

Ville Knuutinen

# Työmaadoituksessa käytettävien välineiden kunnossapitotarkastukset Suomessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

31.3.2017

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Ville Knuutinen Työmaadoituksessa käytettävien välineiden kunnossapitotarkastukset Suomessa 49 sivua + 10 liitettä 31.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Laboratorioinsinööri Ilkka Kinosmaa Tuote- ja markkinointipäällikkö Klaus Ola
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, miten jännitteenkoetinten, työmaadoitusvälineiden ja eristesauvojen kunnossapitotarkastukset on järjestetty Suomessa verkostoalalla. Näillä tarkastuksilla voidaan selvittää, ovatko välineet standardin mukaisia ja turvallisia käyttää sekä selvittää ikääntymisen vaikutuksia välineisiin. Tarkoituksena oli selvittää alalla vallitsevat toimintatavat ja verrata niitä standardien vaatimuksiin ja suosituksiin. Työn aihe ja tavoiteasettelu tehtiin yhteistyössä Eurolaite Oy:n kanssa.</p> <p>Taustatutkimuksena selvitettiin sähköiskun vaarat ihmiselle sekä sähköturvallisuuslakien ja -asetusten sekä standardien antamat määräykset ja suositukset kunnossapitotarkastuksista. Kullekin laitteelle selvitettiin suositellut testit ja niiden suoritustaajuus.</p> <p>Työtä varten tehtiin haastattelututkimus, jonka perusteella selvitettiin alalla vallitsevat toimintatavat. Työssä haastateltiin sähköverkkoyhtiötä ja verkostourakointia tekeviä yrityksiä. Haastateltavat henkilöt olivat sähkötyön tai käytön johtajia tai työskentelivät sähkölaitteiden kunnossapidon parissa. Yhteensä haastateltiin kymmentä yritystä.</p> <p>Tutkimusten tuloksia vertailemalla saatiin muodostettua kuva verkostoalalla vallitsevista toimintatavoista ja niiden eroista lakien, asetusten ja standardien määräyksiin ja suosituksiin. Vertailun perusteella voidaan sanoa, että kaikissa työhön osallistuneissa yrityksissä tehdään määräaikaistarkastuksia työn aiheena oleville välineille, mutta missään yrityksessä ei tehty kaikkia standardien suosittelemia testejä. Myös tarkastusten taajuus ja niissä suoritettavat testit sekä testaustavat vaihtelivat suuresti.</p> <p>Työn tuloksia voidaan käyttää verkostoalan sisäisten ohjeistusten muodostamiseksi kunnossapitotarkastuksista. Ohjeistusten avulla voidaan yhtenäistää alan toimintatapoja ja parantaa työturvallisuutta yleisesti. Työn tilaaja voi hyödyntää näitä tutkimustuloksia palveluntarjontansa kehittämiseen sekä asiantuntemuksena päivittäisessä toiminnassaan.</p>	
Avainsanat	eristesauva, jännitteenkoetin, kunnossapitotarkastus, siirrettävä työmaadoitusväline, työmaadoitussauva

Author Title	Ville Knuutinen Maintenance Tests of Equipment Used in Temporary Earthing in Finland
Number of Pages Date	49 pages + 10 appendices 31 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructors	Ilkka Kinosmaa, Laboratory Engineer Klaus Ola, Product and Marketing Manager
<p>The goal of this study was to research how the periodic maintenance tests are done for voltage detectors, earthing equipment and insulating sticks in the Finnish electric power network business. The maintenance tests are an important tool to ensure that the condition of the equipment is according to the standards and that they are safe to use. The goal was to research the Finnish way of conducting the maintenance tests and to compare that to the requirements and recommendations of the standards. The objective was set together with Eurolaite Oy.</p> <p>The background research of was the hazards of electrical shocks to humans. A textual research was made to find out the requirements and recommendations of the Finnish Electrical Safety law and regulations and the standards for the maintenance tests. As a result, the standard tests and test frequencies could be presented.</p> <p>Then a qualitative research method was used to find out the Finnish way. Several electrical network and electrical contractor companies were interviewed. In altogether ten interviews, the persons interviewed were experts of electrical work safety and electrical equipment maintenance.</p> <p>After the research, an analysis was made to form a picture of the Finnish way of conducting the maintenance tests. This was the compared to the standards. Based on the analysis, every company that participated in the research is doing maintenance tests for their own equipment. However, none of the companies did all the tests recommended by the standards. Also, the frequency of the tests and the actual tests and test methods varied largely.</p> <p>In the future, the results of this work can be used to make common instructions for the maintenance testing in Finland. These instructions could unify the Finnish way of working and they could generally improve work safety. Eurolaite can use this thesis to strengthen their expertise with electrical work safety equipment and in developing new services for their customers.</p>	
Keywords	insulating stick, maintenance test, temporary earthing and short circuit equipment, voltage detector

## Alkusanat

Sain aiheen opinnäytetyöhöni aloittaessani työt Eurolaitteella syksyllä 2016. Aihe ei ollut minulle aluksi tuttu, mutta työtä tehdessä olen huomannut kuinka mielenkiintoinen ja monitahoinen se on. Mielenkiintoisin osio työssä olivat haastattelut eri yritysten edustajien kanssa. Esitänkin tässä suuren kiitoksen työhön osallistuneille yrityksille ja heidän edustajilleen. Ilman teidän osallistumista, tätä työtä ei olisi saatu tehtyä nykyisessä laajuudessaan.

Kiitokset kuuluvat myös Ilkka Kinosmaalle ja Klaus Olalle asiantuntevasta ohjauksesta ja tuesta työn aikana. Kiitos kuuluu myös Eurolaitteelle hyvästä aiheesta ja tuesta työn toteuttamisessa.

Kiitos myös ystävilleni vertaistuesta ja taukohetkistä työn lomassa, ilman niitä tämä työ ei olisi valmistunut. Merille kuuluu kiitos hymiöistä. Kiitos myös äidilleni, joka aina muisti kysyä onko työ jo valmis. Nyt se on!

Ville Knuutinen

Espoo, 31.3.2017

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkön vaarallisuus ihmiselle	2
2.1	Sähkövirran vaikutukset ihmiseen	2
2.2	Virran vaikutusajan merkitys	3
2.3	Ihmiskehon impedanssi ja jännitteen vaikutus	4
2.4	Valokaaren vaarat	8
3	Sähkötyöturvallisuus	8
3.1	Lait ja standardit	9
3.2	Uusittu sähköturvallisuuslaki	9
3.3	Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002	10
3.4	Työkalut, varusteet ja laitteet	11
4	Työskentelykäytännöt ja työskentely jännitteettömänä	11
5	Jännitteenkoettimet	16
6	Siirrettävät työmaadoitusvälineet	20
7	Työmaadoitus- ja eristesauvat	26
8	Standardien mukaiset kunnossapitotarkastukset	29
8.1	Jännitteenkoettimet	30
8.2	Kunnossapitotarkastukset jännitteenkoettimille	31
8.3	Kunnossapitotarkastukset työmaadoitusvälineille	37
8.4	Kunnossapitotarkastukset eriste- ja työmaadoitussauvoille	39
9	Haastattelututkimus ja sen tulokset	40
9.1	Kvalitatiivinen tutkimus	40
9.2	Haastateltavat tahot	41
9.3	Verkkoyhtiöt	41
9.4	Verkostourakoitsijat	41
9.5	Haastattelujen tulkinta ja analyysi	42
9.6	Yritysten omistama laitteisto	42
9.7	Määräaikaiset kunnossapitotarkastukset	43
10	Yhteenveto	45

10.1 Suomen toimintatavan riskit verrattuna standardien suosituksiin	46
10.2 Työn tulosten hyödyntäminen	47
Lähteet	48

#### Liitteet

Liite 1. Haastattelu: Tiina Saransaari, Helen Sähköverkot Oy

Liite 2. Haastattelu: Mikael Helenius, ISS Palvelut Oy

Liite 3. Haastattelu: Jukka Leppänen, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy

