alueskanneri, jota tullaan käyttämään ja suojaamaan näin robotin läheisyydessä toimivien henkilöiden turvallisuus. Kaikille robotin välittömässä läheisyydessä työskentelevien henkilöiden kanssa käydään koulutus robotin lähellä toimimisesta ja siihen liittyvistä turvallisuustoimenpiteistä.

6.4 Yhteydet

Työstökoneesta löytyy pikaharting teollisuusliitäntä, josta löytyy 9 lähtevää ja 9 tulevaa liitäntää. Robotilta lähtevillä liitännöillä käsketään esim. työstökoneen ohjelma päälle, akselit kiinni yms. eli lähtevillä voidaan käskellä toista laitetta robotin käyttöliittymän kautta. Tulevat lähdöt taas antavat robotille tietoa, mitä toinen siihen liitetty kone on tehnyt tai missä tilassa se on esim. työ valmis, työ kesken tai odottaa kappaletta.

6.5 Robottien vertailut

Seuraavissa luvuissa vertaillaan 10 kg, 20 kg ja 25/30 kg cobot-malleja, joista saatiin tarjoukset. Tässä huomioidaan myös liikuteltavuus, jota kyseisille malleille on tarjottu.

6.5.1 UR20 Universal Robots, 20 kg

Universal Robots kertoo (Universal Robots, 2024b) Yhteistyörobotti UR20 Universal Robots, 20 kg (kuva 12) on uusi Universal Robots yhteistyörobotti (Universal Robots, 2024b). Mallissa on uusi nivelrakenne, jonka kestävyyttä on parannettu. Isommat nivelet mahdollistavat suurimman vääntökapasiteetin, joka on 700 Nm. Robottijärjestelmän liikkeenlaskenta on optimoitu, mikä vapauttaa ohjaimelle lisää laskentatehoa käyttöliittymien käsittelyä varten. Rannenivelten nopeus on 210 astetta sekunnissa, mikä tukee käyttöä tehtävissä, kuten konepalvelussa ja pick&place-tehtävissä. Malli eroaa UR10e- ja UR16e-malleista siten, että nopeus ja suorituskyky ovat kehittyneet. UR20-mallin mukana toimitetaan tablet-tietokone ohjelmoinnin helpottamiseksi.

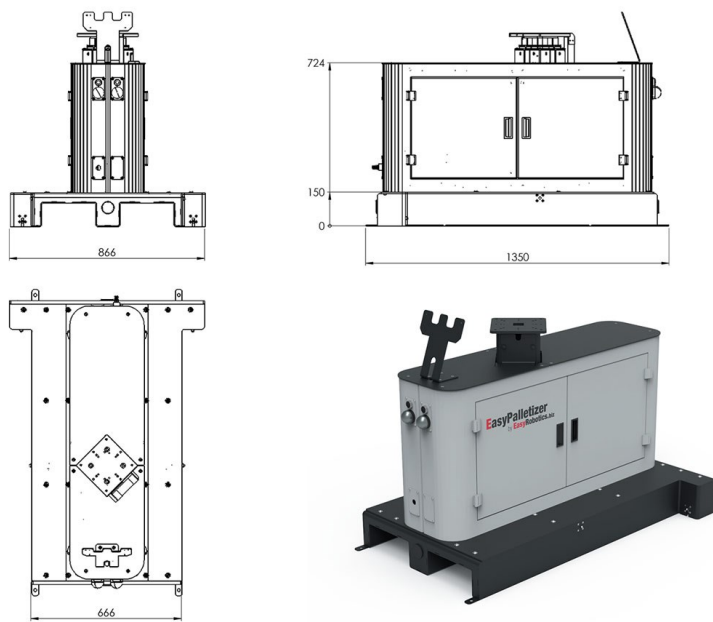
Teknistä tietoa tästä mallista (Universal Robots, 2024b):

- Käsittelykapasiteetti 20 kg.
- Ulottuma 1750 mm.
- Kuusi vapausakselia.
- IP65 luokiteltu.
- Täydellinen suojaus.
- Pölytiivis.
- Kestää vesisuihkun joka suunnasta.



Kuva 12. UR20 Universal Robots (Universal Robots, 2024b)

Robotilla on kaksi liikuttavuusvaihtoehtoa, jotka sopisivat soluun palletontialusta Easy-palletizer (kuva 13). EasyRobotics EasyPalletizer on lavausrunko, joka sisältää robottijalustan kiinnitysreikineen UR-roboteille. Siirrettävyys pumppukärryillä tai trukilla. Kiinnittäminen muuhun mekaniikkaan on suositeltavaa, jotta robottialusta ei pääse liikkumaan robotin liikkeiden aikana tai pumppukärryjen tai trukin tönäisystä johtuen.



Kuva 13. EasyPalletizer (EasyRobotics, i.a.)

Toisena vaihtoehtona toimisi GPPH-hitsauspöytä basic (kuva 14). Pöydän reikäjaon ansiosta pöytään olisi helppo kiinnittää tarvittavia lisäkappaleita tai apuvälineitä. Reikäjako on 100x100, reiän halkaisija on 16 mm. Pöytään on tilattavissa erikseen laaja valikoima erilaisia kiinnittimiä. Pöytää voidaan liikuttaa joko pumppukärryllä tai trukilla.



Kuva 14. GPPH-hitsauspöytä basic 1200x1000 (E.P. Migjako, i.a.).

6.5.2 Fanuc CRX-20iA/L, 20 kg ja Fanuc CRX-30iA, 25/30 kg

CRX-20iA/L on yksi yhteistyörobottien CRX-perheen uusimmista malleista (Fanuc, i.a.-a). Robottimallille on ainutlaatuinen kääntöliike, joka soveltuu sovelluksiin, joissa tarvitaan suurempaa hyötykuormaa. Robotti on suunniteltu käytettäväksi esimerkiksi lavaukseen, hitsaukseen, koneiden lastaukseen ja purkamiseen. Robotin ohjelmointi tapahtuu tablet-tietokoneella, jossa on raahaa ja pudota ominaisuus (drag and drop). Paikkojen tallennus voidaan suorittaa myös siirtämällä robottia käsin. Lisäksi ohjelmointi onnistuu Fanuc TP-ohjelmointitapaa käyttäen. Robotti on suunnattu käyttäjille, joilla voi olla vähän tai ei lainkaan aiempaa kokemusta robotiikasta.



Kuva 15. Fanuc CRX-20iA/L (FANUC, i.a.-a)

Teknistä tietoa tästä laitteesta (FANUC, i.a.-a):

- Käsittelykapasiteetti 20 kg.

