

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2023

Eetu Salo

# Teollisuusrobottijärjestelmän riskinarviointi ja turvallisuuskirjoitus



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2023 | 60 sivua 2 liitettä

Eetu Salo

## Teollisuusrobottijärjestelmän riskinarviointi ja turvallisuudokumentointi

Tämän opinnäytetyö koostuu turkulaisen teollisuusrobotiikan järjestelmätoimituksiin erikoistuneen Kine Robotics Oy:n toimeksiannosta suoritettuna riskinarvioinnin teoriataustasta ja toteutuksesta.

Opinnäytetyössä esitellään konedirektiiviä ja koneturvallisuuden standardeja sekä perehdytään näiden asettamiin riskinarvioinnin laadullisiin ja dokumentointia koskeviin vaatimuksiin. Lisäksi tarkastellaan koneturvallisuuden standardien tarjoamaa käytännön ohjausta riskinarviointiprosessissa, jonka kohteena on Kine Robotics Oy:n suunnittelema sekä tässä opinnäytetyössä esitelty pakkausrobottijärjestelmä.

Opinnäytetyössä esitellään vaarojen tunnistamiseen, riskien arviointiin ja riskien pienentämiseen soveltuvia menetelmiä sekä käsitellään kunkin menetelmän hyviä ja huonoja puolia. Opinnäytetyön aikana laadittu riskinarviointi toimii havainnollistavana esimerkkinä riskinarvioinnin osa-alueita esiteltäessä.

Opinnäytetyön tuloksena toimeksiantajalle laadittiin koneturvallisuuden standardien mukainen riskinarviointiasiakirja, jota on mahdollista täydentää järjestelmän suunnittelun edetessä. Opinnäytetyötä voi lisäksi hyödyntää suuntaa antavana oppaana koneen tai järjestelmän riskinarviointia laadittaessa.

Asiasanat:

Riskinarviointi, koneturvallisuus, standardit, robotiikka, pakkaus koneet

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2023 | 60 pages 2 Appendices

Eetu Salo

## Risk Assessment and Safety Documentation for an Industrial Robot System

This thesis consists of the theoretical background and implementation of a risk assessment conducted on behalf of Kine Robotics Oy, a company specializing in industrial robotics system deliveries in Turku.

The thesis includes an examination of the machine directive and machine safety standards, along with an exploration of their requirements for the quality and documentation of a risk assessment. Furthermore, the thesis explores the practical guidance provided by machine safety standards for the risk assessment process of a robotic packing system currently in development at Kine Robotics Oy and presented in this thesis.

Suitable methods for hazard identification, risk assessment, and risk reduction are discussed, highlighting the advantages and disadvantages of each approach. The risk assessment conducted during the thesis serves as an illustrative example when introducing different aspects of risk assessment.

As a result of the thesis, a risk assessment document compliant with machine safety standards was developed for the client, which can be further completed as the system design progresses. Moreover, the thesis can serve as a guiding reference for conducting risk assessments of machines or systems.

Keywords:

Risk assessment, machine safety, standards, robotics, packing machines

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Opinnäytetyön tavoite	8
1.2 Kine Robotics Oy	8
<b>2 Konedirektiivi</b>	<b>9</b>
2.1 Konedirektiivin soveltamisala	9
2.2 Koneen määritelmä	11
2.3 Konedirektiivin turvallisuusvaatimukset	12
2.4 Konedirektiivin riskienarviointivaatimukset	13
2.5 Konedirektiivi kansallisen lainsäädännön pohjana	13
2.6 CE-Merkintä	14
<b>3 Standardit</b>	<b>15</b>
3.1 Standardien käyttötarkoitus	15
3.2 Koneturvallisuuden EN-standardityypit	15
3.3 Yrityksen omat standardit	16
3.4 Riskin arvioinnissa käytettävät standardit	16
<b>4 Robottijärjestelmä</b>	<b>18</b>
4.1 Pakkausrobotit	19
4.2 Pahvinmuodostusrobotti, pahvinmuodostuslaite ja liimalaite	19
4.3 Lavamakasiini ja kuljetin	20
4.4 Pahvikaukalon paikoituslaite ja kuljetin	20
4.5 Konenäkökamerat	21
<b>5 Riskin arviointi</b>	<b>22</b>
5.1 Koneen tai järjestelmän raja-arvot	22
5.2 Vaarojen tunnistaminen	22
5.3 Riskin suuruuden arviointi	24
5.3.1 Riskimatriisi	25

5.3.2 Numeerinen pisteytys	26
5.3.3 Riskigraafi	28
5.3.4 Yhdistelmätyökalu	29
5.4 Riskin merkityksen arviointi	30
5.5 Riskin suuruuden arviointimenetelmän valinta	30
5.6 Riskin pienentäminen	31
5.6.1 Vaarojen poistaminen suunnittelun avulla	32
5.6.2 Vaarojen pienentäminen suunnittelun avulla	32
5.6.3 Suojaustekniset toimenpiteet	33
5.6.4 Täydentävät toimenpiteet	34
5.6.5 Käyttöä koskevat tiedot	34
<b>6 Riskien arvioinnin dokumentointi</b>	<b>35</b>
<b>7 Yhteenveto</b>	<b>37</b>
<b>Lähteet</b>	<b>38</b>

## **Liitteet**

Liite 1. Robottijärjestelmän vaarantunnistus

Liite 2. Robottijärjestelmän riskianalyysi

## **Kaavat**

Kaava 1. Riskin pistemäärä (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 32). 27

## **Kuvat**

Kuva 1. CE-merkintä (Siirilä & Tytykoski 2016, 136). 14

Kuva 2. Pakkausrobottijärjestelmä (Kine Robotics Oy 2023). 18

Kuva 3. Yhdistelmätyökalu vs. riskimatriisi. 31

## **Kuviot**

Kuvio 1. Riskimatriisi (Siirilä & Tytykoski 2016, 225).	26
Kuvio 2. Riskien arvioinnin vuokaavio (Siirilä & Tytykoski 2016, 226).	28
Kuvio 3. Yhdistelmätyökalu (Siirilä & Tytykoski 2016, 227).	29

## **Taulukot**

Taulukko 1. Seurausten vakavuuden määrittely. (Siirilä & Tytykoski 2016, 194-195, 227.)	24
Taulukko 2. Seurausten toteutumisen todennäköisyystasot. (Siirilä & Tytykoski 2016, 208.)	25
Taulukko 3. Riskin pistemäärän (RS) laadullinen luokitus. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 32.)	27
Taulukko 4. Pakkausrobottijärjestelmän vaarantunnistus.	40

## Käytetyt lyhenteet

CE	Conformité Européenne, EU-vaatimustenmukaisuus
EN	Eurooppalainen standardi
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
SFS	Suomen standardisoimisliitto

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tavoite

Euroopan unionin sisällä käyttöönotettavien koneiden tulee vastata erilaisiin turvallisuusvaatimuksiin, joiden noudattamisella voidaan varmistaa koneen olevan turvallinen käyttäjälleen ja muille lähistöllä työskenteleville henkilöille. Näitä vaatimuksia esittää Euroopan unionin konedirektiivi 2006/42/EY sekä koneturvallisuuden eurooppalaiset ja kansainväliset standardit.

Opinnäytetyö tehdään Kine Robotics Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön aiheena on Kine Robotics Oy:n asiakasyritykselle Ranskaan toimitettavan pakkausrobottijärjestelmän alustavan riskinarvioinnin sekä turvallisuusdokumentaation laatiminen. Opinnäytetyön tavoitteena on toimeksiannon täyttämisen ohella tarjota lukijalle tietoa koneen riskinarvioinnin prosessista ja standardit täyttävästä dokumentoinnista.

Opinnäytetyössä perehdytään Euroopan unionin konedirektiivin ja koneturvallisuusstandardien asettamiin vaatimuksiin koskien koneiden turvallisuutta sekä riskienarviointia. Standardien osalta esitellään myös menetelmiä vaarantunnistukseen, riskinarviointiin, riskin pienentämiseen sekä riskinarvioinnin dokumentointiin. Opinnäytetyön liitteissä esitetään toimeksiannon mukainen alustava riskinarviointi oheisdokumentteineen.

## 1.2 Kine Robotics Oy

Kine Robotics Oy on vuonna 2000 perustettu suomalainen yritys. Kine Robotics Oy toimittaa teollisuusrobottijärjestelmiä pääasiassa puhdastila- ja elintarviketeollisuuden tarpeisiin, avaimet käteen -periaatteella. Robottisoluisissa käytetään sovelluskohteen tyypin mukaan Kuka:n, Stäubli:n ja Comau:n robotteja. Kine Robotics Oy työllistää noin 10 työntekijää.



## 2 Konedirektiivi

Euroopan unionin konedirektiivin 2006/42/EY tarkoituksena on asettaa yhdenmukaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset koneille, jotka on tarkoitettu käytettäväksi työpaikalla tai yksityiskäyttöön EU:n alueella. Direktiivi koskee erikseen määriteltäviä koneita, laitteita ja niiden osia. Direktiivissä määritellään koneiden suunnittelua, rakentamista, asennusta ja käyttöä koskevat vaatimukset sekä tarvittavat dokumentaatiot, merkinnät ja vaatimustenmukaisuuden arviointitoimenpiteet. (Tukes 2023b.)

Direktiivin perimmäisenä tavoitteena on varmistaa, etteivät Euroopan unionin alueella myytävät koneet aiheuta vaaraa käyttäjänsä terveydelle tai turvallisuudelle. Direktiivin noudattaminen mahdollistaa myös Euroopan unionin ulkopuolisissa, Euroopan unionin talousalueeseen kuuluvissa maissa valmistetuille koneille vapaan liikkumisen koko Euroopan unionin alueella. (Euroopan komissio 2019, §2.)

### 2.1 Konedirektiivin soveltamisala

Konedirektiivin 1 artiklassa määrätään direktiiviä sovellettavan seuraaviin tuotteisiin:

- a) koneisiin;
- b) vaihdettaviin laitteisiin
- c) turvakomponentteihin
- d) nostoapuvälineisiin
- e) ketjuihin, köysiin ja vöihin;
- f) nivelakseleihin;
- g) puolivalmisteisiin.

(Konedirektiivi 2006/42/EY, 1 Artikla.)

Direktiivin 1 artiklassa määritetään myös seuraavat tuotteet, joihin direktiiviä ei sovelleta:

- a) turvakomponentteihin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi niiden kanssa identtisten komponenttien varaosina, ja jotka ovat alkuperäisen koneen valmistajan toimittamia;
- b) tivoleissa ja/tai huvipuistoissa käytettäviin erikoiskoneisiin;
- c) ydintekniseen käyttöön erityisesti suunniteltuihin tai otettuihin koneisiin, joissa syntyvä vika saattaa aiheuttaa radioaktiivisia päästöjä;
- d) aseisiin, ampuma-aseet mukaan luettuina;
- e) seuraaviin kulkuneuvoihin
  - maatalous- ja metsätraktoreihin, lukuun ottamatta näihin ajoneuvoihin kiinnitettyjä koneita, direktiivin 2003/37/EY soveltamisalaan kuuluvien riskien osalta,
  - moottoriajoneuvoihin ja niiden perävaunuihin, jotka kuuluvat moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen tyyppihyväksyntää koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä 6 päivänä syyskuuta 1970 annetun neuvoston direktiivin 70/156/ETY (13) soveltamisalaan, lukuun ottamatta näihin ajoneuvoihin kiinnitettyjä koneita,
  - ajoneuvoihin, jotka kuuluvat kaksi- ja kolmipyöräisten moottoriajoneuvojen tyyppihyväksynnästä 18 päivänä maaliskuuta 2002 annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002/24/EY (14) soveltamisalaan, lukuun ottamatta näihin ajoneuvoihin kiinnitettyjä koneita,
  - ainoastaan kilpailuihin tarkoitettuihin moottoriajoneuvoihin, ja
  - lento-, vesi- ja rautatieliikenteessä käytettäviin liikennevälineisiin lukuun ottamatta näihin liikennevälineisiin kiinnitettyjä koneita;
- f) merialuksiin ja liikkuviin avomeriyksiköihin sekä koneisiin, jotka on asennettu tällaisiin aluksiin ja/tai yksiköihin;
- g) erityisesti sotilaalliseen tai poliisin käyttöön suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin;
- h) tilapäistä laboratoriokäyttöä varten erityisesti tutkimukseen suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin;
- i) kaivoskuiluissa käytettäviin nostolaitteisiin;
- j) koneisiin, jotka on tarkoitettu esiintyjien siirtämiseen taiteellisten esitysten aikana;

- k) sähkö ja elektroniikkatuotteet, sikäli kun ne kuuluvat pienjännitedirektiivin 73/23/ETY soveltamisalaan;
- l) seuraaviin suurjännitelaitteisiin:
  - kytkin- ja ohjauslaitteet,
  - muuntajat.

(Konedirektiivi 2006/42/EY, 1 Artikla.)

## 2.2 Koneen määritelmä

Konedirektiivissä termi 'kone' määritellään seuraavalla tavalla:

- toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten,
- ensimmäisessä luetelmakohtassa tarkoitettua yhdistelmää, josta puuttuvat ainoastaan komponentit, joilla se liitetään paikan päällä tai kytketään voiman- tai käyntilähteisiin,
- ensimmäisessä tai toisessa luetelmakohtassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan,
- ensimmäisessä, toisessa tai kolmannessa luetelmakohtassa tarkoitettujen koneiden tai g alakohdassa tarkoitettujen puolivalmisteiden yhdistelmiä, jotka on tiettyjä toimintoja varten järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena,
- toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja jonka ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima;

(Konedirektiivi 2006/42/EY, 2 Artikla.)

Konedirektiivin esittämästä koneen määritelmästä voidaan todeta, että riskinarvioinnin kohteena oleva teollisuusrobottijärjestelmäkokonaisuus on direktiivin silmissä yksittäinen kone. Tämän määritelmän vaikutus riskinarviointia ja muuta turvallisuusdokumentaatiota laatiessa on merkittävä. Se sallii koko järjestelmää koskevan dokumentaation laatimisen ilman tarvetta

luoda jokaiselle järjestelmän osana toimivalle koneelle omaa, vastaavaa dokumentaatiota.

### 2.3 Konedirektiivin turvallisuusvaatimukset

Konedirektiivin olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset edustavat turvallisuuden minimitasoa Euroopan unionissa käytettäväksi tarkoitetuille koneille. Vaatimukset toimivat siis lähtökohtana koneturvallisuudelle.