Liite 4. Haastattelu: Risto Laukkanen, Harri Salminen ja Jukka Pentikäinen, Turku Energia Sähköverkot Oy

Liite 5. Haastattelu: Caruna Oy

Liite 6. Haastattelu: Juha Jokinen, Tampereen Vera Oy

Liite 7. Haastattelu: Timo Hakkarainen, Tampereen Sähköverkot Oy

Liite 8. Haastattelu: Timo Pekonen, Ari Uurainen, Juha Laukkola ja Joni Parkkinen, Empower PN Oy

Liite 9. Haastattelu: Enerke Oy

Liite 10. Haastattelu: Pasi Lehtonen, Heikki Porkka, Fingrid Oy

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan työmaadoitusvälineiden, eristesauvojen ja jännitteenkoettimien kunnossapitotarkastuksien toteuttamista Suomen markkinoilla. Tavoitteena on selvittää alalla tällä hetkellä vallalla olevat toimintatavat sekä verrata niitä voimassa oleviin standardeihin. Vertailun perusteella arvioidaan nykykäytäntöjen mahdollisia riskejä sähkötyöturvallisuuden kannalta.

Työssä tarkastellaan erityisesti näille laitteille tehtäviä määräaikaista kunnossapitotarkastuksia, jotka varmistavat välineiden standardien mukaisuuden, käyttöturvallisuuden ja oikean toiminnan mahdollisessa vaaratilanteessa. Työ suoritetaan tutkimalla standardien vaatimuksia sekä kvalitatiivisena haastattelututkimuksena, jonka avulla saadaan kokemuseräistä tietoa alan toimintatavoista.

Työn tilaajana on Eurolaite Oy. Tilaajan tavoitteena on saada taustatietoa työturvallisuusvälineiden koestuspalveluiden tarpeellisuudesta Suomen markkinoilla.

### Eurolaite Oy:n esittely

Eurolaite Oy on vuonna 1988 perustettu yritys, joka maahantuo, myy ja markkinoi sähkötekniikan tuotteita Suomen markkinoilla. Eurolaitteella on päämiehiä pääasiassa Euroopassa, joiden tuotteet ja palvelut kattavat muun muassa tuotteet sähköasemille, sähkön laadun hallintaan, sähköverkon suojaukseen sekä jakeluverkon rakentamiseen. Yksi tärkeä tuotekategoria on myös sähköturvallisuus ja siihen liittyvät työturvallisuusvälineet. [Yritys - Eurolaite Oy 2015.]

Eurolaitteen liikevaihto oli vuonna 2016 yli 3 miljoonaa euroa ja sillä oli 5 työntekijää [Eurolaite Oy | Osakeyhtiö | Kauppalehti.fi 2016].

Eurolaite on pörssinoteeratun Ruotsalaisen Addtech Ab -konsernin osa. Addtech tekee tuotekehitystä ja myy ja markkinoi komponentteja ja järjestelmiä teollisuuden tarpeisiin. Konsernin liikevaihto on yli 400 miljoonaa euroa vuodessa ja sillä on noin 1 300 työntekijää kymmenessä maassa. [Addtech konserni – Eurolaite Oy 2015.]

## 2 Sähkön vaarallisuus ihmiselle

Sähkölaitteisto ja niiden käyttö on Suomessa yleisesti ottaen hyvin turvallista. Silti maassamme tapahtuvissa noin 200 sähkötapaturmassa kuolee keskimäärin kolme ihmistä joka vuosi, joista suurin osa on maalikoita. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 7.]

Sähkön vaarallisuus ihmisille johtuu sähköiskusta ja valokaaresta. Sähköiskun vakaavuus riippuu pääasiassa virran suuruudesta ja vaikutusajasta. Valokaaren vaarallisuus riippuu sen energiamäärästä. Jo pienikin virta sähköiskussa voi olla vaarallinen ja vaikutukset ovat yksilöllisiä.

### 2.1 Sähkövirran vaikutukset ihmiseen

Ihmisen hermostoon ja sen toimintoihin liittyy sähköisiä ilmiöitä. Esimerkiksi lihasärsytyksessä hermosolun polariteetti vaihtuu. Kokeellisesti on osoitettu, että tietty vähimmäisvirta ja virran tietty muutosnopeus aiheuttavat lihasärsytyksen, eli lihas supistuu. [Elovaara, Haarla 2011: 495.]

Ihmisen sydämen lyöntitiheyden määrää sydämessä sijaitseva hermosolmuke, jota kutsutaan sinussolmukkeeksi. Se on myös yhteydessä keskushermostoon. Sydämen toiminnan tehokkuus riippuu sen eri osien synkronisesta toiminnasta. [Elovaara, Haarla 2011: 496.]

Sydämen toiminnassa on havaittavissa kolme vaihetta. Erityisesti kun sydän palautuu lepotilaan, saattaa lyhytkestoinen sydämen läpi kulkeva pieni sähkövirta aiheuttaa vaarallisen kammiovärinän. [Elovaara, Haarla 2011: 497.]

Kammiovärinässä sydän värähtelee paljon normaalia 60–80 lyönnin minuuttitahtia nopeammin. Värinän vuoksi sydän ei juuri pumpkaa verta, jolloin verenkierto käytännössä loppuu. Tällöin happi ei kulkeudu kudoksiin eikä aivoihin, vaikka hengitys vielä toimisi. Tämä aiheuttaa muutamassa minuutissa aivovaurion ja jopa kuoleman, ellei sydäntä saada pian uudelleen toimimaan. [Elovaara, Haarla 2011: 497.]



Kammiovärinästä sydän voidaan palauttaa normaaliin rytmiksi defibrillaattorilla, joka antaa sydämeen sopivan sähköimpulssiin. Laitetta käyttää pääasiassa ensiapuhenkilöstö. Nykyään myös maalikoiden käytettävissä olevia laitteita.

Riittävän suuruinen sähkövirta aiheuttaa myös muita ohimeneviä haittavaikutuksia, vaikkei vaarallista kammiovärinää syntyisikään. Näitä ovat muun muassa lihaskouristukset, hengitysvaikeudet, rytmihäiriöt tai hetkellinen sydämen pysähtyminen. [Elovaara, Haarla 2011: 497.]

Virran arvon ollessa muutamia ampeereja ja vaikutusajan ollessa riittävän pitkä aiheutuu ihoon merkkejä, jopa vakavia palovammoja tai äärimmäisissä tapauksissa kuolema [Elovaara, Haarla 2011: 498].

Virran tyypillisesti aiheuttamat ihovauriot voidaan jaotella virrantiheyden perusteella seuraavasti:

- Alle 10 mA/mm<sup>2</sup>: iho muuttuu elektrodien alla harmaanvalkoiseksi, joskin muita vaikutuksia ei esiinny.
- Yli 10 mA/mm<sup>2</sup>: iho saattaa turvota elektrodien ympärillä. Virran kasvaessa saattaa elektrodi syöpyä ihoon ja ihoon muodostuu rakkuloita.
- Yli 70 mA/mm<sup>2</sup>: ihon pintaan muodostuu suuria rakkuloita tai se jopa hiiltäytyy. [Elovaara, Haarla 2011: 498.]

Jos riittävän voimakas virta vaikuttaa hengityslihakseen tai niitä sääteleviin hermoihin, voi ihmisen hengitys estyä hengityslihasten kouristusten johdosta. Kouristusten jatkessa pitkään, ihminen tukehtuu. [Elovaara, Haarla 2011: 498.]

