

# Robottisolun turvatarkastus

Martin Biskop

Opinnäytetyö insinööri (Amk)-tutkinto

Kone- ja tuotantotekniikka

Vaasa, 2020



# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Martin Biskop

Koulutus ja paikkakunta: Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Käyttö- ja energiatekniikka

Ohjaaja: Tobias Ekfors

Nimike: Robottisolun turvatarkastus

---

Päivämäärä 27.3.2020

Sivumäärä 28

---

## Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kotasen Puutyön kanssa. Tehtävänä oli tehdä selvitys manuaalin muodossa siitä, mitkä turvallisuusstandardit ja direktiivit tulisi ottaa huomioon robottisolun suunnittelussa. Työ oli pääasiassa eri turvallisuusstandardien läpikäyntiä ja standardien sisältämän tiedon pääkohtien kirjaaminen helposti luettavaan manuaaliin. Tärkein tehtävä oli saada manuaali, jonka standardien viittausten avulla voitaisiin selvittää, miksi tiettyjä turvallisuusratkaisuja oli valittu. Tutkimus tehtiin käyttämällä standardivalikoimia, sekä tutkimalla yrityksen robottisolua missä robotti naulaa lavoja teollisuuden käyttöön.

Työ tehtiin ottaen huomioon kiinteästi asennetun robotin työympäristöä. Liikkuvasti asennettujen robottien ja yhteistoimintarobottien vaatimuksia ei lueteltu.

Työ sisältää teoriaosuuden robottisolusta, teollisuusrobosta, sekä robottisolun tehölähteistä. Myös standardien, direktiivien ja CE-merkinnän hankinnan kannalta olennaista teoriaa nostetaan esille.

Opinnäytetyön tuloksena on kuva siitä, miten robottisolu saadaan turvallistettua ja mitkä asiat tulee ottaa huomioon. Lopussa on yhteenveto, joka sisältää tulosten arviointia sekä opinnäytetyön jatkokehityksen mahdollisuutta.

---

Kieli: suomi

Avainsanat: robottisolu, standardi, direktiivi

---

## EXAMENSARBETE

Författare: Martin Biskop

Utbildning och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa

Inriktning/alternativ/Fördjupning: Drift- och energiteknik

Handledare: Tobias Ekfors

Titel: Säkerhetskontroll av en robotcell

---

Datum 27.03.2020 Sidantal 28

---

### Abstrakt

Detta examensarbete gjordes i samarbete med Kotasen Puutyö. Uppgiften var att göra en utredning i form av en manual över vilka säkerhetsstandarder och direktiv man skulle iaktta när man planerar en robotcell. Arbetet gick i huvudsak ut på att gå igenom olika säkerhetsstandarder och samla ihop den viktigaste informationen till en överskådlig och lättläst manual. Den viktigaste uppgiften var att få till stånd en manual vars referenser man kunde använda för att åskådliggöra varför man hade valt vissa typer av säkerhetslösningar. Undersökningen gjordes genom att använda standarder och undersöka funktionen av företagets robotcell där man spikar ihop lastpallar som används av industrin.

I arbetet iakttogs arbetsmiljön för en fast monterad robot. Rörligt monterade robotar och samarbetande robotar beaktades inte.

Arbetet innehåller teoridel om robotceller, industrirobotar och energiformerna som används i en robotcell. Även teori om standarder och direktiv, samt relevant teori som behövs för att uppfylla kraven för CE-märkning togs upp.

Examensarbetets resultat är en beskrivning av hur man bygger en säker robotcell och vilka saker man skall beakta.

Till slut ges en sammanfattande diskussion där resultatet analyseras och förslag till vidareutveckling på detta examensarbete behandlas.

---

Språk: finska

Nyckelord: robotcell, standard, direktiv

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Martin Biskop

Degree Programme: Mechanical and Production Engineering

Specialization: Operating and Energy Technology

Supervisor: Tobias Ekfors

Title: Safety Control of a Robot Cell

---

Date: March 27, 2020

Number of pages 28

---

## **Abstract**

This thesis was conducted in cooperation with Kotasen Puutyö. The task was to make an inquiry in form of a manual of which safety standards and directives need to be considered when planning a safe robot cell. The work was mainly studying different safety standards and collecting the most important information to a simple manual. The most important task was to create a manual that could be referred to when you need to explain why certain safety solutions were chosen. The study was made by using standards and studying the function of the company's robot cell that nails pallets for the industry.

In the thesis the work environment for solid robots was observed, movable robots, and co-robots were not taken into account.

The work includes a theoretical part where robot cells, industrial robots, and the main energy sources used in a robot cell are explained. Theories about standards, directives and relevant theory to get CE-marking are presented. Lastly there is a discussion that includes an analysis of the result and suggestions for future development of this work.

The result of the thesis is how to build a safe robot cell and which matters should be observed.

---

Language: Finnish

Key words: robot cell, standard, directive

---

# Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
1.1	Tausta.....	1
1.2	Tarkoitus.....	1
1.3	Päämäärä.....	2
1.4	Menetelmä.....	2
1.5	Rajoitukset.....	2
1.6	Kotasen Puutyö Oy.....	3
1.6.1	Yritys.....	3
2	Hydrauliikka ja pneumatiikka.....	5
2.1	Hydrauliikka.....	5
2.2	Pneumatiikka.....	6
3	Robottisolu.....	7
3.1	Teollisuusrobotti.....	7
3.2	Solukko.....	8
4	Standardit ja direktiivit.....	11
4.1	Direktiivit.....	11
4.2	Standardit.....	11
4.3	CE-merkintä.....	13
4.4	Vaatumustenmukaisuustodistus.....	14
4.5	Tekninen tiedosto.....	14
4.6	Konedirektiivi.....	15
4.7	ISO 10218-2.....	15
4.8	ISO 12100.....	15
4.9	ISO 10218-1.....	16
5	Turvallisen robottisolun suunnitteluohjeet.....	17
5.1	Riskien arviointi.....	17
5.2	Vaarojen tunnistaminen.....	17
5.3	Turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet.....	17
5.4	Suunnittelu ja asennus.....	18
5.5	Hydrauliikka.....	18
5.6	Pneumatiikka.....	19
5.7	Sähkö.....	20
5.7.1	Sähkön syöttö.....	20
5.7.2	Toimintavaatimukset.....	21
5.7.3	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC).....	21
5.8	Turvallisuus.....	22

5.9	Robotin liikkeen rajoittaminen.....	22
5.10	Laitteet .....	23
5.10.1	Kulkureitit.....	23
5.10.2	Kannettavat ohjaimet ja riippuohjaimet .....	23
5.10.3	Kunnossapito ja korjaus .....	24
5.10.4	Muut laitteet.....	24
5.11	Suunnitteluprosessi .....	24
5.11.1	Käyttörajat .....	24
5.11.2	Tilarajat.....	24
5.11.3	Aikarajat.....	25
5.11.4	Muut raja-arvot.....	25
5.12	Vaarat.....	25
5.13	Muuta.....	26
6	Tulos.....	27
7	Yhteenveto .....	28
8	Lähteet.....	29

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Kotasen Puutyö Oy:n kanssa syksyllä 2019. Projekti on robottisolun CE-merkinnän hankkimiseen keskittyvä työ, jonka tarkoituksena on helpottaa tulevaisuudessa robottisolun turvallinen suunnittelu.

## 1.1 Tausta

Robottisolut ja niiden turvallisuus on aihe, joka koskettaa yrityksiä sitä mukaan, kun niiden määrä lisääntyy. Lisääntynyt työturvallisuusajattelu ja työturvallisuusvaatimukset ovat tuoneet mukanaan tarpeen ottaa huomioon työturvallisuus jo suunnittelun aikana. Työturvallisuusajattelun laiminlyönti voi pahimmillaan johtaa ihmisen vammautumiseen tai kuolemaan, joten työtapaturmien ennaltaehkäisy on paras menetelmä. Yritys, jossa työtapaturma sattuu, joutuu taloudellisesti ahdinkoon sekä korvauksien maksamisesta, että maineen menetyksen myötä. Tämä on asia mihin työpaikan ohjaaja laittoi suurta painoarvoa, sillä pienille yrityksille se voi koitua kohtalokkaaksi, tämän takia myös ihmishenkeä uhkaavat mahdolliset vaarat haluttiin kaikin keinoin saada minimoitua.

Kotasen Puutyö Oy:ssa on vuonna 2019 rakennettu robottisolu, jossa ABB:n robotti naulaa erikokoisia trukkilavoja. Projektiin ryhdyttiin rakentamalla ensin solu ja selvittämällä työn ohessa mitkä turvallisuusmääräykset, eli direktiivit ja standardit, piti ottaa huomioon. Tämä työ osoittautui kuitenkin aikaa vieväksi, ja siksi toivottiin yrityksen puolelta, että joku tekisi selkeät ohjeet turvallisen robottisolun suunnitteluun. Yrityksen toimitusjohtaja oli syksyllä 2019 yhteydessä Mika Billingiin, ja esitti toiveensa, että joku tekisi opinnäytetyön aiheesta. Billingin ja koulun ohjaajan kautta sain tämän opinnäytetyön.

## 1.2 Tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli saada aikaiseksi selkeä manuaali, jonka perusteella tulevaisuudessa vastaavia projekteja voidaan toteuttaa nopeammin ja halvemmin. Tarkoituksena oli kerätyn tiedon pohjalta tehdä manuaali, joka olisi tarpeeksi selkeä, että sitä käytettäisiin tulevaisuudessa. Kokemus on osoittanut, että yrityksissä kartetaan tutkimasta itse kattavia turvallisuusmääräyksiä, esimerkiksi standardeja ja direktiivejä, vaan haetaan mieluummin ulkopuolista apua niiden tulkintaan. Tämä tarkoittaa usein myös, että projektia ei toteuteta, sillä varsinkin pienemmillä yrityksillä on usein taloudellisia rajoitteita konsulttiavun hankinnassa. Siksi tärkeintä projektissa oli ottaa esille

selkeää tietoa, jotta siitä olisi hyötyä robottisolun soveltajalle. Tämä opinnäytetyön tarkoituksena ei ollut korvata standardeja, vaan helpottaa niiden käyttöä.

