



Toni Marttila

Lopputesterin riskien arviointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

1.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Toni Marttila
Otsikko: Lopputesterin riskien arviointi
Sivumäärä: 36 sivua + 1 liite (salainen)
Aika: 1.5.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaaja: Lehtori Tuomas Leppänen

Tämän insinööriytyön tavoitteena oli perehtyä valmistumisvaiheessa olevaan automaattiseen lopputesteriin konedirektiivin 2006/42/EY ja koneturvallisuusstandardin SFS-EN ISO 12100 edellyttämän riskien arvioinnin näkökulmasta. Lisäksi tarkoituksena on tutustua riskien arvioinnin menetelmiin, kuvata arvioitavassa laitteessa ilmenviä potentiaalisia riskipaikkoja ja niihin sovellettuja ratkaisuja sekä laatia standardin vaatimusten mukaiset riskinarviointiasiakirjat.

Työssä taustoitetaan aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä ja standardeja sekä niiden asettamia vaatimuksia. Lisäksi työssä taustoitetaan lopputesterin riskien arvioinnissa sovellettuja menetelmiä ja tarkastellaan sitä, kuinka turvallisuusvaatimukset täyttyvät arvioinnin kohteena olevassa laitteessa.

Työn tuloksena valmistui lopputesterin ensimmäisen prototyypin riskien arviointi sekä arviointiraportti. Lisäksi työn aikana havaittuja menetelmiä ja kertynyttä tietopohjaa on tarkoitus hyödyntää yhtenäistämällä suunnittelukäytäntöjä sekä ohjeistusta riskien arvioinnin osalta OiTec Oy:n tulevilla projekteilla.

Avainsanat: koneturvallisuus, riskin arviointi, lopputestaus

Abstract

Author: Toni Marttila
Title: Final Tester Risk Assessment
Number of Pages: 36 pages + 1 appendix (confidential)
Date: 1 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisor: Tuomas Leppänen, Senior Lecturer

The purpose of the thesis work was to become familiar with an automatic final tester under construction, from the point of view of the risk assessment required by the Machinery Directive 2006/42/EC and the machinery safety standard SFS-EN ISO 12100. The work aimed to familiarise with the risk assessment methodology, to describe the potential risk points in the device and the solutions applied to them, and to prepare risk assessment documents in accordance with the requirements of the standard.

The thesis provides background information concerning the legislation and standards related to the subject and their requirements. It also provides background on the methods used to assess the risks of the final tester, and examines how the safety requirements are met in the device under assessment.

The thesis work resulted in a risk assessment of the first prototype of the final test adapter, and an evaluation report. In addition, the methods identified during the work and the accumulated knowledge are to be utilised by harmonising design practices and instructions for risk assessment in future projects of OiTec Oy.

Keywords: machinery safety, risk assessment, Final testing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Elektroniikan testaus	2
3	Turvallisuusmääräykset	3
3.1	Lainsäädäntö	3
3.2	Koneen valmistajan ja omistajan vastuut	5
3.3	Standardit	6
3.4	Valmistajan velvollisuudet	7
4	Riskien arvioinnin tarkoitus ja toteutus	8
4.1	Päämääränä turvallinen kone	8
4.2	Standardeista ohjeistusta riskien arviointiin	9
4.2.1	Raja-arvojen määrittäminen	10
4.2.2	Vaarojen tunnistaminen	12
4.2.3	Riskin suuruuden arviointi	13
4.2.4	Vaaran poistaminen tai pienentäminen	14
4.3	Lopputesterin riskien arvioinnin toteutus	16
5	Testauslaitteisto	17
5.1	Testiasema	19
5.2	Testiadapteri	19
5.3	Testiohjelmisto	23
5.4	Cobot-optio	23
6	Riskityypit lopputestiadapterissa	24
6.1	Mekaaniset riskit	24
6.2	Sähköiset riskit	25
6.3	Ergonomia	26
6.4	Pneumatiikka tai hydraulikka	27
6.5	Valo, melu, värinä ja päästöt	29
6.6	Ohjausjärjestelmä, ohjauslaitteet ja toiminnallinen turvallisuus	29
6.7	Ohjelmointi, huolto, korjaus ja kunnossapito	31

6.8	Merkinnät, varoitukset jäännösriskeistä ja ohjeet	31
6.9	Kuljetus, liikuttaminen, asennus ja käyttöönotto	32
7	Riskinarviointiraportti	33
8	Yhteenveto ja pohdinta	35
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1: Final test adapter risk assessment report (salainen)	

Lyhenteet ja käsitteet

CE-merkki: *Conformité Européenne*. Merkintä, jolla valmistaja tai maahantuojä vakuuttaa koneen täyttävän EU-lainsäädännön vaatimukset.

Cobot: *Collaborative robot*. Yhteistyörobotti. Ihmisen kanssa yhdessä työskentelemään tarkoitettu robotti.

EMC: *Electromagnetic compatibility*. Sähkömagneettinen yhteensopivuus.

PCB: *Printed circuit board*. Piirilevy.

PLC: *Programmable logic controller*. Ohjelmoitava logiikka.

Service Mode:

Huoltotila, joka mahdollistaa laitteen käyttämisen turvatoiminnot ohitettuna.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee automaattisen lopputestauslaitteen toiminnan ja ominaisuuksien tutkimista riskien arvioinnin näkökulmasta. Tekijä sai OiTec Oy:ltä mahdollisuuden toteuttaa opinnäytetyönsä projektissa, jossa tekijä oli toiminut vuoden 2023 keväästä lähtien asentajan ja sähkösuunnittelijan tehtävissä. Projektissa suunniteltiin ja valmistettiin asiakkaan tuotteen lopputestausta varten automatisoitu testiadapteri kytkettäväksi asiakkaan omaan testiasemaan. Laitteen ensimmäinen prototyyppi oli opinnäytetyötä tehtäessä juuri valmistamaisillaan. Samaan aikaan OiTec Oy:llä oli käynnissä mittava toimintajärjestelmän kehitysprojekti, jossa työskenneltiin muun muassa ohjeistusten, työmenetelmien ja dokumentaation kehittämiseksi. Tähän kehitystyöhön liittyen oli ajankohtaista valita työn aiheeksi testauslaitteen riskien arviointi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on olla avuksi edellä mainitussa kehitystyössä dokumentaation kehittämässä riskien arvioinnin osalta.

Tässä työssä taustoitetaan riskien arvioinnin tarkoitusta ja menetelmiä. Käydään esimerkinomaisesti läpi testauslaitteissa ilmeneviä erilaisia riskityyppejä ja lopputesterissä käytettyjä ratkaisuja riskien minimoimiseksi. Lisäksi kiinnitetään huomiota suunnittelun aikana havaittuihin asioihin ja niiden aiheuttamiin toimenpiteisiin riskien arvioinnin näkökulmasta. Työssä keskitytään vain OiTecin suunnittelemaan ja valmistamaan testiadapteriin sekä sen ominaisuuksiin. Loppuasiakkaan testattavaa tuotetta sekä testiasemaa ja testiaseman sisältämää laitteistoa käsitellään vain sen verran, kun se on testiadapterin toiminnan ymmärtämisen kannalta oleellista. Testauslaitteiston tilannut loppuasiakas sekä asiakkaan testattava tuote tunnistetietoineen ja mallimerkintöineen on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Tietosuojaan takia työn liitteenä oleva asiakastietoja sisältävä riskien arviointiraportti on salattu julkaistavasta versiosta (liite 1).

2 Elektroniikan testaus

Etenkin teollisuudessa käytettävien laitteiden elektroniikka on järkevää testata kattavasti laitteiden toimivuuden ja laadunvarmistuksen vuoksi. OiTec Oy suunnittelee ja valmistaa elektroniikan testaus- ja automaatiolaitteita. Valikoimaan kuuluvat muun muassa ladottujen piirikorttien testaukseen suunnitellut piirikorttiterit sekä valmiiksi kokoonpantujen laitteiden lopputesterit. Testattavien laitteiden kirjo on laaja-alaista kuluttajatuotteiden ja teollisuuden laitteiden piirikortti- ja lopputestereistä aina akustojen ja lääketieteellisten laitteiden testausjärjestelmiin saakka. [1.]

Merkittävä osa valmistettavista testilaitteista muodostuu manuaalisesti käytettävistä PCB- eli piirikorttitestereistä. Manuaalisesti käytettävien piirikorttitestereiden ohella monenlainen automaation hyödyntäminen testauksessa näyttäisi havaintojen perusteella olevan kovassa kasvussa. Etenkin kiinnostus yhteistyörobottien eli cobottien hyödyntämiseen tuotannon testauksessa on tekijän kokemuksen mukaan kasvanut merkittävästi.

2000-luvun alkupuolella suosiossa ollut elektroniikan sopimusvalmistuksen siirtyminen Euroopasta Aasiaan näyttäisi olevan taittumassa, ja yhä useampi elektroniikan sopimusvalmistaja on 2020-luvulla panostanut merkittävästi Euroopassa sijaitseviin tuotantolaitoksiin. Malliesimerkkinä kyseisestä muutoksesta voidaan mainita suomalaista alkuperää olevan Scanfilin ilmoitus syksyiltä 2023 yhtiön 20 miljoonan euron investoinnista uuden tehtaan rakentamiseen Puolan Sieradziin [2].

Erot työvoimakustannuksissa Euroopan ja Aasian välillä saattavat olla eräs tekijä, joka selittää halukkuuden hyödyntää automaatiota ihmistyövoiman sijaan. Automaatio tuo myös monia etuja manuaaliseen operointiin verrattuna. Usein toistuvat toiminnot, kuten testattavien tuotteiden vaihtaminen testeriin säännöllisin väliajoin, voidaan antaa cobotin tehtäväksi. Näin vapautetaan arvokkaita työvoimaresursseja muihin tehtäviin. Tämän opinnäytetyön aiheena oleva automaattinen lopputestiadapteri toimii hyvänä malliesimerkkinä siitä, kuinka

aiemmin paljon käsin tehtävää kytkentätyötä vaatinut lopputestaus saadaan automatisoinnilla tehokkaammaksi ja nopeammaksi.

3 Turvallisuusmääräykset

Lähtökohtana kaikille koneille on se, että koneen tulee olla turvallinen kaikille koneen kanssa työskenteleville henkilöille. Monet määräykset velvoittavat niin koneen valmistajia kuin konetta käyttäviä yrityksiäkin huolehtimaan turvallisuusnäkökohdista. Valmistettavan koneen turvallisuuteen on helpointa vaikuttaa jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin myös muutosten teko suunnitelmaan on vielä kohtalaisen edullista. Jälkikäteen lisätyt turvaratkaisut saattavat olla kömpelöitä ja kalliita. [3, s. 12.] Koneen turvallisuus on merkittävä laatutekijä.

3.1 Lainsäädäntö

Lainsäädäntö edellyttää koneen valmistajaa huomioimaan turvallisuuden osana suunnittelua [3, s. 12]. Riippumatta siitä, onko kyseessä sähkökäyttöinen mittalaite, liikkuvia osia sisältävä automaattinen testauslaite tai cobotin operoima testaussole, turvallisuus on eräs tärkeimmistä valmistajan vastuulla olevista asioista. Myös valmistajan vastuu laitteen turvallisuudesta tulee lainsäädännöstä. EU:n jäsenmaana Suomen lainsäädäntö noudattaa eurooppalaisia määräyksiä. Kun laite on saatettu markkinoille yhdessä EU-maassa yhtenäisen EU-lainsäädännön ja määräysten mukaisesti, se voidaan tuoda markkinoille koko EU-alueella. [3, s. 13.]

Laitteen suunnittelussa joudutaan miettimään tarkasti, miten laite määritellään. Laitteen ominaisuuksista riippuen se voi kuulua esimerkiksi pienjännitedirektiivin tai konedirektiivin alaisuuteen. Usein se kuuluu jopa molempiin. EU:ssa on voimassa valmistajaa velvoittava konedirektiivi 2006/42/EY. Konedirektiivillä on yhdenmukaistettu koneiden turvallisuusvaatimukset. Direktiivi on voimaan saatettu Suomen lainsäädäntöön niin sanotulla konelailla 1016/2004 ja koneasetuksella 400/2008, jotka sisällöltään vastaavat EU:n konedirektiiviä. Konedirektiivissä määritellään muun muassa yleiset koneiden suunnittelussa käytettävät terveys-

ja turvallisuusvaatimukset, jotka koneen tulee täyttää. Lähtökohtana direktiiville on pitää koneiden turvallisuustaso korkeana. [4; 5; 6.]

