



# jamk.fi

## Liukuportin automatisointi

Simo Sorvoja

Opinnäytetyö

Tammikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

JAMK University of Applied Sciences

Tekijä(t) Sorvoja, Simo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 01/2018
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä
Työn nimi <b>Liukuportin automatisointi</b>		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Insinööri (AMK)		
Työn ohjaaja(t) Teppo Flyktman, Veli-Matti Häkkinen		
Toimeksiantaja(t) Sähkötoimisto Housepro Ky		
Tiivistelmä <p>Tutkimuksessa tarkasteltiin, millä tavoin käsityönä valmistettu liukuportti voidaan automatisoida EU:n asettaman lainsäädännön mukaisesti. Liukuportin valmistanut metalliartesaani oli asentanut porttiin valmiiksi oikosulkumoottorin, joten valmiin porttimoottorisarjan hyödyntäminen ei onnistunut ja työ täytyi aloittaa täysin puhtaalta pöydältä. Portti sijoitettiin pienen omakotitaloalueen yhteisen pihatien alkuun. Sillä on pääasiassa esteettinen tarkoitus, mutta tarkoituksena on myös estää asiaton ajoneuvoliikenne. Tavoitteena oli toteuttaa portin sähköistys ja ohjelmointi käytännössä sekä tehdä koneturvallisuusvaatimuksien mukainen esiselvitystyö, riskinarviointi ja dokumentaatio.</p> <p>Toteutuksessa otettiin vahvasti huomioon asukkaiden toiveet. Niiden perusteella valittiin portin ohjauksessa käytettävät komponentit ja suunniteltiin logiikkaan ladattava ohjelma. Koska portin moottorina oli valmiiksi oikosulkumoottori, liikkeenohjaukselle ei ollut muuta järkevää vaihtoehtoa kuin ohjelmoitava logiikka ja taajuusmuuttaja.</p> <p>Työn tuloksena on onnistunut automatisointi. Koneturvallisuusvaatimuksien haastavuuden sekä opinnäytetyön tekijästä riippumattomien syiden takia CE-merkinnän kiinnittäminen ja koneen lopullinen käyttöönotto voidaan suorittaa vasta myöhempänä aikana.</p> <p>Yksittäisen, konedirektiivin alaisen tuotteen valmistaminen alusta alkaen oli asiaan perehtymättömälle huomattavan työlästä ja monimutkaista. Kenelläkään asianomaisella ei ollut käsitystä, mitä kaikkea automatisoinnissa olisi kannattanut ottaa jo etukäteen huomioon. Varsinainen ongelma saatiin ratkaistua, mutta aikaisempi selvitystyö olisi kannattanut tehdä huolellisemmin.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Liukuportti, automatisointi, riskinarviointi, CE-merkintä, koneturvallisuus		
Muut tiedot		

Author(s) Sorvoja, Simo	Type of publication Bachelor's thesis	Date 01/2018
	Number of pages 45	Language of publication: Finnish
		Permission for web publication: yes
Title of publication <b>Automatization of sliding gate</b>		
Degree programme Degree Programme in Automation Engineering		
Supervisor(s) Flyktman, Teppo & Häkkinen, Veli-Matti		
Assigned by Sähkötoimisto Housepro Ky		
<p>Description</p> <p>The aim of the study was to inspect how a hand-made sliding gate can be automatized. The automatization has to comply with the legislation of the European Union. A metal artisan had installed an induction motor to the gate so it was not possible to use an off the shelf sliding gate motor set; hence, the work had to be started from scratch. The gate was placed in the beginning of the driveway of a small residential area. The gate mainly serves an esthetic purpose; however, it also prevents inappropriate traffic. The target was to electrify and program the sliding gate and make investigation, risk assessment and documentation according to Machinery Directive.</p> <p>The components and logics program of the sliding gate were planned in accordance with the residents' opinions and wishes. Programmable logic and frequency converter were the only sensible choice to control the induction motor already installed in the gate.</p> <p>The study resulted in successful automatization. Because of the challenging safety requirements for machinery and some other reasons, CE-marking and the final deployment of the machine will follow later.</p> <p>For a novice, it was very complicated and difficult to make a product that follows Machinery Directive from the very beginning. Nobody in the case had any idea what should have been known about automatization in advance before the actual process started. The investigation before the start would have simplified the process; nevertheless, the actual problem of the study was solved.</p>		
<p>Keywords (<a href="#">subjects</a>)</p> <p>Sliding gate, automatization, risk assessment, CE-marking, safety of machinery</p>		
Miscellaneous		

# Sisällys

<b>Lyhenteet ja määritelmät .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>5</b>
1.1 Opinnäytetyön tarkoitus.....	5
1.2 Tavoite, haasteet ja tietoperusta .....	5
<b>2 Koneturvallisuus.....</b>	<b>6</b>
2.1 Konelaki .....	7
2.2 Konedirektiivi eli koneasetus.....	7
2.3 CE-merkintä .....	8
<b>3 Portin tarvittavien toimintojen suunnittelu.....</b>	<b>9</b>
<b>4 Koneen valmistusprosessi ja standardit .....</b>	<b>12</b>
<b>5 Riskinarviointi .....</b>	<b>14</b>
<b>6 Riskin suuruus .....</b>	<b>17</b>
<b>7 Ohjausjärjestelmä ja suoritustaso .....</b>	<b>20</b>
<b>8 Kanavien suoritustason määrittäminen.....</b>	<b>23</b>
<b>9 Pysäyttäminen ja pysäytysluokat .....</b>	<b>26</b>
<b>10 Tarkastukset ja huollot .....</b>	<b>29</b>
<b>11 Liukuporttiin valitut komponentit .....</b>	<b>29</b>
11.1 Valitut ulkoiset komponentit .....	29
11.1.1 Rajakytkimet.....	30
11.1.2 Valokenno.....	31
11.1.3 Turvareuna .....	33
11.1.4 Koodinäppäimistöt .....	33
11.1.5 Kauko-ohjaus.....	34
11.2 Ohjauskeskuksen komponentit .....	34

11.2.1	Ohjelmoitava logiikka .....	35
11.2.2	Taajuusmuuttaja.....	38
<b>12</b>	<b>Koneen käytön ja huollon ohjeistus .....</b>	<b>39</b>
<b>13</b>	<b>Koneen dokumentointi ja tekninen tiedosto .....</b>	<b>40</b>
<b>14</b>	<b>EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus .....</b>	<b>41</b>
<b>15</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>41</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>43</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1.	Käsintehty liukuportti .....	5
Kuvio 2.	CE- merkintä .....	9
Kuvio 3.	Koneturvallisuuden standardityypit .....	12
Kuvio 4.	Toistuva prosessi riskien vähentämiseksi, perustuu standardiin SFS-EN ISO 138904.....	15
Kuvio 5.	Riskiluokittelu .....	18
Kuvio 6.	Riskigraafi vaadittavan suoritustason määrittämiseksi.....	21
Kuvio 7.	Luokkien nimettyjen rakenteiden kuvaukset .....	22
Kuvio 8.	Hätä-seis-piirin laukaisema Safe Stop 1 -pysäytys .....	24
Kuvio 9.	Turvareunan aiheuttama pysäytys.....	25
Kuvio 10.	Ohjausjärjestelmän suoritustaso valitaan luokan ja vaarallisen keskimääräisen vikaantumisajan tason mukaan. Perustuu standardiin SFS-EN ISO 13849-1 .....	26
Kuvio 11.	Safe Stop 1 -rakenne .....	28
Kuvio 12.	Rajakytkimen asento muuttuu rampin avulla puomin saapuessa pätyyn.	30
Kuvio 13.	Omron D4N-4120 rajakytkin .....	31
Kuvio 14.	Omron E3G-R17 peiliheijastava valokenno.....	32
Kuvio 15.	HAAKE HSC -turvareuna .....	33
Kuvio 16.	UTC ACL760 -koodinäppäimistö.....	34
Kuvio 17.	Siemens Logo!8 logiikkamoduuli.....	36

Kuvio 18. Array SR200-MRAC logiikkamoduuli .....	37
Kuvio 19. Eaton Easy719-AC-RC logiikkamoduuli .....	38
Kuvio 20. Control Techniques M300 -taajuusmuuttaja .....	39

## Lyhenteet ja määritelmät

a, b, c, d, e	Suoritustasoja osoittavat tunnukset
B, 1, 2, 3, 4	Luokkia osoittavat tunnukset
B10d	Toimintajaksojen lukumäärä siihen asti kunnes 10 % komponenteista on vikaantunut vaarallisesti
Cat.	Luokka
DC	Diagnostiikan kattavuus
DCavg	Keskimääräinen diagnostiikan kattavuus
MTTF	Keskimääräinen vikaantumisaika
MTTFd	Vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika
PLC	Ohjelmoitava logiikka
PL	Suoritustaso
PLr	Vaadittava suoritustaso
SIL	Turvallisuuden eheyden taso

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Etelä-Suomessa sijaitsevan pienen omakotitaloalueen yhteinen pihatie on suljettu metalliartesaanin valmistamalla, alueen tyyliin sopivalla liukuportilla (ks. kuvio 1). Portti on varustettu oikosulkumoottorilla sekä kulmavaihteella. Opinnäytetyössä portti tuli automatisoida ajanmukaisesti, ottaen huomioon alan turvallisuusmääräykset ja lainsäädäntö. Porttiin valmiiksi asennettu oikosulkumoottori aiheutti sen, että valmiin porttimoottorisarjan ja automatiikan hyödyntäminen ei ollut mahdollista, vaan työ oli aloitettava aivan puhtaalta pöydältä.



Kuvio 1. Käsintehty liukuportti

## 1.2 Tavoite, haasteet ja tietoperusta

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä tarkasti koneturvallisuutta koskeviin määräyksiin ja automatisoida portti käyttäen taajuusmuuttajaa, ohjelmoitavaa logiikkaa sekä tarvittavia turvalaitteita. Logiikkaan tuli sisällyttää luonnollisesti portin ohjelma, joka tuli suunnitella asiakkaan tarpeita vastaavaksi. Jotta portin toiminnasta saatiin pehmeää ja sulavaa, taajuusmuuttajaan asetettiin käynnistystä ja pysäytystä varten sopivat kiihdytys- ja hidastusajat. Taajuusmuuttajan avulla tuli voida säätää myös puomin liikkumisnopeutta sekä toteuttaa tarvittavat suunnanvaihdot.



Mikäli liukuportti aiotaan ottaa käyttöön, sen tulee vastata ajanmukaisia koneturvallisuusmääräyksiä, jolloin sille on hankittava CE-merkintä. Koneturvallisuutta koskevia määräyksiä on esitetty useissa eri standardeissa, joissa on valtavasti sisältöä. Koneiden toiminnot ovat myös niin yksilöllisiä, että on mahdotonta ajatella samojen toimintamallien sopivan kaikille koneille. Sen takia standardin soveltaminen ja tarpeellisen tiedon suodattaminen tuli tehdä harkiten.

Koska koneturvallisuutta koskevat määräykset on määritelty pitkälti standardeissa, ne ovat iso osa tämän opinnäytetyön tietoperustaa. Tietolähteiden luotettavuus on olennaisessa osassa, joten kerätty tieto ei perustu yksittäisten henkilöiden mielipiteisiin, eikä sille nähty tarvettakaan. Standardien lisäksi tarkastuslaitoksien ja tuotevalmistajien julkiset koulutusmateriaalit sekä Inspecta Koulutus Oy:n julkaisemat koneturvallisuuden käsikirjat ovat osana työn tietoperustaa.

## **2 Koneturvallisuus**

Suomessa myytävien, kuluttajakäyttöön tarkoitettujen koneiden ja laitteiden tulee täyttää eurooppalaiset turvallisuusvaatimukset. Koneiden turvallisuutta varten on asetettu EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, joka on perustana valtioneuvoston asetukselle, niin sanotulle koneasetukselle 400/2008. EU:n konedirektiivin vastaava suomalainen säädös on siis koneasetus. (Siirilä 2008a, 19.)