### **1.3 Päämäärä**

Projektin päämäärä oli saada turvallisuusmanuaali robottisolun rakentamisesta yritykselle, ja manuaalin tulisi olla sen verran selkeä, että suunnittelija pystyisi lukemaan sitä ja saada siitä irti tarvittava tieto robottisolun suunnittelussa käytännön tasolla. Manuaalin sisältö piti olla selkeä ja ottaa esille tärkeimmät ohjenuorat, sillä kokemus yrityksessä oli osoittanut, että liian monimutkaiset manuaalit jäävät useimmiten lukematta. Tämän lisäksi opinnäytetyössä kerätyn tiedon perusteella piti pystyä tehdä EU:n vaatimuksenmukaisuustodistus ja CE-merkintä robottisolulle. Lopullisena päämääränä on, että opinnäytetyössä kerätyllä tiedolla pitää tulevaisuudessa rakentaa uusia robottisoluja, jotka täyttävät turvallisuusvaatimukset.

### **1.4 Menetelmä**

Työ tehtiin pääosin selvittämällä mitkä standardit ja direktiivit koskivat robottisolua ja selvittämällä niiden sisällön tarkoituksen. Käytännön esimerkkejä kerättiin tutkimalla robottisolun toimintaa ja arvioimalla mahdollisia riskejä robotin tekemän työn aikana. Apuna robottisolun riskien arvioinnissa paikan päällä käytettiin riskin ja vaaranarviointiliitteitä standardeista ISO 1200 ja ISO 10218-2. Työ eteni viikoittaisilla kokoontumisilla työpaikan ohjaajan ja työjohtajan kanssa missä seurattiin etenemistä ja ongelmakohtia, sekä annettiin käytännön neuvoja siitä, mikä osa piti olla valmiina seuraavan viikon kokouksessa.

### **1.5 Rajoitukset**

Tämä opinnäytetyö rajoittuu riskinarvointiin, joka koski yrityksen robottisolua, jossa oli kiinteästi asennettu robotti. Liikkuvasti asennettuja robotteja ja yhteistoimintarobotteja ei käsitelty.

Työn ensimmäinen osa oli luoda manuaali, josta selviää mitä pitää ottaa huomioon turvallisen robottisolun suunnittelussa. Toinen osa oli saada kyseiselle solulle EU:n vaatimustenmukaisuustodistus ja tekninen tiedosto, jotta solulle saataisiin CE-merkintä.



## 1.6 Kotasen Puutyö Oy

Tässä kappaleessa käsitellään yritystä, jolle tämä opinnäytetyö tehtiin. Yrityksen historia, toimintamuoto ja taloustiedot nostetaan esille.

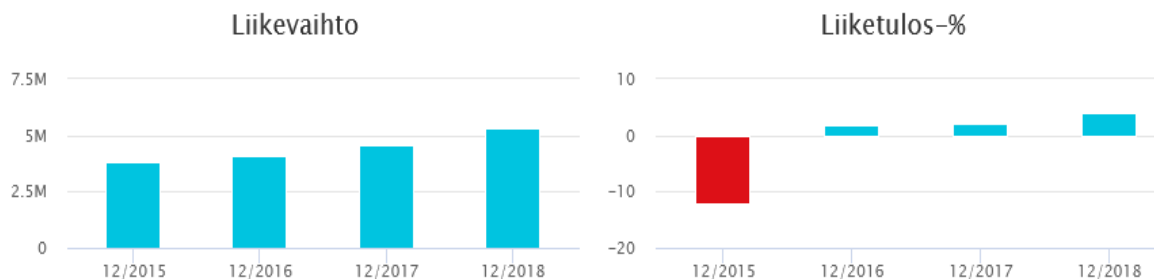
### 1.6.1 Yritys

Kotasen Puutyö Oy on Merikaarrossa Vaasassa toimiva perheyritys, perustettu vuonna 1981. Yritys aloitti pakkaustuotteiden valmistuksen teollisuuden tarpeisiin, ja on nykyisin saavuttanut merkittävän aseman Suomen puujalostusmarkkinoilla. Yrityksen tärkein tuote on tällä hetkellä kattoristikot, joita toimitetaan talotehtaille, rakennus- ja tukkuliikkeille sekä yksityisrakentajille. Yrityksen logo esitetään kuvassa 1. [1]



Kuva 1. Kotasen Puutyö Oy:n logo [1]

Yritys teki tilikautena 12/2018 5 336 000 EUR liikevaihtoa ja sen tulos oli 144 000 EUR. Nettotulosprosentti oli samalla kaudella 2,71%. Kuva 2 esittää yrityksen liikevaihtoa ja tulosta.



Kuva 2. Kotasen Puutyö Oy:n taloustiedot. [2]

Yrityksen tulevaisuuden suunnitelma on pysyä mukana kehityksessä ja jatkaa toimintaansa markkinatilanteen mukaan. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Ossi Kotanen.

## 2 Hydrauliiikka ja pneumatiikka

Tässä kappaleessa käsitellään mitä hydrauliiikka ja pneumatiikka on, sekä miten nämä voimalähteet toimivat periaatteellisella tasolla.

### 2.1 Hydrauliiikka

Robottisoluissa käytetään hydrauliiikkaa solun eri koneissa. Itse robotit eivät ole hydraulisia.

Hydrauliiikka on yleisesti käytössä melkein kaikissa konesovelluksissa. Sen etuna on monipuoliset käyttömahdollisuudet ja hydrauliiikan eri komponenttien hyvä tehopainosuhteet. Tämä tarkoittaa sitä, että hydraulijärjestelmä vaatii suhteellisen vähän tilaa, ja on siksi helppo suunnittelijan kannalta. Hydraulinen teho siirretään putkia ja letkuja pitkin, ja siksi hydraulijärjestelmää voi vetää niin sanotusti siinä missä on tilaa, eikä se vaadi mitään tiettyä sijoitusta. Hydrauliiikassa on myös hyvä tehon säätömahdollisuudet eri venttiilien myötä.

Hydrauliiikan periaatteena on, että ensin muunnetaan mekaaninen teho hydrauliseksi, sitten se välitetään valittuun kohteeseen, ja muunnetaan siellä takaisin mekaaniseksi tehoksi kyseisessä kohteessa. Työ tehdään paine-energian avulla. Tämä tehonsiirto tapahtuu nesteen kautta paineena ja tilavuusvirtana. Hydrauliiikan neste on yleensä ns. hydrauliiikkaöljy. Esimerkiksi autojen jarrujärjestelmä toimii hydrauliiikan periaatteiden mukaan, ja siinä käytetään nesteenä jarrunestettä. [3, s. 1-2]

Hydrauliiikan paine lasketaan seuraavalla kaavalla

$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$p$ , tarkoittaa painetta,  $F$  on voima newtoneissa,  $A$  on pinta-ala neliömetreissä. Yksikkö on täten  $\text{N/m}^2$ , josta yleisesti käytetään nimikettä pascal. Toinen nimike mitä yleisesti käytetään on bar. Barin ja pascalin suhde on seuraava, 1 bar on 100 000 Pa.

Hydrauliiikan haittapuolina on ympäristöä vaarantavat päästöt letkujen, putkien ja liittimien vuotoissa ja hajoamisissa. [4]

## 2.2 Pneumatiikka

Pneumatiikka on toinen voimanlähde mitä yleensä käytetään erilaisissa robottisoluissa. Sana pneumatiikka tulee kreikkalaisesta sanasta *pneuma*, joka tarkoittaa elämän henkeä. Paineilma on ihmiselle vaarattomin energiamuoto ja se ei aiheuta vaarallisia päästöjä. [5] Pneumatiikka ei aiheuta palo- tai räjähdysvaaraa.

Pneumatiikka on paineistettu ilma, jonka tuottamiseen tarvitaan kompressoria. Pneumatiikka ei aiheuta mitään päästöjä, sillä käytön jälkeen paineistettu ilma purkaantuu ilmakehään normaalipaineiseksi ilmaksi. Voidaan sanoa, että hydraulikassa voima siirretään nesteen välityksellä, mutta pneumatiikassa se tapahtuu paineilman avulla.

Paineilma siirretään putkistoja pitkin ilman suurempia hävikkejä, ja paineilman virtausta ja määrää on helppo säätää eri venttiileillä. [6, s. 12-13]

## 3 Robottisolu

Tässä kappaleessa selvennetään mitä robottisolulla sekä teollisuusrobotilla tarkoitetaan.

### 3.1 Teollisuusrobotti

Teollisuusrobotti on ohjelmoitava mekaaninen laite, jota käytetään suorittamaan ihmisen sijasta vaarallisia tai toistuvia tehtäviä suurella tarkkuudella. Teollisuusrobotilla on vähintään kolme ohjelmoitavaa liikeakselia ja vähintään yksi työkalu. [7] Kuusiakselinen robotti voi sijoittaa uloimman akselin työkalupidikettään mihin asentoon tahansa robotin työalueella missä kulmassa tahansa. Käytännössä mekaaniset rajoittimet kuitenkin estävät tämän, sillä robotti törmäisi muuten itseensä. [8] Robotti voi olla sekä liikkuva että kiinteästi asennettu työpisteeseensä. Tämän opinnäytetyön riskinarviointi on rajattu kiinteästi asennettuun robottiin.

