



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Irina Zubko

SÄHKÖTURVALLISUUS VEO:n  
FAT-TOIMINNASSA  
VEO OY

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Zubko Irina
Opinnäytetyön nimi	Sähköturvallisuus VEO:n FAT-toiminnassa
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 1 liite
Ohjaaja	Rinne Timo

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sähköturvallisuutta VEO Oy:ssä. Nykyinen koulutusmateriaali vaatii päivittämistä ja tämän opinnäytetyön pohjalta on nyt tehty uutta koulutusmateriaalia. Koulutusmateriaalit tuotetaan erityisesti FAT-tiloja käyttäviä oman yhtiön henkilökuntaa ja ulkopuolisia vierailijoita varten.

Sähkötyöturvallisuusasiat käydään aina ensin läpi ennen työn aloittamista asiakkaan kanssa. Opinnäytetyössä perehdytään ensin VEO Oy:n tiloihin, olemassa oleviin materiaaleihin sekä sähköturvallisuuteen erityisesti koulutuksen ja ohjeistuksen näkökulmasta. Niiden pohjalta on tuotettu uudet päivitetty materiaalit, jotka on ladattu yrityksen omalle digitaaliselle alustalle.

Testauspaikassa laitteita vaihdetaan ja uusitaan ja lisäksi testattavat laitteet ja kokeet muuttuvat. Standardit ja lainsäädäntö uudistuvat myös säännöllisesti. Siksi on aina tärkeää, että turvallisuusmateriaali on ajan tasalla ja, että se uudistetaan jatkuvasti testauspaikassa. Tämä varmistaa sähköturvallisuuden toteutumisen ja säästää tapaturmilta ja vaaroilta.

Opinnäytetyön pohjalta luotiin ohjeistus tehdastarkastustiloihin FAT-toiminnassa. Ohjeistusta tullaan käyttämään asiakastilaisuuksissa tehdastarkastamossa.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Sähkötekniikka

## ABSTRACT

Author	Irina Zubko
Title	Electrical Safety in FAT Activities at VEO
Year	2022
Language	Finnish
Pages	50 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Timo Rinne

---

This thesis deals with electrical safety at VEO Oy. The current training material needs to be updated and based on this thesis, new training material has now been made in both written and electronic form. The training materials were produced especially for in-house staff and external visitors using the FAT facilities.

Electrical safety issues are always reviewed first before starting work with the customer. VEO Oy 's premises, existing materials and electrical safety were examined in the thesis especially from the point of view of training and guidance. Based on them, new updated materials were produced and uploaded to the company's own digital platform.

At the test site, equipment is replaced and renewed, and also, the equipment and instruments being tested change regularly. Standards and legislation are also regularly updated. Therefore, it is always important that the safety materials are up-to-date and that they are renewed at each test site. This ensures safety and prevents accidents and dangers.

The thesis was used as a basis to create instructions for FAT procedures in factory testing facilities. The instructions will be used during customer meetings.

---

Keywords                      SFS standards, electrical safety, FAT and inspection

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

KÄSITTEET JA LYHENTEET

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
	1.1 Tarkoitus ja tavoitteet.....	9
	1.2 Yritysesittely VEO Oy.....	9
2	STANDARDIT .....	11
	2.1 Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö .....	13
	2.2 Standardeista poikkeaminen .....	14
3	FAT-TESTAUS .....	16
	3.1 Ominaisuudet ja esineet .....	16
	3.2 Tarkoitus ja höydyt .....	17
4	SÄHKÖTURVALLISUUS FAT-ALUELLA.....	18
	4.1 Sähkökeskuksen testausympäristö .....	18
	4.1.1 Testauspaikka automaattista suojausta kosketukselta .....	19
	4.1.2 Testauspaikka ilman automaattista suojausta kosketukselta ....	20
	4.2 Testaushenkilöstö .....	21
	4.3 Suojausmenetelmät .....	26
	4.3.1 Perussuojauksen menetelmät.....	26
	4.3.2 Vikasuojaus .....	27
	4.3.3 Vikavirtasuojaus .....	28
	4.3.4 Siirrettävät ja liikuteltavat alustat.....	29
	4.4 Alueelle pääsy, aitaukset ja lukitukset.....	32
	4.5 Aitaukset .....	36

## VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

4.6	Hätäseis-kytkentä .....	38
4.7	Merkkivalot, varoitusvalot ja kilvet .....	41
4.8	Kielto- ja varoituskyltit sekä ensiaputaulu .....	43
4.9	Lattialuukut .....	45
5	FAT – TESTIT KORONAVIRUSPANDEMIAN AIKANA .....	47
6	YHTEENVETO .....	49
	LÄHTEET .....	51
	LIITEET .....	52

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Standardointikenttä. ....	12
<b>Kuva 2.</b> Sähkökaappien alustat .....	30
<b>Kuva 3.</b> Kytkinkotelo pyörillä varustetun alustan päällä. ....	31
<b>Kuva 4.</b> Testausalueet. VEDA, VECTOR ja NXC.....	32
<b>Kuva 5.</b> Etäisyys testattavan keskuksen ja aidan välillä. ....	33
<b>Kuva 6.</b> Testausalueen sisäänkäynti. ....	34
<b>Kuva 7.</b> Tarkastamon oven sähkölukko. ....	35
<b>Kuva 8.</b> Nauhatolpat ja keltamustaraitaiset varoitusnauhat.....	37
<b>Kuva 9.</b> Työmaa-aidat .....	38
<b>Kuva 10.</b> Hätäseis-painike kytkentäkeskuksessa. ....	39
<b>Kuva 11.</b> Koestamon hätäseis-painike .....	40
<b>Kuva 12.</b> Punainen merkkivalo tarkastamon ovella. ....	42
<b>Kuva 13.</b> Kaapelilla varustettu merkkivalo. ....	43
<b>Kuva 14.</b> Paristokäyttöinen LED-varoitusvalo.....	43
<b>Kuva 15.</b> Magneettiset kielto- ja varoituskyttilit.....	44
<b>Kuva 16.</b> Tarkastamon ensiaputaulu. ....	45
<b>Kuva 17.</b> Kaapelikanavajärjestelmän kotelo.....	46

## KÄSITTEET JA LYHENTEET

<b>FAT</b>	Factory Acceptance Test, dokumentoitu toiminnallinen tarkastus tehdastarkastamossa
<b>VAMP</b>	Vaasa Arc Monitoring Protection, suojaileita valmistava yhtiö
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen standardointijärjestö
<b>CENELEC</b>	European Committee for Electrotechnical Standardization, eurooppalainen standardointijärjestö
<b>SESKO</b>	kansallinen sähköalan standardointijärjestö Suomessa
<b>SFS</b>	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
<b>V</b>	Voltti
<b>A</b>	Ampeeri
<b>kΩ</b>	Kilo-ohmi
<b>VAC</b>	Vaihtojännite
<b>VDC</b>	Tasajännite

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Jännitetilassa kielletyn alueen rajat

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä perehdytään sähkötyöturvallisuuteen VEO Oy:ssä. Tavoitteena on tuottaa ajantasaiset koulutus- ja ohjeistusmateriaalit niin kirjallisessa kuin sähköisessä muodossa. Materiaalit tuotetaan erityisesti FAT-tiloja käyttävää oman yhtiön henkilökuntaa ja ulkopuolisia vierailijoita varten. Uudet päivitetty materiaalit on ladattu yrityksen omalle digitaaliselle alustalle.

## 1.2 Yritysesittely VEO Oy

VEO Oy on vuonna 1989 perustettu menestyvä vaasalainen yritys. VEO on ensimmäinen energiateknologiayritys, joka asettui Vaasan Runsoriin. Runsori toimii nykyään Pohjolan energiaklusterin monen yrityksen keskittymänä. VEO osti 1992 omat toimitilansa Onninen Oy:ltä edullisesti laman aikana ja siten pystyi keskittymään paremmin talouteensa, palvelujensa ja tuotteittensa kehitykseen. VEO:n ensimmäiset tilaukset otettiin vastaan Savon Voimalta ja Wärtsilästä. Molemmat yritykset ovat olleet VEO:n pitkäaikaisia asiakkaita, kumppaneita ja yhteistyö ulottuu tähän päivään saakka.

Kasvun vuosina VEO on menestynyt todella erinomaisesti. Liikevaihto hyppäsi 25 miljoonasta 98,2 miljoonaan euroon ja henkilöstömäärä kasvoi 200:sta 390:een. Samaan aikaan on perustettu myyntiyhtiöitä Pohjoismaissa. Vuoden 2010 taloudellisesti heikko maailmantilanne heijastui myös VEO:n toimintaan, mutta siitä huolimatta perustajajäsenet onnistuivat pitämään VEO:n edelleen suomalaisessa omistuksessa ja vahvasti ankkuroituneena Vaasaan. Samaan aikaan monia energia-alan yrityksiä ja toimintoja on myyty ulkomaisille sijoittajille.