Euroopan unioni on julkaissut uuden koneasetuksen 2023/1230. Asetus on tullut voimaan 19.7.2023, ja sitä on sovellettava 14.1.2027 alkaen. Tämä asetus tulee kumoamaan vanhan konedirektiivin. Asetukset poikkeavat direktiiveistä siten, että ne ovat heti voimaan tultuaan sitovia kaikissa EU-jäsenmaissa, eikä niitä tarvitse erikseen saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä. Koska siirtymäaika on pitkä ja nykyiset standardit noudattavat vanhan asetuksen sisältöä, toimitaan vuoteen 2027 saakka vanhojen määräysten pohjalta. [7.]

Koneasetuksen (2008/400) 1. luvun 4 §:n määritelmän mukaan laite luokitellaan koneeksi, jos tiettyjä toimintoja varten kokoonpannussa laitteessa on liikkuvia osia, se toimii muulla kuin ihmis- tai eläinvoimalla ja se koostuu toisiinsa liitettyjen osien yhdistelmästä [6]. Koneasetuksessa määritellään tarkemmin, mitkä koneet tai koneyhdistelmät on rajattu koneasetuksen soveltamisalan ulkopuolelle. Osalle näistä koneista on olemassa omat direktiivinsä ja niistä johdetut lainsäädäntönsä. Koneasetuksen ulkopuolelle jäävät esimerkiksi monet OiTecin valmistamat testaus- ja mittauslaitteet, joissa ei ole koneasetuksen mainitsemia liikkuvia osia. Tällöin laite luokitellaan koneen sijasta yleensä sähkölaitteeksi ja määräävä lainsäädäntö tulee yleensä pienjännitedirektiivistä 2014/35/EU, jota vastaa Suomessa sähköturvallisuuslaki 1135/2016 ja valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta 1437/2016. [8, s. 48–50.]

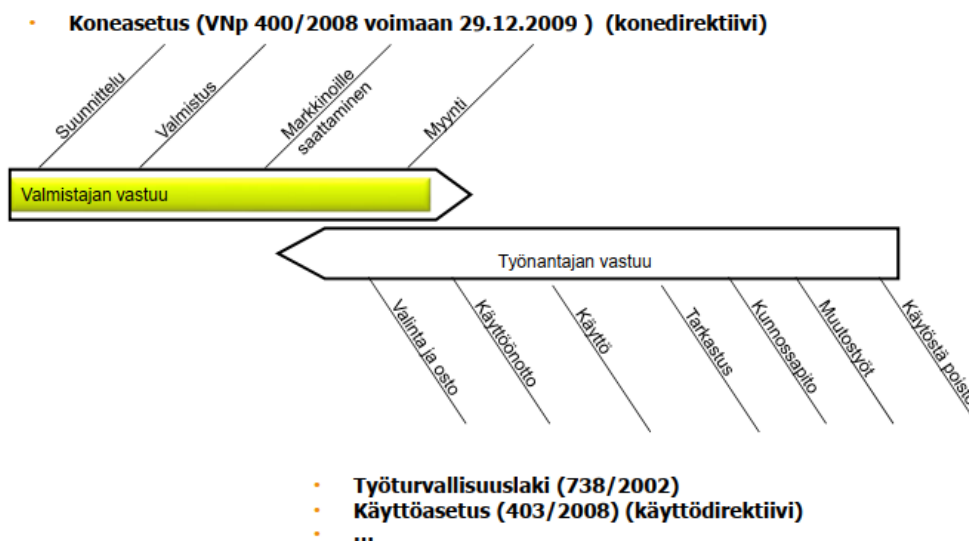
Sähkökäyttöisten laitteiden tulee myös olla sähkömagneettista yhteensopivuutta käsittelevän EMC-direktiivin 2014/30/EU vaatimusten mukaisia. Suomalaisessa lainsäädännössä tämä on säädetty valtioneuvoston asetuksella sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 1436/2016. Asetuksen 8 §:n mukaan voidaan tiivistää, että laite tulee suunnitella siten, että se ei aiheuta radio- ja telelaitteille elektromagneettisia häiriöitä eikä myöskään itse laitteen toiminta häiriinny ulkopuolisista elektromagneettisista häiriöistä. [9.]

Mittaus- ja testauslaitteita koskee myös useassa tapauksessa mittauslaitedirektiivi 2014/32/EU. Tämä direktiivi on pantu täytäntöön Suomessa mittauslaitelain 707/2011 ja valtioneuvoston asetuksen 471/2014 avulla. Useimmissa tapauksissa mittauslaitteiden vaatimuksenmukaisuus tulee varmentaa teettämällä hyväksytyt tarkastuslaitoksen tekemä tyyppitarkastus. [10.]

3.2 Koneen valmistajan ja omistajan vastuut

Vaikka koneen EU-markkinoille saattajan eli suunnittelijan, valmistajan, maahantuojan tai myyjän vastuulla on paljon turvallisuuteen liittyviä asioita, jakautuu osa vastuusta koneen turvallisuutta koskien myös koneen loppukäyttäjän, yleensä yrityksen, kannettavaksi. Työturvallisuuslaki 738/2002 ja käyttöasetus 403/2008 eli valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta edellyttävät työnantajalta työpaikan, työympäristön ja koneiden vaarojen jatkuvaa arviointia ja niissä todettujen riskien vähentämistä [11, § 10; 12, § 4]. Lisäksi työnantajan on tekniikan kehittyessä otettava uusia turvallisuusratkaisuja käyttöön myös vanhoissa koneissa [11, § 8].

Metropolian lehtori Kristian Junnon turva-automaation luentomateriaalista [13] lainattu kuva 1 havainnollistaa hyvin koneen turvallisuuden vastuiden jakautumista koneen elinkaaren eri vaiheissa.



Kuva 1. Vastuiden jakautuminen [13].

Vastuu koneen turvallisuudesta limittyy osittain valmistajalle ja osittain työnantajalle. Koneita hankkivan yrityksen ei tule sokeasti luottaa valmistajan vakuutuksiin koneen turvallisuudesta, vaan yritys on myös itse velvollinen arvioimaan koneessa mahdollisesti esiintyviä turvallisuusriskejä.

Vastuukysymykset eivät aina ole yksiselitteisiä. Joskus voi olla, että jokin yritys on valmistanut itselleen jonkin koneen täysin omaa käyttöään varten. Silloinkin koneen tulee täyttää kaikki samat koneasetuksen vaatimukset turvallisuuden, merkintöjen ja dokumentoinnin osalta [8, s. 42]. Koneen turvallisuuden säilymisestä ja ajantasaisuudesta on huolehdittava koko koneen elinkaaren ajan. Koneen käyttöönoton jälkeenkin koneen turvallisuutta tulee seurata ja mahdolliset turvallisuuspuutteet on laitettava kuntoon. Lainsäädännön uusiutuessa ja turvallisuusvaatimusten kiristyessä valmistumisajankohtanaan turvallisuusmääräykset täyttänyt kone ei välttämättä täytäkään enää uusia määräyksiä. Tällöin tulee aloittaa toimenpiteet koneen muuttamiseksi ajantasaisten määräysten mukaiseksi.

3.3 Standardit

Määräysten mukaisten laitteiden valmistamisen ja markkinoille saattamisen helpottamiseksi on tehty joukko standardeja, joita noudattamalla laitteesta saadaan valmistettua määräysten mukainen. Kun standardi on yhdenmukaistettu EU-direktiivin kanssa eurooppalaiseksi EN-standardiksi, voidaan standardia noudattamalla olettaa koneen täyttävän siltä osin konedirektiivin vaatimukset.

Konedirektiivin standardit luokitellaan A-, B- ja C-tyyppin standardeiksi. Näistä hierarkkisesti korkeimman tason standardi on A-tyyppin standardi, jota sovelletaan kaikille koneille. [8, s. 87–88.] Ainoana yhdenmukaistettuna standardina A-ryhmään kuuluu koneturvallisuuden perusstandardi SFS-EN ISO 12100:2010, joka esittää koneturvallisuuden yleiset suunnitteluperiaatteet ja sisältää kattavasti asiaa myös riskien arvioinnista ja riskien pienentämisestä. A-tyyppin standardi ei yksinään vielä riitä monimutkaisen koneen suunnitteluun, vaan avuksi täytyy monesti etsiä eri aihepiirien yksilöllisiä standardeja. [14.]

B-tyyppin standardit käsittelevät jotakin tiettyä turvallisuus- tai suojausnäkökohtaa. Näitä ovat esimerkiksi turvaetäisyydet, melu tai suojauslaitteet. B-tyyppin standardeista löytyy myös koneiden sähkölaitteisiin ja ohjausjärjestelmiin liittyviä standardeja. Mikäli valmistettavalle laitteelle löytyy oma C-tyyppin standardi eli konekohtainen turvallisuusstandardi on koneen turvallisuusominaisuuksien suunnittelu helpompaa kuin yleisten standardien mukaan suunniteltaessa. Jos kyseiselle laitteelle ei ole olemassa omaa C-tyyppin standardia, on sovellettava monesti useita ylemmän tason yleisiä standardeja. [8, s. 88.]

Esimerkiksi sähkötuovallisuuden näkökulmasta erittäin hyödyllinen standardi testauslaitteiden sähköturvallisuuden kannalta on SFS-EN 61010-1, josta löytyy kattavasti mittaukseen, säätöön ja laboratoriokäyttöön tarkoitettujen sähköisten laitteiden turvallisuusvaatimukset. Standardissa on osittain päällekkäisyyttä yleisen koneiden sähkölaitteistostandardin SFS-EN 60204-1 kanssa, mutta molempia standardeja noudattamalla koneen sähköturvallisuusvaatimukset tulevat täytettyä.

3.4 Valmistajan velvollisuudet

Koneasetus (2008/400) 2 luku 5 § velvoittaa koneen valmistajaa tai tämän valtuutettua edustajaa suorittamaan seuraavan luettelon mukaiset toimet ennen koneen markkinoille saattamista tai käyttöönottoa.

- On varmistettava, että kone täyttää sitä koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset.
- On varmistettava, että koneesta on käytettävissä tekninen tiedosto, joka sisältää mm. täydelliset tiedot koneen valmistus- ja rakennedokumentaatioista, dokumentti tehdystä riskien arvioinnista sekä jäljenökset koneen käyttöohjeista.
- On varustettava kone tarvittavilla tiedoilla, kuten ohjeilla.
- On huolehdittava koneen EY-vaatimuksenmukaisuudesta sekä laadittava EY-vaatimuksenmukaisuusvakuutus. [6.]

Koneasetuksen (2008/400) liitteissä annetaan tarkempia ja yksityiskohtaisempia määräyksiä muun muassa merkintöihin, turvalaitteisiin, vaatimuksenmukaisuusvakuutukseen ja yleisiin terveys- ja turvallisuusvaatimukseen liittyen. Koneen

valmistajan on huomioitava nämä kaikki koneen suunnittelussa ja valmistamisessa ennen koneen saattamista markkinoille. [6.]

4 Riskien arvioinnin tarkoitus ja toteutus

Riskien arvioinnin tekeminen on sekä koneen valmistajan että sitä käyttävän työnantajan lakisääteinen velvollisuus. Valtioneuvoston asetuksen koneiden turvallisuudesta liitteessä I sanotaan seuraavalla tavalla:

Koneen valmistajan tai tämän valtuutetun edustajan on varmistettava, että tehdään riskin arviointi, jotta koneeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset voidaan määrittää. Kone on sen jälkeen suunniteltava ja rakennettava ottaen huomioon riskin arvioinnin tulokset. [6, liite I.]

Lisäksi sekä työturvallisuuslaissa (738/2002) 2. luvun 10 §:ssä että käyttöasetuksen (403/2008) 1. luvun 4 §:ssä annetaan työnantajalle määräyksiä työvälineiden turvallisuuden ja vaaratekijöiden arvioimiselle [11; 12].