Nykypäivänä teollisuusrobotit ovat korvaamaton osa teollisuutta, ja edellytys moderneille tuotantomenetelmille. Teollisuusrobotit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. [9, s. 6]

Ensimmäinen ryhmä on teollisuusrobotit, jotka ovat solun päällikkönä. Robotit, jotka kuuluvat ensimmäiseen ryhmään ovat yleensä sijoitettuja soluun, jossa on yksi tai useampi robotti, työpisteitä, kuljettimia ja numeerisesti ohjattuja koneita. Näitä robotteja käytetään usein teollisuudessa maalaamisessa, hitsaamisessa, pinnoittamisessa, tiivistämisessä, koneistuksessa ja kokoonpanossa. Hitsausrobotit ovat yleisiä sillä niissä pystytään hyödyntämään robotiikan hyviä puolia eli nopeutta, tarkkuutta ja täsmällisyyttä. Robotilla hitsaaminen on osoittautunut taloudellisesti hyväksi ratkaisuksi varsinkin kolmivuorotyössä. Hitsausrobotteja on tällä hetkellä eniten autoteollisuudessa. Robotteja käytetään paljon terveyshaitallisissa ja jopa myrkyllisessä työympäristössä, kuten maalaamisessa. Terveyttä vaarantava työympäristö on osoittanut lisäävän halua robotisoida toimintaa, säästään samalla työntekijöiden terveyttä. Toinen kasvava alue teollisuusroboteille on kokoonpanotehtävät, missä autoteollisuus on ollut edelläkävijä. [9, s. 6-8]

Toinen ryhmä on robotit, jotka ovat orja-asemassa. Tällaisia robotteja käytetään yleisesti esimerkiksi työkappaleiden ja materiaalin käsittelyssä, osien pinoamisessa ja ojentamisessa sekä valamisessa. Työkappaleiden ja materiaalin käsittelyssä robotin yleisimpiin työtehtäviin kuuluu kappaleen poimiminen yhdestä kohdasta ja sijoittaa se toiseen kohtaan. Näissä työtehtävissä käytetään robotteja sillä tehtävät ovat jatkuvaa toistoa ja aiheuttaa

siten myös vaaraa ihmiselle, sillä ihminen kyllästyy yksitoikkoiseen työhön ja keskittyminen voi herpaantua. Osien pinoamisessa ja ojennuksessa käytetään robotteja usein sen takia että ne kykenevät nostamaan raskaampia esineitä kuin ihmiset. [9, s. 8-9]

Kolmannen ryhmän robotit ovat sellaisia robotteja, joita käytetään erikoissovelluksissa. Nämä tehtävät voivat olla laadun varmistus, tarkastus ja kokeilu, kunnossapito ja korjaukset, elintarviketeollisuudessa, tekstiili ja vaateteollisuudessa ja rakentamisessa. Laadun varmistus, tarkastus ja kokeilu suoritetaan roboteilla elektroniikkateollisuudessa, kun taas kunnossapito ja korjaustehtävät ovat robotisoituja esimerkiksi ydinvoimateollisuudessa ja lentokoneteollisuudessa. Elintarviketeollisuudessa robotteja käytetään enimmäkseen pakkaamisessa ja käsittelyssä. Tekstiili- ja vaateteollisuudessa robotteja ei käytetä vielä suurissa määrissä, sillä käytettävät materiaalit aiheuttavat vielä usein käytännön ongelmia sekä käsittelyssä, ompelemisessä että niiden suuresta vaihtuvuudesta. [9, s. 9]

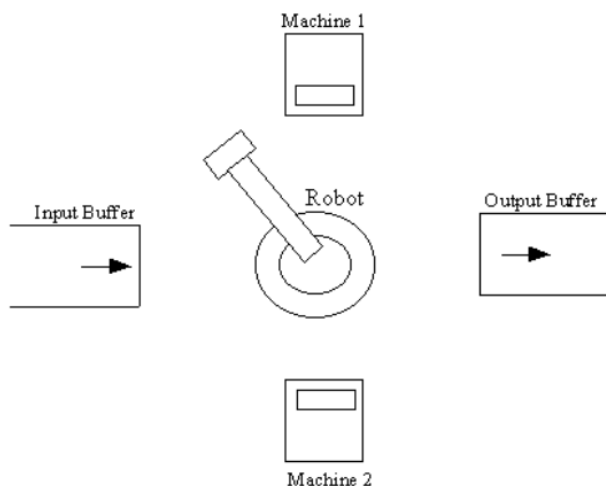
On myös olemassa yhteistoimintarobotteja, jotka toimivat yhteistyössä ihmisten kanssa, mutta ne on rajattu pois tästä opinnäytetyöstä.

### **3.2 Solukko**

Robottisolu on järjestelmä, joka koostuu robotista, ohjausyksiköstä, työkalusta ja turvallisuusvyöhykkeestä. Robottisolulla tarkoitetaan useimmiten työsolua, eli rajattua aluetta missä robotin tekemä työ tapahtuu. [10]

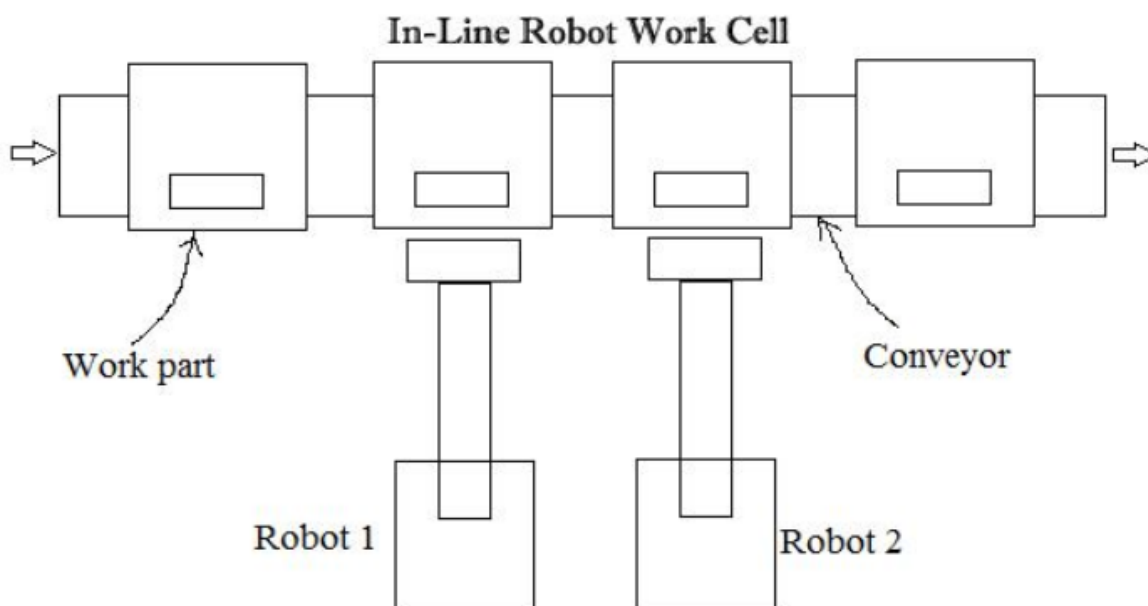
Yleensä robottisolussa työ tapahtuu automaattisesti ilman ihmisen puuttumista, mutta nykyään on myös olemassa niin sanottuja yhteistyörobotteja, jotka työskentelevät yhteistyössä ihmisten kanssa. Yhteistoimintarobotit eivät vielä ole Suomessa kovin yleisiä. Robottisoluja on kolme eri päätyyppiä. Nämä ovat Robottikeskeinen työsolu, avoin työsolu ja liikkuva työsolu.

Robottikeskeisessä työsolussa robotti on solukon keskellä ja työpisteet ovat robotin ylettävyyden sisällä. Kuva 3 esittää kyseessä olevaa työsolua.



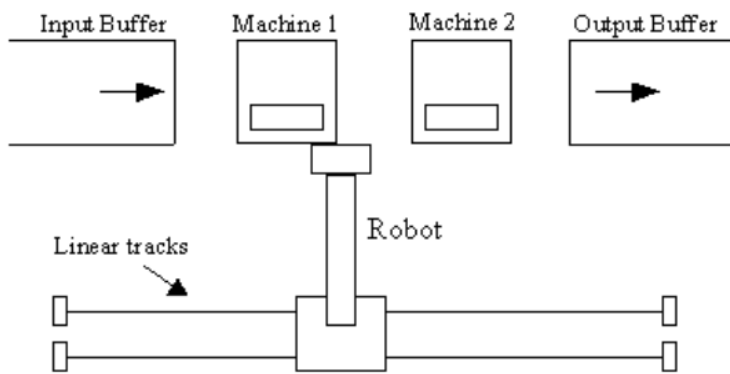
**Kuva 3. Robottikeskeinen solu [11, s. 10]**

Avoimessa robottisolussa robotti on sijoitettu kuljettimen viereen tekemään erilaisia työtehtäviä kuljettimen kuljettamille tuotteille. Monissa avoimissa robottisolussa on useampi kuin yksi robotti. Tällaisia robottisoluja käytetään usein autotehtaissa. Kuva 4 esittää tämän tyyppistä robottisolua.



**Kuva 4. Avoin robottisolu [11, s. 15]**

Kolmas robottisolun tyyppi on liikkuva robottisolu, jota kuva 5 esittää. Tällaisessa solussa robotti pystyy siirtämään tuotteita solun sisällä, sillä robotti on sijoitettu liikkuvalle alustalle, eli useimmiten kiskoille. [11]



Kuva 5. Liikkuva robottisolu [11, s. 26]



## 4 Standardit ja direktiivit

Tässä kappaleessa nostetaan esille mitä tarkoitetaan standardeilla ja direktiiveillä, sekä eritellään CE-merkinnän ja EU:n vaatimustenmukaisuustodistuksen tarkoitusta ja perehdytään tärkeimpien tässä opinnäytetyössä käytettyjen standardien sisältöön.

