

Tampereen ammattikorkeakoulu, ylempi amk-tutkinto
Automaatioteknologia
Antti Ylinen

Opinnäytetyö

SIIRRETTÄVÄN HENKILÖNOSTIMEN TURVALLISUUTEEN LIIT- TYVÄN AUTOMAATION VAATIMUSTENMUKAISUUDEN ARVI- OINTIOHJE

Työn ohjaaja

Diplomi-insinööri Harri Joki

Työn teettäjä

Inspecta Tarkastus Oy, ohjaajana toimialapäällikkö Markku
Virtanen

Tampere 5/2010

Ylinen, Antti	Siirrettävän henkilönostimen turvallisuuteen liittyvän automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiohje
Tutkintotyö	68 sivua
Työn ohjaaja	DI Harri Joki
Työn teettäjä	Inspecta Tarkastus Oy, Toimialapäällikkö, Insinööri Markku Virtanen
Toukokuu 2010	

TIIVISTELMÄ

Kehittämistehtävässä tarkasteltiin siirrettävien henkilönostimien turvallisuuteen liittyvän ohjelmoitavan automaation arviointia uuden konedirektiivin 2006/42/EY ja sitä vastaavan Valtioneuvoston koneasetuksen 400/2008 pohjalta. Työn kuluessa perehdyttiin siirrettävän henkilönostimen laitestandardiin ja turva-automaation toteutusta koskeviin standardeihin. Niissä esitetyt samankaltaiset vaatimukset ja mahdolliset erot huomioiden laadittiin tarkastusohje.

Tarkoituksena on, että tarkastusohjetta seuraamalla tulee standardien keskeiset vaatimukset huomioitua ja arviointityön laatu sekä tehokkuus paranevat. Pelkästään laaditun ohjeen käyttö ei kuitenkaan voi taata täydellistä, kattavaa arviointia, vaan tarkastusinsinöörin kokemus ja ammattitaito ratkaisevat työn kokonaislaadun. Henkilönostimen automaation vaatimustenmukaisuuden arviointi on osa suurempaa, Inspecta Tarkastus Oy:n suorittamaa, henkilönostimen tyyppitarkastusprosessia.

Avainsanat	henkilönostin, turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät, turva-automaatio, tyyppihyväksyntä
------------	---

Ylinen, Antti Mobile elevating work platforms. A plan for the functional safety assessment of the safety-related programmable electronic control system.

Engineering Thesis 68 pages

Thesis Supervisor Harri Joki (MSc)

Commissioning Company Inspecta Tarkastus Oy, Business Area Manager, Markku Virtanen

May 2010

ABSTRACT

The main goal was to develop guidelines and instructions for assessment of safety related systems of mobile elevating working platforms (MEWP). The first stage of this study was to read up on regulations of The New Machine Directive 2006/42/EC and directions of associate standards. The next stage was to notice similarities and divergences of the directions and to formulate a guideline for assessment work. The goal is to ensure at essential requirements will be noticed by following this instructions. That guideline alone will not ensure a comprehensive assessment. The quality of the assessment work depends still from the skills and experience of the inspection engineer. The assessment of safety related systems of mobile elevating working platforms is a part from a larger task of inspection carried out by Notified Body, Inspecta Tarkastus Oy.

Keywords *safety assessment, safety related, work platforms*

Tampereen ammattikorkeakoulu, ylempi amk-tutkinto
Automaatioteknologia

ALKUSANAT

Kiitos Inspecta Tarkastus Oy:lle ja esimiehelleni Markku Virtaselle, jotka mahdollistivat tämän opinnäytetyön toteuttamisen.

Kiitän Lehtori Harri Jokea opinnäytetyön ohjaamisesta ja arvokkaista kommentteista.

Tampereella 3.5.2010



Antti Ylinen

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Abstract

Alkusanat

Sisällysluettelo	5
Lyhenteiden ja merkkien selitykset.....	7
1. Johdanto	8
1.1. Yleistä	8
1.2. Inspecta Tarkastus Oy	9
1.3. Työn tavoitteet	10
2. Konedirektiivin ja lainsäädännön asettamat vaatimukset	12
2.1. Uusittu konedirektiivi 2006/42/EY ja Koneasetus 400/2008	13
2.2. Käyttöasetus 403/2008	14
2.3. Elektronisia ja ohjelmoitavia turvalaitteita sisältävän henkilönostimen EY-tyyppitarkastus	14
3. Standardit	16
3.1. Standardisointi	18
3.2. SFS-EN 1200-1 ja 2	19
3.3. SFS-EN 280 A2	19
3.4. SFS-EN 60204	22
3.5. SFS-EN 954-1	22
3.6. SFS-EN 13849	26
3.7. SFS-EN 62061	29
3.8. SFS-IEC EN 61508	31
4. Standardien soveltaminen	34
4.1. Tyyppitarkastusprosessi	34
4.2. Automaation arviointiprosessi	36
4.3. Laitteisto.....	38
4.4. Ohjelmisto	42
4.5. Turvaväylät	43
4.6. Integraatio	44
4.7. Kelpuus	44
5. Ohjeet, tutkimukset, julkaisut	45

Automaatioteknologia

6.	Tulokset, automaation arviointiohje.....	46
6.1.	Alustan siirron estäminen, kun työtaso ei ole kuljetusasennossa.....	51
6.2.	Alustan kallistuman ilmaisu.....	51
6.3.	Työtason liikealueen rajoittaminen.....	52
6.4.	Työtason liikealueen rajoittaminen, rajoitettu käyttöasento.....	52
6.5.	Nostotukien liikkeiden esto.....	54
6.6.	Siirtonopeuden rajoitus.....	55
6.7.	Kuorman mittausjärjestelmä.....	55
6.8.	Aseman valvonta.....	56
6.9.	Momentin mittausjärjestelmä.....	57
6.10.	Maston lukitus kuljetusasentoon.....	58
6.11.	Nostorakenne.....	58
6.12.	Loukkuun jäämisen estäminen.....	58
6.13.	Ketjujen ja hihnojen valvonta.....	59
6.14.	Köysien höltymisen valvonta.....	60
6.15.	Ketjujen höltymisen valvonta.....	60
6.16.	Hammastankojen nopeuden valvonta.....	61
6.17.	Työtason kallistuman rajoitus.....	62
6.18.	Suojuksien lukitukset.....	62
6.19.	Siirron hallintalaitteet.....	63
6.20.	Ohjauspaikan valinta.....	64
7.	Tulosten tarkastelu ja arviointi.....	65
	Lähteet.....	66

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

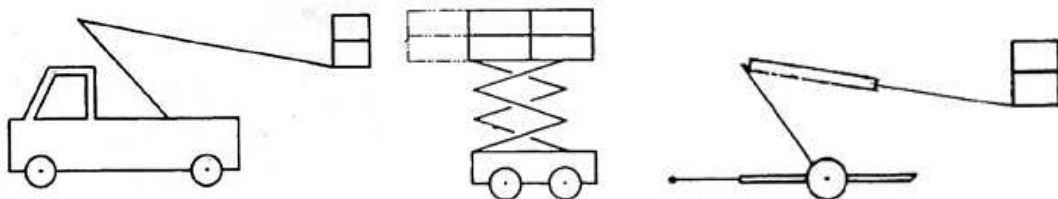
EMC	Electromagnetic compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus
HAZOP	Hazard and Operability Study. Poikkeamatarkastelu.
S/E/EO	Sähköinen/elektroninen/ohjelmoitava elektroninen järjestelmä (SFS-IEC 61508-4).
SHN	Siirrettävä henkilönostin.
TET	Turvallisuuden eheyden taso (yksi neljästä mahdollisesta). Turvallisuuden eheyden tasolla 4 on korkein turvallisuuden eheys ja TET 1:llä matalin (SFS-IEC 61508-1).
VPA	Vikapuuanalyysi.
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi.

1. Johdanto

Standardin EN 280 A2 mukaisesti siirrettävä henkilönostin on kone, jonka tarkoituksena on nostaa henkilöt työkohteeseen työtasolta tehtävää työtä varten. Työtasolle ja sieltä pois päästään yhdessä määritellyssä työtason asennossa. Kone koostuu vähintään työtasosta hallintalaitteineen, nostorakenteesta ja alustasta. /6/ Kuvassa 1 on esitetty periaateratkaisut muutamista tyypillisistä siirrettävistä henkilönostimista.

Inspecta Tarkastus Oy suorittaa ilmoitettuna laitoksena (Notified Body) siirrettävien henkilönostimien tyyppitarkastuksia, joista putoamisvaara on yli 3 metriä. Tyyppitarkastus perustuu konedirektiiviin ja sitä vastaavaan Suomen lainsäädäntöön. Koneaseutuksessa säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön otosta. /20/ Tyyppitarkastuksessa verrataan tarkastettavaa henkilönostinta standardiin SFS-EN 280 A2. Se asettaa automaatiotekniikalla toteutettaville turvalaitteille vaatimuksia, jotka puolestaan ovat saavutettavissa muita soveltuvia standardeja noudattamalla.

Opinnäytetyössä tarkastellaan siirrettävien henkilönostimen turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten järjestelmien (S/E/OE) vaatimustenmukaisuuden arviointia ja kehitetään arvioinnin ohjeistusta tyyppitarkastusta varten.



Kuva 1. Tyypillisiä henkilönostintoteutuksia.

1.1. Yleistä

Aiemmin henkilönostimien sähköiset turvallisuuteen liittyvät toiminnot oli toteutettu perinteisillä sähkömekaanisilla kojeilla kuten releillä ja rajakytkimillä. Tällaisen tekni-

Automaatioteknologia

kan vikaantumismuodot ovat hyvin tunnettuja, joten laitteiden luotettavuus on hyvin ennustettavissa. Automaatiotekniikan kehityksen myötä ovat monimutkaiset, ohjelmoitavat elektroniset järjestelmät tulleet myös henkilöturvallisuuteen liittyvien järjestelmien osiksi. Niiden vikaantumistapoja ei tunneta hyvin, eikä siten toiminnan luotettavuutta pystytä ennustamaan, kuten on laita käytettäessä sähkömekaanisia komponentteja. Ohjelmoitavien turvallisuuteen liittyvien järjestelmien suunnittelua on ohjeistettu eri standardeilla, jotka painottavat systemaattisten toimintatapojen merkitystä suunnittelussa ja testauksesta. Inspecta Tarkastus Oy arvioi ulkopuolisena, riippumattomana laitoksena mm. standardien noudattamista henkilönostintoteutuksissa tyyppitarkastusten yhteydessä. Turva-automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiin tarvitaan ohjeistus, jotta tyyppitarkastuksessa voidaan varmistua turva-automaation toteutuksen asianmukaisuudesta.

Tehtävä rajataan koskemaan ainoastaan ohjelmoitavia elektronisia (OE) turva-automaatiojärjestelmiä. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin perinteiset reletekniikalla toteutetut ratkaisut sekä hydrauliset, pneumaattiset ja mekaaniset järjestelmät.

1.2. Inspecta Tarkastus Oy

Inspecta Oy on Pohjoismaiden johtava asiantuntija laadussa ja luotettavuudessa. Inspecta tarkastaa, testaa, neuvoa, sertifioi ja kouluttaa yli 1200 osaajan voimin Skandinaviassa ja Baltian maissa.

Inspecta Oy:n tytäryhtiö Inspecta Tarkastus Oy tarkastaa painelaitteita, nostureita ja nostolaitteita, hissejä ja nosto-ovia, sammutuslaitteistoja, paloilmalaitteistoja, sähkölaitteistoja sekä mittauslaitteistoja. Inspecta Tarkastus Oy tekee määräaikaistarkastuksia hyväksyttynä laitoksena ja tyyppihyväksyntöjä ilmoitettuna laitoksena (Notified Body). Ilmoitetut laitokset tekevät direktiivien mukaisia tuotteiden vaatimustenmukaisuuden arviointeja ja menetelmien päteväitejä. Ilmoitetut laitokset toimivat ETA-alueella ja niiden hyväksymisestä vastaavat kansalliset ministeriöt. Euroopan komissio ylläpitää NANDO -rekisteriä kaikista ilmoitetuista laitoksista. Inspecta Tarkastus Oy:n tunnusnumero on 0424.

1.3. Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä arviointiohje, jota noudattamalla voidaan mahdollisimman luotettavasti tarkistaa siirrettävän henkilönostimen ohjelmoitavan elektronisen turva-automaation vaatimustenmukaisuus. Turvalaitteiden vaatimukset on määritelty yksityiskohtaisesti siirrettäviä henkilönostimia koskevassa standardissa SFS-EN 280 A2.

Turvalaitteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa neljän erilaisen ohjausjärjestelmien toteutusta käsittelevän standardin perusteella:

- SFS-EN 954-1
- SFS-EN ISO 13849
- SFS-EN 62061
- SFS-EN IEC 61508

Sovellettavan standardin valitsee tavallisesti koneen valmistaja. Turva-automaattioratkaisun monimutkaisuuden vuoksi arvioinnissa voidaan joutua soveltamaan edellä mainituista standardeista useakin samaan kohteeseen. Lisäksi arvioinnissa tulee huomioida koneiden sähkölaitteita ja sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC) koskevat standardit.

Yhteenveto tavoitteista.

- Jokaiselle standardissa EN 280 A2 luetellulle turvalaitteelle määritellään sovellettavan turva-automaatiostandardin mukaiset tarkastettavat kohdat.
- Tarkastelun kohteena ovat ohjelmoitavat elektroniset järjestelmät. Muita tekniikoita ei tarkastella.
- Tarkastelu kohdistuu standardeihin EN 954-1, EN 13849, EN 62061 ja EN 61508.
- Perehdytään edellä lueteltujen standardien arviointityölle asettamiin vaatimuksiin ja ohjeisiin.
- Työn tuloksena on arviointiohje, jota seuraamalla pyritään varmistamaan, että keskeiset asiat tulee huomioitua turva-automaation vaatimustenmukaisuutta arvioitaessa. Taulukkomuotoista arviointiohjetta voidaan käyttää liitteenä arviointiraportissa, joka luovutetaan henkilönostinkokonaisuuden tyyppihyväksyntäprosessista vastaavalle Inspecta Tarkastus Oy:n insinöörille ja tilaajalle. Raportti on

Automaatioteknologia

vapaamuotoinen tarkastusseloste, johon on kirjattu vähintään arvioinnin kohde, laajuus, perusteet ja johtopäätökset.

2. Konedirektiivin ja lainsäädännön asettamat vaatimukset

Euroopan unionin ja komission julkaisuissa on direktiivin määrittely mutta ehkä selkeimmin se on kirjoitettu Wikipediassa: Direktiivi on Euroopan unionin jäsenvaltioille tarkoitettu lainsäädäntöohje. Se ei suoraan muuta jäsenvaltion lainsäädäntöä, vaan antaa kansalliselle lainsäätäjälle (Suomessa eduskunnalle) toimintaohjeita. Lainsäätäjän velvollisuus on toteuttaa direktiivin sisältö maansa lainsäädännössä, mutta kussakin jäsenvaltiossa voidaan valita toteuttamisen muoto ja keinot. Jos valtion lainsäädäntö ennestään täyttää direktiivin vaatimukset, mitään lainsäädäntötoimia ei tarvita. /22/

Konedirektiivi on yksi EU:n tuotteita koskevista direktiiveistä, jotka tähtäävät tavaroiden vapaaseen liikkuvuuteen ja kaupan esteiden poistamiseen yhdenmukaistamalla jäsenmaiden tuotevaatimukset. Tuotedirektiivin vaatimukset kohdistuvat tuotteiden valmistajiin. Kun kone, esimerkiksi siirrettävä henkilönostin, täyttää kaikki sitä koskevat direktiivit, sitä voidaan vapaasti markkinoida EU:n alueella ilman maakohtaista erillishyväksyntää.

Siirrettävää henkilönostinta voivat koskea useat eri direktiivit kuten kone-, pienjännite- ja EMC-direktiivi. Laitteeseen kiinnitetty CE-merkki ja siihen liittyvä vaatimustenmukaisuusvakuutus ovat osoituksena, että valmistaja takaa koneen täyttävän kaikki sitä koskevat direktiivit. Tyypitarkastetussa laitteessa on CE-merkin yhteydessä ilmoitetun laitoksen numerotunnus (esimerkiksi Inspecta Tarkastuksen tunnus on 0424).

Konedirektiivi määrittelee kolme hyväksymismenettelyä, joista valmistaja voi valita. Useimmat valmistajat ovat valinneet kohdan 2 mukaisen menettelytavan.

1. Jos nostin kokonaisuudessaan valmistetaan harmonisoidun standardin EN 280 A2 mukaisesti ja nostimen vaaroja pienennetään noudattamalla täysin EN 280 A2:n vaatimuksia, valmistaja voi saattaa koneen EU:n markkinoille itsenäisesti ilman tarkastuslaitoksen mukana olemista.
2. Tarkastuslaitos suorittaa nostimelle tyypitarkastuksen ja antaa tästä EU:n tyypitarkastustodistuksen.

Automaatioteknologia

3. Valmistaja käyttää täydellistä laadunvarmistusmenettelyä. Tarkastuslaitos sertifioidi laatujärjestelmän ja valvoo sitä määräajoin tehtävillä auditoinneilla.