- Ulottuma 1428 mm.
- Kuusi vapausakselia.
- IP67 luokiteltu.
- täydellinen suojaus.
- pölytiivis.
- Kestää hetkellisen upotuksen veteen.

Fanuc CRX-20iA/L voidaan asentaa liikuteltavalle vaunulle MTCF mobile -vaunu (kuva 9). Robotti asennetaan pyörillä varustetulle vaunulle, joten siirtäminen on helppoa eikä apuvälineitä tarvita esimerkiksi trukkia tai pumppukärryä. Vaunun pystyy lukitsemaan paikalleen lukitustassuilla.

Fanucin coboteissa tulee tablettiohjain (kuva 16). Tabletissa on drag and drop ominaisuus, joka on harjoitus tarkoitukseen parempi mutta kyseisessä sovelluksessa ei ole tarpeen.



Kuva 16. Fanuc teachpendant tablet (FANUC, i.a.-c).

6.5.3 ABB GoFa CRB 15000 GoFa 10

ABB:n GoFa 10- ja 12-malliset cobotit tarjoavat yrityksille mahdollisuuden parantaa automaatiotaan tehokkuuden lisäämiseksi (ABB, 2024). GoFa 10 pystyy käsittelemään 10 kg:n hyötykuormaa. GoFa 10 ja 12 ovat ABB:n malliston suurimpia hyötykuormaa käsitteleviä cobotteja, joilla on myös pidempi ulottuvuus. Näiden cobottien toistettavuus mahdollistaa niiden käytön läheisessä yhteistyössä työntekijöiden kanssa. GoFa-mallit tarjoavat ohjelmointimahdollisuuden, ja ne voidaan integroida tuotantoympäristöön. GoFa 10- ja GoFa 12 -mallit kykenevät liikkumaan kahden metrin sekuntinopeudella, ja virhemarginaali tällä nopeudella on 0,02 mm. Nämä ominaisuudet tukevat tarkkuutta ja toistettavuutta erilaisissa sovelluksissa.

Liikuteltavuusvaihtoehtona on teräs- tai alumiinikärry, joka on varustettu renkailla ja sen paikalleen saamista varten olevilla kiinnikkeillä. Alkuperäisen tarjotun kärryn ovat mitat 800 x 800 mm, mitat voivat muuttua alkuperäisestä.



Kuva 17. GoFa CRB 15000, GoFa 10 (ABB, i.a.-a)

Teknistä tietoa tästä laitteesta (ABB, i.a.-b):

- Käsittelykapasiteetti 10 kg.
- Ulottuvuus 1620 mm.

- Kuusi vapausakselia.
- IP67 luokiteltu
- Täydellinen suojaus.
- Pölytiivis.
- Kestää hetkellisen upotuksen veteen.