### 4.1 Direktiivit

Tässä opinnäytetyössä direktiivillä tarkoitetaan EU:n direktiiviä, jossa määritellään mihin vaatimustasoon tuotteessa EU:n jäsenmaat on ylettävä. Direktiivissä määritellään minkä tason jonkun asian tulee täyttää, muttei kerrota miten jokin asia pitäisi toteuttaa, vaan se on soveltajan vastuulla lainsäädännön kautta. Soveltajalla tarkoitetaan EU:n jäsenmaata. [12]

Eri jäsenmaissa on eri lakeja, miten tiettyä direktiiviä tulee soveltaa, eli direktiiviä ei ikinä sovelleta suoraan, vaan tehdään osaksi EU:n jäsenmaan lakia. Direktiivit hyväksytään ensin Euroopan neuvosto ja parlamentti tavallisessa lainsäätämisyjärjestyksessä tai ainoastaan neuvosto erityisessä lainsäätämisyjärjestyksessä. Mikäli erityistä lainsäätämisyjärjestystä sovelletaan, toimenpiteellä tulee olla parlamentin hyväksyntä. [13]

### 4.2 Standardit

Standardisoinnin tarkoitus on laatia yhteisiä toimintatapoja. Yhteisten toimintatapojen tarkoitus on helpottaa tuotteiden suunnittelua niiden tarkoitettuun käyttöön. Eri tuotteilla ja järjestelmillä on erilaiset standardit. [14]

Standardeja ei ole periaatteessa pakko noudattaa, mutta viranomaistaholta saattaa esiintyä vaatimuksia niiden noudattamiseen. Mikäli standardeja ei käytetä tuotesuunnittelussa pitää osoittaa toisin tavoin, että tuote täyttää lainsäädännön vaatimukset. [15]

Konejärjestelmissä standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta. Tuote, joka valmistetaan standardin mukaan, hyväksytään kansainvälisille markkinoille, eli standardisoinnista saadaan taloudellista hyötyä yrityksille.



Kuva 6. Standardin nimen eri osien erittely [14]

SFS on Suomen standardisoimisliitto, joka vahvistaa ja myy standardeja. SFS-EN ISO tarkoittaa, että kyseinen standardi on vahvistettu Euroopassa ja CEN jäsenmaissa. Jokaisessa julkaistusta standardissa on aina viite missä maassa se on vahvistettu. Suomessa julkaistusta standardissa on ”SFS-EN ISO”, kun taas esimerkiksi saksalaisessa standardissa lukee ”DIN-EN ISO”. ISO merkintä tarkoittaa, että standardi on kansainvälisen standardisointijärjestön julkaisema. Standardin numero on yhteneväinen eurooppalaisten ja kansainvälisten standardien joukossa. Standardin numerolla saattaa löytyä eri kansallisia standardeja, joten on tärkeää standardien hankkimisessa huomioida otsikko. Kuva 6 näyttää standardin nimen eri osien tarkoituksen. [14]

Koneturvallisuusstandardit jaetaan karkeasti kolmeen eri luokkaan A-, B-, ja C-tyypin standardeihin.

A-tyypin standardit ovat standardeja, joita on mahdollista soveltaa kaikille konetyypeille, eli ne ovat turvallisuuden perusstandardeja

B-tyypin standardeja käsittelevät vain tietyn tyyppistä turvalaitetta tai turvallisuusnäkökohtaa.

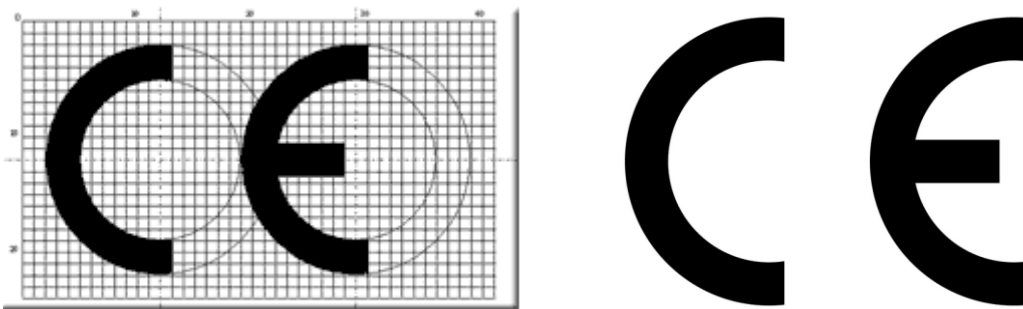
C-tyypin standardit ovat konekohtaisia standardeja, eli niitä voidaan soveltaa vain tiettyyn konetyyppiin. [16]

Tässä opinnäytetyössä on käytetty suomenkielisiä standardeja, viittausten sivunumerot voivat poiketa, mikäli käytetään standardeja, jotka ovat kirjoitettuja toisella kielellä.

### 4.3 CE-merkintä

CE-merkinnällä tarkoitetaan valmistajan laatimaa vaakutusta, että tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Se osoittaa myös sitä, että tuotteen vaaditut arviointimenetelmät on saatettu loppuun. CE-merkintä on tarkoitettu helpottamaan tuotteiden vapaa liikkuvuutta EU:n alueella. Se ei kuulu vapaaehtoisii merkintöihin, vaan se pitää olla tuotteessa, mikäli tuotetta koskeva standardi vaatii CE-merkinnän. Jokaisessa CE-merkityssä tuotteessa pitää olla valmistajan käyttöohjeet sekä EU:n vaatimustenmukaisuustodistus. [17]

Tuotteen valmistaja on itse yksin vastuussa siitä, että sen valmistama tuote on kaikkien vaatimusten mukainen [18]. EU:n jäsenvaltioilla ei ole oikeutta rajoittaa CE-merkityn tuotteen myyntiä, mikäli ei voida osoittaa, että rajoittamisen perusteena on, että se ei täytä vaatimuksia [19, s. 61]. Mikäli tuote CE-merkitään ja siihen tehdään muutoksia, uusi muokattu tuote ei ole enää CE-merkitty, vaikka olisi kyseessä parannuksesta [20]. Jos tuote on sellainen, että sen osat kattavat useita eri direktiivejä, CE-merkinnän kiinnittäminen edellyttää sen, että kaikkien näiden direktiivien vaatimukset on täytetty. CE-merkki on oltava kaikissa EU:n alueen tuotteissa, jotka on valmistettu unionin sisällä tai ulkopuolella, tai tuotu unionin ulkopuolelta [19, s. 62]. Itse CE-merkki on kiinnitettävä näkyvällä, luettavalla ja pysyvällä tavalla tietyn graafisen mallin mukaan, mitä kuva 7 osoittaa. Merkin kirjainten koko tulee noudattaa samaa mittasuhdetta merkinnän koosta riippumatta.



Kuva 7. Graafinen malli CE-merkinnästä [21]

Tuotteen valmistajan velvollisuuksiin kuuluu käyttöohjeiden laatiminen, ja se edellyttää Suomessa, että käyttöohjeet ovat sekä suomeksi että ruotsiksi. [22]

#### **4.4 Vaatimustenmukaisuustodistus**

EU:n vaatimustenmukaisuustodistus on asiakirja, joka toimii tuotteen valmistajan vakuutuksena siitä, että tuote täyttää sitä koskevat vaatimukset. Se osoittaa, että tuote täyttää sitä koskevia direktiivejä ja asetuksia. Vaatimustenmukaisuustodistuksessa ilmoitetaan kaikki standardit ja direktiivit mitkä tuote täyttää. Tekijänä voi olla valmistaja tai valtuutettu edustaja, jonka valmistaja on nimennyt puolestaan.

EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus on oltava kaikissa EU:ssa myytävillä CE-merkityillä tuotteilla. Vakuutus on säilytettävä 10 vuotta tuotteen markkinoille päästämisen jälkeen. Se on myös luovutettava pyynnöstä viranomaisille.

Sisällön pääkohtina on dokumentin numero, valmistajan nimi, osoite ja puhelinnumero, tuotteen nimi ja tuotekuvaus, direktiivit ja harmonisoidut standardit mitkä tuote täyttää, CE-merkinnän kiinnittämivuoden kaksi viimeistä numeroa, sekä henkilö, joka vakuuttaa, että tiedot pitää paikkansa, ja vakuuttamisen päivämäärä. Tämä vakuutuksen antava henkilö on yleensä toimitusjohtaja.

Vaatimustenmukaisuusvakuutus on kirjoitettava sen EU maan vaatimilla kielillä, jossa tuotetta aiotaan myydä tai jakaa. [23]

#### **4.5 Tekninen tiedosto**

Tuotteen valmistajalla on velvollisuus CE-merkinnän laatimisen yhteydessä tehdä myös tekninen tiedosto. Teknisellä tiedostolla voi osoittaa, että tuote täyttää sitä koskevat vaatimukset. Teknisen tiedoston puuttuminen voi helposti olla syy epäillä, ettei tuote täytä kaikkia vaatimuksia. Tekninen tiedosto voi olla sekä kirjallisessa että sähköisessä muodossa, eikä sitä tarvitse jatkuvasti säilyttää kirjallisessa muodossa EU:n alueella. Tekninen tiedosto pitää olla kirjoitettuna vähintään yhden EU alueen virallisilla kielillä, mikä useimmiten tarkoittaa, että se on kirjoitettu englannin kielellä käytännöllisistä syistä.

Teknisen tiedoston sisältö käsittää yleisen kuvauksen koneesta. Tähän kuuluu yleiset piirustukset, yksityiskohtaiset piirustukset, laskelmat ja tulokset eri testauksista. Tekninen tiedosto on suurilta osin riskinarviointia, jossa selviää käytetyt menetelmät, terveysvaatimukset, turvallisuusvaatimukset, suojausmenetelmät, jotka on todettu vaarojen tunnistamisen jälkeen, miten vaaroja ja riskejä on kyetty poistamaan tai pienentämään, sekä kuvaus jäännösriskeistä.