Koneen suunnittelua ja rakentamista koskevat konedirektiivissä esitetyt vaatimukset voidaan kiteyttää seuraaviin asiakohtiin:

1. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, että niitä voidaan käyttää ilman ihmisiin kohdistuvaa terveys- tai turvallisuusuhkaa.
2. Kaikki koneen aiheuttamat vaarat tulee tunnistaa ja arvioida. Tarpeelliset toimenpiteet tulee suorittaa vaaran aiheuttaman riskin poistamiseksi tai jäännösriskin pienentämiseksi.
3. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, etteivät ne kokoamisen, asennuksen tai kunnossapidon aikana riskeeraa ihmisten terveyttä tai turvallisuutta.
4. Koneissa tulee olla riittävät turvallisuusominaisuudet, tämä sisältää ohjauskomponentit, suojauskomponentit ja varoituskomponentit.
5. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten että niiden energianlähteet voidaan erottaa koneesta turvallisesti.
6. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, etteivät niiden liikkeet tai toiminta aiheuta terveyteen ja turvallisuuteen kohdistuvia riskejä.
7. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, että ne voidaan kuljettaa, varastoida ja hävittää turvallisesti.
8. Koneiden mukana tulee kulkea helposti ymmärrettävä ohje, joka koskee koneen kasausta, asennusta, käyttöä ja kunnossapitoa.
9. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, että niitä voidaan käyttää ergonomisesti ja turvallisesti.

10. Koneet tulee suunnitella ja rakentaa siten, etteivät ne aiheuta liiallista melua, tärinää tai säteilyä, joka voisi vahingoittaa ihmisten terveyttä.

(Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite 1.)

#### 2.4 Konedirektiivin riskienarvointivaatimukset

Konedirektiivi vaatii valmistajia tekemään konettaan koskevan riskinarvioinnin ja asettaa itse riskinarvioinnille laatuvaatimuksia koneen turvallisuuden varmistamiseksi. Riskinarvioinnissa vaaditaan toteutuvaksi seuraavat asiakohdat:

1. Valmistajien tulee tehdä riskinarviointi laitteestaan mahdollisten vaarojen tunnistamiseksi ja riskien suuruuden arvioimiseksi.
2. Riskinarvioinnin tulee ottaa huomioon kaikki koneen elinkaaren vaiheet: suunnittelu, valmistus, asennus, käyttö, kunnossapito ja hävitys.
3. Valmistajien tulee toimia riskien eliminoimiseksi.
4. Jos riskiä ei ole mahdollista kokonaan poistaa, tulee valmistajan pienentää jäännösriskiä mahdollisimman pieneksi.
5. Riskinarviointi tulee dokumentoida ja pitää päivitettyinä koneen koko elinkaaren ajan.
6. Riskinarvioinnin tulee olla pyydettäessä tarkasteltavissa viranomaisten toimesta.

(Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite 1.)

#### 2.5 Konedirektiivi kansallisen lainsäädännön pohjana

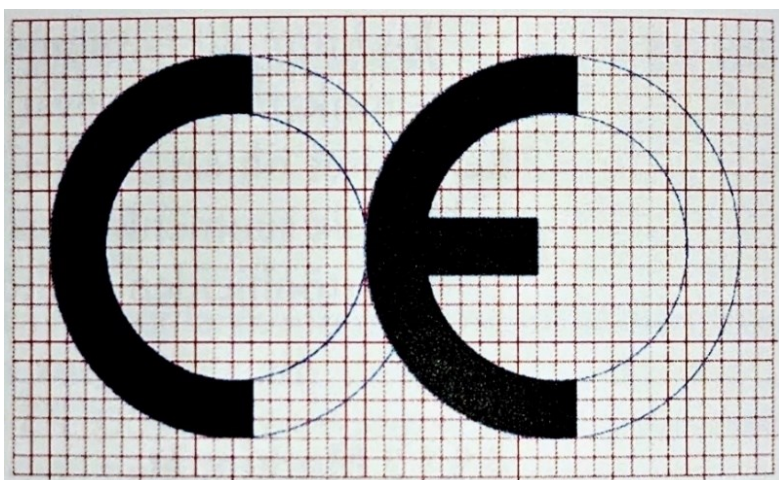
Kukin Euroopan unionin jäsenvaltio on velvollinen sisällyttämään direktiivin säännökset kansalliseen lainsäädäntöönsä määräajassa, joka on yleensä 2 vuotta. Näin voidaan varmistaa turvallisuusvaatimusten jatkuva yhtenäisyys ja helpottaa sisämarkkinoiden toimintaa. (EUR-Lex 2023.)

Jäsenvaltiot voivat laatia kansallisia säädöksiä, jotka koskevat esimerkiksi työntekijöiden koulutusta, työpaikan riskinarviointia, koneiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia tai erityisiä vaatimuksia tietyillä teollisuudenaloilla, kunhan ne eivät ole ristiriidassa konedirektiivin kanssa (EU-OSHA 2023).

## 2.6 CE-Merkintä

CE-merkintä on Euroopan unionin tunnus, joka osoittaa, että tuote täyttää EU:n asettamat turvallisuus-, terveys- ja ympäristönsuojelun vaatimukset. CE-merkintä on pakollinen useille tuoteryhmille, kuten koneille, sähkölaitteille ja leluille, ennen kuin niitä voidaan myydä tai käyttää EU:n alueella. CE-merkintä varmistaa, että tuote on testattu ja hyväksytty EU:n yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, mikä takaa yhtenäiset turvallisuusvaatimukset koko unionissa. CE-merkintä kuitenkin vastaa vain tuotteen perusvaatimuksia eikä takaa sen laatua tai helppokäyttöisyyttä. Vastuu CE-merkinnän oikeellisuudesta ja vaatimustenmukaisuuden varmistamisesta kuuluu tuotteen valmistajalle tai tämän valtuuttamalle edustajalle EU:ssa. Heidän on laadittava vaatimustenmukaisuusvakuutus ja pidettävä teknistä dokumentaatiota saatavilla viranomaisten pyynnöstä. (Tukes 2023a.)

CE-merkinnän tekeminen on sallittua vain tuotteisiin, joille on määritelty EU-vaatimuksia ja joille CE-merkitseminen on edellytys markkinoille pääsyyn (Euroopan komissio 2023). CE-merkinnältä vaadittu muoto esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. CE-merkintä (Siirilä & Tytykoski 2016, 136).

### 3 Standardit

Standardilla tarkoitetaan asiakirjaa, joka sisältää suosituksia, ohjeita tai vaatimuksia tietyistä aiheista (SFS 2023). Standardit laaditaan pääasiassa kansainvälisissä ISO:n tai IEC:n työryhmissä, joissa tavoitteena on valmistella ja toteuttaa samansisältöinen kansainvälinen ISO- tai IEC-standardi sekä eurooppalainen EN-standardi. (Siirilä & Tytykoski 2016, 90.)

#### 3.1 Standardien käyttötarkoitus

Standardisoinnin tarkoituksena on mahdollistaa alan asiantuntijoiden tuoda tietotaitoaan laajemmin saataville ja parantaa tätä kautta eri alojen yritysten sekä ammatinharjoittajien toimintaa esim. työ- ja koneturvallisuuden sekä laadunhallinnan osa-alueilla (SFS 2023).

Tuotteen kehityksen aikana yhdenmukaistettuja standardeja noudattanut yritys voi varmistua siitä, että tuote täyttää Euroopan unionin vaatimukset. Tämä käsite tunnetaan nimellä vaatimustenmukaisuusolettama. Standardeja seuraamalla on siis mahdollista suunnitella kone alusta alkaen siten, että se täyttää ja ylittää EU-direktiivin asettaman vaatimustason ja on näin ollen valmis CE-merkittäväksi. (METSTA 2023.)

#### 3.2 Koneturvallisuuden EN-standardityypit

Eurooppalaiset EN-standardit voidaan jakaa kolmeen tyyppiin: A-, B- ja C-tyypin standardeihin. C-tyypin standardit ovat kone- ja koneryhmäkohtaisia standardeja. B-tyypin standardit ovat ryhmästandardeja, jotka ottavat kantaa tietynlaiseen turvallisuusongelmaan, turvalaitteeseen tai mittausmenetelmään. Koneturvallisuuden piirissä A-tyypin standardeja on vain yksi, koneturvallisuuden perusstandardi SFS-EN ISO 12100:2010.

(Siirilä & Tytykoski 2016, 91.)

### 3.3 Yrityksen omat standardit

Yritykset voivat laatia omia asiakirjojaan, jotka muistuttavat ulkoasultaan ja sisällöltään tavallisia yhdenmukaistettuja standardeja. Näiden asiakirjojen tarkoituksena on yhdenmukaistaa yrityksen toimintatapoja eri toimipisteiden välillä. Tällöin yhden tuotantolaitoksen toimintaperiaatteen ja käytännön tuntemalla on mahdollista saada hyvä käsitys kaikista muista samaa tuotetta tai tuotelajia tuottavista tuotantolaitoksista, vaikka nämä olisi sijoiteltu eri puolille maapalloa. Yrityskohtaisissa standardeissa voidaan määrätä käyttämään yhdenmukaistettuja standardeja suunnittelun lähtökohtana.

### 3.4 Riskin arvioinnissa käytettävät standardit

Riskienarvioinnissa käytetään apuna standardeja. Yksi keskeinen standardi tässä yhteydessä on koneturvallisuuden perusstandardi SFS-EN ISO 12100:2010, joka keskittyy koneiden turvallisuuteen ja ohjaa suunnittelijoita ja valmistajia riskienarvioinnin ja riskien vähentämisen periaatteissa. SFS-EN ISO 12100:2010 koostuu kahdesta pääkohdasta: riskienarviointi ja riskien vähentäminen. Standardin tavoitteena on auttaa määrittämään vaarat ja riskit, jotka liittyvät koneiden käyttöön sekä tarjota menetelmiä niiden tunnistamiseksi, arvioimiseksi ja vähentämiseksi.

(SFS-EN ISO 12100:2010, 6.)

SFS-ISO/TR 14121-2 on tekninen raportti, joka toimii täydentävänä ohjeistuksena edellä mainitulle koneturvallisuuden perusstandardille. SFS-ISO/TR sisältää esimerkkejä ja tietoa siitä, miten eri vaaroja ja riskejä voidaan arvioida ja hallita käytännössä. Lisäksi se tarjoaa ohjeita vaarojen tunnistamiseen sekä riskien arviointiin ja vähentämiseen liittyvien tietojen keräämiseen ja dokumentointiin.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 8.)

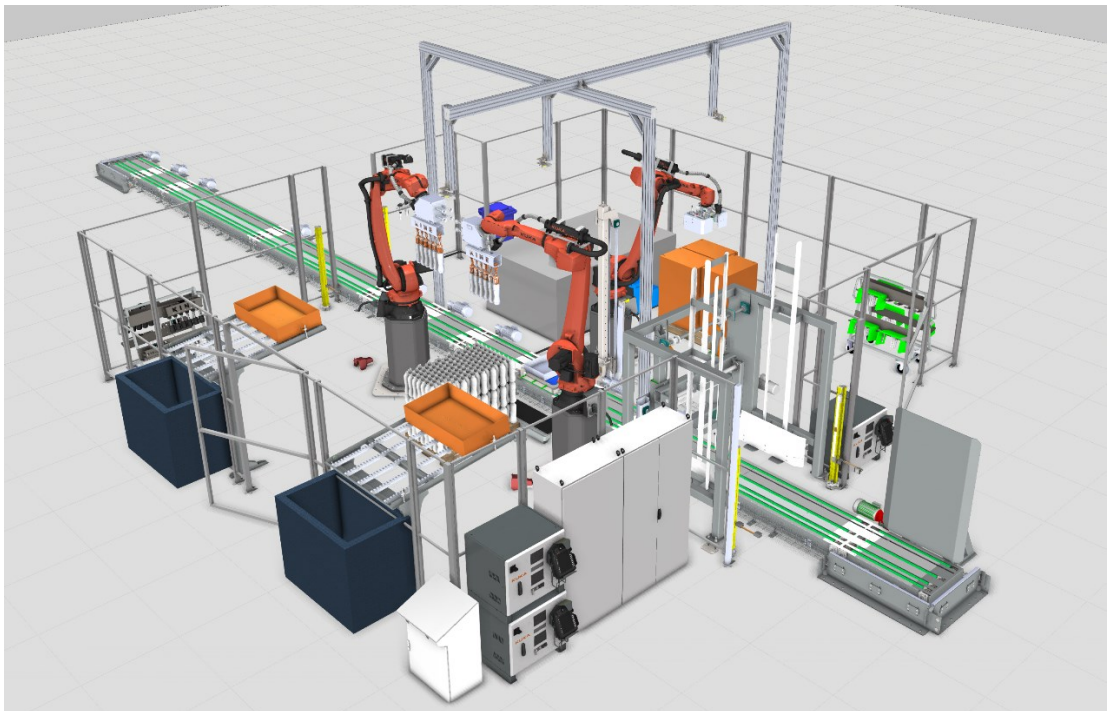


SFS-EN ISO 10218 on kaksiosainen C-tyyppin standardisarja, joka käsittelee yksinomaan teollisuusrobottien turvallisuuteen liittyviä asioita. Sarjan ensimmäinen osa, SFS-EN ISO 10218-1, käsittelee teollisuusrobotin turvallisuuden varmistamista robotin suunnittelussa sekä rakenteessa ja on näin ollen hyödyllinen lähinnä robotteja valmistavalle yritykselle. Toinen osa, SFS-EN ISO 10218-2, käsittelee erityisesti teollisuusrobotin sisältävien tuotantojärjestelmien turvallisuusasioita. Standardi tarjoaa koneturvallisuuden perusstandardia huomattavasti tarkemmat kehykset robottijärjestelmän riskinarviointiin tunnistamalla teollisuusrobotille ominaiset piirteet ja vaarat.

(SFS-EN ISO 10218-2:2011, 7.)

## 4 Robottijärjestelmä

Pakkausrobottijärjestelmä koostuu useista eri laitteista, joiden toiminta ei etene täysin synkronoidusti. Jokaisella laitteella on oma erityinen toimintakuvaus ja tehtävä järjestelmän kokonaisuudessa. Tässä luvussa tutustutaan robottijärjestelmän jokaisen laitteen toimintakuvaukseen. Kuvassa 2 esitellään opinnäytetyössä käsitelty pakkausrobottijärjestelmä.



Kuva 2. Pakkausrobottijärjestelmä (Kine Robotics Oy 2023).