4.1 Päämääränä turvallinen kone

Lähes kaikissa koneissa on olemassa jonkin verran riskejä, eikä niitä välttämättä ole mahdollista tai tarkoituksenmukaistakaan poistaa kokonaan. Kone voi riskeistä huolimatta täyttää konedirektiivin ja standardien asettamat vaatimukset. Tässä on kysymys siitä, kuinka suuria riskejä koneen turvallisuuden osalta hyväksytään. Mikäli koneen suojaustoimenpiteistä huolimatta koneeseen jää merkittävää turvallisuuteen vaikuttavaa jäännösriskiä, voidaan sen turvallisuutta parantaa turvakomponenteilla. Näitä voivat olla esimerkiksi valoverhot tai turvalaserskannerit. Jäännösriskiä voidaan hallita myös suojarakenteilla, esimerkiksi konetta ympäröivillä aidoilla, tai kyseisen tilan käyttörajoituksilla. Melurajat ylittävän koneen ympärille voidaan rakentaa melua vähentävä kotelointi. [8, s. 177.]

Jos riittävää turvallisuustasoa ei saavuteta, pyritään mahdollisen onnettomuuden sattuessa aiheutuvat seuraukset minimoimaan esimerkiksi pakollisilla henkilökohtaisilla suojaimilla. Riskien arvioinnilla pyritään arvioimaan koneen

mahdolliset turvallisuusriskit sekä niiden suuruus. Arvioinnin perusteella pyritään poistamaan riskit tai pienentämään ne hyväksyttävälle tasolle.

Kun suunnitellaan monimutkaisia koneita, joiden suunnitteluun osallistuu useita eri osa-alueiden asiantuntijoita, on hyvän lopputuloksen kannalta tärkeää tehdä myös riskien arviointi ryhmätyönä. Kun riskipaikkojen arviointia tekemässä on mahdollisimman hyvin omat alueensa tuntevat ammattilaiset, löytyvät mahdolliset riskipaikat nopeasti ja ratkaisut riskien pienentämiseen voidaan suunnitella välittömästi. Työryhmän tekemänä arvioinnissa havaitaan myös mahdollisia riskipaikkoja kattavammin. [8, s. 177–178.]

Riskien arviointia tehtäessä tulisi työryhmällä olla parhaan mahdollisen lopputuloksen varmistamiseksi käytettävissään riittävän kattavat tiedot koneesta dokumentteineen sekä koneeseen liittyvistä säädöksistä ja standardeista. Lisäksi käyttökokemukset samankaltaisista koneista tapaturma- ja toimintahäiriötietoineen voivat olla hyödyllisiä esimerkiksi riskien esiintymistiheyden arvioinnissa. [8, s. 178.]

Koneen esisuunnittelun ja varsinaisen suunnittelun jälkeen on hyvä käydä riskien arviointi yhteenvedonomaisesti lävitse koneen prototyyppin kanssa. Etenkin prototyyppin testauksesta saadut käyttökokemukset voivat tuoda esiin uusia riskipaikkoja koneessa. Tässä vaiheessa saattaa tulla ilmi aivan erilaisia riskejä kuin suunnitteluvaiheessa on ajateltu. Jos koneeseen tehdään sen käyttöiän aikana merkittäviä muutoksia ja korjauksia, tulisi koneen riskien arviointi suorittaa uudelleen vähintään näiden muutosten osalta.

4.2 Standardeista ohjeistusta riskien arviointiin

Riskien arviointiin on kehitetty monenlaisia menetelmiä. Koneen valmistajan pitäisi löytää omaan koneeseen soveltuva menetelmä ja hyödyntää sitä arvioidessaan valmistamansa koneen riskejä. Konestandardeista löytyy riskin arvioinnille kokonainen oma standardi, joka ei kuulu yhdenmukaistettuihin standardeihin, mutta on julkaistu niin sanottuna teknisenä raporttina. Tämä standardi on SFS-

ISO/TR 14121-2. Standardi sisältää käytännön opastusta ja esimerkkejä riskin arviointimenetelmistä. Standardissa on osittain päällekkäisyyttä ja ristiviittauksia koneturvallisuuden perusstandardin SFS-EN ISO 12100 sisällön kanssa. Moni-
mutkaisten koneiden riskien arvioinnissa molempia standardeja yhdessä sovel-
tamalla löytyy varmasti riittävästi ohjeistusta onnistuneeseen lopputulokseen.
[15; 14.]

Koneturvallisuuden perusstandardissa SFS-EN ISO 12100 on esitetty riskin ar-
vioinnin ja riskin pienentämisen strategia. Standardin mukaan riskin arvioinnin ja
riskin pienentämisen tekemiseksi suunnittelijan on toteutettava seuraavat toi-
menpiteen listan mukaisessa järjestyksessä:

- Suunnittelijan on määriteltävä koneen raja-arvot, joihin sisältyvät tar-
koitettu käyttö sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö.
- On tunnistettava vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet.
- On arvioitava riskin suuruus kunkin tunnistetun vaaran ja vaaratilan-
teen kohdalta.
- On arvioitava riskin merkitys ja tehtävä päätökset riskin pienentämi-
sen tarpeesta.
- Lopuksi on poistettava vaara tai pienennettävä vaaraan liittyvää ris-
kiä suojaustoimenpiteiden avulla. [14, s. 14.]

4.2.1 Raja-arvojen määrittäminen

Koneen raja-arvojen määrittämisellä tarkoitetaan koneen ominaisuuksien tar-
kastelua. Tarkoituksena on määritellä muun muassa koneen mekaaniset ja fyy-
siset ominaisuudet, käyttötarkoitus, toiminnallinen suorituskyky, käyttöympäristö
ja mahdollinen ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Käyttörajoja määriteltäessä
tulee tarkastella esimerkiksi sitä, kuinka konetta on tarkoitus käyttää, minkälai-
set henkilöt konetta käyttävät ja millaiseen käyttöympäristöön kone on tarkoi-
tettu. Huomioon otettavia tilarajoihin koskevia asioita ovat esimerkiksi koneen
liikkeiden laajuus ja koneen käyttäjän vaatima tila käytön ja kunnossapidon ai-
kana. Lisäksi voidaan määritellä aikarajoja, kuten kuluvien vaihdettavien osien
vaihtoväli tai suositellut huoltovälit. [14, s. 18–19.]

Tässä työssä arvioinnin kohteena oleva lopputestiadapteri on tarkoitettu pelkäänsä sisätiloissa tapahtuvaan teolliseen tuotantokäyttöön. Laitteelle ei ole asetettu erityisvaatimuksia, joita voisi olla esimerkiksi ulkokäyttöön tarkoitettun korkeamman IP-luokituksen tai räjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavilla laitteilla. Testiadapteria käyttävät testausoperaattorit ovat tehtävänsä opastettuja henkilöitä. Lisäksi testerin kanssa työskentelevät testiohjelmistoja kehittävät testaus-suunnittelijat sekä mahdollisesti testerinä huoltava ja korjaava huoltohenkilöstö.

Kaikki testauslaitteistoon kohdistuva toimenpiteet edellyttävät laitteiston tunte-
musta ja käyttökoulutusta. Koska laitteen käyttöympäristö rajautuu tiukasti sul-
jettuun teollisuusympäristöön, voidaan teollisuuslaitoksen ulkopuolisille henki-
löille aiheutuvat riskit arvioida minimaalisiksi. Lisäksi rajatussa käyttöympäris-
tössä on helpompi arvioida ympäristötekijöiden, kuten lämpötilan ja ilmankos-
teuden aiheuttamia mahdollisia riskejä niin laitteistolle kuin käyttäjälle sekä tes-
tauslaitteen kyseessä ollessa myös testituloksille ja niiden luotettavuudelle.

Testiadapterin sekä testiaseman tilarajoja määriteltäessä tulee huomioida varsi-
naisten käyttötoimenpiteiden lisäksi mahdolliset huolto- ja vikatilanteiden aiheut-
tamien tilan tarpeet. Testiadapterin käyttäminen tapahtuu adapterin etupuolelta,
josta testattava tuote ladataan testiadapteriin. Testiasemaan sijoitettu monitori
tulee olla nähtävissä testin aikana. Testiadapterin ja testiaseman huoltotilanteita
varten tulee sekä testiaseman takaosalle että testiadapterin sivuilla ja takana
oleville huoltoluukuille huomioida esteetön pääsy. Sekä testiasema että tes-
tiadapteri ovat liikuteltavissa pyörillä. Tämä helpottaa osaltaan laitteiston sijoitte-
lua ja huoltotoimenpiteitä.

Testiadapterin aikarajoja määrittävät muun muassa testattavan tuotteen ennus-
tettavissa oleva elinkaari. Koska itse testattava tuote kuuluu teollisuudessa käy-
tettäviin pitkäikäisiin järjestelmiin ja on jo nykyisellään ollut tuotannossa pitkään,
voidaan olettaa uuden automaattisen testilaitteiston eliniäksi useita vuosia,
mahdollisesti jopa vuosikymmeniä. Testauslaitteen käyttövolyymi määrittää
luonnollisesti laitteiston huollon ja kunnossapidon määrää sekä sitä kautta

odotettavissa olevaa kestoikää, mikä tarkentuu laitteen käytöstä saatavien kokemusten perusteella.

4.2.2 Vaarojen tunnistaminen

Koneen aiheuttamia mahdollisia vaaroja tulee arvioida koneen koko elinkaaren ajalta aina kokoonpanosta kuljetuksen, käyttöönoton, käytön ja käytöstä poiston jälkeiseen romuttamiseen saakka. Vaarojen tunnistaminen tulee tehdä kaikkiin odotettavissa oleviin ihmisen ja koneen välisiin tehtäviin. Koneesta riippuen näitä voivat olla esimerkiksi koneen asetusten säätäminen, ohjelmointi, käyttö, pysäyttäminen, jumittuneen kappaleen poistaminen, puhdistus ja kunnossapito. Näitä kaikkia lukuisia vuorovaikutustilanteita tulee tarkastella ja tunnistaa niiden yhteydessä mahdollisesti ilmenevät vaaratilanteet. [14, s. 20.]

Koneen normaalien käyttötilanteiden lisäksi on otettava huomioon myös poikkeavat tilanteet esimerkiksi silloin, kun koneessa on toimintahäiriö. On kartoitettava mahdolliset toimintahäiriöiden aiheuttajat ja tunnistettava niiden aiheuttamat mahdolliset vaarat. Häiriöitä voivat aiheuttaa esimerkiksi jonkin koneen rakenteellisen komponentin vikaantuminen, tai mahdollinen suunnitteluvirhe koneessa tai sen ohjelmistossa. [14, s. 20–21.]

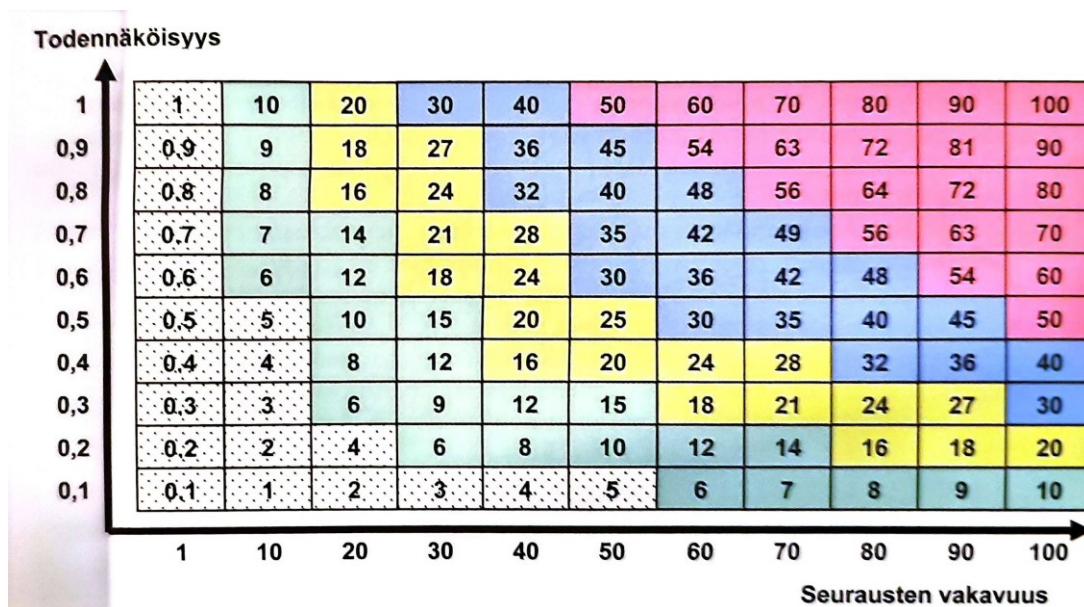
Vaikka kone toimisi halutulla tavalla, on aina mahdollista, että käyttäjä aiheuttaa omalla toiminnallaan joko vahingossa tai tahallaan vaaratilanteen käyttämällä konetta väärin. Ennakoitavissa olevat mahdolliset koneen väärinkäyttötilanteet tai tahattomat käyttäjän aiheuttamat vaaratilanteet tulee pyrkiä tunnistamaan ja niistä aiheutuvat riskit minimoimaan. [14, s. 18.]