2.1. Uusittu konedirektiivi 2006/42/EY ja Koneasetus 400/2008

Konedirektiivi uusittiin vuonna 2006 ja Suomessa se on saatettu voimaan valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta (400/2008), ns. koneasetuksella. Tämä uusi koneasetus astui voimaan 29.12.2009 ja kumosi samalla aiemman konepäättökseen (1314/1994).

Koska tehtävänä on turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän toteutuksen arviointiohje, on siinä huomioitava koneasetuksen 400/2008 liitteessä 1 olevat ohjausjärjestelmän suunnittelua koskevat vaatimukset. Mainitussa liitteessä on myös muita tärkeitä, koneen suunnittelua koskevia määräyksiä (esimerkiksi ohjauslaitteet, käynnistys ja hätäpysäytys), jotka jo huomioidaan Inspecta Tarkastuksen työohjeessa. Automaation arvioinnin yhteydessä niitä ei tarkastella. Seuraavassa on koneasetuksesta lainaus, joka on huomioitu arviointiohjetta laadittaessa. /20/

1.2. OHJAUSJÄRJESTELMÄT

1.2.1. Ohjausjärjestelmien turvallisuus ja toimintavarmuus

Ohjausjärjestelmät on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että ne estävät vaaratilanteiden syntymisen. Ennen kaikkea ne on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että

- ne kestävät tarkoitetut käyttörasitukset ja ulkoiset vaikutukset
- ohjausjärjestelmän laitteisto- tai ohjelmistovika ei aiheuta vaaratilanteita
- virheet ohjausjärjestelmän logiikassa eivät aiheuta vaaratilanteita
- kohtuudella ennakoitavissa oleva inhimillinen erehdys käytön aikana ei aiheuta vaaratilanteita.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä seuraaviin seikkoihin:

- Kone ei saa käynnistyä odottamattomasti.
- Koneen ominaisarvot eivät saa muuttua hallitsemattomasti, jos tällainen muutos saattaa aiheuttaa vaaratilanteita.
- Koneen pysähtymistä ei saa estää, jos pysäytyskäsky on jo annettu.
- Mikään koneen liikkuva osa tai koneen kiinni pitämä kappale ei saa pudota tai sinkoutua.

Automaatioteknologia

- Minkään liikkuvan osan automaattinen tai käsikäyttöinen pysäyttäminen ei saa estyä.
- Turvalaitteiden on pysyttävä täysin toimintakykyisinä tai annettava pysäytyskäsky.
- Turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmän osia on käytettävä yhtenäisellä tavalla koneiden tai osittain valmiiden koneiden muodostamaan koko kokoonpanoon.

Langattomassa ohjauksessa on aikaansaatava automaattinen pysäytys, jos oikeita ohjaussignaaleja ei saada tai jos yhteys menetetään.

2.2. Käyttöasetus 403/2008

Käyttöasetuksen soveltamisala määräytyy työturvallisuuslain (738/2002) mukaan. Käyttöasetusta sovelletaan vain työturvallisuuslain soveltamisalalla kaikkiin työvälineisiin. Käyttöasetusta ei siten suoraan sovelleta tyyppitarkastukseen, mutta se on luonnollisesti huomioitava työskennellessä tarkastettavan koneen kanssa ja tehtäessä tarkastukseen ja arviointiin kuuluvia testejä. Työturvallisuus pitää aina varmistaa. Erityisesti laitteen vikatilakäyttäytymistä testattaessa on varauduttava koneen odottamattomiin liikkeisiin.

2.3. Elektronisia ja ohjelmoitavia turvalaitteita sisältävän henkilönostimen EY- tyyppitarkastus

Kun käytetään perinteisiä releitä, johdotusta ja pakkotoimisia rajakytkimiä nostimen turvatoimintojen suorittamiseen, tunnetaan seuraavat asiat, jotka lisäksi voidaan määrittellä ilman epävarmuustekijöitä.

- Tiedetään kaikki komponenttien ja järjestelmän vikaantumistavat.
- Vikatestaus voidaan suorittaa 100-prosenttisesti ja kyetään määrittämään vaadittu luotettavuus ja vikakäyttäytyminen.
- Turvatoiminnon todentaminen voidaan helposti suorittaa valmistuspaikalla nostimen tyyppitarkastuksen yhteydessä.

Kun käytetään elektronisia ohjelmoitavia järjestelmiä nostimen turvatoimintojen suorittamiseen, on huomioitava seuraavat tosiasiat:

- Järjestelmän kaikkia vikaantumistapoja ja käyttäytymistä ei voida määrittää tarkasti.
- Erityisesti ohjelmiston virheettömäksi todistaminen on mahdotonta.
- Järjestelmän luotettavuus ja sen todentaminen perustuu pitkälti järjestelmän suunnittelussa, laadunhallinnassa ja testauksessa käytettyihin menetelmiin.

Automaatioteknologia

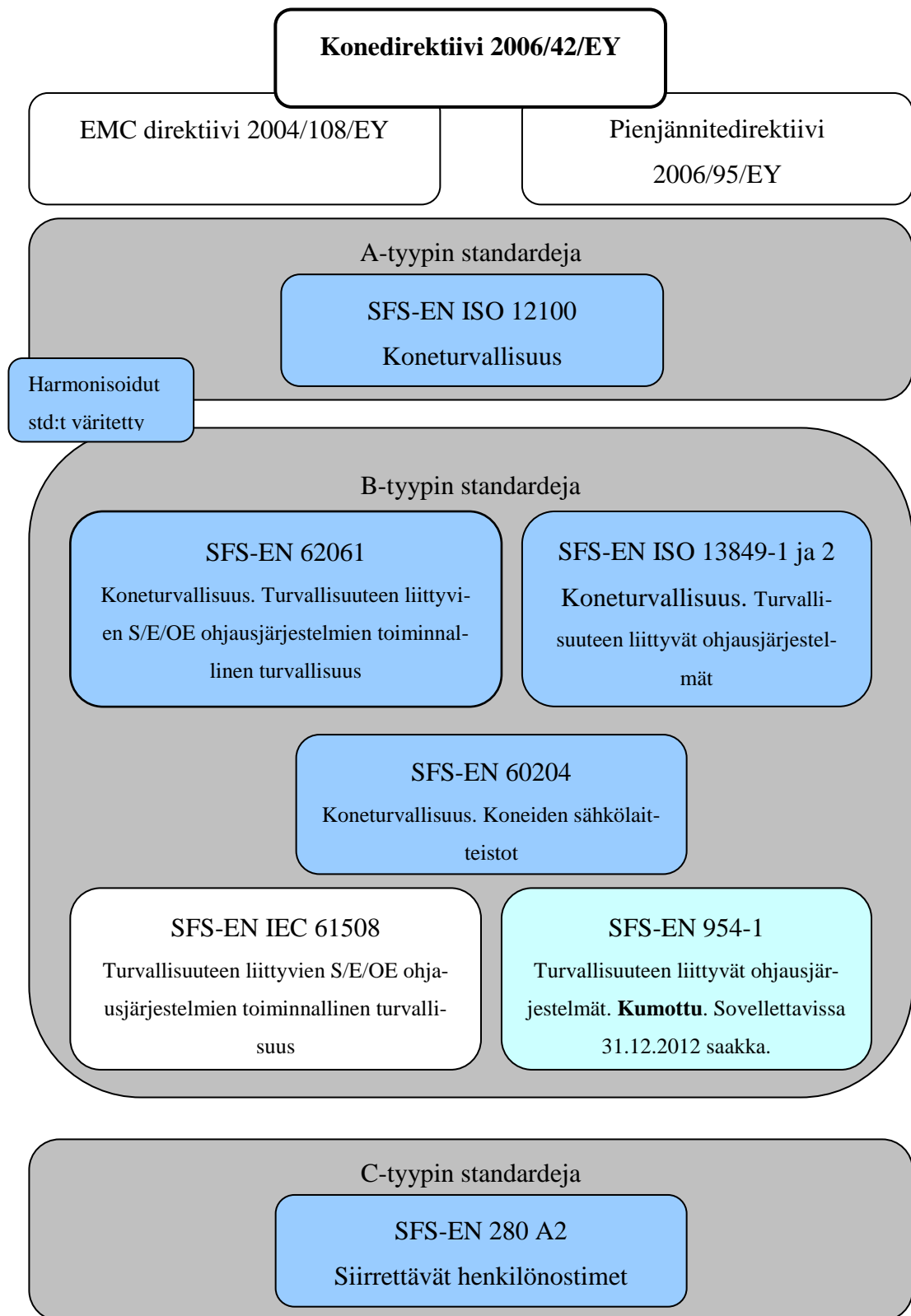
- Jos standardien EN 61508, EN 62061, EN 13849 tai EN 954-1 menetelmiä sovelletaan oikein, voidaan olettaa, että järjestelmällä on riittävä luotettavuus ja oikea vikakäyttäytyminen.
- Pienjännite- ja EMC-direktiivien vaatimusten on myös täyttyvä.

3. Standardit

Työsuojeluhallinnon julkaisussa 91, Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia, määritellään käyttöasetuksen suhde standardeihin seuraavasti: Konedirektiivin (konepääatöksen) vaatimusten noudattamisen helpottamiseksi on laadittu ns. yhdenmukaistettuja eli harmonisoituja standardeja koneen suunnittelijoiden käyttöön. Jos kone suunnitellaan ja rakennetaan kaikilta osin yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti, katsotaan, että kone täyttää konedirektiivin ja säädösten vaatimukset. /18/ On huomattava, että standardien noudattaminen ei kuitenkaan ole pakollista. On kuitenkin pystyttävä osoittamaan, että tehty ratkaisu täyttää direktiivin vaatimukset.

Koneita koskevat standardit ryhmitellään kolmitasoisesti. Ylinnä ovat kaikkia koneita koskevat yleiset A-tyyppin standardit. Seuraavana ovat B-tyyppin standardit, jotka koskevat tiettyä ominaisuutta, esimerkiksi melua. C-tyyppin standardit puolestaan koskevat tiettyä konetta tai koneryhmää. Siirrettäviä henkilönostimia varten on laadittu C-tyyppin standardi SFS-EN 280 A2, jota tarkasti noudattamalla laitteen vaatimustenmukaisuus tulee osoitettua.

Kuvassa 2 on selvennetty siirrettävien henkilönostimien automaation arviointia ohjaavia keskeisiä direktiivejä ja standardeja sekä niiden keskinäisiä suhteita. Ylimpinä, määräävinä asiakirjoina ovat direktiivit ja niitä vastaavat kansalliset lait. Standardit ohjaavat täyttämään lain vaatimukset. Ohjeet tulevat yksityiskohtaisimmiksi, kun siirrytään A-tyyppin standardeista kohti C-tyyppiä.



Kuva 2. Siirrettävien henkilönostimien ohjausjärjestelmien arviointia ohjaavat direktiivit ja standardit.

3.1. Standardisointi

Standardisointi on yhteisten toimintatapojen laatimista, ja se on luotu helpottamaan viranomaisten, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää. Standardisointi perustuu pitkälti eri osapuolten vapaaehtoistyöhön, jota kansalliset ja kansainväliset standardisointijärjestöt ohjaavat. Standardisointityöryhmiin kuuluu valmistajien, käyttäjien, viranomaisten ja muiden vaikuttajatahojen edustajia. Standardi on siten näiden eri osapuolten näkemysten konsensus. Seuraavassa on lueteltu eri standardisointijärjestöjä.

- ISO (International Organization of Standardization) on laaja-alaisin standardisointijärjestö, joka laatii ISO-standardit. ISOssa Suomea edustaa SFS.
- CEN (European Committee for Standardization) on eurooppalainen standardisointijärjestö, joka laatii EN-standardit. CENissä Suomea edustaa SFS.
- IEC (Kansainvälinen Sähköteknillinen Komissio) on maailmanlaajuinen standardisointiorganisaatio, johon kuuluvat kaikki kansalliset sähköteknilliset komiteat (IEC:n Kansalliset komiteat). IEC:n tavoite on edistää kansainvälistä yhteistoimintaa kaikissa sähkö- ja elektroniikka-alueiden standardointia koskevissa kysymyksissä. IEC:ssä Suomea edustaa SESKO.
- CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) on eurooppalainen sähköalan standardisointijärjestö, joka laatii EN-standardit sähköalalle. Suomi on yksi jäsenistä. Järjestö toimii Euroopan komission ja EFTAn CENELECille antamin valtuutuksin. CENELECissä Suomea edustaa SESKO.
- ISO ja CEN sekä vastaavasti IEC ja CENELEC ovat sopineet laajasta yhteistyöstä, jolla pyritään vähentämään päällekkäistyötä standardien laadinnassa.
- SFS (Suomen Standardisoimisliitto) on standardisoinnin keskusjärjestö maassamme. Se laatii oman alansa SFS-standardit ja vahvistaa yleiseurooppalaiset standardit kansallisiksi.
- SESKO on maamme sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardisoimisjärjestö, joka laatii ja vahvistaa oman alansa SFS-standardit.

- MetSta on Suomen metalliteollisuuden standardisoimisjärjestö, joka myös merkittävästi vaikuttaa koneturvallisuutta koskeviin automaatiostandardeihin.

Suomen Standardisoimisliiton mukaan EN-standardi on useimmiten (EN 6xxxx) pelkkä voimaansaattamisilmoitus, jolla on saatettu eurooppalaiseksi standardiksi vastaavannumeroinen IEC-standardi. Merkintä xxxx kuvaa IEC-standardin numerotunnusta. SFS-standardista ei aina ole olemassa kansallista painettua julkaisua, vaan EN-standardi on saatettu kansallisen standardin asemaan ilmoittamalla siitä SFS-tiedotuksessa ja lisäämällä se standardiluetteloon tunnuksella SFS-EN 6xxxx. /23/ ja /24/. Yksinkertaisuuden vuoksi tässä opinnäytetyössä standardeista käytetään pääosin vain EN-tunnusta.

3.2. SFS-EN 1200-1 ja 2

SFS-EN 1200-1 ja 2 standardin nimi on *Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet*. Tämän A-tyypin standardin EN 12100 ensisijaisena tarkoituksena on esittää suunnittelijoille yleiset puitteet sekä ohjeet, jotta nämä voivat valmistaa koneita, jotka ovat turvallisia niiden tarkoitettuun käytössä. /14/ Standardissa viitataan sähköisten ohjausjärjestelmien osalta standardeihin EN 62061, EN 61508 ja EN 13849-1. Siirrettäviä henkilönostimia käsittelevässä standardissa EN 280 A2 on huomioitu tämän koneturvallisuusstandardin vaatimukset. EN 12100-2:n kohdassa 5 käsitellään teknisiä suojaustoimenpiteitä, jotka saattavat vaikuttaa turva-automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiin erikoistapauksia ratkottaessa. Muutoin nämä standardisarja ei anna automaation arviointia koskevia ohjeita.

3.3. SFS-EN 280 A2

SFS-EN 280 A2 standardin nimi on *Siirrettävät henkilönostimet*. Tämä C-tyypin standardin tarkoituksena on määrittellä turvallisuusohjeet henkilöiden ja omaisuuden suojaamiseksi siirrettävien henkilönostimien käyttöön liittyviltä onnettomuusriskeiltä. Standardi antaa yksityiskohtaiset suunnitteluohjeet mekaniikalle sekä sähkö- ja turvalaitteille./17/ Siinä on myös viittauksia moniin muihin suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon otettaviin standardeihin.