Koneasetus sisältää yleisiä turvallisuusvaatimuksia, ja tarkemmat vaatimukset on asetettu turvallisuusstandardeihin. Standardeilla ei ole suhdetta lainsäädäntöön, ennen kuin niihin on viitattu EU:n virallisessa lehdessä, EU Official Journal. Koneturvallisuuden valvontaan osallistuvat Turvallisuus- ja kemikaalivirasto sekä koneiden työturvallisuutta valvovat työsuojeluviranomaiset. Työsuojeluviranomaisilla tarkoitetaan aluehallintavirastoa sekä sosiaali- ja terveysministeriötä, kun hoidetaan turvallisuuden valvontaan liittyviä tehtäviä. Koneturvallisuutta ei tarkasteta ennakoon vaan yritykset vastaavat siitä, että koneasetuksen vaatimukset täyttyvät. (Koneet 2017.)

Koneturvallisuudessa täytyy myös huomioida laki teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta 1016/2004, joka koskee koneiden lisäksi muutamia muitakin tuotteita, sekä koneita käsittelevä työturvallisuuslaki 738/2002 ja käyttöasetus 403/2008 (Siirilä 2008a, 27).

## 2.1 Konelaki

Kone on jollakin muulla energialla kuin lihasvoimalla tai eläimen voimalla käytettävä toisiinsa liitettyjen osien yhdistelmä, jossa ainakin yksi osa liikkuu. Koneet on siis asetettu toimimaan jotakin tiettyä toimintaa varten. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta.)

Konelaiksi kutsuttu laki (1016/2004) on viralliselta nimeltään laki eräiden teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta. Laissa on käsitelty koneiden lisäksi muitakin tuotteita, kuten esimerkiksi henkilösuojaimia. Laki määrittää turvallisuuden kannalta seuraavat asiat (Siirilä 2008a, 26–27):

- *Kone on suunniteltava ja valmistettava niin, että se ei aiheuta tapaturman vaaraa tai terveydellistä haittaa.*
- *Koneen myyjän tai muun edelleen luovuttajan on varmistuttava vaatimuksenmukaisuudesta.*
- *Koneasetusta (400/2008) on noudatettava.*
- *Kone voidaan asettaa näytille, vaikka se ei täytä turvallisuusvaatimuksia. Silloin on osoitettava selkeästi merkinnällä, että kone ei täytä turvallisuusvaatimuksia eikä sitä luovuteta käyttöön, ennen kuin se on saatettu vaatimusten mukaiseksi.*

## 2.2 Konedirektiivi eli koneasetus

Konedirektiivi 2006/42/EY toimii koneturvallisuusjärjestelmän perustana, se on Euroopan unionin asettama direktiivi. Konedirektiiviä vastaava suomalainen säädös on

valtioneuvoston asetus, koneasetus 400/2008. Asetus on tullut voimaan 29.12.2009. (Siirilä 2008a, 28.)

Valtioneuvoston asetus koskee lähtökohtaisesti kaikkia koneita, mukaan lukien omaan käyttöön valmistetut yksinkertaiset laitteet, jotka täyttävät koneen määritelmän. Määritelmä siis kattaa sekä pienet että suuret koneet partakoneista paperikoneisiin. Valtioneuvoston asetusta ei sovelleta sellaisiin koneisiin, joita koskee jokin erityisdirektiivi. Tällaisia koneita ovat esimerkiksi henkilöautot. (Siirilä 2008a, 28.)

Koneen valmistaja osoittaa tuotteensa olevan vaatimusten mukainen, kun koneeseen on kiinnitetty CE-merkintä. Valtioneuvoston asetuksessa on vaadittu tietyiltä koneilta sekä turvakomponenteilta tyyppitarkastus. Tarkastusta edellyttävät koneet ja turvakomponentit ovat henkilöiden turvallisuudelle niin tärkeitä, että ilmoitetun laitoksen suorittamaa tarkastusta pidetään tarpeellisena. Tällaisia koneita ovat esimerkiksi moottorisahat ja turvakomponentteja esimerkiksi valoverhot ja -kennot sekä tuntoreunat. (Siirilä 2008a, 28–30.)

### **2.3 CE-merkintä**

Kaikkien EU-alueella myytävien ja omaan käyttöön rakennettujen koneiden tulee olla CE-merkittyjä. Merkin tarkoituksena on kertoa, että koneen suunnittelussa ja valmistuksessa on noudatettu kaikkien sitä koskevien direktiivien määräyksiä. Valmistaja allekirjoittaa vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen ja yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta kiinnittää itse CE-merkinnän koneeseen. Merkintään sisältyy siis myös väärinkäyttämisen riski, joten se ei väärinkäyttötynä ole mikään turvallisuuden tae. (Siirilä 2008a, 31.)

CE-merkintä (ks. kuvio 2) täytyy tällä hetkellä olla seuraavissa tuotteissa (CE-merkintä 2017):

- lelut
- koneet
- sähkölaitteet

- henkilösuojaimet
- rakennustuotteet
- kaasulaitteet
- telepäätelaitteet
- terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet.

Merkki on tarkoitettu etupäässä viranomaisia varten, koska sillä tuote saa vapaan liikkuvuuden Euroopan talousalueella. Koneturvallisuusasetuksen liitteen 3 mukaisen virallisen CE-merkinnän on oltava vähintään 5 mm korkea. Muodosta ja mallista ei saa poiketa (CE-merkintä 2017).



Kuvio 2. CE- merkintä (CE-merkintä 2017)

### 3 Portin tarvittavien toimintojen suunnittelu

Opinnäytetyössä automatisoidun portin tarvittavat toiminnot suunniteltiin asiakkaan kanssa yhteistyönä, jotta käyttäjien tarpeet saataisiin mahdollisimman hyvin huomioitua. Seuraavassa on listattuna tärkeimmät ulkoiset toiminnot. Käytettävät turvalaitteet vahvistuivat vasta riskin arvioinnin jälkeen, mutta alustavasti voitiin kuitenkin arvioida, mitä turvalaitteita tullaan tarvitsemaan ajoneuvojen ja henkilösuojauksen täyttämiseksi:

- Avas kauko-ohjaimen aukaisupainikkeella, sulkeutuminen automaattisesti 20 sekunnin kuluttua.
- Avas portin molemmilta puolin koodinäppäimistöllä, sulkeutuminen automaattisesti 20 sekunnin kuluttua.

- Pysäytys kauko-ohjaimen pysäytyspainikkeella. Portti lähtee jatkamaan automaattitoimintaa siitä pisteestä, mihin toiminta on jäänyt, kun käyttäjä painaa avauspainiketta uudestaan. Toisin sanoen kauko-ohjaimella pysäytetty, aukeamassa oleva portti lähtee silloin jatkamaan avautumista ja pysäytetty, sulkeutuva portti lähtee jatkamaan sulkeutumista.
- Pysäytys hätä-seis-painikkeella.
- Pysäytys valokennolla. Valokenno aktivoituu vasta portin sulkeutuessa, jotta aukeavasta portista voi pujahtaa sisään ilman, että tarvitsee odottaa portin olevan täysin auki. Valokenno reagoi väliin ilmaantuvaan esteeseen, pysäyttää liikkuvan portin ja palauttaa sen takaisin täysin auki -asentoon. Valokenno myös vahtii, että täysin auki oleva portti ei lähde lainkaan sulkeutumaan, jos välissä on este, esimerkiksi auto.
- Pysäytys turvareunalla. Turvareuna aktivoituu myös portin sulkeutuessa, koska aukeamisvaiheessa siitä ei ole mitään hyötyä. Turvareuna pysäyttää liikkuvan puomin, jos se osuu mihinkään esteeseen, ja palauttaa puomin takaisin auki-asentoon.
- Kytkin portin ohjauskeskukseen, josta voidaan valita 1 = automaattitoiminto, 2 = portti pakotettu kiinni tai 3 = portti pakotettu auki.

Koska asuntoja on yhteisen pihatien varrella melko vähän, päädyttiin siihen, että kaikki asukkaat saavat kauko-ohjaimet, joita säilytetään autoissa normaalia liikkumista varten. Kauko-ohjaimiin päätettiin ottaa kaksi painiketta, jotta ohjaimiin saatiin liitettyä myös pysäytys-toiminto. Toiminnon tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen, ja normaalikäytössä avauspainiketta tarvitseekin painaa vain yhden kerran, minkä jälkeen portti suorittaa avaus- ja sulkeutumistoiminnot automaattisesti. Portin sulkeutumista ei siis tarvitse erikseen suorittaa tai vahtia, mikä on luonnollisesti tärkeä asia usein toistuvassa käytössä.

Kauko-ohjaimen seis-painike pysäyttää portin siihen pisteeseen, jossa se sattuu juuri sillä hetkellä olemaan. Pysäytyksen voi siis tehdä avautuvalle, täysin auki olevalle sekä sulkeutuvalle portille. Jos pysäytys tehdään ohjaimesta, portti jatkaa toimintaansa siitä pisteestä, johon se on jäänyt, kun painetaan avauspainiketta uudestaan.

Kauko-ohjaimien lisäksi portin läheisyyteen asennettiin koodinäppäimistö. Myös esimerkiksi tekstiviestiaukaisun mahdollisuutta mietittiin koodinäppäimistöjen sijaan, mutta näppäimistö oli parempi vaihtoehto, koska silloin on aina mahdollisuus päästä portista sisään, vaikka puhelin tai kauko-ohjain ei sattuisi olemaan mukana.

Liukuportin läheisyydessä on roskakatos, jonka yhteydessä on tekninen tila. Tekniseen tilaan on sijoitettu muun muassa asuntojen yhteinen pääkeskus, ja tila on hyvä paikka myös portin ohjauskeskukselle. Ohjauskeskuksen kanteen asennettiin kolmiasentoinen nokkakytkin, jonka avulla portti saadaan tarvittaessa pakotettua kiinni tai auki automaattitoiminnan lisäksi.

Liukuportin turvavarusteluun kuuluvat turvareuna, peiliheijastava valokenno, kauko-ohjaimen pysäytyspainike sekä portin pielessä oleva hätä-seis-painike. Näistä turvareunalla ja hätä-seis-painikkeella tehtävät pysäytykset ovat henkilösuojauksen varten. Valokennon tehtävä on toimia lähinnä omaisuusvahinkojen estämiseksi, vaikka se toimiikin automaattisesti pienenä lisänä henkilöturvallisuudelle. Myös kauko-ohjaimen pysäytyspainike on hyvä lisä turvallisuudelle, mutta kauko-ohjauksen epäluotettavuuden takia sitä ei haluttu huomioida henkilöturvallisuuden suunnittelussa.

Valokenno aktivoituu, kun portti on avautunut täysin auki -asentoon, jolloin avausvaiheessa portista voi kulkea sisään ilman, että toiminta häiriintyy. Valokennon ongelma on sen pistemäinen valonsäde, joten se ei kata koko portin reunan aluetta. Se kuitenkin riittää ajoneuvon havaitsemiseen mainiosti. Henkilöturvallisuutta ja varsinaista puristumisvaaraa varten portti varustettiin turvareunalla, jonka avulla liikkuva portti törmätessään pysähtyy välittömästi ja aukeaa takaisin auki-asentoon.

Konedirektiivin mukaan jokaisessa koneessa tulee olla vähintään yksi hätä-seis-painike vaaratilanteen torjumiseksi. Liukuportin hätä-seis-kytkin päätettiin sijoittaa pihan puolelle sellaiseen paikkaan, mistä se on hyvin näkyvässä ja käytettävissä. Portin ulkopuolelle ei sijoiteta hätäpainiketta ilkeilytarkoituksiin.

## 4 Koneen valmistusprosessi ja standardit

Koneen varsinainen suunnittelu- ja valmistusprosessi etenee seuraavassa järjestyksessä (Koneturvallisuuskoulutus 08.02.2012):

- *Aluksi määritetään ja selvitetään kaikki kyseistä konetta koskevat määräykset.*
- *Suunnitellaan ja rakennetaan kone näiden turvallisuusvaatimusten mukaan, kuten EU-lainsäädäntö vaatii.*
- *Tehdään koneelle riskinarviointi.*
- *Laaditaan koneelle käytön ja huollon ohjeistus.*
- *Laaditaan koneesta tekninen rakennetiedosto.*
- *Laaditaan EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus.*
- *Teetetään ulkopuolisella tarkastuslaitoksella tyyppitarkastus, jos konedirektiivissä sellainen vaaditaan.*
- *Kiinnitetään koneeseen CE-merkki.*

Standardien käyttäminen on varsin suositeltavaa, koska se takaa automaattisesti konedirektiivin vaatimusten täyttämisen. Standardit on jaettu kolmiportaisen hierarkian mukaan A-, B-, ja C-tyypin standardeiksi. (Standardien hierarkia 2017.) Hierarkia on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Koneturvallisuuden standardityypit (Standardien hierarkia 2017)

Suunnittelu aloitetaan usein tarkastamalla, onko koneesta laadittu C-tyyppin standardia, johon on laadittu turvallisuusvaatimuksia juuri tietyille konetyypeille, kuten pakkauskoneille, kuljettimille, puristimille ja roboteille. Konevoimalla toimivista ovista, porteista ja puomeista ei ole kuitenkaan olemassa C-tyyppin standardia. (Standardien hierarkia 2017.)

