

Joel Soukkio

**RISKIEN ARVIOINNIN JA TURVA-AUTOMAATION TOTEUTUS  
KONEYHDISTELMÄÄN**

# **RISKIEN ARVIOINNIN JA TURVA-AUTOMAATION TOTEUTUS KONEYHDISTELMÄÄN**

Joel Soukkio  
Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

---

Tekijä: Joel Soukkio

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Riskien arvioinnin ja turva-automaation toteutus koneyhdistelmään

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Implementation of Risk Assessment and Safety Automation for Machine Combination

Työn ohjaaja: Esa Kontio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 52 + 2 liitettä

---

Opinnäytetyössä suoritettiin jätteidenkäsittelylinjaston riskien arviointiprosessi, jonka pohjalta suunniteltiin ja toteutettiin turva-automaatiojärjestelmä pilottilaitteistoon. Useasta moduulista koostuva koneyhdistelmä suunniteltiin Head Recycle Systems Oy:ssä Oulunsalossa vuoden 2020 ja 2021 aikana ja linjastosta valmistettiin pilottilaitteisto, joka käyttöön otettiin asiakkaan tuotantotiloissa keväällä 2021. Tavoitteena oli saada koostettua kattava riskienarviointidokumentaatio sekä suunnitella ja toteuttaa koneturvallisuuden määräyksiä noudattava turvajärjestelmä.

Työn ensimmäiseen vaiheeseen kuului koneyhdistelmän ja asennuskohteen ominaisuuksien sekä vaatimusten määrittäminen. Ensimmäisen vaiheen yhteydessä hankittiin myös yleistietämystä opinnäytetyön kohteen koneturvallisuuteen liittyvistä lakisääteisistä määräyksistä ja hyödynnettävistä riskien arviointi- ja pienentämismenetelmistä. Yksittäisten konemoduulien ja linjastokokonaisuuden toimintaan ja käyttöön liittyvien tietojen pohjalta suoritettiin riskienarviointiprosessi riskigraafin ja SISTEMA-ohjelmiston avulla. Riskien arvioinnin tuloksien perusteella todettiin tarpeelliseksi lisätä suojausteknisiä laitteita, joilla riskit saatiin pienennettyä riittäväälle tasolle. Turvallisuuteen liittyvien laitteiden saumaton yhdistäminen osaksi linjaston yleistä ohjausjärjestelmää toteutettiin Beckhoff TwinSAFE -järjestelmän avulla.

Riskien arvioinnin tuloksien avulla, määräyksiä noudattaen ja turvallisuuden huomioivalla koneensuunnittelulla toteutettiin toimiva turva-automaatiojärjestelmä. Työn aikana koostettu riskien arviointidokumentaatio on lainsäädännön edellyttämä osa koneyhdistelmän vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa.

---

Asiasanat: koneturvallisuus, riskin arviointi, SISTEMA, Beckhoff

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical engineering, Machine automation

---

Author: Joel Soukkio

Title of thesis: Implementation of Risk Assessment and Safety Automation for Machine Combination

Supervisor: Esa Kontio

Term and year when the thesis was submitted: spring 2021

Pages: 52 + 2 appendices

---

In the thesis, the risk assessment process of the waste treatment line was performed. Based on the assessment a safety automation system for the pilot project was designed and implemented. A machine combination consisting of multiple modules was designed by Head Recycle Systems Oy in Oulunsalo during years 2020 and 2021, and pilot equipment was manufactured from the line, which was implemented at the customer's production facilities in the spring of 2021. The goal was to compile a comprehensive risk assessment documentation and to design and implement a safety system that complies with the machine safety regulations.

The first phase of the work involved determining the characteristics and requirements of the machine combination and the installation site. In the first phase, general knowledge was also acquired about the legal regulations related to the machine safety of the thesis subject and the risk assessment and risk reducing methods to be utilized. Based on the information related to the operation and use of the individual machine modules and the line unit, a risk assessment process was performed using a risk graph and SISTEMA software. Based on the results of the risk assessment, it was found necessary to add functional safety-related equipment to reduce the risks to a sufficient level. The seamless integration of safety-related devices into the treatment line's overall control system of the line was implemented using Beckhoff TwinSAFE system.

With the results of the risk assessment, in compliance with the regulations and with safety-conscious machine design, a functioning safety automation system was implemented. The risk assessment documentation compiled during the work is a part required by law to demonstrate the conformity of the machine combination.

---

Keywords: machine safety, risk assessment, SISTEMA, Beckhoff

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 KONETURVALLISUUS	9
2.1 Koneen määritelmä	9
2.2 Koneen valmistajan vastuut	9
2.3 Koneturvallisuuden standardeista	11
2.4 Koneyhdistelmiä koskevat määräykset	13
3 YLEISTÄ RISKIEN ARVIOINTIPROSESSISTA	15
3.1 Koneen raja-arvojen määrittäminen	15
3.2 Vaarojen tunnistaminen	16
3.3 Riskin suuruuden arviointi	17
3.4 Riskin merkityksen arviointi	18
4 MENETELMIÄ RISKIEN ARVIOINNILLE	20
4.1 Yleisiä menetelmiä	20
4.2 Toiminnallinen turvallisuus	22
4.2.1 SFS-EN ISO 13849-1	23
4.2.2 SISTEMA	28
5 JÄTTEIDENKÄSITTELYLINJASTON RISKIEN ARVIOINNIN TOTEUTUS	29
5.1 Koko tuotevalikoiman kattavan koneyhdistelmän kuvaus	29
5.2 Lähtötietojen kerääminen	30
5.3 Excel-pohjainen riskigraafi	31
5.4 Toiminnallisen turvallisuuden osien arviointi	34
6 TURVA-AUTOMAATIO PILOTTILINJASTOON	40
6.1 Beckhoff TwinSAFE	40
6.2 Toteutus pilottilinjastoon	40
6.2.1 Järjestelmän osat	40
6.2.2 Ohjelmointi	42
7 POHDINTA	48

LÄHTEET

49

LIITTEET

Liite 1 SISTEMA-raportti

Liite 2 Riskin arviointi. Yksittäinen riski

## SANASTO

B <sub>10D</sub>	Number of cycles where 10 % of the component fails to danger, suomeksi toimintajaksojen lukumäärä siihen asti kunnes 10 % komponenteista on vikaantunut vaarallisesti
CCF	Common cause failure, suomeksi yhteisvikaantuminen
DC	Diagnostic coverage, suomeksi diagnostiikan kattavuus
ETA	Euroopan talousalue
I/O	Input/Output, suomeksi tulo- ja lähtömoduulit
koneasetus	Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400
MTTF <sub>D</sub>	Mean time to dangerous failure, suomeksi vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika
PL	Performance level, suomeksi suoritustaso
PL <sub>r</sub>	Performance level required, suomeksi vaadittava suoritustaso
PLC	Programmable logic controller, suomeksi ohjelmoitava logiikka
PFH <sub>D</sub>	Probability of a dangerous failure per hour, suomeksi vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyys tuntia kohden
SIL	Safety integrity level, suomeksi turvallisuuden eheyden taso
SRP/CS	Safety related parts of the control systems, suomeksi turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmän osa

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee jätteidenkäsittelylinjaston riskien arviointia, turvajärjestelmän suunnittelua ja turva-automaation toteutusta. Työssä tutustutaan koneeturvallisuuden standardeihin ja määräyksiin huomioiden modulaarisen koneyhdistelmän vaatimat lisäominaisuudet suunnittelussa. Kerätyn tiedon pohjalta koostaan kattava riskien arviointidokumentaatio hyödyntäen erilaisia työkaluja.

Riskien arvioinnin tuloksien pohjalta suoritetaan pilottihankkeen turvalaitteiden kartoitus SISTEMA-ohjelmiston avulla ja toteutetaan turva-automaatiojärjestelmä hyödyntäen Beckhoff TwinSAFE -järjestelmää. Turva-automaatiojärjestelmä yhdistyy saumattomaksi osaksi linjaston yleistä ohjausjärjestelmää.

Työn toimeksiantajana toimii Head Recycle Systems Oy, joka on erikoistunut muovijätteiden kierrätysjärjestelmien sekä -laitteiden suunnitteluun. Head Recycle Systems Oy on oululainen vuonna 2018 perustettu yritys, joka on osa Head Invest -konsernia. (1.)

## **2 KONETURVALLISUUS**

Koneturvallisuuden huomiointi on prosessi, joka jatkuu koko koneen elinkaaren ajan. Koneturvallisuudella vastataan koneiden rakenteiden ja niiden osien sekä koneeseen liittyvien järjestelmien ja ympäristön turvallisuuskysymyksiin.

### **2.1 Koneen määritelmä**

Koneasetuksessa määritellään koneen olevan toisiinsa liitettyjen komponenttien yhdistelmä, joka sisältää muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla toimivan voimansiirtojärjestelmän. Vaihtoehtoisesti kone voi olla tarkoitettu kyseisen tyyppisellä järjestelmällä varustettavaksi. Kone on kokoonpantu erityistä toimintoa ajatellen, ja vähintään yksi sen osista on liikkuva. (2, 4 §.)

Poikkeavasti koneeksi määritellään lisäksi nivelakselit ja kuorman nostamiseen suunnitellut välineet, joihin mukaan luetaan välittömällä ihmisvoimalla toimivat osien yhdistelmät. Nostoapuväline voi olla esimerkiksi tunkki tai taljanostin ja myös niihin liittyvät osat, kuten nostoköydet ja -vyöt kuuluvat saman määritelmän alle. (2, 4 §.)

Vaihdettavia laitteita ovat laitteet, jotka jo käytössä olevan traktorin tai koneen käyttäjä itse liittää koneeseen saadakseen aikaan toiminnan muutoksen tai lisätoiminnon, jos tämä laite ei ole työkalu. Vaihdettava laite voi olla esimerkiksi traktorin kauha. (2, 4 §.)

Osittain valmiilla koneella tarkoitetaan puolivalmistetta, joka ei itsessään kykene suorittamaan erityistä toimintoa vaan se on tarkoitettu kytkettäväksi muihin koneisiin tai osittain valmiisiin laitteisiin. Yleisimpänä esimerkkinä puolivalmisteesta on voimansiirtojärjestelmä. (2, 4 §.)

### **2.2 Koneen valmistajan vastuut**

Saatettaessa kone käyttöön Euroopan talousalueella on koneen valmistajalla vastuu siitä, että kone noudattaa EU:n konedirektiiviä 2006/42/EY, joka on sisällytetty Suomen lainsäädäntöön valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuus-

desta 12.6.2008/400 (3, s. 5). Koneasetus nojaa eduskunnan päätöksen mukaisesti säädettyyn konelakiin 1016/2004 (2). Konedirektiivi ja koneasetus muodostavat yleisluontoisen pohjan, josta selviävät olennaiset tiedot terveys- ja turvallisuusvaatimuksista. Pakolliset vaatimukset koneturvallisuuteen liittyen esitetään konedirektiivin liitteessä I. (4, s. 4.)

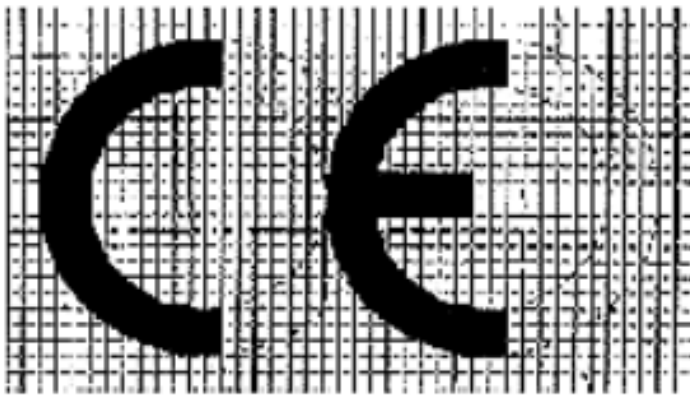
Koneen suunnittelussa ja rakentamisessa voi olla mukana useita tahoja, joista kuitenkin yhden on otettava oikeudellinen vastuu siitä, että kone vastaa direktiivissä määriteltyjä vaatimuksia. Koneen valmistajaksi määritetään konedirektiivissä luonnolliset ja oikeushenkilöt. Oikeushenkilöinä voivat toimia muun muassa erilaiset yritykset ja yhdistykset, jotka voivat saattaa koneen markkinoille valmistajan omalla nimellä tai tuotemerkillä. Tilanteessa, jossa henkilö valmistaa koneen omaan käyttöön, toimii hän valmistajana ja on velvollinen varmistamaan laitteen noudattavan konedirektiivin säädöksiä huolimatta siitä, ettei laitetta viedä yleisille markkinoille. (5, s. 62–63.)

Koneesta laaditaan vaatimustenmukaisuusvakuutus, jonka avulla valmistaja vakuuttaa allekirjoituksellaan, että kone täyttää kaikki sitä koskevat olennaiset terveyteen ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. Vaatimustenmukaisuusvakuutus toimitetaan koneen mukana esimerkiksi käyttöohjeen liitteenä. Vakuutuksesta viranomaiset tai käyttäjät saavat selville suunnittelussa ja valmistuksessa huomioidut säädökset sekä mahdolliset standardit. (6, s. 14–15.)

EY-vaatimustenmukaisuusvakuuksesta pitää selvittää

- valmistajan nimi yhteystietoineen ja tarvittaessa valtuutetun edustajan tiedot
- teknisen tiedoston kokoajaksi valtuutetun henkilön nimi ja yhteystiedot
- koneen kuvaus ja tunnistetiedot
- vakuutus, että kone täyttää konedirektiivin vaatimukset
- mahdollisen tyyppitarkastuksen suorittaneen tahon tiedot
- viittaus mahdollisiin yhdenmukaistettuihin standardeihin ja muihin käytettyihin teknisiin standardeihin
- vakuutuksen antamispaikka ja -aika
- valmistajan valtuuttaman henkilön nimi ja allekirjoitus. (2, liite II.)

CE-merkinnän avulla valmistaja osoittaa koneen täyttävän vaadittavat koneturvallisuuden liittyvät vaatimukset ja säädökset. Merkinnän tekeminen on valmistajan vastuulla ja se on edellytyksenä saatettaessa valmis laite markkinoille ETA-alueella. (6, s. 16.) Kuvassa 1 on esitettynä CE-merkin oikea kirjoitustapa ja mitasuhteet koneasetuksen liitteen III mukaisesti (2, liite III).



*KUVA 1. Koneasetuksen mukainen CE-merkintä (2)*

EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa nimetyn vastuuhenkilön on voitava koota koneen suunnittelun, valmistuksen ja toiminnan kattava tekninen tiedosto, joka on oltava kohtuullisessa määräajassa toimitettavissa ja oltava viranomaisten saatavilla kymmenen vuoden ajan laitteen valmistumisajankohdasta. Dokumentaatio on laadittava koneasetuksen 400/2008 liitteen VII vaatimusten mukaisesti. (2, liite VII.)