VEO:n ketteryys on auttanut selviytymään vaikeistakin ajoista ja toisaalta kasvattamaan Vaasan energiaklusteria. VEOlla on merkittävä paikallinen ja seudullinen vaikutus työnantajana ja seudun elinvoiman ylläpitäjänä.

VEO on energia-alan erikoisosaaja, joka tarjoaa yksilöllisiä automaatio- ja sähköistysratkaisuja voimantuotantoon, sähköjakeluun ja sähkön käyttöön.

Palvelut ulottuvat osatoimituksista kokonaisprojekteihin, jotka sisältävät esisuunnittelun, laitetoimitukset, projektinjohtamisen, asennukset, käyttöönoton ja koulutuksen. Osaaminen kattaa myös laitosten modernisoinnit, huoltotoiminnat ja järjestelmäpäivitykset.<sup>1</sup>

VEO valmistaa itse liiketoimintansa ydintuotteet, joita täydennetään projektikohtaisesti parhaiksi katsotuilla ratkaisuilla. Voimantuotannon ohjaus-, etäkäyttö-, suojaus- ja automaatiojärjestelmien lisäksi VEO toimittaa sähköjakeluun sähköasemia ja keskijännitekojeistoja sekä sähkön käyttöön pienjännitekeskuksia, automaatiojärjestelmiä.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Sippola, H 2017. VEOn tarina. Vaasa.

<sup>2</sup> VEO Oy. 2022. VEBA 5000 esite. Viitattu 14.4.2022.

## 2 STANDARDIT

Standardit ovat julkaisuja, joihin on kirjattu yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia tai vaikkapa ominaisuuksia tuotteille ja niiden valmistukselle tai testaukselle sekä järjestelmille tai palveluille.<sup>3</sup>

Standardi tarkoittaa normi, normaali- ja vakiotyyppimäärämenettelyllä laadittu ja vahvistettu normatiivinen asiakirja, jossa esitetään teollisuustuotteiden ominaisuuksia, valmistusmenetelmiä ja testausmenetelmiä, luonnontieteellisiä suureita ja yksiköjä tai muuta sellaista koskevia sääntöjä. Standardi on kirjallinen julkaisu, jossa määritetään esimerkiksi tuotteiden ja palvelujen ominaisuuksia ja vaatimuksia tai järjestelmien toimintaa.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> <https://sfs.fi/standardeista/>. Viitattu 15.4.2022.

<sup>4</sup> <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>. Viitattu 15.4.2022.

	Yleinen	Sähkötekniikka	Televiestintä
Maailma			
Eurooppa			
Suomi			

**Kuva 1.** Standardointikenttä.

Standardeja on kuitenkin hyvin monenlaisia, ja myös abstraktimpia asioita pystytään standardisoimaan (**Kuva 1**). Tässä muutama esimerkki erilaisista standardeista:

- Standardi, joka käsittelee laajasti sähkötyöturvallisuutta.
- Standardi, joka kertoo, mitä ajoneuvoissa tai työpaikoilla olevan ensiapulaukun pitäisi sisältää.
- Standardi, joka antaa ohjeita rekrytointiin.

Erilaisia tuotteita, palveluita ja menetelmiä pystytään siis määrittelemään standardien keinoin. Standardeja voidaan myös ryhmitellä niiden luonteen mukaan.<sup>5</sup>

## 2.1 Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö

Sähkötekninen sektori on hyvin laaja käsittäen yli kymmenen tuhatta standardia.

SESKO on Suomen sähköteknisen alan standardointijärjestö. SESKO osallistuu kansainväliseen ja eurooppalaiseen yhteistyöhön sekä osallistuu sertifiointijärjestelmiin. Sääntöjensä mukaan SESKO osallistuu alansa kansainväliseen (IEC) ja eurooppalaiseen (CENELEC) yhteistyöhön maamme edustajana sekä saattaa tämän työn tulokset kansallisiksi SFS-standardeiksi. Lisäksi SESKO osallistuu eräisiin sertifiointijärjestelmiin.<sup>6</sup>

SFS 6000 – sarjan standardit

Sähköasennusten turvallisuutta ja sähkötyön tekemistä koskevat vaatimukset esitetään standardeissa. Näiden mukaan toimittuna täytetään Suomen sähköturvallisuslain ja muiden säädösten vaatimukset.<sup>6</sup>

Sähkölaitteiden ja sähköasennusten turvallisuutta ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset tulevat Euroopan unionin direktiiveistä, asetuksista ja päätöksistä sekä kansallisesta lainsäädännöstä. Vaatimustenmukaisuus toteutuu noudattamalla standardeja.

---

<sup>5</sup> [https://sesko.fi/sesko\\_ry/](https://sesko.fi/sesko_ry/). Viitattu 15.4.2022.

<sup>6</sup> <https://sesko.fi/standardit/standardoinnin+aihealueita/>. Viitattu 16.4.2022.

Valmistajan on liitettävä sähkölaitteeseen CE-merkintä vakuutuksena siitä, että se täyttää EU:n säädösten vaatimukset ja standardit sähköturvallisuuslain vaatimusten noudattamisessa.

SFS 6000 -sarjan standardit ovat keskeisiä standardeja sähköturvallisuuslain vaatimusten noudattamisessa.

- SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset -standardisarja
- SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus
- SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 1–1: Yleisvaatimukset
- SFS-käsikirja 600–1–2:2017 Pienjännitesähköasennukset. Osa 1–2: Erikois-tilojen ja täydentävät vaatimukset.

## **2.2 Standardeista poikkeaminen**

Pääasiallinen huolenaihe on standardien noudattaminen töiden suorittamisessa, mutta ne voivat myös poiketa standardeista sähkölain ja sähkölaitteasetuksen ehtoilla. Standardit voidaan hylätä 1135/2016 34 §:n vaatimusten mukaisesti sähköturvallisuuslaki ja sähkölain VnA 1434/2016 3 §. Standardin noudattamatta jättäminen vaatii aina kirjallisen selvityksen, josta käy ilmi miksi on perusturvallisuusvaatimukset jätetty noudattamatta. Päätös standardeista poikkeamisesta on sovittava asiakkaan kanssa ja hänen on hyväksyttävä se kirjallisella lausunnolla. Asiakirja on liitettävä sähkölaitteiden käyttöönottoasiakirjaan. Ennen standardeista poikkeaman toteuttamista on pyydettävä ennakkohyväksyntä tai johtopäätös standardeista poikkeamisesta sähkölaitteiden tarkastukseen valtuutetulta toimielimeltä tai tarkastajalta.

Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin standardista poikkeamisen menettelystä.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>. Viitattu 17.4.2022.

### 3 FAT-TESTAUS

Tehdastarkastus, toisin sanoen FAT (Factory Acceptance Test), on tilaajan ja järjestelmätoimittajan yhteistyössä toteuttama dokumentoitu toiminnallinen tarkastus, joka suoritetaan toimittajan tarjoamassa ympäristössä. Nämä testaukset osoittavat, täyttävätkö ohjelmistot ja laitteet niille asetetut vaatimukset.

Testauksen suorittaja on joko käyttöönottotarkastaja tai järjestelmätoimittaja. Järjestelmätoimittaja suorittaa testit ja tarkastaja tarkastaa testiraportit ja suorittaa tarvittaessa täydentäviä testejä. Kaikki testaukset perustuvat aiemmin laadittuihin testisuunnitelmiin sekä työvaiheiden ja tilanteiden mukaisiin testitapauksiin. Käyttöönottotarkastajan on määrä dokumentoida tarkastetut kohteet ja toiminnot tarkastuspöytäkirjoihin.

FAT- testauksissa kenttälaitteita ei yleensä käytetä, joten laitteet joudutaan simuloimaan. Tehdastestauksien aikana yleensä tullaan huomaamaan muutostarpeita testattavissa laitteissa ja järjestelmissä.<sup>8</sup>

#### 3.1 Ominaisuudet ja esineet

Usein jo kaupantekovaiheessa voidaan määrittää mitä FAT-testissä testataan. Testattavia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi koko toiminnallisuus tai vain osa toiminnoista; laitteen tahtiaika jne.