B-tyyppin standardit käsittelevät erityisesti suunnittelijoiden tarvitsemaa perustietoa, ja niissä on käsitelty yhtä turvallisuusnäkökohtaa ja suojausteknistä laitetta. A-tyyppin standardi on turvallisuuden standardi, jossa esitetään suunnitteluperiaatteet, perusteet ja yleiset näkökohdat, joita voidaan soveltaa kaikkiin koneisiin. (Standardien hierarkia 2017.) Koneturvallisuuden standardit on koottu SFS-käsikirjoihin.

Liukuportin automatisoinnissa on sovellettu seuraavia standardeja (Koneturvallisuuden standardit 2015):

- SFS-EN 349 + A1 Vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi
- SFS-EN 1037 + A1 Odottamattoman käynnistymisen estäminen
- SFS-EN ISO 12100 Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
- SFS-EN ISO 13849-1 Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1
- SFS-EN ISO 13849-2 Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 2
- SFS-EN ISO 13850 Hätäpysäytys
- SFS-EN ISO 13855 Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet
- SFS-EN ISO 13856-2 Kosketuksen tunnistavat turvalaitteet. Osa 2
- SFS-EN 12 453 Käyttöturvallisuusvaatimukset
- SFS-EN 12978 Turvalaitteiden vaatimukset ja testaaminen.

Ovet ja portit ovat aina osana jotakin rakennusta tai rakennelmaa, joten niitä koskee konedirektiivin lisäksi rakennustuotedirektiivi. Rakennustuotedirektiivin olennaiset vaatimukset koskevat lähinnä mekaanista lujuutta, paloturvallisuutta, vakavuutta, terveyttä, meluntorjuntaa sekä erilaisten tapaturmien estämistä. Tapaturmia voivat



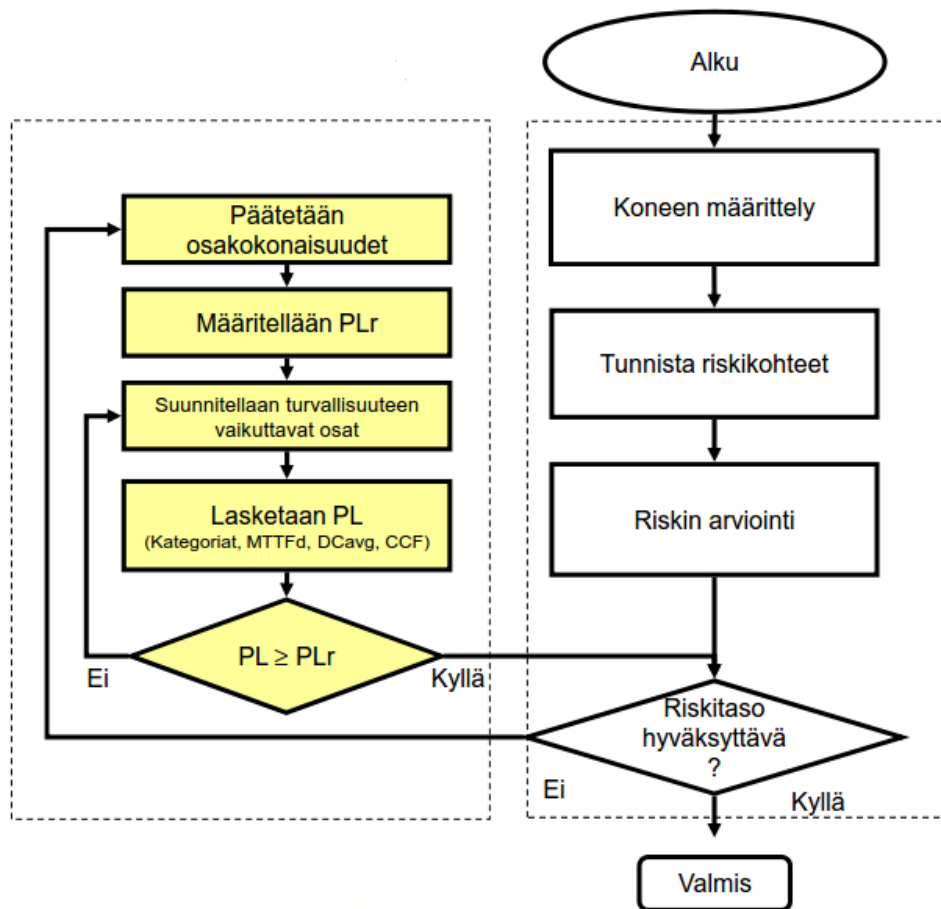
olla esimerkiksi liukastuminen, kaatuminen, tulipalo sekä räjähdys- ja sähkötapaturmat. (Siirilä 2008b, 374.)

Koska portin konekäyttö toteutetaan oikosulkumoottorilla, liukuporttia koskevat myös pienjännitedirektiivi ja sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskeva direktiivi (Siirilä 2008b, 374).

## **5 Riskinarviointi**

Nykyinen EU-direktiiveihin perustuva lainsäädäntö perustuu riskien arviointiin sekä riskien hallintaan (Siirilä 2008b, 78). Lainsäädännössä edellytetään, että koneet suunnitellaan ja valmistetaan niin turvallisiksi, että niillä ei satu vahinkoja (Siirilä 2009, 39). Koneeseen jää aina jäännösriskkejä, mutta niiden täytyy olla niin pienet, että riskit voidaan estää varoituksilla, valvonnalla ja ohjeilla (Siirilä 2008b, 78).

Riskien vähentämistä ja riskinhallintaprosessia kuvataan kuviossa 4, jossa osa riskeistä poistetaan ohjausjärjestelmän ja turvakomponenttien avulla:



Kuvio 4. Toistuva prosessi riskien vähentämiseksi, perustuu standardiin SFS-EN ISO 138904 (SFS Käsikirja 93-6 2014, 54)

Riskien arvioinnissa otetaan huomioon seuraavat pääkohdat (Siirilä 2008b, 83):

- vaarojen tunnistaminen
- vahinkojen vakavuuden arvioiminen
- vahinkojen toteutumisen todennäköisyyden arvioiminen.

Riskien arviointi aloitetaan vaarojen tunnistamisella. Koneista riippuen riskejä voi olla monenlaisia, mutta liukuportissa riskin muodostavat pääasiassa liikkuvat osat. Vaarojen tunnistamisessa kiinnitetään huomiota erityisesti energialähteiden, energiovirtojen ja energian käyttökohteiden, liike-energian, paineen, potentiaalienergian yms. tarkastelemiseen. Lisäksi tarkastellaan muutostilanteita, kuten käynnistystä ja uudelleen käynnistystä. (Siirilä 2008a, 65–66.)

Siirilä (2008b, 82) esittää, että riskejä arvioitaessa on otettava huomioon koneen väärinkäyttö, kuten

- huolimattomuus
- unohtaminen
- huomion kiinnittyminen muualle
- hätäntyminen
- pyrkimys estää tuotannon keskeytyminen
- vahingot häiriötilanteessa
- pyrkimys päästä mahdollisimman helpolla
- tarkoituksellinen väärinkäyttö.

Liukuportin tarkoituksenmukaisella käytöllä riskit ovat varsin pienet, koska kone on hidasliikkeinen, liikkeet ovat varsin helposti ennakoitavissa ja normaalilla käytöllä porttiin ei ole tarvetta koskea lainkaan. Sen liikkeisiin ehtii helposti reagoida ja koneen puristusvoima on pieni. Sähkömoottori on koteloitu ja suojattu mekaanisten vaarojen sekä sähköiskun torjumiseksi, ja myös koneen muut mekaaniset ja liikkuvat osat on koteloitu. Moottori on varustettu pienjännitedirektiivin mukaisesti turvakytkimellä, joten portti saadaan erotettua helposti sähköverkosta huolto- tai korjaustöiden ajaksi.

Portin suurin riski on puristumisvaara ja suurimman riskin muodostavat piha-alueella leikkivät lapset, jotka saattavat käyttää porttia tarkoituksellisesti väärin esimerkiksi roikkumalla tai kiipeilemällä puomissa tai leikkimällä sulkeutuvan puomin kanssa. Puristumisvaaraa varten puomissa täytyy olla turvareuna. Portissa on myös nieluunjoutumisvaara, jos liikkuvaan puomiin kiipeää tarkoituksellisesti tai takertuu, ja ajautuu liikkuvan puomin mukana kotelon sisään. Tämä estettiin tekemällä puomin rakenne sellaiseksi, että siihen on mahdotonta takertua. Puomissa olevat välit tukittiin läpinäkyvällä polykarbonaattilevyllä ja nielu suojattiin niin, että puomin ja nielun välinen etäisyys on alle 5 mm, jolloin se standardin mukaan katsotaan turvalliseksi.

Portin odottamatonta käynnistymistä ei pyritty estämään, mutta tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa portti niin, että odottamaton käynnistyminen ei aiheuta kenellekään vaaraa, vaikka henkilö sattuisikin juuri sillä hetkellä koskemaan portin mihin tahansa osaan.

## 6 Riskin suuruus

Riskin suuruuden arviointiin on olemassa useita erilaisia menetelmiä. Tässä opinnäytetyössä käytettiin menetelmää, joka perustuu suomeksikin julkaistuun brittistandardiin, jossa riskit jaetaan numeroimalla viiteen tasoon (Siirilä 2009, 52–53).

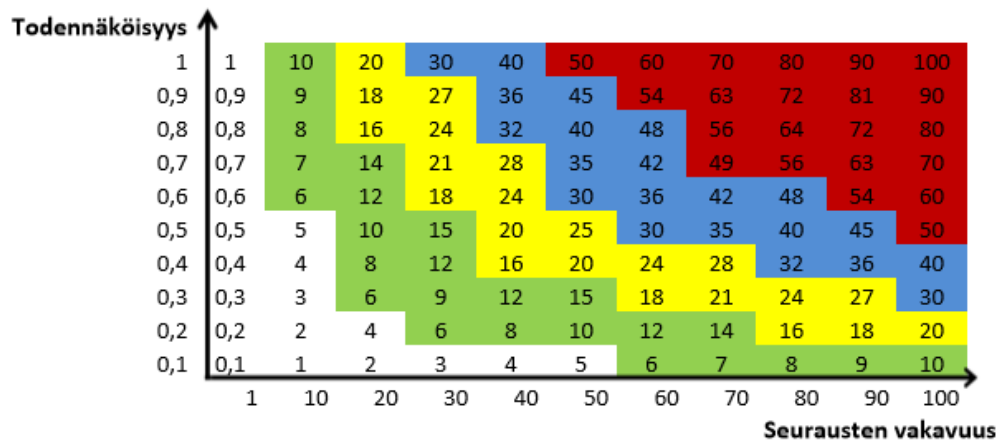
Ensin määritetään tapaturman seurausten vakavuus ja valitaan sille lukuarvo seuraavan listauksen mukaan (Siirilä 2008b, 87):

- *1 = ei seurauksia*
- *10 = naarmuja tai mustelmia*
- *20 = haava, hankautuma, huonoa oloa*
- *30 = pieni luunmurtuma tai pienehkö sairaus (palautuva)*
- *40 ja 50 = suuren luun murtuma tai vaikea sairaus (parantuu) taikka pysyviä lievähkötä vammoja (pala pois sormesta, nivelen toiminta-alueen rajoittuminen tms.)*
- *60 ja 70 = raajan, silmän tai kuulon menetys taikka muita vastaavia pysyviä vammoja*
- *80 ja 90 = kahden raajan menetys tai sokeutuminen sekä muita vastaavia pysyviä vammoja (esim. halvaantuminen)*
- *100 = kuolema tai hyvin vakavia vammoja (esim. pysyvä tajuttomuus tai aivovaurio).*

Seurauksien vakavuuden määrittämisen jälkeen määritetään myös todennäköisyydelle lukuarvo (Siirilä 2008b, 92):

- *0,1 = äärimmäisen epätodennäköinen, lähes mahdoton*
- *0,2 = hyvin epätodennäköinen, kuitenkin ajateltavissa*
- *0,3 = epätodennäköinen*
- *0,4 = mahdollinen, mutta epätavallinen*
- *0,5–0,6 = tapahtuminen ja tapahtumatta jääminen ovat suunnitteen yhtä todennäköisiä*
- *0,7 = todennäköinen, tapahtuminen ei ole epätavallista tai yllättävää*
- *0,8 = hyvin todennäköinen*
- *0,9 = tapahtuu lähes varmasti, tapahtumatta jääminen olisi yllättävää*
- *1 = tapahtuminen on varma.*

Kun seurauksien vakavuus ja todennäköisyys on arvioitu, saadaan laitteistolle määritettyä riskitaso kuvion 5 mukaan:



Kuvio 5. Riskiluokittelu (Siirilä 2008b, 108)

Kuvion 5 riskitasot:

- *vähäinen riski = 0,1–5*
- *siedettävä riski = 6–15*
- *kohtalainen riski = 16–28*

- *merkittävä riski = 29–48*
- *sietämätön riski = 49–100.*

Koneen suunnittelua täytyy jatkaa niin pitkään, että riski on riittävän pieni. Riski on riittävän pieni silloin, kun se luokitellaan siedettäväksi riskiksi, eli riskinarvioinnin tuloksena saatu vaaratekijän lukuarvo on korkeintaan 15. (Siirilä 2008b, 110.) Liukuportille arvioitiin seurauksien vakavuudeksi 30 (puristuminen puomin ja vastakappaleen väliin) ja todennäköisyydeksi 0,2, jolloin riskitasoksi saatiin kuvion 5 mukaan lukuarvo 6.