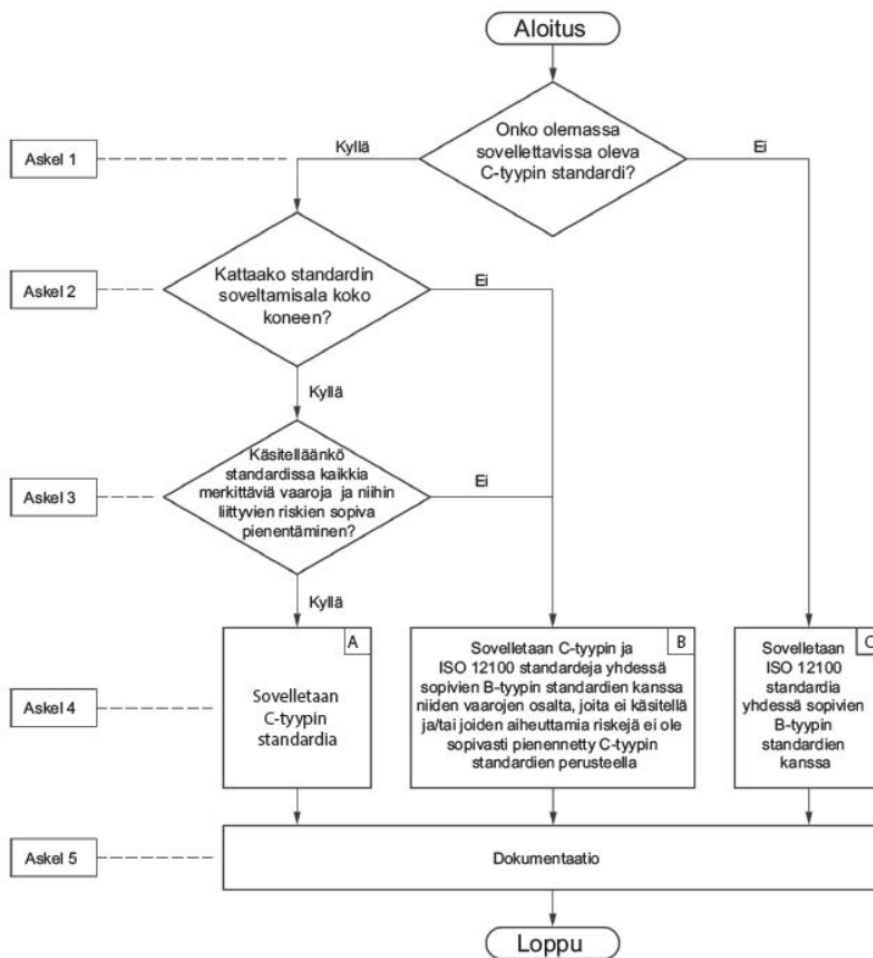
### **2.3 Koneturvallisuuden standardeista**

Standardit ovat eri ammattitahojen ja toimielimien yhteistyöllä tekemiä asiakirjoja ja selvityksiä, joiden avulla määritellään pelisäännöt. Sitoutumalla noudattamaan yhteisiä menettelytapoja helpotetaan toimintaa, lisätään turvallisuutta sekä parannetaan taloudellisuutta. (3, s. 4.)

Koneen valmistajan voi olla haastavaa toteuttaa käytännössä lainsäädännön ehtoja. Sen vuoksi tarkemmat turvallisuusvaatimukset esitetään yhdenmukaistetuissa koneturvallisuuden liittyvissä standardeissa. (7, s. 3.) Koneturvallisuuden standardeille ei itsestään synny yhteyttä konedirektiiviin ja muuhun lainsäädän-

töön. Ainoastaan Euroopan unionin virallisessa lehdessä viitatuilla yhdenmukaisesti standardilla on niin kutsuttu vaatimustenmukaisuusolettamus, jonka seuraaminen takaa lainsäädännön noudattamisen. Valmistajan ei ole kuitenkaan pakko käyttää yhdenmukaistettuja standardeja, koska esimerkiksi uusien keksintöjen tapauksessa niitä ei löydy. Tapauksissa, joissa yhdenmukaisia standardeja ei voida hyödyntää, on valmistajan todennettava muilla keinoin, että konedirektiivin ehdot täyttyvät. (7, s. 5–10.)

Koneturvallisuuden standardit jaetaan kolmeen päätyyppiin. Hierarkiassa alimpana ovat A-tyyppin standardit, joiden avulla muodostetaan perusta koneturvallisuudelle. A-tyyppin standardia ISO 12100 voidaan soveltaa kaikkiin koneisiin ja siinä kuvataan koneturvallisuuden yleiset periaatteet, käsitteet ja välttämättömät toimenpiteet turvallisen koneen suunnitteluprosessiin. Kuvassa 2 on kuvattuna standardien hyödyntämisjärjestys käytännön suunnittelutilanteessa. (8, s. 5–8.)



KUVA 2. Askeleet standardien soveltamiseen (8, s. 12)

B-tyyppin standardit jakautuvat kahteen alatyyppiin, joissa suunnittelijalle annetaan konkreettista tietoa turvallisuuskohdista ja teknisistä ratkaisuksista. B1-tyyppin standardeista selviää informaatiota yksittäisten näkökohtien, kuten turvaetäisyyksien ja melutasojen sallituista arvoista ja menetelmiä, miten nämä tekijät pitää huomioida. Suojausteknisiä laitteita, kuten suojuksia ja toimintaankytkentälaitteita käsitellään B2-tyyppin standardeissa, joissa selostetaan toiminnallisia vaatimuksia turvallisuusteknisten laitteiden suunnitteluun ja toteutukseen. (8, s. 10.)

Yksityiskohtaista tietoa tietyistä koneryhmistä ja yksittäisistä koneista annetaan C-tyyppin standardeissa. Soveltaessa C-tyyppin standardeja suunnittelijan on varmistettava kattaako standardi kaikki raja-arvot ja vaarat, joita todellisessa koneessa esiintyy. Standardeissa on selostettuna soveltamisala, huomionarvoiset vaarat sekä vaatimukset ja menetelmät riskin pienentämiseen ja suojausteknisiin laitteisiin liittyen. (8, s. 10–11.)

Koneasetuksen soveltamisalaan lukeutuvaa konetta koskee tavallisesti muitakin säännöksiä, jotka täytyy selvittää ja huomioida koneen suunnittelu- ja valmistusvaiheessa. Yleisesti koneita koskevat esimerkiksi pienjännitedirektiivi ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva direktiivi. (9, s. 4.)

## **2.4 Koneyhdistelmiä koskevat määräykset**

Koneyhdistelmä on kahden tai useamman koneen tai osittain valmiin koneen muodostama yhdistelmä, joka on koottu tiettyjä toimintoja varten ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena (5, s. 35). Tyypillisiä koneyhdistelmiä ovat prosessien koneyhdistelmät, robottisolut ja erilaiset linjastot (9, s. 5). Teolliset tuotantolaitokset voivat koostua merkittävistä määristä eri koneita, joten koko laitoksen määrittäminen yhdeksi koneyhdistelmäksi ei ole realistinen vaihtoehto, vaan jakaminen osiin, eli erillisiin koneyhdistelmiin selkeyttää vaatimusten määrittelyä ja toteutumista (5, s. 36).

Käytännössä koneyhdistelmää koskee samat lainalaisuudet kuin yksittäistä konetta, mutta koneyhdistelmää suunniteltaessa on huomioitava tiettyjä asioita, jotka voivat aiheuttaa uudenlaisia riskitekijöitä. Usean koneen yhdistelmässä eri-

tyistä huomiota on asetettava koneiden välisille rajapinnoille. Varsinkin modulaarisien yhdistelmien erilaiset variaatiot on käytävä läpi, koska koneiden uudelleen sijoittelu ja yhdistäminen voi johtaa uudenlaisiin riskeihin ja vaaratilanteisiin. Koneyhdistelmän kokoava henkilö tai taho toimii koneyhdistelmän valmistajana ja näin vastaa kokonaisuuden täyttävän konedirektiivin vaatimukset (5, s. 36).

### 3 YLEISTÄ RISKIEN ARVIOINTIPROSESSISTA

Koneen valmistajan vastuulla on varmistaa, että kone täyttää oleelliset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Riskien arvioinnin avulla saadaan selkeä käsitys mahdollista riskitekijöistä, joille voi altistua. Prosessi alkaa jo koneen suunnitteluvaiheessa, jolloin tehtyjen havaintojen perusteella koneen rakennetta ja toimintaa voidaan parantaa ja pienentää riskitekijöitä. (10, s. 6.)

Perusteellisen riskien arvioinnin takaamiseksi on suositeltavaa koota aihepiiristä ajan tasalla oleva työryhmä. Mahdollisen työryhmän jäsenten sekä sidosryhmien roolit ja vastualueet täytyy tehdä selväksi työn laadun ja kattavuuden takaamiseksi. (10, s. 8–10.)

Kansainvälisessä standardissa SFS-EN ISO 12100 määritellään peruseriaatteen, käsitteet ja menetelmät koneturvallisuuteen, riskin arviointiin ja riskin pienentämiseen liittyen (11, s. 12). Teknisessä raportissa SFS-ISO/TR 14121-2 annetaan opastusta ja käytännön esimerkkejä standardin SFS-EN ISO 12100 mukaisten menetelmien hyödyntämisestä (10, s. 8).

#### 3.1 Koneen raja-arvojen määrittäminen

Riskien arvioinnin alkuvaiheessa koostetaan selkeäpiirteinen selostus koneen fyysisistä ja toiminnallisista ominaisuuksista samalla huomioiden ympäristöstä aiheutuvat tekijät ja rajoitteet. Ihmisten ja koneen välinen vuorovaikutus on oleellinen osa-alue, joka pitää huomioida käsittäen kaikki käyttötilanteet, mukaan lukien kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. (10, s. 12.)

Kuvausta tehdessä aihetta voidaan lähestyä kahdesta eri suunnasta. Konelähtöisellä lähestymistavalla toimittaessa koneen osien, mekanismien ja käyttötoimintaan liittyvät toiminnot ja ominaisuudet selvitetään. Kerättäviä tietoja ovat muun muassa

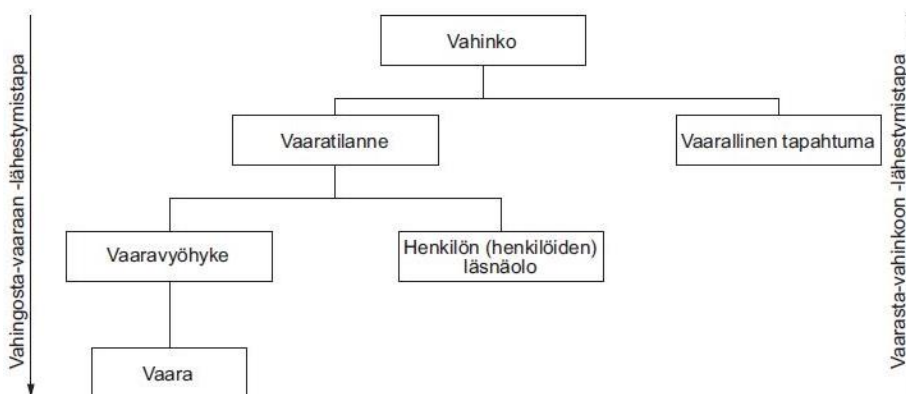
- tehonsyöttö
- ohjaus- ja toimintatavat
- syöttö tai panostus
- lisälaitteet ja välineet. (10, s. 12.)

Tehtävälähtöisessä lähestymistavassa koneen valmistajan tai toimittajan täytyy tunnistaa kaikki koneen käyttötavat. Kattavan analyysin varmistamiseksi arviointiin pitää ottaa mukaan olennaiset sidosryhmät, kuten käyttö- ja kunnossapito henkilöstö, jotta voidaan tunnistaa henkilöiden käytös myös poikkeuksellisissa tilanteissa ja havaitaan mahdolliset inhimilliset virheet. (10, s. 12.)

### 3.2 Vaarojen tunnistaminen

Vaarojen tunnistaminen on riskin arvioinnin merkittävin työvaihe, koska vasta vaarojen tunnistamisen jälkeen voidaan aloittaa toimet niihin liittyvien riskien pienentämiseksi. Standardin SFS-EN ISO 12100 liitteen B kohtien avulla voidaan katselmoida yleisesti koneissa huomioitavia vaaratekijöitä. Standardeista löytyvien tarkistuslistojen tarkka seuraaminen ei takaa sitä, että kaikki mahdolliset vaarat saadaan kartoitettua, vaan lisätyökaluna olisi käytettävä luovaa ajattelua, jolla voidaan tiedostaa tekijöitä, jotka täysin systemaattisilla menetelmillä jäisivät huomaamatta. (10, s. 14.)

Kuvassa 3 on esiteltyä kaksi yleistä lähestymistapaa, joissa arvioidaan tilannetta eri suunnista. Vahingosta–vaaraan-lähestymistavassa arvioija pohtii syntyneiden seurauksien kautta alkuperää, joka synnytti tapahtuman. Mahdollisia tilanteita ja tekijöitä kartoittaessa on pohdittava koneen kanssa vuorovaikutuksessa olevat henkilöt ja syy, miksi he vaikuttavat siihen. (10, s. 14–16.) Tyypillisiä vaaran jälkeisiä seurauksia ovat esimerkiksi puristuminen, isku, viiltyminen, taikertuminen ja palovamma (12, s. 18).



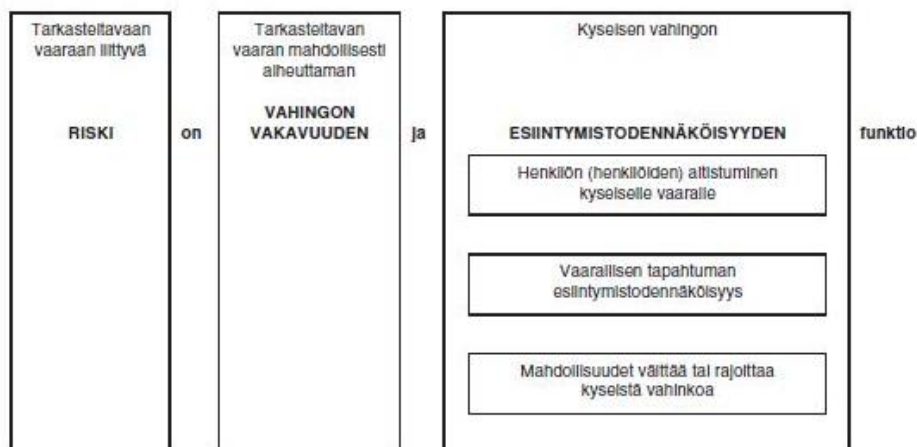
Kuva 1 Vahingosta–vaaraan ja vaarasta–vahinkoon-lähestymistavat

KUVA 3. Yleiset lähestymistavat vaaran tunnistamiseen (10, s. 14)

Vaarasta–vahinkoon-lähestymistavassa työ lähtee liikkeelle vaaratekijöiden tiedostamisella ja pohtimalla, miten henkilöiden käyttäytyminen eri ympäristöissä ja tilanteissa voivat johtaa mahdolliseen vahinkoon. Vaaran havainnoinnin perusteella päädytään siitä aiheutuvaan seuraukseen. Esimerkiksi pölyisistä olosuhteista aiheutuva vaara voi johtaa terveysongelmiin, kuten hengitysvaikeuksiin tai ärtymykseen. (10, s. 16.) Menetelmästä riippumatta oleellista arvioinnissa on kooneen koko elinkaaren huomioiminen kaikkine vaiheineen (10, s. 14).

### 3.3 Riskin suuruuden arviointi

Riskin suuruuden arvioinnissa määritetään riskin osatekijät, jotka ovat vahingon vakavuus ja vahingon esiintymistodennäköisyys. Kuvassa 4 on esitettyinä standardin SFS-EN ISO 12100 mukainen funktio riskin suuruuden arvioinnille. (11, s. 42.)



KUVA 4. Riskin funktio (11, s. 42)

Vaarallisen tapahtuman vakavuutta arvioidaan huomioimalla tilanteesta syntyneen vamman tai haittatekijöiden suuruutta ja vahingon laajuutta. Mahdollisten seurauksien merkittävät eroavaisuudet tekevät arvioinnista haastavaa. Todennäköisimmin tapahtuvassa vahingossa vammojen vakavuus voi olla hyvin lievä, kun taas epätodennäköisen tapahtuman seuraukset voivat olla merkittävät, jopa kuolemaan johtavat. Hyvänä arviointiperusteena voidaan pitää vaaraan liittyvän energian määrää ja todennäköisesti altistuvia kehonosia. (10, s. 18.) Laajuutta

arvioitaessa pohditaan, koskeeko vahinko yhtä vai useampaa henkilöä (11, s. 44).