Ensinnäkin ennen testausta paneelien ja koteloiden ulkonäkö tarkistetaan, onko laitteisto vaurioitunut kuljetuksen aikana. Jos vaurioita havaitaan, siitä ilmoitetaan kuljetusyhtiölle. Tarkistetaan myös, että kaikki tilatut paneelit on toimitettu, merkintöjen ja levyjen vastaavuus, pulttien ja osien kiristys ja kiinnitys, laitteiden IP-

---

<sup>8</sup> <https://wiki.metropolia.fi/display/alykas/Tehdastestit+ja+kelpuutus>. Viitattu 17.4.2022.

luokan vastaavuus, asennuksessa käytetyt testiraportit ja -piirustukset, pintakäsittely, kääntökehys ja oven ohjaus.

### **3.2 Tarkoitus ja höydyt**

FAT on erittäin tärkeä ja olennainen osa VEOn projekteja. FAT-testaus suoritetaan, jotta voidaan selvittää mahdolliset poikkeamat ja korjata ne ennen kuin se toimitetaan työmaalle. Lisäksi se auttaa kehittämään suunnitteluprosesseja ja valmistusprosesseja. Jokainen VEOn toimittama tuote ja laite testataan ja tarvittaessa korjataan ennen, kun se toimitetaan asiakkaalle tai ennen sen lopullista asennusta esimerkiksi laitokselle. Perusteellinen ja hyvin suoritettu FAT takaa tyytyväisemmät asiakkaat ja on erittäin tärkeä turvallisuussyistä. Jos FAT tehdään huonosti, se voi aiheuttaa ongelmia, kustannuksia ja myöhästymisen käyttöönottoaika.

Kun laitteisto on valmis, toimiva ja testattu, käyttöönotto aika asiakkaan tiloissa lyhenee merkittävästi.

## 4 SÄHKÖTURVALLISUUS FAT-ALUELLA

### 4.1 Sähkökeskuksen testausympäristö

Sähkökoneiden ja sähkökeskusten testaamisen turvalliset puitteet ovat todella tärkeitä. Testausympäristön turvallisuus määräytyy standardeissa SFS-EN 50191 ja SFS 6000-8-803. Niiden mukaan testausympäristön turvallisuutta ja rakennetta käsitellään. Tässä työssä laaditaan sähköturvallisuussuunnitelma testausalueelle standardin mukaisesti toteutettuna. Laitteisto, jolla alueella testauksia tehdään, rakennetaan testauspaikaksi, testauslaboratorioksi, tutkimuslaitokseksi tai pelkätään tilapäiseksi testauslaitteistoksi.

Jotta testausympäristö toimisi hyvin tehtävässään sen täytyy olla tarkoituksenmukainen ja tunnistettava alue. Kyseisellä alueella ensisijaisesti tehdään laitteiden testauksia eli se toimii ensisijaisena testauspaikkana. Alueena testauspaikka tulee erottaa muista alueista ja tiloista joko väliaikaisesti tai pysyvästi, mutta aina selkeästi. Eristäminen voidaan suorittaa erilaisilla välineillä esimerkiksi aidoilla, puolilla tai muilla vastaavilla kirkkain värein merkityillä. Eristämiseen tarkoitettujen esteiden tulee olla rakennettuna niin, että

- alueelle pääsevät vain testaushenkilöstö ja muiden pääsy testausalueelle estetään.
- vain testaushenkilöstö pystyy ulottumaan alueelle ja muiden kuin testaushenkilöstön ulottuminen on estetty.
- vain testaushenkilöstä ulottuu alueen laitteisiin ja muiden ulkopuolisten ulottuminen aitauksen sisäpuolelle sijoitetun testauslaitteiston käyttölaitteisiin on estetty.

Kuitenkin eristetty testausalue tulee olla työskentelyalueena sellainen, että testaushenkilökunnan liikkuminen ja työn tekeminen siellä on vaivatonta ja

esteetöntä. Tähän auttavat tarkoituksenmukaiset, selkeät ja turvalliset merkinnät ja esterakenteiden käyttö.<sup>9</sup>

#### **4.1.1 Testauspaikka automaattista suojausta kosketukselta**

Testauspaikka on oltava turvallinen ja tähän pyritään automaattisen suojauksen avulla. Tämä tarkoittaa, että testausjännite ei ole laitettavissa päälle ennen kuin suojaus on täydellisesti valmis. Kun suojaus avataan, se katkaisee testausjännitteen automaattisesti. Jäljelle olevien jäännösjännitteiden on tällöin myös tarkoitus purkautua automaattisesti pois tai ainakin vaarattomaan tasoon. Tällainen automaattinen suojaustapa sopii hyvin sellaisiin testauspaikkoihin, joissa tehdään samana toistuvia testejä eli esimerkiksi testataan samoja tuotteita.

Turvapiirin pitää olla kahdennettu, jotta yhden tietyn tilanteen viat eivät estä estää testausjännitteen katkaisemista. Jos taas testataan hyvin paljon erilaisia laitteita ja kohteita, niin automaattinen suojaus on huonosti sopiva edellä mainitusta syystä. Tästä syystä yrityksen, eli VEOn, testauspaikka toteutetaan ilman automaattista suojausta kosketukselta.

Käyttöönoton testauksia ja tarkastuksia tulisi tehdä myös testauspaikan sähkönsyöttöihin ja siellä käytettäviin laitteisiin. Ennen jokaista testaustakin testauslaitteisto ja testauspaikka tulee tarkastaa päällisin puolin ennen kuin aloittaa testauksen. Tässä on myös lista tarkastuksista, jotka on suoritettava aina tietyin määräajoin ja niistä on kirjattava pöytäkirjaan:

- kuuden kuukauden välein vikavirtasuojien koestus testipainikkeella

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

- Yhden vuoden välein hätäkytkinlaitteiden toiminnan testaus
- kahden vuoden välein vikavirtasuojien testaus mittauslaitteilla ja kattava tarkastus päällisin puolin
- viiden vuoden välein eristysresistanssin mittaus ja suojajohtimien jatkuvuuden testaus.<sup>9</sup>

#### **4.1.2 Testauspaikka ilman automaattista suojausta kosketukselta**

Testauspaikka on mahdollista toteuttaa myös ilman automaattista suojausta kosketukselta. Tällaisen testauspaikan saa toteuttaa vain, jos automaattisella suojauksella toteuttaminen on perustellusti käytännöllisesti hankalaa ja vaikeaa esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- Testaustehtävät muuttuvat hyvin usein
- Testauskohteet ovat jatkuvasti erilaisia
- Työn suorittamisessa on vakavia vaikeuksia
- Testaustehtäviä esiintyy vain satunnaisesti

Tässä yrityksessä edellä mainitut tilanteet toteutuvat. Tämä tarkoittaa, että testaustehtävät muuttuvat usein ja testauskohteet ovat hyvin erilaisia. Näistä syistä päätetään toteuttaa testauspaikka ilman automaattista suojausta. Tällaiset testauspaikat on hyvin tärkeää erottaa muusta ympäristöstä.

Testauspaikan turvallisuus toteutetaan ja taataan suojaerotusmuuntajalla, vikavirtasuojauksella, hätä-seis-kytkennällä ja testauspaikkaa käyttävää henkilökuntaa koulutetaan. Lisäksi testauspaikalle laitetaan riittävä määrä ensiapuhje- sekä hätänumero 112-kylttejä.

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

Testauspaikan kosketeltavien pöytä- ja lattiapintojen resistanssi pitää olla yli 100 k $\Omega$ , kun nimellisjännite on enintään 1 000 VAC tai 1 500 VDC. Lattiat varustetaan määräykset täyttävillä kumimatoilla.<sup>10</sup>

## 4.2 Testaushenkilöstö

Standardin SFS EN 50191 mukaan tarkastamossa saavat työskennellä vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Tämä vuoksi henkilöstö koulutetaan osaamaan heidän työssensä tarvittavat turvallisuusvaatimukset ja -säännöt sekä yrityksen omat ohjeet. Yrityksen velvollisuus ja vastuu on vaatia henkilöstöä toimimaan standardin ja yrityksen omien vaatimusten, sääntöjen ja ohjeiden mukaisesti, jotta turvallisuus toteutuu.

Koulutus on toistettava aina kun sen tarve tulee, mutta kuitenkin vähintään kerran vuodessa. Koulutuksesta on myös pidettävä kirjaa, eli joka kerta kun se toteutetaan, tapahtuma on kirjattava rekisteriin. Työtehtävien vaikeus ja toimintojen monimutkaisuus tulisi arvioida ennen kuin kyseessä oleva toiminta aloitetaan, jotta jokaiseen tehtävän suorittamiseen valitaan siihen sopiva ammattitaitoinen ja koulutettu henkilö. Tämä on tärkeää yrityksen ja henkilöstön turvallisen työympäristön toteutumiseksi.