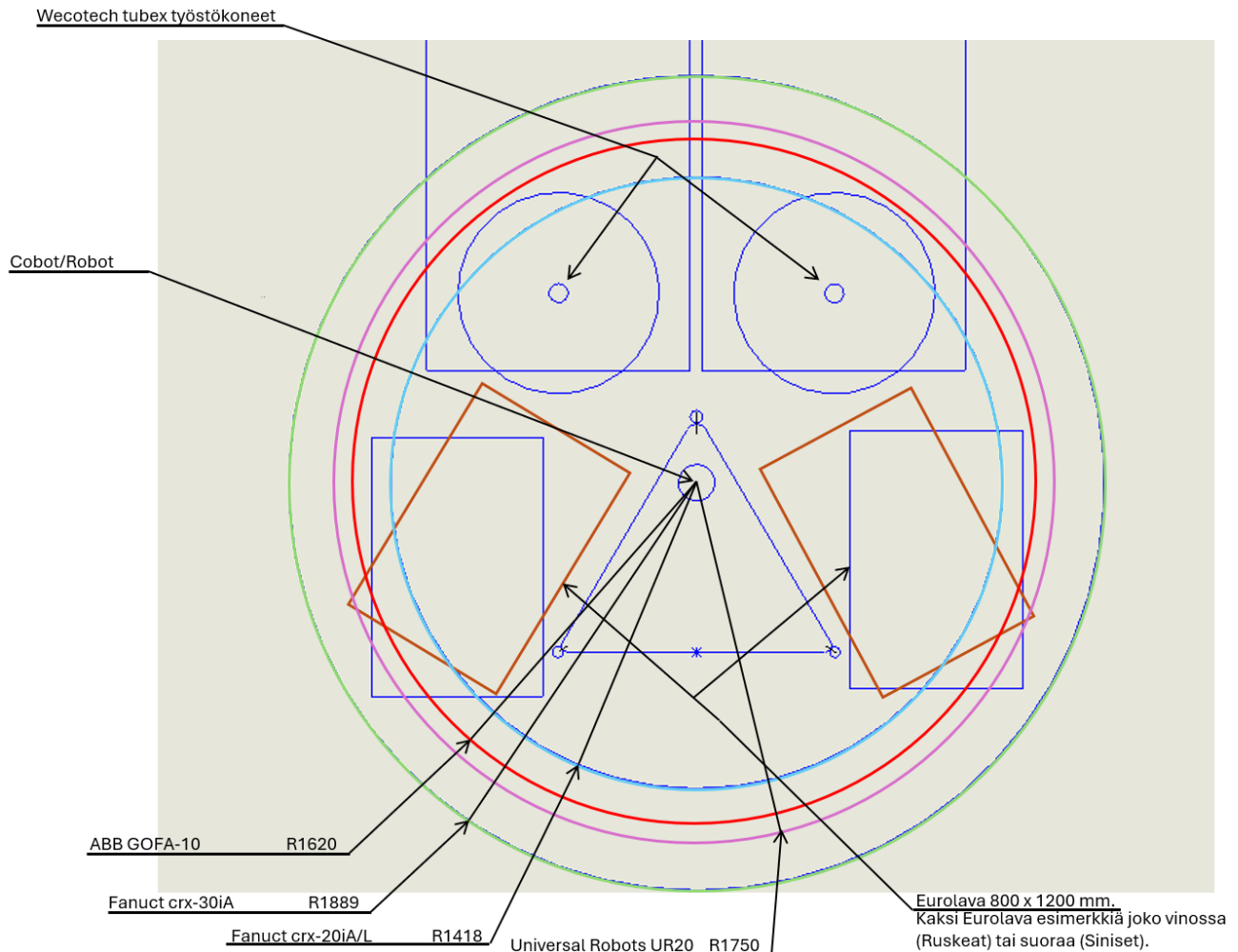
6.6 Cobotin valinta

Cobotin valintaan vaikutti moni asia. Cobotin valintaan piti miettiä, mitä halutaan solulta ja sen tulevaisuudelta. Isoin muuttuva tekijä, joka vaikutti cobotin valintaan, oli tulevaisuuden työkuvat ja sen monipuolisuus. Cobottien ulottuvuus oli iso osa cobotin valinnassa, jotta solusta saadaan toimiva myös tulevaisuuden muutoksia varten. Fanuc-mallien etu on helppo Liikuteltavuus. Isona tekijänä on se, ettei siihen tarvittaisi trukkia tai muita apuvälineitä. Liikuteltavuus olisi helppoa, kun sitä tullaan liikuttamaan toiseen työpisteeseen. Myös käsittelykapasiteetti tulee ottaa huomioon cobottia valitessa. Tämänhetkiseen työhön sillä ei juuri ollut väliä varsinkaan vaihtoehtojen kannalta, kappalepaino ei todennäköisesti ylittä edes 5 kg painon. Universal Robotsin UR20-malli, joka on verrattavissa CRX-30iA-malliin, on myös hyvä vaihtoehto cobotin valinnassa. Käsittelykapasiteetti ja ulottuvuus ovat riittävät, näin saataisiin varmasti kahden työstökoneen ratkaisukin toimimaan. Kaikista coboteista löytyy kamerajärjestelmä ja voima-anturi, jotka olivat vaatimuslistalla

Soluun valittiin cobotiksi ABB GoFa 10, 10 kg. Ulottuvuutta kyseisellä laitteella on 1620 mm, joka on riittävä soluun. Tehtaalta löytyy jo ainakin yksi ABB:n robotti, joka oli yksi tekijä cobotin valintaan. On hyvä pysyä tietyissä merkeissä, jotka ovat tuttuja. Cobotin liikuteltavuusratkaisu on saman kaltainen kuin Fanucin cobotissa. Se on kärry, joka liikkuu renkailla ja on helppo telakoida lattiaan tai toimipisteen koneeseen kiinni. Cobottiin tulisi kaksi kolmisormitarttujaa ja kaksi alueskanneria.

6.6.1 Jatkosuunnitelmat

Kuvassa 18 näkyy yksi jatkosuunnitelmista, joita solulle on jo mietitty. Suunnitelma olisi kahden putkenmuovauskoneen käyttäminen yhdellä cobotilla. Kyseisessä solussa muovataisiin kappaleita, joita muovataan kaksi kertaa molemmista päistä linjastotyyllisesti. Toinen cobotille suunniteltu työ tulisi olemaan suhteellisen yksinkertaisempi pic&place-ohjelma.



Kuva 18. Kahden Wecotec -työkoneen ja robottien ulottuvuuksien pohjapiirros

Kuvassa 18 cobotin tasona/pöytänä on käytetty mallina Fanucin kanssa yhteensopivaa MTCF mobile -vaunua. Lopullisessa solussa taso, missä cobotti on kiinni, voi muuttua. Cobotin pöydän taakse mahtuu vielä yksi taso tai eurolava, jos sille on tarvetta esimerkiksi kappaleiden tarkistusta varten.

Ensimmäinen ongelma, johon kyseisessä solussa törmättäisiin, olisi keskikokoisten ja hieman isompien osien kanssa, niiden tuonti määrät koneistettavaksi. Jos käytetään euro-lavaa tähän, on mietitty ratkaisuksi liukuhihnoja, johon saataisiin esim. pystyyn kappaleita isompi määrä, ettei solulta lopu työ kesken ensimmäisen 30 min jälkeen. Hihna tulisi työtökone kylkeä pitkin ylhäältä alas, jolloin saataisiin valmiille kappaleille kaksi lavaa koneen toiselle puolelle ja taakse.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa toimeksiantajan tehtaalla olevaan työstökoneeseen robotin/cobotin hankinnan esiselvitys ja hankinta. Esiselvityksen tavoitteena oli tutkia teknologioita, joita robotti tulisi tarvitsemaan, ja solu tulisi tarvitsemaan ja miten solu tulisi toteuttamaan. Opinnäytetyössä päästiin näihin tavoitteisiin. Solun jatkoa on myös jo ajateltu. Soluun tullaan luultavasti tulevaisuudessa hankkimaan liukuhihna, josta tavara syötetään robotille. Toinen työstökone on jo tulossa soluun lisättäväksi.

Solun robotisoinnissa oli osittain haasteita mutta aihe oli mielenkiintoine. Robottimaailmassa teknologiat kehittyvät koko ajan. Ne mahdollistavat vaikeidenkin kokonaisuuksien robotisoinnin. Rajoitteita tuottaa yleensä solussa toimiva työstökone tai muu robotin kanssa toimiva laitteisto.

Opinnäytetyön tutkimus oli mukavaa ja mielenkiintoista toteuttaa. Opinnäytetyön kautta tustuin robotisointiin ja cobotteihin. Opinnäytetyössä perehdyin robotisointiin liittyviin teknologioihin ja saatiin kokemusta myös hankintaan liittyvistä asioissa esim. tapaamisten ja koulusten pitämistä.

Tutkimuksen suorittaminen toimeksiantajalle oli itselle mielekästä ja mielenkiintoista. Aihe tarjosi haasteita ja omalle kohdalle kehittymismahdollisuuksia. Yhteistyö sujui toimeksiantajan kanssa erinomaisesti. Toimeksiantaja ja koulu tarjosivat apua tutkimukseen aina pyydettyäessä, mikä helpotti työnkulkua.