Vahingon esiintymistodennäköisyyteen vaikuttavat muun muassa altistuvien henkilöiden lukumäärä, tarve kuinka usein vaaravyöhykkeelle pitää mennä ja kuinka kauan siellä keskimäärin ollaan. Vaarallisten tapahtumien esiintymistä voidaan arvioida tapaturmiin, terveyshaittoihin, luotettavuuteen ja muihin tilastoihin perustuvista tiedoista. Henkilöiden kokemus, koulutus ja henkinen sekä fyysinen kyvykyys vaikuttavat mahdollisuuksiin välttää tai lieventää vahinkoja. (11, s. 44.)

### **3.4 Riskin merkityksen arviointi**

Riskin merkityksen arvioinnilla päätetään, tarvitaanko toimenpiteitä riskien pienentämiseksi. Riskien pienentämisen ollessa tarpeellista on valikoitava sopivat suojaustoimenpiteet ja samalla suunnittelijan on suoritettava iteratiivinen tarkistuskierrös, jolla varmistetaan, ettei toimenpiteiden soveltaminen synnytä uusia vaaroja tai suurena muita riskejä. (11, s. 50.)

Riskejä pienennetään niin kutsutulla kolmen askeleen menetelmällä. Prosessin ensimmäinen ja tärkein askel on luontaisesti turvallisten suunnittelutoimenpiteiden hyödyntäminen, jolla viitataan koneen rakenteiden sekä ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuksen suunnitteluun. Huolellisesti toteutettuna ensimmäisen vaiheen ratkaisulla osa vaaroista voidaan eliminoida täysin. (11, s. 52.)

Toinen askel on suojausteknisten tai täydentävien suojaustoimenpiteiden käyttö, jossa henkilöiden suojaamiseen koneen aiheuttamilta vaaroilta hyödynnetään suojuksia ja turvalaitteita (11, s. 52). Suojusten ja turvalaitteiden valintaan vaikuttaa vaaravyöhykkeelle pääsyn tarve ja vaarojen luonne. Vaaravyöhykkeelle pääsyn ollessa tarpeetonta normaalin käytön aikana kiinteiden suojuksien käyttö on ensisijainen vaihtoehto. Pääsyn ollessa tarpeellista myös käytön aikana voidaan hyödyntää toimintaankytkettyjä suojuksia tai läsnäolon havaitsevia turvalaitteita. (11, s. 74–78.)

Kolmas askel riskien pienentämiseen on käyttöä koskevat tiedot. Tiedoilla kohennetaan koneen suunnittelussa mahdollisesti esiintyviä tilanteita, joissa luontai-

sesti turvallisten, suojausteknisten ja täydentävien suojaustoimenpiteiden käytöstä huolimatta koneeseen jää puutteita, joista aiheutuu jäännösriskejä. Tiedoista pitää käydä ilmi koko elinkaaren eri vaiheiden mahdolliset riskitekijät, käyttöön liittyvät vaarattomat työskentelytavat sekä informaatiota vaadittavista koulutuksista, suojaimista ja välineistä. (11, s. 52.)

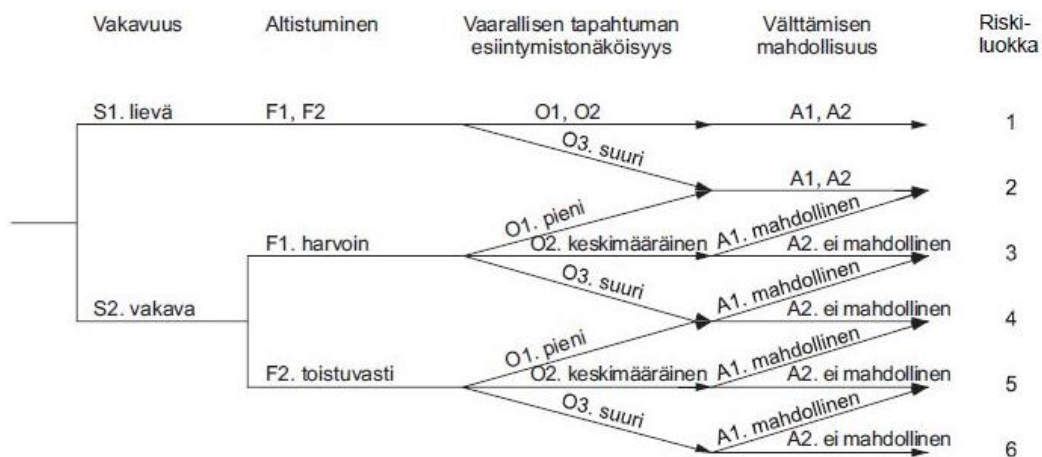
## 4 MENETELMIÄ RISKIEN ARVIOINNILLE

Riskien arviointi on hallittu prosessi, jonka systemaattisen suorittamisen tueksi on kehitetty erilaisia menetelmiä ja työkaluja (10, s. 22). Yhdenmukaisten standardien noudattamisesta huolimatta valmistajan on suoritettava riskien arviointi ja siitä koostettu dokumentointi vaaditaan osaksi teknistä tiedostoa (7, s. 10).

### 4.1 Yleisiä menetelmiä

Tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2 tarjoaa käytännön opastusta ja esimerkkejä erilaisista menetelmistä riskien arvioinnin suorittamiseksi (10, s. 8). Merkittävä osa käytetyistä riskin suuruuden arviointityökaluista pohjautuu teknisessä raportissa kuvailtuun riskimatriisiin, riskigraafiin, numeeriseen pisteytykseen tai eri menetelmien yhdistelmiin. Menetelmiä yhdistää vähintään kahden riskin osatekijän käsitteleminen: vahingon vakavuuden ja vahingon esiintymistodennäköisyyden huomiointi. (10, s. 22.) Riskin arvioijan täytyy tutustua mahdollisiin menetelmiin ja päättää, mikä lähestymistapa soveltuu parhaiten arvioitavaan kohteeseen (10, s. 6).

Riskigraafi on analyysimenetelmä, jossa päätöspuun solmukohdat kuvastavat arvioitavia muuttujia (kuva 5). Arvioimalla jokaisen kohdan ja seuraamalla niistä syntyvää polkua saadaan tulokseksi riskin luokka. Ensimmäisenä luokitellaan vahingon vakavuus. S1 on lievä vamma, jonka seurauksena kyvyttömyys toimia samassa työtehtävässä ei kestä pidempään kuin kaksi päivää. S2 kuvaa vakavaa vammautumista sisältäen kuoleman mahdollisuuden. (10, s. 26–28.)



KUVA 5. Riskigraafi (10, s. 30)

Vaaralle altistumisen taajuus tai kesto arvioidaan luokilla F1, jossa vaaralle altistutaan korkeintaan kahdesti työvuorossa tai kerääntyvä altistumisaika työvuorossa on alle 15 minuuttia ja F2, jossa altistuminen tapahtuu useammin kuin kahdesti tai altistumisaikaa kertyy yli 15 minuuttia yhden työvuoron aikana. (10, s. 26–28.)

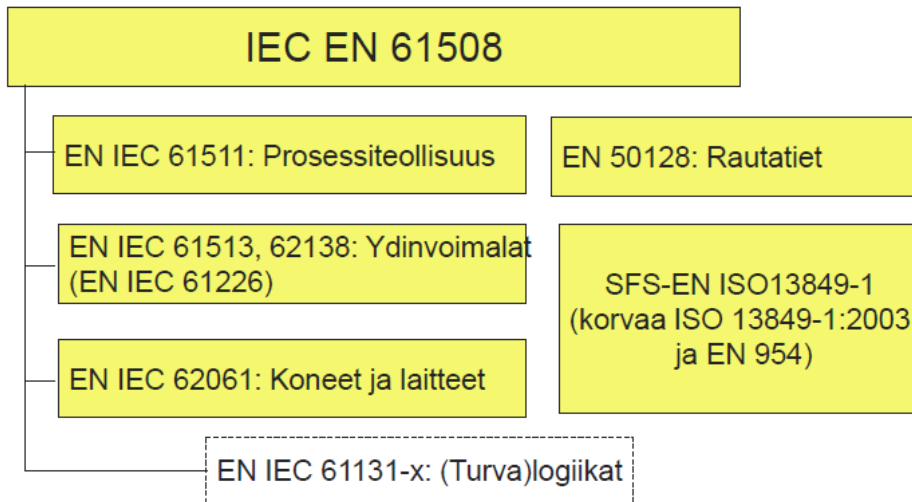
Vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyden lievin luokka O1 kuvaa hyvin epätodennäköistä tapahtumaa, joka ei välttämättä toteudu. O2 on keskimääräinen todennäköisyys, ja luokassa O3 vaarallinen tapahtuma esiintyy usein suurella todennäköisyydellä. (10, s. 28.)

Päätöspuun viimeisessä haarassa arvioidaan vahingon välttämisen tai rajoittamisen mahdollisuus. A1-luokittelulla vahinko on mahdollista välttää joissain tilanteissa, kun taas A2 määrittelee välttämisen mahdottomaksi. (10, s. 28.) Riskiluokat 1–2 vastaavat pientä riskiä, luokat 3–4 keskimääräistä riskiä ja riskiluokat 5–6 kuvaavat suurinta riskin tasoa (10, s. 30).

Metsta Ry on julkaissut Microsoft Excel -pohjaisen työkalun, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO 12100:2010 sekä teknisen raportin SFS-ISO/TR 14121-2:2013 riskigraafiin (kuva 6). Lomake on julkinen ja vastuu sen käytöstä ja saatavista tuloksista ovat työkalua hyödyntävällä käyttäjällä. (13.)



vastaa alalla ominaiseen tarpeeseen huomioida mahdolliset kemikaalipäästöt ja lukuisten altistuneiden määrät (16, s. 14–15).



KUVA 7. Toiminnallisen turvallisuuden standardeja (15, s. 6)

#### 4.2.1 SFS-EN ISO 13849-1

Koneturvallisuusstandardissa SFS-EN ISO 13849-1 turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien kyvykkyyttä suorittaa turvatoiminto kuvataan suoritustasoilla, lyhyesti PL. Suoritustasot on määritelty viisiportaisella asteikolla, jossa tasojen tunnukset a...e vastaavat vaarallisen vian todennäköisyyttä tuntia kohden. (17, s. 7.) Suoritustasoja vastaavat soveltuvin osin standardin SFS-EN 62061 mukaiset turvallisuuden eheyden tasot, joista käytetään termiä SIL (18, s. 19). Taulukossa 1 on kuvattuna luokitusten vertailukelpoisuudet.

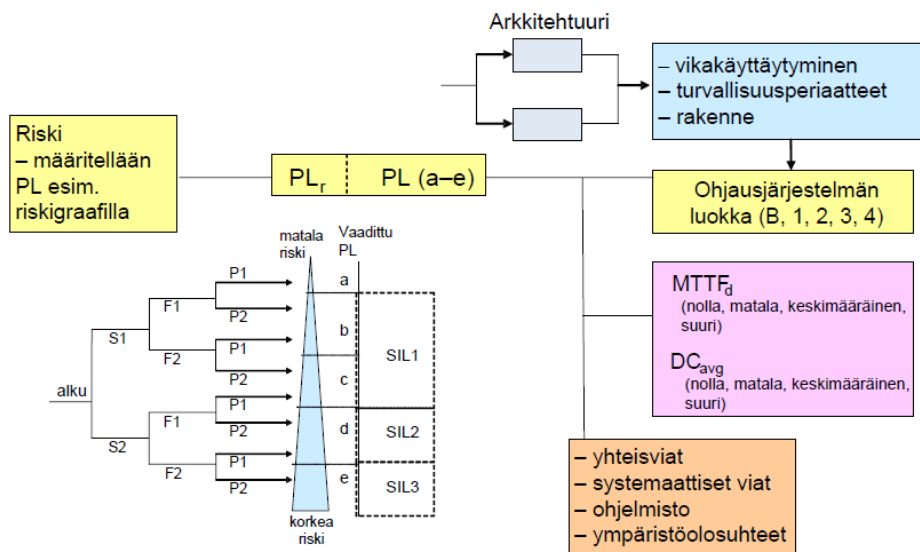
TAULUKKO 1. PL ja SIL luokitusten vastaavuudet (18, s. 19)

Suoritustaso (PL)	Keskimääräinen vikaväli (vuotta)	Keskimääräinen vaarallisen vian todennäköisyys tunnissa (1/h)	Vastaavuus eheystasoihin (SIL)
a	1,14–11,4	$10^5 \leq PFH_d < 10^4$	ei
b	11,4–38,1	$3 \cdot 10^4 \leq PFH_d < 10^3$	1
c	38,1–114	$10^3 \leq PFH_d < 3 \cdot 10^2$	1
d	114–1412	$10^2 \leq PFH_d < 10^1$	2
e	1142–11416	$10^1 \leq PFH_d < 10^0$	3

Standardit SFS-EN ISO 13849-1 ja SFS-EN 62061 ovat keskenään sovellettavissa ja kumpaa tahansa noudattamalla pystytään oletamaan olennaisten turvallisuusvaatimusten tulleen täytetyksi (19, s. 14). Yhteensopivuus mahdollistaa

sen, että järjestelmä voidaan jakaa erikseen arvioitaviin osioihin. Esimerkiksi hydraulikkaan liittyvät standardin SFS-EN 62061 puutteet voidaan paikata standardin SFS-EN ISO 13849-1 tiedoilla. (18, s. 19.)

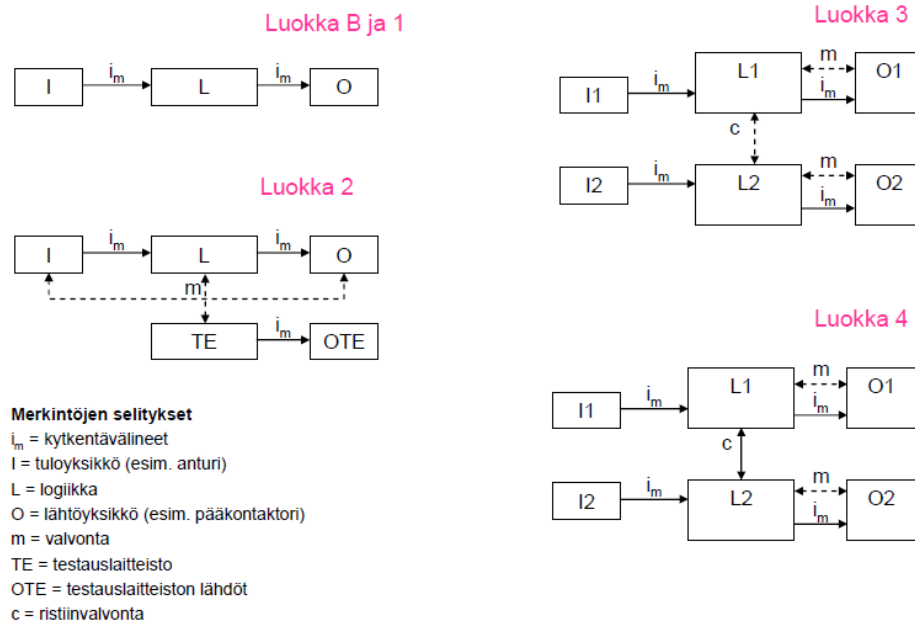
Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukainen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnitteluprosessi alkaa turvatoimintojen tunnistamisella ja turvatoiminnoilta vaadittavien ominaisuuksien täsmentämisellä. Alkutietojen perusteella suoritetaan riskien arviointi ja määritetään vaadittava suoritustaso  $PL_r$ . (17, s. 21.) Tyypillisesti vaadittava suoritustaso arvioidaan riskigraafi-menetelmällä, jossa lähtökohtana on tilanne ennen ohjausjärjestelmällä toteutettavan turvatoiminnon lisäämistä kohteeseen. Riskigraafissa edetään vasemmalta oikealle ja määritellään riskin taso seuraavien muuttujien avulla: vammien vakavuus  $S$ , vaaralle altistumisen taajuus tai kesto  $F$  sekä vaarallisen tapahtuman välttämisen mahdollisuus ja esiintymistodennäköisyys  $P$ . (17, s. 53–54.) Kuvassa 8 on esitetty yhteenveto prosessista.