Opinnäytetyössä riskinarvioitavan pakkausrobottijärjestelmän tarkoitus on siirtää kappaleita tuotepinosta toiseen. Pinot ovat eri kokoisia tuotannon prosessien sekä jatkoklogistiikan eriävien vaatimusten takia. Pinoista käytetään toimintakuvauksissa nimityksiä in -pino ja out -pino. In -pino saapuu järjestelmään pakattuna ja lähtee purettuna. Out -pino on alussa tyhjä ja lopussa täyteen pakattu. Out -pino pakataan out -lavan päälle. Solussa on lisäksi pahviaioliava, jota kutsutaan luvun kuvauksissa oikealla nimellään. Operaattori vastaa In -pinon, pahviaioliavan sekä out -lavojen saatavuudesta. Lisäksi operaattori vastaa liimalaitteen raaka-ainesäiliön täytöstä.

#### 4.1 Pakkausrobotit

Pakkausrobotteja on kaksi. Niiden toimintakuvaus on identtinen, mutta ne saattavat tilanteen mukaan suorittaa tehtäviään eri tahdissa. Toimintakuvaus lyhyesti:

1. Robotti noukkii kappaleen in-pinosta.
  - a. Jos pino on tyhjä, robotti nostaa pinon välipahvin ja siirtää sen roskaliuskalle, jonka jälkeen jatketaan kohdasta 1.
  - b. Jos toinen robotti on nostamassa välipahvia, tarkistaa toinen robotti välilaskupaikan sisällön, nostaa sieltä tarvittaessa kappaleen sekä jatkaa kohdasta 2.
  - c. Jos pinoa ei ole, siirtyy robotti odotusasentoon.
2. Robotti laskee kappaleen out -pinoon.
  - a. Jos pino on täynnä, sen pahvikaukalo tai koko lava on juuri vaihtumassa, robotti laskee kappaleen välilaskupaikalle ja palaa kohtaan 1.
3. Työkalunvaihdossa robotit siirtyvät työkalunvaihtoasentoon
4. Mikäli järjestelmän toiminta jostain syystä pysäytetään, robotit siirtyvät odotusasentoon

#### 4.2 Pahvinmuodostusrobotti, pahvinmuodostuslaite ja liimalaite

1. Pahvinmuodostusrobotti nostaa pahviaihion lavalta ja siirtää sen pahvinmuodostuslaitteeseen.
2. Robotti muodostaa ahiosta pahvikaukalon pahvinmuodostuslaitteen kanssa, liimalaite kuumentaa liimaa pahvinmuodostuslaitteelle saumauskäyttöön.
3. Robotti asettaa pahvikaukalon out -lavan pohjalle tai out -pinon ylimmän kerroksen päälle ja palaa kohtaan 1.
  - a. Jos pinon ylin kerros ei ole täynnä, robotti odottaa sen täyttymistä.
  - b. Jos pino saavuttaa maksimikorkeutensa ja siirtyy eteenpäin robotti odottaa seuraavaa out -lavaa.

4. Työkalunvaihdossa robotti siirtyy työkalunvaihtoasentoon.
5. Mikäli järjestelmän toiminta jostain syystä pysäytetään, robotti siirtyy odotusasentoon.

#### 4.3 Lavamakasiini ja kuljetin

1. Operaattori lastaa tasaisin väliajoin trukilla kasan out -lavoja kuljettimelle.
2. Kuljetin siirtää lavat lavamakasiinille.
3. Lavamakasiini nostaa lavat, jättäen alimmaisena kuljettimelle
4. Lavamakasiini laskee kuljettimelle yhden lavan kerrallaan, järjestelmän tarpeen mukaan.
5. Kuljetin siirtää lavan järjestelmään
6. Lavamakasiinin tyhjennyttyä se jatkaa kohdasta 3
7. Mikäli järjestelmän toiminta jostain syystä pysäytetään, lavamakasiini ja kuljetin pysähtyvät aloilleen.

#### 4.4 Pahvikaukalon paikoituslaite ja kuljetin

1. Kuljetin siirtää tyhjän out -lavan pahvikaukalon paikoituslaitteen kehyksen alle
2. Paikoituslaitteen kehys siirtyy lavan tasalle.
3. Pahvinmuodostusrobotti laskee pahvikaukalon out -lavan päälle.
4. Paikoituslaite keskittää kaukalon ja pitää sitä paikoillaan.
5. Pakkausrobotit alkavat täyttämään kaukaloa, muodostaen out -pinoa.
6. Kerroksen täytyessä pahvinmuodostusrobotti tuo uuden kaukalon pinon päälle
7. Paikoituslaitteen kehys siirtyy uuden kerroksen kohdalle ja jatkaa kohdasta 3.
8. Out -pinon täytyessä paikoituslaitteen kehys nousee yläasentoon, pois pinon liikkeen tieltä
9. Kuljetin siirtää pinon pois järjestelmästä jatkokäsittelyyn

10. Mikäli järjestelmän toiminta jostain syystä pysäytetään, paikoituslaite pysähtyy aloilleen.

#### 4.5 Konenäkökamerat

1. Konenäkökamerat tarkkailevat in -pinoa, out -pinoa sekä välilaskupaikkaa ja kommunikoivat tietoa näiden sisällöstä roboteille.
2. Konenäkökamerat tarkkailevat järjestelmän lattiaa ja huomaavat sinne kuulumattomat asiat, kuten kaatuneet pinot tai robotin tarttujasta tippuneet kappaleet. Järjestelmä osaa näin ollen keskeyttää toimintansa automaattisesti virhetilanteessa.

## 5 Riskin arviointi

Riskinarviointi toteutettiin seuraten teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2:2012 esitettyä tapaa niiltä osin, kuin se riskinarviointia tehtäessä oli mahdollista. Täydellistä, aukotonta riskinarviointia ei vielä robottijärjestelmän suunnittelun tässä vaiheessa voitu toteuttaa. Tässä luvussa perehdytään teoriaan opinnäytetyön tuloksena syntyneen, liitteissä 1 ja 2 esitellyn riskianalyysin asiakohtien takana.

### 5.1 Koneen tai järjestelmän raja-arvot

Koneen riskinarviointi voidaan aloittaa vasta, kun tiedetään, millainen kone on kyseessä. Raja-arvojen määrittelyllä saadaan koneen ominaisuuksista kirjallinen kuvaus, jota hyödynnetään, kun aletaan tunnistamaan koneen aiheuttamia vaaroja (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 12). Raja-arvoista voidaan myös tunnistaa mahdolliset laitteet, joita ei otettu riskinarvioinnissa huomioon. Tällaisia laitteita voi olla esimerkiksi asiakasyrityksen omat lisäykset järjestelmään.

Tähän opinnäytetyöhön liittyvän robottijärjestelmän riskinarviointia tehdessä ainoastaan mekaaniset, työtehtävään liittyvät sekä toimintaympäristön ominaisuudet olivat täysin selvillä, joten raja-arvojen määrittelyssä perehdyttiin erityisesti näihin. Puuttumaan jäivät erityisesti ohjausjärjestelmän yksilölliset ominaisuudet.

Järjestelmän raja-arvoihin merkittiin laitteet ja niiden kappalemäärät, järjestelmän käyttötarkoitus, käyttöympäristön tyyppi ja puhtausvaatimukset sekä kohtuudella ennakoitavissa olevan väärinkäytön asettamat erityishuomiot.

### 5.2 Vaarojen tunnistaminen

Jotta voidaan arvioida riskit, tulee tunnistaa vaarat. Jos vaaraa ei tunnisteta, ei sen realisoitumista voida estää kuin vahingossa. Vaarantunnistus on jokaisen

riskinarvioinnin tärkein osa-alue, joten se tulee suorittaa erityisen huolellisesti. Vaaran tunnistamisen tavoitteena on perehtyä järjestelmän toimintoihin ja sen käyttäjien tehtäviin mahdollisimman systemaattisesti, ottaen samalla huomioon kohtuudella ennakoitavissa olevat väärinkäytökset. Tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2:2012 esittää kaksi tapaa tunnistaa vaarat, *vahingosta-vaaraan* sekä *vaarasta-vahinkoon*. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 14.)

*Vahingosta-vaaraan*-lähestymistapaa käytettäessä otetaan käsittelyn alaiseksi jokin vahinko, esimerkiksi puristuminen tai leikkautuminen, ja käydään järjestelmä läpi laite kerrallaan arvioiden samalla vahingon toteutumismahdollisuutta kussakin laitteessa. Tämä kierros toistetaan jokaiselle vahinkotyyppille. Jotta voidaan olettaa vaarantunnistuksen olevan kokonaisvaltainen, tulee tunnistajalla olla tiedossa järjestelmän jokaiseen laitteeseen liittyvät työt ja lista erilaisia vahinkoja, joita sovittaa kyseisiin laitteisiin. *Vahingosta-vaaraan*-lähestymistavan suurimpia kompastuskiviä onkin liiallinen tarkistuslistaan luottaminen. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 14.)

*Vaarasta-vahinkoon*-lähestymistapaa käytettäessä otetaan pohdinnan alle itse laite ja mietitään mitä vaaroja se voi aiheuttaa normaalin toiminnan, vikatilän tai huollon aikana. *Vaarasta-vahinkoon*-lähestymistavalla on mahdollisuus olla kattavampi vaihtoehto, mutta se voi myös kuluttaa huomattavasti enemmän aikaa. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 16.)

Opinnäytetyön liitteessä 1 esitellyssä robottijärjestelmän vaarantunnistuksessa päätettiin käyttää *vaarasta-vahinkoon*-tyyppistä lähestymistapaa, sillä suurta osaa tiedosta, jota tarvittaisiin *vahingosta-vaaraan*-menetelmässä, ei ollut opinnäytetyön vaarantunnistusta suoritettaessa vielä saatavilla. Valittu menetelmä mahdollisti vaarojen tunnistamisen laitteiden fyysisiä ominaisuuksia ja toiminnallisuutta tutkimalla. Vaarantunnistusta tehtäessä fyysiset ominaisuudet ja toiminnallisuus kartoitettiin haastattelemalla laitteiden suunnittelijoita sekä robottijärjestelmän laitteiden 3D-mallinnoksia tutkimalla. Erityisesti robottijärjestelmälle tyypillisten vaarojen osalta perehdyttiin C-tyypin standardiin SFS-EN ISO 10218-2:2011. Standardista poimittiin järjestelmän toiminnalle ominaiset vaarat niiltä osin, kun se todettiin tarpeelliseksi.

### 5.3 Riskin suuruuden arviointi

Riskin suuruus arvioidaan vaaratilanteen seurausten vakavuuden ja tapahtumistodennäköisyyden perusteella. Seurausten vakavuus määritellään yleisesti seurausten vaikutuksella työkykyyn vahingon sattumisen jälkeen. Vakavuuden luokittelut eroavat riskin suuruuden arviointimetodista toiseen, mutta perusidea pysyy samana. Seuraukset luokitellaan taulukossa 1.

Taulukko 1. Seurausten vakavuuden määrittely. (Siirilä & Tytykoski 2016, 194-195, 227.)

Vakavuus	Kuvaus (esimerkkejä)	Lukuarvo (riskimatriisi)	Vakavuustaso <b>Se</b> Yhdistelmätyökalu
Kuolema	Kuolema	100	4
Vakavia pysyviä vammoja. Työssä jatkaminen on mahdotonta tai hyvin vaikeaa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neliraajahalvaus</li> <li>Alaraajojen halvautuminen</li> <li>sokeutuminen</li> <li>Pitkäaikainen tajuttomuus</li> <li>pysyvä aivovamma</li> </ul>	90	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raajan menettäminen</li> <li>kahden tai useamman sormen menettäminen tai toimintakyvyn menettäminen</li> </ul>	80	
Vakavia vammoja. Työhön palaaminen voi olla hankalaa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pahoja ruhjevammoja</li> <li>Huomattava kuulon heikentyminen</li> <li>Laaja palovamma</li> <li>Sormen menettäminen</li> </ul>	70	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Silmän menettäminen</li> <li>pienempi palovamma</li> <li>Raajan toimintakyvyn heikkeneminen</li> </ul>	60	
Kipua ja työstä pois oloa aiheuttavia vammoja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Käden tai jalan pitkien luiden murtuminen</li> <li>Vaikea sijoiltaanmeno</li> </ul>	50	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pala pois sormesta, luut eivät vahingoitu</li> </ul>	40	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lyhyehköä sairaalahoitoa vaativat vammat</li> </ul>	30	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suurehkoja haavoja, käynti ensiavussa voi olla tarpeen, enintään muutaman päivän poissaolo työstä.</li> <li>Pienehkö sijoiltaanmeno</li> <li>Huimausta, pahaa oloa</li> </ul>	20	
Vähäisiä seurauksia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Naarmuja tai mustelmia, laastari riittää</li> <li>Ei tarvita käyntiä ensiavussa, työtä voi jatkaa</li> </ul>	10	1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ei seurauksia</li> </ul>	1	



Vaaratilanteen todennäköisyyttä arvioitaessa on huomioitava vaaralle altistumisen taajuus, altistumisen kesto, vaarallisen tapahtuman sattuminen altistumisen aikana sekä vaarallisen tapahtuman vakavan seurauksen todennäköisyys. Yksi yleisimmistä todennäköisyyttä ilmaisevista tavoista on kymmeneen tasoon jaettu menetelmä, jossa tapahtuman todennäköisyyden laadulliseen kuvaukseen on yhdistetty lukuarvo. Tämä esitellään taulukossa 2.

Taulukko 2. Seurausten toteutumisen todennäköisyystasot. (Siirilä & Tytykoski 2016, 208.)