Standardi BS 8800 määrittelee riskin suuruudesta riippuvat toimenpiteet, jonka mukaan siedettävälle riskille tarvittavat toimenpiteet olisivat seuranta, valvonta sekä myöhempi uudelleenarviointi (Siirilä 2008b, 109). Liukuportti päätettiin kuitenkin suosiolla varustaa turvalaitteilla, jotta riski saatiin pienemmäksi. Näin varmistettiin, että kaikenlaisilta vahingoilta vältytään.

Kaikkein paras tapa olisi ollut rakentaa portti niin, että oltaisiin käytetty standardissa esitettyjä liikkuvien osien aiheuttamia vaaroja koskevia riskin ohjeellisia raja-arvoja, mutta porttiin oli asennettu jo valmiiksi moottori ja vaihde, joten tämä ei enää onnistunut. Moottori olisi siis täytynyt mitoittaa niin pieneksi, että oltaisiin päästy seuraaviin arvoihin (Siirilä 2008b, 381):

- *lyhytaikainen 400 N voima enintään 0,75 s ajan*
- *400 N hetkellisen voiman jälkeen 150 N suuruinen voima enintään 5 s ajan*
- *5 sekunnin jälkeen voima saa olla enintään 25 N.*

Toki hetkellisen voiman mittaaminen ja määrittäminen olisi ollut edelleenkin haastavaa, koska portin puomissa on paljon massaa ja kitkaa sekä moottorin vaihteessa huono hyötysuhde. Lisäksi puomin tarkka paino ei ollut tiedossa.

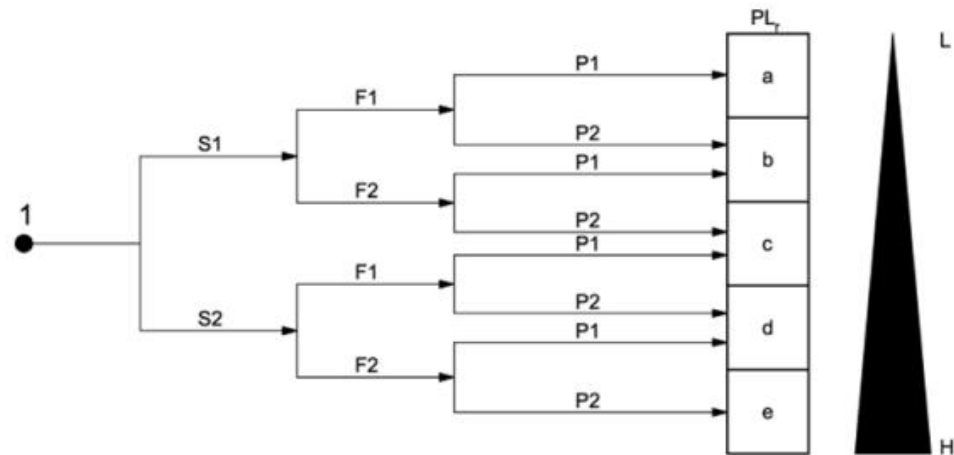
## 7 Ohjausjärjestelmä ja suoritustaso

Tässä osiossa ei tarkastella koneen kokonaisriskiä vaan katsotaan ainoastaan sitä osuutta, jota pienennetään turvatoimintojen avulla. Tämä osio koskee siis lähinnä portin pysäyttämistä valokennon ja turvareunan avulla sekä portin hätä-seis-toimintoa. Ohjausjärjestelmän suunnitteluprosessi etenee seuraavassa järjestyksessä (SFS-käsikirja 93-6 2014, 54):

- *tunnistetaan turvatoiminnot, jotka turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien on tarkoitus toteuttaa*
- *määritetään jokaiselta turvatoiminnolta vaadittavat ominaisuudet*
- *määritetään vaadittava suoritustaso*
- *suunnitellaan ja toteutetaan turvatoiminto*
- *arvioidaan suoritustaso huomioimalla vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika, diagnostiikan kattavuus, yhteisvikaantuminen ja luokka*
- *suoritustason todentaminen kyseiselle turvatoiminnolle*
- *katsotaan, onko kaikki turvatoiminnot analysoitu.*

Suoritustasoja käsiteltäessä tärkein asia on, että lopputuloksena järjestelmän laskettu suoritustaso (PL) on vähintään yhtä suuri kuin vaadittava suoritustaso (PLr). Jokaiselle turvatoiminnolle, joka on tarkoitus toteuttaa ohjausjärjestelmään liittyvillä osilla, on määritettävä vaadittava suoritustaso PLr, ja se on myös dokumentoitava. Suoritustasolla tarkoitetaan riskin pienentämisen määrää, joka ohjausjärjestelmän osien on tarkoitus toteuttaa. Vaadittava suoritustaso voidaan määrittää arvioimalla vamman vakavuutta sekä vaaralle altistumisen taajuutta ja kestoja. Lisäksi arvioidaan mahdollisuutta välttää vaara. (SFS-käsikirja 93-6 2014, 56.)

Edellä mainittujen muuttujien avulla saadaan vaadittava suoritustaso riskigraafista, joka on esitetty kuviossa 6. Riskigraafia tulisi soveltaa kaikille turvatoiminnoille, se perustuu standardiin ISO 14121 (SFS-käsikirja 93-6 2014, 116).



#### Merkintöjen selitys

- 1 aloituskohta turvatoiminnon osuuden arvioimiseksi riskin pienentämisessä  
 L osuus riskin pienentämisessä pieni  
 H osuus riskin pienentämisessä suuri  
 PL<sub>r</sub> vaadittava suoritustaso

#### Riskiin liittyvät muuttujat

- S Vamman vakavuus  
 S1 lievä (tavallisesti palautuva vamma)  
 S2 vakava (tavallisesti palautumaton vamma)  
 F vaaralle altistumistaajuus tai altistumiskesto  
 F1 harvoin...toisinaan tai lyhyt altistumisaika  
 F2 toistuvasti...jatkuvasti tai pitkä altistumisaika  
 P mahdollisuus välttää vaaraa  
 P1 mahdollista tietyissä olosuhteissa  
 P2 tuskin mahdollista

Kuvio 6. Riskigraafi vaadittavan suoritustason määrittämiseksi (SFS-käsikirja 93-6 2014, 116)

Riskigraafista määrittelemällä liukuportin puristumisvaaralle saadaan seuraava tulos:

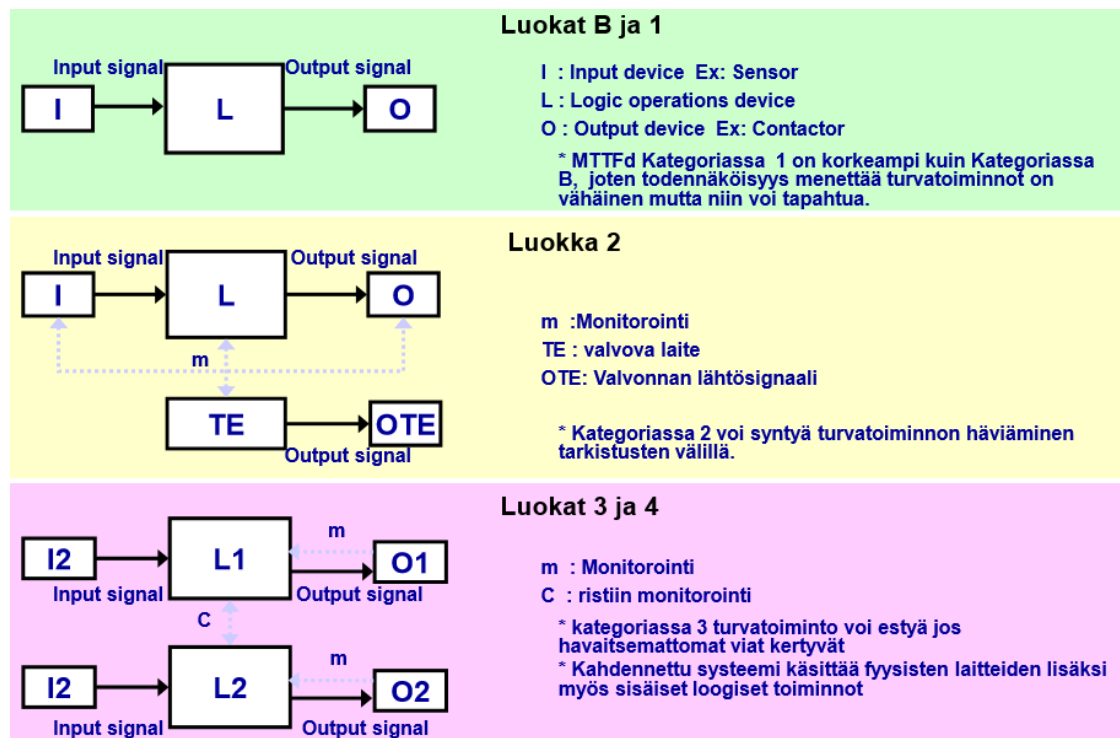
- Vamman vakavuudeksi luokitellaan S1, koska moottorin puristusvoima ei saa aikaiseksi palautumatonta vammaa.
- Altistumistaajuus on F1, koska vaaraa ei synny muulloin kuin täysin tarkoitushakuisesti.
- Mahdollisuus välttää vaara on P1, koska puomin liikkeet ovat helposti ennakoitavissa ja se liikkuu hitaasti.

Näin saadaan portille riskigraafia seuraamalla vaadittava suoritustaso  $PL_r = A$ .

Kun vaadittava suoritustaso on saatu määritettyä, voidaan selvittää ohjausjärjestelmän luokka, jonka tehtävänä on kuvata ohjausjärjestelmän luotettavuutta. Ohjausjärjestelmän luokka on syytä selvittää, koska sen avulla voidaan suunnitella ohjausjärjestelmän rakenne, jolla saadaan järjestelmälle sopiva suoritustaso. Ohjausjärjestelmien rakenteet on esitetty kuviossa 7.



Ohjausjärjestelmän komponenttien muodostama suoritustaso on laskettava jokaiselle kanavalle yksitellen, mutta luokan tiedostaminen antaa suuntaa rakenteelle.



Kuvio 7. Luokkien nimettyjen rakenteiden kuvaukset (Koneturvallisuuskoulutus 08.02.2012)

Kuten kuviosta 10 voidaan havaita, suoritustasoon A voidaan päästä jo luokan B ja luokan 1 mukaisella rakenteella. Kun rakenne on selvillä, voidaan aloittaa komponenttien valitseminen sekä selvittää valituilla komponenteilla aikaansaatu suoritustaso. Sitä verrataan alussa määritettyyn, vaadittavaan suoritustasoon.