**KUVA 8.** Kooste turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelusta ja vaatimusten toteutumisesta (18, s. 20)

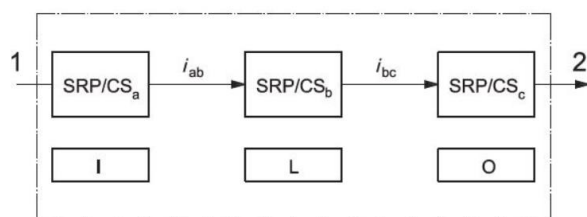
Turvatoiminnon vaatimukset huomioiden suunnitellaan arkkitehtuuri ja tunnistetaan turvatoiminnon toteuttamiseen liittyvät osat. Saavutetun suoritustason  $PL$  arviointi koostuu useista tekijöistä. (17, s. 21.) Luokka (eng. Cat.) kuvastaa ra-

kenteen käyttäytymisen suhteessa sen vikasetoisuuteen ja sen, kuinka komponentit turvallisuuteen liittyvissä ohjauksjärjestelmien osissa linkittyvät (17, s. 40). Kuvassa 9 on havainnollistettuna eri luokkien rakenteet.



KUVA 9. Luokkien rakenteet (18, s. 21)

SRP/CS-arkkitehtuurit ovat usein monimutkaisempia kuin standardissa esitellyt arkkitehtuurit, joten käytännössä osioita pitää jakaa erikseen arvioitaviin alijärjestelmiin (18, s. 21). Turvatoiminnot esitetään lohkoavioilla, jossa sarjamuotoon liitetyt osat muodostavat kanavia. (Kuva 10.) Yhden lohkon pettäminen sarjaankytketyssä järjestelmässä tarkoittaa kanavan vikaantumista ja voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen, joten useampi kanavaisilla rinnankytketyillä lohkoilla voidaan ehkäistä turvatoiminnon menettämisen riskiä (17, s. 57).



**Selite**

- I Tulo (esim. rajakytkin, tunnistin, aktiivinen valosähköinen turvalaite)
- L Logiikka
- O Lähtö (esim. venttiili, kosketin, virranmuunnin)
- 1 Toiminnon aloittava tapahtuma (esim. painikkeeseen vaikuttaminen, suojuksen avaaminen, valosähköisen turvalaitteen valonsäteen katkaisu)
- 2 Koneen toimilaite (esim. moottori, sylinteri)

*KUVA 10. Esimerkki lohkokaaviosta (17, s. 23)*

MTTF<sub>D</sub>-arvo, eli kanavan vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika esitetään kolmessa eri tasossa (taulukko 2). Vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika huomioidaan jokaiselle kanavalle erikseen. Kanavan yksittäisten komponenttien MTTF<sub>D</sub>-arvo selvitetään arvojärjestyksessä menetelmillä:

1. hyödynnetään valmistajan antamia tietoja (MTTF<sub>D</sub>- tai B<sub>10D</sub>-arvoa)
2. käytetään standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteiden C ja D opastusta
3. valitaan arvoksi 10 vuotta. (17, s. 25–26.)

*TAULUKKO 2. MTTF<sub>D</sub>-tasot (17, s. 25)*

Kunkin kanavan merkintä	Kunkin kanavan vaihteluväli
<b>Pieni</b>	3 vuotta ≤ MTTF <sub>D</sub> < 10 vuotta
<b>Keskitaso</b>	10 vuotta ≤ MTTF <sub>D</sub> < 30 vuotta
<b>Suuri</b>	30 vuotta ≤ MTTF <sub>D</sub> < 100 vuotta

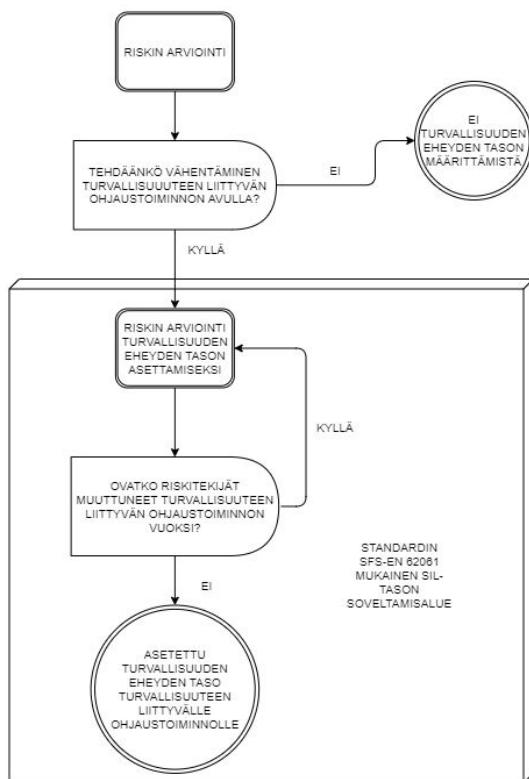
Diagnostiikan kattavuus ilmaisee turvatoimintoihin liittyvien osien kyvykkyyttä havaita vaarallinen vikaantuminen (12, s. 36). Kattavuus ilmaistaan prosenttilukuna annettavilla DC-arvoilla, jotka kategorioidaan neljään luokkaan:

- ei lainkaan: DC < 60 %
- matala: 60 % ≤ DC < 90 %
- keskitaso: 90 % ≤ DC < 99 %

- korkea:  $99 \% \leq DC$  (17, s. 26).

Turvatoimintojen kuuluessa luokkaan 2, 3 tai 4 täytyy huomioida mahdollinen komponenttien yhteisvikaantuminen CCF (17, s. 29). Standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä F esitetään vaatimuksia ja pistearviointimenetelmä yhteisvikaantumista estävien toimenpiteiden arviointia varten. Vähimmäisvaatimuksena pistearvioinnista on saatava minimissään 65 pistettä. (17, s. 73–74.)

Koneturvallisuuteen liittyvissä standardeissa painotetaan koko elinkaaren kaikkien vaiheiden ja muutosten huomiointia jatkuvuuden takaamiseksi. Toiminnallisen turvallisuuden riskien arviointiprosessia toistetaan, koska käytännössä toteutettavan suojaustoimenpiteen jälkeen riskitekijä voi muuttua. Turvakomponentin mahdollistama ominaisuus voi mahdollistaa sen, että vaaravyöhykkeelle menemisen taajuus kasvaa. (20, s. 136.) Kuvassa 11 on havainnollistettuna iteratiivinen prosessikaavio riskien arvioinnista.



KUVA 11. Standardia SFS-EN 62061 mukaileva SIL-prosessikaavio (20, s. 136)



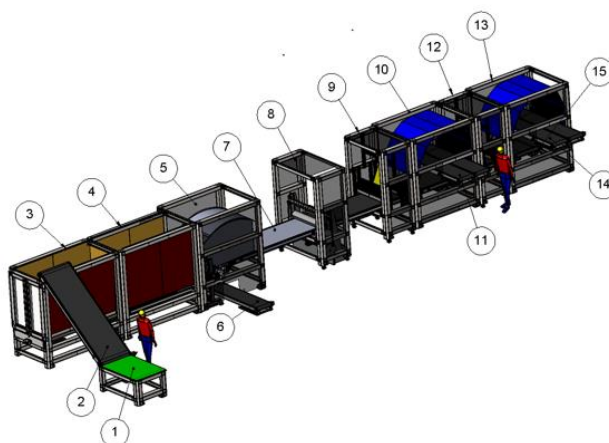
## 5 JÄTTEIDENKÄSITTELYLINJASTON RISKIEN ARVIOINNIN TOTEUTUS

Riskien arvioinnin toteutus koostuu kahdesta eri osiosta. Luvussa 4.1 esitellystä Metsta Ry:n julkaisemasta Excel-pohjasta räätälöitiin projektille sopiva työkalu, jolla toteutettiin laaja arviointi koko tuotevalikoiman kattavan toteutukseen. SIS-TEMA-ohjelmiston avulla toteutettiin pilottilinjaston toiminnalliseen turvallisuuteen liittyvien osien suoriutumisen ja riskien arviointi. Oleellisista tietoa linjaston koneita koskevista määräyksistä ja koneturvallisuuden standardeista etsittiin ja kerättiin arviointiprosessin ohella.

### 5.1 Koko tuotevalikoiman kattavan koneyhdistelmän kuvaus

Arvioitava koneyhdistelmä on useasta laitteesta, eli moduulista koostuva muovijätteen käsittelylinjasto, jossa jätemateriaali tunnistetaan ja lajitellaan mittalaitteista saadun datan perusteella (kuva 13). Linjaston avulla eri materiaalit saadaan lajiteltua kierrätystä ja jatkojalostusta varten. Linjaston layout voidaan muotoilla eri asetelmiin modulaarisiksi suunniteltujen kuljettimien rajapintojen avulla.

- 1) Syöttöpöytä
- 2) Elevaattorikuljetin 4m
- 3) Syöttökaukalo
- 4) Annostelukaukalo
- 5) Rumpusyöttölaite
- 6) Rejektikuljetin raskaille esineille
- 7) Leikkurin kuljetin
- 8) Leikkuri
- 9) NIR-materiaalitunnistus
- 10) NIR-ilmaerotin
- 11) NIR rejektikuljetin
- 12) Vision väritunnistus
- 13) Vision ilmaerotin
- 14) Vision rejektikuljetin
- 15) Päämateriaalin ulostulokuljetin



KUVA 13. Koko tuotevalikoiman kattava linjastokokonaisuus (22)

Linjaston ensimmäinen kone on syöttöasema, johon operaattori syöttää käsiteltävää ainesta. Aines kulkeutuu kuljettimia pitkin pyörivälle rumpuerottimelle,

jossa poistetaan raskaat ja suuret kappaleet. Rummulta aines etenee leikkuulaitteistolle, jonka avulla pitkät kalvomuovit leikellään tasamittaisiksi kappaleiksi ja muu aines kulkeutuu leikkuulaitteiston läpi ilman leikkurin käsittelyä.

Aines siirtyy hihnakuljettimilla moduulien läpi, joissa hyperspektrikameran ja kokenäön avulla saadaan materiaali- ja väritietoja, joiden perusteella virrasta erotellaan ilmaveitsillä haluttuja lajikkeita. Lajitellut ainekset kootaan liikuteltaviin säiliöihin odottamaan jatkokäsittelyä.

## **5.2 Lähtötietojen kerääminen**

Projektin riskien arviointi suoritettiin luvussa 3 esitetyn riskien arviointiprosessin mukaisesti. Työn aluksi jokaista yksittäistä konetta ja täydellistä linjastoa varten perustettiin Excel-tiedostokokoelma, jonka muokkaushistoriasta pidettiin kirjaa työn edetessä. Excel-lomakkeista löytyvälle välilehdelle ”Koneen raja-arvot” dokumentoitiin oleelliset tiedot koneiden toimintaperiaatteista, käytöstä ja fyysisistä ominaisuuksista. Kuvassa 14 on kuvakaappaus syöttörummun lähtötiedoista.



1	Toimintokeskeinen, työn suorittaja- ja työvaihekohtainen riskinarviointi standardin EN ISO 12100:2010 mukaan													
2	Operation-centered, operator and working phase specific risk assessment according to the standard EN ISO 12100:2010													
3	OHJE: "Suositeltavat toimenpiteet" on arvioijan suositus riskien poistamiseen tai vähentämiseen, ei arvioinnin aikainen vallitseva tilanne. Suositetun toimenpiteen jälkeen päästään osoitettuun jännänsäkitasoon.													
4														
5														
6	Henkilöryhmä: Koneen käyttäjä (ajomies/operaattori, tms.), normaalit tuotannolliset työt toimitaessa tarkoitetulla tavalla.													
7														
8	Riskinarvioinnin tekijä/-t: Joel Soukkio													
9														
10														
11	Päivänmäärä: 7.10.2020													
12	Date: 7.10.2020													
13	Kone: Jätteidenkäsittelylinjasto													
14	Machine: Jätteidenkäsittelylinjasto													
15	Konealue: Film feeder													
16	Machine area: Film feeder													
17														
18	HUOM ATTENTION	Nr No.	Vaaravyöhyke Hazardous area	Työvaihe Working phase	Vaara Hazard	Vaarallinen tilanne Hazardous situation	Vaarallinen tapahtuma Hazardous event	S	F	O	A	Riski luokka: Risk Index	Riskin suuruus: Estimated risk	Suosittelavat toimenpiteet: Recommended actions
19		1	Koneen lähistöllä olevat lattapinnat	Kaikki	Lukastuminen	Työskentely konealueella	Lukastuminen johtuen lattapinnalle valuneesta nesteestä tai roskista.	2	2	2	1	4	Kohtalainen	Työalueen säännöllinen puhtaanapito. Matto. Viemäröinti
20		2	Koko konealue	Kaikki	Odottamaton tapahtuma -> stressireaktio, mahdollinen puristuminen tms	Työskentely konealueella	Koneen skilinen käynnistymisen aiheuttama vaara. Esim puristuminen	2	2	2	2	5	Suuri	Taajuuksuuatujen STO-toiminto, johon vaikutetaan avattavissa suojuksissa olevilla turvavälillä sekä koneyhdistelmistä löytyvien hätäseis-panikkeiden avulla. Koneen/moduulien energoiden erottaminen työn ajaksi, jos mahdollista - Suojakytkinten lukitus. Mahdollisten toimilaitteiden avaruudelta kaksinkäsinohjauksella Suojavaate tms/välitteet

KUVA 15. Näkymä Excel-työkalusta ja välilehdistä

Välilehdellä Ajo kuvataan vaarallisia tapahtumia, jotka kohdistuvat pääasiassa koneen operaattoreille normaaleissa käyttötilanteissa. Koneet pyritään poikkeuksetta valmistamaan siten, että ne toimisivat moitteettomasti ilman keskeytyksiä. Normaalisti toiminnasta huolimatta koneen parissa joudutaan viettämään runsaasti aikaa, jonka seurauksena altistumisaika F välilehden riskeillä on säännöllisesti toistuva tai korkea.

Jumi/vian selvitys -välilehdelle kuvataan normaalista käytöstä poikkeavia tilanteita, joita koneen operaattorit ja mahdollisesti huoltohenkilöstö kohtaavat, johon tuen käsiteltävän aineksen epäsäännöllisyydestä. Odottamattomat tilanteet vähentävät riskin välttämisen mahdollisuutta.

Huolto-välilehdellä käsitellään koneen kunnossapitoon liittyvät riskit, jotka ensisijaisesti koskevat alan tehtäviin koulutettua huoltohenkilöstöä. Koulutetusta henkilöstöstä huolimatta kunnossapidon tehtäviin liittyvien riskien vakavuus on usein vakavampi, koska osassa huoltotehtävistä suojalaitteita joudutaan väliaikaisesti poistamaan käytöstä ja rikkoutuneet komponentit voivat aiheuttaa yllättäviä tilanteita.