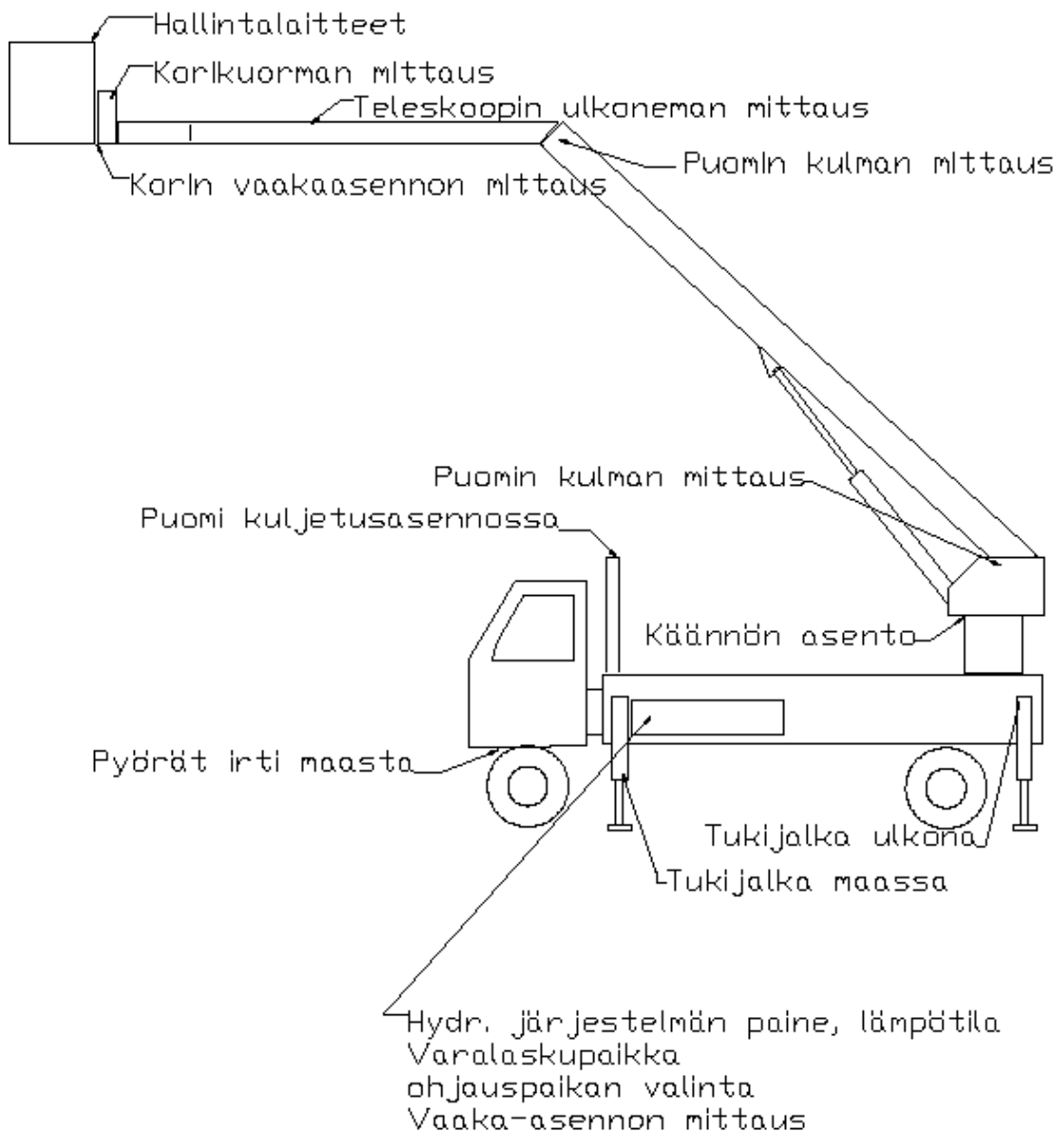
Standardin muutoksessa EN 280 A2 turvalaitteiden luokat on esitetty jo kumotun, mutta yhä 31.12.2011 saakka sovellettavissa olevan standardin EN 954-1 mukaan. Henki-

Automaatioteknologia

lönostinstandardia ollaan uusimassa ja siitä on Teknillinen Komitea CEN/TC 98 julkaissut työversion prEN 280:2009. Siinä toimintojen vaatimukset on esitetty EN 13849:n mukaisina suoritustasoina. Tässä opinnäytetyössä on oletettu, että valitut suoritustasot julkaistaan sellaisenaan tulevassa henkilönostinstandardissa.

Toimintojen luokittelu tai suoritustasojen asettaminen tarkoittaa, että standardin tekijä on jo tehnyt riskianalyysin kyseisen laitteen toiminnoille ja päätenyt tiettyyn tarvittavaan riskin vähennyksen tasoon. Tämä helpottaa merkittävästi turva-automaation suunnittelutyötä. Vaikka standardin laatijat ovatkin tehneet vaara- ja riskianalyysin, voidaan olettaa, että koneasetus silti edellyttää vaarojen arviointia. Nostimessa voi olla joitain uusia toimintoja, ominaisuuksia tai lisälaitteita, joita ei EN 280 A2:n laatijoilla ole ollut tiedossa. Niiden vaikutukset tulee analysoida ja tarvittaessa huomioida turva-automaation toteutuksessa.

Kuvassa 3 on esitelty eräitä tyypillisiä antureiden sijoituskohteita siirrettävässä henkilönostimessa. Useimmat niistä ovat rajakytkimiä mutta esimerkiksi kuorman tai asennon mittauksessa saatetaan käyttää erityyppisiä antureita.



Kuva 3. Siirrettävän henkilönostimen automaatiojärjestelmän eräitä antureita.

3.4. SFS-EN 60204

SFS-EN 60204 standardin nimi on *Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteistot*. EN 60204-1 on yhdenmukaistettu standardi ja kattaa EU:n konedirektiivien 2006/42/EC olennaiset vaatimukset. Standardissa on lueteltu velvoittavat viittaukset julkaisuihin, jotka ovat tarpeellisia sen soveltamiseksi. Viittauksissa on lueteltu turva-automaatiostandardit IEC 62061, ISO 13849-1:2006 ja ISO 13849-2:2003. /9/

Inspecta Tarkastus Oy:n työohjeessa on huomioitu EN 60204 vaatimukset. /2/ Seuraavaan koosteeseen on poimittu standardin EN 60204 kohdat, jotka tulee myös käsitellä ohjelmoitavan turva-automaation vaatimustenmukaisuutta arvioitaessa. /9/

- Kohta 6.4. Suojaus käyttämällä PELV-jännitettä.
- Kohta 7.24. Ohjauspiirit, ylivirtasuojaus.
- Kohta 7.9. Suojaus ukkos- tai kytkentäjännitteiltä.
- Kohta 8. Potentiaalın tasaus. Herkkiin sähkölaitteistoihin kohdistuvien sähköisten häiriöiden seuraukset, jotka vaikuttavat koneen toimintaan.
- Kohta 9. Ohjauspiirit, käynnistys, pysäytys, hätäpysäytys, langaton ohjaus.
- Kohta 9.4. Ohjaustoiminnot vikatapauksissa.
- Kohta 10. Käyttäjän rajapinta.
- Kohta 11. Ohjauslaitteisto: sijoitus, asennus ja kotelointi.
- Kohta 12. Johtimet ja kaapelit.
- Kohta 13. Johdotustavat.
- Kohta 17. Dokumentaatio.
- Kohta 18. Todentaminen.

3.5. SFS-EN 954-1

SFS-EN 954-1 standardin nimi on *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat*. EN 954-1 on vuodelta 1996 ja sen voimassaoloaika on päättynyt, mutta Euroopan komissio julkaisi viime hetkillä 29.12.2009 eli uuden konedirektiivin ensimmäisenä soveltamispäivänä EU:n virallisessa lehdessä standardin siirtymiskauden pituuden. EN 954-1 pysyy kumottuna, mutta siirtymiskauden aikana standardia soveltamalla voi edelleen saada vaatimustenmukaisuusolettaman 31.12.2011 saakka. Tämä kahden vuoden siirtymiskausi antaa lisää aikaa siirtyä standardin uuteen versioon EN ISO

Automaatioteknologia

13849-1. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry (MetSta) on julkaissut taulukossa 1 esitetyn, Matti Sundqvistin laatiman, standardien EN 954-1 ja ISO 13849-1 vertailun. Siinä todetaan, että standardi EN 954-1 ei käsittele lainkaan ohjelmoitavaa automaatiotekniikkaa eikä ohjelmistoja, eikä siten sovellu niiden suunnitteluun. /25/

Standardin keskeinen ajatus on turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien luokittelu. Siinä otetaan huomioon ohjausjärjestelmän vikakestoisuus ja käyttäytyminen vikatilanteessa. Vikakäyttäytymiseen vaikutetaan osien rakenteellisella järjestelyllä, vian paljastamisella ja osien luotettavuudella. Luokittelun avulla voidaan määritellä eri tekniikoilla toteutettujen turvatoimien luotettavuus.

Kuvassa 4 on esitetty suunnittelun iteratiivinen prosessi. Se on standardin EN 954-1 kuvan 1 pohjalta muokattu sopivaksi kuvaamaan siirrettävän henkilönostimen turva-automaation suunnittelua.

Turvälaitteiden kelpuutukseen eli testien, analyysien ja tarkastusten suorittamiseen on annettu standardia EN 954-1 koskevia ohjeita standardissa EN 13849-2. Turva-automaation toteuttajan tulisi noudattaa määriteltyjä kelpuutusmenetelmiä ja esittää niistä pöytäkirjat ja muut todisteet arvioijalle.

Yhteenvedona voidaan todeta, että EN 954-1:tä ei enää tulisi käyttää suunnittelussa, jos turvatoiminnot on tehty ohjelmoitavalla tekniikalla. Tässä standardissa on ohjelmoitava tekniikka huomioitu niin suppeasti, että se väistämättä johtaa soveltamaan myös EN 61508:n vaatimuksia. Tällöin olisi parempi soveltaa heti alusta alkaen joko EN 13849-1 - tai EN 62061 -standardeja. Ohjelmoitavassa tekniikassa EN 954-1:tä voidaan soveltaa lähinnä ohjelmoitavilla turvareleillä toteutettuun automaatioon, sillä niiden ohjelmointi on lähinnä parametroitua.

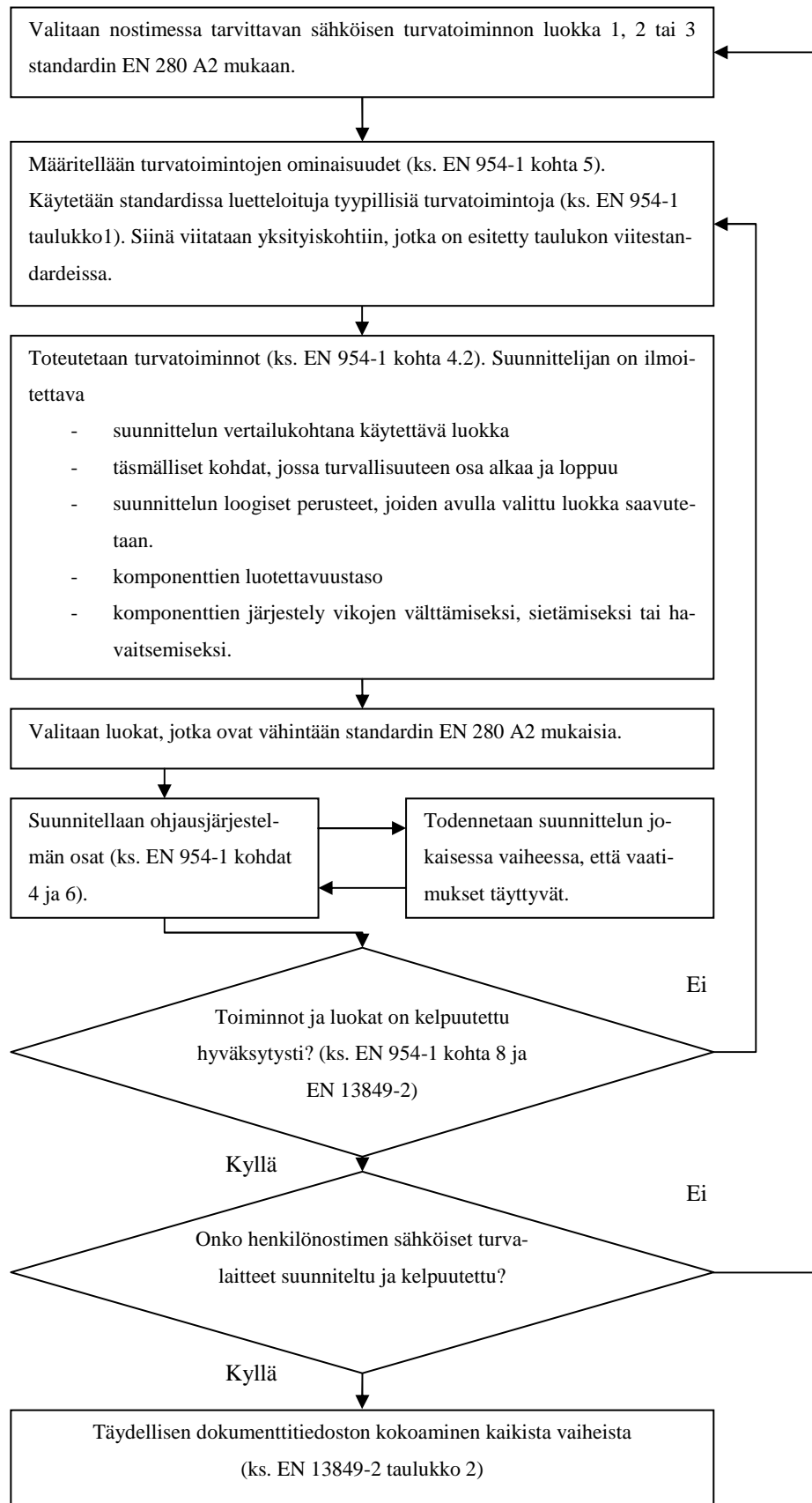
Standardi EN 954-1 ei anna ohjeita turva-automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Siihen on sovellettava EN 61508-1:n kohdassa 8 esitettyä toiminnallisen turvallisuuden arviointimenetelmää.

Taulukko 1. Standardien EN 954-1 ja ISO 13849-1 vertailu. /25/



Standardien EN 954-1 ja ISO 13849-1 vertailu		
<ul style="list-style-type: none"> Molemmat standardit soveltuvat koneiden ohjausjärjestelmien suunnitteluun Molempien standardien käyttöön tarvitaan perusosaamista (turvallisuustekniikkaa, riskin arviointia, ohjausjärjestelmien suunnittelukokemusta, sähkötekniikkaa jne.) Lisätietoja yhteenvedon tekijältä: matti.sundquist@japo.fi 		
Ominaisuudet	Hyvät ominaisuudet	Huonot ominaisuudet
Standardi		
EN 954-1	<ul style="list-style-type: none"> On ollut käytössä jo vuodesta 1996 alkaen. Siihen viitataan useimmissa C-tyyppin standardeissa. Menetelmä on yksinkertainen. Sisältää paljon hyviä vaatimuksia. Soveltuu koneerakentajille yksinkertaisten lähinnä sähkömekaanisten, hydraulisten ja pneumaattisten ohjausjärjestelmien suunnitteluun. Sähkötekniikan perusosaaminen riittää (mm. IEC 61204-1). 	<ul style="list-style-type: none"> Standardi on vanhentunut, se ei käsittele lainkaan nykyaikaisia ohjelmoitavaa elektroniikkaa eikä ohjelmistoja Ei sovellu puhtaasti elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien ja sen osien suunnitteluun (eli laitevalmistajille) Standardi (mm. riskigraafi) on liian yksinkertainen ohjausjärjestelmien suunnitteluun Arkkitehtuuriluokissa (kategoriat) eri teknologiat eivät eivät muodosta toistensa suhteen vertailukelpoisia vaatimustasoja, joten riskin arvioinnin perusteella ei voida suoraan määrittää vaatimuksia turvatoimintojen luokille.
ISO 13849-1	<ul style="list-style-type: none"> Standardi on julkaistu vuonna 2006 eli nyt on ollut yli kolme vuotta aikaa harjoitella sen käyttöä Käsittelee kaikkia teknologioita ja myös elektroniikkaa ja niiden ohjelmistoja (tietyin rajoituksin vrt. IEC 62061) Soveltuu sekä ohjausjärjestelmien osien suunnitteluun eli laitevalmistajille että myös koneerakentajille (tietyin rajoituksin vrt. IEC 62061) Muodostaa loogisen etenemistavan, jossa ohjausjärjestelmä suunnitellaan askel kerrallaan Sisältää todennäköisyystarkastelut, jotka esitetään valmiksi lasketuissa taulukoissa Suunnittelijan työtä helpottamaan on valmistettu tietokoneavusteisia ohjelmistotyökaluja Standardin käytöstä on julkaistu ohjeistusta mm. BGLAn ohje, SFS:n käsikirja ja tietokoneavusteiset menetelmät sekä ratkaisuesimerkkejä. 	<ul style="list-style-type: none"> Standardiin viitataan toistaiseksi vain harvoissa C-tyyppin standardeissa C-tyyppin standardien valmisteluryhmissä on vaikeuksia ottaa käyttöön uudet menettelytavat Standardin käyttö edellyttää perehtymistä todennäköisyystarkasteluihin ja luotettavuustekniikkaan. Standardin menetelmä ei ole riittävä korkealle riskitasolle eikä puhtaasti elektronisten ja/tai monimutkaisten ohjausjärjestelmien suunnittelussa (vrt. IEC 62061 ja IEC 61508) Standardi ei ole selkeä, mutta sitä ylläpidetään (BGIA) ja uusia ohjeita ja ratkaisumalleja tehdään sitä mukaa kuin ongelmia ratkotaan.

Automaatioteknologia



Kuva 4. Suunnittelun iteratiivinen prosessi EN 954-1:n mukaan sovellettuna.