Kansallinen lainsäädännön mukaan määräytyvät turvallisuusvastuut, jotka ovat jokaisella henkilöllä, joka osallistuu työhön. Tämä koskee myös henkilöitä, jotka eivät suoraan osallistu tehtävään, mutta tehtävä työ voi vaikuttaa heihin. Tästä syystä jo kansallinen lainsäädäntö velvoittaa, että kaikkien henkilöiden täytyy olla koulutettuja ja perehdytettyjä lainsäädäntöön, turvallisuusmääräyksiin ja -

---

<sup>10</sup> SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset.

ohjeisiin, säädöksiin, vaatimuksiin ja yrityksen ohjeisiin, jos he tekevät työtä sähkölaitteiston kanssa tai sen läheisyydessä. Kyseiset ohjeet ja vaatimukset on kerrottava samalla kun työtä tehdään, jos työtehtävä kestää pitkään tai on muuten vaativa. Lisäksi henkilöstön tulee käyttää työskentelypaikkaan ja -olosuhteisiin sopivia vaatteita. Tämä saattaa joissakin tapauksissa vaatia sopivankokoisen vaatepuksen lisäksi myös lisähenkilönsuojaimien käytön. Jokaisessa työtehtävässä on henkilö, joka vastaa työsuorituksesta. Hänen vastuulla on varmistaa ennen työn aloittamista sekä sen aikana, että työssä noudatetaan sovittuja ohjeita ja asiaankuuluvia säädöksiä ja vaatimuksia. Työsuorituksesta vastaavan henkilön tehtävä on siis opastaa kaikkia työhön osallistuvia henkilöitä myös niistä vaaroista, joita henkilöt eivät voi välittömästi havaita. Sellaisia töitä, joissa vaaditaan teknistä tietoa ja taitoa sähköisen vaaran tai vammojen välttämiseksi, saavat tehdä vain sellaiset ammattitaitoiset henkilöt, joilla on kokemusta ja tietoa, jotta työ sujuu varmasti, turvallisesti ja vaaralta välttyään. Tässäkin tapauksessa työn pitää olla valvottua. Nämä kaikki edellä mainitut toimenpiteet takaavat paremman turvallisuuden yrityksessä työskenteleville henkilöille ja kuten jo mainittu, yrityksen vastuulla on vaatia henkilöstöään noudattamaan turvallisuus säädöksiä, ohjeita ja määräyksiä.

Turvallisuuden vuoksi kansallisessa lainsäädännössä voi olla vaatimuksia henkilöiden iälle, ammattitaidolle tai kelpoisuudelle tiettyjä töitä tehtäessä. Mikäli ammattitaitovaatimuksia ei kansallisesti ole määritetty, voidaan pätevyyden arvioinnissa käyttää seuraavia perusteita:

- sähköalan perustiedot
- kokemus sähköalasta ja -töistä
- tiedot laitteistosta, jossa työskennellään ja käytännön kokemus tästä työstä
- käsitys sellaisista vaaratekijöistä, joita voi työn aikana ilmetä ja toimenpiteistä, joita pitää noudattaa
- kyky tunnistaa kaikissa tilanteissa, onko työn jatkaminen turvallista.

Ennen työn aloittamista on arvioitava työn vaativuus. Sen perusteella on valittava sopivat tekijät työlle. Sopivuus taas määräytyy henkilön ammattitaidon mukaan. Henkilöt opastetaan työhän. Myös maallikot käyvät, jos he saavat opastusta. Henkilöiden tehtävät on määritelty kansallisen käytännön mukaan tarkemmin Standardissa SFS 6002 liite X. Maallikolla tässä kohtaa tarkoitetaan sellaista henkilöä, jolla ei ole ammattipätevyyttä eikä häntä ole vielä opastettu.<sup>9</sup>

Lain mukaan ammattihenkilöllä tarkoitetaan henkilöä, jolla on KTMp (516/1996) 11§:n mukaan:

- sähköalan diplomi-insinöörin, insinöörin tai teknikon tutkinto
- sähköalan ammattitutkinto tai yliasentajan erikoisammattitutkinto taikka vastaavat tutkinnot
- hyväksytysti suoritettu sähköalan oppisopimuskoulutus
- ammattikoulun kolmivuotinen sähköalan koulutus ja sen jälkeen vuosi vastaavaa työkokemusta
- suoritettuna aikuiskoulutuskeskuksen sähköalan vähintään 50 viikon kurssi ja sen jälkeen kolme vuotta työkokemusta kyseisissä sähköalan töissä
- kuuden vuoden kokemus kyseisistä sähköalan töistä ja riittävät alan perustiedot.

Toisaalta opastetulla henkilölläkin on oma määritelmänsä. Opastetulla henkilöllä tarkoitetaan:

- Sellaista henkilöä, joka on hankkimassa KTMp (516/1996) 11§:n mukaista sähköalan pätevyyttä, ja jolla on sähköalan koulutus ja/tai työkokemusta,

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

mutta ei kaikilta osin täytä itsenäiseen työhön kykenevän ammattihenkilön vaatimuksia

- Sellaista henkilöä, jolla ei ole sähköalan koulutusta tai työkokemusta, mutta joka on opastettu tekemään määrätty toimenpide, esim. laitevalmistukseen liittyvä testaus.<sup>9</sup>

VEOn ohje työturvallisuudesta ja testitiloissa toimimisesta määrittelee vaatimukset testitiloissa työskentelevien henkilöiden perehdytyksestä, vaadituista koulutuksista ja riittävästä ammattitaidosta. FAT- testauksesta ja testitilojen turvallisuudesta vastaa yrityksen sähkötöiden johtaja. Sähkötöiden johtaja varmistaa, että jokainen testialueella työskentelevä työntekijä on saanut perehdytyksen testialueella työskentelyyn ja on suorittanut kaikki vaadittavat koulutukset. Tässä lainaus SFS 6002- sähkötyöturvallisuusstandardin määritelmästä: ”Testaus sisältää kaikki toiminnot, joilla tarkistetaan sähkölaitteiston toimintaa tai sen sähköistä, mekaanista tai termistä kuntoa. Testaus sisältää myös toiminnot, joilla kokeillaan esimerkiksi sähköisten suoja- ja turvapiirien toimiminen. Testauksen tekijöiden pitää olla ammattihenkilöitä tai opastettuja henkilöitä. Maallikot esimerkiksi harjoittelijat saavat tehdä testauksia vain ammattihenkilön välittömästi ohjaamana ja valvotuna”.<sup>9</sup>

Vain sähköalan ammattilaiset saavat testitiloissa työskennellä itsenäisesti. Testialueella työskentelevät harjoittelijat, kesätyöntekijät tai näihin rinnastettavat tarvitsevat esimiehen myöntämän VEOn ohjeiden mukaisen harjoitteluluvan. Testitiloissa sähkötöitä tekevillä henkilöillä on oltava voimassa seuraavat koulutukset ja pätevyyydet:

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

- työturvallisuuskortti
- sähkötyöturvallisuuskortti
- sähkötöiden hätäensiapukoulutus tai EA1-koulutus
- jännitetyökoulutus.

Vaikka sähkötöiden johtaja vastaa kokonaisuudesta, testialueella työskentelevät henkilöt vastaavat, että töissä käytettävät työkalut ovat soveltuvia, turvallisia ja asianmukaisessa kunnossa. Kaikenlaiset viat, rikkinäiset tai virheelliset työkalut, laitteet ja kytkentäjohdot poistetaan käytöstä ja raportoidaan tilasta vastaavalle henkilölle.<sup>9</sup>

Jokaisen projektin kohdalla sähkötöiden turvallisuudesta vastaavat henkilöt vaihtuvat. Tällöin vaihtuvien vastuuhenkilöiden yhteystiedot asetetaan testialueella näkyvälle paikalle ennen testauksien aloittamista. Vastuuhenkilöillä on oikeus purkaa kytkennät, jotka eivät ole määräysten mukaisia, mutta jokaisella on velvollisuus puuttua sähköturvallisuuteen liittyviin puutteisiin ja epäkohtiin. Havaittaessa epäkohtia niistä on ilmoitettava testitilan sähköturvallisuudesta vastaavaa henkilölle. Kaikki testialueelle tulevat henkilöt perehdytetään VEO:n ohjeisiin. Perehdytyksen muistilista on tallennettuna kunkin projektin hakemistoon tai esimiehen päätöksestä sopivaan tiedostoon. Vierailuille henkilöille on omat perehdytyslistat, joiden mukaan heitä ohjeistetaan. Testialueelle tulevat vieraat on tärkeää perehdyttää heidän oman sekä muiden alueella työskentelevien henkilöiden turvallisuuden parantamiseksi. Tässä tapauksessa vierailusta vastaava isäntä vastaa vierailijoiden perehdyttämisestä. Vierailuvien henkilöiden määrä on oltava sellainen, että kokonsa puolesta ryhmää voidaan valvoa ja ohjeistaa ja ryhmän mukana on oltava aina sähköalan ammattilainen.