Teknisessä tiedostossa pitää olla lueteltuna mitä standardeja ja direktiivejä on käytetty, ja miten niitä on sovellettu. Myös kopio koneen ohjeista ja EU:n vaatimuksenmukaisuusvakuutuksesta sekä tekniset selosteet valmistajan tekemien testauksien tuloksista pitää olla mukana. [23]

## **4.6 Konedirektiivi**

Robottisolun valmistamisen ja markkinoille saattamisen olennaisena osana on Konedirektiivi 2006/42/EY. Konedirektiivin tarkoituksena on tiedottaa koneen valmistajalle mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset on huomioitava, sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisen menetelmät, kun kone saatetaan markkinoille tai otetaan käyttöön [24]. Konedirektiivi sisältää myös ympäristöä ja kuluttajasuojaa koskevat vaatimukset. Uusin Konedirektiivi ei sisällä yksityiskohtaisia selostuksia millä menetelmällä asiat on täytettävä, vaan vaatimustason. Esimerkiksi direktiivissä voi lukea, että kone ei saa aiheuttaa käyttäjille vaaraa, niin se on koneen valmistajan vastuulla mitä menetelmiä käytetään tämän vaatimuksen täyttämiseen. Aiemmat direktiivit olivat usein paljon yksityiskohtaisempia, missä kuvailtiin mitä menetelmiä pitää käyttää, mutta niistä on nykyään luovuttu, ja siirretty enemmän vastuuta soveltajalle. Enemmän yksityiskohtaisia vaatimuksia käsitellään nykyään standardeissa. [25]

## **4.7 ISO 10218-2**

Tässä opinnäytetyössä on eniten käytetty standardia SFS-EN ISO 10218-2:2011. Se on standardi ISO 10218 toinen osa, ja käsittelee robottijärjestelmiä ja erityisesti sellaisia vaaroja, jotka esiintyvät robottisoluissa.

Tätä standardia voidaan soveltaa robottisolun suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa, käytössä, kunnossapidossa ja käytöstä poistossa. Se käsittelee myös robottijärjestelmässä olevien komponenttien ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia. [26]

## **4.8 ISO 12100**

SFS EN ISO 12100:2010 on koneturvallisuusstandardi, jota käytetään koneiden suunnittelussa, riskin arvioinnissa ja riskien pienentämisessä. Se on A-tyyppin standardi. Tämä standardi on tehty suunnittelijoiden avuksi, jotta he voisivat suunnitella koneita

riskinarvioinnin ja pienentämisen periaatteella, jotta kone voitaisiin suunnitella turvallisesti koko sen elinkaarensa aikana. [27, s. 10]

#### **4.9 ISO 10218-1**

SFS-EN ISO 10218-1:2011 on standardi, joka koskee erityisesti teollisuusrobottien turvallisuusvaatimuksia. Tätä standardia käytetään erityisesti teollisuusrobottien valinnassa ja suunnittelussa. ISO 10218-1 ei koske muuta kuin teollisuusrobotteja, mutta sen turvallisuusperiaatteita voidaan myös soveltaa muihin robotteihin. [28, s. 10]

## **5 Turvallisen robottisolun suunnitteluohjeet**

Tässä opinnäytetyön kappaleessa otetaan esille yritykselle tehdyn manuaalin sisältö. Riskit, vaarat, ja tehonsyöttölähteiden vaatimukset käsitellään turvallisuusnäkökulmasta. Myös laitteiden ja suunnitteluprosessien vaatimukset nostetaan esille.

Opinnäytetyön manuaali saatiin aikaiseksi tekemällä eri ISO standardien perusteella selkeät ohjeet soveltajalle.

### **5.1 Riskien arviointi**

Ensimmäisenä kohteena oli riskien arvioinnin selvittelyyn vaaditut menetelmät. Koska vastuu riskien arvioimisesta on soveltajan vastuulla, oli tärkeää turvautua voimassa oleviin standardeihin. [29, s. 12]

Riskien arvioinnissa on määriteltävä robottijärjestelmää koskevat rajat. Näihin rajoihin kuuluu robottisolun käyttörajat, tilarajat, aika ja ympäristö. [29, s. 13]

### **5.2 Vaarojen tunnistaminen**

Vaarojen tunnistamiseen vaaditut menetelmät selvitettiin ISO 10218-2 avulla. Liite A kyseisessä standardissa oli tukena määriteltäessä mahdolliset vaarat [29, s. 50]. Vaarojen tunnistamisessa täytyy tunnistaa robottisolun työtehtävät, ja turvata ettei ulkopuoliset henkilöt altistu työtehtävien vaaroille. Ulkopuoliset henkilöt voivat olla yrityksen asiakkaat, vierailijat tai alihankkijat, eli henkilöt, joilla ei ole asianmukaista tietoa robottisolusta ja sen toiminnasta. Kun robottisolussa esiintyvät vaarat ovat tunnistettu, niitä pitää poistaa, ja mikäli ei poistaminen ole täysin mahdollista, ne pitää pienentää. [29, s. 14]

### **5.3 Turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet**

Turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteiden sisältö selvitettiin ISO 10218-2 avulla, ja kyseisen standardin liite G oli apuna näiden vaatimusten todentamisessa [29, s. 63]. Nyökkisääntönä on, että mikä tahansa yksittäinen vika hydraulisessa, pneumaattisessa tai sähköisessä ohjelmistossa ei saa johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Turvatoiminnolla tarkoitetaan sitä, että mikään työtehtävä solussa ei voi käynnistyä, jos jossakin voimalähteessä ilmenee vika. Tehonsyötön vian ilmentyminen ei saa estää turvatoiminnon toteutumista tai käynnistää odottamatonta prosessia. Odottamaton prosessi voi esimerkiksi

olla, että jokin kone käynnistyy odottamatta ja tekee vaarallisen liikkeen. Mikäli vikaantuminen robottisolussa ilmenee, turvatoiminto on suoritettava, ja turvallinen tila säilytettävä korjaukseen asti. Eli korjauksen aikana turvatoiminto ei saa pettää. Turvallisuusvaatimuksiin kuuluu myös se, että kaikki kohtuudella ennakoitavissa olevat viat on paljastuttava. ISO 10218-2 liite G sisältää luettelon missä turvallisuusvaatimukset ja suojaustoimenpiteet on eritelty. [29, s. 16]

## **5.4 Suunnittelu ja asennus**

Suunnittelussa ja asennuksessa on otettava ensisijaisesti huomioon robottisolun ympäristö. Ympäristöllä tarkoitetaan lämpötilaa, kosteutta, valaistusta ja sähkömagneettiset häiriöt. Komponentit, jotka sijoitetaan robottisoluun, on kestävä sekä toiminta- että ympäristövaatimukset. Paikalliset ohjaimet ja laitteet on sijoitettava siten että niitä voi vain käyttää suojatun tilan ulkopuolella ja että niitä käytettäessä on hyvä näkyvyys robotin suojattuun tilaan. Robottijärjestelmän hallintaelimet eivät saa vastata ulkoiseen etäkomentoon mikä voisi aiheuttaa vaaraa. Eli robottisolun työtehtäviä saa vain ohjata sellaisessa paikassa, missä on näkyvyys koko solun alueella. Robotin ja laitteiden teholahteet on täytettävä koneen ja sen valmistajan määrittelemät asetukset. Kaikki sähköiset asennukset tulee tehdä standardin IEC 60204-1 mukaan [29, s. 16]. Hydraulinen tehonsyöttö robottisolussa tulee täyttää ISO 4413 vaatimustason. Pneumaattinen tehonsyöttö pitää täyttää sitä koskevan ISO 4414 vaatimukset. [29, s. 17]

## **5.5 Hydraulikka**

Hydrauliikan suunnittelussa pitää noudattaa ISO 4413:n vaatimustasoa [30]. Järjestelmän kaikki komponentit ja putkistot on valittava tai määriteltävä siten että ne ovat turvallisia ja että ne toimivat omien rajojensa sisällä, kun järjestelmää käytetään tarkoitetulla tavalla. Komponentit ja putkisto on valittava tai määriteltävä siten, että komponentit voivat toimia luotettavasti järjestelmän kaikissa tarkoitetuissa käyttötilanteissa. On kiinnitettävä erityistä huomiota sellaisten komponenttien luotettavuuteen, jotka vikaantumisen tai virhetoiminnon seurauksena voivat aiheuttaa vaaraa.

Komponentit on valittava, käytettävä ja asennettava valmistajan ohjeiden ja suositusten mukaisesti. On suositeltavaa käyttää komponentteja ja putkistoja, jotka ovat valmistettu kansainvälisten standardien mukaisesti. Suunnittelussa on varauduttava ennakoitavissa



olevien järjestelmän suurimman sallitun työpaineen ylittämisen varalta, tai minkä tahansa osan nimellispaineen ylittämisen varalta, mikäli ylipaine voi aiheuttaa vaaraa.

Järjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rajoittamaan paineiskuja ja paineenvaihteluja, ja paineiskut ja paineenvaihtelut eivät saa aiheuttaa vaaraa. Ne kohteet, jossa muodostuu suuria ulkoisia kuormia, on suunniteltava niin että voidaan ehkäistä tarkoittamattomien paineiden muodostuminen.

Hydraulisten laitteiden melutaso on otettava huomioon ja melutaso on minimoitava sen lähteessä [30, s. 14]. Sisäiset ja ulkoiset vuodot ei saa aiheuttaa vaaraa.