3.6. SFS-EN 13849

SFS-EN 13849 standardin nimi on *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat*. Se on kaksiosainen. Osassa EN 13849-1 esitetään turvallisuusvaatimukset ja opastusta ohjausjärjestelmän suunnittelun ja integroinnin periaatteista, tähän kuuluu myös hyvin rajoitetusti ohjelmistokehitys, lähinnä rajoitetun käskykannan sovellusohjelmointi tikapuukaavioilla, toimilohkokaavioilla tai vastaavilla menetelmillä. Standardi koskee koneiden turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmän osia riippumatta käytetystä teknologiasta tai energiasta (sähköinen, hydraulinen, pneumaattinen, mekaaninen). EN 13849-1 määrittää erityisvaatimukset koneiden turvallisuuteen liittyville osille, joissa käytetään ohjelmoitavia elektronisia järjestelmiä. /7/

Standardi määrittää ohjausjärjestelmän osille ominaisuudet, joihin kuuluu turvatoiminnon toteuttamiseen vaadittava suoritustaso, jolla määritellään turva-automaatiojärjestelmän kyky suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Standardi määrittelee viisi suoritustasoa (a - e). Tasolla a on suurin ja tasolla b pienin todennäköisyys sille, että turvajärjestelmään tullut vika estää turvatoiminnon suorittamisen. Siirrettävissä henkilönostimissa suoritustasovaatimus on turvatoiminnon mukaan joko b, c tai d. Taulukossa 2 on esitetty suoritustasojen vikaantumisen todennäköisyys tuntia kohden ja vastaavuus standardeissa EN 62061 ja EN 61508 käytettyihin turvallisuuden eheystasoihin (TET). /7/ Vastaavuuksien määrittely helpottaa standardin soveltamista, sillä ohjausjärjestelmä voidaan jakaa osiin ja käsitellä kutakin osaa eri standardilla. Esimerkiksi ohjelmoitavaan logiikkaosaan voidaan soveltaa EN 62061 standardia ja käyttää EN 13849-1:tä antureita ja ohjauslaitteita koskeissa osioissa.

Vaarallisten vikojen todennäköisyyttä vähentävät luonnollisesti luotettavat komponentit, joiden vikataajuus on pieni. Merkittävä vaikutus on myös nykyaikaisten laitteiden itse diagnostiikalla. Jos laitteet testaavat omat toimintonsa kattavasti ja vian ilmetessä suorittavat aina vaaditun turvatoiminnon, niin silloin on saavutettavissa korkea suoritustaso. Tätä parantava seikka on myös yhteisvikaantumisen todennäköisyyden pienentäminen. Yhteisvikaantumisella tarkoitetaan vikoja, jotka johtuvat samasta syystä, mutta eivät ole toisiensa seurauksia. Yhteisvikaantuminen voi johtua suunnittelun inhimillisestä virheestä, ympäristöolosuhteista, yhteisistä kaapelointireiteistä tai muusta vastaavasta syystä. Standardi antaa ohjeita yhteisvikaantumisen pienentämiseen, systemaattisen vikojen välttämiseen, diagnostiikan kattavuuden arviointiin ja komponenttien luotettavuus-

Automaatioteknologia

den määrittämiseen. Standardin mukainen suunnittelu tulisi edetä kuvan 5 mukaisena, iteratiivisena prosessina.

Taulukko 2. Suoritustasot (PL) ja vastaava eheystaso. Harmaalla korostettua aluetta sovelletaan henkilönostimiin. /7/

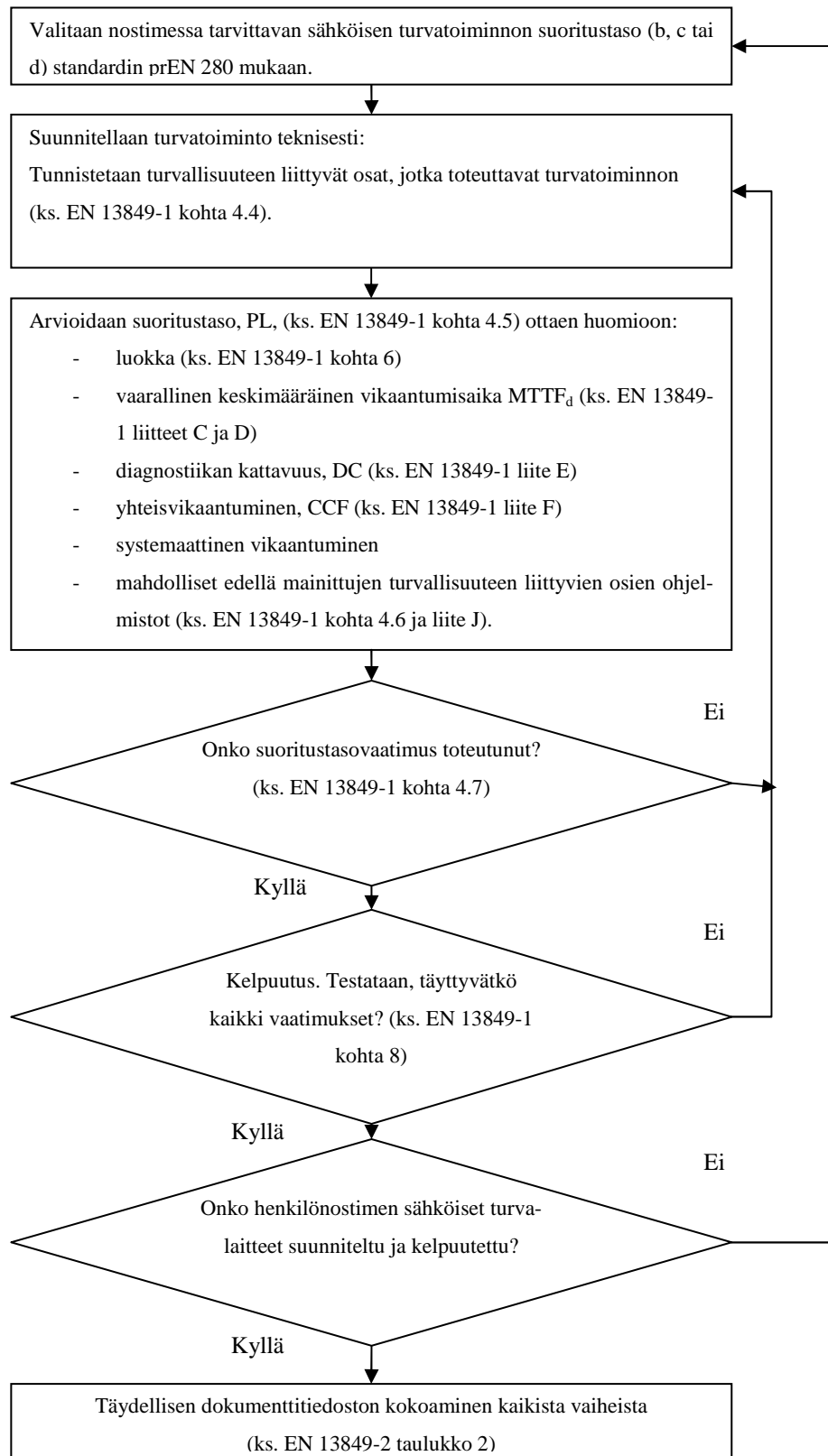
Suoritustaso (PL)	Keskimääräinen vaarallisen vian todennäköisyys tuntia kohden	Keskimääräinen vikaväli (vuotta)	Vastaavuus eheystasoihin (TET)
a	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	1,14 – 11,4	ei
b	$\geq 3 \times 10^{-6} \dots < 10^{-5}$	11,4 – 38,1	1
c	$\geq 10^{-6} \dots < 3 \times 10^{-6}$	38,1 - 114	1
d	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$	114 - 1412	2
e	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$	1142 - 11416	3

Standardi EN 13849-1 soveltuu parhaiten turvakäyttöön sertifioituista komponenteista koottujen ohjausjärjestelmien toteuttamiseen, joiden ohjelmointi tehdään tikapuukaavioilla, toimilohkoilla tai muulla rajoitetun käskykannan kielellä. Vapaasti ohjelmoitavien ohjausjärjestelmien suunnitteluun se ei sovellu.

Turvalaitteiden kelpuuttamiseen eli testien, analyysien ja tarkastusten suorittamiseen on annettu standardia EN 13849-1 koskevia ohjeita standardissa EN 13849-2. Turva-automaation toteuttajan tulisi noudattaa näitä määriteltyjä kelpuutusmenetelmiä ja esittää niistä suunnitelmat, mittauspöytäkirjat ja muut todisteet arvioijalle.

Standardi EN 13849-1 ei anna ohjeita turva-automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Siihen on sovellettava EN 61508-1:n kohdassa 8 esitettyjä toiminnallisen turvallisuuden arviointimenetelmää.

Automaatioteknologia



Kuva 5. Suunnittelun iteratiivinen prosessi EN 13849-1:n mukaan sovellettuna.

3.7. SFS-EN 62061

SFS-EN 62061 standardin nimi on *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus*. SFS-EN 62061 on IEC 61508-standardin sovellus koneiden ohjausjärjestelmiin. Se antaa ohjeita turvatoimintojen määrittelyyn. Määrittely edellyttää kaksiosaista turvatoimintojen erittelyä: toiminnalliset vaatimukset ja turvallisuuden eheystason määrittely. /8/

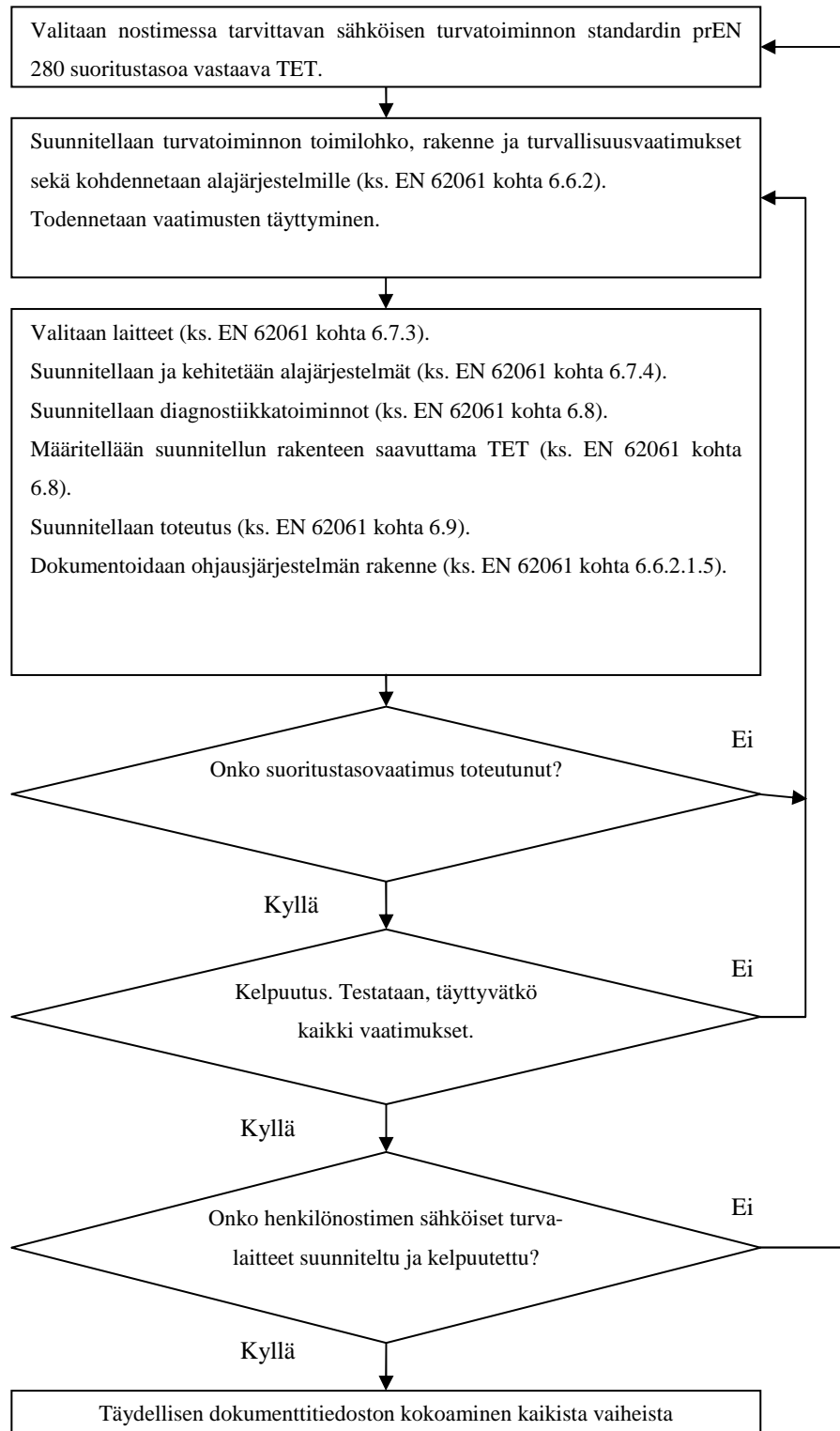
EN 62061:ssa on toiminnalliset vaatimukset eritelty seuraavasti:

- koneen olosuhteet (esimerkiksi toimintatapa), jossa turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon on oltava aktivoituna tai pois toiminnasta
- niiden toimintojen ensisijaisuus, joka voivat olla samanaikaisesti aktiivisena ja jotka voivat johtaa ristiriitaiseen toimintatilaan
- jokaisen turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon toimintojen taajuus
- vaadittava vasteaika jokaiselle turvallisuuteen liittyvälle ohjaustoiminnolle
- turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon ja muiden koneen toimintojen väliset rajapinnat
- vaadittavat vasteajat (esimerkiksi tuloihin ja lähtöihin liittyvät laitteet)
- jokaisen turvallisuuteen liittyvän ohjaustoiminnon kuvaus
- kuvaus vikaan reagoivista toiminnoista ja kaikki niiden rajoitukset, esimerkiksi uudelleen käynnistys tai koneen jatkuva toiminta niissä tapauksissa, joissa alkuperäinen reagointi vikaan on koneen pysäyttäminen
- kuvaus käyttöympäristöstä (esimerkiksi lämpötila, kosteus, pöly, kemikaalit, mekaaninen värinä ja iskut)
- testaukset ja kaikki niihin liittyvät laitteet (esimerkiksi testauslaitteet ja niiden liitäntäportit)
- toimintajaksojen taajuus, käyttöjakso ja käyttöluokka sähkömekaanisille laitteille, joita on tarkoitus käyttää turvallisuuteen liittyvissä ohjaustoiminnoissa.

Standardeissa EN 62061 ja EN 61508 toiminnan luotettavuutta kuvataan turvallisuuden eheystasolla. Se on todennäköisyys sille, että turvallisuuteen liittyvä järjestelmä suorittaa tyydyttävästi vaaditut turvatoiminnot kaikissa annetuissa olosuhteissa ja annettuna aikana. Mitä korkeampi turvallisuuden eheyden taso, sitä pienempi on todennäköisyys, että järjestelmät epäonnistuvat turvatoimintojen toteuttamisessa. Turvallisuuden eheys-

Automaatioteknologia

tasoja on kolme TET 1, TET2 ja TET3. Eheystaso kuvaa vaarallisen vikaantumisen todennäköisyyttä tunnissa. Henkilönostimen turvalaitteille on EN 280 A2:ssa asetettu taukossa 2 esitettyjä eheystasojen 1 ja 2 mukaisia vaatimuksia.



Kuva 6. Suunnittelun iteratiivinen prosessi EN 62061:n mukaan sovellettuna.

Automaatioteknologia

Standardin mukainen suunnittelu tulisi edetä kuvan 6 mukaisena iteratiivisena prosessina. Standardi EN 62061 ei anna ohjeita turva-automaation vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Siihen on sovellettava EN 61508-1:n kohdassa 8 esitettyjä toiminnallisen turvallisuuden arviointimenetelmää.

3.8. SFS-IEC EN 61508

SFS-IEC EN 61508 standardin nimi on *Sähköisten/Elektronisten/Ohjelmoitavien Elektronisten (S/E/OE) turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus*. Se koostuu seitsemästä osasta:

- Osa 1. Yleiset vaatimukset.
- Osa 2. Vaatimukset sähköisille/elektronisille/ohjelmoitaville elektronisille turvallisuuteen liittyville järjestelmille.
- Osa 3. Ohjelmiston vaatimukset.
- Osa 4. Määritelmät ja lyhenteet.
- Osa 5. Esimerkkejä menetelmistä turvallisuuden eheyden tasojen määrittelemiseksi.
- Osa 6. Sovellusohjeet osille EN 61508-2 ja EN 61508-3.
- Osa 7. Tekniikoiden ja toimenpiteiden yleiskatsaus.

Standardisarjalle IEC 61508 on annettu IEC:n turvallisuuden perusstandardin asema. Sitä voidaan käyttää joko itsenäisenä standardina tai pohjana sovellusstandardille. Sitä on hyödynnetty muun muassa laadittaessa standardeja EN 62061 ja EN 13849. Standardi mahdollistaa S/E/OE -järjestelmien kehittämisen, jos sovellussektorin kansainvälisiä standardeja ei ole /12/. Standardia EN 61508 ei ole harmonisoitu, vaikka sitä käytetään edellä mainittuna normatiivisena viitteenä yhdenmukaistetuissa standardeissa.

Standardi perustuu toiminnallisen turvallisuuden lähestymistapaan ja elinkaariajatteluun. Toiminnallinen turvallisuus tarkoittaa laitteen tai järjestelmän kykyä toimia oikein, kun sen tuloviesteihin vaikutetaan. Toiminnalliseen turvallisuuteen vaikuttaa sekä itse järjestelmä, että sen käyttöympäristö. Elinkaariajattelussa huomioidaan järjestelmän kaikki vaiheet: määrittely, suunnittelu, toteutus, asennus, ylläpito ja käytöstä poistaminen, jotta toiminnallinen turvallisuus säilyisi vaatimusten mukaisena.