Asennus/käyttöönotto/purku-välilehti kattaa työvaiheita, joissa muista työvaiheista poiketen vaarallisille tapahtumille altistuu usein myös linjaston varsinaiseen käyttöön liittymättömiä henkilöitä, kuten kuljetusliikkeen edustajia. Koneiden lastaus- ja nostotöistä voi seurata vakavia isku- tai puristumisvammoja.

Dokumenttipohjien valmistelun ja lähtötietojen keräämisen jälkeen siirryttiin vaarojen tunnistamiseen. Tunnistaminen aloitettiin syöttämällä riskien arviointitaulukon sarakkeeseen Vaaravyöhyke tiedot tilasta tai alueesta, jossa henkilö voi altistua vaaralle. Seuraavaksi syötettiin kaikki työvaiheet, jossa vaaralle voidaan altistua. Työvaiheisiin liittyviä vaarallisia tilanteita tarkennettiin tarvittaessa erillisessä sarakkeessa Vaarallinen tilanne, jossa huomioitiin myös ennakoitavissa olevat väärinkäyttötilanteet. Arvioidut vaaratekijät ja tilanteesta syntyvät seuraukset kirjattiin varattuihin soluihin.

Vaaran tunnistamisen jälkeen suoritettiin tilanteesta aiheutuvan riskin arviointi luvussa 4.1 esitellyn SFS-ISO/TR 14121-2:2013 riskigraafin mukaisella pisteytyksellä. Arvioitava muuttujat syötettiin soluihin S, F, O ja A. Annettua kaikki arvot työkalu laskee automaattisesti riskiluokan ja ilmaisee lopuksi suuruuden värikoodatulla solulla. Arvioinnin jälkeen kuvattiin suunnitelma riskiä pienentävien toimenpiteiden toteutuksesta. (Kuva 16.)

Vaaravyöhyke Hazardous area	Työvaihe Working phase	Vaara Hazard	Vaarallinen tilanne Hazardous situation	Vaarallinen tapahtuma Hazardous event	S	F	O	A	Riskiluokka; Risk Index	Riskin suuruus; Estimated risk	Suosittelvat toimenpiteet; Recommended actions
Syöttöpöytä	Muovipussin avaus	Viiltohaava	Muoviaioksen syöttäminen	Viiltohaavan saaminen käteen avatessa muovipussia	2	2	2	1	4	Kohtalainen	Laitetta syöttäessä pidettävä viiltosuojakäsineitä.

*KUVA 16. Ote vaaran tunnistamisesta ja riskin arvioinnista*

Ensimmäisen riskienarviointikierron jälkeen kirjattiin toimenpiteet, joilla käsiteltävää riskiä on pienennetty. Toteutettujen toimenpiteiden tehokkuus arvioitiin suorittamalla riskien arviointi uudestaan samalla tekniikalla ja pisteytyksellä. Toisen arviointikierron jälkeen pohdittiin mahdollisia jäännösriskejä, joita jää riskiä pienentävistä toimenpiteistä huolimatta. Lopuksi kirjattiin standardit ja määräykset, joihin riskin huomiointi ja pienentämiskeinot perustuvat sekä annettiin olennaiset ohjeistukset, jotka täytyy tiedottaa koneen käyttäjille ja muille vaaralle altistuville henkilöille. (Kuva 17.)

Toteutettu suojaustoimenpide; Realized protective action	S	F	O	A	Jäännösriskin luokka; Residual Risk Index	Jäännösriskin suuruus; Estimated residual risk	Jäännösriski Residual risk	Tärkeät ohjeet Important instructions	Ref. STD Kuinka noudatettu How implemented	Standardi Standard
Ohjeistus suojaatetuksen/ vaineiden käytöstä.	2	2	1	1	3	Kohtalainen	Riskinä ohjeistuksen huomiotta jättäminen/piittaamattomuus/tahaton unohtaminen.	Koneen käyttäjän/syöttäjän pidettävä suojakäsineitä viiltohaavojen välttämiseksi.	15 §, 20 §, 56 §	Työtunallisuuslaki 738/2002

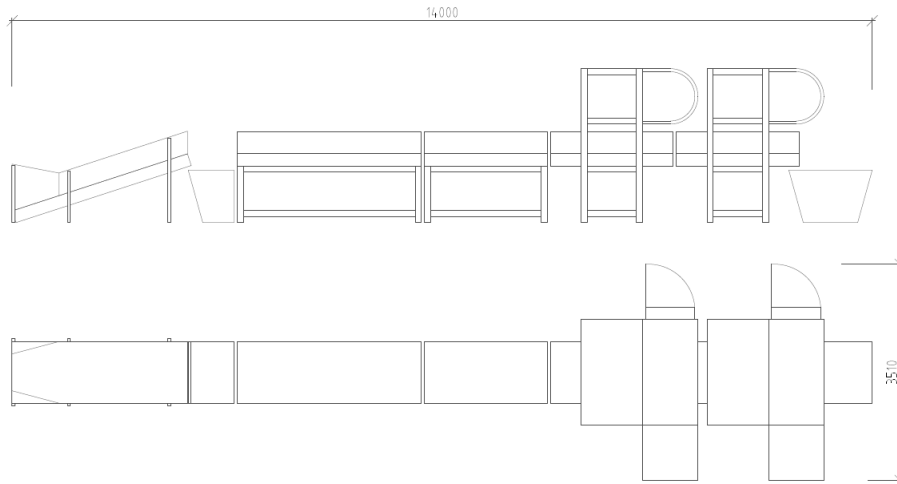
*KUVA 17. Ote jäännösriskin arvioinnista ja lisätiedoista*

Asiakkaan erikoisvaatimukset turvalaitteiden ominaisuuksista ja poikkeukselliset asennusympäristöt voivat aiheuttaa tilanteen, jossa riskien arviointi täytyy suorittaa uudelleen tapauskohtaisesti laitteiston turvallisen käytön varmistamiseksi. Koostetusta aineistosta saadaan pienillä päivityksillä muokattua asiakaskohtainen arviointi.

Laajan Excel-pohjaisen taulukon esittämiseen liittyvien haasteiden takia tehtiin lisäksi Word-pohja, jolla pystytään esittämään yksittäinen riski A4-kokoon sovitettavassa esitysmuodossa. Liitteessä 2 on esitettyä yksittäisen riskin arviointi Excel-taulukolle vaihtoehtoisella esitystavalla.

#### 5.4 Toiminnallisen turvallisuuden osien arviointi

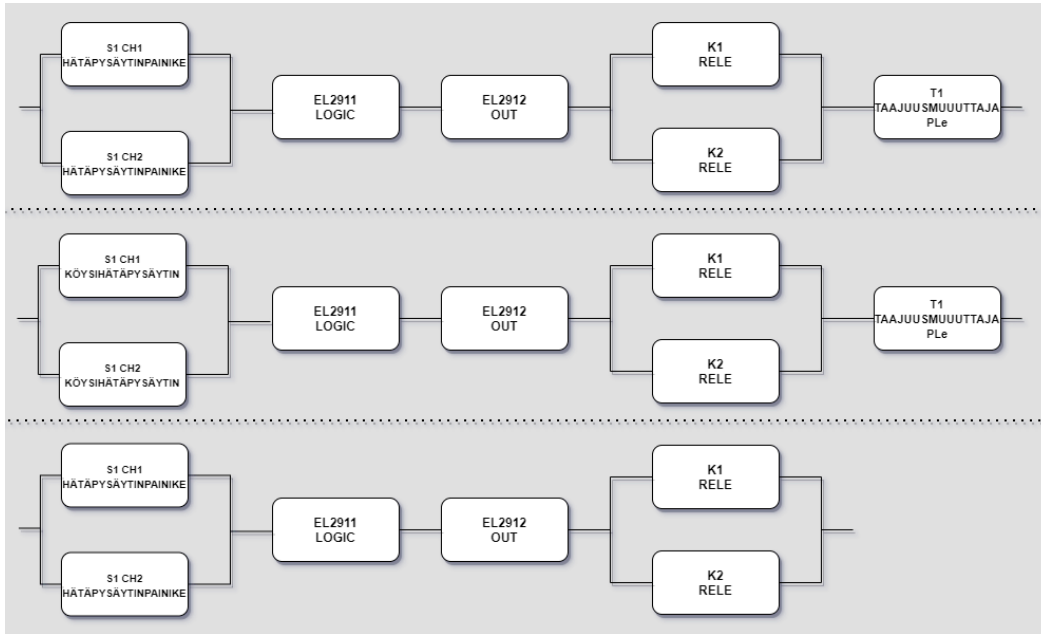
Luvussa 5.1 esitellyn linjastokokonaisuuden pohjalta toteutettiin pilottihanke, joka räätälöitiin vastaamaan asiakkaan tarpeita. Pilottilinjasto koostuu syöttöasemasta, ilmaerottimesta sekä NIR- ja konenäkötekniikkaan perustuvista tunnistus- ja erottelumoduuleista. (Kuva 18.) Linjaston operaattorin syöttämä aines putoaa syöttöasemalta hihnakuljettimille, josta se kulkeutuu ilmaerottimelle, jonka avulla erotellaan painavat kappaleet pois linjastolta. Linjastolla oleva aines jatkaa matkaansa tunnistinmoduuleille, joiden avulla kerätään materiaali- ja väridataa. Tiedon perusteella virrasta erotellaan ilmaveitsien ja puhaltimien avulla haluttuja lajikkeita.



*KUVA 18. Pilottihankkeen layout-piirros (22)*

Excel-pohjaisessa riskien arvioinnissa havaittiin riskejä, joita ei saada pienennettyä riittävälle tasolle luonnollisilla suunnittelumenetelmillä, vaan lisäksi vaadittiin suojausteknisiä laitteita. Sähkömoottorikäyttöjen aiheuttamien riskien torjuntaan valikoitiin hätäpysäytyslaitteisto, johon vaikuttamalla virransyötöt katkaistaan vaaratilanteet aiheuttavilta laitteilta. Hätäpysäytystoiminto säilyy voimassa, kunnes hätäpysäyttimien lukitukset vapautetaan ja käsky kuitataan erillisellä painikkeella.


Hätäpysäytyslaitteisto koostuu hätäpysäytinpainikkeista ja köysihätäpysäyttimistä, joihin vaikuttamalla turvalogiikka, releet ja taajuusmuuttajat suorittavat pysäytystoiminnon. Valittu tuotearkkitehtuuri kuvattiin luvussa 4.2.1 havainnollistetulla lohkokaaviomenetelmällä. (Kuva 19.)



*KUVA 19. Turvatoimintoihin liittyvien osien lohkokaaaviot*

Valitun laitearkkitehtuurin soveltuvuus turvallisuuteen liittyvien ohjaustoimintojen suorittamiseen riittäväällä tasolla tarkistettiin SISTEMA-ohjelmiston avulla. Arvioinnin alussa määriteltiin uusi projekti, nimettiin se "Linjaston turvalaitteet" ja annettiin dokumentille perustiedot. Seuraavaksi luotiin projektin sisälle turvatoiminnot ja niiden toiminnalliset tiedot kirjattiin varatulle pohjalle. (Kuva 20).

**Turvatoiminto**



Dokumentaatio **PL<sub>r</sub>** PL Alajärjestelmät

Turvatoiminnon nimi:	Hätäköyspysäytin
Identifier of the Safety function:	
Turvatoiminnon tyyppi:	Turvalaitteen käynnistämä turvallisuuteen liittyvä pysäytystoiminto
Laukaiseva tekijä:	Hätäköyspysäytin.
Reaktio ja käyttäytymisen tehonsy	Hätäköyspysäyttimeen vaikuttaminen aiheuttaa standardissa IEC 60204-1 määritelyn luokan 0 hätäpysäytyksen.
Turvallinen tila:	Liikkeet pysähtyneet. Liikkeet eivät ole sallittuja ennen laitteen tarkistustilan erillistä kuitausta.
Toimintatapa:	
Turvatoiminnon vaateen taajuus:	Tiheiden vaateiden/Jatkuvan toiminnan tapa
Jälkkäyntäaika:	
Ensisijaisuus:	
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	<input type="text"/> Avaa

*KUVA 20. Turvatoiminnon perustietojen dokumentointia*

Turvatoiminnolta vaadittava suoritustaso PL<sub>r</sub> määriteltiin ohjelmaan rakennetun riskin arviointi -päättöpuun avulla. Päättöpuun solmukohdissa arvioitiin riskin taso vastaava muuttujan arvo sille varattuun ikkunaan. Vaihtoehtoisena tapana vaadittu taso voidaan syöttää suoraan ohjelmaan, jos taso on määritelty jo aiemmin erillisellä riskien arviointityökalulla. (Kuva 21.)

**Turvatoiminto**

Dokumentaatio PLr PL Alajärjestelmät

Syötä PLr-arvo suoraan  
 Määritä PLr-taso riskigraafista

Vaadittava suoritustaso:

**Vamman vakavuus (S)**

S1 Lievä (tavallisesti palautuva vamma)

S2 Vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)

**Taajuus ja/tai altistumisaika vaaralle (F)**

F1 Harvoin tai joskus ja/tai altistumisaika on lyhyt

F2 Usein tai jatkuvasti ja/tai altistumisaika on pitkä

**Mahdollisuus välttää vaaraa tai rajoittaa vahinkoa (P)**

P1 Mahdollista tietyissä olosuhteissa

P2 Tuskin mahdollista

KUVA 21. Hätkösyipysäytin-turvatoiminnolta vaaditun suoritustason määrittäminen

Vaaditun tason arvioinnin jälkeen turvatoiminnon alle lisättiin arkkitehtuuriin kuuluvat komponentit. Komponentit muodostavat ohjelmiston projektipuuhun rakenteestaan riippuen itsenäisiä alajärjestelmiä tai järjestelmiä, joihin kuuluu erillisiä kanavia, lohkoja ja elementtejä. SISTEMA-ohjelmistoon on saatavilla eri valmistajien ja tahojen julkaisemia ja ylläpitämiä komponenttikirjastoja, joista löytyy valmiiksi tai osittain määriteltäviä alajärjestelmiä ja osia. Korkean suoritustason omaavien turvakomponenttien valmistajat ovat koestaneet komponentit ja varmistavat sen täyttävän luokalle ominaiset vaatimukset. Käytettäessä valmistajien varmistamia alijärjestelmiä ei tarvitse osoittaa luokan vaatimuksien täyttymistä erikseen (kuva 22).

Luokan vaatimukset

Asiaan kuuluvien standardien mukaisesti kestävä odotettavissa olevat vaikutukset...

Turvallisuuden peruseriaatteita on käytetty.

Hyvin koetettuja turvallisuuseriaatteita on käytetty.

Yhden vian vikasetoisuus ja riittävä vikojen palautuminen.

Vikojen kerääntyminen ei johda turvatoiminnon menettämiseen.