LÄHTEET

ABB. (i.a.-a). *GoFa CRB 15000. Datasheet.*

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107991A8564&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

ABB. (i.a.-b). *GoFa CRB 15000.* <https://new.abb.com/products/robotics/robots/collaborative-robots/crb-15000>

Andersson, M. (2.5.2023). *Turvallisuutta yhteistyörobotisovelluksiin.*

<https://www.sick.com/fi/fi/turvallisuutta-yhteistyörobotisovelluksiin/w/blog-fi-collaborative/>

ATI. (i.a.). *ATI Robotic Tool Changers.* <https://www.ati-ia.com/products/toolchanger/applications/qc20article1.aspx>

Black Box. (i.a.). *Serial Communication Interfaces: RS-232 and RS-485* <https://www.blackbox.com/en-gb/insights/blackbox-explains/inner/detail/networking/technologies-standards-and-interfaces/serial-communication-interfaces-rs-232-and-rs-485>

Borunte. (2023). *Three mainstays Of The Robot World: Guide Rails, External Axes, And Ground Rails.* <https://www.borunte.net/info/three-mainstays-of-the-robot-world-guide-rail-87444224.html>

Bouchard, S. (13.5.2014). *What Are The Communication Protocols Used In Industrial Robots? Robotiq Blog.* <https://blog.robotiq.com/bid/32559/What-Are-The-Communication-Protocols-Used-In-Industrial-Robotics>

EasyRobotics. (i.a.). *EasyPalletizer.* <https://easyrobotics.biz/product/easypalletizer/>

Emergent vision technologies: Tech portal. (i.a.). *Anatomy of a machine vision system.*

<https://emergentvisiontec.com/tech-portal/anatomy-of-a-machine-vision-system/>

E.P. Migjako. (i.a.). *GPPH hitsauspöytä BASIC 1200x1000.* <https://www.epmigjakone.fi/hitsaus/hitsauspoydat-ja-kiinnittimet/gpph-hitsauspoydat/basic-hitsauspoydat/gpph-hitsauspoyta-basic-1200x1000/2444/>

Fanuc. (i.a.-a). *CRX-20iA/L*. <https://www.fanuc.eu/fi/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/crx-20ial>

Fanuc. (i.a.-b). *CRX-30iA*. <https://crx.fanuc.eu/fanuc-cobot-crx-30ia/>

Fanuc. (i.a.-c). *Tablet Teach Pendant*. <https://www.fanuc.eu/eu-en/accessory/controller/tablet-teach-pendant>

Fennosteel. (i.a.). *Fennosteel*. <https://fennosteel.com/>

Greene, N. (16.9.2024). *Auvik. 16 Most Common Network Protocols*. <https://www.auvik.com/franklyit/blog/common-network-protocols/>

Gupta, A., Arora, S., & Westcott, J. (2017). *Industrial Automation and Robotics*. Mercury Learning and Information.

HepcoMotion. (i.a.). *DUALVEE ROBOT TRANSFER UNIT*. <https://www.hepcotion.com/product/gantries-and-system-solutions/dualvee-robot-transfer-units/>

International Organization for Standardization (ISO). (2016). *Robots and robotic devices: Collaborative robots*. (ISO/TS 15066).

Malm, T., & Salmi, T. (2019). *Yhteistyörobotit tulevat – oletko valmis? Automaatioväylä*. https://www.automaatiovayla.fi/wp-content/uploads/2019/12/Automaatiovayla_6_2019.pdf

MHI. Warehouse Automation. (2023). *AGV and AMR Misconceptions*. <https://www.warehouseautomation.org/2023/11/21/agv-and-amr-misconceptions/>

Mobile Industrial Robot. (2024)., *AGV vs AMR – What's the difference?* <https://mobile-industrial-robots.com/blog/agv-vs-amr-whats-the-difference>

MTC Flextek. (i.a.). *MTCF Mobile cell*. <https://mtcflextek.fi/tuotteet-ja-palvelut/yhteiskaytto-robotiikka/>

Onrobot. (i.a.). VGC10 – *Kompakti, mukautettava sähköinen vakuumitarra*.

<https://onrobot.com/fi/toutteet/vgc10>

Owen-Hill, A. (05.03.2021). *The 7 Best Robot Applications for a Force Sensor*.

<https://blog.robotiq.com/7-great-robot-applications-for-a-force-sensor>

Pact Automation. (2023). *Tool Changers: benefits, types, and considerations for selecting the right tool changer*.

<https://pactautomation.com/2023/04/11/tool-changers-benefits-types-and-considerations-for-selecting-the-right-tool-changer/>

Reach Robotics. (i.a.). *force and torque sensors and their use in robotic manipulation*.

<https://reachrobotics.com/blog/force-and-torque-ft-why-are-they-of-interest-in-robotics/>

Robots Done Right. (i.a.-a). *Benefits of Robotic Force Sensors*.

<https://robots-doneright.com/Articles/benefits-of-robotic-force-sensors.html?srsId=AfmBOop-vvl-MOJ3gpdYzVbtitQGmAgIVgZgZHYRRYaitdDmkXzjbFbF>

Robots Done Right. (i.a.-b). *Safety Equipment Options for Robotic Workcells*.

<https://robots-doneright.com/Articles/safety-equipment-options-for-robotic-workcells.html>

Robtos.com. (24.9.2017). *Safety Options for Robotic Systems*.

<https://www.robots.com/articles/safety-options-for-robotic-systems>

Roehl, C. (6.6.2020). *Know Your Machine: Industrial Robots vs. Collaborative Robots*.

<https://www.universal-robots.com/blog/know-your-machine-industrial-robots-vs-cobots/>

Sango Automation. (13.11.2021). *Erot yhteistyörobotin ja teollisuusrobotin välillä*.

<https://fi.sango-robot.com/info/difference-between-cooperative-robot-and-indus-63768984.html>

Schunk. (i.a.-a). *PGL-plus-P Universal gripper*.

https://schunk.com/de/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgl-plus-p/c/PGR_6511

Schunk. (i.a.-b). *SWS Quick change system*. https://schunk.com/de/en/automation-technology/change-systems/sws/c/PGR_1135

Schüppstuhl, T., Tracht, K., & Fleischer, J. (2022). *Annals of Scientific society for Assembly, Handling and Industrial Robotics 2022*.

Shoplogix. (27.02.2024). *What are industrial communication protocols?* <https://shoplogix.com/what-are-industrial-communication-protocols/>

SP Automation & Robotics. (2022). *Top Types of Grippers Used with Collaborative Robots (Cobots)*. <https://sp-automation.co.uk/top-types-of-grippers-used-with-collaborative-robots-cobots/>

Suomen Standardisointiliitto (SFS). (2011). *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluPeriaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen*. (SFS-EN ISO 12100).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2013). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit*. (SFS-EN ISO 10218-1).

Suomen Standardisointiliitto (SFS). (2014). *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa2: Kelpuus*. (SFS-EN ISO 13849-2).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2016). *Robots and robotic devices. Collaborative robots*. (ISO/TS 15066:2016).

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2017). *Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät*. (SFS-EN ISO 10218-2).