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

### **4.3 Suojausmenetelmät**

Tässä kappaleessa pohditaan suojausmenetelmiä ja sitä, miten ne pitää ottaa testausympäristössä huomioon. Suojausmenetelmissä on oltava varsinainen perussuojaus ja erikseen vikasuojaus. Millaiseksi suojausmenetelmä lopulta muodostuu, riippuu kohteesta, mutta joka tapauksessa on perussuojan lisäksi oltava myös erillinen vikasuojaus. On myös mahdollista käyttää lisättyä suojausmenetelmää, joka tekee sekä perus- että vikasuojauksen. Lisäsuojaukseksi voidaan ajatella esimerkiksi eristystä, joka on vahvistettu.

#### **4.3.1 Perussuojauksen menetelmät**

Perussuojauksessa käytetään koteloita, eristeitä ja suoja, joiden avulla voidaan estää vaaratilanteita, joissa jännitteisiin voitaisiin koskettaa. Eristämisellä siis estetään virran kulku testaus henkilöstön kautta jännitteisiltä kojeilta. Kun jotakin laitetta tai kojeistoa testataan, ensisijainen suojaus on kosketukselta suojaaminen perussuojauksen menetelmää käyttäen. Kuitenkaan jokaisessa testauspaikassa ei voida käyttää perussuojausta, joten siinä tapauksessa täytyy ottaa käyttöön muita toimenpiteitä suojauksen toteuttamiseksi mm. muita suojuksia tai esteitä. Näissäkin tapauksissa testialueet on järjestettävä niin, että alueelle pääsevät vain tarpeelliset ja asianmukaiset henkilöt ja ulkopuolisilta pääsy on kielletty ja estetty. Vierailijat ja maallikot saavat tulla alueella vain, jos heitä on opastettu ja he ovat muiden ammattitaitoisten seurassa. Lisäksi, jos perustetaan vain tilapäinen testauspaikka, sitäkin on suojattava tilapäisillä suojausmekanismeilla ja -kytkennöillä. Jos testauspaikalla on yli 1000 V vaihtojännitteitä tai 1500 V tasasähköjännitteitä,

silloin testauspaikka on erotettava pysyvästi tai tilapäisesti, mutta joka tapauksessa selvästi muusta tilasta ja ympäristöstä.<sup>10</sup>

#### 4.3.2 Vikasuojaus

Vikasuojauksella suojaudutaan tilanteissa, joissa syntyy vikoja. Tällaisia voivat olla esimerkiksi eristyksen tai perussuojauksen pettäminen. Yleensä silloin jännitteiset osat ovat paljaana ja aiheuttavat vaaraa. Vikasuojauksella pyritään nimenomaan takaamaan turvallisuus vikatilanteissa siten, että testaushenkilöstö ei saa tapaturmaista kosketusta jännitteiseen pintaan. Tyypillisiä vikasuojauksen menetelmiä on riittävän nopea syötön automaattinen poiskytkentä käyttäen asianmukaista suojalaitetta, joka suojaa ylivirtatilanteilta katkaisten virran pois tai muu vikasuojalaitte. Standardin SFS 6000-803.4 mukaan vikasuojauksella voidaan suojautua jännitteisiksi tulleiden tai sille alltiiden osien ja maapotentiaalin väliseltä samanaikaiselta kosketukselta. Tosin tämä suojautuminen ei onnistu jännitteisiksi tulleiden osien ja nollajohtimen välisessä kosketuksessa tai vastaavasti kahden eri vaiheissa olevan johtimen välisessä kosketuksessa. Vikasuojauksen lisäksi testausalueen sähköä johtavien pintojen, kuten pöytien ja lattioiden, pitää olla eristävää materiaalia. Tämä on niin sanottu lisätoimenpide eikä osa varsinaista vikasuojausmenetelmää. Tällaisessa tapauksessa pintojen eristysresistanssin täytyy olla vähintään 50 k $\Omega$  500 V jännitteellä ja 100 k $\Omega$ , kun jännite on yli 500 V. Testausympäristön pinnat esim. työskentelytasoilla voivat olla metallista tehtyjä, mutta siinä tapauksessa työpöytien rungot eivät saa olla yhteydessä maahan niin, että sähkövirta joutuisi niistä läpi. Jos testauspaikoilla on tarpeen asentaa raskaita koneita, niiden alle ei vaadita standardien mukaan eristettä tai eristävää lattiaa, jos sen toteuttaminen

---

<sup>10</sup> SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset.

on haastavaa. Eristävyys kuitenkin testataan tarvittaessa SFS 6000-6 liitteen 6A mukaisesti.<sup>9</sup>

### 4.3.3 Vikavirtasuojaus

Vikavirtasuojauksessa käytetään vikavirtasuojakytkintä. Sen tarkoitus on suojata testauspaikalla olevien henkilöiden turvallisuutta. Vikavirtasuojakytkimellä voidaan myös katkaista vikatilanteissa ylimääräisiä ei-toivottuja sähkövirtoja ja valvoo eristevikoja. Tällaisissa tapauksissa se toimii siis palosuojana. Standardin määritelmän mukaan vikavirtasuojaja ei korvaa perussuojausta tai vikasuojausta, vaan se antaa enemmän suojaa tapauksissa, joissa edellä mainitut pettävät. Myös se suojaa myös silloin kun testaushenkilöstö on jostakin syystä varomaton tilanteissa tai tapahtuu mahdollinen vahinko.

Hyvin harvoin, kun vikavirta on sen verran pieni, voi vikavirtasuojaus korvata vikasuojauksen. Tällaisissa tapauksissa vikasuojausta ei ole mahdollista tehdä syötön poiskytkennän keinoilla ja siksi korvaaminen on sallittua. Silloin vikavirtasuojan nimellinen mitoitustoimintavirta I<sub>ΔN</sub> voi olla korkeintaan 1/5 esiintyvistä pienimmästä oikosulkuvirrasta. Standardin SFS-EN 50191 (2011) mukaan kaikki testipaikan enintään 32 A lähdöt täytyy suojata 30 mA vikavirtasuojien avulla, kun käytössä on menetelmä ilman automaattista suojausta kosketukselta ja samaan aikaan ei ole SELV-, PELV-järjestelmää tai suojaerotusta.

Standardeissa määritellään vikavirtasuojille enimmät toiminta-ajat, joiden aikana suojan on toimittava. Standardin SFS 6000-5-53 mukaan yleisen tyyppin 30 mA vikavirtasuojan toiminta-aika saa olla korkeintaan 0,3 s ja suojan täytyy toimia

---

<sup>9</sup> SFS-käsikirja 6002. Sähkötyöturvallisuus. 2015.

virralla  $I_{\Delta N} \leq 30$  mA. Lisäksi standardissa määritellään, että yli 150 mA:n vikavirralla suojan toiminta-aika ei saa ylittää 0,04 sekuntia.<sup>10</sup>

#### 4.3.4 Siirrettävät ja liikuteltavat alustat

Standardin SFS 6000 osassa 7–717 määritellään erikoistilojen ja asennusten vaatimuksia siirrettävien ja liikuteltavien laitteiden tai koneiden kohdalla. Testauspaikalla laitteet, kojeet ja erilaiset rakennelmat ovat muuntuvia ja vaihtelevia. Niitä pitääkin pystyä liikuttelemaan asianmukaisen testaustilanteen saamiseksi. Tämä seikka pitää huomioida testauspaikan kokonaisturvallisuudessa ja seurata standardien määräyksiä asiassa. Testauspaikan toteutuksessa ja suunnittelussa on pohdittava tarkkaan koneiden, kojeiden ja rakennelmien sijoittelua, jotta kulku olisi turvallista ja esteetöntä. Alueelle on oltava mahdollista kulkea ja päästävä sisälle ja ulos. Nopea poistuminen hätätilanteessa on turvattava. Haasteita aiheuttavat muuttuvat testaustilan tarpeet ja testauksen kohteet. Esimerkiksi sähkökaappien koon vaatimukset muuttuvat testattavien kohteiden ominaisuuksien mukaan. Siitä huolimatta turvallisuuden ja esteettömyyden takia testauspaikkaa on pystyttävä muuttamaan, vaikka se olisikin hankalaa. Tätä helpottavat kuvassa (**Kuva 2**) näkyvät sähkökaappien alla olevat alustat.

---

<sup>10</sup> SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset.