## 2.2 Virran vaikutusajan merkitys

Virran suuruus vaikuttaa, kuinka vaarallinen sähköisku on ihmiselle ja millaiset vaikutukset virralla on. Vaikutukset voivat vaihdella yksilöittäin. Tämä tarkoittaa, että jo pienetkin virranarvot voivat olla vaarallisia lihaskouristusten vuoksi. Tällöin henkilö ei välttämättä pysty irrottautumaan jännitteisestä osasta omin avuin. Voimakkaita lihaskouristuksia aiheuttava virran taso voi vaihdella yksilöstä riippuen välillä 7,0–15 mA. [Elovaara, Haarla 2011: 498.]

Virranvaikutusajalla on myös merkitystä sähköiskun vaarallisuuteen. Virran vaikutusajan suhde sydämen toimintajaksoon on erityisen kriittinen. Jos virta vaikuttaa alle toimintajakson ajan, täytyy virran olla suhteellisen suuri ja sen täytyy vaikuttaa juuri sydämen lepojaksen aikana, jotta siitä aiheutuisi häiriöitä. Jos taas virta vaikuttaa pitemmän aikaa kuin toimintajakso, riittää pienempikin virta aiheuttamaan vaurioita. Lyhytkestoinen vaarallinen virta voi olla jopa 10-kertainen verrattuna pitkäkestoiseen. Tämä johtuu siitä, että pitkäkestoinen virta vaikuttaa koko sydämen toimintajakson ajan. Pahimmillaan häiriö johtaa kammiovärinä tai sydämen pysähtymiseen. [Elovaara, Haarla 2011: 500.]

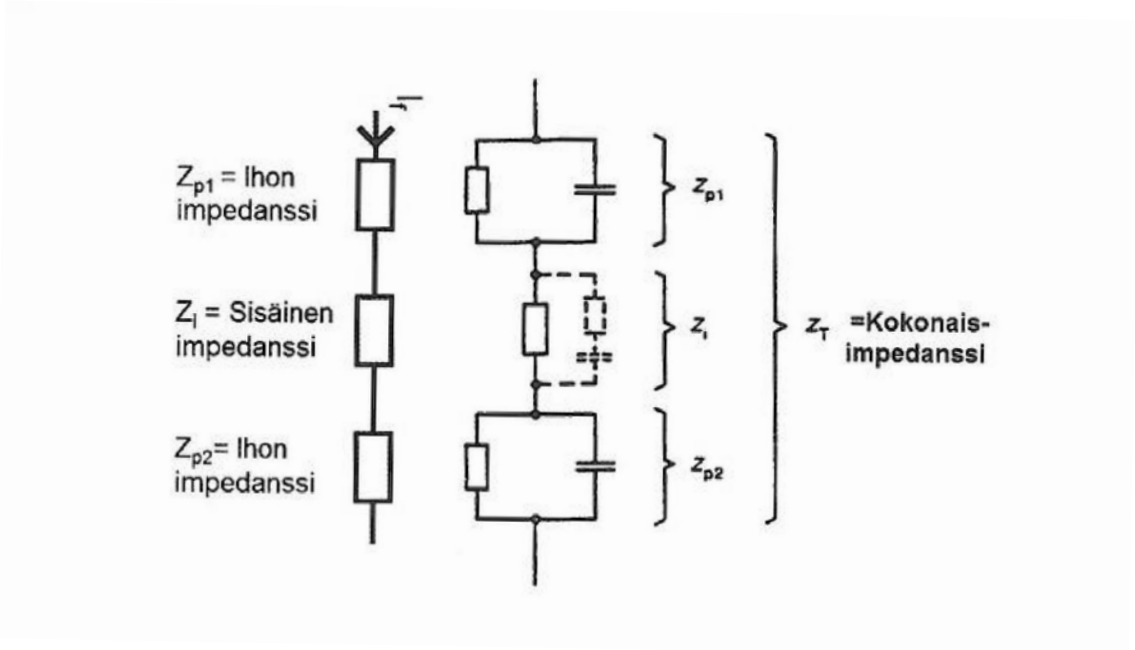
Koirille tehdyistä kokeista on tilastollisia menetelmiä käyttäen johdettu 10 %:n ja 1 %:n todennäköisyyksiä virran arvoille ja vaikutusaikoja, jotka aiheuttavat kammiovärinän. Nämä arvot on listattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Sydänkammiovärinän 10 % ja 1 % todennäköisyyksiä vastaavat virranarvot [Elovaara, Haarla 2011: 500].

Vaikutusaika, s	$I_{10\%}$ , mA	$I_{1\%}$ , mA
$\infty$	60	40
5	80	50
2	150	80
1	400	150
0,75	500	200
0,5	700	300
0,3	1000	500
0,15	1150	650

### 2.3 Ihmiskehon impedanssi ja jännitteen vaikutus

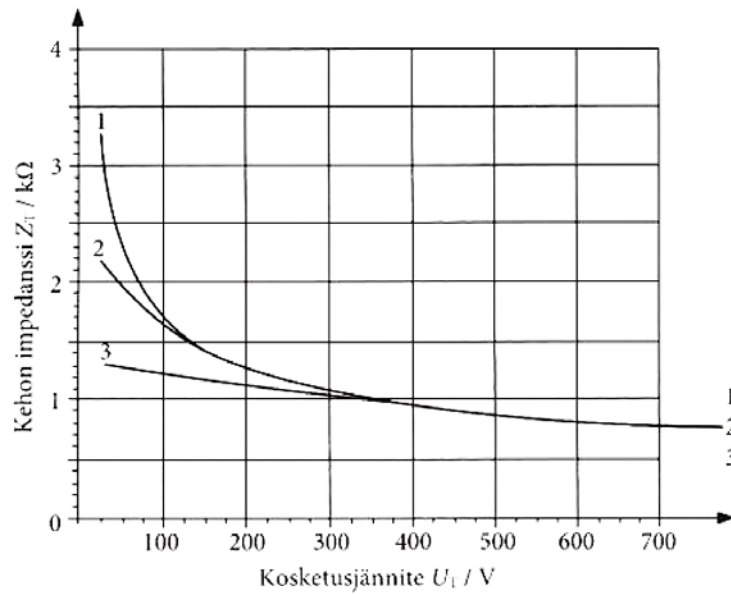
Sähköiskun vaarallisuus ihmiselle riippuu siis virran suuruudesta ja sen vaikutusajasta. Virran suuruuteen vaikuttaa jännitteen lisäksi ihmiskehon impedanssi, johon vaikuttaa muun muassa ihon kosteus, taajuus, kosketuspinta-ala ja kosketuspaine. Ihmiskeho voidaan mallintaa kokonaisimpedanssina  $Z$ , joka koostuu kosketuspisteiden impedansseista  $Z_{p1}$  ja  $Z_{p2}$  sekä kehon sisäisestä impedanssista  $Z_i$  kuvan 1 mukaisesti. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 7.]



Kuva 1. Ihmiskehon impedanssin malli [SFS 6002 Käytännössä 2016: 7].

Myös virran kulkureitillä on suuri vaikutus. Sen vaikutus voidaan huomioida mallintamalla kokonaisimpedanssi  $Z_T$ , vastusverkkona, jossa kunkin raajan resistanssi on  $R_i$  ja pään resistanssi  $R_i/5$ . Tällöin esimerkiksi virtatiellä toinen käsi – molemmat jalat, saadaan kokonaisimpedanssiksi  $1,5 \cdot R_i$  ( $Z_T = R_i + R_i || R_i = 1,5 \cdot R_i$ ), kun impedanssi virtatiellä käsi-käsi on  $2 \cdot R_i$ . [Elovaara, Haarla 2011: 501.]