Automaatioteknologia

EN 61508 ei sovellu hyvin koneautomaation toteutukseen. Se on tarkoitettu laitevalmistajille monimutkaisten elektronisten ohjauksjärjestelmien suunnitteluun. Esimerkkeinä voidaan mainita turvakäyttöön sertifioitavat logiikkayksiköt, älykkäät anturit ja niiden ohjelmistot. Lisäksi EN 61508:aa käytetään tarvittaessa muiden standardien soveltamisen apuna esimerkiksi ohjelmiston kehittämisessä. Koska tätä standardia ei suoraan käytetä henkilönostimien turvalaitteiden suunnitteluun, ei EN 61508:lle tässä opinnäytetyössä katsottu tarpeelliseksi laatia suunnittelun iteratiivista prosessikuvausta. Tarvittaessa voidaan suunnitteluun soveltaa kuvan 6 mukaista toimintatapaa.

Standardin EN 61508:n yksi keskeisistä määrittelyistä on turvallisuuden eheystaso. Se on todennäköisyys sille, että turvallisuuteen liittyvä järjestelmä suorittaa tyydyttävästi vaaditut turvatoiminnot kaikissa annetuissa olosuhteissa ja annettuna aikana. Mitä korkeampi turvallisuuden eheyden taso sitä pienempi todennäköisyys, että järjestelmät epäonnistuvat turvatoimintojen toteuttamisessa. Turvallisuuden eheyden taso (TET, engl. SIL) 4 on korkein ja taso 1 matalin. Kone-automaatiossa käytetään tasoja 1-3, sillä taso 4 on katastrofiluokan onnettomuuksien estämiseen asetettu taso. Koneen vika ei voi aiheuttaa niin laajaa onnettomuutta. Henkilönostimen turva-automaatiolle on EN 280 A2:ssä asetettu eheystasojen 1 ja 2 mukaisia vaatimuksia.

Standardi EN 61508-1 antaa ohjeet toiminnallisen turvallisuuden arviointiin kohdassa 8. Siinä on arvioinnin tavoitteeksi määritelty ottaa selko ja päätyä arvioon S/E/OE turvallisuuden liittyvien järjestelmien saavuttamasta toiminnallisesta turvallisuudesta. /12/ Opinnäytetyönä laadittu arviointiohje perustuu tämän standardin vaatimuksiin.

Standardista EN 61508-1 on poimittu seuraavat keskeiset vaatimukset arvioinnin suorittamiselle:

- Arvioija on nimitettävä suorittamaan arviointia.
- Arvioijan on oltava riippumaton.
- Arvioijan on päästävä kaikkien asiaan kuuluvien henkilöiden puheille ja käsiksi kaikkeen informaatioon ja välineistöön.
- Toiminnallisen turvallisuuden arviointiin on ryhdyttävä ennen kuin määritellyt vaarat ovat käsillä.
- Arviointi on kohdistuttava kaikkiin elinkaaren vaiheisiin.
- On arvioitava elinkaaren vaiheessa suoritettuja toimia ja saatuja lähtötietoja.

Automaatioteknologia

- On arvioitava missä laajuudessa sovellettavan standardin tavoitteet ja vaatimukset on täytetty.
- On arvioitava edellisen elinkaaren vaiheen arvioinnin jälkeen tehty työ ja seuraavien vaiheiden suunnitelmat.
- On tutkittava edellisen vaiheen arviointien suositukset ja missä laajuudessa muutoksia on tehty.
- Arvioinnin toimien tulee olla johdonmukaisia ja suunniteltuja.
- Arvioinnin päättyessä on annettava suositukset hyväksymisestä, varauksellisesta hyväksymisestä tai hylkäämisestä.

4. Standardien soveltaminen

4.1. Tyypitarkastusprosessi

Siirrettävän henkilönostimen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelu-prosessi on esitetty kuvassa 7. Yksityiskohtaiset ohjeet ovat Inspecta Tarkastus Oy:n sisäisessä työohjeessa QMW150.8. /2/

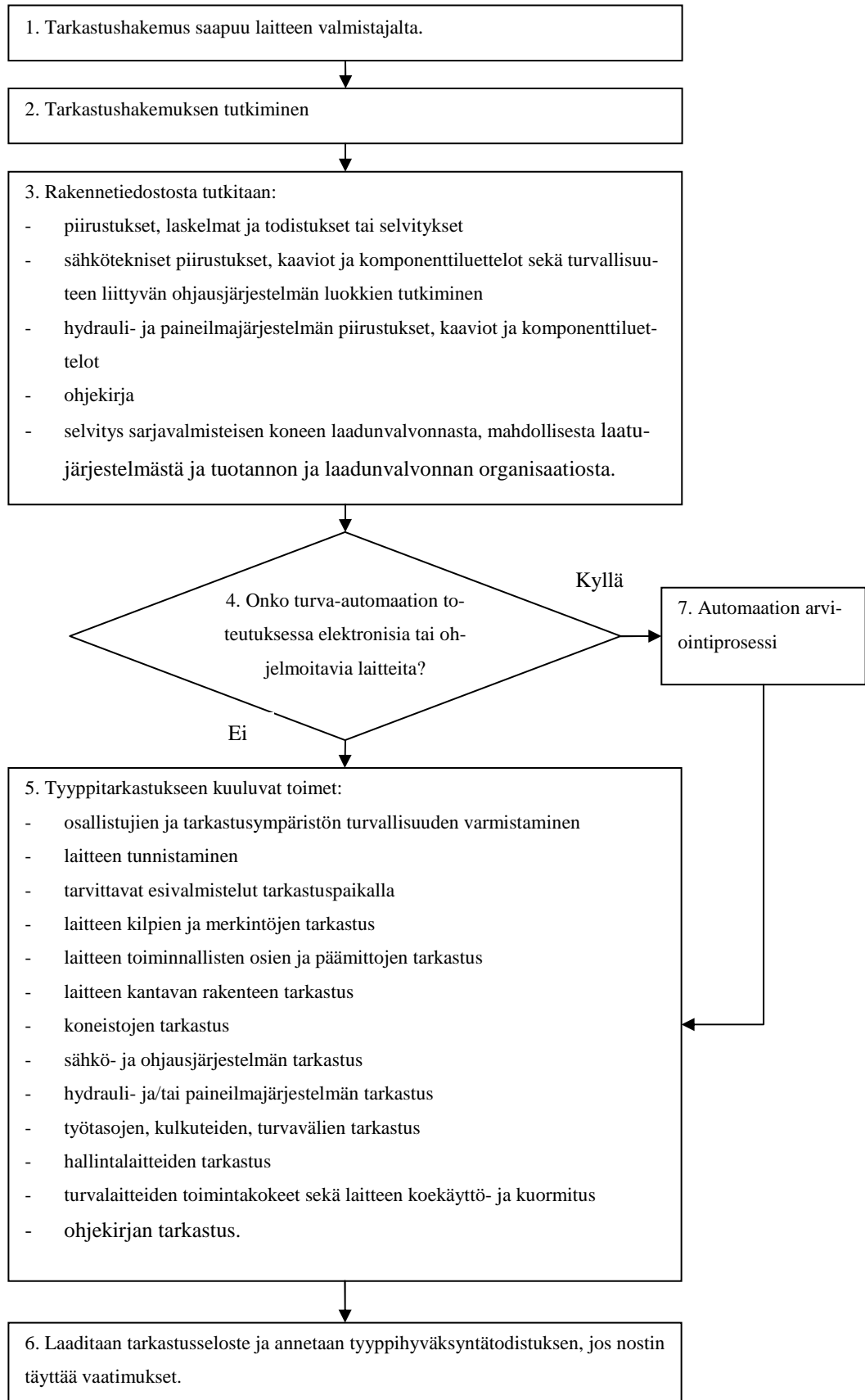
Tyypitarkastusprosessi käynnistyy laitteen valmistajan hakemuksesta, jossa hakija myös vakuuttaa, ettei hae tarkastusta toiselta ilmoitetulta laitokselta. Tällä lainsäätäjä on halunnut varmistaa, ettei valmistaja yritä ”kokeilemalla” saada hyväksyntää laitteelleen.

Toisessa vaiheessa tutkitaan, että saatu aineisto on riittävä ja kattava. Kolmannessa osiossa perehdytään aineistoon ja tehdään tarvittavat tarkistuslaskelmat ja vertailut sovellettaviin standardeihin. Neljännessä vaiheessa todetaan ohjelmoitavan automaation käyttö turvatoiminnoissa ja tarve käynnistää automaation arviointiprosessi. Jos turvatoiminnot on toteutettu muulla kuin ohjelmoitavalla elektroniikalla, voidaan jatkaa suoraan viidenteen kohtaan.

Viidennessä kohdassa tutkitaan tarkastettava nostin ja tehdään tarvittavat kokeet. Automaation arviointiprosessista tulee olla suoritettuna ainakin määrittely- ja suunnitteluvaiheiden osuudet taulukkojen 3 ja 4 mukaisesti. Asennus-, kelpuutus- ja ylläpitovaiheen arvioinnit voidaan suorittaa nostimen tarkastuksen yhteydessä.

Lopuksi laaditaan tarkastusseloste, jonka yhtenä osana on lausunto turva-automaation vaatimustenmukaisuudesta. Tarkastusselosteen perusteella tyypitarkastuksesta vastaava henkilö viime kädessä päättää henkilönostimen tyypitarkastuksen hyväksymisestä tai hylkäämisestä.

Automaatioteknologia



Kuva 7. Tyypitarkastettavan nostimen tarkastusprosessi

4.2. Automaation arviointiprosessi

Laaditun arviointiohjeen mukainen, henkilönostimen sähköisten turvajärjestelmien suunnittelu ja kelpuutusprosessi on esitetty kuvassa 8. Prosessi alkaa tarkasteltavaksi valitusta, kyseisessä henkilönostimessa käytetystä turvatoiminnosta.

Seuraavassa vaiheessa 2 valitaan sovellettava standardi. Valinnan on jo aiemmin tehnyt turvatoiminnon automaatiototeutuksen suunnittelija mutta toisinaan apuna joudutaan käyttämään useaa standardia.

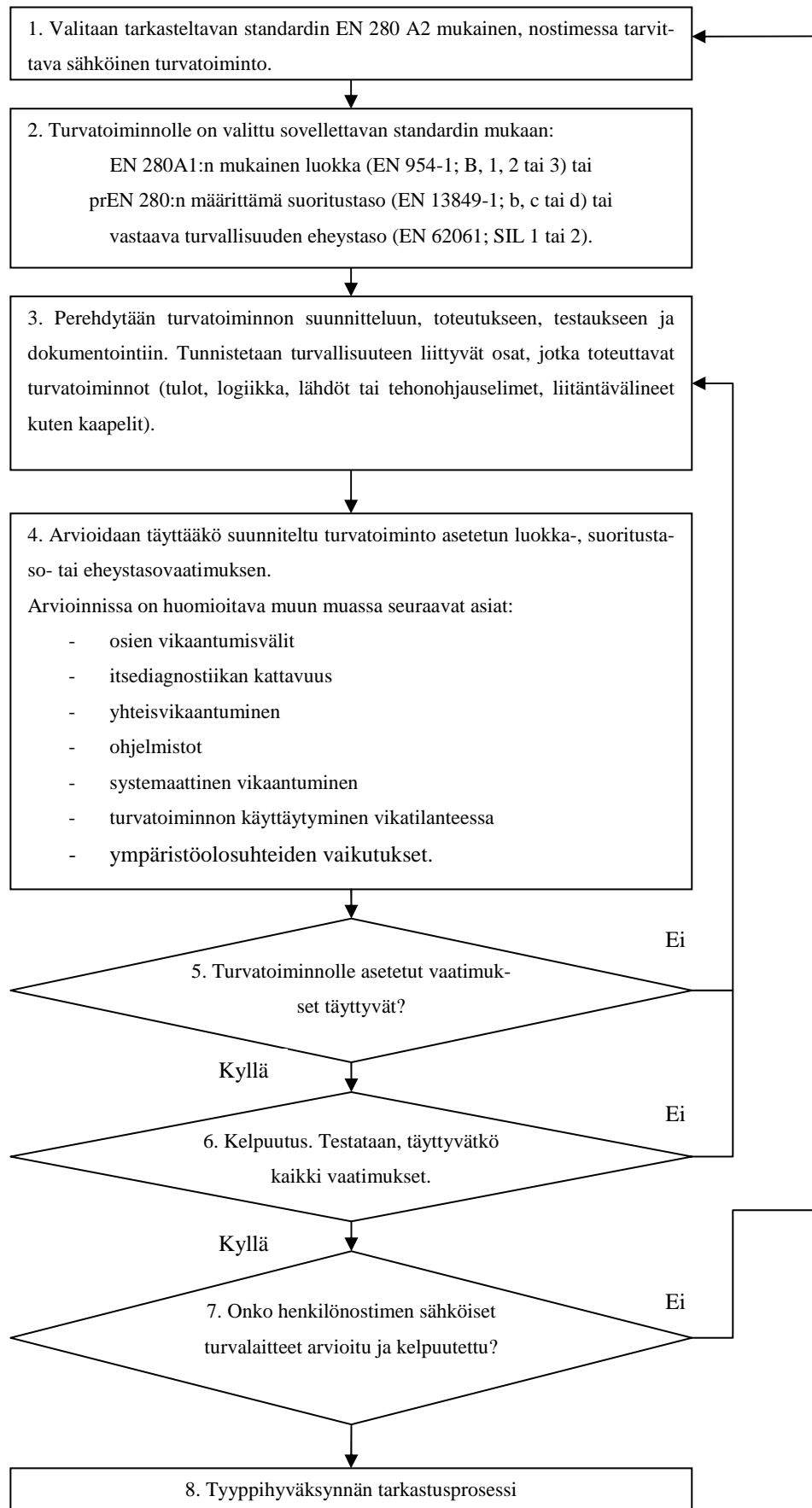
Kolmannessa vaiheessa perehdytään tehtyihin suunnitelmiin, toteutukseen, testaukseen ja dokumentointiin yhdessä suunnittelijan kanssa. Havainnoidaan ja rajataan tarkasteltavan, yksittäisen turvatoiminnon toteutus kokonaisuuden joukosta.

Meneillään olevan arviointivaiheen (määrittely, suunnittelu, asennus tai ylläpito) mukaisesti tutkitaan asianomaiset kohteet. Turvatoimintokohtaisesti laadittuja tarkastuslistoja käytetään systemaattisena menetelmänä ja arviointisuunnitelmana.

Vaiheessa 5 ratkaistaan täyttykö vaatimukset tehtyjen selvitysten perusteella vai tarvitaanko muutoksia suunnitelmiin. Seuraavassa osassa tarkistetaan myös testaamalla toiminnot ja ratkaistaan onko toiminto hyväksyttävä vai vaatiiko se korjausta.

Viimeisessä kaavion ehdossa tutkitaan, onko kaikki turvatoiminnot arvioitu. Jos kaikki on tutkittu, päätetään arviointi kirjalliseen raporttiin (tarkastuselosteeseen) tyyppihyväksynnästä vastaavalle tarkastajalle.

Automaatioteknologia

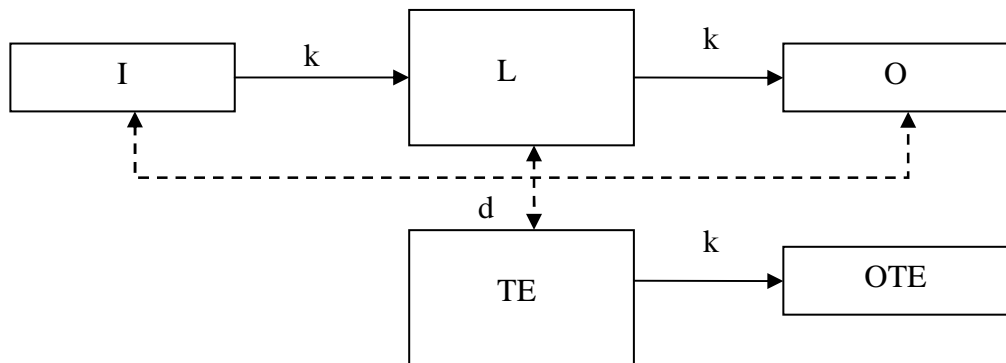


Kuva 8. Automaation arviointiprosessi

4.3. Laitteisto

Henkilönostinstandardissa EN 280 A2 on määritellyille turvatoiminnoille asetettu EN 954-1 mukaiset luokat B, 1, 2 tai 3. Vastaavia luokkia käytetään turvatoiminnon perusrakenteena sovellettaessa standardia EN 13849-1. Eheystasojen määrittelyyn perustuvat standardit EN 62061 ja EN 61508 ohjaavat käyttämään luokan 3 toiminnoissa eheystasoa TET 2 ja alemmissa luokissa eheystasoa TET 1. Luokassa B on matalin vaatimustaso ja toteuttamiseen voidaan katsoa riittävän asianmukaisen, hyvän suunnittelu- ja asennustyön sekä laadukkaiden komponenttien käytön. Luokassa 1 käytetään niin sanottuja hyvin koeteltuja komponentteja ja hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita. Hyvin koeteltu komponentti on esimerkiksi pakkotoiminen rajakytkin, jossa mekaaninen voima pakottaa kosketinkärjet auki, vaikka niissä olisi tapahtunut kiinnihitsautumista. Monimutkaista ohjelmoitavaa elektroniikkaa ei voida pitää hyvin koeteltuna tekniikkana. Hyvin koeteltu turvallisuusperiaate on esimerkiksi koneen energiansyötön (sähkön tai muun vastaavan) katkaisu, kun turvatoimintoa tarvitaan. Luokissa B ja 1 ei vaadita itse diagnostiikkaa, joka paljastaisi turvatoiminnon vikaantumisen. Nämä luokat ovat yksikanavaisia. Käytännössä luokan B ja 1 ratkaisuja ei toteuteta, kun käytetään nykyaikaisia ohjelmoitavia logiikkoja. Jos logiikkayksikkö on tyyppihyväksytty turvakäyttöön, niin sen luokka on korkeampi kuin 1, esimerkiksi 4. Ilman riittävää vikadiagnostiikkaa oleva logiikka ei täytä vaatimuksia eikä voi saada tyyppihyväksyntää. Vastaavasti diagnostiikan lisääminen nostaa toteutuksen vähintään luokan 2 mukaiseksi.