**Kuva 2.** Sähkökaappien alustat

Liikkuvan alustan avulla testattava kaappi, kone tai muu laite voidaan siirtää haluttuun paikkaan ja silloin testauspaikan muunneltavuus paranee. Liikkuva alusta helpottaa turvallisuuden ja esteettömyyden takaamista sijoittelussa. Hyvin suunniteltu sijoittelu ja liikuteltavat alustat mahdollistavat johtojen vetämisen kaapille lattiaa pitkin, jolloin sopivalla suojalla kompastumisen ja johtojen mekaanisen rasituksen riski vähenee.



**Kuva 3.** Kytkinkotelo pyörillä varustetun alustan päällä.

Testaustilanteessa olisi tärkeää, että kytkinkotelo on riittävän lähellä testattavaa sähkökaappia. Näiden molempien väliin on sijoitettava ja vedettävä paljon johtoja ja johtimia toiminnallista testiä varten. Luonnollisesti johtojen suuri määrä haittaa vähemmän, kun kyseiset testauspaikan komponentit ovat lähekkäin sijoitettuna. Näin johdot eivät ole henkilöstön tiellä ja aiheuta vaaratilanteita. Kuvassa (**Kuva 3**) näkyvä kytkinkotelo on asennettu pyörillä varustetun alustan päälle, jotta liikuteltavuus sijoittelussa paranisi.

Liikuteltavien alustojen ja mahdollisimman helposti siirrettävien komponenttien avulla koko testausalue on mahdollista pitää paremmin siistinä ja esteettömänä. Liikuteltavat alustat eivät ole pakollisia, mutta helpottavat muuttuvia testaustilanteita testauspaikalla ja siksi niitä voi suositella.

#### 4.4 Alueelle pääsy, aitaukset ja lukitukset

Testausalue on erotettava selkeästi työskentelyalueista ja muista alueella olevista kulkuteistä (**Kuva 4**). Erottamiseen käytetään aitauksia. Standardin SFS-EN 50191 mukaan aitausten on oltava rakennettu niin, että

- ne estävät muiden kuin testaushenkilöiden pääsyn testausalueelle
- ne estävät muiden kuin testaushenkilöiden ulottumisen kielletylle alueelle
- ne estävät aitausten ulkopuolella olevia henkilöitä ulottumasta aitausten sisäpuolelle sijoitettujen testauslaitteiston käyttölaiteisiin.



**Kuva 4.** Testausalueet. VEDA, VECTOR ja NXC

Standardin SFS-EN 50191 mukaan jännitteisten osien pintoja pidetään kielletyn alueen rajoina, kun jännitteet ovat enintään 1000 V (**Liite 1**). Lisäksi jännitteisten

osien ympärillä olevaan tilaan ei saisi päästä, jos jännitteisiä osia ei ole täydellisesti kosketussuojattu. Jos kosketussuojausta ei ole tehty, kyseessä on siis kielletty alue jännitteisten osien ympärillä.<sup>10</sup>



**Kuva 5.** Etäisyys testattavan keskuksen ja aidan välillä.

Se missä menee kielletyn alueen raja, riippuu testausjännitteestä. Jotta raja olisi selvä, mekaanisen suojauksen on oltava riittävän vahva. Tämän tarkemmin standardi ei ota asiaan kantaa. Toisin sanoen aitojen pitää olla tarpeeksi tukevasti rakennettuja, jotta ne kestävät käyttöä ja työtekoa niiden sisä- ja ulkopuolella, jotta vaaranpaikkoja ei niiden heikkouden vuoksi syntyisi (**Kuva 5**).

---

<sup>10</sup> SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset.



**Kuva 6.** Testausalueen sisäänkäynti.

Testialueen ovissa tai vastaavissa tulee olla kulkutiet varustettuna kilvillä, jotka kieltävät asiattomien pääsyn tiloihin.

VEOn jokaisen osaston tuotteella on erityinen alueensa testausalueella. Oven vieressä on kyltti, josta ilmenee, mille osastolle testausalueen kaapit kuuluvat ja minkä osaston tuotteiden testialueesta on kyse (**Kuva 6**).

Alueella on olemassa hälytín, joka aktivoituu, jos kulkutien ovi on auki enemmän kuin 10 sekuntia. Siksi ovien on oltava aina kiinni. Hälytín voidaan sammuttaa sulkemalla ovet. Ovien lukitukset vapautetaan tarkastamon sisäpuolella olevasta

painikkeesta. Painikkeet sijaitsevat lähellä ovia, jokaista ovea varten omansa, eli kaikki ovilukitukset eivät siis aukea kerralla.

Jokainen ovi on varustettu sähkölukoilla (**Kuva 7**), jotka pystytään avaamaan magneettiavaimella tai koodilla. Magneettiavain myönnetään testausosaston työntekijöille, osaston valvojalle ja esimiehelle. Koodi myönnetään myös työntekijälle, jolle on myönnetty oikeus työskennellä tilapäisesti testialueella. Koodin ja sen toiminta-ajan antaa testausosaston valvoja.



**Kuva 7.** Tarkastamon oven sähkölukko.

Standardeissa ei erikseen vaadita summeria tai hälytintä. Tämä on kuitenkin hyvä lisä turvallisuuden takaamiseksi testausalueella. Siksi VEO on erikseen päättänyt ottaa käyttöön summerin ilmaisemaan ovien lukituksen tilan, eli ovatko ne auki vai kiinni. Summeri hälyttää, kuin ovi on ollut auki enemmän kuin 10 sekuntia. Tämä on hyvä siinä tilanteessa, että ovesta on kuljettu läpi, mutta se on epähuomiossa jäänyt raolleen tai ei ole mennyt kunnolla kiinni. Jos ovi jäisi raolleen tai ei lukittuisi kunnolla, alueelle voisi päästä luvattomasti ja ei-asianmukaiset henkilöt.

Tämä vaarantaisi turvallisuuden sekä ko. henkilöltä että niiltä, jotka alueella jo työskentelevät.

#### **4.5 Aitaukset**

VEOn testauspaikoissa eli tarkastamoissa on käytetty korkeampia kiinteitä aitoja kuin mitä standardissa on määrätty. Standardien mukaan tulisi käyttää vähintään 1800 mm, mutta VEolla on käytössä noin 2 400 mm korkeat aidat. Tämä lisäksi, turvallisuuden lisäämiseksi, VEolla on käytössä liikuteltavat nauhatolpat, joista voidaan vetää keltamustaraitaiset varoitusnauhat, kuten kuvassa (**Kuva 8**) voidaan nähdä. Niiden avulla voidaan erotella alueita toisistaan tarkastamon eli testialueen sisällä.



**Kuva 8.** Nauhatolpat ja keltamustaraitaiset varoitusnauhat.

VEOlla on käytössä yllä olevien lisäksi myös kiinteät niin sanotut työmaa-aidat. Kuvassa (**Kuva 9**) on esimerkki työmaa-aidasta. VEOlla tällaiset on sijoitettu jakamaan kolme tarkastamo. Kyseisten tarkastamoiden nimet ovat NXC, VEDA ja VECTOR ja ne on jaettu työmaa-aidoilla, koska niiden työskentelypinta-ala on sen verran iso ja testattava kojeisto sijoitetaan siten että, kaikki alueella työskentelevät testausta tekevät henkilöt ovat omalla työalueellaan. Liikuteltavia aitoja käytetään myös HANZA nimisellä testausalueella.



**Kuva 9.** Työmaa-aidat

#### **4.6 Hätäseis-kytkentä**

Standardin SFS-EN ISO 13850 mukaan testausalueella oleva testauslaitteisto tulee varustaa hätäkytkentälaitteilla, joilla on mahdollista katkaista koko alueen sähköenergia vaaratilanteessa (**Kuva 10**). Jos tällaista ei ole, voisi aiheutua suurikin vaaratilanne tai pitkittyessään tilanteet aiheuttaisivat isomman vaaran. Hätäkytkentälaitteen tai -välineiden on oltava standardin vaatimusten mukaisia. Testausalueen sisä- ja ulkopuolella on lisäksi oltava riittävä määrä käsikäyttöisiä ohjaimia sähköjen katkaisemiseen, ikään kuin hätäjarruja. Niiden määrä määräytyy alueen pinta-alan ja laitteiston monimutkaisuuden mukaan. Hätäkytkentälaitteiden ei kuitenkaan saa kytkeä sähköjä pois pistorasioista, jotka on kytketty tavallisen sähköverkkoeseen. Tällöin kytkentäkohdat, esim. tavalliseen sähköverkkoon liitetyt testausalueella olevat pistorasiat, on merkittävä sillä tavalla asianmukaisesti, jotta ne eivät kytkedy jännitteettömiksi hätäseis-kytkentälaitteella.