Ihon kosteus pienentää kehon impedanssia verrattuna kuivaan ihoon. Myös kosketuspaineen ja -pinta-alan kasvaminen pienentää kehon impedanssia. Kuvassa 2 kuvataan jännitteen ja kosteuden vaikutusta ihmiskehon impedanssiin. Kuvaaja perustuu sekä elävillä ihmisillä (G. Biegelmeier 1970-luvulla) että kuolleilla tehtyihin suurjännitekokeisiin (H. Freininger 1930-luvulla). [Elovaara, Haarla 2011: 501.]

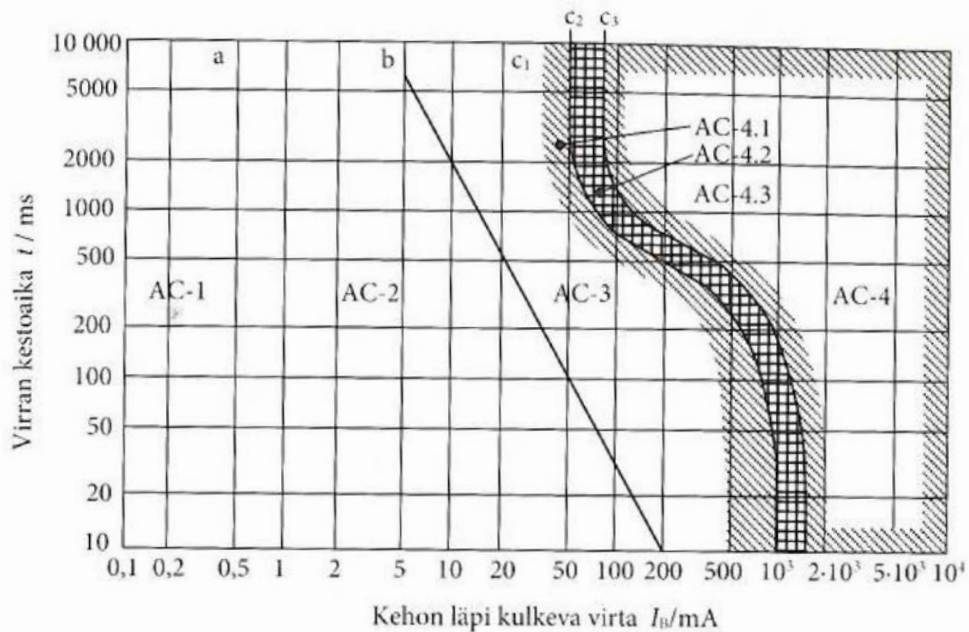


Kuva 2. Ihmiskehon kokonaisimpedanssin 50 % arvot virtatiellä käsi-käsi: 1) käsien ollessa kuivat, 2) vesijohtoveden kostuttamat ja 3) suolaveden kostuttamat. Käyrän 3 arvojen voidaan katsoa kuvaavan hiestä kosteita käsiä. [Elovaara, Haarla 2011: 502.]

Kuvaajasta nähdään, että kosketusjännitteen kasvaessa kokonaisimpedanssi arvo pienenee ja samalla sähköiskun virta kasvaa. Tämä johtuu siitä, että jännitteen kasvaessa ihon impedanssin vaikutus pienenee ja kokonaisimpedanssi alkaa lähestyä kehon sisäistä impedanssia. [Elovaara, Haarla 2011: 502.]

Edellä esiteltyjä ihmiskehon impedanssiarvoja voidaan käyttää arvioitaessa sähköiskussa kehon läpikulkevaa virtaa, kun kosketusjännite on tiedossa. Yleisesti ihmiskehon impedanssille voidaan laskennassa käyttää arvoa  $1\ 000\ \Omega$ . [SFS 6002 Käytännössä 2016: 7.]

Nykytiedon mukaiset fysiologiset vaikutukset, virta-arvot ja vaikutus ajat ovat kuvattuna kuvassa 3, kun virtatienä on vasen käsi-jalka.



Kuva 3. Eri virta-aika-vyöhykkeet, kun virta kulkee vasemmasta kädestä jalkoihin. Sydänkammiovärinän saamisalueet on osoitettu poikkiviivoituksella [Elovaara, Haarla 2011: 504.]

Kuvan eri käyrien merkitykset on selitetty seuraavassa:

- Alueella AC-1 virta ( $I < 0,5 \text{ mA}$ ) tunnetaan, mutta sillä ei ole muita vaikutuksia.
- Alueella AC-2 virran ollessa isompi kuin  $0,5 \text{ mA}$  ja käyrän b vasemmalla puolella tapahtuu lieviä lihaskouristuksia, joista ei ole kuitenkaan vakavampia seuraamuksia.
- Alueella AC-3 aiheutuu voimakkaita tahdosta riippumattomia lihaskouristuksia sekä hengitys ja sydän häiriöitä. Liikkumiskyky saatetaan myös menettää. Haitat eivät kuitenkaan ole pysyviä.
- Alueella AC-4 syntyy vakavia kudonvaurioita, palovammoja ja sydän tai hengitys voi pysähtyä. [Elovaara, Haarla 2011: 504.]

Sydänkammiovärinän mahdollisuus on 5 % käyrien  $c_1$  ja  $c_2$  välisellä alueella ja sen mahdollisuus kasvaa virran ja sen vaikutusajan kasvaessa. Käyrän  $c_3$  oikealla puolella kammiovärinän mahdollisuus on jo 50 %. [Elovaara, Haarla 2011: 504.]

Kuvan perusteella käyrän b alapuolella olevia virran arvoja ja kestoajoja voidaan pitää turvallisina, kun ne ovat lyhytkestoisia. Haluttaessa, ettei virrasta ole mitään vaikutuk-

sia, sen täytyy olla alle 0,5 mA. Näitä virranarvoja voidaan käyttää esimerkiksi tutkittaessa eristeiden sähköturvallisuuden kannalta riittävää eristyskykyä.

## 2.4 Valokaaren vaarat

Sähkövalokaari voi aiheutua esimerkiksi oiko- tai maasulusta sekä virtapiirin aukaisusta kuormitettuna. Oikosulku voi syntyä kahden jännitteisen osan välille, kun esimerkiksi jokin työkalu putoaa ja osuu jännitteisiin osiin. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 13.]

Sähkövalokaari on vaarallinen, etenkin suurten virtojen aiheuttamana, korkean lämpötilan johdosta. Tämä voi aiheuttaa vakavia palovammoja. Valokaari on sitä vaarallisempi mitä suurempi energia tapahtumaan liittyy ja mitä lähempänä valokaarta ollaan. Energiämäärä riippuu valokaaren jännitteestä, virrasta ja kestoajasta ja lämpövaikutus on suurempi lähellä sitä. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 13.]

## 3 Sähkötyöturvallisuus

Sähkötyöturvallisuudesta huolehtimalla varmistetaan sähkön käyttäjien ja ennen kaikkea sähkötöitä tekevien henkilöiden turvallisuus. Sähkötyöturvallisuuden varmistamiseksi on tärkeää, että kaikki sähkötöihin osallistuvat henkilöt ovat riittävästi koulutettuja ja opastettuja tekemäänsä työhön. Lisäksi on ensiarvoisen tärkeää, että käytettävät työtavat ovat oikeita, työntekijöiden varusteet sekä heidän työvälineensä ovat oikeita ja kunnossa.

Ennen töiden aloittamista tulisi arvioida laitteistosta mahdollisesti aiheutuvat riskit ja valita turvalliset työmenetelmät. Työntekijöiden on myös työskennellessään noudatettava riittävää huolellisuutta sekä työkohtaisia ja yleisiä työohjeita.

Tässä luvussa tutustutaan sähkötyöturvallisuutta sekä työkaluja, varusteita ja laitteita koskeviin lakeihin ja standardeihin.