Järjestelmän ja komponenttien käyttölämpötila ei saa ylittää raja-arvoja, joiden sisällä niitä voidaan käyttää turvallisesti. Hydraulikkajärjestelmät on sijoitettava ja suojattava henkilöiltä kosketuslämpötilan ylittävältä pintalämpötilalta. Mikäli suojaaminen ei ole mahdollista, pitää olla varoitukset kosketuslämpötilalta ylittävältä pintalämpötilalta. [30, s. 16]

## **5.6 Pneumatiikka**

Pneumatiikan suunnittelu ja asennus on noudatettava standardi ISO 4414 vaatimustasoa [31]. Pneumatiikkajärjestelmän kaikki komponentit ja putkistot on valittava tai määriteltävä siten että ne ovat turvallisia ja että ne toimivat omien rajojensa sisällä, kun järjestelmää käytetään tarkoitetulla tavalla. Komponentit ja putkisto on valittava tai määriteltävä siten, että komponentit voivat toimia luotettavasti järjestelmän kaikissa tarkoitetuissa käyttötilanteissa. On kiinnitettävä erityistä huomiota sellaisten komponenttien luotettavuuteen, jotka vikaantumisen tai virhetoiminnon seurauksena voivat aiheuttaa vaaraa.

Komponentit ja putkistot on valittava ja asennettava niiden valmistajan suositusten mukaisesti. Parasta olisi käyttää pneumatiikassa komponentteja ja putkistoja, jotka ovat valmistettuja kansainvälisten standardien mukaisesti. Kaikki järjestelmän osat on suunniteltava siten että varaudutaan tai suojaudutaan ennakoitavissa olevien järjestelmän suurimman sallitun paineen ylittämistä, mikäli paine voi aiheuttaa vaaraa. Ensisijainen suojausmenetelmä on yksi tai useampi paineenrajoitusventtiili, jotka ovat sijoitettu siten että painetta rajoitetaan kaikissa järjestelmän osissa. Myös paineenalennusventtiilejä voi käyttää sillä edellytyksellä, että ne täyttävät asetetut vaatimukset sovelluksessa.

Paineiskut ja paineenvaihtelu on minimoitava, ja ne eivät saa aiheuttaa vaaraa. Paineen häviäminen tai aleneminen ei saa olla vaaraksi henkilöille, eikä vahingoittaa konetta. Kaikkien pneumaattisten komponenttien on purkauduttava vaarattomaan tilaan, josta on yhteys ilmakehään. Tarkoittamattoman paineen muodostuminen on estettävä.

Mekaaniset liikkeet (massojen kiihtyvyys, hidastuvuus, nostaminen, paikallaan pitäminen) eivät saa johtaa vaarallisiin tilanteisiin.

Ennakoitava pneumaattinen melu, joka kulkee ilmassa ja rakenteissa on otettava huomioon. Pneumaattiset vuodot eivät saa aiheuttaa vaaraa, koskee sekä sisäisiä että ulkoisia vuotoja. [31, s. 14]

## **5.7 Sähkö**

Robottisolun sähköjärjestelmien suunnittelussa voi yleisesti turvautua standardiin IEC 60204-1 [32]. Kyseisessä standardissa käsitellään miten potentiaalitasaus ja potentiaalimaadoitus on otettava huomioon [29, s. 17]. Myös sähkömagneettinen yhteensopivuus, EMC, on kartoitettava [33]. Pienjännitedirektiivi 2014/35/EU, Liite 1 sisältää turvallisuuden pääkohdat mitkä on huomioitava [33, s. 12].

### **5.7.1 Sähkön syöttö**

Sähkön syötössä vaihtosähkösyötöt (AC) pitää olla 0,9-1,1 kertaa nimellisjännite. Taajuus (Hz) saa olla jatkuvasti 0,9-91,01 nimellistaajuudesta jatkuvasti, ja lyhytaikaisesti 0,98-1,02 nimellisjännitteestä. Harmoninen särö 2-30 yliaallon summasta ei saa ylittää 12 % täydestä tehollisarvoisesta jännitteestä johtimien välillä. Jännitteen epäsymmetria on sellainen määräys, että kolmivaihesyötön jännitteen vastakomponentin ja nollakomponentin arvo ei saa ylittää 2 % myötäkomponentin arvosta. Jännitekatkoja koskevan määräyksen mukaan syötön millä tahansa hetkellä esiintyvä jännitekatkos tai nollajännite ei saa ylittää 3 millisekuntia ja peräkkäisten katkosten välisen ajan on oltava yli 1 sekunti. Jännitekuopista on määräys, että ne eivät saa olla suurempia kuin 20 % syöttöjännitteen huippuarvoista yhtä jaksoa pidemmän ajan. [32, s. 24]

Tasasähkösyötöistä (DC) on erilliset määräykset akuissa ja muuntajissa. Akkujen jännitteen määräyksien mukaan pysyvän tilan jännite saa olla 0,85-1,15 kertaa nimellisjännitteen arvosta. Akkukäyttöisillä kulkuneuvoilla jännite saa olla 0,7-1,2 nimellisjännitteestä. Jännitekatkot akuissa ei saa ylittää 5 millisekuntia.

Tasasähkösyötössä muuntajien jännite saa olla 0,9-1,1 kertaa nimellisjännitteestä. Jännitekatkojen aika ei saa ylittää 20 millisekuntia korkeintaan 1 sekuntia peräkkäisten katkojen välillä.

Erikoissyöttöjärjestelmissä annetut raja-arvot voidaan ylittää sillä edellytyksellä, että laitteet ovat suunniteltuja toimimaan niissä olosuhteissa. [32, s. 24]

### **5.7.2 Toimintavaatimukset**

Kaikki sähkölaitteet robottisolussa on toimittava oikein lämpötila-alueella +5 C... +40 C. Sähkölaitteet on kyettävä toimimaan suhteellisen kosteuden ollessa 50 % maksimilämpötilassa +40 C. Sähkölaitteiden on myös kyettävä toimimaan tarkoitetulla tavalla silloin kun suhteellinen kosteus on 50 % maksimilämpötilan ollessa +40 C. Sähkölaiteet pitää myös suojata kiinteiden aineiden ja nesteiden sisäänpääsystä, ja epäpuhtauksilta asennusympäristössä, jotka voivat olla esimerkiksi pölyt, hapot, syövyttävät kaasut ja suolat. Jos sähkölaitteisto altistuu mikroaalto-, ultravioletti-, tai röntgensäteilylle, laitteiston ennenaikainen vanheneminen on otettava huomioon. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteisto pitää vaihtaa ja huoltaa tiheämmin kuin tavallisesti. Tärinät, iskut ja törmäykset on otettava huomioon sähkölaitteiston asennuksessa asentamalla ne erilleen tärisevästä koneesta tai käyttämällä tärinää vaimentavaa asennustapaa. [32, s. 25]

Jokaisen koneen syötössä on oltava syötön erotuslaite, joka on täytettävä IEC 60204-1 5.3.2. esitetyt vaatimukset. Syötön erotuslaitettava voidaan myös käyttää odottamattoman käynnistyksen ehkäisemiseksi. [32, s. 27]

### **5.7.3 Sähkömagneettinen yhteensopivuus (EMC)**

Sähkömagneettinen yhteensopivuus on suunniteltava EMC 2014/30/EY mukaan. [33] Ensimmäisenä yleisenä vaatimuksena on se, että sähkömagneettinen häiriö pitää olla alle tason että radio- ja telelaitteet tai muut laitteet toimivat oikealla tavalla. Laitteiston sähkömagneettinen häiriönsietotasoa sille suunnitellussa käytössä pitää olla sellainen, että laitteisto toimii tarkoitetun käytön heikentymättä kohtuuttomasti.

Tiettyjä erikoisia vaatimuksia koskee kiinteitä asennuksia. Kiinteitä asennuksia tehdessä pitää soveltaa asianmukaisia teknisiä sovelluksia ja huomioida komponenttien käyttötarkoitusta koskevat tiedot. Kiinteissä asennuksissa on täytettävä myös yleiset vaatimukset. [33, s. 19]

## 5.8 Turvallisuus

Turvallisuuden perustana robottisolussa käytetään standardia ISO 10218-2 [29]. Yksi turvallisuuden toteutumisen perusta on se, että jokaisella energiatyypille pitää olla oma erotuslaite robottijärjestelmässä. Nämä energiatyypit ovat hydraulikka, sähkö ja pneumatiikka. Robottijärjestelmässä missä on useampi robotti, tai laajempi järjestelmä voi vaatia useampaa erotuslaitetta. Tehonlähde pitää pystyä erottamaan ilman että henkilö altistuu vaaroille, ja laitteen pitää olla lukittu tai varmistettu OFF-asennossa. Varastoituneen energian hallintaan ja päästöön pitää olla laitteet, ja varastoituneesta energiasta pitää varoittamaan varoitusmerkinnöillä.

Jokaisessa robottisolussa on oltava turvapysäytystoiminto ja riippumaton hätäpysäytystoiminto. Käsikäyttöinen hätäpysäytystoiminto on oltava jokaisessa ohjausasemassa mistä voidaan käynnistää vaarallinen liike. Hätäpysäytystoiminto suunnitellaan standardien ISO 10218-2 5.2.2. sekä ISO 13850 mukaan [34]. Robottijärjestelmässä on myös oltava yksi tai useampi turvapysäytyspiiri. Energiasyötön muutos ei saa aiheuttaa vaaratilanteita robotin työkalua käyttäessä, eli kuorma ei saa irtoa. Työkalun on myös kestävä odotettavissa olevat voimat elinikänsä aikana. [29, s. 17-18]

Robottisolun varoituskilvet on oltava näkyvässä paikassa.