Suoritustason määrittämisellä voidaan todentaa turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien kyky toteuttaa kyseinen turvatoiminto. Suoritustason määrittämiseksi tarvitaan kolme eri muuttujaa, jotka ovat vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika MTTFd, diagnostiikan kattavuus DC ja turva-piirin luokka. (Siirilä 2008b, 115.)

## 8 Kanavien suoritustason määrittäminen

Komponentin vaarallisen vikaantumisen arvioinnissa hankitaan tietoja seuraavassa ensisijaisuusjärjestyksessä (SFS-Käsikirja 93-6 2014, 62):

- Käytetään valmistajan antamia tietoja.
- Käytetään SFS-käsikirja 93-6 liitteissä C ja D esitettyjä menetelmiä.
- Valitaan  $MTTFd = 10$  vuotta.

Komponenttien arvot ovat valmistajan antamien tietojen mukaan:

- hätä-seis-kytkin,  $B10d = 100\ 000$
- turvareuna,  $MTTFd = 110$  vuotta
- turvareleyksikkö,  $MTTFd = 100$  vuotta
- taajuusmuuttaja,  $MTTFd = 1100$  vuotta
- Logo8-logiikka,  $MTTFd = 20$  vuotta.

Vaarallista keskimääräistä vikaantumisaikaa kuvaava  $MTTFd$ -arvo luokitellaan standardin mukaan kolmeen tasoon (SFS-käsikirja 93-6 2014, 62):

- *matala (low)* =  $3$  vuotta  $\leq MTTFd < 10$  vuotta
- *keskimääräinen (medium)* =  $10$  vuotta  $\leq MTTFd < 30$  vuotta
- *korkea (high)* =  $30$  vuotta  $\leq MTTFd \leq 100$  vuotta

Hätä-seis-kytkimelle valmistaja ei ole määrittänyt  $MTTFd$ -arvoa vaan  $B10d$ -arvon. Se kertoo keskimääräisen toimintajaksojen lukumäärän, johon mennessä 10 % komponenteista vikaantuu vaarallisesti. Kun  $B10d$ -arvon haluaa muuttaa keskimääräiseksi vikaantumisajaksi  $MTTFd$ , laskentaa varten täytyy määrittää aiheuttamien operaatioiden keskimääräinen vuosittainen toimintajaksojen lukumäärä, joka saadaan laskettua kaavalla (SFS-käsikirja 93-6 2014, 126):

$$Nop = \frac{Dop \times Hop \times 3600 \text{ s/h}}{T_{jakso}}$$

$Dop$  = keskimääräinen toiminta-aika (päivää vuodessa)

$Hop$  = keskimääräinen toiminta-aika (tuntia päivässä)

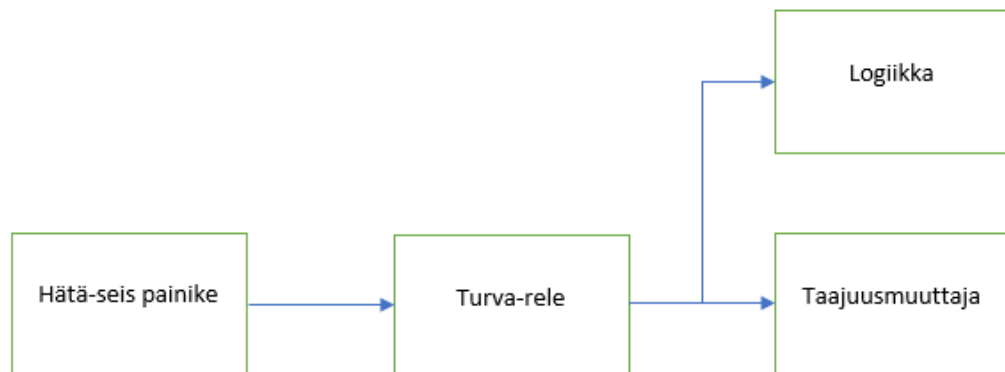
$Tjakso$  = komponentin kahden peräkkäisen toimintajakson alkamisajankohdan välinen keskimääräinen aikaväli (sekuntia per toimintajakso).

Hätä-seis-toiminnon rakenne on esitetty kuviossa 8. Liukuportin hätä-seis-painiketta voidaan olettaa käytettävän todella harvoin, joten vuosittaiseksi toimintajaksojen lukumääräksi voidaan suoraan arvioida esim. 3 kertaa vuodessa. Painallukset ovat todennäköisesti ilman vaaratilannetta esimerkiksi lapsen tekemiä. Kun keskimääräinen vuosittainen toimintajaksojen lukumäärä on saatu määritettyä, voidaan laskea MTTFd-arvo kaavalla (SFS-käsikirja 93-6 2014, 126):

$$MTTFd = \frac{B10d}{0,1 \times Nop}$$

Jos  $Nop = 3$ , saadaan hätä-seis-painikkeelle vastaukseksi:

$$MTTFd = \frac{100\,000}{0,1 \times 3} = 333333 \text{ vuotta}$$



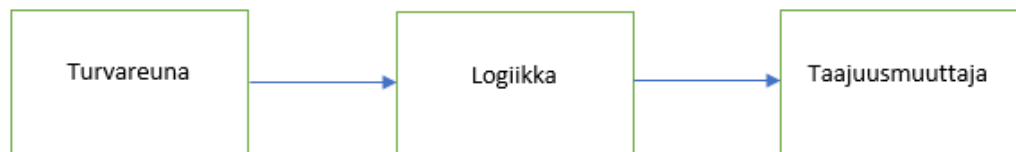
Kuvio 8. Hätä-seis-piirin laukaisema Safe Stop 1 -pysäytys

$$\text{Kanavan MTTFd} = \frac{1}{\frac{1}{333333} + \frac{1}{100} + \frac{1}{1100}} = 92 \text{ vuotta}$$

Standardin mukaan MTTFd-arvon ollessa 30–100, luokka on high.

Ohjausjärjestelmän komponenteilla saavutetaan luokka 3, jonka taajuusmuuttajavalmistaja on määritellyt. Kyseessä on siis SS1 (Safe Stop 1) turvapysäytys, joka ylittää turvallisuuden eheyden tasoon SIL3 ja suoritustasoon PL = e. Kyseistä SS1-turvapysäytystä käsitellään tarkemmin luvussa 9.

Kun hätä-seis-painikkeen avulla suoritettun pysäytyksen luotettavuus on varmistettu, tarkastellaan seuraavaksi turvareunan avulla tehtävää pysäytystä. Turvareunan avulla tehtävän pysäytyksen rakenne on esitetty kuviossa 9.

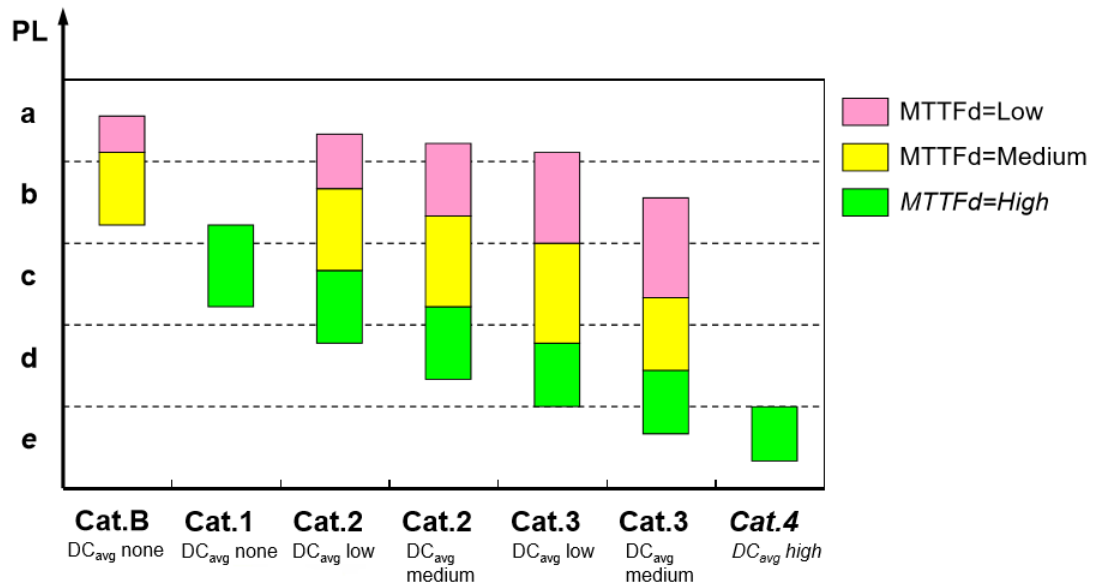


Kuvio 9. Turvareunan aiheuttama pysäytys

$$\text{Kanavan MTTFd} = \frac{1}{\frac{1}{110} + \frac{1}{20} + \frac{1}{1100}} = 17 \text{ vuotta.}$$

Standardin mukaan MTTFd-arvon ollessa 10–30, luokka on medium.

Ohjausjärjestelmän komponenteilla saavutettu luokka on B, koska pysäytyskäsky taajuusmuuttajalle suoritetaan tavallisella logiikalla, jota itsessään ei voida ohjausjärjestelmästandardin kohdan 6.2.4 mukaan pitää hyvin koeteltuna komponenttina monimutkaisuuden ja mahdollisten ohjelmistovirheiden vuoksi. Kanavan MTTFd-arvo ei myöskään ole korkea (high), kuten luokan 1 vaatimuksissa määritetään (ks. kuvio 7).



Kuvio 10. Ohjauksjärjestelmän suoritustaso valitaan luokan ja vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan tason mukaan. Perustuu standardiin SFS-EN ISO 13849-1 (Koneturvallisuuskoulutus 08.02.2012)

Kaikkien ohjauksjärjestelmän kanavien tulee täyttää vaadittava suoritustaso. Kuviosta 10 voidaan nyt todeta, että luokan B ohjauksjärjestelmäratkaisulla päästään suoritustasoon  $PL = B$ , kun vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan taso on keskimääräinen (medium). Häätä-seis-painikkeella tehtävä SS1-pysäytys täyttää vaatimukset reilusti. Aikaisemmin määritetty vähimmäissuoritustaso  $PL_r = A$ , joten kone täyttää ehdon  $PL_r \leq PL$ .

Diagnostiikan kattavuudella tarkoitetaan ohjauksjärjestelmän kykyä havaita järjestelmän eri komponenteissa olevat viat. Ohjauksjärjestelmästandardin liitteessä E on joukko esimerkkejä siitä, miten vikojen havaitsemista voidaan arvioida. Diagnostiikan kattavuudelle on annettu vaatimuksia vasta kategoriasta 2 eteenpäin, kategorian B ja 1 laitteistoissa diagnostiikan kattavuudelle ja yhteisvikaantumiselle ei ole vaatimuksia.

## 9 Pysäyttäminen ja pysäytysluokat

Hätäpysäytysstandardin SFS-EN ISO 13850 mukaan hätäpysäytyksen suorittaminen on aina konekohtainen asia, ja siihen voi liittyä muitakin toimintoja kuin pelkkä koneen osien saattaminen pysähdyksiin mahdollisimman nopeasti. Kun hätäpysäytystoiminto

on suunniteltu oikein, se sallii monenlaiset erityistoimenpiteet riskin hallitsemiseksi. (Siirilä 2009, 287.)

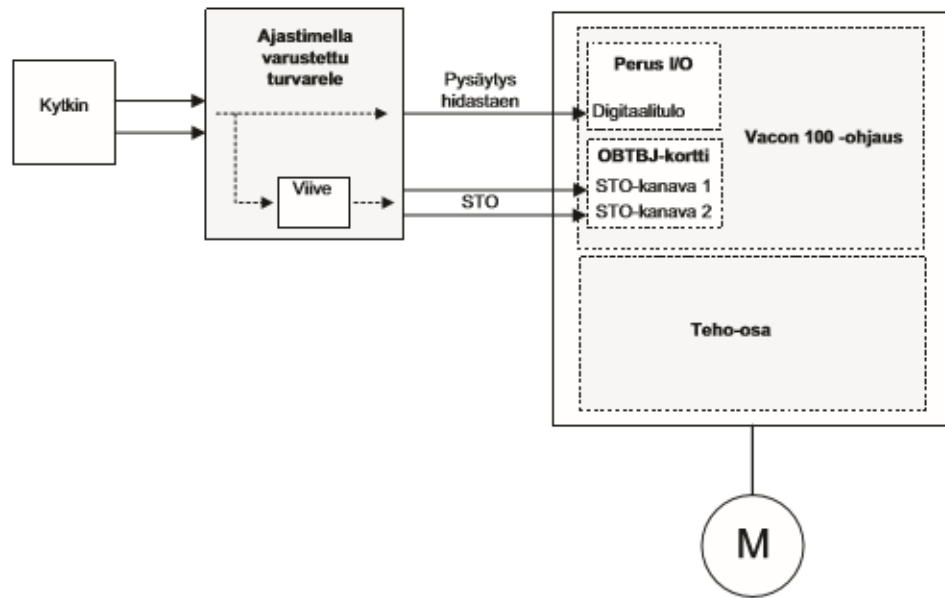
Sama asia tulee vastaan koneellisesti sulkeutuvissa ovissa ja kyseisessä liukuportissa. Tukesin konekäyttöisiä ovia, portteja ja puomeja koskevan ohjeen mukaan oven olisi suositeltavaa käynnistyä avaussuuntaan 3 sekunnin kuluttua, jos puristumisvaara on olemassa. Liukuportin kaikki muut pysäytykset hätäpysäytystä lukuunottamatta ovat luokan 2 pysäytyksiä eli ns. tuotantopysäytyksiä. (Siirilä 2009, 277.)