Esimerkiksi arvioitavana olevan testauslaitteiston kohdalla saattaisi tulla kyseen kiusaus ohittaa laitteistoon liittyviä turvajärjestelmiä laitteen toiminnan nopeuttamiseksi. Myös vikaantuneen turvajärjestelmän osan, kuten luukkua, tai kantta valvovan tunnistimen ohittaminen, jotta tuotantoa ja testausta voidaan jatkaa, on myös mahdollinen tunnistettava riskikohde. Tällaisiin asiattomiin

pikakorjauksiin on törmätty laitteiden saavuttua huoltoon useiden vuosien käytön jälkeen.

4.2.3 Riskin suuruuden arviointi

Riskin suuruutta voidaan määritellä vahingon vakavuuden ja kyseisen vahingon esiintymistodennäköisyyden funktiona. Arviointimenetelmänä voidaan käyttää erilaisia riskimatriiseja, riskigraafeja tai numeerista pisteytystä, joissa on pisteytetty vahinkojen seuraukset vakavuusasteiden mukaan. Lievimpänä vahinkona voidaan pitää naarmuja ja mustelmia. Vakavimpana seurauksena pidetään kuolemaan johtavaa vahinkoa. Kun vakavuusaste kerrotaan esiintymistodennäköisyydellä, saadaan käsitys siitä, mihin kohtaan kuvan 2 riskimatriisia kyseinen riski asettuu. Pyrkimyksenä on saada pienennettyä riski vähintään siedettävälle tasolle, jos sitä ei voida poistaa kokonaan.



Kuva 2. Riskimatriisi [16, s. 109].

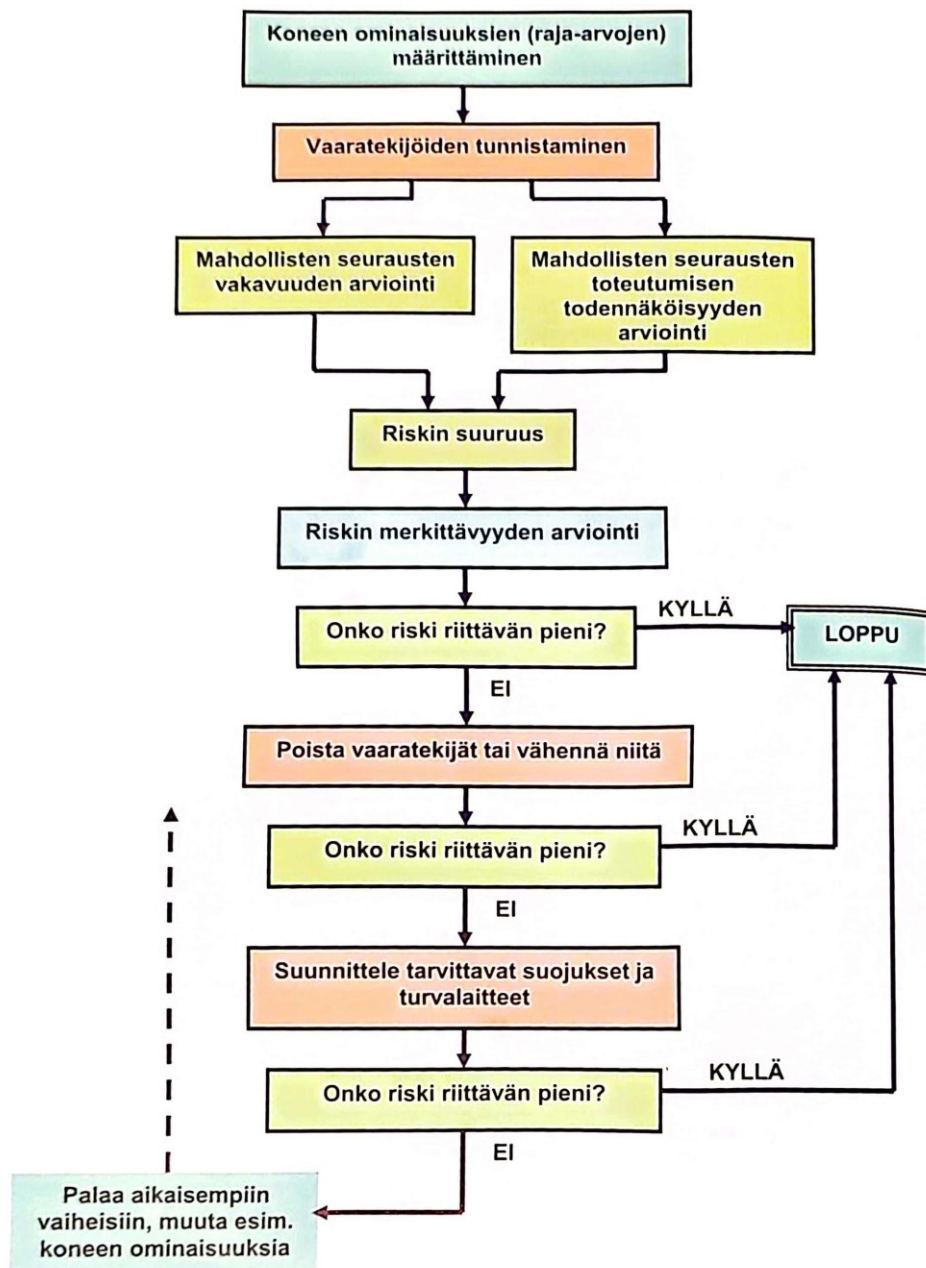
Kuvassa 2 pystyakselilla on jaettu seurausten esiintymisen todennäköisyys kymmeneen tasoon ja pisteytetty tasot välille 0,1–1. Tässä pisteytystavassa 0,1 tarkoittaa äärimmäisen epätodennäköistä tapahtumaa ja 1 pisteen kohdalla tapahtuman todennäköisyys on lähes varma. Vaaka-akselille on pisteytetty seurausten vakavuudet välillä 1–100. Pyrkimyksenä on saada riski enintään

vihreällä esitetylle siedettävälle alueelle. Uuden koneen ollessa kyseessä riski on saatava suunnittelutoimilla siedettäväksi ennen kuin kone voidaan ottaa käyttöön. [16, s. 108.]

Lopputesterin riskien arviointiin ei nähty tarpeelliseksi tehdä näin laajaa 10 x 10 matriisia. Testerin riskien arvioinnin toteutuksesta kertovassa luvussa 4.3 esiteltävä pienempi matriisi nähtiin kyseiseen tarpeeseen varsin riittäväksi.

4.2.4 Vaaran poistaminen tai pienentäminen

Kun riski on tunnistettu ja sen suuruus ja merkittävyys on arvioitu, tulee tehdä päätös siitä, tarvitaanko toimenpiteitä vaaran vähentämiseksi vai onko riski siedettävällä tasolla. Jos vaaratekijöitä ei kyetä pienentämään tai poistamaan eikä riski edelleenkään ole siedettävällä tasolla, tulee harkita muita menetelmiä vaarojen poistamiseksi tai seurausten minimoimiseksi. Näitä voivat olla esimerkiksi suojaukset, turvalaitteet ja henkilösuojaimet. Kuvassa 3 on esitetty koko riskien pienentämisen strategia.



Kuva 3. Riskien pienentämisen strategia [16, s. 64].

Strategiasta käy ilmi, että riskien pienentäminen on iteratiivinen prosessi. Tämä tarkoittaa sitä, että riskiä pienennetään suunnittelutoimilla, suojuksilla ja turvalaitteella. Jos riskiä ei saada pienennettyä riittävästi vaaratekijöitä poistamalla, voidaan yrittää vähentää seurausten toteutumisen todennäköisyyttä. Riskin merkittävyyttä arvioidaan aina uudestaan niin kauan, että riski saadaan siedettävälle tasolle.

4.3 Lopputesterin riskien arvioinnin toteutus

Automaattista lopputestiadapteria alettiin suunnitella jo vuoden 2002 lopussa, jolloin tehtiin alustavaa suunnittelua testauskonseptista, automaation osuudesta ja mekaniikasta. Laitteessa olevien mahdollisten riskien kartoitusta ja riskipaikkojen välttämistä kukin projektiin osallistunut suunnittelija oli tehnyt omalta osaltaan suunnittelun edetessä. Varsinainen riskien arviointi ja arvioinnin dokumentointi valikoituivat opinnäytetyön tekijälle tehtäväksi kesän 2023 aikana, kun pohdittiin projektista opinnäytetyöhön soveltuvaa osa-aluetta. Toimiessaan projektissa sähkösuunnittelu- ja asennustehtävissä ensimmäisen prototyypin osalta, tekijä sai syksyn 2023 aikana tutustua laitteen ominaisuuksiin, toimintaan ja dokumentaatioon kattavasti. Tämä auttoi suuresti mahdollisten riskipaikkojen etsimistä laitteesta ja niiden merkittävyyden arviointia.

Riskien arviointi suoritettiin koneturvallisuuden perusstandardissa SFS-EN ISO 12100 esitetyn riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen strategian mukaisesti määrittelemällä ensin laitteen raja-arvot, tunnistamalla mahdolliset vaarat ja pisteyttämällä niille arvoidut riskit. Haasteena oli pisteytykseen käytettävän sopivan kokoisen riskimatriisin valinta. Yrityksellä oli ennestään käytössä 4x4 taulukko, jossa riskien suuruus ja vahingon vakavuus oli pisteytetty asteikolla yhdestä neljään. Tämä taulukko vaikutti sopivan hyvin nopeaan riskien arviointiin yksinkertaisessa laitteessa. Taulukossa havaittiin kuitenkin ongelmalliseksi tilanne, jossa seurauksiltaan vakavan riskin todennäköisyys on äärimmäisen pieni. Tällöin taulukon pisteytys osoittaa riskin tarpeettoman suureksi. Yrityksellä oli myös toinen arviointipohja, josta löytyi kyseiselle projektille riskin tason arviointiin paremmin soveltuva taulukko 1.

Taulukko 1. Kokonaisriskin taso (liite 1).

Possibility	Severity					
	0,25	0,5	5	15	25	50
0,05	0,0125	0,025	0,25	0,75	1,25	2,5
1	0,25	0,5	5	15	25	50
2	0,5	1	10	30	50	100
5	1,25	2,5	25	75	125	250
10	2,5	5	50	150	250	500

Taulukossa on jaettu riskin esiintymistodennäköisyys viiteen ja vahingon vakuutus kuuteen portaaseen. Näiden tulona saatu kokonaisriskin taso tulee olla alle yksi. Taulukosta voidaan havaita, että asteikko ei ole lineaarinen. Tämä asteikko huomioi paremmin lähes olemattoman todennäköisyyden ja korkean riskin tapauksen. Vakavien vahinkojen kohdalla kokonaisriski kuitenkin nousee huomattavan korkealle, ja tällöin edellytetään toimenpiteitä vaarojen pienentämiseksi.