Kuvaus	Lukuarvo
Tapahtuminen on käytännössä varma koneen elinkaaren aikana.	1
Tapahtuu lähes varmasti, tapahtumatta jääminen olisi yllättävää.	0,9
Usein tapahtuva ja odotettavissa oleva. Vaaratilanne esiintyy usein koneen käytön ja kunnossapidon ja muiden toimintojen aikana ja voi johtaa haitallisiin seurauksiin.	0,8
Todennäköinen. Tapahtuminen ei ole epätavallista tai yllättävää.	0,7
Mahdollinen. Vaaratilanteita tiedetään tapahtuvan koneen elinkaaren aikana ja osa niistä voi johtaa haitallisiin seurauksiin.	0,6
Tapahtuminen (haitallisten seurausten syntyminen) ja tapahtumatta jääminen ovat yhtä todennäköisiä.	0,5
Epätavallinen. Haitalliseen seuraukseen johtavan tapahtuman tiedetään esiintyvän satunnaisesti, mutta tapahtumista ei normaalisti odoteta.	0,4
Hyvin epätavallinen. Tiedetään kuitenkin tapahtuneen jossain, mahdollisesti toisessa yrityksessä.	0,3
Hyvin epätodennäköinen, kuitenkin ajateltavissa. Voisi tapahtua, mutta käytettävissä ei ole tietoa, että sellainen olisi joskus sattunut.	0,2
Erittäin epätodennäköinen, ei pitäisi käytännössä tapahtua.	0,1

Riskin suuruuden arviointiin on monta menetelmää, mutta suurin osa näistä perustuu johonkin seuraavista perusmenetelmistä:

### 5.3.1 Riskimatriisi

Matriisimenetelmässä arvioidaan vaaran seurausten vakavuus ja sitä verrataan toteutumistodennäköisyyteen. Riskin laadullinen määritelmä johdetaan näin ollen seurausten vakavuuden ja todennäköisyyden tulosta. Riskimatriisin etuja on sen ymmärrettävyys selkeän visuaalisen esityksen kautta sekä korkea resoluutio menetelmän tulo- ja lähtöarvoissa. Menetelmän haittapuoli on

seurausten vakavuuden ja todennäköisyyden määrittelyn suurehko tulkinnanvaraisuus. Kuvio 1 esittää riskimatriisia, jossa riskin suuruuden määrittelyyn käytetään taulukoissa 1 ja 2 esitettyjä arvoja.

(Siirilä & Tytykoski 2016, 223–225.)

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

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

Kuvio 1. Riskimatriisi (Siirilä & Tytykoski 2016, 225).

### 5.3.2 Numeerinen pisteytys

Numeerisessa pisteytyksessä on kaksi tai useampi numeerinen muuttuja, jotka jaetaan useisiin suuruusluokkiin. Perusmuuttujat ovat tässäkin tapauksessa vakavuus sekä todennäköisyys.

Numeerisesta pisteytyksestä esitetään teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2:2012 seuraava esimerkki:

Vakavuutta kuvaavan muuttujan pistemäärät SS (Severity score):

- tuhoisa SS = 100,
- vaikea  $99 \geq SS \geq 90$
- kohtalainen  $89 \geq SS \geq 30$
- vähäinen  $29 \geq SS \geq 0$

Todennäköisyyttä kuvaavan muuttujan pistemäärät PS (Probability score):

- erittäin todennäköinen PS = 100
- todennäköinen  $99 \geq PS \geq 70$
- epätodennäköinen  $69 \geq PS \geq 30$
- erittäin epätodennäköinen  $29 \geq PS \geq 0$

Vahingon esiintymistodennäköisyys ja seurausten vakavuus yhdistetään kaavan 1 esittämällä tavalla, jossa muuttuja RS (Risk score) on riskin pistemäärä.

$$PS + SS = RS \quad (1)$$

Riskin pistemäärän merkitys esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Riskin pistemäärän (RS) laadullinen luokitus. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 32.)

-	<b>suuri</b>	$\geq 160$
159 $\geq$	<b>keskimääräinen</b>	$\geq 120$
119 $\geq$	<b>pieni</b>	$\geq 90$
89 $\geq$	<b>merkityksetön</b>	$\geq 0$

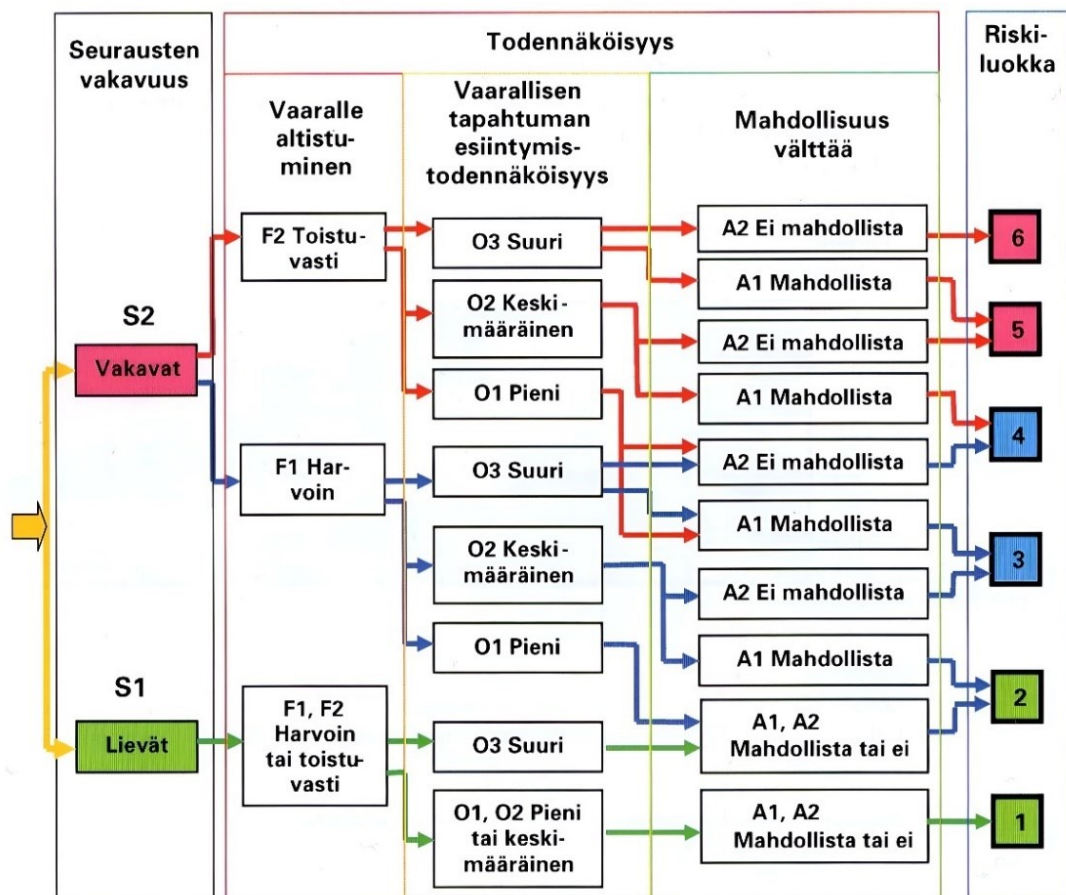
Numeerisen pisteytyksen avoin rakenne mahdollistaa erilaisten muuttujien lisäyksen sekä näiden painotuksen mukauttamisen riskin suuruuden arvioinnissa. Numeerisen pisteytyksen haittapuolia on menetelmän arviointivaiheen subjektiivisuus mutta kuitenkin objektiiviselta näyttävä lopputulos.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 32.)

### 5.3.3 Riskigraafi

Riskien arvioinnin vuokaaviomenetelmä, eli riskigraafi, mahdollistaa riskien arvioinnin vertaamalla käsiteltävän vaaran kutakin ominaisuutta vuokaavion polun risteyskohdan kuvaukseen. Vuokaaviossa otetaan huomioon altistumistiheys, vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys sekä mahdollisuus välttää vaaratilanne. Lopputuloksena päästään yhteen kolmesta riskiluokasta, joissa tasot 6 ja 5 ilmaisevat suurta riskiä, luokat 4 ja 3 keskimääräistä riskiä sekä luokat 2 ja 1 pientä riskiä. Vuokaaviomenetelmän haittapuolena on sen karkeus, kaksi vakavuustasoa lähtöarvoissa sekä kolme riskiluokkaa lopputuloksissa voi aiheuttaa riskien systemaattisen yli- tai aliarvioinnin. Esimerkki vuokaaviomenetelmästä esitetään kuviossa 2.

(Siirilä & Tytykoski 2016, 225–226.)



Kuvio 2. Riskien arvioinnin vuokaavio (Siirilä & Tytykoski 2016, 226).

### 5.3.4 Yhdistelmätyökalu

Yhdistelmätyökaluksi kutsutaan riskinarviointimenetelmää, jossa yhdistetään ominaisuuksia kahdesta tai useammasta riskinarvioinnin perusmenetelmästä. Yhdistelmätyökaluissa on yleisesti useampi muuttuja, joille määritetään laadulliseen määrittelyyn sidottu numeerinen arvo. Yhdistelmätyökalun muuttujien määrittelyssä voi olla esimerkiksi vähemmän tulkinnanvaraa kuin riskimatriisissa tai numeerisessa pisteytyksessä, mutta samalla enemmän vaihtoehtoja kuin riskigraafissa. Yhdistelmätyökalun huonona puolena on sen usein turhan korkeaan riskiin kallistuva lopputulos. Esimerkki yhdistelmätyökalusta esitetään kuviossa 3.

(Siirilä & Tytykoski 2016, 226–227; 242.)

Riskin suuruuden arviointi									
Dokumentti nro:	Osa asiakirjaa nro:								
Tuote (kohde):	Punainen alue: suuri riski			<input type="checkbox"/> Alustava riskin arviointi					
Laatija:	Sininen alue: keskimääräinen riski			<input type="checkbox"/> Riskin väliarviointi					
Päivämäärä:	Harmaa alue: pieni riski			<input type="checkbox"/> Riskin seurantaarviointi					

Seuraukset	Vaka- vuus Se	Todennäköisyysluokka CI Fr + Pr + Av				Taajuus Fr	Toden- näköisyys Pr	Välttä- minen Av	
		4	5–7	8–10	11–13				14–15
Kuolema, silmän tai käden menetys	4						1 tunti tai alle 5	Erittäin suuri 5	
Pysyvä vamma, sormien menettäminen	3						Tunti ... 24 h 5	Toden- näköinen 4	
Palautuva vamma, lääkärinhoito	2						24 h ... kaksi viikkoa 4	Mahdol- linen 3	Mahdol- lonta 5
Palautuva vamma, ensiapu	1						Kaksi viikkoa ... vuosi 3	Harvi- nainen 2	Mahdol- lista 3
							Yli vuosi 2	Merkityk- setön 1	Toden- näköistä 1

Nro	Vaara- tyypin nro <sup>a)</sup>	Vaara	Se	Fr	Pr	Av	CI	Suojaustoimenpide <sup>b)</sup>	Riittävän turvallinen Kyllä/Ei
1									
2									
3									
...									

a) Vaaratyyppien kuvaus ja niiden numerot ovat erillisessä luettelossa  
b) Kuvataan suojaustoimenpide, jos sellaista on käytetty kyseisestä vaarasta aiheutuvan riskin poistamiseksi tai pienentämiseksi

Kuvio 3. Yhdistelmätyökalu (Siirilä & Tytykoski 2016, 227).

#### 5.4 Riskin merkityksen arviointi

Riskin merkityksen arvioinnin aikana päätetään riskin suuruuden arvioinnin jälkeisestä riskin pienennystarpeesta. Jos riskin suuruuden arvioinnissa päästään tulokseen, jossa riskin suuruus on arviointimenetelmän esittämässä skaalassa keskimääräinen tai korkeampi, on riskiä pienennettävä. Jos riskiä on pienennetty aiemman riskinarviointikierroksen yhteydessä, riskin merkityksen arvioinnin aikana määritetään, onko riskin pienentäminen saavutettu ilman uusien vaarojen ilmaantumista tai muiden tunnistettujen vaarojen aiheuttamien riskien suurenemista. (SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 42.)

#### 5.5 Riskin suuruuden arviointimenetelmän valinta

Opinnäytetyön riskinarviointia suoritettaessa kokeiltiin riskimatriisin ja yhdistelmämenetelmän soveltuvuutta. Riskinarviointi suoritettiin kokonaisuudessaan kummallakin menetelmällä. Tässä huomattiin yhdistelmätyökalun soveltumattomuus ainakin tämän tyyppisen järjestelmän riskinarviointiin. Yhdistelmätyökalu antoi jo riittävän vakavuuden ja usein tapahtuvan altistumisen tuloksena riskin, jota tulisi pienentää. Työkalun kanssa ei siis voitu ottaa huomioon vaaratilanteen todennäköisyyden sekä vaaran välttämismahdollisuuden vaikutusta riskin suuruuteen. Tätä havainnollistaa kuva 3.

Vaara: Robotin koroke luhistuu robotin painon alla				
Yhdistelmätyökalu				
Se vakavuus	Fr altistumistaajuus	Pr todennäköisyys	Av mahdollisuus välttää	CI riskiluokka
4	5	1	1	7

Matriisimenetelmä		
S Vakavuus	P Todennäköisyys	R Riskiluokka
100	0.1	10

Riskin laadullinen määrittely	
Matriisimenetelmä	Yhdistelmätyökalu
Siedettävä	Suuri

Kuva 3. Yhdistelmätyökalu vs. riskimatriisi.

Kuva sisältää esimerkkinä toimivan otteen saman vaaran aiheuttamasta riskistä riskimatriisilla ja yhdistelmätyökalulla arvioituna sekä riskin laadullisen määrittelyn kunkin menetelmän mukaisesti. Esimerkistä voidaan huomata, kuinka ehdoton riskimatriisin menettelytapa on. Todellisuudessa robotin jalusta on muotoilultaan vahva ja materiaaleiltaan reilusti ylimitoitettu, jolloin se pienentää riskin olemattomaksi rakenteensa avulla.

Riskinarvioinnissa päädyttiin käyttämään esimerkissä kuvailtujen ongelmien vuoksi yhdistelmätyökalun sijaan matriisimenetelmää, jossa esimerkkitalannetta vastaavia ongelmia ei ilmene samassa suhteessa. Tämä ei suinkaan tarkoita, että todellisten riskien pienentämiseltä vältyttäisiin, vaan että riskinarvioinnin tulokset kuvaavat todellisuutta tarkemmin.

## 5.6 Riskin pienentäminen

Riskien pienentämisellä tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka tehdään koneelle riskinarvioinnin jälkeen, tunnistettujen vaarojen aiheuttamien sietämättömien riskien poistamiseksi. Riskin pienentäminen tapahtuu pienentämällä tunnistetun

vaaran aiheuttamaa riskiä siedettävälle tasolle tai poistamalla vaaranaiheuttaja kokonaan. Usein vaaranaiheuttaja on koneen tarkoitetun toiminnan kannalta välttämätön, joten sitä ei voida poistaa. Koneesta tunnistettujen ja pienennystä vaativien riskien kohdalla on pyrittävä tekemään pienennystoimenpiteet seuraavaksi kuvatussa ensisijaisuusjärjestyksessä.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 42.)