Kun pysäytyksen hallintaelimeen vaikutetaan, järjestelmä antaa taajuusmuuttajalle pysäytyskäskyn digitaalituloon. Jos kyseistä pysäytystapaa käytettäisiin turvallisuuteen liittyviin pysäytyksiin, pysähtyneenä pysymistä olisi valvottava. (Siirilä 2009, 277.) Tässä tapauksessa valvontaa ei tarvita, koska rajakytkimen avulla tehtävä pysäytys portin jompaan kumpaan pätyyn ei ole turvallisuuteen liittyvä pysäytys, ja turvareunan aiheuttama pysäytys käynnistää välittömästi portin puomille vastakkaisuuntaisen liikkeen. Pysäytystoiminnon riittävä luotettavuus on myös varmistettu suoritustasoja määritettäessä.

Portin puomissa on paljon massaa, ja pysäyttäminen vaatii aikaa. Pysäytysnopeus on riittävä silloin, kun tapaturmaa ei synny turvalaitteen toimiessa. Portin pysähtymismatka on noin 10 cm, jonka aikana puristumisvoimien oletetaan kasvavan liian suuriksi ilman erityistoimenpiteitä. Ongelma ratkaistiin niin, että puomin päässä olevan joustavan tuntoreunan pituus on noin 10 cm, jolloin tuntoreuna puristuu kasaan, mutta puomi ei ehdi aiheuttaa ihmiselle liiallista puristusvoimaa.

Hätätilannetta arvioitaessa todettiin kuitenkin, että hätä-seis-painikkeella tehtävä pysäytys saavuttaa paremman suoritustason, sillä vaaratilanteessa portin olisi hyvä pysähtyä kokonaan. Hätä-seis-painikkeella puomi pysähtyy niin pitkäksi aikaa, että painike vapautetaan, turvarele kuitataan ja annetaan uusi avauskäsky.

Hätä-seis-painikkeella tehtävä pysäytys on suoritettu taajuusmuuttajavalmistajan ohjeiden mukaan SS1 (Safe Stop 1) turvapysäytyksenä, jonka avulla saavutetaan suoritustason PL = e. Tämä pysäytys on siis huomattavasti luotettavampi kuin muut toiminnalliset pysäytykset. Toiminnon rakenne on esitetty kuviossa 11.



Kuvio 11. Safe Stop 1 -rakenne (Käyttö- ja turvaopas 2015, 21)

Turvapysäytyksen tarkoituksena on käyttää hyväksi taajuusmuuttajan sisäistä jarrukatkojaa, jolloin pysäytysaika saadaan lyhyemmäksi. Kun moottori on pysähtynyt, ajastimella varustettu turvarele asettaa taajuusmuuttajan STO (Safe Torque Off) -tilaan, jolla estetään taajuusmuuttajan modulaatio, jolloin moottorin akselille ei saada synnytettyä vääntömomenttia. (Käyttö- ja turvaopas 2015, 17.)

Jokaisessa koneessa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta on oltava vähintään 1 hätäpysäytys-painike tai vastaava, jonka avulla todellinen tai uhkaava vaara voidaan torjua. Portin hätäpysäytys-painike on sijoitettu pihan puolelle portin pieleen, josta se on parhaiten käytettävissä. Portin ulkopuolelle ei sijoitettu painiketta ilkeilytapaan takia. Työterveyslaitoksen selvityksen mukaan hätäpysäytys-painikkeen oikea sijainti on 70cm – 130cm korkeudella maasta tai lattiasta. Painikkeen on oltava helppokäyttöinen, eivätkä esimerkiksi kierrettävät hätäpysäytys-kytkimet ole sallittuja. (Siirilä 2009, 289.)

## **10 Tarkastukset ja huollot**

Konedirektiivin mukaan konekäyttöiset ovet, portit sekä puomit eivät ole niin vaarallisia, että niille täytyisi tehdä tyyppitarkastus ennen käyttöönottoa. Konekäyttöisen oven, portin tai puomin valmistajalla on vastuu siitä, että laitteisto soveltuu käyttötarkoitukseensa ja sen valmistaminen on tehty konedirektiivin vaatimuksien mukaan. (Inspectan tiedote 2012.)

Tukes on tehnyt julkaisun sähkökäyttöisten ovien käytönaikaisista henkilöturvallisuusriskeistä, ja sen mukaan kaikkien konekäyttöisten ovien, porttien ja puomien käytönaikaisten turvallisuusriskien paras hallintakeino on säännöllisesti tapahtuva kunnossapito ja huolto. Ristiriitaista on kuitenkin se, että lainsäädäntö ei edellytä liukuporteille minkäänlaista säännöllistä tarkastusta tai huoltoa. (Inspectan tiedote 2012.)

Länsi-Uudenmaan pelastuslaitoksen (2010) mukaan ainoastaan pelastustietä ei saa sulkea portilla tai puomilla tai muuten sen täytyy olla avattavissa kolmioavaimella (tasasivuinen kolmio, sivut 10 mm). Tämä portti on asetettu asuinalueen lyhyen pihatien alkuun, joka ei ole pelastustie. Portin asettaminen ei siis vaadi paloturvallisuuden suhteen erityistoimenpiteitä. Kullakin paikallisella pelastuslaitoksella on olemassa oma ohjeistuksensa pelastusteiden vaatimuksista. Niissä määritellään pelastustien leveys, sulkupuomi- ja porttivaatimukset, merkinnät, ambulanssireittien mitoitus ja muut vastaavat vaatimukset (Pelastussuunnitelmat 2010).

## **11 Liukuporttiin valitut komponentit**

### **11.1 Valitut ulkoiset komponentit**

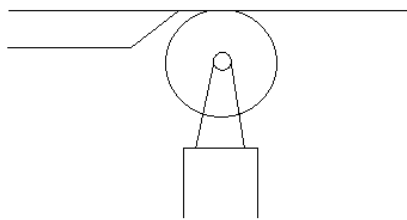
Ulkoisilla komponenteilla tarkoitetaan kaikkia komponentteja, jotka asennetaan muualle kuin ohjauskeskuksen sisään. Näitä ovat keskuksen ja portin välinen kaapelointi, portissa sijaitsevat rajakytkimet, hätä-seis-painike, portin moottori, koodinäppäimistö, valokenno, turvareuna sekä kauko-ohjauksen vastaanotin.



### 11.1.1 Rajakytkimet

Portti on koteloitu moottorin ja kulmavaihteen kohdalta hyvin, ja kotelon taakse saa hyvin piiloon kaiken tarvittavan tekniikan. Rajakytkimenä on mahdollista käyttää joko induktiivista tai mekaanista kytkintä. Rajakytkimen tärkein valintakriteeri on lähinnä sen hinta sekä mekaaninen asennettavuus ja luotettavuus, joten pihatien porttiin sopii hyvin mekaaninen rajakytkin.

Rajakytkimen valinta tarkentui vielä rullavivulla olevaan kytkimeen, koska portin vaakasuunnassa kulkevan palkin alapuolelle päätettiin asentaa metallista tehty rampit. Ramppi ohjaa rajakytkimen rullavipua, kun liukuva puomi tulee jompaan kumpaan päättyyn (ks. kuvio 12). Näin saadaan myös minimoitua säätiloista, erityisesti lumesta, aiheutuvat haitat.



Kuvio 12. Rajakytkimen asento muuttuu rampin avulla puomin saapuessa päättyyn.

Itse rajakytkimen tyypissä päädyttiin loppujen lopuksi Omronin valmistamaan D4N-4120 rajakytkimeen (ks. kuvio 13), lähinnä hinnan takia. Tuotteessa on myös olosuhteisiin sopiva IP67-koteloitiluokitus sekä toimintaa varten NC- ja NO-kärjet.



Kuvio 13. Omron D4N-4120 rajakytkin (Rajakytkin D4N - D4N-4120 – Omron)

Rajakytkimen rikkoutumista tai muuta virheellistä tilannetta varten portti on mekaanisesti rakennettu siten, että sen metalliset esteet pysäyttävät portin jompaan kumpaan päättyyn joka tapauksessa, vaikka rajakytkin ei sitä tekisi. Rajakytkimen avulla annetaan tieto taajuusmuuttajalle pysäytyksestä, ja tyylikästä hidastusta varten taajuusmuuttajaan asetetaan sopiva hidastusaika. Mitään isoa vahinkoa kytkimien toimimattomuudella ei siis saada aikaan. Moottori ei jaksa pyöriä estettä vasten, joten sellainen tilanne aiheuttaa taajuusmuuttajan moottorinsuojapiirin laukeamisen.

### 11.1.2 Valokenno

Valokennoa valittaessa on tärkeää huomioida käyttötarkoitus. Perinteinen lähettimestä sekä vastaanottimesta koostuva pari on periaatteessa kaikkein paras vaihtoehto, koska se on tarkka, toimintavarma myös sensoreiden likaantuessa ja niitä on saatavana myös todella pitkille etäisyyksille. (Valokennojen valinta 2007.) Pihatien portin ongelmatekijänä on kuitenkin tien kohtuullisen suuri leveys ja se, että asfaltoidun tien toiselle puolelle ei ole enää mahdollista asentaa kaapelia. Tämän takia täytyi valita peiliheijastava tai kohteesta heijastava valokenno, jonka toimintaetäisyys on vähintään viisi metriä.

Sekä peiliheijastavassa että kohteesta heijastavassa valokennossa lähetin ja vastaanotin on asennettu samaan koteloon. Peiliheijastavassa lähettimen lähettämä valosäde heijastetaan prismaheijastimen, lasiheijastimen tai heijastinnauhan avulla takaisin vastaanottimelle. Kohteesta heijastavassa kennossa lähetin lähettää valoa ja mittaa takaisin heijastuvan valon määrää. (Valokennojen valinta 2007.)

Kennojen suurimpia toimintaetäisyyksiä tarkastellessa selviää nopeasti, että kohteesta heijastavat kennot on pääosin suunniteltu huomattavasti lyhyemmille matkoille kuin opinnäytetyössä oli tarve, joten vaihtoehdoista oli jäljellä enää peiliheijastava valokenno.



Kuvio 14. Omron E3G-R17 peiliheijastava valokenno (E3G-R17-G 2017)

Jos kohde sattuu olemaan hyvin heijastava, esimerkiksi jokin sileä metallikappale, tavallinen peiliheijastava valokenno saattaa aiheuttaa virhetoimintoja (Valokennojen valinta 2007). Tämä ongelma voidaan poistaa käyttämällä polarisoitua peiliheijastavaa kennoa, mutta se ei ollut liukuporttisovelluksessa tarpeen.

Porttisovelluksessa valokennon avulla ei ole tarkoitus vaikuttaa henkilöturvallisuuteen, vaan sen avulla on tarkoitus ehkäistä omaisuusvahingot.

Peiliheijastavan valokennon suurin haaste on talviolosuhteissa tapahtuva peilin huurtuminen. Näin ollen jos peili ei ole kunnolla kirkas, portti jää täysin auki eikä sulkeudu, ennen kuin peili on puhdistettu. Ongelmaa voidaan lievittää rakentamalla peilin päälle jonkinlainen suoja, joka suojaa erityisesti lumelta ja vesisateelta, mutta sekään ei aina estä huurteen muodostumista peilin pinnalle. Peili olisi hyvä myös käsitellä huurteenestoaineella tai jollakin vettä hylkivällä pinnoitteella.