Arviointia tehtiin samaan aikaan prototyypin valmistumisen yhteydessä keväällä 2024. Havaitut epäkohdat korjattiin usein jo ennen kuin ne päättyivät varsinaiseen arviointiin, saati arviointiraporttiin asti. Riskejä arvioitaessa tekijällä oli käytettävissään kaikki laitteeseen liittyvät dokumentit ja valmistustiedostot. Ensimmäinen prototyyppi toimitettiin asiakkaalle testiohjelmistokehitystä varten riskien arvioinnin ollessa vielä kesken. Arviointia jatkettiin toisen prototyyppiyksilön kanssa. Lisäksi asiakkaalta saatavilla käyttökokemuksilla on tarkoitus päivittää riskien arviointia.

5 Testauslaitteisto

Testauslaitteisto eli testeri koostuu testiasemasta, siihen kytkettävästä testiadapterista sekä kullekin testattavalle tuotteelle tehdystä testiohjelmistosta. Kuva 4 esittää testauslaitteistoa kokonaisuudessaan, kun laitteisto on asennettu toimintakuntoon.



Kuva 4. Testauslaitteisto.

Kuvasta voidaan hahmottaa testauslaitteiston tarvitsema tilavaraus ja laitteiden keskinäiset mittasuhteet. Lisäksi kuvasta voidaan arvioida laitteiston käyttäjälle varattavaa tilantarvetta testattavan tuotteen käsittelyä ja testauslaitteen käyttöä varten. Kuvasta nähdään myös, kuinka testiadapteri liittyy testiasemaan testiaseman rajapintaan kytkettävällä liityntäyksiköllä. Testiaseman ja -adapterin keskinäistä sijoittelua voidaan helposti muuttaa tarpeen mukaan, sillä molemmat laitteet on varustettu pyörillä. Sijoittelua rajoittaa kuitenkin liityntäyksikön kaapelointi, jonka pituus on sähköisten ominaisuuksien vuoksi haluttu minimoida.

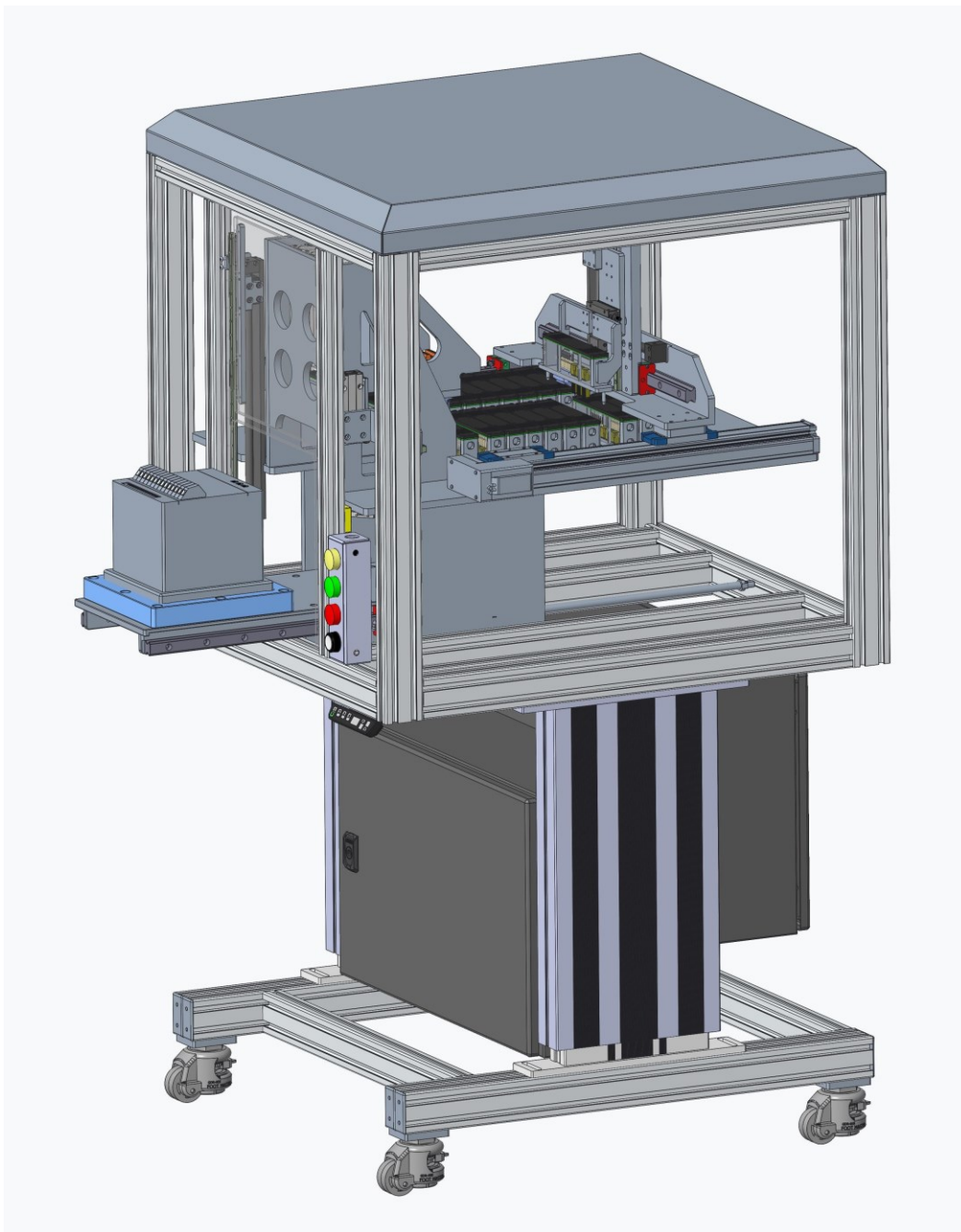
5.1 Testiasema

Testiasema on räätälöity testattavien tuotteiden ominaisuuksille sopivaksi. Asema on pyörillä siirreltävä kokonaisuus, joka on rakennettu 19 tuuman laitekaappiin. Asemaan on asennettu tarvittavat merkkivalaisimet, näyttötelineet ja muut testauskäyttöön liittyvät lisävarusteet, esimerkiksi paineilmaregulaattori pneumatiikalla toimivien laitteiden liittämistä varten. Testiasema sisältää muun muassa virran ja jännitteen mittaukseen tarvittavia mittalaitteita ja analysointilaitteita, virta- ja jännitelähteitä sekä tietokoneen, joka ajaa testiohjelmistoa. Kuvassa 4 näkyvässä testiasemassa näkyy ulospäin vain osa 19 tuuman laitekehikkoon asennetuista mittalaitteista. Osa laitteista, esimerkiksi testiohjelmistoa ajava tietokone ja Omicron CMC relekoestuslaite, ovat laitteen sisäpuolella näkymättömissä.

Testiaseman multiconnector-rajapintaan kytketään tuotekohtainen testiadapteri. Tällöin samaa testiasemaa voidaan käyttää lukuisten erilaisten tuotteiden testaamiseen testiadapteria vaihtamalla. Rajapinnan läpi tuodaan kaikki testiasemalta lähtevät signaalit testiadapterille.

5.2 Testiadapteri

Testiadapteri sovittaa mekaanisesti ja sähköisesti testiasemalta tulevat ja sinne palaavat signaalit testattavaan tuotteeseen. Lopputestiadapteri on rakennettu alumiiniprofiilista tehtyyn kehikkoon. Kehikon käyttökorketta voidaan säätää sähköisesti sähköjalkojen avulla. Lisäksi laitetta voidaan liikuttaa pyörien varassa. Kuvassa 5 nähdään myös laitteesta ulos tuleva kelkka, johon testattava tuote asetellaan.

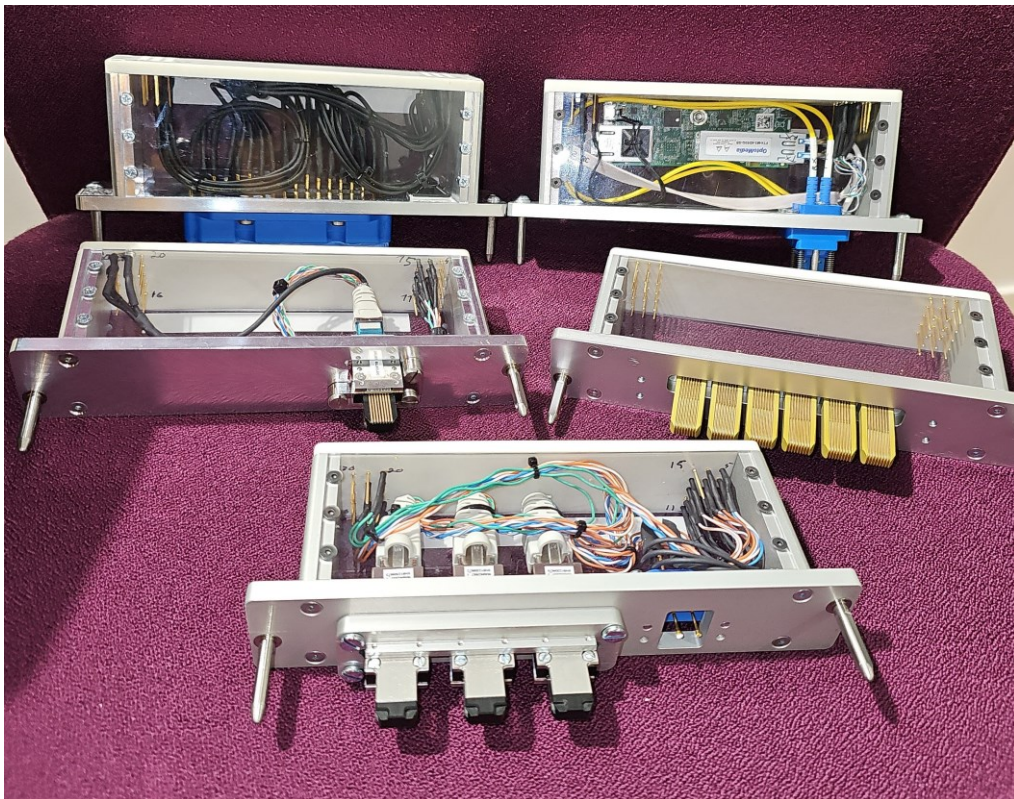


Kuva 5. Testiadapterin 3D-mallikuva.

Kuvassa näkyvät myös kaksi sähköasennuskaappia, jotka sijaitsevat testiadapterin jalustan yhteydessä. Nämä on tarkoitettu adapterin sähköisiä kytkentöjä ja sovituselektroniikkaa varten. Kuvaan ei ole mallinnettu adapterin sähköisiä kytkentöjä eikä johdotuksia. Myös pneumaattiset toimilaitteet ja niiden tarvitsemat pneumaattikaletkut puuttuvat mallikuvasta.

Kyseisellä lopputestiadapterilla testataan eräänlaista modulaarista suojarahetta. Testattava rele koostuu kehikosta, jossa on korttipaikkoja. Releeseen voidaan kalustaa erilaisia piirikortteja haluttujen ominaisuuksien mukaisesti. Koska erilaisia kortteja on paljon, releen erilaisia kalustusvarianttejakin on lukuisia. Jokaisessa piirikortissa on liittimiä, joihin testattaessa tulee kytkeytyä. Sähköiseen kytkeytymiseen käytetään tarkoitukseen soveltuvia jousikuormitettuja testineuloja sekä kommunikointiin RJ45-testiliittimiä ja optisia kuituliittimiä. Koska kontaktointia tulee voida testin aikana irrottaa ja kytkeä uudelleen, on joissain testikontaktioinneissa käytetty myös pneumaattisesti toimivia testineuloja.

Testattavan tuotteen useiden mahdollisten kalustusvarianttien johdosta testeriin on suunniteltu joukko liitinmoduuleita, joilla kytkeydytään testattaviin piirikortteihin. Kuvassa 6 nähdään muutamia erityyppisiä moduuleita, joilla tuotteeseen kytkeydytään. Testiadapteriin voidaan kalustaa yli 20 erilaista moduulia.



Kuva 6. Liityntämoduuleita.