**Kuva 10.** Hätäseis-painike kytkentäkeskuksessa.

Hätäkytkentälaitteen sekä siihen liittyvät käsikäyttöiset ohjaimet on standardin SFS-EN 50191 mukaan oltava helposti tunnistettavissa. Seis-toiminnon on oltava saavutettavissa ja toimintakunnossa koko ajan. VEO:n tapauksessa käsilaukaisulaite on punainen keltaista taustaa vasten oleva painonappi kuvan (**Kuva 11**) mukaisesti.



**Kuva 11.** Koestamon hätäseis-painike

Hätäkytkentälaitte tulisi asettaa 0,6–1,7 m korkeudelle kulkutasosta sisä- sekä ulkopuolella. Mitta on ajateltu esimerkiksi lattiatasosta tai hoitotasosta mitattuna. Hätäkytkentälaitteen toiminto ei saisi olla sellainen, että jännitteet ja virta palautuvat automaattisesti päälle, kun se ei ole sisään painettuna. Sen toiminta tulisi olla vain sähköt pois kytkevää ja sen jälkeen uudelleenkäynnistämisen mahdollistava, mutta laite itsessään ei saa olla sähköt uudelleenkäynnistävä. Tämä määräys tulee suoraan standardista.

Hätäkytkentälaitteen toiminnot tulisi suunnitella niin, että päätös sen käyttämiseen ei vaatisi ottamaan huomioon siitä koituvia seurauksia. Hätäseistoiminto tulee olla ensisijainen toiminto muihin toimintoihin nähden heikentämättä muita suojauksia. VEOn tapauksessa laitteen käyttö vapauttaa myös magneettiovien lukituksen, jotta hätätilanteessa paikalle voisi tulla apua ja paikalta voisi poistua niin, että ovet eivät ole lukittuina. Jos tarkastamon sisätiloissa oleva henkilö tarvitsee ensiapua eikä kykene itse vapauttamaan lukitusta, on kaikkien turvallisuutta

lisäävää se, että ovet ovat auki. Tällaiseksi niin sanotuksi hätäseis-vyöhykkeeksi katsotaan kyseisen tarkastamon alue.

#### 4.7 Merkkivalot, varoitusvalot ja kilvet

Standardissa SFS-EN 50191 käsitellään merkkivalojen määräyksiä testialueella. Merkkivaloja tulisi käyttää, jotta voidaan todentaa käyttötilanne. Tätä tarkoitusta varten on asennettava vihreitä ja punaisia merkkivaloja. Niitä on oltava riittävä määrä alueeseen nähden. Mikäli käytössä on alle 1000 V vaihtojännite, voi olla käyttämättä vihreää merkkivaloa. Toisaalta mikäli testauspaikka on vain tilapäinen, määräys merkkivaloista silti pätee. Tilanteissa, jossa voidaan olla varmoja, että alueella ei ole pääsyä sivullisella tai ulkopuolisilla, merkkivaloja ei tällöin tarvitse käyttää. Tässä tapauksessa sivullisten pääsy täytyy olla hyvin estetty tässä opinnäytetyössä aikaisemmin mainituilla toimenpiteillä. Eri osiin jaetulla testausalueella, jossa jokaisessa suoritetaan eri testejä, jokainen osa on merkittävä kyseessä olevilla valoilla (**Kuva 12**).<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> SFS-käsikirja 600–1–1:2017 Pienjännitesähköasennukset.



**Kuva 12.** Punainen merkkivalo tarkastamon ovella.

Punaisen merkkivalon on ilmaistava koko testitilan ja sen ulkopuolelle jäävän toimitilan henkilöstölle, että tila on käytössä ja testaus on meneillään. Silloin kun jännite on päällä, testauslaitteessa varoitusvalo on punainen. Kytkinkotelon yhteyteen siksi asennetaan magneetilla kiinnitettävä varoitusvalo (**Kuva 13**), joka saa käyttööjännitteensä suoraan kytkinkotelosta. Tällä varmistetaan, että varoitusvalo palaa aina, kun testauslaitteessa on jännite kytkettynä päälle. Varoitusvalo voidaan kiinnittää sähkökaapin päälle kuvan mukaisesti.



**Kuva 13.** Kaapelilla varustettu merkkivalo.



**Kuva 14.** Paristokäyttöinen LED-varoitusvalo.

LED-varoituskiekkoo (**Kuva 14**) on todella lujatekoinen. Tämä tarkoittaa, että se on iskun- ja värinänkestävä, jotta se ei menisi rikki. Varoituskiekkoo on myös tehokas, koska se kykenee tuottamaan kirkasta, jopa vajaan kahden kilometrin päähän näkyvää punaista valoa. Se on varustettu vahvalla magneetilla, mikä mahdollistaa kiinnityksen rautapohjaisiin magneettisiin materiaaleihin helposti.

#### **4.8 Kielto- ja varoituskyltit sekä ensiaputaulu**

Testaustilassa käytetään magneettisia varoitus- ja kieltokylttejä (**Kuva 15**). Näitä voidaan kiinnittää näkyviin paikkoihin esimerkiksi testattaviin kojeisiin ja

laitteisiin. VEolla käytettävät kyltit ovat eri standardien vaatimusten ja direktiivi 92/58/EEC suosituksen mukaisia.



**Kuva 15.** Magneettiset kielto- ja varoituskyltit.

Standardit SFS 6002 ja SFS 600-8-803 vaativat myös ensiaputaulun testausalueille. Kuvassa näkyy VEOn ensiaputaulu, jossa on selvästi ilmaistu ensimmäiset tarvittavat toimenpiteet hätätilanteessa auttamiseksi ja yleinen hätänumero 112 (**Kuva 16**).



**Kuva 16.** Tarkastamon ensiaputaulu.

Sähkötapaturmat tulisi ensisijaisesti välttää kaikilla tässä opinnäytetyössä mainituilla toimenpiteillä. Kuitenkin, jos tapaturma tapahtuisi, ensiaputaulut on sijoitettava testausalueelle tällaisia tilanteita varten. Tauluissa on ohjeiden lisäksi oltava myös kohteen katuosoite hätäavun soittamista varten.

#### 4.9 Lattialuukut

Kaapelikanavajärjestelmät asennetaan lattian alle. Tällaiset järjestelmät on suunniteltu sähkö- ja tietoliikennejärjestelmäsäennuksiin ja niiden asentaminen lattian alle on suunniteltu palvelemaan eristettyjen johtimien, kaapeleiden ja muiden sähkölaitteiden sähköisesti suojaavaa erottamista. Näiden laitteiden maksimijännite on 1000 VAC ja 1500 VDC, eli pienjännite.

Lattian alle asennus mahdollistaa sen, että ne eivät ole alttiina liikennekuormille normaalin käytön aikana. Kun huoltoyksikkö ei ole käytössä, kaapeleiden läpivientiin tarkoitetut aukot on voitava myös peittää. Siihen tarvitaan lattialuukkuja.



**Kuva 17.** Kaapelikanavajärjestelmän kotelo.

Kaksoislattialle suunniteltuja standardin EN50085-2-2 mukaisia lattialuukkuja löytyy VEO:n VECOS-nimisessä tarkastamossa. Kotelo on mallia: hager **VE0912** ja se sisältää 24 VDC, 110 VDC, 220 VDC, 400 VAC ja 230 VAC jännitelähtöjä. (**Kuva 17**)

## 5 FAT – TESTIT KORONAVIRUSPANDEMIAN AIKANA

FAT testaus tehdään tyypillisesti VEOn tehtaalla asiakkaan kanssa, mutta se on mahdollista tehdä myös etänä. Siinä noudatetaan samaa testausohjelmaa, mutta asiakas osallistuu testaukseen etäyhteyden välityksellä.

VEOlla etätestauksen uudelleenjärjestelyt veivät hetken ennen kuin onnistuivat, mutta uusi järjestely toimii erittäin hyvin ja asiakkaat ovat tyytyväisiä. Siitä on tullut jopa parempi vaihtoehto kuin paikan päällä tehtävä FAT. Etätestaus on helpompaa, koska kaikki tarvittavat osapuolet on helpompi saada samaan aikaan testaukseen. Osapuolia ovat VEOn henkilökunta, asiakkaat ja loppuasiakkaat/loppukäyttäjät. Koska FAT-etätestit eivät vaadi ympäri maailmaa lentämistä, ne ovat siksi tehokkaampia, mikä säästää aikaa, rahaa ja ilmastoja. VEOn FAT-testien automaattiohjelmien johto on erityisesti korostanut sitä, että etätestien mahdollisuus on VEOlle mahdollisuus uudelleen brändätä itsensä helppona yhteistyökumppanina.