Luokan 2 ja TET 1 turvatoiminnoissa edellä mainittuja hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita pitää myös noudattaa. Tässä luokassa turvatoiminto toteutetaan yksikanavaisena eli tuloissa, lähdöissä tai logiikkaosassa ei ole rinnakkaisia, redundantisija yksiköitä. Merkittävin ero B ja 1 luokkiin on toteutukseen sisältyvä itsediagnostiikka. Se tarkistaa ohjausjärjestelmän koneen käynnistyksen yhteydessä ja aina ennen vaaraa aiheuttavan toiminnan alkamista. Nykyaikaisissa järjestelmissä tarkistustoiminta toimii niin usein, että sitä voidaan pitää jatkuvana. Paljastunut vika tulee johtaa siirtymiseen turvalliseen tilaan kuten liikkeen pysäyttämiseen tai käynnistymisen estämiseen. Lisäksi havaittu vika ilmaistaan käyttäjälle esimerkiksi merkkivalolla tai äänimerkillä. Jos se ei ole mahdollista, on järjestelmän varoitettava vaarasta. Kuvassa 9 on EN 13849-1:ssä esitetyn mukainen periaatekaavio luokan 2 toteutuksesta. /5, 7/ Arvioitavan kohteen turvatoiminnon toteutus on hyvä yksinkertaistaa kuvan mukaiseksi periaatekaavioksi. Sen perusteella on helpompi arvioida toiminnon vaatimustenmukaisuutta.



Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista.

Merkintöjen selitys:

k	kytkentävälineet
d	valvonta (itsediagnostiikka)
I	tuloyksikkö (esim. anturi)
L	logiikka
O	lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)
TE	testauslaitteisto
OTE	testauslaitteiston lähdöt (vikatiedot)

Kuva 9. Luokan 2 ja TET 1 mukainen rakenne

Luokassa 3 edellytetään aiemmin esitettyjen hyvien turvallisuusperiaatteiden noudattamista. Lisäksi asetetaan vaatimus, että yksittäinen vika missä tahansa ohjausjärjestelmän osassa ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Lisäksi yksittäinen vika tulisi paljastua käyttäjälle, jos se vain on kohtuudella mahdollista. Tässä luokassa hyväksytään mahdollisuus, että paljastumattomien vikojen kerääntyminen voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Se ei silti ole luonnollisesti suotavaa. Kuvassa 10 on EN 13849-1:ssä esitetyn mukainen periaatekaavio luokan 3 toteutuksesta. /5, 7/

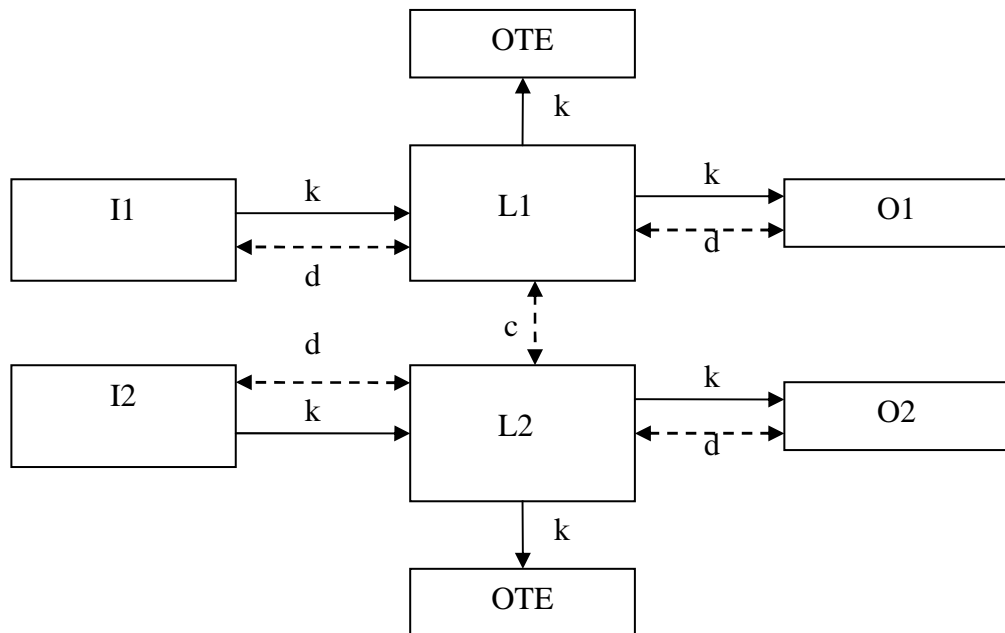
Koska yksittäinen vika ei saa aiheuttaa turvatoiminnon menettämistä, johtaa se käytännössä kuvan 10 mukaiseen rinnakkaiseen rakenteeseen, jossa on riittävä itsediagnostiikka. Logiikkayksiköt valvovat toisiaan ja tulojen kuntoa sekä takaisinkytkentäpiiriin avulla tulojen ja lähtöjen tilaa. Vian ilmetessä suoritetaan turvatoiminto, esimerkiksi katkais-

Automaatioteknologia

taan lähtöyksikön avulla sähköenergian syöttö koneelta ja sovelluskohtaisin menetelmin (esimerkiksi merkkivalolla) informoidaan käyttäjää havaitusta viasta. Redundanttisuus (kahdentaminen) varmistaa, että vaikka toinen lähtöyksikkö olisi toimintakyvytön, niin rinnakkainen ohjaus vielä kykenee pysäyttämään koneen.

Standardit EN 13849-1, EN 62061 ja EN 61508 antavat mahdollisuuden toteuttaa ilman redundanssia edellä mainitun 3-luokan vaatimustason. Se edellyttää itsediagnostiikalta käytännössä sataprosenttista vikojen paljastumista ja myös vahvoja menetelmiä suunnittelun ja toteutuksen laadunhallinnassa.

Luokan 3 ja TET 2 toiminnan luotettavuutta voidaan parantaa merkittävästi lisäämällä kanavien erilaisuutta eli diversiteettiä. Erilaistaminen vähentää merkittävästi yhteisvikaantumisen mahdollisuutta. Yhteisvikaantuminen tarkoittaa samasta syystä eri yksiköihin aiheutunutta vikaa. Syynä voi olla ohjelmavirhe logiikoissa, määrittelyvika suunnittelussa tai esimerkiksi ympäristön lämpötila. Kuvan 10 toiminnossa voitaisiin käyttää asentomittausta tulona I1 ja rajakytkintä tulossa I2. Vastaavasti O1 voisi ohjata hydrauliventtiilin kiinni ja O2 hydraulipumpun seis. Tämä muutokset aiheuttaisivat myös logiikan ohjelmistoon erilaisuutta. Kokonaisuutena turvatoiminnon luotettavuus lisääntyisi merkittävästi.



Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista.

Merkintöjen selitys:

k	kytkentävälineet
d	valvonta
c	ristiinvalvonta
I1, I2	tuloyksikkö (esim. anturi)
L1,L2	logiikat
O1, O2	lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)
OTE	testauslaitteiston lähdöt (vikatiedot)

Kuva 10. Luokan 3 ja TET 2 mukainen rakenne /5, 7/

Useilta laitetoimittajilta on saatavissa valmiiksi johonkin turvallisuusluokkaan tai eheystasoon tyyppihyväksytyjä eli sertifioituja laitteita ja logiikkoja. Usein sertifikaatin on myöntänyt ulkomainen tarkastuslaitos kuten esimerkiksi TUV Saksasta. Sertifioitujen tuotteiden käyttö on suositeltavaa, sillä se yksinkertaistaa ja nopeuttaa henkilönostimen tyyppihyväksyntäprosessia. Nostinvalmistajan kannattaisi tarkkaan harkita oman tai ti-

Automaatioteknologia

laustyönä tehtävän ohjausjärjestelmän käytön järkevyyttä. Uuden laitteen vaatimustenmukaisuuden osoittaminen on työlästä, hidasta ja kallista. Elektroniikan lisäksi myös ohjelmisto pitää pystyä osoittamaan vaatimusten mukaiseksi.

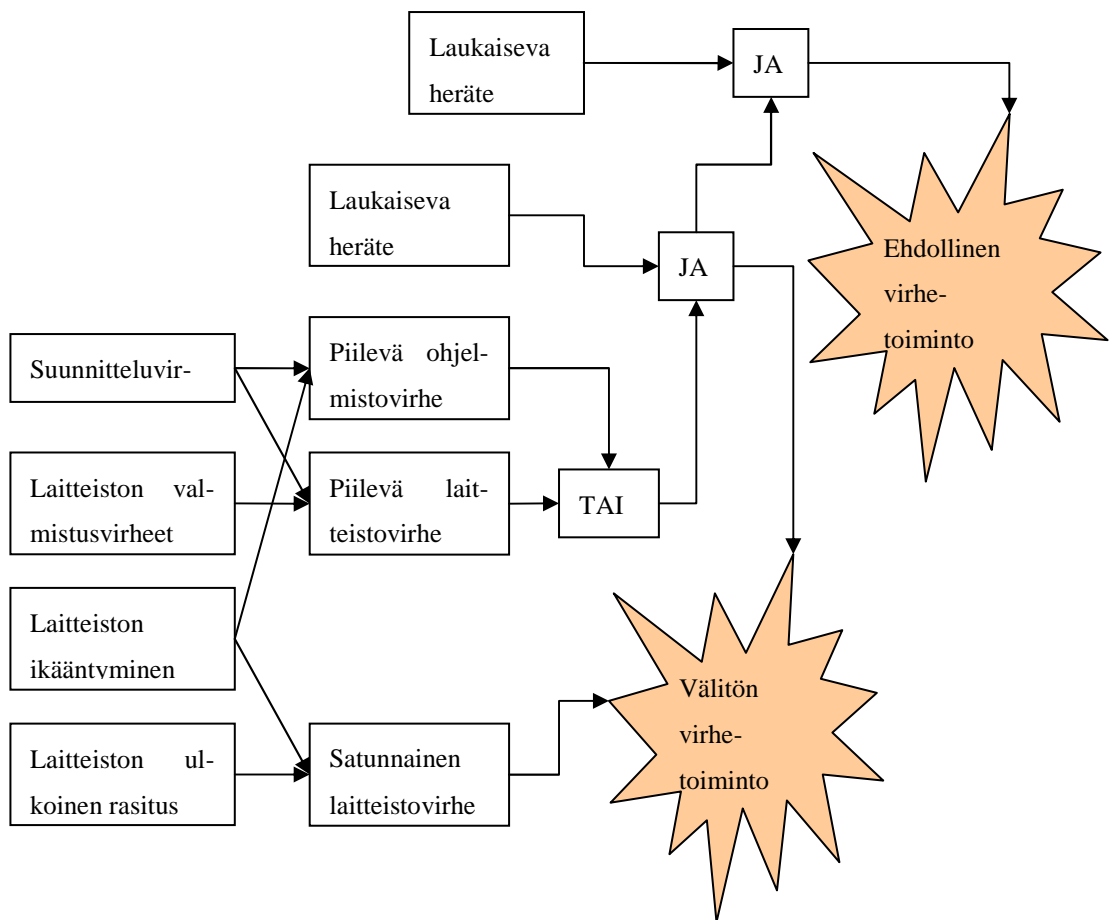
4.4. Ohjelmisto

Turva-automaation ohjelmiston laadulla on oleellinen merkitys toiminnalliseen turvallisuuteen. Ohjelmistot eivät vikaannu kuten laitteet, sillä ne eivät vanhene sanan fyysisessä merkityksessä, eivätkä ne kulu tai väsy. Laitteistoon voi syntyä satunnainen vika kuten esimerkiksi elektroniikkakomponentin oikosulku. Ohjelmiston vika ei ole koskaan satunnainen, vaan sen virhetoiminnan syy on aina systemaattinen. Virhetoiminnan syntymiseen tarvitaan aina laukaiseva tekijä eli heräte. Virhetoiminta näkyy ulospäin toimintona, joka poikkeaa määritellystä tai käyttäjän odottamasta käyttäytymisestä. Ohjelmiston virheellinen toiminta ei välttämättä johda virhetoimintaan eikä sitä aina edes havaita.

Systemaattiset viat ovat ihmisten tekemiä virheitä. Niitä ovat esimerkiksi määrittelyvaiheessa tehdyt virheet, järjestelmän suorituskyvyn yliarviointi, suunnittelu ja koodausvirheet. Standardi EN 61508-3 antaa menetelmä laadukkaan ohjelmiston tuottamiselle ja keinot ohjelmiston laadun varmistamiseen.

Automaatiojärjestelmien ohjelmistokehitys -kirjassa on käsitelty virheiden lähteitä. Kuva 11 on kehitetty kirjassa esitetyn vastaavan kaavion pohjalta. Siinä esitetään eri virhemekanismit. Kuvassa esitetyn tapahtumaketjun ei tarvitse tapahtua välittömästi, vaan järjestelmä voi olla virheellisessä tilassa pitkäänkin ajan. Laukaisevana herätteenä voi olla väärä syöte tai väärä ajoitus. Heräte voi aiheutua esimerkiksi ihmisen tekemästä väärästä ohjauksesta, ympäristön vaikutuksesta, laitteen rikkoutumisesta tai ohjelmiston sisältä. /1/

Ohjelmiston vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa sovelletaan standardissa EN 61508-1 kohdan 8 määrittelyjä. Lisäksi EN 61508-3:n taulukossa A.10 on lueteltu eri menetelmiä ja tekniikoita ohjelmiston toiminnallisen turvallisuuden arviointiin.



Kuva 11. Virhemekanismit

4.5. Turvaväylät

Turvaväylät -kirjassa Matti Sundqvist määrittelee turvaväylän seuraavasti: ”Turvaväylällä tarkoitetaan joko kokonaan erillistä turvallisuuteen liittyvälle tiedonsiirrolle tarkoitettua väylää tai olemassa olevaa kenttäväylään tehtyä turvalaajennusta, johon voidaan liittää turvalaitteita. Turvaväyläksi kutsutaan siis niitä kenttäväyliä, joihin on lisätty turvallisuusominaisuuksia estämään tietoliikenteen virheisiin liittyviä vaaroja”.

/4/

Kaupalliset turvaväylät perustuvat olemassa oleviin väyläratkaisuihin, joihin on lisätty sanomien eheyttä varmistavia diagnostiikkatoimintoja sekä suurimman sallitun siirtoviiveen valvonta. Diagnostiikan havaitsemasta viasta käynnistetään määritelty toiminta esimerkiksi koneen liikkeen pysäytys.

Automaatioteknologia

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa tarkastetaan, että suunnittelija on huomioinut määrittelyissä ja luotettavuuslaskelmissa väylän vaikutuksen turvatoimintojen suorituskykyyn sekä turvaväylä on toteutettu ja testattu suunnitelmallisesti.

4.6. Integraatio

Integraatiossa ohjelmisto, väylät, laitteisto ja käyttäjäliityntä yhdistetään toimivaksi kokonaisuudeksi. Tässä vaiheessa tarkistetaan laitteiden oikea toiminta, tehdään suunnitellut testit ja mittaukset. Laittevalmistaja määrittelee mittaukset ja tarkastukset, joita ovat esimerkiksi syöttöjännitteet ja -virrat, maadoitusvastukset, väylien signaalitasot ja virhelaskurien lukemat sekä itsediagnostiikan toiminta. Turvatoimintoja ei tässä vaiheessa vielä tarkisteta, vaan tarkoituksena on varmistaa laite- ja ohjelmistoalustojen oikea toiminta. Tarkastuksista ja testauksista tulee laatia suorittajien allekirjoittamat pöytäkirjat. Jos turvallisuuteen liittyvässä järjestelmässä on toteutettu muita toimintoja, on kokonaisuutta käsiteltävä turvallisuuteen liittyvänä järjestelmänä.