Techman Robot. (i.a.). *7 Reasons to Use Cobots*. <https://www.tm-robot.com/en/advantages-of-cobots/>

Testbook. (21.08.2023). *Type of Fit: Lean clearance, Interference & Transition Fit With Examples*. <https://testbook.com/mechanical-engineering/types-of-fit>

Universal Robots. (7.5.2020). *Types of grippers used in manufacturing.* <https://www.universal-robots.com/fi/blogi/types-of-grippers-used-in-manufacturing/>

Universal Robots. (16.5.2022). *Cobots 101: What you need to know.* <https://www.universal-robots.com/blog/cobots-101-what-you-need-to-know/>

Universal Robots. (2024a). *Cobotit tarjoavat mullistavia etuja.* <https://www.universal-robots.com/fi/yhteistyorobottien-edut/>

Universal Robots. (2024b). *UR20 Robot.* <https://www.universal-robots.com/products/ur20-robot/>

Universal Robots. (i.a.). *Why Cobots? | All the Benefits of Collaborative Robots.* <https://www.universal-robots.com/products/collaborative-robots-cobots-benefits/>

Wecotech. (i.a.). *TUBEX IO-S 200.* <https://wecotech.ch/sammelseite/produkte/weco/tubex-io-s>

Zebra. (i.a.). *What is a machine vision camera?* <https://www.zebra.com/us/en/resource-library/faq/what-is-machine-vision-camera.html>

LIITTEET

Liite 1. Yhteistyörobotisolun riskiarvio

Yhteistyörobottisolun riskienarviointi

Liite

SAULI TUURI
FENNOSTEEL OY
FENNONKATU 1

Sisällys

1.	JOHDANTO	2
2.	RAJA-ARVOT	3
	2.1 Käyttörajat	3
	2.2 Tilarajat	3
	2.3 Aikarajat	3
3.	RISKIEN ARVIOINTI	4
4.	YHTEENVETO	12

1. JOHDANTO

Riskiarvioinnilla on tarkoitus tunnistaa Parkanon FENNOSTEEL Oy:n tiloissa toimivan cobottisolun läsnä olevat ja käytön aiheuttamat vaaratilanteet ja arvioida niiden realistiset vakavuudet sekä tunnistettujen vaarojen realisoitumisen todennäköisyys ja ratkaista keinot riskien alentamiseksi siedettävälle tasolle.

Riskien arvioinnissa sovelletut standardit:

- **ISO 13849-1:2023.** Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet
- **ISO 10218-2:2011.** Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät.
- **ISO 12100.** Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen.
- **ISO 15066.** Robots and robotic devices – collaborative robots.

Dokumentti sisältää ehdotuksia, joilla robottisolun riskejä voitaisiin pienentää ja turvallisuutta parantaa.

Riskien arvioinnissa on tiettyjä epävarmuuksia, jotka on syytä ottaa huomioon riskien arvioinnin tarkastelussa. Esimerkiksi, ettei kyseistä solua ole vielä olemassa vaikka hankinnat on jo tehty. Kohteeseen on tehty layout-suunnitelma, joka sisältää soluun tulevat laitteet, työkalut ja työtasot.

Riskiarvioinnissa arvioidaan robottisolua kokonaisuudessaan ja robotinsolun käytön aiheuttamia riskejä ohjelmointitilanteessa ja automaattiajon aikana. Huomioon on otettava myös ennakoitavissa olevat mahdolliset väärinkäytöt.

2. RAJA-ARVOT

2.1 Käyttörajat

Robottisolua tulee käyttämään Fennosteel Oy:n työntekijät. Robottisolun käyttäjät ovat saaneet neljän päivän koulutus GoFa 10 robottisolun toiminnoista ja ohjelmoinnista. Yhdellä henkilöllä on aiempaa kokemusta robottien ohjelmoinnista ja käytöstä.

Robottia käytetään toisen laitteen kanssa, joka muovaa ruostumattomia teräsputkia. Robottisolun läheisyydessä on muita työntekijöitä, heille järjestetään koulutus/info robotin läheisyydessä työskentelemisestä. Kulkua robotin läheisyydessä on satunnaisesti, mutta se pyritään tehdä mahdollisemman kaukaa tai niin ettei astuta koneen työ alueeseen.

Riskiarviossa oletetaan robotin turva-asetukset ovat käytössä ja robottiin kohdistuva maksimivoima on säädetty malliohjelman teon jälkeen mahdollisimman matalaksi.

2.2 Tilarajat

Robotin maksimi ulottuvuus on 1620 mm säteellä robotin jalustasta, lisäksi tulisi olla vähintään n. 500 mm turva-alue maksimi liikeradan ympärillä, kun robotti on käytössä. Solun käyttäjien vaatima tila voi vaihdella hieman käyttäjien mukaan.

Huolto tilanteissa (jos tarve) robotti siirretään sivuun, jolloin huoltotehtävillä on paremmin tilaa. Tarvittaessa irrotetaan lisäksi paineilma ja sähkösyöttö.

Robotinsolu sijaitsee tuotannon puolella hallissa, joten vaadittavat henkilösuojaimet ovat tarpeelliset myös robottisolussa (kuulosuojaus, suojalasit ja turvakengät).

2.2 Aikarajat

Robotin suositelluista huoltotoimenpiteistä ja ajankohdista löytyy ohjeet, ABB Library sivulta (<https://library.abb.com/r?cid=9AAC175439>). (3HAC077389 PM CRB 15000-en.pdf) Tiedostosta löytyy cobot-sarjaan liittyvät huolto asiat.

Robotin ohjemanuaalissa kehoitetaan tekemään ennakoivaa kunnossapitoa. Riskiarvioinnissa oletetaan, että kyseisiä ennakoivia kunnossapitotoimia ja muita tarkastuksia suoritetaan ohjeistuksen mukaan. Korjaus toimenpiteitä tarvittaessa otetaan yhteys valtuutettuun järjestelmätoimittajaan/Valmistajaan.

3. RISKIEN ARVIOINTI

Riskien arvioinnissa mahdolliset vaaratilanteet ja niiden toteutumisen todennäköisyys sijoitetaan taulukkoon, joka auttaa hahmottamaan riskien kokonaiskuvan. Riskin vakavuus määritellään sen mukaan, kuinka todennäköinen tapahtuma on ja kuinka vakavat seuraukset sillä olisi.

Todennäköisyys	1	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
	0,9	0,9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	
	0,8	0,8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	
	0,7	0,7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
	0,6	0,6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
	0,5	0,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
	0,4	0,4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
	0,3	0,3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	
	0,2	0,2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
	0,1	0,1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Seurausten vakavuus

Vähäinen riski	0,1 ...5
Siedettävä riski	6...15
Kohtalainen riski	16...28
Merkittävä riski	29...48
Sietämätön riski	49...100

Riskien arvioinnissa valittiin 5-portainen menetelmä, joka asettaa riskit asteikolle 0,1–100, koska sen avulla voidaan arvioida yksittäisiä riskejä tarkasti. Vakavuuden arviointia asteikolla "lievä", "vaikea" ja "kuolema" ei tässä yhteydessä pidetty tarkoituksenmukaisena, koska robotisolun riskien todennäköiset seuraukset jäivät pääasiassa lieviksi. Tämä johtuu esimerkiksi robotin ja liikuteltavien taakkojen pienestä massasta sekä ennakoitavissa olevista maltillisista liikenopeuksista.