### 3.1 Lait ja standardit

Suomessa kaikessa työssä on noudatettava työturvallisuuslakia ja sen perusteella annettuja säädöksiä. Lisäksi sähköalan töissä on noudatettava sähköturvallisuuslakia, jonka perusteella tehtyjä sähkötyöturvallisuutta koskevia säännöksiä. Helpoin tapa noudattaa edellä mainittuja vaatimuksia, on noudattaa voimassa olevia standardeja. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes valvoo sähköturvallisuuslain noudattamista Suomessa ja julkaisee sekä vahvistaa lakia koskevien standardien ja julkaisujen luettelon, jota kutsutaan Tukes-ohje S10:ksi. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 18.]

Suomessa on noudatettava suomalaisia säädöksiä. Erityisesti sähköalan töitä koskevat säädökset ja lait on listattu alle:

- Sähköturvallisuuslaki (1135/2016)
- Sähköturvallisuusasetus (kumoutunut) (498/1996)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (kumoutunut) (517/1996). [SFS 6002 Käytännössä 2016: 18.]

Sähköturvallisuuslain numero on päivitetty vastaamaan uuden lain numeroa.

Sähkötyöturvallisuutta koskee standardi SFS 6002 (2015) Sähkötyöturvallisuus [Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (S10-2015) 2015: 3.]

### 3.2 Uusittu sähköturvallisuuslaki

Uusi sähköturvallisuuslaki ja sitä täydentävät asetukset ovat astuneet voimaan 1.1.2017. Lain rakennetta on uudistuksessa muutettu nykyisen perustuslain mukaiseksi. Tämän vuoksi useat aikaisemmin alempiasteisissa säädöksissä olleet vaatimukset on siirretty lain tasolle. Lakien ja asetusten asiasisältö on muuttunut vain vähän. [Ajankohtaista sähköurakoitsijoille 1/2017 2017.]

Laissa on pyritty korostamaan sähkötöiden johtajan merkitystä. Siihen on myös tehty tarkennuksia siihen, milloin varsinaisia sähkötyöoikeuksia ei tarvita sähkötöissä. Näitä sähkötöitä ovat sähköautojen voimajärjestelmien työt, oppilaitosten tilapäisasennukset

sekä kaapelinkaivuu-urakat. Suurin muutos laissa on sähkölaitteistoluokituksen yksinkertaistaminen. [Ajankohtaista sähköurakoitsijoille 1/2017 2017.]

Edellä mainitun perusteella tässä työssä ei tarvitse ottaa kantaa sähköturvallisuuslain uudistumiseen, vaan vanhan lain säädösten pohjalta tehtyjä säädöksiä, standardeja ja muita dokumentteja voidaan käyttää lähteinä.

### 3.3 Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002

Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 on laadittu sähköturvallisuuslakien ja -säädösten perusteella ja sitä noudattamalla on helpoin täyttää lainsäädännön turvallisuusvaatimukset. Standardia tulisi noudattaa kaikissa sähkölaitteistojen käyttö- ja ohjaustoiminnassa, sähkötöissä tai muissa sähkölaitteistossa tehtävissä töissä. Se kattaa kaikki jännitealueet pienoisjännitteestä suurjännitteeseen. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 19.]

Sähkölaitteistolla tarkoitetaan esimerkiksi voimalaitoksia, siirtolinjoja, pien- ja suurjännitejakeluverkkoja, kiinteistöjen jakeluverkkoja ja erilaisia kulutuslaitteita.

Yleensä Suomessa tehtävät sähkötyöt tehdään ammattimaisesti ja sähkötyön johtajan tai sähkökäytön johtajan alaisuudessa. Myös sellaisissa yksittäisissä tai vähäisissä töissä, joihin ei vaadita sähkötöiden tai käytön johtajaa on noudettava standardin työmenetelmiä. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 19.]

Eurooppalaisesta standardista poiketen on Suomessa kansallisesti vaadittu, että SFS 6002 standardia sovelletaan esimerkiksi: merellä omalla voimallaan kulkeviin aluksiin, televiestintä- ja tietojärjestelmiin, instrumentointi-, säätö-, ja automaatiojärjestelmiin, kaivoksiin sekä sähkörautateihin. Standardi on myös käytössä sähköllä toimivissa hisseissä. Lisäksi merellä kulkeviin aluksiin standardia sovelletaan niitä huollettaessa tai rakennettaessa, kun sähkösyöttö otetaan maissa olevasta sähköverkosta. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 19.]



### 3.4 Työkalut, varusteet ja laitteet

Työkalujen, varusteiden ja laitteiden on täytettävä niitä koskevien eurooppalaisten (EN), kansallisten (SFS) tai kansainvälisten standardien (IEC) vaatimukset, jos tällainen standardi on olemassa [SFS 6002 Käytännössä 2016: 28].

Tällaisia työkaluja, varusteita ja laitteita ovat esimerkiksi tämän työn aiheena olevat siirrettävät työmaadoitusvälineet, eristeaineiset työmaadoitussauvat sekä jännitteenkoettimet.

Seuraavat vaatimukset koskevat työkaluja, varusteita ja laitteita:

- Niiden käyttö, säilytys ja huolto tulee tehdä valmistajan tai maahantuojan antamien ohjeiden mukaan. Ohjeet on oltava saatavana Suomessa suomen- ja ruotsinkielisinä.
- Niiden on oltava sopivia käyttöönsä.
- Niiden käyttökunnosta on huolehdittava. Tämä tarkoittaa määräajoin tehtäviä silmämääräisiä tarkastuksia sekä tarvittaessa sähköisiä testejä. Korjauksen tai muutoksen jälkeen sähköiset ja mekaaniset ominaisuudet on varmistettava.
- Niitä on käytettävä asianmukaisesti. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 29.]

Kaikkia sähkölaitteiston käytössä tai sähkötöissä käytettäviä erikoistyökaluja tai laitteita on säilytettävä oikein. Tämä tarkoittaa useimmiten laitteen valmistajan tai maahantuojan säilytyksestä antamien ohjeiden noudattamista. Esimerkiksi erään laitevalmistajan ohjeiden mukaan jännitteenkoettimesta on poistettava paristo ennen pitempiaikaista varastointia.

## 4 Työskentelykäytännöt ja työskentely jännitteettömänä

Työskentelykäytännöillä ja töiden suunnittelulla on suuri vaikutus sähkötyöturvallisuuteen. Sähkötyön suunnittelusta on vastuussa tilanteesta riippuen joko käytön johtaja tai sähkötöiden johtaja. Heidän täytyy varmistua töitä tekevien henkilöiden riittävästä ammattitaidosta, opastuksesta ja ohjeistuksesta kyseistä työtä varten. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 62.]

Induktio saattaa aiheuttaa erityisiä vaaratilanteita suurjännitelinjojen läheisyydessä, rauta- ja raitioteiden ajolankojen läheisyydessä sekä sähköasemilla ja muuntamoilla. Induktio tai latausjännite muodostuu, kun jännitteinen johdin varaa lähellä olevan jännitteettömän sähkölinjan tai muun johtavan osan. Latausjännite tulee ottaa huomioon etenkin silloin, kun työkohte on maasta eristetty ilmajohto, joka kulkee pitkän matkaa lähellä suurjännitejohtoa. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 62.]

Ukkosen aikaan, rankkasateessa, kovassa tuulessa tai sumussa työskentelyä tulisi välttää. Huonoissa sääolosuhteissa työn aloitusta tulisi siirtää ja jo aloitettu työ keskeyttää. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 63.]

Sähkötöissä voidaan käyttää kolmea työtappaa: työskentely jännitteettömänä, jännitetyö tai työskentely jännitteisten osien läheisyydessä. Kaikissa näissä työtavoissa käytetään menetelmiä, joilla suojaudutaan sähkön vaaroilta. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 63.]

Tässä työssä esitellään vain työskentely jännitteettömänä, koska tämän työn aiheena olevat työmaadoitusvälineet, eristesauvat ja jännitteenkoettimet ovat siinä keskeisessä asemassa.