#### 5.6.1 Vaarojen poistaminen suunnittelun avulla

Luontaisesti turvallinen suunnittelu on tehokkain tapa pienentää riskiä, sillä se voi poistaa vahingon lähteen kokonaan. Vaaran poistaminen suunnittelun kautta voi tarkoittaa esimerkiksi vaarallisten materiaalien ja aineiden korvaamista, fyysisten ominaisuuksien kuten terävien reunojen sekä leikkaavien kohtien välttämistä sekä työergonomiaa haittaavien toistuvien liikkeiden ja asentojen poistamista.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 42.)

#### 5.6.2 Vaarojen pienentäminen suunnittelun avulla

Jos vaaraa on toiminnallisuuden säilyttämisen nimissä mahdotonta poistaa, voidaan sen aiheuttamaa riskiä pienentää. Riski koostuu vahingon vakavuudesta ja todennäköisyydestä, joten riski pienenee, kun vähintään toista riskin muodostavaa muuttujaa saadaan madallettua.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)

Vakavuuden pienentäminen suunnittelun avulla voi tarkoittaa esimerkiksi laitteen energian pienentämistä, joka voidaan saavuttaa rajoittamalla esim. laitteen voimaa, painetta tai nopeutta. Putoamisvaaran vakavuutta voidaan alentaa laskemalla korkeutta, josta mahdollinen putoaminen tapahtuu.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)



Todennäköisyyden pienentäminen suunnittelun avulla voidaan saavuttaa esimerkiksi automatisoimalla vaaralle altistava työvaihe, parantamalla luotettavuutta komponenteissa, joiden vikaantuminen aiheuttaa vaaran tai sijoittamalla vaaranaiheuttaja paikkaan, jossa vikaantuminen aiheuttaa vahingon aiempaa epätodennäköisemmin.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)

### 5.6.3 Suojaustekniset toimenpiteet

Mikäli vaarojen poisto tai riskien pienennys suunnittelun avulla ei johda lopputulokseen, jossa vaaran aiheuttama riski on siedettävällä tasolla, tulee vaaranaiheuttajaan soveltaa suojausteknisiä toimenpiteitä, jotka alentavat vaarallisen tapahtuman todennäköisyyttä tai parantavat vaaran välttämismahdollisuuksia. Suojausteknisten toimenpiteiden vaikutus vahingon vakavuuteen on vähäinen.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)

Laitteelle toteutettavat suojaustekniset toimenpiteet voivat olla esimerkiksi altistumista vähentäviä, kuten koneen vaaravyöhykkeiden suojaus suojuksilla, aidoilla tai koteloinneilla tai vaaran aikaisen pääsyn rajoittaminen toimintaan kytketyillä suojalaitteilla kuten turvaovilla ja avainjärjestelmillä.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)

Suojaustekniset toimenpiteet voivat olla myös vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyttä rajoittavia, kuten vaaravyöhykkeelle päätyvän henkilön havaitsevat ja toiminnon keskeyttävät valoverhot ja tuntomatot, odottamattoman käyntiinlähdön estävät ja toiminnan jatkumisen mahdollistavat sallintalaitteet tai vikaantumista ehkäisevät laitteet kuten ylikuorman ja liiallisen momentin, nopeuden, paineen tai lämpötilan tunnistavat anturit.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 44.)

#### 5.6.4 Täydentävät toimenpiteet

Koneen käyttötarkoitus ja kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö saattaa edellyttää täydentäviä toimenpiteitä vaaralta suojaamiseksi ja riskin pienentämiseksi. Täydentävien toimenpiteiden suurin vaikutus liittyy vahingon välttämismahdollisuuteen ja vahingon aiheuttamien seurausten pienennykseen. Täydentäviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi hätäpysäytystoiminnon aikaansaavat komponentit, tehonsyötön erottamisen mahdollistavat toiminnot sekä toiminnot laitteeseen loukkuun jääneiden henkilöiden pelastamiseksi.

(SFS-EN ISO 12100:2010, 49–50.)

#### 5.6.5 Käyttöä koskevat tiedot

Käyttöä koskevat tiedot sisältävät opastusta koneen oikeaoppisesta ja turvallisesta käytöstä. Niissä varoitetaan mahdollisista riskin pienennyksen jälkeisistä jäännösriskeistä. Käyttöä koskevilla tiedoilla on suurin vaikutus vahingon välttämismahdollisuuksiin ja niiden toimivuus riippuu henkilön kyvystä ymmärtää tietoja ja toimia niiden vaatimalla tavalla. Käyttöä koskevat tiedot voivat sisältää tietoja koneen käyttöön vaadittavasta koulutuksesta ja henkilönsuojaimien käytöstä. Käyttöä koskeviin tietoihin luetaan myös jäännösriskeistä varoittavat koneeseen asennettavat varoituskilvet.

(SFS-ISO/TR 14121-2:2012, 46.)

## 6 Riskien arvioinnin dokumentointi

Riskinarvioinnin dokumentoinnille esitetään vaatimukset koneturvallisuuden perustandardissa SFS-EN ISO 12100:2010.

Standardin mukaiseen ja näin ollen myös konedirektiivin vaatimukset täyttävään dokumentointiin tulee sisällyttää (SFS-EN ISO 12100:2010, 56; Siirilä & Tytykoski 2016, 251–252.)

1. tiedot koneesta jolle arviointi on tehty, esim.
  - koneen kuvaus, tekniset tiedot ja tarkoitettu käyttö
2. arvioinnin aikana tehdyt oletukset, esim.
  - koneen tai sen rakenneosien käyttöikä
  - käyttötaajuus
  - kuormitukset
  - varmuuskertoimet
3. tiedot tunnistetuista vaaroista ja vaaratilanteista sekä riskin arvioinnissa huomioon otetuista vaarallisista tapahtumista ja niistä aiheutuvista seurauksista sekä seurausten todennäköisyyksistä.
4. tiedot, joihin riskin arviointi perustui
  - käytetty aineisto ja sen lähteet (esim. standardit, tapaturmatiedot, samankaltaisen koneen riskin pienentämisestä saatu kokemus)
  - käytettyyn aineistoon liittyvä epävarmuus
  - käytettyihin tietoihin liittyvä epävarmuus (esim. komponenttien vikaantumistaajuus tai turvalaitteiden toimintataajuus)
5. tiedot riskin pienentämistavoitteista, jotka saavutettava suojaustoimenpiteillä
6. tiedot toteutetuista suojaustoimenpiteistä tunnistettujen vaarojen poistamiseksi tai riskin pienentämiseksi
  - näiden toimenpiteiden valintaperusteet kirjattava ylös
7. tiedot koneen jäännösriskeistä
8. kaikki riskinarvioinnin kuluessa täytetyt lomakkeet.

Dokumentaation tulee olla selkeää ja yksityiskohtaista. Dokumentaatio tulee laatia siten, että riskinarvioinnin ulkopuoliset tahot voivat saada sen avulla oikean käsityksen arvioinnin suoritusprosessista ja tuloksista. Riskinarvioinnin dokumentaation ei tarvitse olla koottuna omaan asiakirjaansa. Arvioinnista tulee laatia yhteenvetodokumentti, jossa viitataan täsmällisesti dokumentteihin, jotka sisältävät riskinarvioinnin dokumentaatiolta vaaditut tiedot.

(SFS-EN ISO 12100:2010, 56; Siirilä & Tytykoski 2016, 252.)

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa kehitteillä olevan teollisuusrobotijärjestelmän alustava riskinarviointi ja tuottaa samalla jatkokehityskelpoinen, helposti täydennettävissä oleva riskianalyysidokumentti työn toimeksiantajalle. Tavoitteiden voidaan katsoa täyttyneen.

Opinnäytetyön suorittaminen vaati laajaa perehtymistä Euroopan unionin konedirektiiviin ja yhdenmukaistettuihin standardeihin ennen kuin opinnäytetyön sisältöä oli mahdollista edes suunnitella. Teoriaosuuden laatimisen aikana kerättiin tietoa pääasiassa riskinarvioinnin laatuvaatimuksista sekä menetelmistä.

Opinnäytetyön haastavimmaksi osuudeksi osoittautui ehkä vähemmän yllättäen itse riskien arviointi. Lähes mahdottomilta tuntuvat skenaariot oli pystyttävä arvioimaan reilusti, sillä standardit niin vaativat. Näitä skenaarioita mietittäessä havaittiin myös aitoja vaaroja, jotka olisivat voineet jäädä tunnistamatta, mikäli standardien asettamia vaatimuksia olisi lähdetty välttelemään.

Opinnäytetyön teoriasisältöä täydennettiin riskinarvioinnin ohella jatkuvalla syötöllä. Enemmänkin olisi ehkä ollut mahdollista pohtia, mutta arvioitavan kohteen jatkuvasti kehittyvä luonne ja opinnäytetyön suorittamiselle asetetut aikarajat pitivät kaistalla. Opinnäytetyön aikana hankittua ymmärrystä robotiikan koneturvallisuuden eri osa-alueista voidaan pitää arvokkaana valttikorttina jatkuvasti automatisoituvassa maailmassa.

## Lähteet

Euroopan komissio 2019. Guide to application of the Machinery Directive 2006/42/EC - Edition 2.2. Julkaisu Euroopan komission DocsRoom-dokumenttipalvelussa. Viitattu 6.4.2023

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38022?locale=fi>.

Euroopan komissio, Your Europe -verkkosivusto 2023. CE-merkintä. Viitattu

15.4.2023. [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)

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto EU-OSHA 2023. EU:n työterveys- ja työturvallisuusdirektiivit. Viitattu 7.4.2023. <https://osha.europa.eu/fi/safety-and-health-legislation/european-directives>.

Euroopan unionin lainsäädäntö- ja oikeustietokanta EUR-Lex 2023. Euroopan unionin direktiivit. Viitattu 6.4.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l14527&from=FI>.

Konedirektiivi 2006/42/EY.

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys METSTA ry 2023.

Vaatimustenmukaisuusolettamus. Viitattu 11.4.2023.

<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/yhdenmukaistetut-standardit/vaatimustenmukaisuusolettamus/>.

SFS-EN ISO 10218-2 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset.

Osa 2: Robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 12100:2010 Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO/TR 14121-2 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

Siirilä, T. & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. 2. painos. Helsinki: Inspecta.

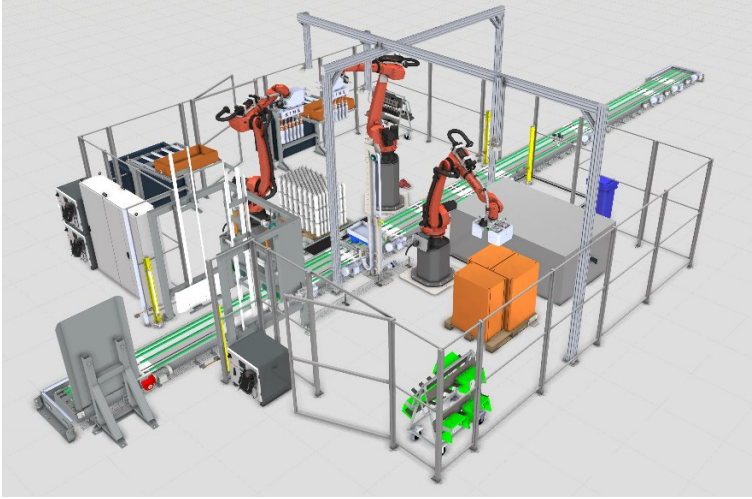
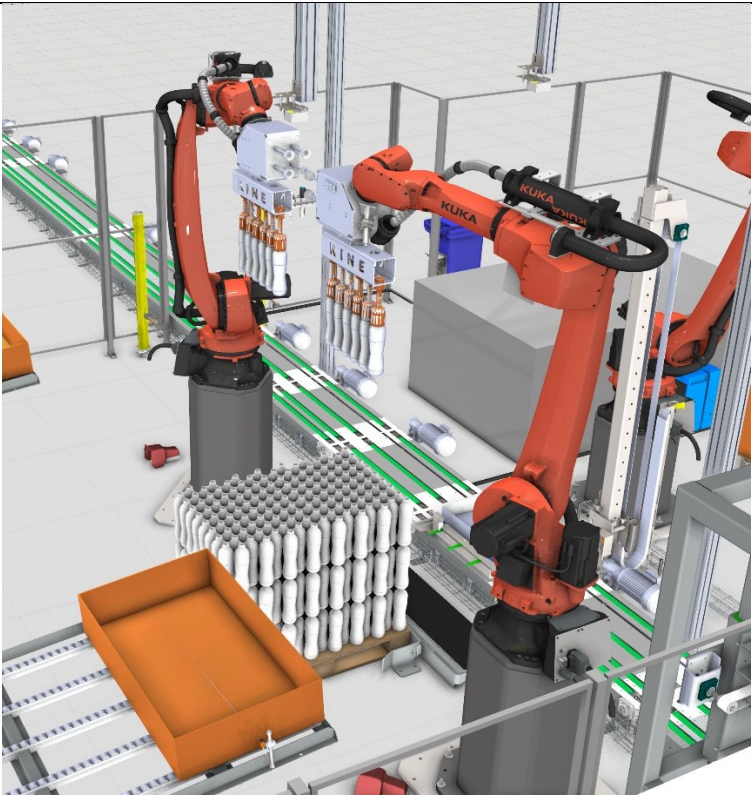
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2023. Mikä on standardi? Viitattu 21.3.2023. <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes 2023a. CE-merkintä. Viitattu 11.4.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes 2023b. Koneita koskevat vaatimukset. Viitattu 11.4.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>.