Valokennoksi valikoitui lopulta Omronin peiliheijastava valokenno (ks. kuvio 14), joka liitettiin logiikkaan valmistajan omalla kytkentäliittimellä ja kaapelilla. Tunnistusetäisyys on 10 metriä, joten se riittää mainiosti. Valokennon lähtönä on NPN-

tai PNP-transistori, kotelointiluokka on IP67 ja jännitealue 12–240V AC/DC, joten kennoa voidaan käyttää monenlaisiin sovelluksiin.

### 11.1.3 Turvareuna

Turvareuna tilattiin määrämittaan leikattuna. Muita vaihtoehtoja ei juuri ollut saatavilla, joten turvareunaksi valikoitui HAAKE HSC -turvareuna (ks. kuvio 15). Se on tarkoitettu nimenomaisesti ovien turvareunoihin tai työstökoneiden suojaruukujen reunoihin. Siinä on patentoitu ja avattava kontaktiketju, joka on luonnostaan turvallinen, ja sitä voidaan käyttää ilman erillistä valvontayksikköä. Turvareleeseen kytkettynä sillä voidaan saavuttaa turvakategoria 3. (Turvareunat ja -puskurit 2017.)



Kuvio 15. HAAKE HSC -turvareuna (Turvareunat ja -puskurit 2017)

### 11.1.4 Koodinäppäimistöt

Koodinäppäimistöksi valittiin United Technologiesin valmistama ACL760- näppäimistö (ks. kuvio 16). Valintaan vaikuttivat lähinnä siisti ulkonäkö, monipuoliset ohjelmoitavat lähdöt, vandaalisuojattu ja kestävä kotelo sekä IP67-kotelointiluokka. Koodinäppäimistöksi olisi ollut useita hyviä vaihtoehtoja, joten valinnan ratkaisivat loppujen lopuksi hyvin pienet asiat.



Kuvio 16. UTC ACL760 -koodinäppäimistö (ACL760 – koodiohisulkija 2015)

#### **11.1.5 Kauko-ohjaus**

Kauko-ohjain- ja vastaanotinparin löytäminen oli yllättävän työlästä. Erityisesti sähkötukkujen valikoimat olivat lähes olemattomat, ja saatavilla olevissa vaihtoehtoissa hinta kasvoi huomattavan suureksi. Koska ohjauskeskus on sijoitettu kiviseinäiseen tilaan, myös kauko-ohjaimen riittävälle kantamalle oli asetettava vaatimuksia. Valinnassa päädyttiin SP-elektroniikan toimittamaan laitteeseen, joka oli oikeastaan ainut varteenotettava vaihtoehto.

Kauko-ohjaimessa on kaksi painiketta pysäytykselle ja käynnistykselle, ohjaimia voi olla 15 kappaletta ja vastaanotimessa on ohjelmoitavat NO- ja NC-kärjet (RF -kauko-ohjaus lähetin / vastaanotin).

### **11.2 Ohjauskeskuksen komponentit**

Ohjauskeskukseen sijoitettiin portin oikosulkumoottoria ohjaava taajuusmuuttaja sekä logiikka. Keskuksen kanteen asennettiin kolmiasentoinen käyttökytkin, josta saatiin valittua joko automaattitoiminta, portti pakotettu kiinni -asento tai portti pakotettu auki -asento. Keskuskotelon kanteen asennettiin merkkivalo, joka kertoo

turvapiirin tilan, sekä turvareleen kuittaukselle painike. Alla on esitelty perusteita logiikan ja taajuusmuuttajan valinnalle.

### 11.2.1 Ohjelmoitava logiikka

Koska kiihdytys- ja jarrutusajat voitiin asettaa suoraan taajuusmuuttajaan, logiikan moduuleilta ei vaadittu liukuporttisolvellukseen muuta kuin digitaalisia tuloja ja lähtöjä, eikä logiikassa tarvinnut käsitellä yli yhden bitin mittaista dataa. Ohjelmoitavien logiikoiden valinnassa käytettiin hyväksi sähköalan tukkuliikkeiden sekä automaatioteknisten myymälöiden kuten SLO:n, Onnisen, Finnparttian, Provendora ja LSK Groupin valikoimia, koska tuotteen hyvä saatavuus ja tuotetuki ovat valintakriteereiden kannalta hyvä asia.

Ominaisuuksien ja hintojen vertailun jälkeen nousi esiin muutama kompakti logiikkasarja, joilla toiminnot oli mahdollista toteuttaa:

- Siemens Logo!8
- Array SR -sarja
- Eaton Easy

Siemensin logiikat ovat tunnettuja ympäri maailman, ja niitä käytetään suurissa ja pienissä teollisuusympäristöissä sekä useiden oppilaitosten opetustarkoituksessa. Siemensin Logo on valmistajan pienin ja edullisin ohjelmoitava logiikkasarja. Logo sai viimeisimmän eli kahdeksannen versionsa vuonna 2014. Logiikka on tarkoitettu pienien automaatiojärjestelmien ohjaukseen, konfigurointi onnistuu Logo Soft Comfort V8 -ohjelmiston avulla. (Logo!. 2017.)

Logiikan ominaisuuksista löytyy Ethernet-liityntä, joka mahdollistaa etähallinnan ja valvonnan. Kommunikointimoduulin avulla on hyödynnettävissä GPS-paikkatieto sekä tekstiviestiohjaus, tiedonsiirtomoduulit AS-I-liityntään sekä KNX:lle väyläliityntään. Laajuus voi olla maksimissaan 24 digitaalituloa, 20 digitaalilähtöä, 8 analogiatuloa sekä 8 analogialähtöä. (Logo!. 2017.) Logo!8 logiikkamoduuli on esitetty kuviossa 17.

Logiikan käyttökohteita ovat muun muassa energian hallinta, lämmitys, koneohjaus, moottori-, pumppu- ja venttiiliohjaus, saha- ja höyläkoneet, liikennevalo-ohjaukset, hihnakuljettimet, ovi- ja porttiohjaukset sekä annostusautomaatit (Logo!. 2017).



Kuvio 17. Siemens Logo!8 logiikkamoduuli (Siemens Logo! 8. 2017)

Siemensin logiikan hyviä puolia ovat erityisesti sen tunnettavuus ja saatavuus, edullinen hinta, hyvät ominaisuudet sekä hyvä ohjelmointiympäristö. Järjestelmän laajennettavuus on suhteellisen suppea, mutta porttisovellukseen se riitti hyvin. Laajennettavuutta ei ole kovin järkevää lisätä, koska ohjelmoinnissa ei käytetä mitään erillistä network-rakennetta, joten vaativampia sovelluksia varten ohjelmasta tulee muuten vaikeasti luettava ja hahmotettava. Suurempia sovelluksia varten Siemensiltä löytyy muita logiikkasarjoja.

Array Electronic Co on Taiwanilainen, vuonna 1996 perustettu yritys, joka valmistaa kuluttajaelektroniikkaa, toimilaitteita sekä ohjelmoitavia logiikoita. Suomessa Arrayta edustaa Provendora Oy. Arrayn SR-sarja on toimilohkoilla (FBD) ohjelmoitava pieni logiikkasarja, jota voi laajentaa korkeintaan viiden lisämoduulin avulla suhteellisen suureksi, yhteensä 122 I/O:n kokonaisuudeksi. (Company profile 2007.)

SR-sarjaan kuuluu useita eri logiikoita, jotka eroavat toisistaan syöttöjännitteiltään, lähtöjen määrältään sekä lähtöjen tyypeiltään. Laajennusmoduulien lisäksi SR-sarjan logiikoihin on saatavissa muun muassa LCD-paneeli, kommunikointimoduuli etäohjausta, automaattista soittoa ja hälytyksiä varten sekä radiotoiminen vastaanotin

kauko-ohjainta varten. (Array mikrologiikat 2017.) Kuviossa 18 on esitetty Array SR200-MRAC logiikkamoduuli.



Kuvio 18. Array SR200-MRAC logiikkamoduuli (Array mikrologiikat 2017)

Arrayn logiikan hyviä puolia ovat erityisesti sen edullinen hinta, hyvät ominaisuudet sekä laajennettavuus ja ilmainen ohjelmointiympäristö. Ohjelmointia varten on saatavilla valmiita sovellusesimerkkejä.

Eatonin Moeller-tuoteperheeseen kuuluva Easy-ohjausrele on yksinkertainen ohjelmitava pienoislogiikka, jota käytetään teollisuudessa, rakennusautomaatiossa sekä kaupan alan sovelluksissa. Easy on jaettu eri suorituskykyluokkiin, joista Easy500 on pienille, enintään 12 I/O:n sovelluksille. Easy700 on keskikokoinen, enintään 40 I/O:n sovelluksille ja suurimpana on Easy800 laajoja, enintään 328 I/O:n ohjaustehtäviä varten. (Tuotteet ja ratkaisut 2014.)

Liukuporttisolvellukseen Easy700 oli kaikkein optimaalisin vaihtoehto Easy-sarjan tuotteista. Eaton Easy719-AC-RC logiikkamoduuli on esitetty kuviossa 19. Ohjelmointi toteutettiin virtapiirikaaviona easy-soft-basic tai easy-soft-pro -ohjelman avulla. Laitteen ominaisuuksiin kuuluu tuki eri lisämoduuleille, jotka voivat sisältää digitaalisia ja analogisia tuloja sekä lähtöjä. Easy700 mahdollistaa myös liitynnät eri väyläjärjestelmiin, kuten PROFIBUS-väylään, CANopen-, Asi-, tai Devicenet-väylään. Ohjelmointia varten laite voidaan yhdistää ethernet-väylään ja tehdä ohjelmointi etänä. (Tuotteet ja ratkaisut 2014.)





Kuvio 19. Eaton Easy719-AC-RC logiikkamoduuli (Tuotteet ja ratkaisut 2014)

Logiikoita olisi voinut vertailla laajemminkin, mutta ilman käytännön kokemusta oli vaikea sanoa, millä laitteistolla automatisointi olisi ollut viisainta tehdä. Kaikissa vaihtoehtoissa on riittävästi suorituskykyä ja laajennettavuutta, ja ne ovat ominaisuuksien puolesta lähes samalla viivalla. Tässä sovelluksessa logiikan tärkein ominaisuus oli luotettavuus, mutta sitä on hyvin vaikea tietää etukäteen. Porttiin valikoitui lopulta Logo8-logiikka hinnan, hyvän maineen, saatavuuden sekä tuotetuen vuoksi.

### 11.2.2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajaksi valittiin Control Techniquesin valmistama M300-taajuusmuuttaja (ks. kuvio 20). Myös tällä alalla kilpailu on kovaa, ja vastaavia tuotteita on saatavilla useilta eri valmistajilta. Tälläkin kertaa tuotteen valintaan vaikutti voimakkaasti hyvä tuotetuki. Lisäksi tuotteen täytyi olla pienikokoinen, ja siinä tuli olla turvapysäytystä tukeva toiminto, integroitu jarrukatkoja ja liitäntä erilliselle jarruvastukselle. Sähkönsyöttönä siinä on yksivaiheinen tulo, mutta moottorille kolmivaiheinen lähtö. Kiinnitys onnistui suoraan DIN-kiskoon ja perustason parametrit sai ohjelmoitua hetkessä. (Unidrive M300 – Safety Onboard 2017.)



Kuvio 20. Control Techniques M300 -taajuusmuuttaja (Unidrive M300 – Safety Onboard 2017)

## 12 Koneen käytön ja huollon ohjeistus

Koneturvallisuusasetuksen liitteessä 1 on annettu yleisiä vaatimuksia koneiden käyttö- ja huolto-ohjeista. Käyttöohjeet tulee laatia sen maan kielellä, jossa konetta käytetään. Käyttöohjeista huolimatta kone täytyy suunnitella turvallisesti käyttää, eikä tarvittavia turvatoimia saa laiminlyödä sen vuoksi, että käyttöohje opastaa turvalliseen työskentelytapaan. (Siirilä 2008a, 411.)