Testiadapteri tunnistaa testattavan tuotteen kalustuksen lukemalla tuotteessa olevan QR-koodin. Tämän QR-koodista saadun tiedon perusteella testiadapteri tietää hakea juuri kyseisen kalustusvariantin omaavalle tuotteelle sopivat liitinmoduulit, joilla kytkeydytään tuotteeseen. Liitinmoduulit on sijoitettu niille varattuihin säilytyspaikkoihin testiadapterissa.

Testiadaptereissa on joko pienemmissä adaptereissa itsessään tai kyseisen testiadapterin tapauksessa johdoilla adapterista testiasemaan kytkettävissä oleva rajapinta, joka sopii testiasemassa olevaan multiconnector-rajapintaliityntään. Kuvassa 7 nähdään sekä testiaseman rajapinta että siihen adapterilta tuleva liitinyksikkö.



Kuva 7. Multiconnector-rajapinta.

Usein testiadapterissa sovitetaan testiasemalta tulevia virta- ja jännitetuloja, tai kommunikaatioprotokollia paremmin testattavalle tuotteelle soveltuvaksi. Tällöin testiadapteriin suunnitellaan tarkoituksenmukaista sovituselektroniikkaa. Tähän

testiadapteriin suunniteltiin esimerkiksi erillinen matriisipiirilevy, jolla testiase-
malta tulevia virta- ja jännitetuloja sekä mittausliitäntöjä voidaan kytkeä testioh-
jelmalla ohjaten mihin tahansa tuotteessa olevan liittimen pinniin. Tämä mahdol-
listaa tuotteen testaamisen ja toiminnan koestamiseen täysin ohjelmallisesti.

5.3 Testiohjelmisto

Testiadapteri ei yksinään vielä testaa mitään, vaan se vaatii tuotetta varten räätälöidyn testiohjelmiston, jolla suoritetaan testattavan laitteen mittaukset halu-
tussa järjestyksessä. Tämän testilaitteiston yhteydessä loppuasiakas vastaa
testiohjelmiston kehittämisestä. Useimmiten testiohjelmiston tekemisessä hyö-
dynnetään National Instrumentsin valmistamien TestStand- ja LabVIEW-ohjel-
mien yhdistelmää, mutta monilla asiakkailla saattaa myös olla käytössä itse ke-
hittämiään ohjelmistoja.

Tähän testiadapteriin on myös suunniteltu erillinen ohjelmisto automaation käyt-
töön. Tätä ohjelmaa ajetaan testiadapterin Beckhoff PLC -laitteessa, eli ohjel-
moitavassa logiikkaohjaimessa. Automaatio-ohjelmisto vastaa adapterin käy-
töstä, testattavan tuotteen tunnistuksesta ja testimoduulien hakemisesta. PLC-
ohjaimen ja testiasemassa olevan tietokoneen välille on rakennettu ohjelmisto-
rajapinta, jota kautta testiohjelmisto pystyy kommunikoimaan adapterin auto-
maatio-ohjelman kanssa.

5.4 Cobot-optio

Testiadapterin suunnittelussa on huomioitu mahdollisuus tuotantomäärien kas-
vaessa laajentaa testauslaitteistoa yhteistyörobotilla eli cobotilla. Tällöin testat-
tavien tuotteiden vaihtaminen testiadapteriin saadaan hoidettua täysin auto-
maattisesti. Tämän vaiheen toteutuessa valitaan sopiva cobotti, suunnitellaan
tuotteeseen sopiva tarttuja sekä mahdollinen rullarata, jota pitkin tuotteet saapu-
vat testattaviksi ja jatkavat testin jälkeen eteenpäin.

Cobotin lisääminen testilaitteistoon mahdollistaa nykyisenkaltaisen testilaitteiston liittämisen osaksi suurempaa tuotantolinjastoa. Samaa cobottia voidaan hyödyntää tuotantolinjaston eri osissa tarpeen mukaan vaihtamalla cobotin paikka ja ohjelmointia. Tällä saadaan tuotantoon joustoa esimerkiksi yllättäviä kapasiteetin nostotarpeita ajatellen.

6 Riskityypit lopputestiadapterissa

Koska erilaisia koneita on valtavasti ja jokaisella konetyypillä on hieman omanlaisensa riskit, on tässä kuvattu vain merkittävimpiä testauslaitteissa yleisesti esiintyviä ja tarkasteltavia riskityyppejä, jotka tulee huomioida aina vastaavan kaltaisia testilaitteita arvioitaessa. Jos jokin testilaitte poikkeaa merkittävästi aikaisemmin valmistetuista, tulee riskejä tutkia laajemmin näiden poikkeavuuksien osalta.

6.1 Mekaaniset riskit

Mekaanisia riskejä voivat aiheuttaa paitsi liikkuvat osat, myös aivan tavalliset rakenteeseen tai materiaaleihin liittyvät ominaisuudet, kuten terävät reunat tai huonosti viimeistellyt pinnat. Testerin rakenteen lujuus ja mekaaninen kestävyys voivat olla riskitekijöitä. Jos laite särkyä kesken käytön, se voi aiheuttaa vaaratilanteen.

Tarkasteltavassa testiadapterissa on sekä pneumaattisesti että servomoottorin avulla liikkuvia osia, jotka voivat aiheuttaa puristumisvaaran. Puristumisen seurauksena voisi pahimmillaan olla murtumia tai jopa sormien katkeamisia. Tällaisiin riskeihin on varauduttu suojaamalla liikkuvat osat avaimella lukittavien läpinäkyvien ovien taakse. Ainoat käyttäjän kosketeltavaksi jäävät liikkuvat osat ovat testiadapterista ulos työntyvä kelkka, johon käyttäjä asettaa testattavan tuotteen, sekä kelkan mentyä sisään kelkan edestä sulkeutuva luukku. Näiden liikkeiden voimaa sekä liikenopeutta on rajoitettu niin pieneksi, että ne eivät voi aiheuttaa vaaraa käyttäjälle. Lisäksi toiminta on varmistettu kahden käden

käytöllä, jolloin käyttäjän on painettava testerin molemmilla puolilla olevia kytkimiä niin kauan, että luukku on sulkeutunut.

Putoavien tai sinkoilevien kappaleiden riskiä kyseisessä testerissä ei havaittu. Siinä ei myöskään ole suuria sähkömoottoreita tai sähköjarruja, joiden pyöriästä liikkeestä voisi aiheutua vaaratilanteita. Laitteiden satunnainen rikkoontuminen koteloidussa testiadapterissa ei aiheuta käyttäjälle merkittävää riskiä.

Vaikka liikkuvat osat ovat hyvin suojassa tahattomilta kosketuksilta, aktivoituvat edellä mainitut puristumisvaarat silloin, kun laitteeseen mahdollisesti tullutta viikatilannetta korjataan tai laitetta testataan, kokeillaan ja säädetään. Näissä tilanteissa joudutaan työskentelemään suojaovet avattuina. Tämä kasvattaa riskiä merkittävästi. Tällaisissa tilanteissa testiadapterin parissa työskentelevän henkilön tulee olla tehtäviensä tasalla ja tuntee testiadapterin toiminta huomattavasti tavanomaista testausoperaattoria tarkemmin. Huoltotilanteissa testiadapteri tulee olla erotettu sekä sähkön että paineilman syötöistä turvallisuuden takaamiseksi.

6.2 Sähköiset riskit

Koska testerillä suoritetaan sähköisiä testejä uusille laitteille ja niistä pyritään löytämään mahdollisia vikoja, on olemassa riski, että viallisen tuotteen kytkeminen ja koestaminen suurilla virroilla tai jännitteillä aiheuttaa testattavassa tuotteessa olevan heikon komponentin hajoamisen. Tämä saattaa sähköiskuvaaran lisäksi aiheuttaa myös valokaaren, kipinöintiä tai kuumenemista. Tästä seurauksena voi olla tulipalo tai savukaasuista johtuva vaaratilanne. On tärkeää, että koneessa ei ole palamista ylläpitäviä rakenteita eikä siinä ole tarpeettomasti käytetty palavia materiaaleja.

Useimmiten testauslaitteiden sähkönsyötön jännitealue osuu nimellisjännitteeltään vaihtovirralla 50 – 1 000 voltin tai tasavirralla 75 – 1 500 voltin nimellisjännitealueille. Tällöin tulee varmistaa, että noudatetaan pienjännitedirektiiviä 2014/35/EU. Lisäksi tulee varmistaa, että ennen käyttöönottoa on tehty

vähintään koneiden sähkölaitteistostandardin SFS-EN 60204-1 mukaiset mitaukset, kuten eristysresistanssimittaus ja jännitekoe [17, s. 41].

Vaikka testeri itsessään ei aiheuttaisi sähköstaattisia varauksia, on huomioitava, että testattavassa tuotteessa saattaa olla suuriakin kondensaattoreita, jotka varataan testin aikana. Testerissä tulee olla tällöin laitteet varausten purkamiseksi testin jälkeen.

EMC eli sähkömagneettinen yhteensopivuus tulee huomioida paitsi EU-direktiivin 2014/30/EU asettamien vaatimusten vuoksi, myös turvallisuusnäkökohtien takia. Jos laitteen turvatoiminnot häiriintyvät EMC-häiriöiden vuoksi, voi huonosti suojatun laitteen turvallisuus heikentyä. Vastaavasti laite voi aiheuttaa häiriötä jonkin toisen herkän koneen ohjausjärjestelmälle ja edesauttaa varatilanteen syntymistä. [18, s. 101.]

6.3 Ergonomia

Ergonomiaan liittyvät riskit voivat aluksi olla vaikeita havaita. Ne saattavat tulla ilmi vasta pidemmän käytön jälkeen. Pitkäkestoinen saman liikkeen toistuminen väärässä asennossa, väärällä työskentelykorkeudella tai väärällä tavalla saattaa aiheuttaa hankaluuksia.

Koneiden käytön yhteydessä ihmisen tekemä ruumiillinen työ on yleensä kappaleiden nostamista tai siirtämistä. Työ tulisi minimoida, jos sitä ei voida poistaa kokonaan. Painavien tuotteiden nostaminen toistuvasti voisi olla riskitekijä, joka saattaa aiheuttaa monenlaisia ongelmia, esimerkiksi nivelten kulumista.

Kappaleiden koko, massa ja käsittelytaajuus ovat avainasemassa työn aiheuttamien terveyshaittojen tarkastelussa. Koneturvallisuuden perusteet -kirjassa on kerrottu esimerkkinä käsiteltävästä kappaleesta, joka ei aiheuta merkittäviä terveysriskejä. Esimerkissä kappaleen massa ei aiheuta terveysriskejä silloin, kun se ei ylitä kymmentä kilogrammaa, nostokorkeus on enintään 250 mm noston tapahtuessa lantion ja hartioiden välisellä alueella sekä nostotaajuus on

enintään yksi nosto viidessä minuutissa. Kappaleen käsittelytaajuuden ei puolestaan kerrota aiheuttavan merkittäviä terveysriskejä silloin, kun kappaleen massa on alle neljä ja puoli kilogrammaa nostotaajuuden ollessa enintään viisi nostoa minuutissa ja nosto tapahtuu hyvässä asennossa päättyen alle 250 mm:n korkeuteen. [3, s. 181.]

Tarkasteltavassa testiadapterissa on huomioitu käyttöergonomiaa sähköisesti korkeussädetävällä jalustalla, jolla helpotetaan erimittaisten käyttäjien operointia laitteella. Testattava tuote nostetaan pöydältä tai kuljetuskärryltä testerissä olevaan kelkkaan ja testin päätyttyä takaisin. Tuotteen massa vaihtelee mallista riippuen kolmen ja viiden kilogramman välillä. Nostotaajuus riippuu tuotteen testiajasta, joka voi tuotteen ominaisuuksista ja testien kattavuudesta riippuen olla muutamista sekunneista kymmeneen minuutteihin.