## Robottijärjestelmän vaarantunnistus

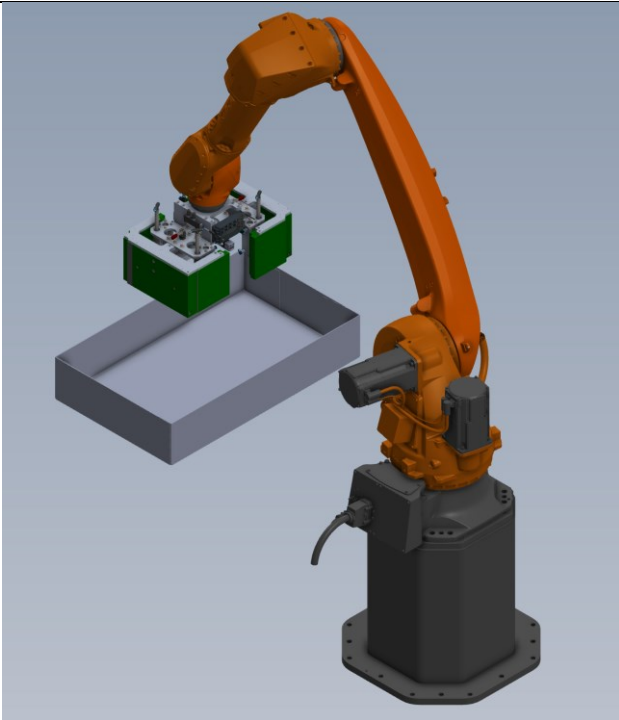
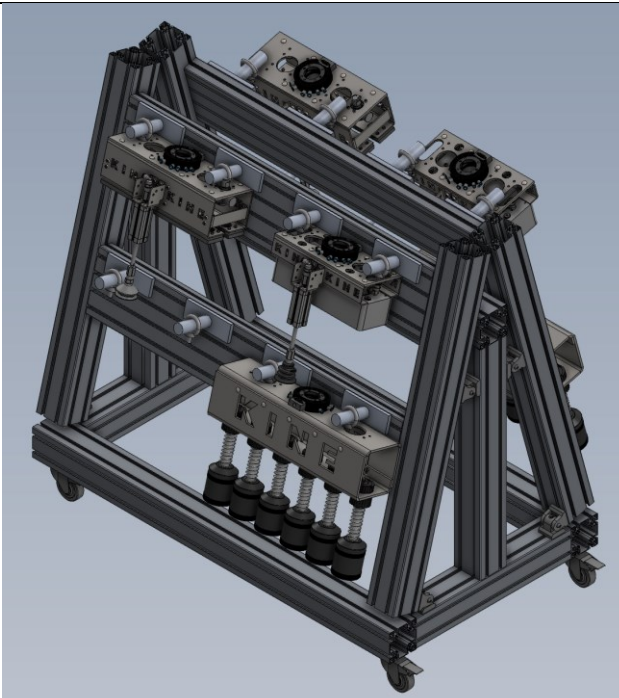
Taulukko 4. Pakkausrobottijärjestelmän vaarantunnistus.

Järjestelmän ympäristön vaarat:	
	Kompastumiset
	Ihmisen törmäykset paikallaoleviin laiterakenteisiin
	Käytön aikainen luvaton pääsy
Tuotekäsittelyrobotit	
	Käytön aikana irtoava tarttuja
	Tarttujanvaihdon aikana tippuva tarttuja
	Tarttujasta irtoavat sirpaloituvat ja nestettä sisältävät tuotteet, irtokappaleet solun lattialla;
	Robotin suorittamat nostot
	Odottamaton liike normaalin operointialueen ulkopuolella
	Robotin odottamaton luhistuminen
	Odottamattoman suuri nopeus opetustilassa
	Tuotekäsittelyrobottien yhteentörmäys
	Ohjelmahäiriön aiheuttama törmäys
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lavamakasiinin solun sisäpuolisiin osiin</li> <li>- pahvikaukalon paikoituslaitteeseen tai siinä sijaitsevaan tuotepinoon</li> <li>- pahviroskaliuskoihin</li> <li>- konenäkökameratelineeseen;</li> <li>- aitoihin</li> </ul>

(jatkuu)

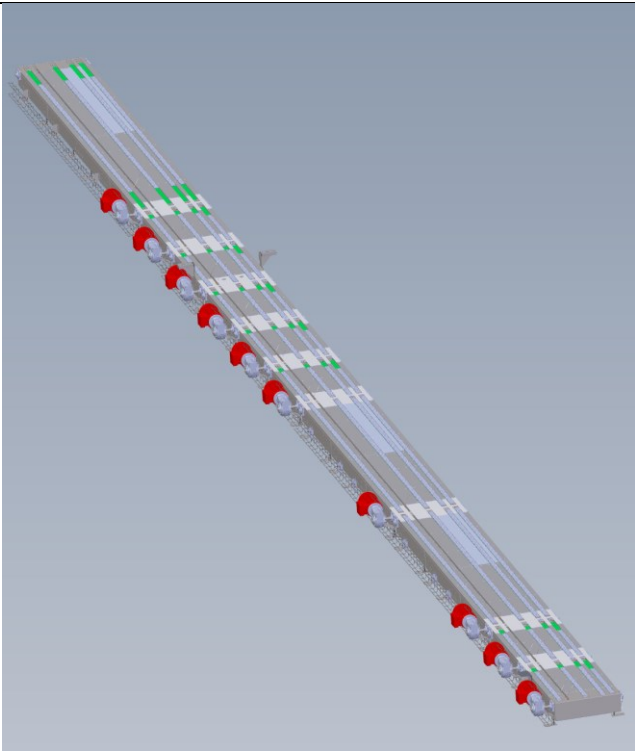
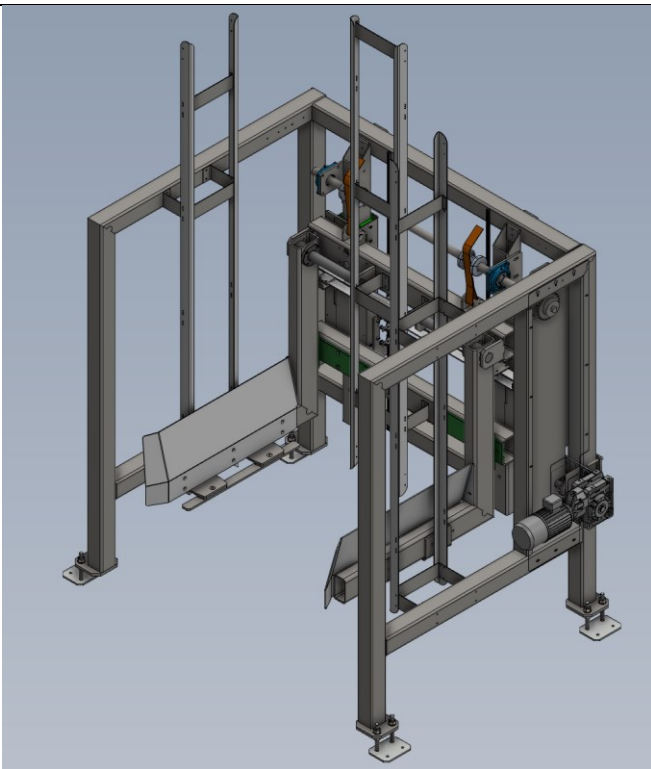


Taulukko 4 (jatkuu).

<p>Pahvinmuodostusrobotti</p> 	<p>Käytön aikana irtoava tarttuja</p> <p>Tarttujanvaihdon aikana tippuva tarttuja</p> <p>Odottamaton liike normaalin operointialueen ulkopuolella</p> <p>Robotin odottamaton luhistuminen</p> <p>Odottamattoman suuri nopeus opetustilassa</p> <p>Ohjelmahäiriön aiheuttama törmäys:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pahviahiolavaan ja sen sisältöön</li> <li>- pahvikaukalon muodostuslaitteeseen</li> <li>- liimalaitteeseen</li> <li>- lavamakasiinin solun sisäpuolisiin osiin</li> <li>- pahvikaukalon paikoituslaitteeseen tai siinä sijaitsevaan tuotepinoon</li> <li>- aitoihin</li> </ul>
<p>Tarttujakärryt</p> 	<p>Työergonomia tarttujanvaihdoissa</p> <p>Tarttujakärryn kaatuminen</p>

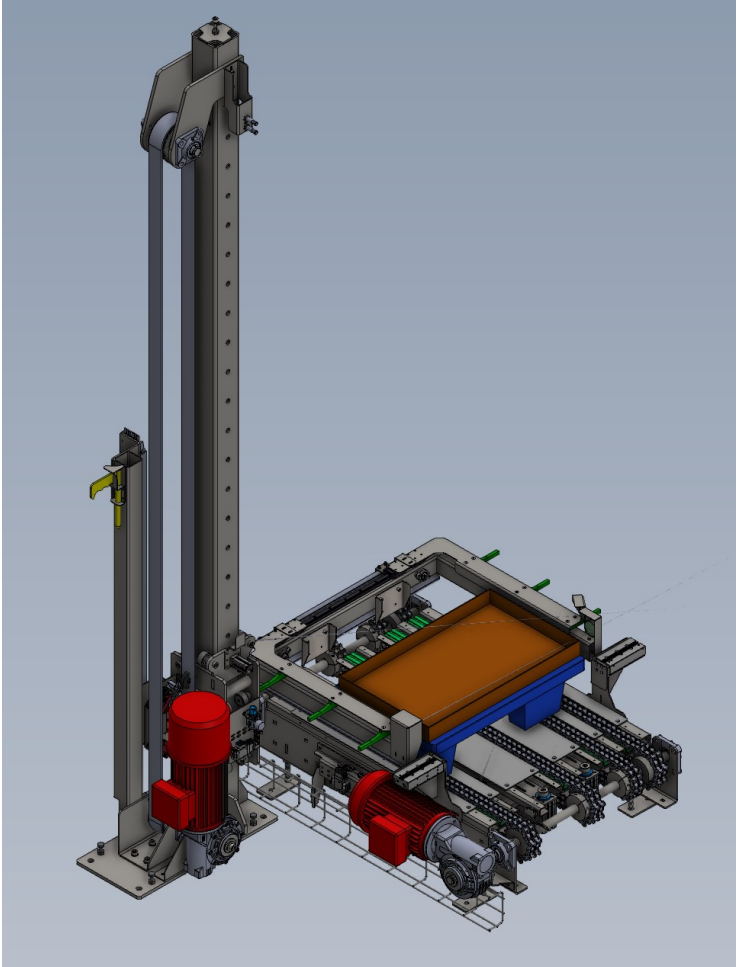
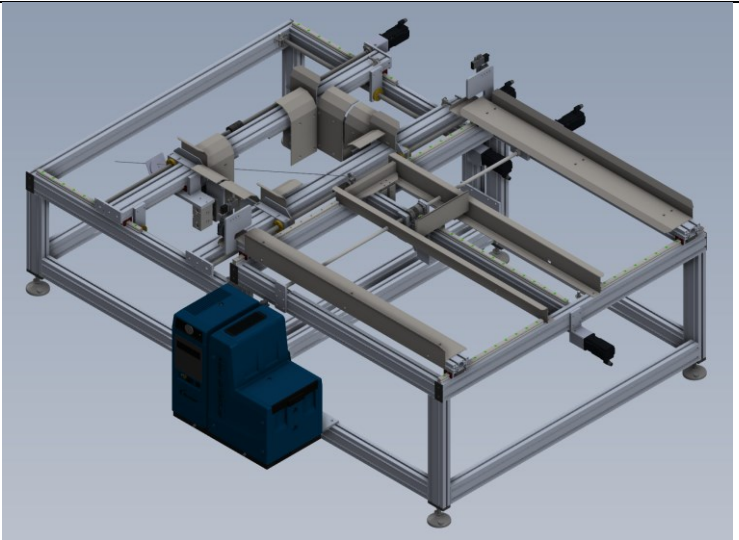
(jatkuu)

Taulukko 4 (jatkuu).

<p>Kuljetin</p> 	<p>Epätasaiset pinnat</p> <p>Odottamaton käyntiinlähtö</p> <p>Liikkuvat ketjut ja ketjupyörät</p> <p>Kuljettimen raot</p> <p>Moottorin akselit</p> <p>Kuljettimelta kaatuvat tuotepinot</p>
<p>Lavamakasiini</p> 	<p>Lavamakasiinin nostomekanismin putoaminen ketjurikon vuoksi</p> <p>Lavapinon ja makasiinikehikon välinen ahdas tila</p> <p>Lavamakasiinin rakenteen ja makasiinikehikon välinen ahdas tila</p> <p>Lavamakasiinin mekanismien pyörö- ja liukuakselit</p> <p>Makasiinikehikon haarukoiden etäisyyttä säättävän hihnan katkeaminen</p> <p>Lavapinon kaatuminen makasiiniin</p>

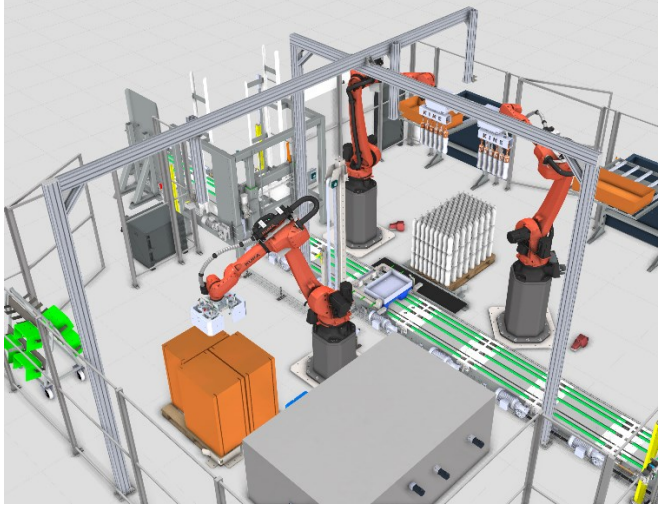
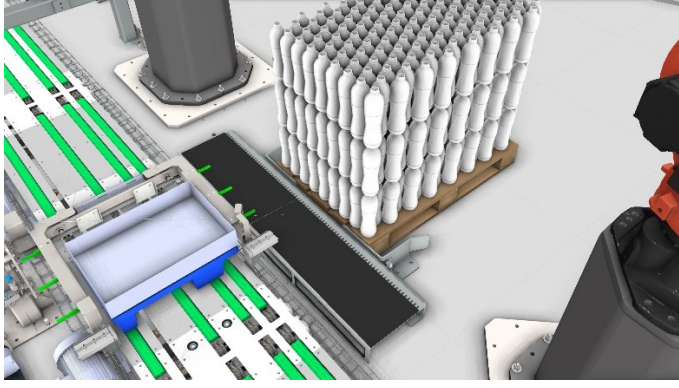
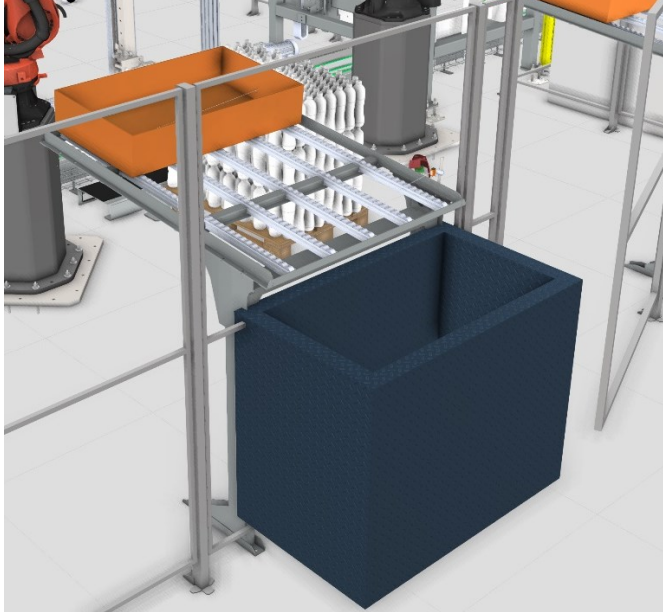
(jatkuu)

Taulukko 4 (jatkuu).