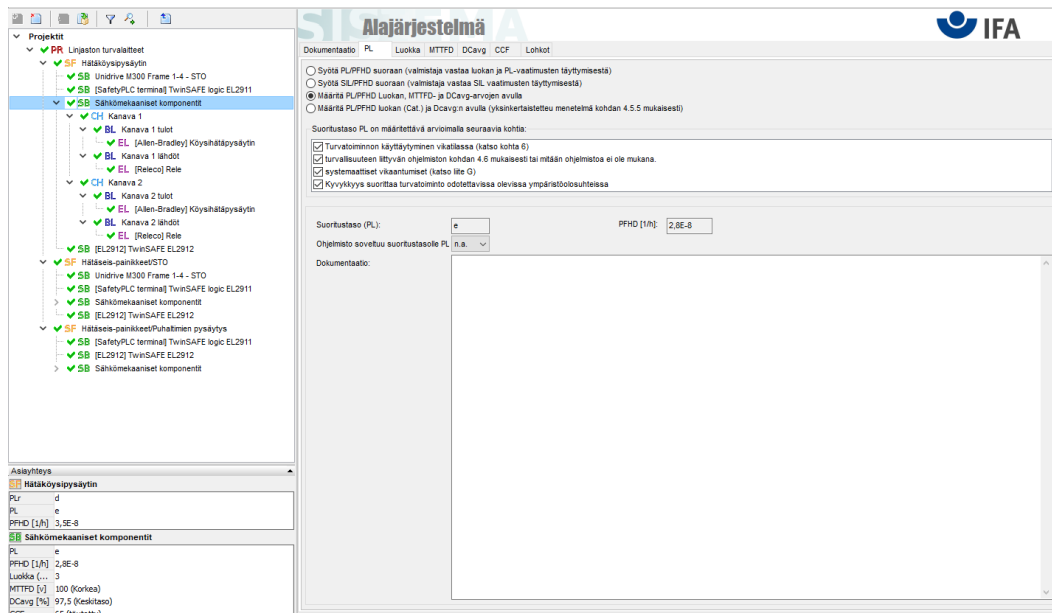
MTTFD on vähintään Korkea. **[10 (Keskitaso)]**

DCavg on vähintään Korkea. **[0 (Ei yhtään)]**

CCF-arviossa saavutetut pisteet ovat vähintään 65. **[0 (ei täytetty)]**

KUVA 22. Luokan vaatimuksia

Arkkitehtuuriin kuuluvat sähkömekaaniset komponentit ja niiden muodostamat kanavat perustettiin projektipuuhun omana alajärjestelmänä. Kaksikanavaisen järjestelmän osien  $MTTF_D$ -arvot määriteltiin komponenttikohtaisten  $B_{10D}$ -arvojen ja vuosittaisten toimintajaksojen avulla. Komponenttien vuosittaiset toimintajaksojen lukumäärät projektissa olivat kohtalaisen pienet, joten laskutoimituksiin li-sättiin varmuutta määrittelemällä käyttötarve todellista tarvetta korkeammiksi. Ohjelma ilmoittaa käyttäjälle puutteellisesti annetuista tiedoista ja varoittaa, jos turvatoiminto ei saavuta vaadittua suoritustasoa. Suunnitellun turvajärjestelmän lasketut  $PFH_D$ -arvot suhteessa vaatimuksiin olivat riittävät, joten järjestelmän to-dettiin täyttävän vaatimukset. Kuvassa 23 on kuvakaappaus SISTEMA-projekti-puusta.



**KUVA 23. SISTEMA-projektipuun turvatoimintoineen**

Ohjelmistoon rakennetun toiminnon avulla projektista koostettiin dokumentaatio koneyhdistelmän teknistä tiedostoa varten. Raporttiin sisältyy tietoja turva-auto-maatiojärjestelmän ominaisuuksista, vaatimuksista sekä saavutetusta suoritusta-sosta. (Liite 1.)

## **6 TURVA-AUTOMAATIO PILOTTILINJASTOON**

Turva-automaatio toteutettiin räätälöityyn pilottilinjastoon, jonka toiminta kuvataan luvussa 5.4. Pilottilinjaston turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien arviointiin käytettyä SISTEMA-ohjelmistoa käytettiin apuna suojausteknisen laittearkkitehtuurin suunnittelussa.

### **6.1 Beckhoff TwinSAFE**

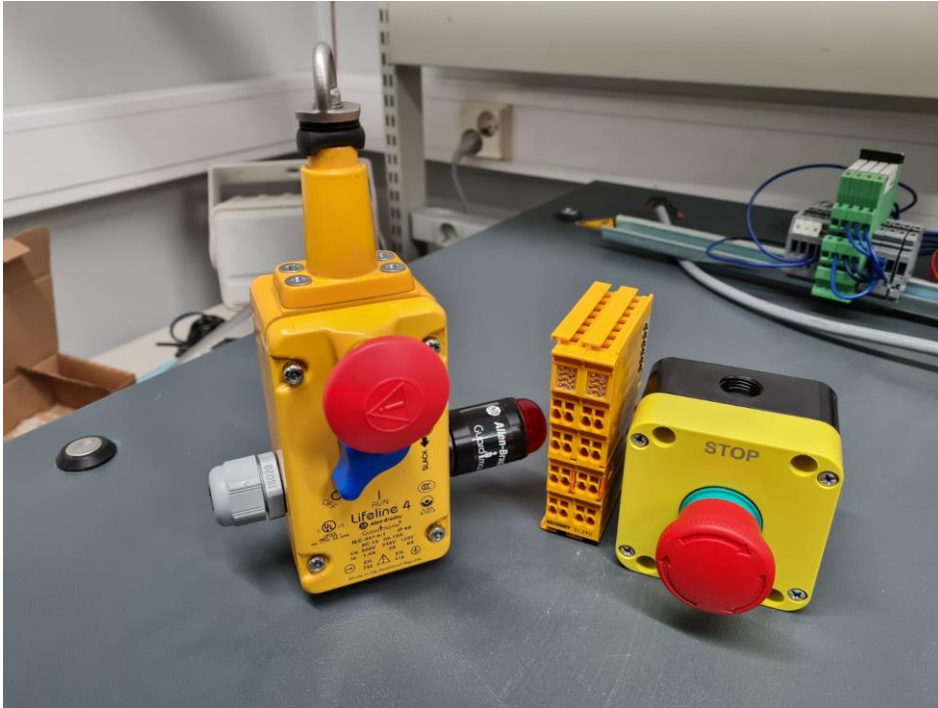
Beckhoff on saksalainen yritys, joka toimittaa PC-pohjaiseen ohjaukseen perustuvia automaatiojärjestelmiä, jotka ovat sovellettavissa monipuolisesti eri toimialoille (23). Beckhoff TwinSAFE -tuoteperhe tarjoaa ohjelmiston ja komponentit turva-automaatiosovelluksien toteuttamiseen, jotka ovat täysin integroitavissa osaksi normaalia Beckhoffin ohjausjärjestelmää (15). Beckhoff-järjestelmien ohjelmointi, konfigurointi ja diagnosointi suoritetaan TwinCAT 3 -ohjelmiston avulla, joka hyödyntää standardissa IEC 61131-1 määriteltyjä ohjelmointikieliä (25).

### **6.2 Toteutus pilottilinjastoon**

Suojausteknisten laitteiden avulla toteutettiin turvatoiminnot, joilla linjaston käyttöön liittyviä riskejä saatiin pienennettyä riittävälle tasolle. Turva-automaatio kytkettiin saumattomaksi osaksi koneyhdistelmän normaalia ohjausjärjestelmää ja turvalaitteiden harkitulla sijoittelulla varmistettiin hallintaelimien esteetön saavutettavuus ja ehkäistiin vaarallisten katvealueiden syntymistä konealueelle.

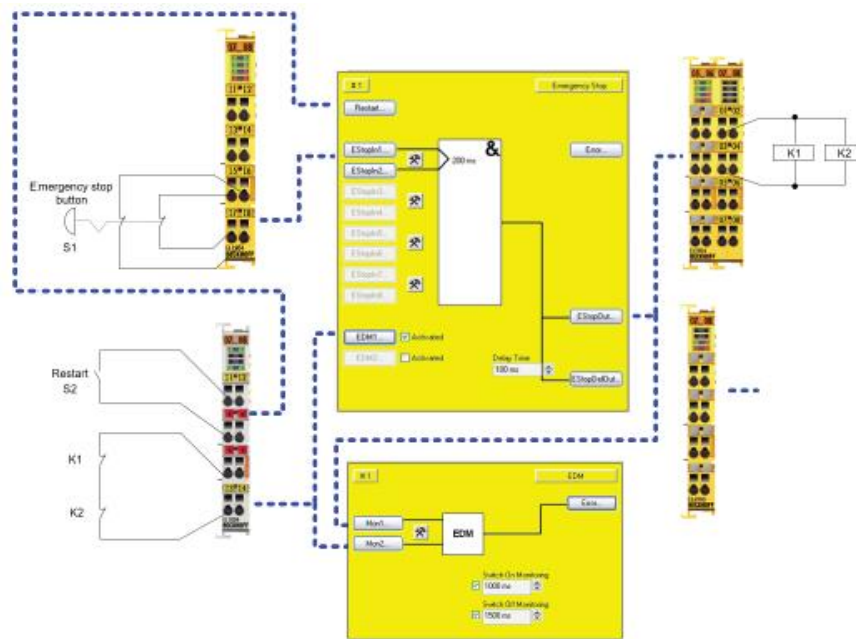
#### **6.2.1 Järjestelmän osat**

Järjestelmän hallintaeliminä toimii kaksikanavaiset NC-koskettimin varustetut hätäseispainikkeet sekä köysihätäpysäyttimet, jotka kytkettiin Beckhoffin TwinSAFE -logiikan tulokanaviin. Turvatoiminnot sulautettiin osaksi yleistä ohjausjärjestelmää Beckhoff EL 2911 -terminaalin avulla, joka kytkettiin osaksi linjaston I/O:ta. (Kuva 24.) Vaikka turvalogiikka voi olla osa päälogiikkaa, sen toiminta pitää olla täysin riippumatonta normaalista käyttöautomaatiosta.



*KUVA 24. Linjaston turvalaitteita*

Kuvassa 25 on havainnollistava kuva hätäpysäytyslaitteiston rakenteesta. Turvaluokiteltuihin lähtökortteihin kytkettiin releet, joilla ohjattiin taajuusmuuttajien STO-piiriä. Virran katkeaminen STO-piirissä aiheuttaa pysäytysluokan 0 turvallisen momentin poiston, joka katkaisee energiansyötön moottorikäyttöille välittömästi. Releiden NC-lisäkoskettimien kautta kierrätetty signaali kytkettiin normaaliin tulokorttiin toimimaan ulkoisena EDM-valvontasignaalinä, jolla valvotaan sähkömekaanisten komponenttien tilan vaihtumista, siltä varalta, että koskettimet juuttuvat tai sulavat yhteen.

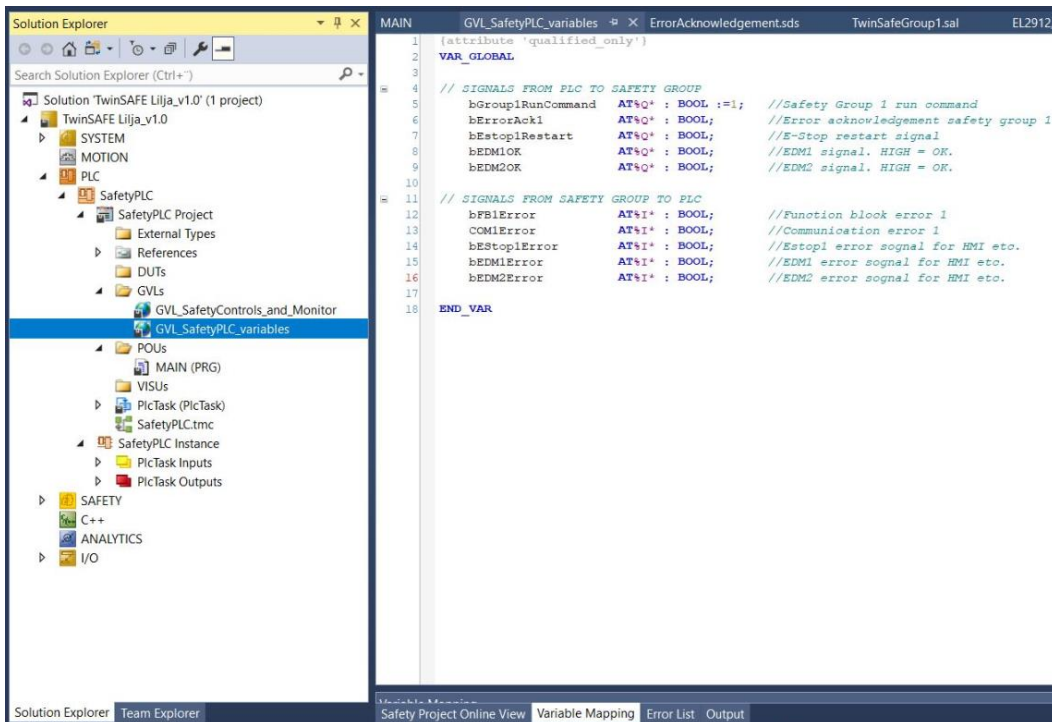


KUVA 25. Häätöäytöksen fyysisten osien ja ohjelman välisen kytkennän kuvaus (26, s. 33)

## 6.2.2 Ohjelmointi

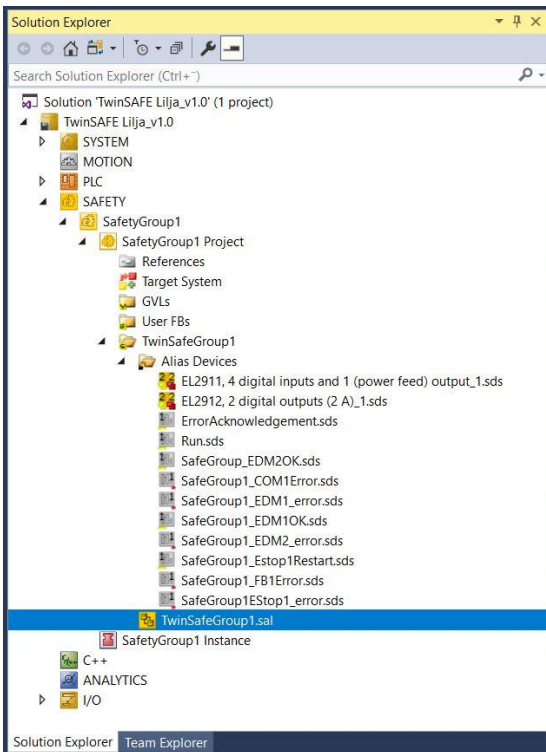
Turvalogiikan ohjelmointi koostuu eri tasoista, joilla erotetaan yleinen PLC-ohjelma ja I/O turvaohjelmasta. Peruskäyttäjällä on tietyillä tasoilla toimiessa rajoitettu määrä valtuuksia, jolla varmistetaan turvapuolen ja yleisen PLC-ohjauksen selkeä erottelu ja toimintavarmuus.

Turvalogiikan ohjelmointi aloitettiin luomalla TwinCAT 3 -kehitysympäristössä uusi projekti, jonka ensimmäisenä vaiheena määriteltiin yleiset muuttujat, joilla kommunikoidaan PLC:n ja turvakomponenttien välillä. PLC-tasolta turvapuolelle kohdistetuilla muuttujilla viestitään muun muassa turvakomponenttien ja vikatilojen kuittauskäskyt sekä EDM-piirien status. Turvapuolelta PLC-tasolle suunnatuilla muuttujilla viestitään erilaisia virheilmoituksia. (Kuva 26.)