Suomalaisen lainsäädännön mukaan sähkölaitteisto tulisi aina erottaa jännitteettömäksi ennen työskentelyä. Jännitetyö tai työskentely jännitteisten osien läheisyydessä on sallittu vain jos erottamisesta aiheutuu suurta haittaa. [SFS 6002 Käytännössä 2016 2016: 64.]

Työskenneltäessä jännitteettömänä työkohteen tulisi olla jännitteetön ennen töiden aloittamista ja pysyä jännitteettömänä niiden aikana. Tämä voidaan varmistaa noudattamalla aina seuraavia toimenpiteitä seuraavassa järjestyksessä: täydellinen erottaminen, jännitteen kytkemisen estäminen ja laitteiston jännitteettömyyden toteaminen. Tarvittaessa tehdään myös seuraavat toimenpiteet: työmaadoittaminen ja suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 64.]

Täydellinen erottaminen

Täydellinen erottaminen tehdään ilmavälin tai vastaavan eristeen avulla, jolla varmistetaan, ettei erotuskohtaan pääse muodostumaan läpilyöntiä. Erotuskohta tulee ensin määrittää tarkasti piirustusten ja dokumenttien perusteella. Ennen työn aloittamista on

myös tarkastettava onko työkohteessa rengas- tai rinnakkaissyöttö, takajännitteitä, erilliset vaihto- ja tasasähkösyötöt, varavoimasyöttöä ja syötönvaihtoautomaatiikkaa sekä sähkönsyöttöä useamman erotuskytkimen takaa. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 64.]

Käytännössä erottaminen tehdään kytkinlaitteella, johon syntyy näkyvä ilmaväli tai erotuskytkimellä, jossa on luotettava mekaaninen 0-asennon osoitus. Asennonosoitus voidaan tehdä myös erillisillä näyttölaitteilla. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 65.]

#### Jännitteen kytkemisen estäminen

Jännitteen uudelleen kytkeminen estetään sulakkeet poistamalla tai lukitsemalla käytetty kytkinlaite ja sen ohjauselin avoimeen asentoon. Jos ohjauselin ei voida lukita, tulee estää ulkopuolisilta pääsy tilaan, jossa kytkinlaite sijaitsee. Lukitus tulee olla avattavissa vain avaimella tai työkalulla, joka on lukitsijan hallussa töiden ajan. Jos sähkön siirto- ja jakeluverkossa käytetään kauko-ohjausta uudelleenkytkentöjen estämiseksi, niiden paikalliskäyttö tulee estää. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 70.]

Niihin sähkölaitteiston osiin, joita ovat kaapelit ja kondensaattorit, jää varaus vielä täydellisen erottamisen ja uudelleen kytkemisen estämisen jälkeen. Tämä varaus on purettava sopivalla tavalla ennen töiden aloittamista. [Standardi SFS 6002 2015: 25.]

Erotuskohta, kytkinlaite tai sen ohjauselin suositellaan myös varustettavaksi kieltokilvellä, jossa lukee esimerkiksi: ”Älä kytke – työ käynnissä”. Kilvessä tulisi olla sen asettajan nimi, yhteystiedot ja asettamispäivämäärä. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 71.]

#### Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen

Sähkölaitteiston käyttöjännitteen poissaolo on aina tarkastettava kaikista vaiheista työkohteesta. Jännitteettömyys voidaan todeta jännitteenkoettimella tai laitteeseen sisäänrakennetulla tai erillisellä jännitteenilmaisujärjestelmällä ja niiden tulee olla standardien SFS-EN 61243-1, SFS-EN 61243-2, SFS-EN 61243-3 tai SFS-EN 61243-5 mukaisia. Jännitteenkoettimen oikea toiminta pitää varmistaa ennen käyttöä. [Standardi SFS 6002 2015: 26.]

Jännitteettömyys on aina todettava ennen töiden aloitusta. Jos työkohteesta poistutaan, eikä sitä voida valvoa työtä tekevän työryhmän toimesta, on jännitteettömyys todettava uudelleen ennen töiden aloittamista. Uudelleen toteamista ei kuitenkaan tarvitse tehdä, jos voidaan olla varmoja, että työkohde on työmaadoitettu. [Standardi SFS 6002 2015: 26.]

Suurjännitteellä, käyttöjännitteen ollessa yli 36 kV, on huomattava, että jännitteenkoetin tunnistaa järjestelmän normaalin käyttöjännitteen. Jännitteenkoetinta käytetään vain varmistamaan, että laitteisto on turvallista työmaadoittaa. Se ei yleensä ilmaise varausjännitteitä ja näin ollen takaa täyttä jännitteettömyyttä. Suurjännitelaitteistossa pitää aina tehdä myös työmaadoitus laitteiston jännitteettömyyden varmistamiseksi. [Standardi SFS 6002 2015: 26.]

### Työmaadoittaminen

Työmaadoittamisella estetään laitteiston tuleminen vaarallisesti jännitteiseksi, joka voi johtua erottavan kytkinlaitteen virheellisestä käytöstä tai toiminnasta. Vaarallinen jännite voi muodostua laitteistoon normaalista kytkentätilanteesta, muista sähkösyötöistä tai esimerkiksi rinnakkaisista tai risteävistä johdoista. [Standardi SFS 6002 2015: 27.]

Työmaadoittaminen tarkoittaa oikosulkemista ja maadoittamista. Tällöin virtapiiriin kaikki osat kytketään toisiinsa ja maahan työn ajaksi [ SFS 6002 Käytännössä 2016: 74].

Työmaadoitusta on käytettävä aina suurjännitteellä ja pienjännitelaitteistossa

- avojohdoilla
- järjestelmissä, joihin liittyy varavoima tai pientuotantolaitteistoja, joita ei voida luotettavasti erottaa
- yli 1 000 A jakokeskuksissa. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 74.]

Työmaadoittaminen tehdään kiinteästi asennetuilla maadoituskytkimillä tai -erottimilla, jos sellaisia on käytävissä. Jos kiinteitä maadoituslaitteita ei ole käytävissä, tehdään työmaadoitus siirrettävillä välineillä, joiden tulee olla standardin SFS-EN 61230 mukaisia. [Standardi SFS 6002 2015: 28.]

Siirrettävä työmaadoitusväline kiinnitetään ensin maadoituspisteeseen ja vasta sen jälkeen maadoitettaviin osiin. Välineet poistetaan päinvastaisessa järjestyksessä. Jos on mahdollista, niin työmaadoitus tulisi aina olla nähtävissä työpisteestä. Muutoin se olisi asennettava mahdollisimman lähelle työpistettä. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 76.]

Ennen työmaadoittamista varmistetaan muun muassa, että:

- työmaadoitettava laitteisto on jännitteetön
- työmaadoitusvälineet tai -laitteet ovat käyttökohteen vikavirta-arvoihin soivia ja tarkoituksenmukaisia
- työmaadoitusvälineet ovat kiinnitetty luotettavasti. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 76.]

Suurjännitteellä on lisäksi huomioitava, että erotuspisteessä tai sen läheisyydessä sijaitsevan työmaadoituksen pitää kestää myös erotuspisteen oikosulkuvirrat. Tällöin maadoitusta kutsutaan päätyömaadoitukseksi. Muita maadoituksia voidaan käyttää myös estämään työkohteessa esiintyviä vaarallisia jänniteitä. Näitä työmaadoituksia kutsutaan lisätyömaadoituksiksi. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 77.]

Suojaus lähellä olevilta jänniteisiltä osilta

Jos työalueen lähellä on jännitteisiä osia, joita ei voida erottaa jännitteettömäksi, on suojauduttava sähkön vaaroilta muilla tavoilla ennen kuin työt aloitetaan. Käytännössä jännitteiset osat on suojattava kosketukselta suojuksilla, koteloilla tai muilla eristeaineisillä päällyksillä, jotka ovat sähköisesti ja mekaanisesti kestäviä. Jos suojaus ei ole mahdollista voidaan työskentelyn turvallisuus taata myös pitämällä riittävä turvaetäisyys jännitteisiin ja maadoitettuihin osiin. [SFS 6002 Käytännössä 2016: 78.]