Pahvikaukalon paikoitin	
	Paikoituskehikon nostohihnan katkeaminen
	Nostomekanismin ohjainrullat
	Paikoituskehikon liukuakselit
	Pakatun kappalepinon kaatuminen, sirpaloituminen, nesteen leviäminen, irtokappaleet solun lattialla
Pahvikaukalon muodostuslaite & liimalaite	
	Kuumat pinnat laitteessa ja sen annosteluputkessa
	Annosteluputken halkeaminen
	Kuumat liimaroiskeet laitteen ympärillä ja suuttimen läheisyydessä
	Liimahöyryt
	Paineen kerääntyminen laitteeseen
	Liimalaitteen täyttöputken kompastuminen
	Liukuakselit
	Terävät reunat

(jatkuu)

Taulukko 4 (jatkuu).

Konenäkökamerateline	
	<p>Putoavat kappaleet</p> <p>Huollon ja siivouksen aikainen ergonomia</p>
Välilaskupaikka ja inbound lavapaikoitin	
	<p>Siivouksen aikainen ergonomia</p>
Pahviroskaliaskat ja pahviroskakorit	
	<p>Takertuminen pahviroskaliaskan rulliin</p>

# Robottijärjestelmän riskianalyysi

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023

1 / 23

Author	date	Owner	date	revision
ES	22.5.2023			

## RISK ASSESSMENT

### Robotic Re-packing System



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | [kine@kine.fi](mailto:kine@kine.fi) | [www.kine.fi](http://www.kine.fi)

## Table of Contents

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIVE</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>LIMITS</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIPTION OF VALUES</b> .....	<b>4</b>
4.1	SEVERITY .....	4
4.2	PROBABILITY.....	5
4.3	RISK LEVEL.....	6
4.4	RISK REDUCTION.....	7
4.5	REFERENCE NUMBER (REF. NO.) .....	7
4.6	HAZARD TYPE NUMBER (HZD. TYPE NO.) .....	8
<b>5</b>	<b>RESULTS</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>SOURCES</b> .....	<b>9</b>

## Attachments

Attachment 1:	Operator risk assessment
Attachment 2:	Maintenance risk assessment
Attachment 3:	Cleaning risk assessment
Attachment 4:	Risk reference number details



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | [kine@kine.fi](mailto:kine@kine.fi) | [www.kine.fi](http://www.kine.fi)

## 1 Introduction

The risk assessment will be conducted using a risk matrix.

The method uses numerical values given to severity and probability of each hazard to calculate a numeric value for the risk caused by said hazard. The numeric value corresponds to a ranking between low, bearable, moderate, significant, and unbearable risk.

## 2 Objective

The objective of this risk assessment is to identify all hazards and define the risks they cause during normal operation, failure of operation, and maintenance. Actions taken to reduce the risks when deemed necessary and possible residual risks will be documented in this assessment.

## 3 Limits

This risk analysis applies to the Robotic packing system. The following device assemblies are included in the system and this risk assessment:

- 3 KUKA articulated industrial robots on booster frames, with their product-specific grippers
- 3 Robot controllers
- Pallet magazine
- Pallet conveyor
- Cardboard tray former with hot glue-dispensing device
- Tray positioner
- Grouping platform
- 2 Bin slides and bins
- 2 Tool trolleys, loaded with grippers not in use.
- 3 machine vision cameras and mounting structure
- Electrical cabinet

The system has been installed in the customer's production facilities. The system will be used in a ventilated area with conditions typical of a food industry warehouse.

The sizing of the safety circuit is determined by performance calculations, using the expected interruption frequency during system operation as input data.

Access to all hazard points during normal operation is physically blocked or protected by optoelectronic safety devices. The system is fenced off. Outside the fences, there are the control panel, electrical cabinets, robot controllers, adhesive dispenser tank, pallet magazine, and a section of the conveyor system.

Reasonably foreseeable misuse has been considered in the risk analysis, but it does not eliminate the situation where operator, maintenance or cleaning personnel of the system deliberately and knowingly inflict severe physical injuries upon themselves using the system's available equipment. Operators of the systems must be trained to use it as intended and practice safe systems of work.



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

## 4 Description of values

The following sub-sections specify the meaning and possible abbreviation of values used in the risk assessment form.

### 4.1 Severity

Severity of possible harm as an outcome of the identified hazard is scored as follows:

Table 1. Severity (Siirilä & Tytykoski 2016, 194-195, 227.)

Severity	Description (example)	Value
Death	Death	100
Serious and permanent injuries. Continuing work is impossible or very difficult.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadriplegia</li> <li>• Paralysis of the lower limbs</li> <li>• Blindness</li> <li>• Prolonged unconsciousness</li> <li>• Permanent brain injury</li> </ul>	90
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limb amputation</li> <li>• Loss of two or more fingers or loss of their functionality</li> </ul>	80
Serious injuries. Returning to work may be challenging.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Severe contusions</li> <li>• Significant hearing impairment</li> <li>• Extensive burn injury</li> <li>• Finger amputation</li> </ul>	70
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loss of an eye</li> <li>• Minor burn injury</li> <li>• Impairment of limb functionality</li> </ul>	60
Injuries causing pain and absences from work.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fracture of long bones in the hand or leg</li> <li>• Severe dislocation</li> </ul>	50
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partial amputation of a finger, bones remain unharmed</li> </ul>	40
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Injuries requiring relatively short hospitalization.</li> </ul>	30
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Large wounds that may require a visit to the emergency department, resulting in a few days' absence from work.</li> <li>• Minor dislocation</li> <li>• Dizziness, nausea</li> </ul>	20
Minor consequences.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scratches or bruises that can be treated with a bandage.</li> <li>• No need to visit the emergency department, work can be continued.</li> </ul>	10
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No consequences</li> </ul>	1





## 4.2 Probability

Probability of occurrence of a hazardous event is scored as follows:

*Table 2. Probability (Siirilä & Tytykoski 2016, 208.)*

Description of probability	Value
Extremely unlikely, it should not practically occur.	0,1
Highly improbable, yet conceivable. It could happen, but there is no available information indicating that such an event has ever occurred.	0,2
Very uncommon. However, it is known to have occurred somewhere, possibly in another company.	0,3
Unusual. The occurrence of an event leading to harmful consequences is known to happen randomly, but such events are not typically expected.	0,4
The occurrence and non-occurrence are equally likely.	0,5
Possible. It is recognized that hazardous situations can occur throughout the lifespan of the machine, and some of them may lead to harmful consequences.	0,6
Probable. Its occurrence is not unusual or unexpected.	0,7
Frequently occurring and anticipated. The hazardous situation often arises during machine operation, maintenance, and other activities, posing potential harmful consequences.	0,8
It is highly likely to occur, and its non-occurrence would be surprising.	0,9
The occurrence is virtually certain throughout the lifespan of the machine.	1



### 4.3 Risk level

The risk level **R** is estimated by using the following matrix, where the probability of a hazard occurring **P** is cross referenced by the severity of the hazard **S**.

Table 3. Risk Matrix. (Siirilä & Tytykoski 2016, 225.)

		Probability P										
		1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
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
		Severity S										

The value of risk level **R** can also be calculated by multiplying the values of **P** and **S**.

$$R = S \times P$$

The levels of risk in relation to their numerical values are specified in table 4.

Table 4. Levels of risk. (Siirilä & Tytykoski 2016, 225.)

LEVEL OF RISK	VALUE
Low	0,1...5
Bearable	6...15
Moderate	16...28
Significant	29...48
Unbearable	49...100



#### 4.4 Risk reduction

The necessary measures to reduce risk are based on the assigned risk level.

*Table 5. Risk reduction. (Siirilä & Tytykoski 2016, 228.)*

Risk level dependent measures for reducing the risk	
Risk level	Necessary measures
Low	The system can be manufactured and put into operation
Bearable	The machine can be manufactured and put into operation. Active safety monitoring and gathering of experiences are necessary.
Moderate	The risk needs to be reduced. The design process must continue, and the machine's features need to be modified. This may involve adding guards, safety devices, or other safety features to the machine.
Significant	
Unbearable	

All identified risks shall be reduced to their lowest reasonable values in the context and use case of the system.

#### 4.5 Reference number (ref. no.)

The reference number (i.e., 2.4) is used to give each identified hazard a number for reference purposes. The first number is associated to a device, the second number is associated to a specific hazard.

The following list provides a number for each type of component in the system, control devices and accessories are included in their respective components number.

*Table 6. Device reference numbers.*

Ref. no.	Device/area
1	Robots: packing, tray forming. Kuka KR 50 R2500. Tool cart.
2	Pallet magazine
3	Tray positioner
4	Pallet conveyor
5	Tray former and adhesive melter
6	Camera stand
7	General



#### 4.6 Hazard type number (hzd. type no.)

EN ISO 12100:2010 table B.1. defines hazard types as follows:

*Table 7. Hazard types. (SFS-EN ISO 12100:2010, 59–61.)*

No.	Type or group
1	Mechanical hazards
2	Electrical hazards
3	Thermal hazards
4	Noise hazards
5	Vibration hazards
6	Radiation hazards
7	Material/Substance hazards
8	Ergonomic hazards
9	Hazards associated with the environment in which the machine is used
10	Combination of hazard

## 5 Results

The findings have been documented on an analysis form, which outlines the specific work phase, and the associated hazardous event.

The likelihood of these occurrences has been evaluated with and without the implementation of protective measures, taking into account their potential consequences. Additionally, risk mitigation measures are detailed in the table. Corrective actions have been scheduled and assigned to responsible individuals.

The analysis form is regularly reviewed and updated in response to any modifications in equipment, work procedures, or the identification of safety-related risk factors, ensuring its ongoing accuracy and relevance.



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023

9 / 23

## 6 Sources

SFS-EN ISO 12100:2010

Siirilä, T. & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. 2. edition. Helsinki: Inspecta.

**KINE**

KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | [kine@kine.fi](mailto:kine@kine.fi) | [www.kine.fi](http://www.kine.fi)

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
10 / 23

**Risk Assessment**

Product: Re-Packing system  
Issued by: ES  
Date: 22.5.2023

Document no.:  
part of doc. no.:

<input checked="" type="checkbox"/>	Pre-risk estimation
<input type="checkbox"/>	Intermediate risk estimation
<input type="checkbox"/>	Follow-up risk estimation

**Risks analyzed for:**

<input type="checkbox"/>	Cleaning staff
<input type="checkbox"/>	Maintenance staff
<input checked="" type="checkbox"/>	Operating staff

Risk assessment before reduction measures										Risk assessment after reduction				
Ref. No.	Hzd. type no.	Work phase	Hazard	S	P	R	Reduction method	Person responsible, schedule, status	S	P	R	Notes	Person responsible, schedule, status	
1.1	1	loading system	Crush and impact injury from robots	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		1	0,1	10			
1.2	1	Tool change	Robot gripper falls during tool change. Risk for impact injuries to lower limbs	20	0,7	14	-							
1.3	8	Tool change	Musculoskeletal injuries caused by improper lifting techniques during tool change	20	0,4	8	-							
1.4	1, 7	clearing blockages	Product falls from gripper during operation. Loose objects on floor. Risk for cuts, slipping, tripping.	20	0,7	14	-							
1.5	1	Jog mode	Robot or its booster frame collapses when lifting load. Impact, crushing	100	0,1	10	-							
1.6	1	Normal operation	Robot collapses when power is cut off unexpectedly	100	0,1	10	-							



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 1. Operation

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
11 / 23

1.7	1	loading system	Unexpected movement of the robot outside normal operating area during operator visit. Risk for impact, crushing.	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		100	0,1	10		
1.8	1	Jog mode	High movement speed in jog-mode. Risk for impact, crushing	70	0,3	21	Jog speed limited in software.		40	0,1	4		
1.9	1	Normal operation	Collision of the product re-packing robots	10	0,1	1	-						
1.10	1	Normal operation	Collision of robots and other system components	10	0,1	1	-						
1.11	1	Tool change	The tool cart falls over, impact, crushing.	20	0,4	8	-						
2.1	1	clearing blockages	Getting crushed between the device structure and moving parts or entangled in its axis	100	0,4	40	System must be de-energised before clearing. The system is covered by a light curtain.		100	0,1	10		
2.2	1	Normal operation	Belt snaps and shoots outside of the machine borders, causing an impact hazard	30	0,3	9							
3.1	1	clearing blockages	Belt of the lift mechanism snaps, causing the structure to fall. Risk for crushing impact.	100	0,4	40	System is equipped with a safety pin that must be used to block movement before entering the hazard area		100	0,1	10		
3.2	1	Jog mode	Getting crushed between moving parts and the frame/post of the device	70	0,3	21	Movement speed is limited during jog mode.		40	0,1	40		



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 1. Operation

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
12 / 23

3.3	1	clearing blockages	Stacked products falling over. Fragment and liquid spills. Loose objects on floor. Risk for cuts, slipping, tripping.	20	0,7	14								
4.1	1	clearing blockages	Getting hooked on to moving chain or sprocket. Entanglement, cuts, shearing, crushing.	70	0,5	35	Conveyor must be de-energised before conducting work in its perimeter		70	0,1	7			
4.2	1	clearing blockages	Tripping while crossing the conveyor, during clearing of blockages in the system. Impact, falling	30	0,5	15	-							
5.1	1	clearing blockages	Wedging a limb between sliding axes of the tray former. Crushing, cuts, shearing	70	0,3	21	Tray former must be de-energised conducting work in its perimeter		70	0,2	14			
5.2	1	clearing blockages	Sharp edges cause cuts	10	0,7	7	-							
5.3	3	clearing blockages	Hot surfaces on the tray former, molten glue, causing burns	60	0,6	36	Personal protective equipment should be used when clearing blockages. Device must be allowed to cool off before clearing blockages		60	0,2	12			
5.4	1	clearing blockages	tripping hazard caused by the glue pellet feed line on the floor	30	0,5	15	-							
5.5	7	clearing blockages	Fume inhalation, dizziness, shortness of breath	20	0,4	8	-							
6.2	1	clearing blockages	falling objects, such as mounting bolts from the camera frame	20	0,1	2	-							