Turvallisuuden suunnittelussa on erityisesti otettava huomioon vaarat, jotka liittyvät robottisolun työprosesseihin. Prosessit voivat olla esimerkiksi hitsaus, laserleikkaus ja työstö. Vaaroihin voivat kuulua höyryt, kaasut, kemikaalit ja kuumat pinnat. [29, s. 19]

## 5.9 Robotin liikkeen rajoittaminen

Robotin liikkeen rajoittaminen on olennainen osa turvallisuudessa, sillä se antaa käsityksen siitä missä vaaralliset liikkeet tapahtuvat. Robotin liikkeitä tulee rajoittaa kappaleen koon mukaan. Tämä voidaan saada aikaiseksi yhdistämällä robottiin erilaisia laitteita, jotka rajoittavat robotin liikkeitä, ja luo ns. rajoitetun tilan. Suojatulla tilalla tarkoitetaan tilaa, joka on määritelty robottisolua ympäröivillä suojuksilla. Rajoitetun tilan on oltava pienempi kuin suojattu tila. Ympäröiviä suojuksia ei saa asentaa rajoitetun tilan sisäpuolelle. Rajoitettu tila pitää olla niin lähellä toimintatilaa, kun mahdollista. Robottijärjestelmän liikkeitä rajoitetaan robottiin yhdistetyillä laitteilla tai ulkoisilla rajoitinvälineillä. Nämä rajoituslaitteet jaetaan mekaanisiin ja ei-mekaanisiin rajoituslaitteisiin. Mekaanisilla rajoituslaitteilla tarkoitetaan laitetta, joka rajoittaa

fyysisesti liikkumasta suunnitellun rajan ulkopuolella. Ei-mekaanisella rajoituslaitteella ei rajoiteta liikettä, vaan se käynnistää pysäytyksen ohjausjärjestelmän kautta. Tämä vaatii integraattorin ottaakseen huomioon pysäytysmatkan määrittellessä robotin rajoitetun tilan. Sekä mekaaniset että ei-mekaaniset rajoituslaitteet on valmistettava standardi ISO 10218-1 vaatimusten mukaisesti. Robotin liikkeitä voi myös rajoittaa dynaamisesti. [29, s. 20-22]

## **5.10 Laitteet**

Laitteiden sijoittelu robottisolussa on suunniteltava siten että prosessia voidaan tarkkailla suojatun tilan ulkopuolella [29, s. 23]. Sijoittelussa on otettava huomioon ennakoitavat käyttökuormitukset. Materiaalin käsittelyyn liittyvät vaarat on arvioitava. Jos robottijärjestelmässä käytetään käsikäytöllä suurta nopeutta, on järjestettävä 500 mm vähimmäisväli rakennuksen, rakenteiden, koneiden ja välineiden alueisiin, jotka eivät tue robotin toimintaa ja voivat muodostaa väliinjäämiskohtia ja puristumiskohtia. Jos on mahdollista laitteet pitää sijoittaa siten, että tehtäviä voidaan suorittaa suojatun tilan ulkopuolella. Jos tehtäviä pitää suorittaa suojatun tilan sisäpuolella, suorituspaikoille pitää olla turvallinen pääsy. Näiden reittien suunnittelussa tulee ottaa huomioon useita asioita. Kaapelikanavia, kompastumisalueet, käsin tehtävän lataamiseen ja purkamiseen tarvittavan pääsyn taajuus, kuorman fyysiset ominaisuudet, käyttö- ja tarkkailualueet, huoltokohteet, pääsy kunnossapitokohteisiin. Nämä pääsytiety on myös suunniteltava kiinteiksi ja ohjaimet on sijoitettava pääsytien lähelle. Sähkökaappien asennuksessa on otettava huomioon, että pakotiet ovat käytettävissä silloin kun ovet ovat auki, ja että väli silloin on vähintään 500 mm. [29, s. 22]

### **5.10.1 Kulkureitit**

Tasanteet, kulkutiet, portaat ja siirrettävien sekä kiinteiden tikkaiden valinta on suunniteltava standardin ISO 14122 mukaan [35].

### **5.10.2 Kannettavat ohjaimet ja riippuohjaimet**

Kannettavat ohjaimet ja riippuohjaimet on valittava standardin ISO 10218-1 mukaan [29, s. 27].

### **5.10.3 Kunnossapito ja korjaus**

Turvallisuuden suunnitteluvaiheessa laitteet on myös suunniteltava niin että kunnossapito ja korjaus ovat mahdollista. Laitteet on sijoitettava siten että alueelle, jossa kunnossapitoa, korjausta ja säätöä pääsee turvallisesti. Välineitä vaarallisen energian erottamiseksi pitää olla saatavilla. Harvoin esiintyvät kunnossapito- ja korjauskohteet on varustettava kiinteillä suojuksilla, jotka vaativat irrotuksen työkaluilla. Usein esiintyvät kunnossapito- ja korjauskohteet on varustettava avattavilla suojuksilla, jotka eivät saa antaa käynnistyskäskyä saavuttaessa suojausasennon, eli suojausasennon toteutuessa sulkiessa suojan, käynnistyskäsky voi toteutua vasta erillisellä kuittauksella. [29, s. 28-29]

### **5.10.4 Muut laitteet**

Valoverhot ovat olennainen osa turvallisuuden toteutumisessa, ja niiden pitää täyttää standardi IEC 61496 vaatimukset.

## **5.11 Suunnitteluprosessi**

Robottisolun suunnitteluprosessin perustana käytetään standardia ISO 12100 [27]. Suunnitteluprosessissa pitää ensin määritellä robottisolun eri rajat. Näihin rajoihin kuuluvat esimerkiksi käyttörajat, tilarajat ja aikarajat.

### **5.11.1 Käyttörajat**

Yksi näistä rajoista on käyttörajat. Käyttörajoilla tarkoitetaan ennakoitavissa oleva käyttö ja väärinkäyttö. Käyttörajoihin lukeutuu useita eri osa-alueita. Esimerkiksi yksi tärkeimmistä on koneen erilaiset toiminnot ja koneen käyttäjien puuttuminen koneen toimintaan. Pitää myös huomioida koneen käyttö, koneen käyttäjien ikä, sukupuoli sekä käyttäjien oikea- tai vasenkätisyys ja käyttäjien fyysiset rajoitukset. Käyttäjien kokeneisuus ja kyvyt pitää ennakoida suunnittelussa. Käyttäjiin lukeutuu myös kunnossapitohenkilöt, asiantuntijat, harjoittelijat ja yleisö. Käyttörajoihin kuuluu myös muiden henkilöiden altistuminen koneen vaaroille. Nämä muut henkilöt voivat olla viereisen koneen käyttäjät, hallinnollinen henkilöstö, sekä ulkopuolinen yleisö. [27, s. 36]

### **5.11.2 Tilarajat**

Toinen suunnitteluprosessin rajoihin kuuluva osa on tilarajat. Tilarajoissa on otettava huomioon useita eri asioita esimerkiksi koneiden liikkeiden laajuus, koneiden kanssa

vuorovaikutuksessa olevien ihmisten vaatimat tila sekä koneen käytössä, että kunnossapidossa, ihmisten vuorovaikutus käyttäjä-konerajapinnassa, sekä kone-tehonsyöttö rajapinta.

### **5.11.3 Aikarajat**

Aikarajoilla tarkoitetaan useita eri ajalla määriteltävissä olevia asioita. Niihin kuuluu koneen ja osien ennakoitavissa oleva elinikä, kun ottaa huomioon käyttö ja ennakoitavissa oleva väärinkäyttö, sekä suositeltavat huoltovälit. Nämä aikarajat riippuvat laajalti koneen ympäristöstä.

### **5.11.4 Muut raja-arvot**

Muihin raja-arvoihin mitkä pitää ottaa huomioon robottisolun suunnitteluprosessissa, kuuluvat käsiteltävien materiaalien ominaisuudet ja vaadittu puhtaustaso. Myös ympäristön raja-arvot, eli kosteus tai kuivuus, lämpötilat ja pölyn ja kosteuden sieto on huomioitava. [27, s. 38]

## **5.12 Vaarat**

Vaarojen arvioimisessa käytetään standardia ISO 1200 perustana [27]. Vaarojen tunnistamisessa pitää kartoittaa kohtuudella ennakoitavissa olevat vaarat, vaaratilanteet ja vaaralliset tapahtumat. Osa-alueet, jotka pitää arvioida ovat kuljetus, kokoonpano ja asennus, käyttöönotto ja käyttö, sekä purkaminen, poistaminen ja romuttaminen [29, s. 44]. Standardi ISO 1200 liite B sekä ISO 10218-2 liite A ovat apuna vaarojen konkreettiseen tunnistamiseen [27, s. 106], [29, s. 50-52].

Vaarojen pienentämisen nyrkkisääntönä voi pitää turvalliseksi suunnittelu, sillä se vähentää tarvetta ylimääräisille turvallisuustoimenpiteille. Mikäli turvalliseksi suunnittelussa jää riskejä, näitä pitää hallita täydentävillä suojaustoimenpiteillä. Jos jäännöstiskit jäävät liian suuriksi turvalliseksi suunnittelun ja täydentävien suojaustoimenpiteitten jälkeen, ja niitä ei voi täysin poistaa, vaaroista on tiedotettava varoituskylteillä. [27, s. 52]

### **5.13 Muuta**

Robottisolun käytön ohjekirja on suunniteltava ISO 10218-2 7.2 vaatimusten mukaan [29, s. 44-49].



## 6 Tulos

Tässä opinnäytetyön osassa käsitellään tulosta, ja mitä opinnäytetyössä on saavutettu.

Työn tärkeimpänä tuloksena voi pitää eri turvallisuusstandardien pääkohtien esiin nostaminen, ja niiden kuvaaminen niin että asiaan paneutumaton henkilö voi ymmärtää ne. Tuloksena on helposti ymmärrettävä yleiskuvaus turvallisuusvaatimuksista ja mihin standardeihin on viitattu. Myös CE-merkinnän vaatimusten selvittäminen, EU:n vaatimustodistuksen tekeminen ja teknisen tiedoston vaaditun sisällön kerääminen lukeutuu tämän opinnäytetyön saavutuksiin. Näiden tuloksien avulla yrityksen robottisolun on voimassa olevien vaatimusten tasolla. Tulevaisuudessa robottisoluja rakennettaessa yritys pääsee huomattavasti helpommalla sekä taloudellisesti että ajallisesti kun voidaan helposti selvittää manuaalista mitkä asiat pitää ottaa huomioon, eikä tarvitse käyttää kovin laajasti kallista konsulttiapua.