Vaaratilanteiden tunnistamisessa hyödynnettiin standardissa ISO 10218-2 määriteltyä listaa robottisolun liittyvistä vaaratilanteista. Listassa esitetyt vaarat käsiteltiin niiden osalta, jotka olivat merkityksellisiä robottisolun kannalta. Vähäiset riskit, jotka todettiin hyvin epätodennäköisiksi tai mahdottomiksi ja joiden vakavuus oli vähäinen, jätettiin pois dokumentista sen selkeyden vuoksi ja jotta olennaiset riskit saataisiin paremmin esille.

Todennäköisyys luokittelu:

1,0	Tapahtuminen on varma
0,9	Tapahtuu lähes varmasti
0,8	Hyvin todennäköinen
0,7	Todennäköinen
0,6	Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen yhtä todennäköisiä
0,5	Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen yhtä todennäköisiä
0,4	Mahdollinen, mutta epätodennäköinen
0,3	Epätodennäköinen
0,2	Hyvin epätodennäköinen
0,1	Lähes mahdoton, äärimmäisen epätodennäköinen

Vakavuuden luokittelu:

100	Hyvin vakavia vammoja, kuolema
90	Kahden raajan menetys, sokeutuminen, halvaantuminen tai muita vastaavia pysyviä vammoja
80	
70	Raajan, silmän tai kuulon pysyviä vammoja
60	
50	Suuren luun murtuma tai vaikea sairaus (parantuva), lieviä pysyviä vammoja (pala pois sormesta tms.)
40	
30	Pieni luunmurtuma tai lievä sairaus (parantuva)
20	Haava, hankauma, huonoa oloa
10	Naarmuja tai mustelmia
1	Ei seurauksia

<p>Puristuminen ohjelmoinnin/käsi-ajon aikana</p>	<p>Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle</p>
<p>Mahdollinen, mutta epätavallinen 0,4</p> <p>Vakavuus 20</p>	<p>Ohjelmoinnin aikana robottia voidaan ohjata käsiohjaimen avulla tai liikuttamalla sen vartta fyysisesti käsin. Käsiohjauksessa robotin jarrut vapautuvat, jolloin vartta pystytään liikuttamaan manuaalisesti. Tämä voi kuitenkin johtaa siihen, että robotti alkaa liukua alaspäin, jos vartta ei tueta kunnolla. Tällöin on olemassa riski, että toinen käsi voi jäädä kevyesti puristuksiin, kun robotti valuu alaspäin. Nykyisissä coboteissa todella epätodennäköistä mutta jos cobotin säädöt ovat väärissä parametreissa on tämä mahdollista.</p> <p>Kun robottia ohjelmoi vain yksi henkilö, hänen käntensä ovat käsiohjaintabletilla, jolla robottia ohjataan ja jossa myös hätäpysäytyspainike sijaitsee. Ohjelmointi suoritetaan robotin sivulta tai edestä, mikä tekee puristumisvaaran epätodennäköiseksi.</p> <p>Riskiä voidaan vähentää asettamalla robotille turvarajat, jotka rajoittavat sen liikkeitä robottisolun toiselle puolelle. Näin varmistetaan, että pääsy työstökoneen hätäpysäytyspainikkeelle säilyy turvallisena, vaikka robotti olisi liikkeessä.</p> <p>Robotin liikeratojen testaaminen hitaammilla nopeuksilla vähentää riskiä.</p> <p>Robotin vikatilanteessa puristuminen on epätodennäköistä, koska jos robotti rikkoo sille asetettua ehtoa (maksimivoima, turva-alue, vääntö tms.) robotti katkaisee virran ja vaatii robotti jarrujen manuaalisen vapautuksen ohjelmointitabletin kautta tai vika tilan kuitaamisen.</p>

<p>Robotin törmäys ihmiseen ohjelmoinnin aikana (vapaa-tilassa)</p>	<p>Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle</p>
<p>Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen yhtä todennäköistä 0,5</p> <p>Vakavuus 25</p>	<p>Robotin mahdollinen törmäys ihmiseen ohjelmoinnin aikana voi johtua joko ohjelmointivirheestä tai käyttäjän tarkkaamattomuudesta.</p> <p>Ohjelmointivirheet ovat todennäköisiä, jonka vuoksi liikkeitä tulee testata aina alennetuilla liikenopeuksilla. Ohjeistus alennetuista liikenopeuksista voidaan kuitenkin unohtaa tai laiminlyödä.</p> <p>Manuaalisessa ajossa robotin liikkeet ovat melko hitaita, mikä vähentää sekä vakavan onnettomuuden riskiä että sen todennäköisyyttä.</p> <p>Riskiä voidaan vähentää asettamalla robotille turvarajat, jotka rajoittavat sen liikkeitä robottisolun toiselle puolelle. Tällä tavoin pääsy työstökoneen hätäpysäytyspainikkeelle säilyy turvallisena robotin liikkuessa.</p> <p>Robotille pääsyä rajaamalla voidaan myös ehkäistä ulkopuolisille aiheutuvaa riskiä.</p>

Puristuminen automaattiajon aikana	Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle
<p>Mahdollinen, mutta epätavallinen 0,4</p> <p>Vakavuus 30</p>	<p>Puristumisen todennäköisyys automaattiajon aikana pienentyy asentamalla robottiin turvaskanneri, jolloin riskin todennäköisyys laskee (0,2).</p> <p>Turva skannereita tulee 1–2 kappaletta tilasta riippuen missä robotti työskentelee.</p> <p>Turvaskannerin ja turvarajojen määrittämisen yhteisvaikutuksella puristumisriskiä voidaan tehokkaasti vähentää.</p> <p>Robotissa on ohjelmistolla toteutettu voiman ja momentin valvonta, joka puristumisen tapahtuessa rajoittaa voiman ja momentin robotin turva-asetuksissa määritettyyn arvoon, joka pienentää puristumisriskin vakavuutta, mutta se ei pienennä itse puristumisriskiä.</p>