FAT etätestitilanteissa on todella tärkeää paikan päällä suoritettavaan testaukseen verrattuna tarkka ja edistynyt suunnittelu. Kaikki FAT testaukset, paikalla tai etänä, vaativat huolellista suunnittelua ja valmistelua, jotta kaikki näytettävät materiaalit ovat mukana ja koottuna asiakkaan havaittavassa muodossa. Näytettävää on paljon ja aikataulu on tiukka, joten kaikki materiaalit ja liitännät testaustapahtumaan on oltava valmiina etukäteen, jotta testi sujuu hyvin ja keskeytyksettä.

Etänä tehty FAT vaatii tietysti luottamusta asiakkaan ja VEOn välillä. Tämä on sujuvampaa ja ehkä helpompaa pitkäaikaisten yhteistyökumppanien kanssa kuten Wärtsilä, koska siinä on eri tavoilla tehty yhteistyötä jo pitkään. Yhdessä asiakkaan kanssa voidaan seurata testitilannetta ja samaan aikaan olla avoimia mahdollisista haasteista ja viestiä molemminpuolisesti niin, että löydetään ratkaisuja yhdessä.

Uusi testausmenetelmä on tuonut myös uutta oppimista ja kehitysideoita. Etätestauksessa kaikki materiaalit ovat aina auki tietokoneen näytöllä, mikä helpottaa testauksen seuranta. Paikan päällä tilanteessa on jopa saattanut käydä niin, että

joitakin kehityskohteita ei olla havaittu, kun on keskitytty toisaalle hetkeksi aikaa. Aluksi kuitenkin FAT etätestauksissa oli myös paljon ongelmia: esimerkiksi videoyhteydet olivat huonoja, videoiden laatu ja välineet videoyhteydelle olivat riittämättömät. Samaan aikaan kun maailmalla vallitsi pandemia, laitteet ja yhteydet paranivat ja kapasiteetti hyvillä nettiyhteyksille kasvoi.

VEOlla ideoitiin paljon, jotta FAT testauksiin etänä saataisiin parempia ratkaisuja ja toiminta voisi jatkua saumattomasti. VEOlla päätettiin, että ennen testausta tehdään yksityiskohtainen videosittely testattavasta laitteesta ja sen toiminnasta. Se lähetetään tutustumisvideoksi asiakkaille. VEO:n työntekijät siis kuvaavat etukäteen testattavat osat ja näin videon resoluutio säilyy laadukkaana ja asiakas saa hyvän kuvan tarkasteltavina olevista laitteista. Tämä toimintatapa on saanut niin hyvää palautetta, että paluuta ennen pandemiaa käytettyyn toimintaan ei täysin ole. VEO:n etä-FAT:t jatkuvat myös pandemian jälkeen onnistuneena konseptina eli tästä eteenpäin etätestaus on aina mahdollista VEOlla, vaikka asiakkaan toiveesta lähitestauskin on mahdollista.

## 6 YHTEENVETO

Tässä työssä päivitettiin VEO Oy:n sähköturvallisuusmateriaaleja, joita käytetään FAT-testaustiloissa. Olemassa olevien, mutta vanhentuneiden materiaalien pohjalta tein uudet päivitetty materiaalit. Erityisesti käytin standardeja SFS-EN 50191:2011, SFS 600-8-803:2017 ja SFS 6002:2015. Työn aikana oli tärkeää perehtyä itse tiloihin, yrityksen toimintatapaan sähköturvallisuuden suhteen sekä standardeihin, kansalliseen lainsäädäntöön ja turvallisuusmääräyksiin. Tätä työtä tehdessäni haastavaksi osoittautui eri standardien valinta ja soveltaminen kyseisiin tiloihin, mutta myös maailmanlaajuinen pandemia, jonka takia etäyhteydet ja etätestauskin otettiin VEOLla käyttöön. Standardit myös ovat sellaisia, että niiden sisällöissä puhutaan toisista standardeista, jolloin samaan aikaan on selvitettävä monen eri standardin vaikutusta kyseiseen tilanteeseen.

FAT testausalueella saattaa samaan aikaan toimia sekä ammattitaitoisia henkilöitä, testauksesta vastuussa oleva henkilö sekä myös ulkopuolisia vierailijoita, jotka pitää perehdyttää tilojen turvallisuuteen. Sähköturvallisuuden varmistaminen kaikkien henkilöiden kannalta toi myös oman haasteensa. Ohjeiden, tavaroiden sijainnin, sisään- ja uloskäyntien sekä toimintatapojen on oltava selkeitä niin ammattilaiselle kuin maallikolle. Selkeyden saaminen ohjeistukseen ja tähän työhön ei ole itsestään selvää, kun oma äidinkieleni ei ole suomi.

Työn tekeminen vahvisti ajatustani siitä, että sähköturvallisuus on äärimmäisen tärkeä asia testauspaikoissa, josta tulee olla ajantasainen ja päivitetty ohjeistus koko ajan saatavilla. Lisäksi opin monia tärkeitä näkökulmia standardien soveltamisesta yhdessä kansallisen lainsäädännön ja määräysten kanssa. Tulvaisuudessa osaisin entistä paremmin miettiä, mikä asia kuuluu ottaa mukaan koulutusmateriaaliin sähköturvallisuuden varmistamiseksi. Testauspaikassa on normaalia, että laitteistoa vaihdetaan ja uusitaan, ja testattavat kojeet muuttuvat. Lisäksi standardit ja lainsäädäntökin uusituvat säännöllisesti. Siksi on aina tärkeä, että

turvallisuusmateriaali on ajan tasalla ja se uudistetaan. Tämä säästää tapaturmilta ja vaaroilta.

## LÄHTEET

L 1135/2016 Sähköturvallisuuslaki. Säädös säädös tietopankki Finlexin sivuilla.

<https://wiki.metropolia.fi/display/alykas/Tehdastestit+ja+kelpuus>.

Viitattu 17.4.2022.

[https://sesko.fi/sesko\\_ry/](https://sesko.fi/sesko_ry/). Viitattu 15.4.2022.

<https://sfs.fi/standardeista/>. Viitattu 16.4.2022.

<https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/sahko>. Viitattu 17.4.2022.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>. Viitattu 17.4.2022.

Sippola, H 2017. VEOn tarina. Vaasa.

SFS-EN 50191:2011 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö.

SFS 6000-8-803:2017 Sähkölaittekorjaamot ja -laboratoriot.

SFS 6002:2015 Sähkötyöturvallisuus.

VEO Oy. Sähköturvallisuusvastuut VEolla 2018.

VEO Oy. 2022. VEBA 5000 esite. Viitattu 14.4.2022.

## LIITEET

## LIITE 1. Jännitetilassa kielletyn alueen rajat

## A.2 Prohibition zone and test area

Table A.2 Prohibition zone (s) dependent on test voltages to earth (U)

Alternating test voltage 50/60 Hz (r.m.s. value)		Lightning impulse voltage 1,2/50 $\mu$ s (peak value)		Switching impulse voltage 250/2 500 $\mu$ s (peak value)	
U <sub>k</sub> V	s <sup>a</sup> mm	U kV	s mm	U kV	s mm
≤ 1	ei kosketusta	20	100	500	2 000
3	20	40	175	600	2 600
5	30	60	250	700	3 300
6	35	80	325	800	4 100
10	60	100	400	900	4 900
15	85	150	550	1 000	5 800
20	115	200	700	1 100	8 800
25	140	250	850	1 200	7 800
30	170	300	1 000	1 300	8 900
35	195	350	1 100	1 400	10 000
40	225	400	1 200	1 500	11 200
45	250	450	1 300	1 600	12 500
50	280	500	1 400		
55	305	600	1 650		
60	335	700	1 950		
70	390	800	2 200		
80	450	900	2 450		
90	510	1 000	2 700		
100	560	1 100	2 950		
110	620	1 200	3 250		
130	740	1 300	3 500		
150	860	1 400	3 750		
170	980	1 500	4 000		
190	1 100				
210	1 240				
220	1 300				
260	1 550				
300	1 850				
340	2 150				
380	2 450				
420	2 750				
460	3 100				
500	3 500				
600	4 500				
700	5 600				
800	6 900				
900	8 300				
1 000	9 900				

Intermediate values may be obtained by interpolation; however, linear extrapolation beyond the highest specified values is not permissible.  
For d.c. test voltages up to 1 000 kV the distance s shall comply with the value for lightning impulse voltages.  
The table is not applicable to high-frequency voltages or any voltages other than those specified.

<sup>a</sup> s is the distance in air from live parts.