KUVA 26. PLC-tason yleisiä muuttujia

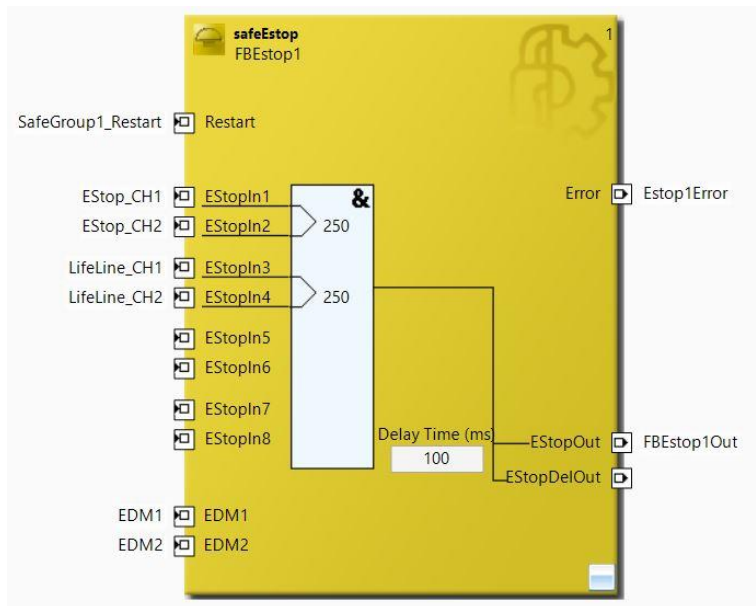
Ohjelmistopuun SAFETY-ikonin kohdalle luotiin TwinCAT-turvaprojekti, jonka alle turvaohjelma ja komponentit määriteltiin. Turvaprojektin alta löytyvälle ohjelman niin kutsutulle Alias-tasolle luotiin virtuaalisia komponentteja, jotka toimivat rajapintana turvaohjelman muuttujien ja PLC:n yleisten muuttujien välillä. Alias-tasolla mahdollistetaan kommunikointi turvaohjelman ja fyysisten I/O-komponenttien kanssa. (Kuva 27.)



*KUVA 27. Alias-komponentit*

Alias-tasolle määriteltiin PLC-tasolle tehtyjä yleisiä muuttujia vastaavat sekä turvalogiikan fyysisiä I/O-turvakomponentteja vastaavat EL2911- ja EL2912-korttien virtuaaliset vastineet. Varsinainen turvaohjelma toteutettiin FBD-kielellä, eli toimilohko-ohjelmoinnilla ikonin "TwinSafeGroup1.sal" alla olevalle työskentelyalueelle. Tarvittaviksi toiminnoiksi määriteltiin safeEstop- ja safeEdm-toiminnot.

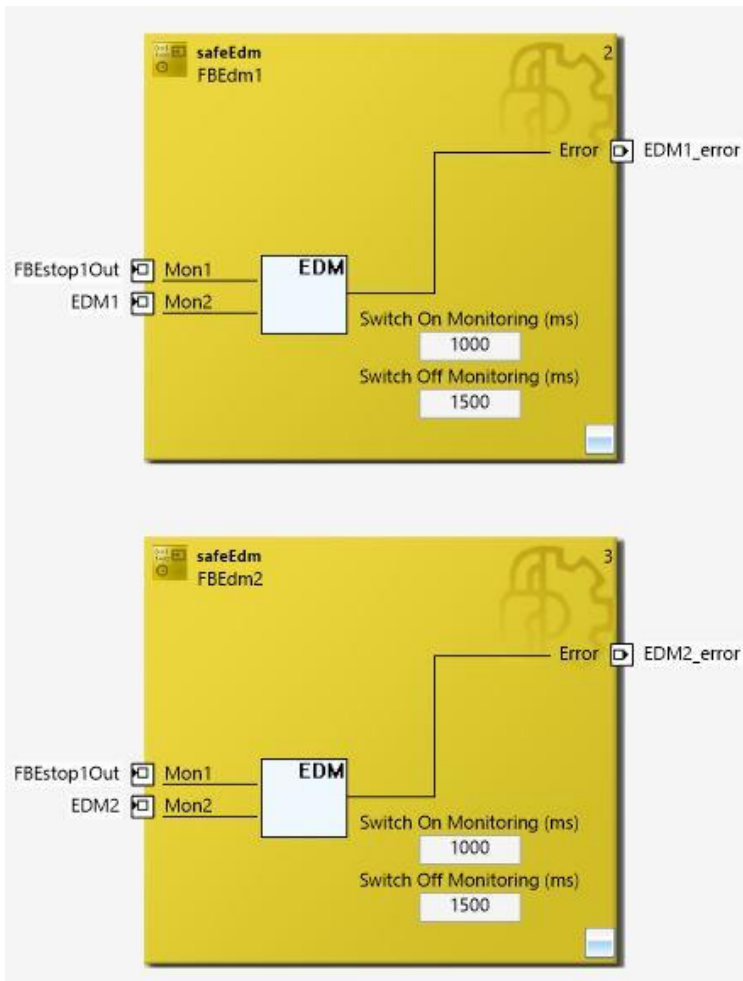
Halutut toimilohkot lisättiin vetämällä ne työkalulaatikosta työskentelyalueelle. Hätäseispainikkeille ja köysihätäpysäyttimille määriteltiin käyttötarkoitukseen valmiiksi räätälöity safeEstop-toimilohko (kuva 28). Toimilohkon EStopIn-pisteisiin määriteltiin muuttujat, jotka vastaavat hätäseispainikkeiden ja köysihätäpysäyttimien kanavapareja. Ohjauslaitteiden kahden kanavan välisiä ristiriitoja valvotaan toiminnolla, jossa hyödynnetään määriteltyä aikaikkunaa. Jos kanavaparin yksittäisten kanavien tilojen muutos ei tapahdu aikaikkunan sisällä, seuraa vikailmoitus ja lohko suorittaa turvatoiminnon.



KUVA 28. Estop-functionblock

SafeEstop-toimilohkon EDM-pisteisiin määriteltiin muuttujat, jotka vastaavat hätäpysäytyslaitteiston releiden tilojen tarkkailusta. Restart-pisteeseen määriteltiin kiitospainike, jolla vikatilanteet ja turvatoiminnot kuitataan. EStopOut-pisteeseen määriteltiin muuttuja, jonka avulla ohjataan turvajärjestelmän releiden heijotteita.

Korkeamman suoritustason varmistamiseksi ohjelmaan lisättiin erilliset EDM-lohkot, joilla tarkkailtiin ohjattavien sähkömekaanisten komponenttien tilan vaihtumista suhteessa hätäpysäytys-toimilohkolta lähtevään EStopOut-signaaliin. Muuttujien tilojen ollessa ristiriidassa keskenään aikamääreen kuluessa umpeen, seuraa vikailmoitus ja lohko suorittaa turvatoiminnon. (Kuva 29.)



*KUVA 29. EDM-functionblock*

FBD-muuttujien ja Alias-tason komponentit määriteltiin Variable Mapping -välilehdellä (kuva 30). Keltaisella värjättyt ikkunat kuvaavat turvakomponenttien EL2911 ja EL2912 kanavia, joihin voitiin tällä tasolla linkittää toimilohkotasolla olevat väsitteet.

Variable	Scope	Assignment	Usages	Online Value	Comment
<b>Local</b>					
GroupPort_ErrAck	Local	ErrorAcknowledgement In (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Err Ack		
GroupPort_RunStop	Local	Run In (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Run/Stop		
EStop_CH1	Local	EL2911, 4 digital inputs and 1 (power feed) output, 1 FSN Module Channel 1 Input (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EStopIn1		
EStop_CH2	Local	EL2911, 4 digital inputs and 1 (power feed) output, 1 FSN Module Channel 2 Input (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EStopIn2		
LifeLine_CH1	Local	EL2911, 4 digital inputs and 1 (power feed) output, 1 FSN Module Channel 3 Input (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EStopIn3		
LifeLine_CH2	Local	EL2911, 4 digital inputs and 1 (power feed) output, 1 FSN Module Channel 4 Input (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EStopIn4		
SafeGroup1_Restart	Local	SafeGroup1_Estop1Restart In (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 Restart		
EDM2	Local	SafeGroup1_EDM2OK In (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EDM2 TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm2 Mon2		
COM1Error	Local	TwinSafeGroup1 Com Err	SafeGroup1_COM1Error Out (TwinSafeGroup1)		
FB1Error	Local	TwinSafeGroup1 FB Err	SafeGroup1_FB1Error Out (TwinSafeGroup1)		
Estop1Error	Local	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 Error	SafeGroup1EStop1_error Out (TwinSafeGroup1)		
EDM1_error	Local	TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm1 Error	SafeGroup1_EDM1_error Out (TwinSafeGroup1)		
EDM2_error	Local	TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm2 Error	SafeGroup1_EDM2_error Out (TwinSafeGroup1)		
FBEStop1Out	Local	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EStopOut	TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm1 Mon1 TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm2 Mon1 EL2912, 2 digital outputs (2 A), 1 FSCUT Module 1 Output (TwinSafeGroup1) EL2912, 2 digital outputs (2 A), 1 FSCUT Module 2 Output (TwinSafeGroup1)		
EDM1	Local	SafeGroup1_EDM1OK In (TwinSafeGroup1)	TwinSafeGroup1 Network1 FBEStop1 EDM1 TwinSafeGroup1 Network1 FBEdm1 Mon2		

### KUVA 30. Muuttujien määrittely

Muuttujien määrittelyn jälkeen turvaohjelma ladattiin logiikkaan ja toiminta varmistettiin simulointiympäristössä. Virheettömän simuloinnin jälkeen turvalogiikka liitettiin osaksi yleistä ohjausjärjestelmää ja toiminta testattiin sekä varmistettiin yhdessä käyttöautomaation kanssa.

## 7 POHDINTA

Koneiden suunnitteluprosessiin kuuluu riskienarviointi, jota varten kartoitetaan koneen tai koneiden olennaiset ominaisuudet, raja-arvot ja vaatimukset. Välittömästi projektin alkuvaiheessa haasteeksi osoittautui oleellisten tietojen hankinta, koska laitteiston mekaniikkasuunnittelu oli vielä alkuvaiheessa eikä kaikkia konsepteja ollut päätetty. Tietojen kerääminen vaati aktiivista yhteistyötä kaikkien linjastoprojektin parissa työskentelevien henkilöiden ja sidosryhmien kanssa.

Excel-pohjainen riskien arviointityökalu on käyttöliittymänä toimiva sen nopean käytön, helpon sisäistämisen ja muokattavuuden takia. Laajojen Excel-taulukoiden esittäminen helppolukuisena ohjelman ulkopuolella voi aiheuttaa haasteita, joten taulukoiden muotoiluun on syytä panostaa työn aluksi, jos haluaa esittää dokumentin sisällön viimeistellyn ja selkeän näköisenä esimerkiksi asiakirjoille tyypillisessä A4-formaatissa.

Riskien arviointiin kului oletettua enemmän aikaa, koska työn koneyhdistelmään ei löytynyt valmiita konekohtaisia standardeja, joista olisi voinut opiskella kiteytettyä tietoa, vaan jouduttiin käyttämään laajoja yleisstandardeja. Turva-automaation toteutus ja uuden sisäistäminen sujui pienemmällä ajallisella panostuksella, kuin riskien arviointi, koska jo ennen projektia minulle oli kertynyt kokemusta Beckhoff-automaatiojärjestelmistä.

Muokattavissa olevien modulaaristen konelinjastojen ja koneyhdistelmien riskien arviointi olisi syytä tarkistaa tapauskohtaisesti, koska räätälöitävissä oleva rakenne ja erilaiset asennusympäristöt ovat yhdistelmä, jossa voi syntyä ennalta arvaamattomia riskitekijöitä. Modulaaristen laitteiden suunnittelu tasolle, joka mahdollistaa ”plug & play” -tyyppisen asennuksen ja joka täyttää oleelliset turvallisuusvaatimukset, vaatii pitkää tuotekehitystyötä.

Opinnäytetyö antoi kokonaisvaltaisesti tietoa koneturvallisuudesta ja ymmärrystä siitä, kuinka paljon panostusta turvallisuuden kattava huomioiminen vaatii koneiden suunnittelussa. Projekti antoi koneinsinöörin uraa ajatellen arvokasta kokemusta ja taitoa, jota pääsen hyödyntämään myös tulevilla haasteilla.

## LÄHTEET

1. Head Recycle Systems Oy. Saatavissa: <https://headrecyclesystems.com/>. Hakupäivä 6.1.2021.
2. 12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Helsinki: Valtioneuvosto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>. Hakupäivä 5.10.2020.
3. SFS-käsikirja 100-1. 2017. Koneiden turvallisuus. Osa 1: Suunnittelun perusteet ja riskin arviointi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
4. Koneturvallisuuden standardit. 2016. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Saatavissa: <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Koneturvallisuusesite2016.pdf>. Hakupäivä 5.1.2021.
5. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas. 2010. Euroopan komissio, yritys- ja teollisuustoiminta. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/9202/attachments/1/translations/fi/renditions/pdf>. Hakupäivä 6.1.2021.
6. Koneturvallisuus - Koneiden tekniset vaatimukset ja vaatimustenmukaisuus. 2008. Tampere: Työsuojeluhallinto. Saatavissa: [https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus\\_tso\\_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc](https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/Koneturvallisuus_tso_16-2009.pdf/6ae406a0-29fc-45fa-a4a6-19e38af399cc). Hakupäivä 5.1.2021.
7. Rapinoja, Jukka-Pekka 2020. Koneturvallisuuden standardointi. Metalliteollisuuden Standardintyhdistys Ry. Saatavissa: <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/10/1-Koneturvallisuuden-standardisointi-Standardibrunssi-2020.pdf>. Hakupäivä 5.1.2021.
8. ISO/TR 22100-1. 2015. Koneturvallisuus. Suhteet standardiin ISO 12100. Osa 1: Miten B-tyyppin ja C-tyyppin standardit liittyvät standardiin ISO 12100.

Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

9. Siirilä, Tapio – Sundquist, Matti 2009. Käyttöasetuksen (403/2008) soveltamisohjeita. Koneyhdistelmien tekniset turvallisuusvaatimukset. Helsinki: Sundcon Oy. Saatavissa: <https://docplayer.fi/6695043-Kayttoasetuksen-403-2008-soveltamisohjeita-koneyhdistelmien-tekniset-turvallisuusvaatimukset.html>. Hakupäivä 8.2.2021.
10. SFS-ISO/TR 14121-2. 2013. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
11. SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
12. Machine Safety Guide. 2011. Schneider Electric Industries SAS. Saatavissa: [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_Doc\\_Ref=DIA4ED1100102EN&p\\_File\\_Ext=](https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=DIA4ED1100102EN&p_File_Ext=). Hakupäivä 19.1.2021.
13. Riskinarviointityökalu - METSTA. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. Saatavissa: <https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/riskinarviointityokalu/>. Hakupäivä 9.11.2020.
14. Sundquist, Matti. Toiminnallinen turvallisuus: periaatteet. Sesko Ry. Saatavissa: [https://www.sesko.fi/files/94/osio\\_2.pdf](https://www.sesko.fi/files/94/osio_2.pdf). Hakupäivä 2.2.2021.
15. Sundquist, Matti. Toiminnallinen turvallisuus: standardisarja IEC 61508. Sesko Ry. Saatavissa: [https://www.sesko.fi/files/95/osio\\_3.pdf](https://www.sesko.fi/files/95/osio_3.pdf). Hakupäivä 2.2.2021.

16. Sundquist, Matti 2010. Toiminnallinen turvallisuus. Sundcon Oy. Saatavissa: [https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1431/iec61508\\_m\\_sundquist1.pdf](https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1431/iec61508_m_sundquist1.pdf). Hakupäivä 4.2.2021.
17. SFS-EN ISO 13849-1. 2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
18. Hietikko, Marita – Malm, Timo, – Alanen, Jarmo 2009. T2485. Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Ohjeita ja työkaluja standardien mukaisen turvallisuusprosessin luomiseen. Espoo: VTT. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2485.pdf>. Hakupäivä 3.2.2021.
19. Malm, Timo – Venho-Ahonen, Outi – Vanhala, Markku 2010. VTT-R-04369-10. Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä. Tutkimusraportti. Tampere: VTT. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04369-10.pdf>. Hakupäivä 5.10.2020.
20. SFS-EN 62061. 2005. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisen, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
21. Sundquist, Matti. Koneiden ohjausjärjestelmien suunnittelutyökalu SIS-TEMA. Sesko Ry. Saatavissa: [https://www.sesko.fi/files/98/osio\\_6.pdf](https://www.sesko.fi/files/98/osio_6.pdf). Hakupäivä 12.11.2020.
22. Linjaston layout-kuvaus. Sisäinen dokumentti. Head recycle systems Oy. Hakupäivä 1.3.2020.
23. Beckhoff Automation. 2021. Beckhoff Automation. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com/fi-fi/company/>. Hakupäivä 23.2.2021.