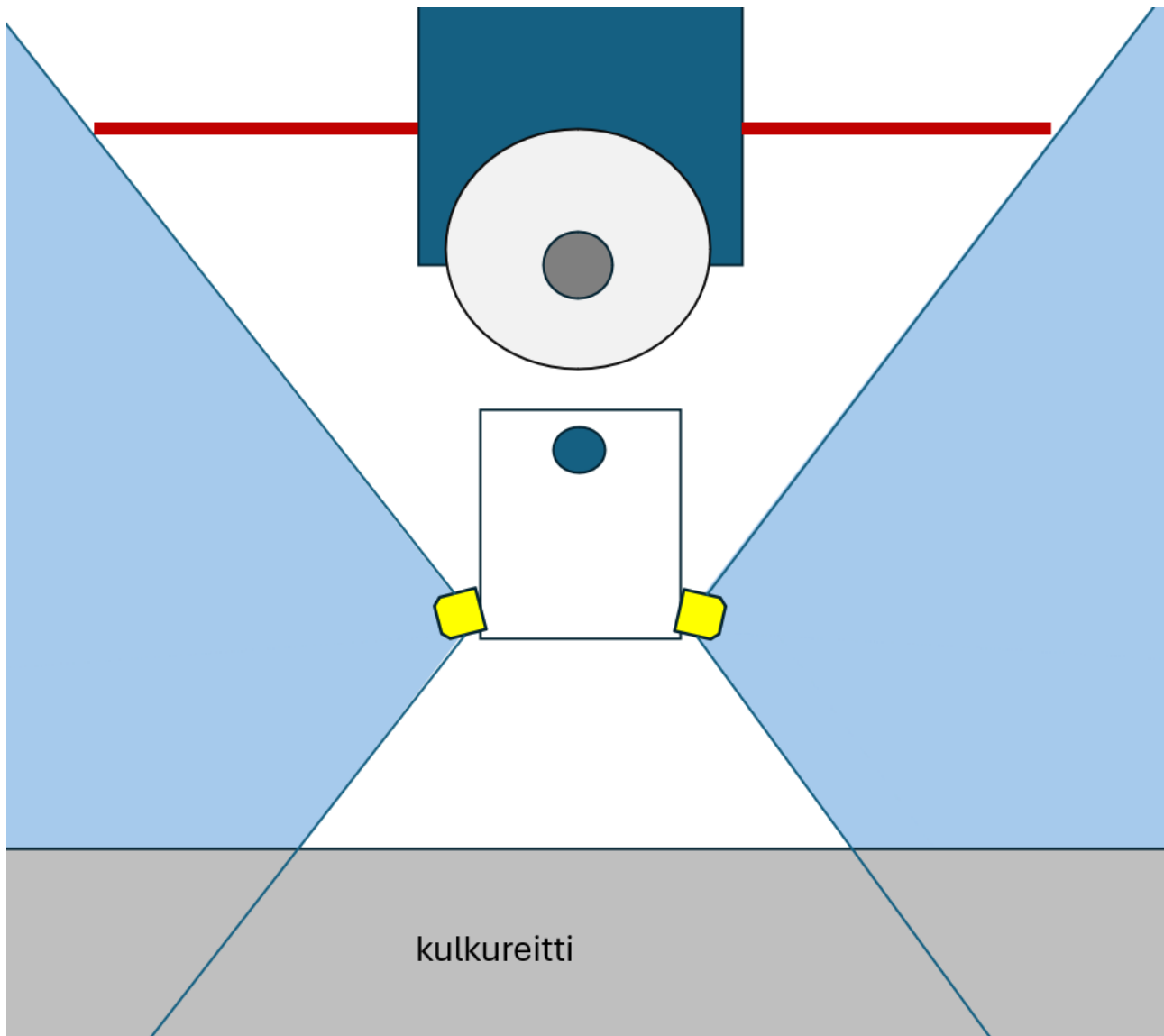
Robotin törmäys ihmiseen automaattiajon aikana (vapaa-tilassa)	Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle
<p>Tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen yhtä todennäköistä 0,6</p> <p>Vakavuus 30</p>	<p>Turvaskannerin sekä sille määritettyjen liikeratojen hidastamisen ja robotin pysäyttämisen vyöhykkeiden avulla törmäysriskin todennäköisyyttä voidaan arvioida (0,2), samalla kun varmistetaan robottisolun läheisyydessä käytettävyyden säilyminen vaihtelevassa liikenteessä.</p>

<p>Takertuminen robotin vaatekappaleeseen automaattiajon aikana</p>	<p>Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle</p>
<p>Mahdollinen, mutta epätavallinen 0,4</p> <p>Vakavuus 20</p>	<p>Robotti voi tarttua kiinni vaatteisiin, kuten hihaan, mutta tämä riski on suhteellisen pieni, koska robotin nivelet seuraavat tarkasti kuormitusta, voimaa ja momenttia. Lisäksi turvaskanneri ja turva-alueet vähentävät riskiä merkittävästi.</p>

<p>kappaleen irtoaminen automaattiajonaikana</p>	<p>Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle</p>
<p>Mahdollinen, mutta epätavallinen 0,4</p> <p>Vakavuus 20</p>	<p>Robotin kourasta voi irrota kappa ohjelmointi tai muusta virheestä. Riskiä vähentää ohjelman testaaminen.</p> <p>Suoja varusteiden käyttö minimoi vauriot.</p>

Robottisolussa osoittautui, että olisi turvallisuuden kannalta eduksi määritellä erillinen työalue, josta robottia ohjelmoidaan. Muussa tapauksessa työstökoneen ohjaustaulu ja hätäseis-painike voivat jäädä käyttäjän ulottumattomiin robotin liikkeiden aikana. Järjestely myös selkeyttäisi robottisolulla työskentelyä ja lisäisi työturvallisuutta.

Työalue voidaan vaihtoehtoisesti määritellä myös turvaskannerilla, jolloin työalueet määritetään yhteiseksi työalueeksi robotille ja ihmiselle, jonka vuoksi ihmisen ollessa määritetyllä työalueen läheisyydessä liikenopeudet laskevat tai vaihtoehtoisesti automaattiajon aikana yhteistyöalueelle astuessa robotti suorittaa turvapysäytyksen.



Kuva 1. Havainnollistava kuva turvarajoista

Turvaskannerit estävät koneen lähelle menon automaattiajon aikana. Robotille voidaan säätää turva asetus ette robotti pääse kääntymään 360 astetta.

- Turvaskannerit ovat merkattu kuvassa keltaisella.
- kuvan yläosassa putken muovaus kone.