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa tarkastetaan, että suunnitellut ja määritellyt testit on suoritettu ja niistä on laadittu asianmukaiset asiakirjat. Tarkistetaan myös turvallisuuden liittyvän automaation riippumattomuus muista toiminnoista.

4.7. Kelpuutus

Kelpuutusvaiheessa tarkistetaan, että kokonaisuus vastaa kaikkia määrittelyvaiheessa turva-automaatiolle asetettuja vaatimuksia ja järjestelmä toimii moitteettomasti ja luotettavasti. Kelpuutuksessa on osoitettava, että kukin turvallisuuteen liittyvä osa vastaa sovellettavassa standardissa esitettyjä vaatimuksia. Laittevalmistajan pitää suunnitella kelpuutusprosessi, jossa kuvaillaan turvatoimintojen vaatimukset ja kelpuutuksessa käytettävät keinot ja menetelmät. Sen lisäksi, että tarkistetaan suunniteltujen turvatoimintojen oikea toiminta, kelpuutusprosessissa pyritään löytämään kaikki väärät ja puutteelliset toiminnot ja korjaamaan ne.

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa kiinnitetään huomio kelpuutus suunnitelman noudattamiseen ja dokumentointiin. Arvioinnissa on myös tarkastettava löydettyjen virheiden ja vikojen korjaus- ja uudelleen kelpuutusmenetelmät. Arvioijan tulisi olla mukana kelpuutusvaiheessa seuraamassa työskentelyä.

5. Ohjeet, tutkimukset, julkaisut

Turvallisuuteen liittyvät järjestelmät seuraavat yleistä tietotekniikan kehitystä pienellä viipeellä. Tämä jatkuva muutos vaatii arvioijalta aktiivista tekniikan seuraamista ja opiskelua. Seuraavassa luetelmassa on joitakin lähteitä ja julkaisuja, jotka standardien lisäksi voivat olla avuksi arviointityössä.

- Koneiden ohjausjärjestelmien turvallisuussuunnitteluun on kehitetty toimintamalli KOTOTU-hankkeessa (Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus). Siinä on perehdytty vaatimusmäärittelyyn, kehitetty turvallisuusprosessin toimintamalli ja tutkittu turvallisuussuunnittelun työkaluja. KOTOTU-hankkeen tulokset on koottu VTT tiedotteeseen 2485. /3/
- Työsuojeluhallinnon julkaisu Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia (Työsuojelujulkaisuja 91) tarkastelee työvälineiden (koneiden) turvallista käyttöä mutta siinä selvennetään myös käyttö- ja koneasetuksen välistä suhdetta. /18/
- Tapio Siirilän kirja Koneturvallisuus, EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä käsittelee muun muassa koneturvallisuuden periaatteita ja määräyksiä sekä ohjausjärjestelmiä. Kirjan kappaleessa 25.6 on käsitelty siirrettävien henkilönostimien turvallisuusvaatimuksia ja erilaisia nostintyyppejä. /13/
- Suomen Automaatioseuran turvallisuusjaoston toiminta, teemapäivien luennot sekä internet-sivut antavat monipuolista tietoa turva-automaatioalalta. /26/

6. Tulokset, automaation arviointiohje

Kuten edellä on jo todettu, standardin EN 280 A2 laatija on asettanut siirrettävän henkilönostimen turvalaitteiden luotettavuudelle ja käytettävyydelle vähimmäisvaatimukset. Standardissa EN 280 A2 vaatimukset on esitetty EN 954-1:n mukaisina luokkina ja uudistustyön alla olevassa versiossa prEN 280 käyttöön on otettu EN 13849-1:n mukaiset suoritustasot.

Standardin EN 13849-2 mukaan yksittäistä elektronista laitetta ei pidetä hyvin koeteltuna komponenttina, joten yksikanavaisella elektronisella laitteella ei voida toteuttaa standardin EN 13849-1 (tai EN 954-1) luokkaa 1. Näin ollen elektronisista laitteista kootut turvatoiminnot pitää toteuttaa vähintään luokan 2 mukaisesti eli vikadiagnostiikalla varustettuina. Edellä mainitusta syystä, ja koska tässä ohjeessa käsitellään vain elektronisten ja ohjelmoitavien turvalaitteiden arviointia, myös luokan 1 turvatoiminnot arvioidaan luokan 2 mukaisesti, joka vastaa eheystasoa TET 1.

Automaatiotekniikalla toteutetun turvalaitteen käyttötarve riippuu nostimen tyypistä, rakenteesta ja muista seikoista ja se tulee koneen valmistajan kanssa erikseen selvittää. Turvalaite on saatettu toteuttaa esimerkiksi mekaanisesti tai hydraulisesti, joita tekniikoita ei tässä ohjeessa ole käsitelty. Perinteisellä reletekniikalla toteutetut ratkaisut on myös jätetty tarkastelun ulkopuolelle.

Seuraavissa kappaleissa 6.1-6.20 perehdytään mitä turva-automaatiojärjestelmän arvioinnissa tulisi huomioida turvalaitekohtaisesti. Tarkastelujärjestys on standardeissa EN 280 A2 ja prEN 280 esitetyn taulukon 4 mukainen ja turvatoiminnon määrittelyteksti on lainaus standardista EN 280 A2. Siinä on viitattu standardin EN 280 A2 kohtaan 5.11, jossa puolestaan viitataan standardiin EN 954-1. Siinä annetaan esimerkin luokkien käytöstä yhdistämällä sähkötekniikkaa, hydraulikkaa ja mekaniikkaa. Lisäksi määrätään, että turvalaitteen ohittaminen saa olla mahdollista vain turvallisella tavalla, käyttäen erillistä laitetta, jonka luokka on sama tai parempi kuin turvalaitteen luokka.

Automaatioteknologia

Standardin EN 61508-1 mukaisesti arviointi on kohdistuttava kaikkiin elinkaaren vaiheisiin. Näissä vaiheissa huomioitavat asiat on koottu vaihekohtaisesti taulukkoihin 3, 4, 5 ja 6.

Taulukoissa testauksella (verifiointi) tarkoitetaan toteutetun työn tuloksen vertaamista ennalta asetettuihin määrittelyihin. Kelpuutuksella (validointi) puolestaan tarkoitetaan toteutettujen turvatoimintojen vertailua standardissa EN 280 A2 asetettuihin vaatimuksiin.

Automaatioteknologia

Taulukko 3. Määrittelyvaiheen arviointikohteet

Arviointikohde	Tunniste	
Määrittelyvaiheen kohde	Kuvaus	Huomiot
Turvatoiminto määritelty EN 280 mukaisesti	Turvatoimintojen kuvaukset	
Käytön aiheuttaman rasituksen määrittely	Tärinät, kiihtyvyydet, mekaaniset rasitukset	
Ympäristön aiheuttaman rasituksen määrittely	Lämpötila kylmä/kuuma, kosteus, EMC (EN 62061 Liite E), energian syöttö	
Komponenttien vaatimusten määrittely	Valmistettu ao. standardin mukaisesti, mitta-alue ja -tarkkuus, asennettavuus, kaapelointi, kotelointi	
Ohjelmistojen vaatimusten määrittely	Sertifioitu turvakäyttöön, ohjelmointikielet, työkaluohjelmat, työmenetelmät	
Tiedonsiirtotekniikoiden vaatimusten määrittely	Turvaväyläteknikat	
Itsediagnostiikan vaatimusten määrittely	Diagnostiikan kattavuus, seuraukset havaitusta viasta	
Systemaattisten virheiden välttämisen määrittely	Laatujärjestelmä, menetelmät laitteisto ja ohjelmisto, testaukset	
Yhteismuotoisten vikojen välttämisen määrittely	Käyttöympäristön vaikutus, kahdennus, erilaistaminen (EN 62061 Liite F)	
Testaustarpeiden määrittely laitteille	Toteutuskuvaus	
Testaustarpeiden määrittely ohjelmille	Toteutuskuvaus	
Testaustarpeiden määrittely itse-diagnostiikalle	Toteutuskuvaus	
Huolto- ja ylläpitotarpeiden määrittely	Toteutuskuvaus	
Hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteiden noudattaminen	EN 13849-2, Liite D taulukot D.2 ja D.3	
Muutosten hallinnan määrittely	Asiakirjat (EN 62061 Kohta 9)	
Dokumentointivaatimusten määrittely	Asiakirjat (EN 13849-2 Taulukko 2)	
Hyväksytty / hyväksytty varauksin / hylätty	Arviointipäivä	Arvioija

Automaatioteknologia

Taulukko 4. Suunnittelu- ja toteutusvaiheen arviointikohteet

Arviointikohde	Tunniste	
Suunnittelu- ja toteutusvaiheen kohde	Kuvaus	Huomiot
Komponentit on valittu määrittelyn mukaisesti.	Osat ja komponentit on suunniteltava, rakennettava, valittava, kokoonpantava ja yhdistettävä asi-aankuuluvien standardien mukaisesti, että ne voivat kestää odotettavissa olevat vaikutukset. On käytetty hyvin koeteltujen komponentteja.	
Ohjelmistot on valittu määrittelyn mukaisesti.	Asiakirjat	
Tiedonsiirtotekniikat on valittu määrittelyn mukaisesti.	Asiakirjat	
Itsediagnostiikka on valittu määrittelyn mukaisesti.	Asiakirjat	
Huolto ja ylläpito on huomioitu määrittelyn mukaisesti.	Asiakirjat	
Laitevalmistajien ohjeet on huomioitu.	Suunnitelmat, valmistajan asennus- ja käyttöohjeet, logiikan Safety Manual	
Toiminnallinen turvallisuus on tarkistettu laskelmilla.	Laskentatyökalut ja tulokset	
Suunnitelmat on tarkastettu analyysien avulla.	Toiminto- ja kommunikointianalyysi, HAZOP, VVA, VPA	
Suunnitellut testaukset on tehty laitteille.	Pöytäkirjat, tekijät, aika, paikka, allekirjoitukset	
Suunnitellut testaukset on tehty ohjelmille.	Pöytäkirjat, tekijät, aika, paikka, allekirjoitukset	
Suunnitellut testaukset on tehty itsediagnostiikalle.	Pöytäkirjat, tekijät, aika, paikka, allekirjoitukset	
Suunnitellut testaukset on tehty järjestelmälle, väylälle, käyttäjällytynälle ja muille osille.	Pöytäkirjat, tekijät, aika, paikka, allekirjoitukset	
Asennus on suunniteltu.	asennusdokumentit	
Kelpuus on suunniteltu.	Suunnitelmat, EN 13849-2	
Tekniset asiakirjat on laadittu.	Määrittelyn mukaisesti, (historia, päivitykset, revisiointi, tekijät) EN 13849-1 kohta 10 EN 62061 kohta 7	
Hyväksytty / hyväksytty varauksin / hylätty	Arviointipäivä	Arvioija

Automaatioteknologia

Taulukko 5. Asennus- ja kelpuutusvaiheen arviointikohteet

Arviointikohde	Tunniste	
Asennus ja kelpuutusvaiheen kohde	Kuvaus	Huomiot
Turva-automaatio on asennettu suunnitelmien mukaisesti.	Vertailu suunnitelmiin, mittauspöytäkirjat, väylien mittaukset, jännite- tasojen tarkistukset, maadoitusmit- tauokset, EMC-vaatimukset	
Tarkistettu, että ohjelmat ja para- metrit eivät muutu sähkökatkossa.	Testausasiakirjat	
Toteutus on tarkastettu EN 60204 mukaan.	Erillinen ohje, Inspecta Tarkastus	
Kelpuutus on tehty suunnitelman mukaan.	Toimintakokeet ja testaustulokset	
Tekniset asiakirjat ovat ajan tasalla.	Asiakirjat on laadittu ja päivitetty sekä revisioitu.	
SHN:n toiminnalliset kokeet	Testaus tehdään tarkastajan ohjei- den mukaisesti ja laaditaan pöytä- kirjat.	
Hyväksytty / hyväksytty varauk- sin / hylätty	Arviointipäivä	Arvioija

Taulukko 6. Ylläpitovaiheen arviointikohteet.

Arviointikohde	Tunniste	
Ylläpito ja muutosten hallinnan kohde	Kuvaus	
Käyttöohjeet on laadittu.	Käyttäjille, huoltohenkilöstölle	
Ylläpito-ohjeet on laadittu.	Määräaikaistestit, korjausohjeet	
Muutosten hallinnan ohjeita on noudatettu.	Muutoksen syy, vaikutusarvio, tes- taussuunnitelma, hyväksyntä, tes- tauspöytäkirja	
On suojauduttu ohjelmien ja para- metrien muutoksilta.	Salasanat tai muut menettelyt	
Tekniset asiakirjat ovat ajan tasalla.	Asiakirjat on laadittu ja koottu suun- nitelman mukaisesti.	
Hyväksytty / hyväksytty varauk- sin / hylätty	Arviointipäivä	Arvioija

6.1. Alustan siirron estäminen, kun työtaso ei ole kuljetusasennossa

EN 280 A2 kohta 5.3.1: Kävellin ohjattavat ja tyypin 1 mukaiset konekäyttöiset SHN:t on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella automaattisesti toimivalla turvalaitteella, joka estää SHN:n siirron, kun työtaso ei ole kuljetusasennossa. Itsekulkevan SHN:n ajonopeuden rajoittimen on toimittava automaattisesti, kun työtaso ei ole kuljetusasennossa. Taulukon 7 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 7. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.2. Alustan kallistuman ilmaisu

EN 280 A2 kohta 5.3.2: Kaikissa SHN:issä on oltava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukainen turvalaite (esim. vesivaaka), joka ilmaisee onko alustan kallistuma valmistajan sallimissa rajoissa. Tämä laite on suojattava vahingoittumiselta ja vahingossa tapahtuvalta asetusarvon muutokselta. Konekäyttöisillä nostotuilla varustetussa SHN:ssä tämän laitteen on oltava selvästi havaittavissa jokaisesta nostotukien ohjauspaikasta. Kun tyypin 3 (siirtoa työtaso nostettuna ohjataan työtasolla olevalta ohjauspaikalta) mukainen SHN saavuttaa suurimman sallitun alustan kallistumansa, se on ilmaistava työtasolle kuuluvalla äänimerkillä. Taulukon 8 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 8. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.3. Työtason liikealueen rajoittaminen

EN 280 A2 kohta 5.3.8.1: SHN:t on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella, joka estää työtason käyttämisen sallittujen asentojen ulkopuolella, ellei nostotukia ole asetettu käyttöohjeiden mukaisesti. Taulukon 9 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 9. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

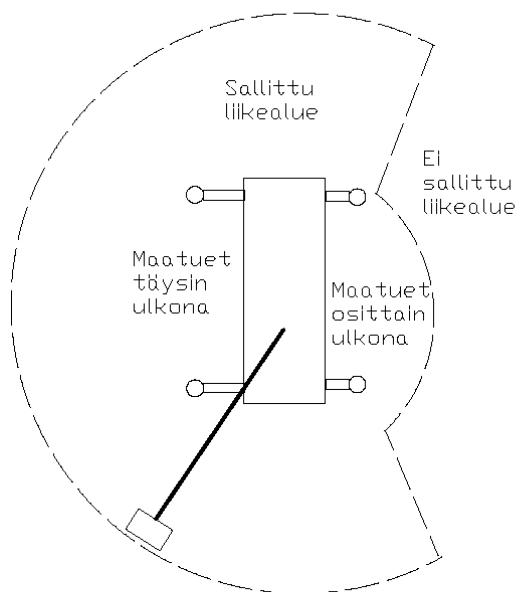
6.4. Työtason liikealueen rajoittaminen, rajoitettu käyttöasento

EN 280 A2 kohta 5.3.8.2: SHN:t, jotka on suunniteltu käytettäväksi ilman nostotukia tietyissä rajoitetuissa käyttöasentoissa, on varustettava kohdan turvalaitteilla, jotka estävät käytön ilman nostotukia näiden rajoitettujen asentojen ulkopuolella. Taulukon 10

Automaatioteknologia

mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Kuvassa 12 on esimerkki edellä mainitusta toiminnasta. Siinä toisen puolen nosto- eli maatuot on mahdollista vetää vain osittain ulos, jolloin puomin liikealue rajoittuu automaattisesti turvalliselle osuudelle. Tämä ominaisuus mahdollistaa esimerkiksi lähellä seinää työskentelyn. Toiminnon suorittamiseen saatetaan tarvita useita tulotietoja, kuten nostotukien levitysasento, tieto, että tukijalat on laskettu maahan, puomin ulottuma, puomin kääntö- ja nostokulma. Myös korikuorman mittaus saattaa olla liikealuetta rajoittavana tietona. Standardi edellyttää myös, ettei yksi vika turvatoiminnoissa saa johdattaa vaaratilanteeseen. Tämä edellyttää toimintojen kahdentamista.