Turvallistamisen manuaali on itsessään aika pitkälti aikaa säästävä kuvaus siitä, miten robottisolun tulee suunnitella turvallisesti. Soveltajan ei tarvitse muuta kuin selata läpi manuaalin esittämät pääkohdat tietääkseen mitkä turvallisuusnäkökohdat tulee ottaa huomioon turvallisen robottisolun suunnittelussa. Näiden standardien viittausten avulla säästetään huomattavasti aikaa, kun ei tarvitse selata läpi koko standardia, vaan näkee manuaalista heti missä eri asiat on selostettu.

CE-merkinnän vaatimusten selvittäminen ja EU:n vaatimustenmukaisuudentodistuksen laatiminen ovat ehkä tärkein asia yritykselle, sillä se mahdollistaa CE-merkinnän saannin olemassa olevalle robottisolulle.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että päämäärä opinnäytetyöllä saavutettiin, ja vieläkin kohtuullisen nopeasti. Yrityksen tarvitsema manuaali valmistui tammikuussa 2020, eli siihen aikaan mitä alun perin oli sovittu yrityksen toimitusjohtajan kanssa.

## 7 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön viimeisessä osassa käsitellään tulosta, miten tulokset vastasivat odotuksia ja mitkä asiat olisi voitu tehdä toisella tavalla.

Tämän opinnäytetyön tulosta voi analysoida tietyn robottisolun kohdalta mitä käytettiin tässä opinnäytetyössä, eli robottisolu missä on kiinteästi asennettu robotti. Toisenlaisten robottisolujen analysoinnissa, jossa esimerkiksi yhteistoimintarobotti on mukana, ei ole mahdollista käyttää tämän opinnäytetyön tulosta tietyiltä osin. Jos tätä työtä haluaisi jatkossa kehittää, yksi asia olisi ottaa yhteistoimintarobotit huomioon. Valitettavasti aika ei riittänyt siihen, vaan keskityin ainoastaan kiinteästi asennettuihin robotteihin. Manuaalin sisältö ei ole tällä hetkellä täydellisesti sovellettavissa yhteistoimintarobottien ja liikkuvasti asennettujen robottien kannalta.

Onnistuneena saavutuksena voi pitää sitä, että tekninen dokumentaatio, CE-merkinnän vaatimukset ja EU:n vaatimustenmukaisuustodistus saatiin aikaiseksi. Manuaali oli myös onnistunut yrityksen tarpeita huomioon ottaen.

Haluaisin lopuksi kiittää Kotasen Puutyötä, erityiset kiitokset ohjaajalleni toimitusjohtaja Ossi Kotaselle, joka antoi neuvoja matkan varrella, mihin olennaisiin asioihin minun piti keskittyä, sekä viikoittaisista kokoontumisista mitkä mahdollistivat aikataulussa pysymistä. Koulun puolelta haluan kiittää ohjaajaani, Tobias Ekfors, jonka avulla löysin tämän aiheen ja sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön. Hänen avullansa sain myös ratkottua monta ongelmakohtaa. Mika Billing Vaasan Ammattikorkeakoulun puolelta ansaitsee myös suuret kiitokset, hänen kauttansa koulun ohjaajani sai tietää tästä työstä. Billingille myös kiitokset monesta käytännön tason neuvosta.

## 8 Lähteet

- [1] Kotasen Puutyö Oy, "Kotasen Puutyö Oy," 2019. [Online]. Saatavilla: <https://www.kotasen-puutyo.fi/>. [Haettu 19.12.2019].
- [2] Kauppalehti, "Kauppalehti," 2019. [Online]. Saatavilla: <https://www.kauppalehti.fi/yrietykset/yrietykset/kotasen+puutyo+oy/08518314>. [Haettu 21.12.2019].
- [3] H. Kauranne, J. Kajaste ja M. Vilenius, *Hydrauliteknikka*, 2 toim., Helsingfors: Sanoma Pro Oy, 2013, s. 1-2.
- [4] Salhydro, "Salhydro," 2002. [Online]. Saatavilla: <https://www.salhydro.fi/files/PDF/8.hydrauliikan-perusteet.pdf>. [Haettu 17.3.2020].
- [5] T. Keinänen ja P. Kärkkäinen, *Hydrauliikka ja pneumatiikka*, 1 toim., Borgå: WSOY, 1997, s. 21.
- [6] K. Evensen ja J. Ruud, *Grundläggande Pneumatik*, 1:a toim., Stockholm: Liber Utbildning AB, 1995, s. 12-13.
- [7] Robotics Industries Assosiation, "Robotics Online," 2019. [Online]. Saatavilla: <https://www.robotics.org/robotics/industrial-robot-industry-and-all-it-entails>. [Haettu 15.1.2020].
- [8] L. Asplund, *Robotik*, 1:a toim., Stockholm: Liber Ab, 2011, s. 8.
- [9] M. Mihelj, T. Bajd, A. Ude, J. Lenarcic, A. Stanovik, M. Munih, J. Rejc ja S. Slajpah, *Robotics*, 2:a toim., Slovenia: Springer, 2018, s. 6-9.
- [10] Robot Worx, "Robot Works - A Scott Company," 2020. [Online]. Saatavilla: <https://www.robots.com/faq/what-is-a-robot-cell>. [Haettu 15.1.2020].
- [11] U. School of Mechatronic Engineering, "School of Mechatronic Engineering, UniMAP," 15.1.2015. [Online]. Saatavilla: [http://portal.unimap.edu.my/portal/page/portal30/Lecture%20Notes/KEJUR UTERAAN\\_MEKATRONIK/Semester%202020Sidang%20Akademik%2020142015/ENT372%20Robotics/4%20Robot%20Workcell.pdf](http://portal.unimap.edu.my/portal/page/portal30/Lecture%20Notes/KEJUR%20UTERAAN_MEKATRONIK/Semester%202020Sidang%20Akademik%2020142015/ENT372%20Robotics/4%20Robot%20Workcell.pdf). [Haettu 15.1.2020].
- [12] EU, "Asetukset, direktiivit ja muut säädökset | Euroopan Unioni," 2019. [Online]. Saatavilla: [https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts\\_fi#direktiivit](https://europa.eu/european-union/eu-law/legal-acts_fi#direktiivit). [Haettu 15.2.2020].
- [13] EUR-Lex, "EUR-Lex - Axxess to European Union Law," 2018. [Online]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A114527>. [Haettu 15.2.2020].
- [14] SFS, "SFS - Suomen Standisoimisliitto," 2020. [Online]. Saatavilla:

- [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi). [Haettu 15.2.2020].
- [15] SFS, "SFS Suomen Standardisoimisliitto," 2020. [Online]. Saatavilla: [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/usein\\_kysyttya](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/usein_kysyttya). [Haettu 15.2.2020].
- [16] SFS, "SFS Koneturvallisuuden standardit," 25 September 2019. [Online]. Saatavilla: [http://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuus\\_SFS\\_esite\\_web.pdf](http://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuus_SFS_esite_web.pdf). [Haettu 17.3.2020].
- [17] SFS, "Standardit, direktiivit ja CE-merkintä - Suomen Standardisoimisliitto SFS ry," 2020. [Online]. Saatavilla: [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/standardit\\_direktiivit\\_ja\\_ce-merkinta](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/standardit_direktiivit_ja_ce-merkinta). [Haettu 20.2.2020].
- [18] EU, "Euroopan unionin virallinen verkkosivusto," 2019. [Online]. Saatavilla: [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_fi.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_fi.htm). [Haettu 15.2.2020].
- [19] SFS, CE-merkintä: Perustiedot, 1:a toim., Helsinki: Suomen standardisoimisliitto, 2010, s. 61.
- [20] Traficom, "Traficom: Liikenne- ja viestintävirasto," 2019. [Online]. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/ce-merkinta>. [Haettu 15.2.2020].
- [21] European Commission, "European Commission," 2017. [Online]. Saatavilla: [https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking\\_en](https://ec.europa.eu/growth/single-market/ce-marking_en). [Haettu 15.2.2020].
- [22] Tukes, "Tukes: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto," 2019. [Online]. Saatavilla: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>. [Haettu 15.2.2020].
- [23] Tukes, "Tukes: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto," 2020. [Online]. Saatavilla: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/eu-vaatimustenmukaisuusvakuutus>. [Haettu 15.2.2020].
- [24] Finlex, "Finlex," 2008. [Online]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400#Pidp445165328>. [Haettu 16.2.2020].
- [25] SFS, "Suomen Standardisoimisliitto SFS ry," 2020. [Online]. Saatavilla: [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/standardit\\_direktiivit\\_ja\\_ce-merkinta](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/standardit_direktiivit_ja_ce-merkinta). [Haettu 16.2.2020].
- [26] Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, *SFS-EN ISO 10218:2011*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011, s. 1.
- [27] S. S. S. ry, *SFS-EN ISO 12100:2010*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2010, s. 10.
- [28] S. S. S. ry, *SFS-EN ISO 10218-1:2011*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011, s. 10.

- [29] Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, *SFS-EN ISO 10218-2:2011*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011.
- [30] S. S. S. ry, *SFS-EN ISO 4413:2011*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011.
- [31] S. S. S. ry, *SFS-EN ISO 4414:2011*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011.
- [32] S. S. S. ry, *SFS-EN 60204-1:2018*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2018.
- [33] Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin virallinen neuvosto, *Euroopan parlamentin ja neuvoston virallinen direktiivi 2014/35/EU*, Bryssel: Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin virallinen neuvosto, 2014.
- [34] Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, *SFS-EN ISO 13850:2015*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015.
- [35] S. S. S. ry, *SFS-EN ISO 14122:2016*, Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2016.
- [36] Tukes, "Tukes: Turvallisuus- ja Kemikaalivirasto," 2020. [Online]. Saatavilla: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet/koneen-valmistaja>. [Haettu 15.2.2020].