- punaiset viivat ovat mahdolliset turva-aidat. Turva-aidoilla on tarkoitus estää koneelle pääsy takaapäin.
- siniset keilamaiset alueet ovat turvaskannerin alueet, joita ne valvovat.

Ohjelmoinnin aikana törmäys- ja puristumisriskejä voidaan vähentää kuvassa esitetyllä ratkaisulla. Riskin todennäköisyys pienenee tehokkaimmin, kun turvaskanneria ja turvarajoja käytetään yhdessä. Turvaskanneri varmistaa pääasiassa automaattisen toiminnan turvallisuuden, kun taas turva-alueiden asettaminen parantaa manuaalisen ajon ja ohjelmoinnin turvallisuutta.

Ympäristöstä aiheutuvat riskit	Perusteluja todennäköisyydelle / vakavuudelle
<p>Melu</p> <p>Todennäköinen 0,7</p> <p>Vakavuus 20–40</p>	<p>Hallinpuolella on vaihtelevasti melua. Robottisolulla on käytettävä kuulosuojaimia kuten muutenkin koko hallin alueella. Pitkäaikainen tai hetkellinen altistuminen kovalle melulle voi aiheuttaa kuulonalenemia. Robottisolulla pätevät samat turva ohjeistukset kuin koko hallissa.</p>
<p>Liukastuminen/ kompastuminen objektiin</p> <p>Mahdollinen, mutta epätavallinen 0,4</p> <p>Vakavuus 30</p>	<p>kompastuminen tai liukastuminen on mahdollista, syinä voi olla robotin kaapelit, öljyinen lattia tai irtotavara lattialla.</p> <p>Lattioiden puhtaudesta huolehtiminen alentaa riskiä.</p> <p>Kompastumisen tai liukastumisen seurauksena voi esimerkiksi tulla pieni murtuma tai nyrjähdys.</p>

4. YHTEENVETO

Puristuminen ohjelmoinnin/käsi-ajon aikana	Siedettävä
Robotin törmäys ihmiseen ohjelmoinnin aikana (vapaassa tilassa)	Siedettävä
Puristuminen automaattiajon aikana	Siedettävä
Robotin törmäys ihmiseen automaattiajon aikana (vapaassa tilassa)	Kohtalainen
Takertuminen robotin vaatekappaleeseen automaattiajon aikana	Siedettävä
kappaleen irtoaminen automaattiajonaikana	Siedettävä
Melu	Siedettävä
Liukastuminen/ kompastuminen objektiin	Siedettävä

Mahdollisia vaihtoehtoja riskien pienentämiseen


- Koneen kanssa työskentelevien ihmisten on hyvä perehtyä ABB Robotics Emergency safety information Operating manual joka on robotin mukana.
- Turvaskanneri (automaattiajon aikana)
 - o Kaksi aluetasoa
 - Liikkeiden hidastus jos/kun ihminen astuu turva-alueelle esim. 250 mm/s.
 - Robotin turvapysäytys, kun ihminen astuu/astumassa yhteistyö-alueelle. (tarkoittaa aluetta johon robotti ei vielä yletä mutta ihminen on välittömässä vaarassa)
- Jos jostain syystä turva skannerit eivät ole käytössä on robotin liikkeet rajoitettava niin alhaisiksi, ettei ne tuota ylimääräisiä vaara tilanteista.

Huomioitavaa:

- Robotin kontaktissa sallittu maksimivoima kannattaa asettaa mahdollisimman alhaiseksi, jolloin robotti pysähtyy herkemmin turvallisuussyistä. Koska robotti käsittelee

kevyitä taakkoja, työvaiheessa ei synny suuria voimia, mikä mahdollistaa pienemmän sallitun maksimivoiman käytön. Kuitenkin tarkka arvo on määriteltävä malliohjelman laatimisen yhteydessä, jotta vältetään turhista pysähdyksistä, jotka voisivat häiritä käyttöä, jos voimaraja olisi liian alhainen suhteessa työvaiheen rasitukseen.

SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Fennosteel ABB GoFa 10 Turvaskanneri

Tiedoston päiväys: 14.11.2024 15.43.37 Raportin päiväys: 14.11.2024 Tarkistussumma: 64b46b595be72525d399f4dc2add52a

PR Projektin nimi: Fennosteel ABB GoFa 10 Turvaskanneri

Projektitiedoston nimi: C:\Users\stul\Desktop\sistema\FennosteelABBGoFa10Turvaskanneri.ssm

Valmistumisen päivämäärä: 14.11.2024 13.56.41

Projektin tila:

Projektin numero:

Projektin versio:

Tekijät: Sauli Tuuri

Projektista vastaavat:

Tarkastajat:

Vaarallinen kohta/kone:

Dokumentaatio:

Dokumentti:

Ohjelmiston versio: 2.1.1 build 2

Standardin versio: ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012

Tarkistussumma: 64b46b595be72525d399f4dc2add52a1

Asetukset:

Käytä DC:n väliarvoja PFHD:n laskentaan (tarkempi).

MTTFD-arvon pienentäminen luokkaa 4 varten arvosta 2500 arvoon 100 vuotta.

Tila: ✔ vihreä

Huomautus: Tähän projektiin (tai siihen kuuluviin peruselementteihin) ei ole merkitty yhtään varoitusta.

Tulostusasetukset

Näytä turvatoiminnot näytä myös alajärjestelmät

näytä myös lohkot näytä myös elementit

Tähän kuuluvat turvatoiminnot

SF Nimi: Automaattiajion Keskeutus kun turva-alueella tunnistetaan henkilö tai objekti

Vaadittu: PLr d Saavutettu: PL d PFHD [1/h]: 4,1E-7 Tila: vihreä

Luettelo laitteista, joiden sallittu käyttöaika (T10D) on alle 20 vuotta:

- Laitteita ei tiedossa -

Tähän kuuluvat alajärjestelmät

SB Nimi: MicroScan3 Pro I/O - EFI pro (Stand 2024-01)

Resulting PL: d	PFHD [1/h]: 8E-8	Luokka (Cat.): 3
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: MicroScan3 Pro I/O - EFI pro (Stand 2024-01)

Resulting PL: d	PFHD [1/h]: 8E-8	Luokka (Cat.): 3
MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: [3b] Protective / Emergency Stop_input via Safe Bus

SISTEMA on IFA:n kehittämä maksuton työkalu Sivu 1 / 3

Sisteman ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden arviointiin.

Vaadittava suoritustaso: d

Saavutettu suoritustaso: d

Julkaistu riskiarvio saattaa erota käytössä olevasta riskiarviosta sen käyttöönoton aikaisista turva lisäyksistä ja kytkennöistä.