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 1. Operation

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
13 / 23

7.1	10	general movement	Tripping, slipping, falling anywhere inside and around the system	30	0,5	15	-							
7.2	1	general movement	Personnel colliding with stationary equipment, impacts	10	1,0	10	-							
7.3	10	reasonably foreseeable misuse	Unauthorized access during operation. All hazards mentioned in this assessment apply.	100	0,1	10	-							
7.4	10	reasonably foreseeable misuse	Person gets trapped in the system and the system gets turned on by someone on the outside	100	0,3	30	Emergency stop buttons are placed inside the system. Fences are see through.		100	0,1	10			



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 1. Operation

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
14 / 23

**Risk Assessment**

Product: Re-Packing system  
Issued by: ES  
Date: 22.5.2023

Document no.:  
part of doc. no.:

<input checked="" type="checkbox"/>	Pre-risk estimation
<input type="checkbox"/>	Intermediate risk estimation
<input type="checkbox"/>	Follow-up risk estimation

**Risks analyzed for:**

<input type="checkbox"/>	Cleaning staff
<input checked="" type="checkbox"/>	Maintenance staff
<input type="checkbox"/>	Operating staff

Maintenance staff			Risk assessment before reduction measures						Risk assessment after reduction				
Ref. No.	Hzd. type no.	Work phase	Hazard	S	P	R	Reduction method	Person responsible, schedule, status	S	P	R	Notes	Person responsible, schedule, status
1.1	1	Maintenance work around robots	Crush and impact injury from robots	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		1	0,1	10		
1.7	1	Maintenance work around robots	Unexpected movement of the robot outside normal operating area during maintenance visit. Risk for impact, crushing.	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		100	0,1	10		
1.8	1	Jog mode	High movement speed in jog-mode. Risk for impact, crushing	70	0,3	21	Jog speed limited in software.		40	0,1	4		
1.11	1	Moving of tool cart	The tool cart falls over, impact, crushing.	20	0,4	8	-						



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 2. Maintenance

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
15 / 23

2.1	1	Maintenance of pallet magazine	Getting crushed between the device structure and moving parts or entangled in its axis	100	0,4	40	System must be de-energised before conducting maintenance		100	0,1	10		
2.2	1	Maintenance of pallet magazine	Belt snaps and shoots outside of the machine borders, causing an impact hazard	30	0,3	9							
3.1	1	Maintenance of tray positioner	Belt of the lift mechanism snaps, causing the structure to fall. Risk for crushing impact.	100	0,4	40	System is equipped with a safety pin that must be used to block movement before entering the hazard area		100	0,1	10		
3.2	1	Maintenance of tray positioner	Getting crushed between moving parts and the frame/post of the device	70	0,3	21	Movement speed is limited during jog mode.		40	0,1	40		
4.1	1	Maintenance of conveyor	Getting hooked on to moving chain or sprocket. Entanglement, cuts, shearing, crushing.	70	0,5	35	Conveyor must be de-energised before conducting work in its perimeter		70	0,1	7		
4.2	1	Maintenance of or around conveyor	Tripping while crossing the conveyor, during clearing of blockages in the system. Impact, falling	30	0,5	15	-						
5.1	1	Maintenance of tray former	Wedging a limb between sliding axles of the tray former. Crushing, cuts, shearing	70	0,3	21	Tray former must be de-energised conducting work in its perimeter		70	0,2	14		



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 2. Maintenance



KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
16 / 23

5.2	1	Maintenance of tray former	Sharp edges cause cuts	10	0,7	7	-							
5.3	3	Maintenance of tray former	Hot surfaces on the tray former, molten glue, causing burns	60	0,6	36	Personal protective equipment should be used when clearing blockages. Device must be allowed to cool off before conducting maintenance		60	0,2	12			
5.4	1	Maintenance access around tray former	tripping hazard caused by the glue pellet feed line on the floor	30	0,5	15	-							
5.5	7	Maintenance of tray former	Fume inhalation, dizziness, shortness of breath	20	0,4	8	-							
5.6	1, 3	Maintenance of tray former	Pressure builds up in the hot glue machine, hot glue spills, burns	70	0,3	21	Personal protective equipment should be used when clearing blockages. Device must be allowed to cool off before conducting maintenance		50	0,3	15			
6.1	1, 8	Adjusting cameras	Poor ergonomics and risk of falling while adjusting cameras Musculoskeletal problems, falling related injuries	70	0,3	21	Proper method of access must be used.		70	0,2	14			

KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 2. Maintenance

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
17 / 23

6.2	1	Adjusting cameras	falling objects	20	0,1	2	-							
7.1	10	general movement	Tripping, slipping, falling anywhere inside and around the system	30	0,5	15	-							
7.2	1	general movement	Personnel colliding with stationary equipment, impacts	10	1,0	10	-							
7.3	10	reasonably foreseeable misuse	Unauthorized access during operation. All hazards mentioned in this assessment apply.	100	0,1	10	-							
7.4	10	reasonably foreseeable misuse	Person gets trapped in the system and the system gets turned on by someone on the outside	100	0,3	30	Emergency stop buttons are placed inside the system. Fences are easy to see through.		100	0,1	10			

KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 2. Maintenance

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
18 / 23

**Risk Assessment**

Product: Re-Packing system  
 Issued by: ES  
 Date: 22.5.2023

Document no.:  
 part of doc. no.:

<input checked="" type="checkbox"/>	Pre-risk estimation
<input type="checkbox"/>	Intermediate risk estimation
<input type="checkbox"/>	Follow-up risk estimation

**Risks analyzed for:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Cleaning staff
<input type="checkbox"/>	Maintenance staff
<input type="checkbox"/>	Operating staff

Risk assessment before reduction measures									Risk assessment after reduction				
Ref. No.	Hzd. type no.	Work phase	Hazard	S	P	R	Reduction method	Person responsible, schedule, status	S	P	R	Notes	Person responsible, schedule, status
1.1	1	Cleaning of and around robots	Crush and impact injury from robots	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		1	0,1	10		
1.7	1	Cleaning of and around robots	Unexpected movement of the robot outside normal operating area during maintenance visit. Risk for impact, crushing.	100	0,3	30	Robots are disconnected from the power source upon entry to the system		100	0,1	10		
1.11	1	Moving of tool cart	The tool cart falls over, impact, crushing.	20	0,4	8	-						



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
 Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 3. Cleaning

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
19 / 23

2.1	1	Cleaning of and around pallet magazine	Getting crushed between the device structure and moving parts or entangled in its axis	100	0,4	40	System must be de-energised and moved to a neutral position before conducting maintenance		100	0,1	10		
3.1	1	Cleaning of and around tray positioner	Belt of the lift mechanism snaps, causing the structure to fall. Risk for crushing impact.	100	0,4	40	System is equipped with a safety pin that must be used to block movement before entering the hazard area.		100	0,1	10		
4.1	1	Cleaning of and around conveyor	Getting hooked on to moving chain or sprocket. Entanglement, cuts, shearing, crushing.	70	0,5	35	Conveyor must be de-energised before conducting work in its perimeter		70	0,1	7		
4.2	1	Cleaning of and around conveyor	Tripping while crossing the conveyor, during clearing of blockages in the system. Impact, falling	30	0,5	15	-						
5.1	1	Cleaning of and around former	Wedging a limb between sliding axes of the tray former. Crushing, cuts, shearing	70	0,3	21	Tray former must be de-energised conducting work in its perimeter		70	0,2	14		
5.2	1	Cleaning of and around former	Sharp edges cause cuts	10	0,7	7	-						



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
 Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 3. Cleaning

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
20 / 23

5.3	3	Maintenance of tray former	Hot surfaces on the tray former, molten glue, causing burns	60	0,6	36	Personal protective equipment should be used when clearing blockages. Device must be allowed to cool off before conducting maintenance		60	0,2	12		
5.4	1	Maintenance access around tray former	tripping hazard caused by the glue pellet feed line on the floor	30	0,5	15	-						
5.5	7	Cleaning of and around tray former	Fume inhalation, dizziness, shortness of breath	20	0,4	8	The system should be allowed to cool down before conducting maintenance						
6.2	1	Cleaning under camera frame	falling objects	20	0,1	2	-						
7.1	10	general movement	Tripping, slipping, falling anywhere inside and around the system	30	0,5	15	-						
7.2	1	general movement	Personnel colliding with stationary equipment, impacts	10	1,0	10	-						
7.3	10	reasonably foreseeable misuse	Unauthorized access during operation. All hazards mentioned in this assessment apply.	100	0,1	10	-						

KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 3. Cleaning

KINE Robotics

RISK ASSESSMENT

22.5.2023  
21 / 23

7.4	10	reasonably foreseeable misuse	Person gets trapped in the system and the system gets turned on by someone on the outside	100	0,3	30	Emergency stop buttons are placed inside the system. Fences are easy to see through.		100	0,1	10		

KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi

Attachment 3. Cleaning

KINE Robotics RISK ASSESSMENT 22.5.2023  
22 / 23

**Risk Assessment**

Product: Re-Packing system  
Issued by: ES  
Date: 22.5.2023

Document no.:  
part of doc. no.:

<input checked="" type="checkbox"/>	Pre-risk estimation
<input type="checkbox"/>	Intermediate risk estimation
<input type="checkbox"/>	Follow-up risk estimation

**Risks analyzed for:**

<input checked="" type="checkbox"/>	Cleaning staff
<input checked="" type="checkbox"/>	Maintenance staff
<input checked="" type="checkbox"/>	Operating staff

**Description of accident scenarios:**

Ref. no.	Details (description of the accident scenario)
1.1	A person enters the perimeter during system operation and gets hit by a moving robot. Lethal injuries possible.
1.2	Operator fails to maintain grip to the robot tool, and it falls. Operator fails to position the tool correctly and/or let's go before the tool is locked in place.
1.3	Operator ignores instructions for proper lifting techniques and causes unnecessary and damaging strain to their musculoskeletal system.
1.4	Operator goes to clean the system after malfunction where product is dropped and spilled. Operator may get cuts because they are not wearing gloves. Operator may slip and fall on the wet floor. Operator may stumble on loose products on the floor of the system. All injuries related to falling over apply.
1.5	Robot is for some reason overloaded and collapses. Booster frame is overloaded and collapses. If the persons in cell at the time are in the reach of the falling robot and booster frame, they could be crushed under it.
1.6	Energy to the robot is suddenly for some reason cut. Robot collapses as its servos lose power and the mechanical brakes of robot fail to function. If this happened during teaching or jogging, it is possible that a person could get caught underneath.
1.7	A combination of software failure and energy separation failure causes the robot to move erratically. Causing an impact and crushing hazard to personnel entering the system.
1.8	A software bug/failure happens during teach mode and allows the robot to move at high, even full speed. If the teaching personnel is standing in the path of the movement, there is little to no time to react. Impact and crushing related injuries possible.
1.9	A software bug/failure causes the robots installed next to each other to disregard limits and collide with one another during automatic operation.
1.10	A software bug/failure causes a robot to collide with any part of the system during automatic operation.
1.11	The tool cart is pushed too fast into a low barrier (i.e., the pallet positioner) causing it to rotate over. Possibility for impact, crushing related injuries if there is a person in the way of the fall.
2.1	Pallet magazine moves when there is a person clearing a blockage or conducting maintenance in its vicinity. There remains a possibility for the person to get crushed in the device.
2.2	During intended movement the belt, responsible for horizontal movement of the magazines lifting assembly, snaps, flinging into any direction and creating an impact hazard for anyone near.



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi Attachment 4. Reference no. details

KINE Robotics RISK ASSESSMENT 22.5.2023  
23 / 23

3.1	During intended movement the belt responsible for the vertical movement of the positioner frame, snaps. Flinging the belt into any direction and causing the positioner frame to enter freefall, creating a crushing and impact hazard to possible personnel underneath.
3.2	During intended movement the person places their hands in the way of the post follower rolls, getting them crushed between the structure.
3.3	The frame of the positioner fails to position correctly and bumps into the stack of products. Product is dropped and spilled. Operator may get cuts because they are not wearing gloves. Operator may slip and fall on the wet floor. Operator may stumble on loose products on the floor of the system. All injuries related to falling over apply.
4.1	During intended or accidental movement of the conveyor, the conveyors chain grabs a person standing too close, causing an array of injuries from crushing, cuts, entanglement.
4.2	The conveyor has protruding chains. When crossing over the conveyor for any reason, the person trips and falls due to this protrusion. All injuries related to trip and fall accidents are possible.
5.1	Person places their fingers into slide axle of the tray former and causes them to wedge between the structure. Crushing injury.
5.2	The tray former has some sharp corners by design, and as such causes a potential cutting hazard when cleaning, conducting maintenance i.e., removing blockages.
5.3	The hot glue dispenser and its extruder are by their nature hot during operation, and for some time after. Burns may happen during cleaning, maintenance, and blockage removal.
5.4	The glue pellet infeed line crosses between the system perimeter wall and the tray former. Personnel can trip on it if not careful. All hazards related to trip and fall apply.
5.5	The hot glue dispenser may emit some fumes in its vicinity. If inhaled, they may cause any effect commonly related to chemical vapour inhalation.
5.6	The hot glue dispenser may build pressure due to the heating nature of its operation. This pressure could be explosively released, causing hot glue to splatter in the vicinity and cause burns to personnel near.
6.1	If the cameras are adjusted while standing on an improper support, for example an a-ladder, there person may lurch and fall. This improper way of adjusting the cameras may also cause unnecessary strain to the musculoskeletal system.
6.2	If poorly mounted, the cameras may fall after a while and cause an impact hazard.
7.1	Person trips, stumbles, falls, or slips in bounds of the system, any injury related to these is possible.
7.2	Person collides with any passive structure in the cell. Injuries from impact possible.
7.3	Unauthorized or untrained person climbs over the perimeter fence or crawls through any crevice to gain access into the cell during operation. Any combination of the hazards mentioned in this risk assessment may occur.
7.4	Person locks another person inside the system without noticing, system continues operation. Any combination of the hazards mentioned in this risk assessment may occur.



KINE Robotics | Business ID 3155532-4 | Part of KINE Robot Group  
Toinen linja 1, FIN-20100 Turku | Tel. +358 2 279 4000 | kine@kine.fi | www.kine.fi Attachment 4. Reference no. details