Kuva 12. Puomin liikeradan rajoitetun käyttöasennon periaate

Taulukko 10. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Automaatioteknologia

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET 2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.5. Nostotukien liikkeiden esto

EN 280 A2 kohta 5.3.10: SHN:t, joissa on konekäyttöiset nostotuet, on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella, joka estää nostotukien liikkeet, kun työtaso ei ole kuljetusasennossa tai EN 280 A2 kohdan 5.3.8 mukaisessa rajoitetussa käytössä. Kun työtaso on tällaisessa rajoitetussa asennossa, ei nostotukien käyttö saa vaarantaa vakavuutta. Taulukon 11 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 11. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET 2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.6. Siirtonopeuden rajoitus

EN 280 A2 kohta 5.3.16: EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisia turvalaitteita käytettäessä tyyppien 2 ja 3 mukaisten SHN:ien siirtonopeudet eivät saa ylittää seuraavia arvoja, kun työtasolla on henkilöitä ja työtaso ei ole kuljetusasennossa:

- a) 1,5 m/s ajoneuvoalustaisille SHN:ille, kun siirron ohjauslaitteita käytetään ajoneuvon ohjaamosta käsin
- b) 3,0 m/s kiskoille asennetuille SHN:ille
- c) 0,7 m/s kaikille muille tyyppien 2 ja 3 mukaisille itsekulkeville SHN:ille.

Taulukon 12 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 12. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.7. Kuorman mittausjärjestelmä

EN 280 A2 kohta 5.4.1.2: Kuorman mittausjärjestelmä on turvalaite, jonka on toimittava seuraavasti:

- a) Sen on estettävä kaikki työtason normaalit liikkeet paikaltaan työskentelyasennosta, kun nimelliskuorma on saavutettu ja ennen kuin 120 % nimelliskuormasta ylitetään.
- b) Kun normaalit liikkeet estetään kohdan a mukaisesti, pitää valitulla ohjauspaikalla vilkkua punainen merkkivalo, johon liittyy äänimerkki, joka on kuultavissa kaikilla ohjauspaikoilla. Merkkivalon on vilkuttava jatkuvasti ja varoitusäänimerkin on oltava kuultavissa vähintään 5 sekuntia minuutissa niin kauan, kun kohdassa a kuvattu tilanne jatkuu.
- c) Normaalit liikkeet voivat käynnistyä uudelleen vasta, kun ylikuorma on poistettu.

Automaatioteknologia

Ryhmän A tyyppin 1 SHN:illä sallitaan, että kuorman mittauslaitteen on vaikutettava vain nostettaessa työtasoa kulkuasennosta. Tässä tapauksessa on EN 280 A2 kohdan 6.1.4.3 mukaisessa kokeessa käytettävän koekuorman oltava 150 % nimelliskuormasta. Taulukon 13 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 13. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.8. Aseman valvonta

EN 280 A2 kohta 5.4.1.3.3: Jos käytetään ei-mekaanisia rajoitinlaitteita, on nostorakenteen sallittuja asentoja rajoitettava laitteella, joka mittaa nostorakenteen asemaa ja toimii ohjausjärjestelmän kautta niin, että liikkeet pysyvät työskentelyalueen sisäpuolella. Tämä laite on varmistettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella. Taulukon 14 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 14. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Automaatioteknologia

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET 2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.9. Momentin mittausjärjestelmä

EN 280 A2 kohta 5.4.1.4: Momentin mittausjärjestelmä on turvalaite, jonka on toimittava seuraavasti. Kun sallittu kaatava momentti (ks. EN 280 A2 kohta 5.2.4.4) saavutetaan, on annettava näkyvä varoitus ja estettävä muut paitsi kaatavaa momenttia pienentävät liikkeet. Momentin mittauslaitteen on täytettävä EN 280 A2 kohdan 5.11 vaatimukset. Taulukon 15 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 15. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET 2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.10. Maston lukitus kuljetusasentoon

EN 280 A2 kohta 5.4.3 (poistunut luonnoksesta prEN 280): SHN:t, jotka on varustettu taittuvalla mastolla, on varustettava laitteella, joka varmistaa maston lukittumisen kuljetus- ja työskentelyasentoon. Työtason nostaminen työskentelyasentoonsa ei saa olla mahdollista ennen kuin masto on työskentelyasennossa. Taittuvilla mastoilla varustetut SHN:t on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella, joka estää maston taittumisen, kun työtaso ei ole kulkuasennossa. Taulukon 16 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 16. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.11. Nostorakenne

EN 280 A2 kohta 5.4.2: Mikäli nostorakennetta täytyy nostaa tai laskea tietyssä järjestyksessä ylikuormituksen tai kaatumisen välttämiseksi, on tämän tapahduttava automaattisesti. Tämän automaattisen toiminnon on oltava osa aseman valvontaa (ks. EN 280 A2 kohta 5.4.1.3) tai momentin mittausjärjestelmää (ks. EN 280 A2 kohta 5.4.1.4).

Arviointi suoritetaan samalla, kun tarkastetaan edellä mainittujen toimintoja.

6.12. Loukkuun jäämisen estäminen

EN 280 A2 kohta 5.4.4 (pr280 5.4.3). SHN:ille, jotka on suunniteltu mahtumaan n. 1,2 m leveistä ja n. 2 m korkeista kulkuaukoista, sallitaan jäykän tai joustavan suojuksen sijasta seuraava ratkaisu: Alaspäin suuntautuvan liikkeen on pysähdyttävä automaatti-

Automaatioteknologia

sesti EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisen turvalaitteen avulla asentoon, jossa saksien ulkoreunojen välinen pystysuora etäisyys on vähintään 50 mm, jolloin sormet eivät voi joutua puristuksiin tai leikkautua. Liikkeen jatkuminen alaspäin saa olla mahdollista vain riittävän pitkän ajan kuluttua, jolloin käyttäjällä on tilaisuus havaita SHN:n vieressä olevien henkilöiden mahdollinen loukkaantumisvaara. Liike saa jatkua vain käyttäjän toimesta. Taulukon 17 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 18. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.13. Ketjujen ja hihnojen valvonta

EN 280 A2 kohta 5.5.1.3: Käyttöjärjestelmissä saa käyttää voimansiirtoketjuja tai hihnoja vain sillä edellytyksellä, että työtason odottamattomat liikkeet on automaattisesti estetty ketjun tai hihnan vaurioituessa. Tämä voidaan saavuttaa itsepidättävällä vaihteella tai EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella ketjuja/hihnoja valvovalla turvalaitteella. Taulukon 19 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 19. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 2

Automaatioteknologia

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.14. Köysien höltymisen valvonta

EN 280 A2 kohta 5.5.2.7: SHN:t, joissa työtaso nousee ja laskee köysien avulla, on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella, joka keskeyttää köysien höltymisen aiheuttavat liikkeet. Vastakkaiseen suuntaan tapahtuvien liikkeiden on oltava mahdollisia. Tätä laitetta ei tarvita, jos köysien höltyminen ei ole mahdollista. Taulukon 20 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 20. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.15. Ketjujen höltymisen valvonta

EN 280 A2 kohta 5.5.3.7: SHN:t, joissa työtaso nousee ja laskee ketjujen avulla, on varustettava EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisella turvalaitteella, joka keskeyttää ketjujen höltymisen aiheuttavat liikkeet. Vastakkaiseen suuntaan tapahtuvien liikkeiden on oltava mahdollisia. Tätä laitetta ei tarvita, jos ketjujen höltyminen ei ole mahdollista. Taulukon 21 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Automaatioteknologia

Taulukko 21. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.16. Hammastankojen nopeuden valvonta

EN 280 A2 kohta 5.5.5.2: Hammastankokäytöissä on oltava nopeudenrajoittimella laukaistava turvalaite. Tämän turvalaitteen on hallitusti pysäytettävä ja pidettävä pysäytetynä nimelliskuormainen työtaso nostomekanismin pettäessä. Jos tämä turvalaite käynnistyy, on energiansyötön katkettava automaattisesti. Taulukon 22 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 22. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.17. Työtason kallistuman rajoitus

EN 280 A2 kohta 5.6.1: Työtason lattia saa kallistua enintään 5° vaakatasosta tai alustan tai pyörivän kääntölaitteen tasosta nostorakenteen liikkeiden aikana tai käytön aiheuttamien kuormien ja voimien vaikutuksesta. Työtason vaakasuorassa pitävään järjestelmään on sisällyttävä EN 280 A2 kohdan 5.11 mukainen turvalaite, joka järjestelmän vikaantuessa sallii työtason kallistua enintään 5° lisää. Taulukon 23 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 23. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 2
EN 62061	TET 2
EN 13849-1	Suoritustaso d
EN 954-1	Luokka 3

Arvioinnissa huomioitava erityisesti, että luokan 3 ja TET 2 mukaiset ohjausjärjestelmät on suunniteltava siten, ettei yksittäinen vika missä tahansa osassa ei johda turvatoimintojen menettämiseen. Jos kohtuudella on mahdollista, yksittäinen vika paljastuu. Kahdennetun järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.18. Suojuksien lukitukset

EN 280 A2 kohta 5.6.3: Suojuksen osa, joka voidaan siirtää paikaltaan työtasolle tultaessa, ei saa taittua tai avautua ulospäin. Se on suunniteltava niin, että se joko sulkeutuu ja lukittuu automaattisesti, tai että se on kytketty SHN:n toimintaan EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisen turvalaitteen avulla siten, että SHN:n käyttö on estetty kunnes se on suljettu ja lukittu. Tahaton avaaminen ei saa olla mahdollista. Liukuvien tai pystysuoraan sarakoitujen välijohteiden, jotka palautuvat automaattisesti suoja-asentoonsa, ei tarvitse olla lukittavia ja koneen toimintaan kytkettyjä. Taulukon 24 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 24. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 2

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.19. Siirron hallintalaitteet

EN 280 A2 kohta 5.7.2: Tyyppien 2 ja 3 mukaisten SHN:ien siirron hallintalaitteet eivät saa toimia samanaikaisesti muiden hallintalaitteiden kanssa. Tämä ei koske kiskoille asennettuja SHN:iä. Tämä on saatava aikaan EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisen turvalaitteen avulla. Taulukon 25 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 25. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso b
EN 954-1	Luokka B

Luokan B vaatimukset täyttyvät käyttämällä hyväksi koettuja komponentteja ja menetelmiä. Jos toteutus tehdään ohjelmoitavalla tekniikalla, sovelletaan seuraavia TET 1:n mukaisia vaatimuksia. Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

6.20. Ohjauspaikan valinta

EN 280 kohta 5.7.4. Jos liikettä voidaan ohjata useilta ohjauspaikoilta, on hallintalaitteet kytkettävä muilta ohjauspaikoilta niin, että SHN:iä voidaan ohjata vain yhdeltä ennalta valitulta ohjauspaikalta kerrallaan. Tämä on saatava aikaan EN 280 A2 kohdan 5.11 mukaisen turvalaitteen avulla. Taulukon 26 mukainen taso on saavutettava yhdistämällä koulutetun käyttäjän oikea käyttötapa, ohjausjärjestelmä, käyttöjärjestelmä ja turvajärjestelmä. /6/

Taulukko 26. Vaatimustasot turvatoiminnon luotettavuudelle

Standardi	vaatimustaso
EN 61508	TET 1
EN 62061	TET 1
EN 13849-1	Suoritustaso c
EN 954-1	Luokka 1

Kahdentamattoman järjestelmän turvallisen vikaantumisen osuus pitää olla yli 60 %:a kaikista vikaantumisista. Jos ohjelmointi tehdään rajoittamattoman käskykannan ohjelmointikielellä, on sovellettava standardin EN 61508-3 vaatimuksia.

Arviointisuunnitelmana käytetään taulukkoja 3, 4, 5 ja 6.

7. Tulosten tarkastelu ja arviointi

Kehittämistehtävän tuloksena luotiin ohjelmoitavan turva-automaation arviointityöhön tarkistuslistat, taulukot 3,4,5 ja 6. Tarkistuslistojen käyttö on useissa standardeissa ja laatujärjestelmissä suositeltu menetelmä, jolla pyritään varmistamaan tarkastuksen riittävä kattavuus. Lisäksi laadittiin siirrettävän henkilönostimen turvalaitekohtainen arviointiohje. Alkuperäinen tavoite, että kaikille neljälle turva-automaatiota ohjaavalle standardille laadittaisiin omat yksityiskohtaiset ohjeet ja tarkistuslistat, ei toteutunut. Tämä johtui siitä, että ainoastaan standardi EN 61508-1 antaa ohjeistusta vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Toisaalta, pitkien standardikohtaisten listausten laatiminen arviointia varten osoittautui työn edetessä hyödyttömäksi, sillä niistä alkoi muodostua kelpuutusta käsitteleviä ohjeita. Kelpuutuksen suunnittelu ja suoritus ovat koneen valmistajan tehtäviä, ei arvioijan.

Sekä laaditut tarkistuslistat, että ohjeet antanevat hyvän, systemaattisen lähestymistavan arviointitehtävään. Niissä on varmasti myös kehitettäviä osioita, jotka löytyvät ja tarkentuvat käytettäessä ohjeita arviointityössä. Tarkastuslistat soveltuvat myös muiden koneiden turva-automaation arviointiin, sillä ne ovat yleiskäyttöisiä. Turvatoimintokohtaiset arviointiohjeet ovat laiteriippuvaisia ja ne pitää suunnitella vastaamaan tarkasteltavaa konetta, ellei sille ole C-tyypin standardia valmiina.

Automaation arvioinnin perimmäinen tarkoitus on aikaansaada turvallinen nostoväline ihmisten käyttöön.

LÄHTEET

Painetut lähteet

1. Hannu Asmala, Kari Koskinen, Mika Koskela, Teemu Mätäsniemi, Antti Soini, Mika Strömman, Teemu Tommila, Janne Valkonen. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys. Suunnittelu työtavat, välineet ja sovellusarkkitehtuuri. Suomen Automaatioseura ry. Helsinki 2005.
2. Inspecta. Työohje. Henkilönostimet. Tyyppitarkastus. QMW150.8. Inspecta Tarkastus Oy. Espoo 2009. Julkaisematon lähde.
3. Marita Hietikko, Timo Malm, Jarmo Alanen. Koneiden ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Ohjeita ja työkaluja standardien mukaisen turvallisuusprosessin luomiseen. VTT tiedotteita 2485. VTT. Helsinki 2009.
4. Matti Sundqvist (toim.). Teollisuusautomaation tiedonsiirtoliikenne. Turvaväylät. Inspecta Koulutus Oy. Espoo 2008.
5. Metalliteollisuuden Standardisoimiskeskus. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Suomen standardisoimisliitto SFS. SFS-EN 954-1. Helsinki 1997.
6. Metalliteollisuuden Standardisoimisyhdistys ry. Siirrettävät henkilönostimet, suunnittelulaskelmat, vakavuus, rakenne, turvallisuus, tarkastukset ja testit. Standardi SFS-EN 280 A2. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2009.
7. Metalliteollisuuden Standardisoimisyhdistys ry. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Standardi SFS-EN ISO 13849-1. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2007.

8. SESKO ry. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Standardi SFS-EN 62061. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2005.
9. SESKO ry. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteistot. Osa 1: Yleiset vaatimukset SFS-EN 60204-1. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2006.
10. Suomen Sähköteknillinen Standardisoimisyhdistys SESKO. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable safety-related systems. Standardi SFS-EN 61508-2. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2002.
11. Suomen Sähköteknillinen Standardisoimisyhdistys SESKO. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Part 3: Software requirements. Standardi SFS-EN 61508-3. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2002.
12. Suomen Sähköteknillinen Standardisoimisyhdistys SESKO. Standardin täydennys SFS-IEC 61508-1. EN 61508-1. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2002.
13. Tapio Siirilä. Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uudistettu painos. Inspecta Koulutus Oy. Keuruu 2008.
14. Teknologiateollisuus ry. Standardisointi. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät. Standardi SFS-EN ISO 12100-1. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2003.
15. Teknologiateollisuus ry. Standardisointi. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Tekniset periaatteet. Standardi SFS-EN ISO 12100-2. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2003

16. Teknologiateollisuus ry. Standardisointi. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat. Osa 1: Kelpuus. Standardi SFS-EN ISO 13849-2. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2004.
17. Teknologiateollisuus ry. Standardisointi. Siirrettävät henkilönostimet, suunnittelulaskelmat, vakavuus, rakenne, turvallisuus, tarkastukset ja testit. Standardi SFS-EN 280/A1. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2005
18. Työsuojelujulkaisu 91. Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluosasto. Tampere 2009.
19. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 31. Siirrettävät henkilönostimet. Turvallisen käytön ohjeet. Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluosasto. Tampere 2009.
20. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Finlex. Helsinki 2008.
21. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 4003/2008. Finlex. Helsinki 2008.

Sähköiset lähteet

22. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja. [www-sivu]. [viitattu 18.3.2010.] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Direktiivi>.
23. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry [www-sivu]. [viitattu 18.3.2010.] xxxxxx
Saatavissa: <http://www.sfs.fi/>
24. SESKO ry. Sähkötekniinen standardointi. [www-sivu]. [viitattu 18.3.2010.] Saatavissa: <http://www.sesko.fi/>

25. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. MetSta-tiedotus nro 12/2009
[www-sivu]. [viitattu 18.3.2010.] Saatavissa: <http://www.metsta.fi/>

26. Suomen Automaatioseura ry. Turvallisuujasto. [www-sivu]. [viitattu 8.4.2010.]
Saatavissa: <http://www.automaatioseura.fi/>