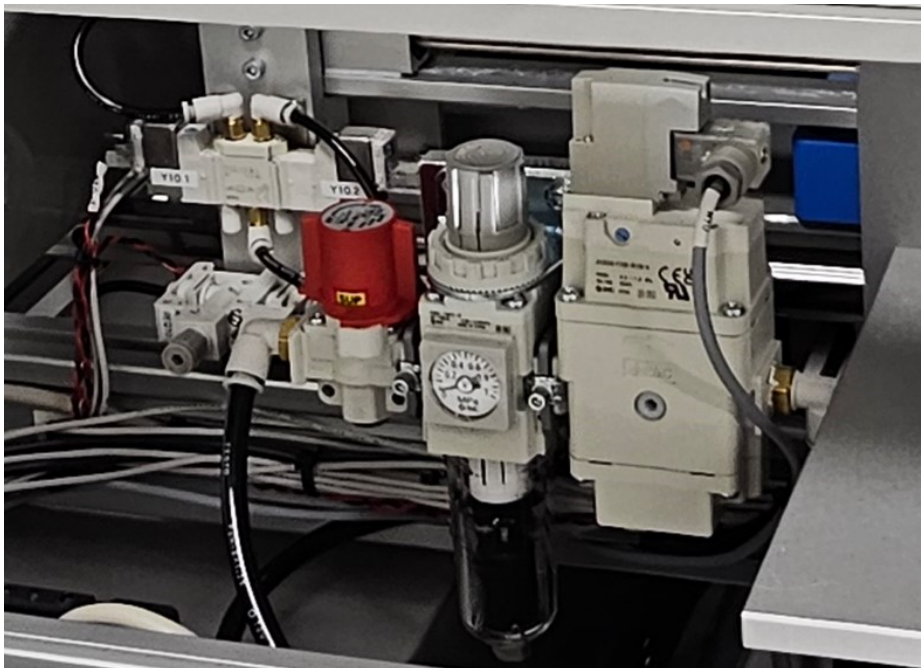
Koska testiaika voi vaihdella hyvin paljon, siirtyy lopullinen vastuu ergonomiasta testeriä käyttävälle yritykselle. Yrityksen tulee työturvallisuuslain (738/2002) vaatimusten mukaisesti välttää tai minimoida toistorasituksen työntekijälle aiheuttama haitta [7, § 24]. Tämä rasituksen aiheuttama riski poistuu käytännössä kokonaan silloin, jos testeriin suunniteltu cobot-optio aktivoituu. Silloin testattavan tuotteen nostotyö pöydän ja testilaitteen välillä siirtyy täysin cobotin tehtäväksi.

6.4 Pneumatiikka tai hydraulikka

Testiadaptoreissa käytetään usein pneumatiikkaa, kun on tarpeellista kontaktoida liittimeen, liikuttaa toimikytkintä tai painaa näppäintä testin aikana. Hydraulikkasyylinterien käyttö testereissä on harvinaisempaa. Pneumatiikkasyylinterin etuna on pieni tilan tarve verrattuna saman toiminnan toteuttamiseen sähköisesti esimerkiksi sähkömoottorin tai solenoidin avulla. Pneumatiikan aiheuttamat vaaratilanteet ja vahingot voivat johtua esimerkiksi sormien tai raajojen jäämisestä puristuksiin liikkuvien osien väliin tai olla irti päässeiden paineilmaletkujen aiheuttamia, jolloin ilmassa vapaasti viuhkova letku saattaa aiheuttaa

vaaraa. Lisäksi suurten paineiden ollessa kyseessä, vaarana voi olla ihon läpi tunkeutuva painesuihku [8, s. 170].

Arvioitavassa testiadapterissa sisään tulevan ilmanpaine rajoitetaan kuvassa 8 näkyvällä huoltoyksiköllä. Pneumatiikan maksimi paine adapterin sisällä on 0,6 MPa. Useilla pneumatiikkasyntereillä on vielä omat sylinterikohtaiset paineregulaattorinsa, joilla alennetaan painetta ja pienennetään sylinterien tuottamaa voimaa. Kun voima ja liikkeen nopeus pidetään maltillisena, pienenee mahdollisen puristumisvahingon seuraamusten vakavuus.



Kuva 8. Paineilman huoltoyksikkö.

Eräs paineilman ominaispiirteistä, joka saattaa aiheuttaa riskin etenkin huoltoa tai kunnossapitotyötä tekeväälle henkilölle, on ilman kokoonpuristuvuuden aiheuttamat mahdolliset odottamattomat ja yllättävät liikkeet laitteistossa. Onkin ensisijaisen tärkeää, että ennen työn suoritusta laite on irrotettu pneumatiikkasyötöstä ja kaikki ilma on poistunut järjestelmästä.

6.5 Valo, melu, värinä ja päästöt

Monenlaiset koneiden ympäristölle tai käyttäjälle aiheuttamat päästöt, kuten pakokaasut, melu, tai värinä, voivat olla vahingollisia käyttäjälle aiheuttaen joko välittömiä tai pitkäaikaisesta altistumisesta johtuvia haittoja. Monet koneet tuottavat paljon melua ympärilleen. Konestandardeissa ei kuitenkaan anneta tarkkoja melurajoja, vaan tältä osin tulee noudattaa koneasetuksen vaatimusta pitää koneiden melutaso niin alhaisena, kuin se on teknisesti mahdollista [8, s. 100].

Valo on otettava huomioon monella tapaa. On tarkasteltava, millainen on riittävä valaistus koneen käyttämiseen turvallisesti, ja tarvitseeko huoltotyötä varten valaistusta laitteen sisäosille. Myös laitteissa olevia valonlähteitä ja niiden aiheuttamia haittavaikutuksia, kuten lasersädettä, häikäisyä tai stroboskooppi-ilmiötä, tulee tarkastella ja huomioida niistä aiheutuvat haittavaikutukset.

Arvioitavassa laitteessa nämä eivät näyttäytyneet merkittävänä riskitekijöinä. Laitte ei tuota mitään pakokaasu-, neste- tai hiukkaspäästöjä. Myöskään valonlähteet esimerkiksi viivakoodinlukijoissa eivät häiritse käyttäjää. Testiadapterin melutason arvioitiin ilman tarvetta tarkempiin mittauksiin olevan tavanomaisten toimistolaitteiden tasolla ja peittyvän tulevassa käyttöympäristössään tavanomaisen teollisuuslaitoksen taustahälyyn.

6.6 Ohjausjärjestelmä, ohjauslaitteet ja toiminnallinen turvallisuus

Automaatiossa ohjausjärjestelmällä ja ohjelmistolla on suuri merkitys koneen toimintaan ja turvallisuuteen. Merkitys korostuu entisestään silloin, kun ohjausjärjestelmää käytetään osana koneen turvajärjestelmää. Jos luonnollisilla suunnittelutoimilla, kuten vaaralliseksi katsottujen liikkuvien osien mekaanisella suojauksella, ei pystytä saavuttamaan riittävää turvallisuustasoa, voidaan ohjausjärjestelmää hyödyntää osana kokonaisturvallisuuden saavuttamista.

Ohjausjärjestelmällä voidaan valvoa muun muassa koneen liikkeitä, siihen yhdistettyjä antureita ja valoverhoja ja tarvittaessa pysäyttää tai hidastaa koneen

toiminta turvalliselle tasolle ihmisen ulottuessa vaaralliselle alueelle. Tällöin puhutaan toiminnallisesta turvallisuudesta. Toiminnallisen turvallisuuden mahdollisten riskien arviointi voi monimutkaisessa ohjelmallisessa toteutuksessa olla todella työlästä, sillä arvioijan on tunnettava ohjelmiston rakenne todella hyvin. Toiminnalliselle turvallisuudelle on olemassa kattava kuusiosainen standardisarja IEC/TR 61508 Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus, josta löytyy kattavasti ohjeistusta toiminnallisen turvallisuuden suunnitteluun ja toteutukseen.

Ohjausjärjestelmien turvallisuusvaatimuksille on olemassa omat yhdenmukaistetut B-tyyppin standardit. Esimerkkinä voidaan mainita SFS-EN ISO 13849-1 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Lisäksi edellisen kanssa osittain samoja ratkaisuja, mutta syvällisemmin ohjelmointiin liittyvää osuutta käsittelee standardi SFS-EN IEC 62061:2021 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus.

Arvioinnin kohteena olevassa testiadapterissa ohjausjärjestelmän osuus turvallisuusratkaisuista on hyvin pieni. Koska mekaaniset ja sähköiset riskit on otettu suunnitteluvaiheessa huomioon ja ne on minimoitu mekaanisilla suojuksilla, jää ohjelmiston tehtäväksi lähinnä valvoa hätäseiskytkimen asentoa, lopettaa testerin ohjelman ajaminen ja pysäyttää liikkeet välittömästi kytkimen aktivoituessa.

Hätäseiskytkimen lisäksi adapterin käyttöä ohjataan kahdella painonäppäimellä, joita tulee painaa tietyssä järjestyksessä halutun toiminnon aikaansaamiseksi. Riskien arvioinnin tekoaikaan testiadapterin painonäppäimistä sekä merkkivalaisimista puuttuivat vielä tarvittavat tunnistemerkinnät. Puutteelliset merkinnät voivat olla potentiaalinen riski ja aiheuttaa väärinymmärryksiä laitteen käytössä. Tunniste- ja varoitusmerkintöjen sekä ohjainlaitteiden värit, kuvat ja tekstit on tarkoin määritelty, ja niihin löytyy ohjeistusta kolmiosaisesta standardisarjasta SFS-EN 61310 Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen.

Koekäytön aikana testiadapterin ohjelmistossa ei havaittu epä johdonmukaisuuksia, ohjausjärjestelmän riskit arvioitiin riittävän pieniksi ja prototyypin olevan ohjelmiston osalta valmis tuotantoon koekäytön aloitusta varten.

6.7 Ohjelmointi, huolto, korjaus ja kunnossapito

Riskien arvioinnissa testeriä pidettiin verrattain turvallisena normaalien tuotantokäytön aikana. Merkittävimmin riskien todennäköisyys nähtiin kasvavan silloin, kun testerin parissa tehdään huolto- kunnossapito- tai ohjelmointityötä. Tällöin laitetta joudutaan käyttämään usein suojaovet avattuina ja niin sanotussa service mode- eli huoltotilassa. Tämä tila kytketään päälle testiadapterin käyttöpaneelista erillisellä avaimella. Tässä tilassa voidaan esimerkiksi ajaa testiadapterin pneumaattisia liikkeitä ohjelmallisesti yksi kerrallaan. Tilaa voidaan hyödyntää muun muassa uuden liityntämoduulin testaamisessa tai jumiutunutta tuotetta irrotettaessa. Kyseinen avain tulee olla vain osaavan huoltohenkilön saatavilla.

Laitteen valmistajan on vaikea tehdä kattavia suojaustoimenpiteitä kyseisille huolto-, korjaus- ja kunnossapitotöiden riskeille. Tärkeimpänä on tunnistaa riskit ja varoittaa tulevaa testilaitteiston käyttäjää kyseisistä riskeistä. Maininnat käyttöohjekirjoissa tai varoitusmerkinnät laitteessa eivät yksinään takaa sitä, että vaaroista välitettäisiin ja turvallisuusohjeita tultaisiin noudattamaan. Tässä kohdassa vastuu siirtyykin valmistajalta konetta käyttävälle yritykselle.

6.8 Merkinnät, varoitukset jäännösriskeistä ja ohjeet

Viimeisenä keinona jäännösriskeistä tulee varoittaa asianmukaisilla merkinnöillä ja ohjeilla. Varoitusmerkinnät tai ohjeistukset eivät voi kuitenkaan olla ensisijainen menetelmä riskien hallintaan, vaan pääsääntöisesti riskit on pyrittävä poistamaan tai minimoimaan muulla tavoin. Testauslaitteissa on usein käytetty esimerkiksi kannen pneumaattista lukitusta sekä sähköistä valvontaa silloin, kun laitteessa on testin aikana vaarallinen jännite tai laite sisältää mekaanisen riskin, kuten pneumaattisen toiminnon, joka voi olla käyttäjälle vaaraksi. Näiden lisäksi

on usein ollut aiheellista varoittaa käyttäjää korkeista jännitteistä merkkivaloin ja tarramerkinkein.

Arvioitavana olevaan testiadapteriin lisättiin avattaviin luukkuihin kuvassa 9 näkyvä salamamerkki koneiden sähkölaitteistostandardin mukaisesti. Kyseisessä standardissa SFS-EN-60204-1-2010 sanotaan:

Kotelot, joista ei selvästi ilmene niiden sisältävän sähkölaitteita, joista voi syntyä sähköiskun riski, on varustettava ISO 7010-W012 mukaisella varoitusmerkillä. [19, s. 85.]