## 5 Jännitteenkoettimet

Jännitteenkoetin on laite, joka on tarkoitettu selvästi ja luotettavasti ilmaisemaan käyttöjänniteisyys tai käyttöjännitteettömyys testattavasta kohteesta. Tavallisesti nämä laitteet ovat tyypiltään kapasitiivisia tai resistiivisiä. [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 2.]

Tässä työssä käsitellään kapasitiivisia jännitteenkoettimia, jotka on tarkoitettu yli 1 kV:n vaihtojännitteelle. Niiden toiminta perustuu jännitteisen osan ja maan välisen hajakapasitanssin kautta kulkevan virran mittaamiseen, kun koettimella kosketetaan jännitteeseen osaan. Kapasitiivisten jännitteenkoettimien toimintaa, rakennetta ja testaamista koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 61243-1 2006, johon on myöhemmin tehty muutos SFS-EN 61234-1/A1. Standardissa käsitellään myös laitteiden huoltoa ja kunnossapitotarkastuksia.

### Yleiset ja toiminnalliset vaatimukset

Koetin on suunniteltava ja valmistettava siten, että se on turvallinen käyttää, kun sitä käytetään käyttöohjeiden mukaan. Koettimen tulee ilmaista jännitteettömyys tai jänniteisyys luotettavalla osoituksen muutoksella. Ilmaisu voi perustua joko kuulo tai näköhavaintoon tai molempiin. Molempien ilmaisujen tulee olla luotettavasti havaittavissa normaaleissa näkö- ja meluolosuhteissa normaalista käyttöasennosta. [SFS-EN 61243-1 2006: 13].

Laitteen havahtumisjännitteen  $U_t$ , joka on pienin koetettavan kohteen ja maan välinen jännite, jolla laitteen tulee antaa ilmaisu jännitteinen, tulee täyttää seuraavat ehdot:

- laitteen tulee havahtua ja antaa ilmaisu *jännitteinen*, jos testattavan kohteen ja maan välinen jännite on suurempi kuin 45 % laitteen nimellisjännitteestä  $U_n$ . Ehto saadaan kaavasta  $0,78U_n/\sqrt{3}$
- ilmaisua *jännitteinen* ei saa esiintyä, jos testattavan kohteen ja maan välinen jännite on pienempi tai yhtä suuri kuin 10 % laitteen nimellisjännitteestä. Ehto saadaan kaavasta  $0,17U_n/\sqrt{3}$ , mikä vastaa suurinta kentällä normaalisti esiintyvää induktiivista jännitettä. [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 4.]

Näin ollen havahtumisjännitteen  $U_t$  on aina toteutettava ehto

$$0,1 \times U_n \max < U_t \leq 0,45 \times U_n \min,$$

jossa  $U_n$ max on nimellisjännitealueen yläraja ja  $U_n$ min sen alaraja. Jos laitteella on vain yksi nimellisjännite,  $U_n$ max on yhtä suuri kuin  $U_n$ min. [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 4.]

Tämä tarkoittaa, että laitteella, jolla on useampia nimellisjännitteitä tai nimellisjännitealue, suurimman ja pienimmän nimellisjännitteen suhde voi olla enintään 4,5.

Kun koettimella kosketetaan jännitteistä osaa, tulee ilmaisun olla jatkuva. Ilmaisun ei välttämättä ole luotettava suurien johtavien osien muodostamien tasopotentialipintojen läheisyydessä. Ilmaisua jännitteinen ei saa esiintyä jännitteisten tai maadoitettujen osien läheisyydessä eikä myöskään normaalin tasoilla häiriöjännitteillä, kun koetinta käytetään ohjeiden mukaan. [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 3.]

Koettimessa voi olla erillinen tai sisäänrakennettu tarkastuslaite, jolla käyttäjä voi testata laitteen toimintakunnon. Tarkastuslaitteen on testattava kaikkien virtapiirien, energianlähteen ja ilmaisun toiminta, ellei käyttöohjeessa muuta mainita. Sisäisen tarkastuslaitteen on annettava osoitus "valmis" tai "ei valmis". [SFS-EN 61243-1 2006: 15.]

#### Sähköiset vaatimukset

Koettimen tulee olla rakenteeltaan oikosulkuturvallinen. Se ei saa aiheuttaa läpilyöntiä jännitteisten osien eikä jännitteisten osien ja maan välillä. Lisäksi laitteen tulee kestää vaurioitumatta ja toiminnan häiriintymättä pienienerginen kipinäpurkaus. Laitteessa käytettävien eristeaineiden tulee olla mitoitettu suurimman nimellisjännitteen mukaan. Laitteen käyttöturvallisuus on varmistettava riittävän pitkä eristävän osan avulla. [SFS-EN 61243-1 2006: 15.]

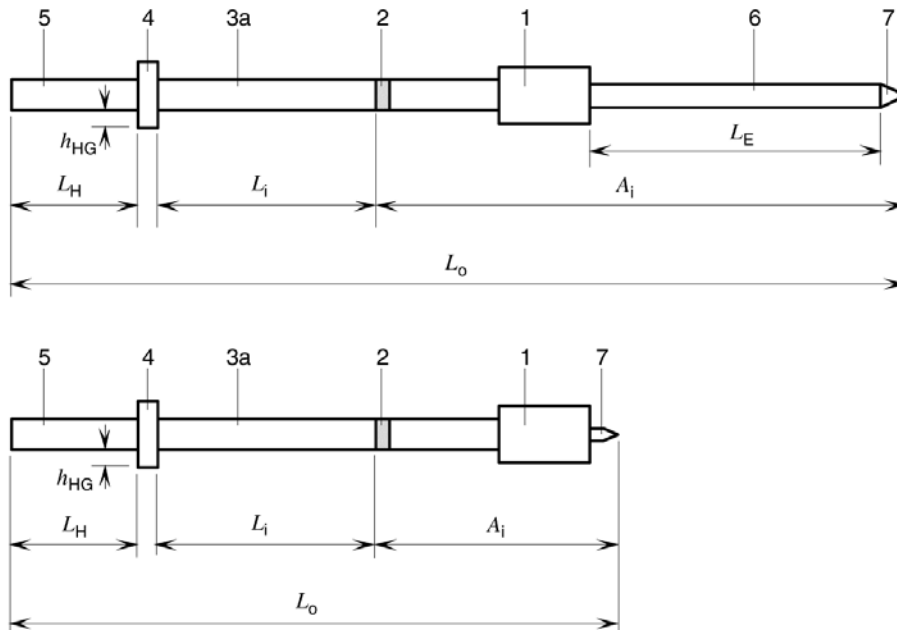
#### Mekaaniset vaatimukset ja mitat

Jännitteenkoettimet voivat olla rakenteeltaan kahdenlaisia; joko täydellinen laite, joka koostuu ilmaisimesta ja eristävästä osasta sekä kosketuskärjestä tai pelkkä ilmaisin ja kosketuskärki. Jälkimmäinen koetinrakenne on tarkoitettu käytettäväksi eristysauvan kanssa. [SFS-EN 61243-1 2006: 9.]

Koetin tulee olla suunniteltu helposti hallittavaksi kohtuullisella voimalla. Sen tulee olla myös niin kevyt, ettei sen oma paino aiheuta havaittavaa taipumaa eristävään osaan tai eristesauvaan. Laitteen ja sen kaikkien osien tulee kestää tärinää, pudotus työsken-

telyolosuhteissa sekä kohtuullisen voimakkaita mekaanisia iskuja. [SFS-EN 61243-1 2006: 17].