Käyttöohjeiden sisältö riippuu olennaisesti koneen monimutkaisuudesta, mutta käsiteltäviä asioita ovat esimerkiksi (Siirilä 2008a, 411):

- *koneen tunnistustiedot*
- *konetta koskevat tiedot*
- *käyttöön ottaminen*
- *varsinaista käyttöä koskevat ohjeet*
- *ääni- ja valomerkit*
- *kunnossapito ja puhdistus*
- *terveyttä ja turvallisuutta koskevat tiedot*

- *tietojen johdonmukaisuus.*

### **13 Koneen dokumentointi ja tekninen tiedosto**

Valtioneuvoston koneturvallisuusasetuksen liitteessä 7 on käsitelty koneeseen liittyviä asiakirjoja. Tekninen rakennetiedosto on asiakirjojen kokonaisuus, jolla valmistajan on pystyttävä osoittamaan, että kone täyttää konedirektiivin ja muiden kyseistä konetta koskevien turvallisuusmääräyksiä vaatimukset. (Siirilä 2008a, 416.)

Koneen valmistuksen jälkeen tekniseen rakennetiedostoon liittyviä asiakirjoja ei tarvitse erikseen lähettää mihinkään, mutta niiden täytyy olla saatavilla, jos viranomaiset niitä pyytävät. Tekninen rakennetiedosto tulee säilyttää vähintään 10 vuoden ajan koneen valmistuspäivästä. (Siirilä 2008a, 416.)

Rakennetiedostoon on sisällytettävä vähintään seuraavat asiakirjat (Siirilä 2008a, 417):

- *koneen yleiskuvaus*
- *koneen yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirien piirustukset*
- *tarvittavat kuvaukset ja selitykset koneen toimintojen ymmärtämiseksi*
- *yksityiskohtaiset piirustukset laskelmineen ja muine tietoineen, joita tarvitaan tarkasteltaessa, onko kone turvallisuusvaatimusten mukainen*
- *riskien arviointia ja hallintaa koskevat asiakirjat*
- *suunnittelussa ja valmistuksessa noudatetut standardit ja muut tekniset eritelmit siten, että käy selville mitkä terveys- ja turvallisuusvaatimukset on täytetty minkäkin standardin soveltamisella*
- *koneelle tai sen rakenneosille tehtyjen testien tulokset*
- *kopio koneen käyttö- ja huolto-ohjeista*
- *kopio EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta.*

Erityisesti riskien arviointia korostetaan, sillä jos kunnollista rakennetiedostoa ja riskien arviointia ei löydy, tapaturman sattuessa viranomaiset ja käräjäoikeus suhtautuvat helposti asiaan niin, että koneesta ei ole yritetty tosissaan tehdä koneturvallisuusmääräyksiä mukaista ja turvallista (Siirilä 2008a, 416).

## 14 EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

Koneen vaatimustenmukaisuusvakuutus täytyy tehdä jokaisesta koneesta ja erillisenä tuotteena myytävästä turvakomponentista, jonka allekirjoittamalla koneen valmistaja ottaa vastuun siitä, että kone on sitä koskevien määräysten mukainen. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen allekirjoittaa ennen CE-merkinnän kiinnittämistä sellainen henkilö, jolla on asemansa puolesta oikeus tehdä sitoumuksia yrityksen nimissä. Allekirjoittaja voi joutua henkilökohtaiseen vastuuseen silloin, kun hän on hyvin tiennyt koneen turvallisuuden olevan puutteellinen, mutta silti allekirjoittanut vakuutuksen. (Siirilä 2008a, 418–420.)

EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sisältö esitetään koneturvallisuusasetuksen liitteessä 2. Vakuutuksesta tulee ilmetä seuraavat asiat (Siirilä 2008a, 418):

- *asiakirjan nimi (EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus)*
- *koneen valmistajan nimi ja osoite*
- *teknisen tiedoston haltijan nimi ja osoite*
- *kone, jota vakuutus koskee*
- *tieto, mitkä määräykset kone täyttää*
- *tiedot tyyppitarkastuksista ja muista testauksista*
- *allekirjoitus.*

## 15 Pohdinta

Opinnäytetyö on hyvä esimerkki siitä, miten yksinkertaiselta kuulostavasta aiheesta muodostui kaikesta huolimatta hyvinkin monimutkainen. Tavoitteena oli automatisoida liukuportti sekä tehdä EU:n asettaman lainsäädännön mukainen esiselvitystyö, riskinarviointi ja loppudokumentointi. Tavoite täyttyi osittain. Portin turvallistaminen ja koneturvallisuuden määräyksien selvittäminen menivät kutakuinkin suunnitelmien mukaan. Luonnollisesti standardien ja määräyksien soveltaminen käytäntöön vaati paljon työtä, koska selvitettäviä asioita oli valtavasti ja määräyksiä oli useissa eri lähteissä. Standardeja oli myös kirjastoissa varsin hankalasti

saatavilla. Käytännön työ onnistui hyvin ja automatiikka tuntuu testien perusteella varsin toimivalta. Portin liikkeet ovat hyvin hallinnassa ja toiminta on sujuvaa.

Tavoitteet eivät täytyneet siinä mielessä, että tekninen rakennetiedosto vaatisi myös portin valmistajalta piirustuksia, laskelmia ja todentamisia, että portti täyttää myös mekaanisilta ominaisuuksiltaan viranomaisten määräykset. Näitä tietoja ei ole vielä saatu, joten rakennetiedoston laatiminen jää myöhemmäksi. Se on kuitenkin välttämätöntä tehdä, mikäli portti aiotaan ottaa käyttöön.

Koneen mekaanisten osien valmistajan ja automatisoinnin suorittajan välisen yhteistyön merkitystä ei osannut etukäteen arvata. Tässä opinnäytetyössä käsitelty ongelma saatiin ratkaistua, mutta kokonaisuuden ja projektin kustannuksien kannalta kattavampi, etukäteen tehty selvitystyö olisi ollut kannattavaa. Näin olisi voitu säästyä useilta eri ongelmilta, jotka matkan aikana tulivat vastaan.

Nieluunjoutumisvaaraa ja puristumisvaaraa olisi kannattanut suunnitella etukäteen, ja puomin tuottaman puristusvoiman laskeminen ja moottorin mitoittaminen olisi kannattanut tehdä alusta alkaen tarkemmin. Hyvä vaihtoehto olisi ollut asentaa kiinteän kierukkavaihteen tilalle sellainen, jossa on säädettävä maksimimomentti. Momentin ylittyessä vaihde alkaa luistamaan, ja puristusvoima saadaan pidettyä aina hallinnassa. Esimerkiksi koneen aiheuttaman puristusvoiman arviointi oli jälkepäin varsin haastavaa, koska tiedossa on tarkasti vain moottorin teho ja vaihteen välityssuhde, mutta puomin massasta ja liikkeen kitkakertoimesta ei ole mitään tarkkaa tietoa. Valtaosa ongelmista saatiin kuitenkin ratkaistua ja projekti saadaan mitä todennäköisimmin vietyä loppuun dokumentoinnin valmistuttua.

## Lähteet

ACL760 – koodiohisulkija. 2015. United Technologiesin tuotesivut. Viitattu 27.4.2017  
[https://www.utcssecurityproductspages.eu/FI/products\\_single.php?product=ACL760](https://www.utcssecurityproductspages.eu/FI/products_single.php?product=ACL760)

Array mikrologiikat. 2017. Provendörin tuotesivut. Viitattu 3.4.2017  
<http://www.provender.fi/index.php?page=arrayyleista>

CE-merkintä. 2017. Tukesin ohje CE-merkinnästä. Viitattu 22.11.2017  
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/CE-merkki/>

Company profile. 2007. Arrayn yritysesittely. Viitattu 2.4.2017  
<http://www.array.sh/gsjse.htm>

E3G-R17-G. 2017. Kynix- verkkokaupan internetsivut. Viitattu 27.4.2017  
<http://www.kynix.com/Detail/412950/E3G-R17-G.html>

Koneet. 2017. Tukesin ohje kuluttajakäyttöön tarkoitettujen koneiden turvallisuudesta. Viitattu 22.2.2017  
[http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Kuluttajakayttoiset\\_koneet/](http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/Kulutustavarat/Tavaroiden-turvallisuusvaatimuksia/Kuluttajakayttoiset_koneet/)

Koneturvallisuuden standardit. 2015. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Viitattu 22.11.2017  
<https://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuusesite2015web.pdf>

Koneturvallisuuskoulutus 08.02.2012. 2012. Omronin järjestämän koulutuksen materiaali. Viitattu 23.11.2017  
<https://www.myomron.com/downloads/9.Local%20Material/Finnish/Omron%20-%20Koneturvallisuuskoulutus%2002%202012.pdf>

”Kulkua helpottava laite vai giljotiini? Liukuporttien turvallisuus kyseenalaista.” 2012. Inspectan tiedote. Viitattu 21.11.2017  
<https://www.inspecta.fi/Tiedotus/Uutishuone/uutiset/2012/kulkua-helpottava-laite-vai-giljotiini-liukuporttien-turvallisuus-kyseenalaista/>

Käyttö- ja turvaopas. 2015. Vacon 100 -taajuusmuuttajan käyttöohje. Vacon Oyj.

Logo!. 2017. Siemensin tuotesivut. Viitattu 3.4.2017  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/logo.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/logo.htm)

Pelastussuunnitelmat. 2010. Länsi-Uudenmaan pelastuslaitoksen ohje pelastustien suunnittelusta ja toteutuksesta. Viitattu 21.11.2017  
[http://www.lup.fi/fi-FI/Ohjeet\\_ja\\_lomakkeet/Pelastussuunnitelmat](http://www.lup.fi/fi-FI/Ohjeet_ja_lomakkeet/Pelastussuunnitelmat)

Rajakytkin D4N - D4N-4120 – Omron. 2017. STK:n sähkönumerojärjestelmän internetsivut. Viitattu 28.4.2017  
<http://www.sahkonumerot.fi/2309900/>

RF -kauko-ohjaus lähetin / vastaanotin. 2017. SP-Elektroniikan tuotesivut. Viitattu 29.4.2017  
<http://www.spelektroniikka.fi/p3941-rf-kauko-ohjaus-lahetin-vastaanotin-sc04txrx-sis-2kpl-kauko-ohjaimia--fi.html>

SFS-käsikirja 93-6. 2014. Koneiden turvallisuus. Osa 6: Ohjausjärjestelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Siemens LOGO!8. 2015. Siemensin tuoteopas. Viitattu 3.4.2017  
[http://www.ued.co.uk/userfiles/downloads/Siemens\\_Catalogues/Jan\\_2015\\_LOGO\\_8\\_Laminate\\_new.pdf](http://www.ued.co.uk/userfiles/downloads/Siemens_Catalogues/Jan_2015_LOGO_8_Laminate_new.pdf)

Siemens Logo! 8. 2017. Sähkötarvikkeiden tukkuliike SLO:n internetsivut. Viitattu 3.4.2017  
<https://www.slo.fi/slo/fi/products/productnews/Sivut/Siemens-Logo!-8.aspx>

Siirilä, T. 2008a. Koneturvallisuus 1. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Inspecta Koulutus oy.

Siirilä, T. 2008b. Koneturvallisuus 2. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Inspecta Koulutus oy.

Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus 3. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. Inspecta Koulutus oy.

Standardien hierarkia. 2017. Metsta teemasivut. Viitattu 23.11.2017  
[http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_teemasivut/standardisointi/01-03-00.php](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/standardisointi/01-03-00.php)

Tuotteet ja ratkaisut. 2014. Eatonin tuotesivu. Viitattu 3.4.2017  
<http://www.eaton.fi/EatonFI/ProductsSolutions/Electrical/TuotteetPalvelut/AutomaatioPienjannitekomentit/AutomaatioOhjausVisualisointi/Ohjausreleet/Ohjausrelleasy/index.htm>

Turvareunat ja -puskurit. 2017. SKS:n tuotesivut. Viitattu 4.11.2017  
<http://www.sks.fi/www/turvareunat-puskurit-matot&id=turvareunat-puskurit>

Unidrive M300 – Safety Onboard. 2017. Control Techniquesin tuotesivut. Viitattu 29.4.2017  
<http://www.emersonindustrial.com/en-EN/controltechniques/products/acdrives/unidrive-m/unidrive-m300/Pages/unidrive-m300.aspx>

Valokennojen valinta. 2007. SKS:n ohje valokennojen valintaan. Viitattu 27.4.2017

[http://www.sks.fi/www/sivut/8FFB8AC1C5E4073DC2257B6A002DF116/\\$FILE/A101-0015\\_210307.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/8FFB8AC1C5E4073DC2257B6A002DF116/$FILE/A101-0015_210307.pdf)

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 2008. Valtioneuvoston asetus (400/2008) 4 §. Viitattu 11.4.2017

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>