Kuva 9. Varoitus sähköisestä vaarasta [19, s. 85].

Varsinaisia käyttö- ja huolto-ohjeita ei koekäyttövaiheessa ollut vielä tekeillä. Tämä aiheuttaa luonnollisesti kohonneen riskin testerin koekäytön yhteydessä ja vaatii erityistä osaamista sekä huolellisuutta koekäytön ja verifiointin aikana. Koneasetuksen liitteen I mukaisesti käyttöohjeet tulee aikanaan löytyä kohde-
maan virallisella kielellä, kun kone saadaan valmiiksi. [6, kohta 1.7.4.]

6.9 Kuljetus, liikuttaminen, asennus ja käyttöönotto

Koneen elinkaaren aikana on monia usein kertaluontoisia tapahtumia, joiden riskit tulee myös huomioida. Moni kone saatetaan sijoittaa lopulliselle käyttöpaikalleen heti valmistuttuaan ja sitä käytetään samassa paikassa sen koko

elinkaaren ajan. Toisia laitteita kuljetetaan mukana päivittäin. Tarkasteltava testiadapteri on kokonsa puolesta siirrettävissä tarvittaessa helposti tehtaan eri osiin testiadapterin jalustassa olevilla pyörillä. Pidempiä kuljetuksia varten testiadapterille on suunniteltu mittojen mukainen kuormalava ja vanerikontti. Huomionarvoinen riskipaikka on adapterin nostaminen kuormalavalle. Adapteri olisi hyvä varustaa nostokorvakkeilla, jolloin lastattaessa voitaisiin käyttää nostolaitetta lihasvoiman sijaan.

Niin testiadapterin, kuin koko tarkasteltavana olevan testauslaitteistonkin asennuksen ja käyttöönoton nähtiin riskien arvioinnissa olevan riittävän turvallisella tasolla aina laitteiden kokonpanosta käyttöönoton päättymiseen ja siitä edelleen tuotannon aloittamiseen saakka.

7 Riskinarviointiraportti

Riskien arviointia helpottaa merkittävästi, jos käytettävissä on kyseiselle koneelle soveltuva dokumenttipohja, jota voidaan hyödyntää potentiaalisten riskien havaitsemisessa ja riskien merkityksellisyyden arvioimisessa. Myös aikaisemmin toteutetuista, vastaavan kaltaisista laitteista tehdyistä arvioinneista voi saada arvokasta kokemusta ja näkökulmia riskien arviointiin. Siksi kannattaisikin tutustua aiemmin tehtyihin vastaavan tyyppisten koneiden raporteihin. Riskien arvioinnista tulisi laatia ja säilyttää kirjalliset tallenteet. Asiakirjoista tulisi ilmetä se, mitä menetelmää riskien arvioimisessa on käytetty ja millaisia tuloksia on saavutettu. Asiakirjoja ei kuitenkaan tarvitse toimittaa koneen mukana.

Koneturvallisuuden perusstandardista SFS-EN ISO 12100 löytyy lista tiedoista, joita asiakirjoihin kuuluu sisällyttää. Näitä ovat esimerkiksi tiedot arvioinnin kohteena olleesta koneesta, tunnetuista vaaroista, tehdyistä olettamuksista ja arvioinnin aikana käytettävissä olleista tiedoista arvioinnin suorittamiseksi. Lisäksi asiakirjoihin tulee sisällyttää tiedot tehdyistä suojaustoimenpiteistä, koneen jäännösriskeistä ja riskin arvioinnin lopputulos. [14, luku 7.]

Internetistä löytyy lukuisia riskin arviointiin käytettäviä mallipohjia ja ohjelmia. Koska erilaisten olemassa olevien koneiden kirjo on valtava, on niiden sisältämien ominaisuuksien tarkastelu ja näkökohtien huomiointi hyvin konekohtaista. Hyvä MS Excel -taulukkomuotoinen riskinarviointipohja löytyi metalliteollisuuden standardisointiyhdistyksen METSTAn sivuilta [20]. Tämä kyseinen työkalu soveltui kuitenkin huonosti sellaisenaan testauslaitteistoissa käytettäväksi. Pohja soveltuukin paremmin esimerkiksi työstökoneiden tai vastaavien laitteiden arviointiin. Siitä sai kuitenkin malliesimerkkiä siihen, minkälaista dokumenttipohjaa riskien arvioimiseen oltiin hakemassa.

Kaupallinen työkalu koneen riskien arvioinnin, vaatimuksenmukaisuusvakuutuksen ja CE-merkin tekemiseen löytyi ruotsalaisesta CEDOC-ohjelmistosta. Ohjelmisto on tarkoitettu juuri muun muassa koneenvalmistajille, työnantajille ja lopputuotekäyttäjille koneen CE-merkinnän ja riskien arvioinnin tekemiseksi konedirektiivin ja standardien vaatimusten mukaisesti. Ohjelmasta oli ladattavissa 30 päivän kokeiluversio, jolla pystyi tutustumaan ohjelman toimintaan. Kokeiluversio antoi hyviä vinkkejä siihen, millaisia riskejä koneissa voi esiintyä. Laatuvaikutelma ohjelmistosta oli positiivinen. Ohjelmistoa voi suositella sellaiselle taholle, joka tekee usein monien erilaisten tuotteiden riskien arviointeja, vaatimuksenmukaisuusvakuutuksia ja CE-merkintöjä. Näitä voivat olla esimerkiksi EU-alueen ulkopuolelta tuotavien koneiden maahantuojat. [21.]

Kuten oli lähtökohtaisesti odotettavissa, melko harvinaislaatuksille laitteille eli testauslaitteistoille ei etsinnöistä huolimatta löytynyt juuri kyseiselle laitetypille soveltuvaa riskinarviointidokumenttia tai -ohjelmaa. Testauslaitteet ovat kuitenkin hyvin marginaalinen tuoteala ja valmistajia on melko vähän. Tästä tultiin siihen johtopäätökseen, että verkosta saatavien ilmaisten tai kaupallistenkin ratkaisujen sijaan on monesti parempi tehdä omat yrityskohtaiset dokumenttipohjat sekä ohjeistukset riskien arviointia varten. Näin pystytään painottamaan oman tuotteen ja alan erikoispiirteitä sekä jättämään erikoisemmat tapaukset vähemmälle huomiolle. Lopputesterin riskinarviointipöytäkirjassa hyödynnettiin aikaisemmissa projekteissa käytettyä yrityksen sisäistä dokumenttipohjaa, jota päivitettiin vastaamaan paremmin arvioinnin kohteena ollutta testeriä.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä testilaitteiston riskien arviointiin, kerätä tietoa aiheesta ja koostaa esimerkinomaisesti riskien arviointipohjaan ja yrityksen sisäiseen ohjeistukseen vastaavanlaisten testauslaitteistojen suunnittelussa huomioitavia asioita. Lisäksi tavoitteena oli opinnäytetyön aikana saada valmiiksi esimerkkinä käytetyn testilaitteiston riskien arviointi.

Opinnäytetyö toteutettiin 2024 talven ja alkukevään aikana. Materiaalia riskien arviointiin kerättiin jo vuoden 2023 syksyllä testilaitteiston suunnittelun yhteydessä. Lainsäädäntöön, standardeihin ja riskien arvioinnin menetelmiin perehtyminen oli yllättävän aikaa vievä prosessi. Haasteita työssä etenemiselle toivat kulloinkin parhaiten sovellettavan standardin valinta, materiaalien laaja tarjonta ja materiaaleista juuri omalle laitetyypille soveltuvien ohjeistusten soveltaminen.

Koska opinnäytetyön rinnalla suunniteltiin ja valmistettiin samaan aikaan esimerkkinä toimivaa laitetta ja laitteen toimitusaikataulu ajoi valitettavasti hieman opinnäytetyön tekemisen edelle, jouduin tinkimään aikomastani opinnäytetyön laajuudesta. Ensimmäinen prototyyppi toimitettiin asiakkaalle testiohjelmiston kehitystä ja koekäyttöä varten. Asiakkaalta myöhemmin saatavat kokemukset saattavat aiheuttaa riskien arvioinnin päivittämistä ja sitä kautta muutoksia laitteeseen.

Olisin halunnut käsitellä opinnäytetyössäni laajemmin myös cobot-testaussolun riskien arviointia. Tämä ei kuitenkaan laitteiston kehityksen alkuvaiheessa ollut vielä tarpeen. Arviointi tulee ajankohtaiseksi siinä vaiheessa, jos laitteistoa päätetään laajentaa cobot-testaussoluun soveltuvaksi. Näin suurten muutosten yhteydessä riskien arviointi on tehtävä uudelleen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin koottua yhteen tärkeimpiä esimerkkilaitteen kaltaisten testereiden riskinarvioinnissa huomioitavia asioita, joista voidaan jatkokehittää sisäinen ohjeistus yrityksen käyttöön. Lisäksi saatiin valmiiksi kyseisen esimerkkilaitteen riskinarviointi ja päivitettiin arviointilomakepohjaa tulevissa vastaavan kaltaisissa projekteissa hyödynnettäväksi. Tulen todennäköisesti

jatkamaan aiheen parissa työskentelyä opinnäytetyön jälkeenkin. Näkisin yrityksessä olevan tarvetta kattavalle sisäiselle ohjeistukselle, joka on räätälöity varta vasten tämän kaltaisten testauslaitteistojen riskien arviointiin.

Lähteet

- 1 OiTecilta testaus- ja automaattioratkaisut teknologiayrityksille. Verkkoaineisto. GSD Nordic. <<https://gsdnordic.fi/oitecilta-testaus-ja-automattioratkaisut-teknologiayrityksille/>>. Luettu 1.3.2024.
- 2 Scanfil investoi 14 000 m² tehtaan laajennukseen Sieradzissa. 2023. Verkkoaineisto. STT Viestintäpalvelut. <<https://www.sttinfo.fi/announcement/4818?publisherId=69819303&lang=fi>>. 3.8.2023. Luettu 10.3.2024.
- 3 Siirilä, T. & Kerttula, T. 2007. Koneturvallisuuden perusteet. Espoo: Opiksi-Tiimi Oy.
- 4 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta. 2006. 2006/42/EY. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 9.6.2006. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&from=ES>>. Luettu 28.1.2024.
- 5 Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta. 2004. 1016/26.11.2004.
- 6 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. 2008. 400/12.6.2008.
- 7 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/1230 koneista ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/42 EY ja neuvoston direktiivin 73/361/ETY kumoamisesta. 2023. 2023/1230. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 29.6.2023. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023R1230>>. Luettu 24.2.2024.
- 8 Siirilä, T. & Tytykoski, K. 2016. Koneturvallisuuden käsikirja. Espoo: Inspecta.
- 9 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. 2016. 1436/21.12.2016.
- 10 Mittauslaitteiden vaatimuksen osoittaminen. Tukes. Verkkoaineisto. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/mittauslaitteiden-vaatimustenmukaisuuden-osoittaminen>>. Luettu 24.1.2024.
- 11 Työturvallisuuslaki. 2002. 738/23.8.2002.
- 12 Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 2008. 403/12.6.2008.

- 13 Junno, Kristian. 2022. Turva-automaatio. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 14 SFS-EN ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Suomen Standardisoimisliitto.
- 15 SFS-ISO/TR 14121-2. 2012. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä. Suomen Standardisoimisliitto.
- 16 Siirilä, Tapio. 2008. Koneturvallisuus. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2. uudistettu painos. Espoo: Inspecta.
- 17 Siirilä, Tapio. 2008. Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uudistettu painos Espoo: Inspecta.
- 18 Siirilä, Tapio. 2009. Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2. uudistettu painos. Espoo: Inspecta.
- 19 SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Suomen Standardisoimisliitto.
- 20 Metsta. Riskinarviointityökalu. 2017. Verkkoaineisto. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry <<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/riskinarviointityokalu/>>. 4.5.2017. Luettu 4.2.2024.
- 21 CEDOC. Versio 3.4. 2023. Cedoc Ab.

Final test adapter risk assessment report