24. Highly scalable, highly modular: safe automation with TwinSAFE. 2021. Beckhoff Automation. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/automation/twinsafe/>. Hakupäivä 18.1.2021.
25. TwinCAT automation software. 2021. Beckhoff Automation. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com/en-us/products/automation/twincat/>. Hakupäivä 8.3.2020.
26. Application Guide TwinSAFE. 2020. Beckhoff Automation. Saatavissa: <https://download.beckhoff.com/download/document/automation/twinsafe/applicationguidetwinsafeen.pdf>. Hakupäivä 9.3.2020.

## SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Tiedoston päiväys: 14.03.2021 14.47.57 Raportin päiväys: 14.3.2021 Tarkistussumma: ddb732f0a4a2e64f990d1bc2353803e

## PR Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Projektitiedoston nimi:	D:\Onedrive\OneDrive - Oulun ammattikorkeakoulu\Opinnäytetyö\Dokumentointi\Riskienarviointi\SISTEMA\Linjaston turvalaitteet.ssm
Valmistumisen päivämäärä:	07.12.2020 15.53.22
Projektin tila:	
Projektin numero:	
Projektin versio:	
Tekijät:	Joel
Projektista vastaavat:	
Tarkastajat:	
Vaarallinen kohta/kone:	
Dokumentaatio:	
Dokumentti:	
Ohjelmiston versio:	2.0.8 build 4
Standardin versio:	ISO 13849-1:2015, ISO 13849-2:2012
Tarkistussumma:	ddb732f0a4a2e64f990d1bc2353803e
Asetukset:	<input checked="" type="checkbox"/> Käytä DC:n väliarvoja PFHD:n laskentaan (tarkempi). <input type="checkbox"/> MTTFD-arvon pienentäminen luokkaa 4 varten arvosta 2500 arvoon 100 vuotta.
Tila:	vihreä
Huomautus:	Tähän projektiin (tai siihen kuuluihin peruselementteihin) ei ole merkitty yhtään varoitusta.

## Tulostusasetukset

- Näytä turvatoiminnot  näytä myös alajärjestelmät  
 näytä myös lohkot  näytä myös elementit

## Tähän kuuluvat turvatoiminnot

## SF Nimi: Häätäköyspysäytin

Vaadittu: PL r d	Saavutettu: PL e	PFHD [1/h]: 3,5E-8	Tila: vihreä
------------------	------------------	--------------------	--------------

## Tähän kuuluvat alajärjestelmät

<b>SB</b> Nimi: Unidrive M300 Frame 1-4 - STO	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 9,8E-11	Luokka (Cat.): 4
	MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
<b>SB</b> Nimi: TwinSAFE logic EL2911 [SafetyPLC terminal]	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 4,5E-9	Luokka (Cat.): 4
	MTTFD [v]: ei asiaankuuluva	DCavg [%]: ei asiaankuuluva	CCF-pisteet: ei asiaankuuluva
<b>SB</b> Nimi: Sähkömekaaniset komponentit	Resulting PL: e	PFHD [1/h]: 2,8E-8	Luokka (Cat.): 3
	MTTFD [v]: 100 (Korkea)	DCavg [%]: 97,5 (Keskitaso)	CCF-pisteet: 65 (täytetty)

## Tähän kuuluvat kanavat / lohkot / Elementit

## SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Tiedoston päiväys: 14.03.2021 14.47.57 Raportin päiväys: 14.3.2021 Tarkistussumma: ddb732f0a4a2e84f9990d1bc2353603e

**PR** Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet**CH** Nimi: Kanava 1 (MTTFD [v]: 100)**BL** Nimi: Kanava 1 tulot

MTTFD [v]: 3424,7 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

**EL** Nimi: Köysihätäpysäytin [Allen-Bradley]

MTTFD [v]: 3424,7 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

**BL** Nimi: Kanava 1 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

**EL** Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

**CH** Nimi: Kanava 2 (MTTFD [v]: 100)**BL** Nimi: Kanava 2 tulot

MTTFD [v]: 3424,7 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

**EL** Nimi: Köysihätäpysäytin [Allen-Bradley]

MTTFD [v]: 3424,7 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

**BL** Nimi: Kanava 2 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

**EL** Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

**SB** Nimi: TwinSAFE EL2912 [EL2912]

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,9E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

**SB** Nimi: Hätäseis-painikkeet/STO

Vaadittu: PLr d Saavutettu: PL e PFHD [1/h]: 3,3E-8 Tila: vihreä

## Tähän kuuluvat alajärjestelmät

**SB** Nimi: Unidrive M300 Frame 1-4 - STO

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 9,6E-11 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

**SB** Nimi: TwinSAFE logic EL2911 [SafetyPLC terminal]

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 4,5E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

**SB** Nimi: Sähkömekaaniset komponentit

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,6E-8 Luokka (Cat.): 3

MTTFD [v]: 100 (Korkea) DCavg [%]: 98,3 (Keskitaso) CCF-pisteet: 65 (täytetty)

## Tähän kuuluvat kanavat / lohkot / Elementit

**CH** Nimi: Kanava 1 (MTTFD [v]: 100)**BL** Nimi: Kanava 1 tulot

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

**EL** Nimi: Hätäseis-painike [Giovenzana]

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

## SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden



Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Tiedoston päiväys: 14.03.2021 14.47.57 Raportin päiväys: 14.3.2021 Tarkistussumma: ddb732f0a4a2e64f990d1bc2353803e

## PR Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

BL Nimi: Kanava 1 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

EL Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

CH Nimi: Kanava 2 (MTTFD [v]: 100)

BL Nimi: Kanava 2 tulot

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

EL Nimi: Häätäseispainike [Giovenzana]

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

BL Nimi: Kanava 2 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

EL Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

SB Nimi: TwinSAFE EL2912 [EL2912]

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,9E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SF Nimi: Häätäseis-painikkeet/Puhaltimien pysäytys

Vaadittu: PL c Saavutettu: PL e PFHD [1/h]: 3,3E-8 Tila: vihreä

Tähän kuuluvat alajärjestelmät

SB Nimi: TwinSAFE logic EL2911 [SafetyPLC terminal]

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 4,5E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: TwinSAFE EL2912 [EL2912]

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,9E-9 Luokka (Cat.): 4

MTTFD [v]: ei asiaankuuluva DCavg [%]: ei asiaankuuluva CCF-pisteet: ei asiaankuuluva

SB Nimi: Sähkömekaaniset komponentit

Resulting PL: e PFHD [1/h]: 2,6E-8 Luokka (Cat.): 3

MTTFD [v]: 100 (Korkea) DCavg [%]: 98,3 (Keskitaso) CCF-pisteet: 65 (täytetty)

Tähän kuuluvat kanavat / lohkot / Elementit

CH Nimi: Kanava 1 (MTTFD [v]: 100)

BL Nimi: Kanava 1 tulot

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

EL Nimi: Häätäseispainike [Giovenzana]

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

BL Nimi: Kanava 1 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

EL Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

CH Nimi: Kanava 2 (MTTFD [v]: 100)

**SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden**

Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Tiedoston päiväys: 14.03.2021 14.47.57 Raportin päiväys: 14.3.2021 Tarkistussumma: ddb732f0a4a2e84f990d1bc2353803e

**PR** Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

---

BL Nimi: Kanava 2 tulot

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

EL Nimi: Häätäseispainike [Giovenzana]

MTTFD [v]: 1369,9 (Korkea) DC [%]: 99 (Korkea)

BL Nimi: Kanava 2 lähdöt

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

EL Nimi: Rele [Releco]

MTTFD [v]: 17123,3 (Korkea) DC [%]: 90 (Keskitaso)

**SISTEMA - Ohjelmistotyökalu konesovellusten turvallisuuden eheyden arviointiin**

Projektin nimi: Linjaston turvalaitteet

Tiedoston päiväys: 14.03.2021 14.47.57 Raportin päiväys: 14.3.2021 Tarkistussumma: ddb732f0a4a2e84f990d1bc2353803e

**VASTUUVAPAUCLAUSEKE**

Ohjelmiston tuotannossa on huolehdittu, että se on tehty nykytekniikan tason mukaisesti. Ohjelmisto on tarkoitettu käyttöönnettäväksi korvauksetta. Ohjelmiston käyttö tapahtuu käyttäjän omalla riskillä. Lainsäädännön antamissa rajoissa ei hyväksytä mitään lakiin perustuvaa vastuuta ohjelmistosta.

Die Software wurde gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik sorgfältig erstellt. Sie wird dem Nutzer unentgeltlich zur Verfügung gestellt.

Die Haftung des IFAs/ DGUV ist damit auf Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit (§ 521 BGB) bzw. bei Sach- und Rechtsmängel auf arglistig verschwiegene Fehler beschränkt (523, 524 BGB).

IFA sitoutuu pitämään verkkosivut vapaina viruksista, mutta kuitenkin ei voida varmistaa, että ohjelmisto ja sen mukana toimitettavat tiedot olisivat viruksista vapaita. Tämän vuoksi käyttäjää suositellaan ryhtymään sopiviin tietoturvan toimenpiteisiin ja käyttämään virustutkaa ennen ohjelmiston, dokumentaation ja muiden tietojen lataamista.

**YHTEYS**

Saksan sosiaalisen tapaturmavakuutuksen työterveyden ja työturvallisuuden laitos (IFA)  
(Institute for Occupational Health and Safety of German Social Accident Insurance (IFA))  
Osasto 5 (Tapaturmien ehkäisy/tuoteturvallisuus)  
Osoite: Alte Heerstr. 111, 53754 Sankt Augustin  
Sähköposti: sistema@dguv.de  
Verkkosivu: www.dguv.de/ifa (Webcode e581582)

Nimi suuraakkosin: \_\_\_\_\_

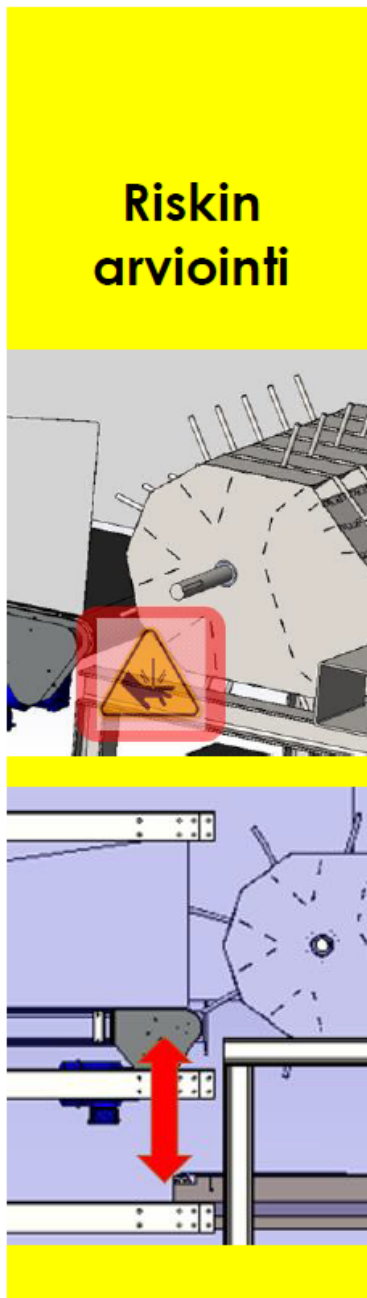
Tekijät \_\_\_\_\_

Tarkastajat \_\_\_\_\_

Päivämäärä, allekirjoitus: \_\_\_\_\_

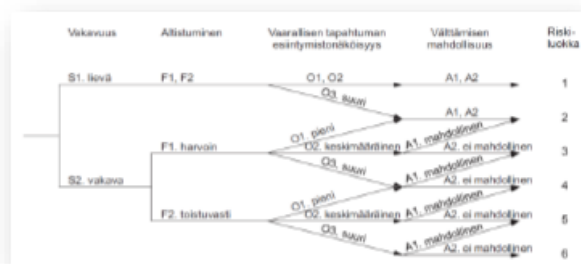
Tekijät \_\_\_\_\_

Tarkastajat \_\_\_\_\_



Päiväys ja tekijä: 19.11.2020, Joel Soukkio  
 Dokumenttinumero: xx

Tunnisteet	Riski #5
Sijainti + konealue	Jätteenkäsittelylinjasto-Film feeder-rummun ja kuljettimen välinen alue
Työvaihe	Jumin poisto, vian selvitys
Vaara	Puristuminen, isku, irtileikkaantuminen
Vaarallinen tilanne	Rumpuun tarttuneen jumin poisto
Vaarallinen tapahtuma	Rummun ja kuljettimen väliin jääminen kuljettimen liikkeessa odottamattomasti yläasentoon
Ilmaantumisen - työvaiheet	Normaali ajo, jumi-/vikatilanteet
Lisätietoa	Paineilmasynterillä ylös/alas liikkuva kuljetin, sähkömoottorilla pyörivä rumpu.



Riskin arviointi (SFS-ISO/TR 14121-2)	Pisteet
Vakavuus	2
Altistuminen	1
Vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys	1
Välttämisen mahdollisuus	2
Riskiluokka	2
Riskin suuruus	Vähäinen

2

Suosittelvat toimenpiteet
Paineilmajärjestelmän tilan valvonta. Nostavan toimilaitteen aseman valvonta +lukitus. Energioiden erotus+suojakytkimien lukitus. Suojavaatetus/-välineet. Vaaravyöhykkeelle pääsyn estäminen suojarakenteilla.
Toteutetut toimenpiteet
Ohjeistus. Koneen/moduulien energioiden erottaminen työn ajaksi, jos mahdollista + Suojakytkimien lukitus. Paineilmasynterierien aseman valvonta raja-antureilla. PLd-tason saavuttava, liikkeen pysäyttävä paineilmajärjestelmä, johon vaikutetaan avattavissa suojuksissa olevilla turvalaitteilla sekä koneesta löytyvien hätäseis-painikkeiden avulla. Vaaravyöhykkeille pääsyn estäminen suojarakenteilla. Suojavaatetus/-välineet. Ohjeistus. Rajoitettu ohjauspaikka/-tapa (kaksinkäsinohjaus)

Jäännösriskin arviointi (SFS-ISO/TR 14121-2)	Pisteet
Vakavuus	2
Altistuminen	1
Vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys	1
Välttämisen mahdollisuus	1
Riskiluokka	2
Riskin suuruus	Vähäinen

Jäännösriski
Riskinä ohjeistuksen huomiotta jättäminen/piittaamattomuus/tahaton unohtaminen. Turvalaitteiston vikaantuminen. Suojarakenteiden/turvalaitteiden poistaminen/ohittaminen + hätäpysäytyslaitteiston vikaantuminen.

Ohjeistus, huomiot, yhteenvedo
Turvalaitteiston toiminnan säännöllinen tarkistaminen. Suojarakenteiden kiinnityksen/kunnon tarkistus. Koneen käyttäjillä oltava asianmukaiset suojavaatteen/-välineet.
Standardit, määräykset
SFS-EN ISO 14120 + SFS-EN ISO 13849 + SFS-EN ISO 13850+ SFS-EN ISO 14118:2018