Kuvassa 4 on kuvattu täydellisenä laitteena toimitettavat koettimet.

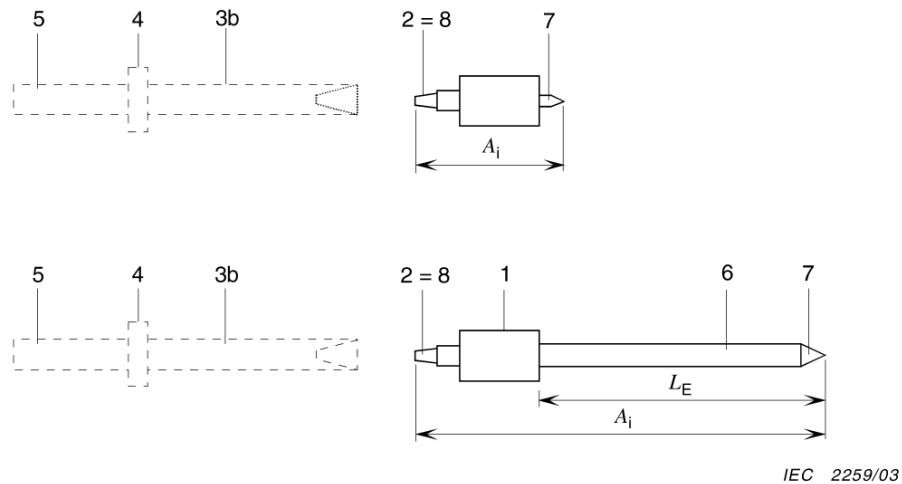


IEC 2258/03

Kuva 4. Täydellisenä välineenä toimitettava koetin. Kuvien 4 ja 5 viitteiden selitys: 1 ilmaisin, 2 rajamerkintä, 3a eristävä osa, 3b eristesauva, 4 tartuntaeste, 5 kädensija, 6 kosketuskärjen jatke, 7 kosketuskärki, 8 sovitin,  $h_{HG}$  tartuntaesteen korkeus,  $L_H$  kädensijan pituus,  $L_i$  eristävän osan pituus,  $L_E$  kosketuskärjen jatkeen pituus,  $L_o$  koettimen kokonaispituus ja  $A_i$  asetamissyyvyys. [SFS-EN 61243-1 2006: 33.]

Kuvassa 5 on kuvattu koettimet, joiden kanssa on käytettävä erillistä eristesauvaa.





Kuva 5. Koetin, jota käytetään erillisen eristesauvan kanssa [SFS-EN 61243-1 2006: 33].

Koettimet jaetaan käyttöluokkiin riippuen kosketuskärjen rakenteesta. Kosketuskärki on eristämätön johtava osa, jolla kosketetaan testattavaa kohdetta. Kosketuskärjen jatke on eristetty johtavasta osasta [SFS-EN 61243-1 2006: 10]. Sen avulla koetinta voidaan käyttää ahtaissa tiloissa kuten kojeistoissa. Jos kosketuskärjessä ei ole jatketta, kuuluu koetin käyttöluokkaan L. Jos kosketuskärki on varustettu jatkeella, kuuluu koetin luokkaan S. [SFS-EN 61243-1 2006: 16.]

Taulukko 2. Kokonaisena laitteena toimitettavan koettimen eristävän osan vähimmäispituus [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 5].

$U_r$ kV	$L_i$ mm
$1 < U_r \leq 7,2$	320
$7,2 < U_r \leq 12$	360
$12 < U_r \leq 17,5$	370
$17,5 < U_r \leq 24$	470
$24 < U_r \leq 36$	520
$36 < U_r \leq 72,5$	830
$72,5 < U_r \leq 123$	1 300
$123 < U_r \leq 170$	1 700
$170 < U_r \leq 245$	2 300
$245 < U_r \leq 420$	3 600

Taulukossa 2 on esitetty koettimen eristävän osan vähimmäispituudet  $L_i$ . Taulukon  $L_i$  arvot vastaavat vähimmäisetäisyyttä ilmassa, johon on lisätty turvaetäisyys. Arvoja voidaan myös pitää ohjeena erillisenä laitteena toimitettavien koettimien eristesauvan valinnassa. [SFS-EN 61243-1/A1 2010: 5.]

Koettimessa tulee olla noin 20 mm leveä rajamerkintä, joka kertoo käyttäjälle, kuinka syvälle jännitteisten osien väliin koettimen saa asettaa. Rajamerkinnän tulee olla pysyvä ja helposti tunnistettava. Erillisenä laitteena toimitettavassa koettimessa sovitin korvaa rajamerkinnän. [SFS-EN 61243-1 2006: 17].

## Merkinnät

Koettimen ilmaisinosassa tulisi olla vähintään seuraavat merkinnät

- nimellisjännite ja/tai nimellisjännitealue
- ilmaisuryhmä
- nimellistaajuus
- valmistaja tai tavaramerkki
- tyyppimerkintä, sarjanumero
- maininta ”sisäkäyttöön” tai ”ulkokäyttöön”
- käyttöluokitusmerkintä (S tai L)
- ilmastoluokka (C, N tai W)
- valmistusvuosi
- tunnus IEC 60417-5216(DB:2002-10) – sopiva jännitetyöhön; kaksois-kolmio
- asiaan kuuluva IEC-standardi (esimerkiksi IEC 61243-1:2003) [SFS-EN 61243-1 2006: 18].

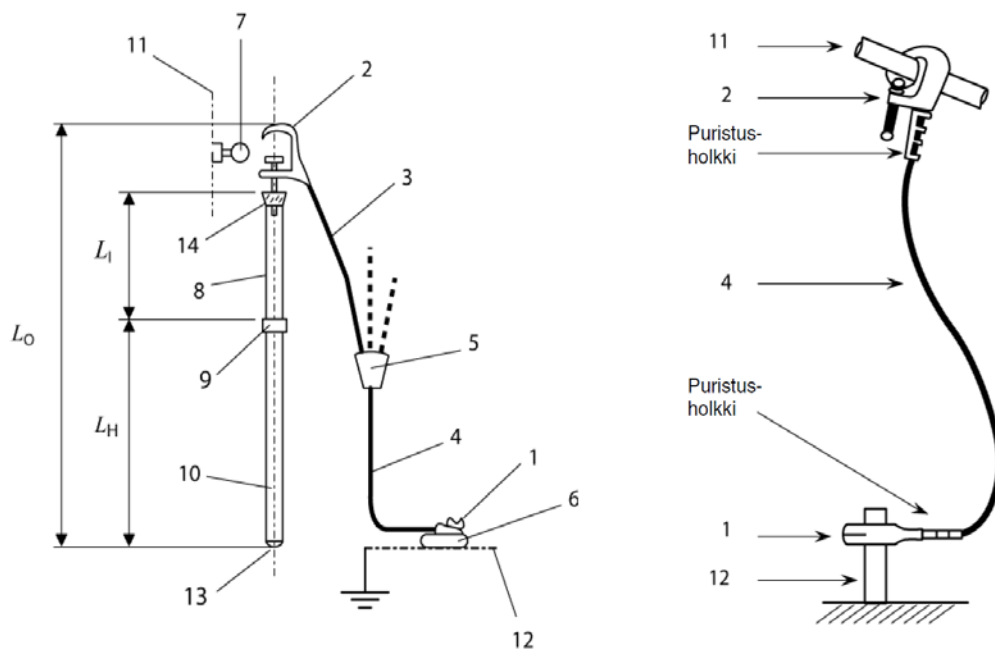
Koettimessa tulee olla myös alue johon voidaan merkitä viimeisimmän kunnossapito-tarkastuksen päivämäärä. Merkintöjen tulee olla helposti luettavia ja pysyviä ja kirjaisinten on oltava vähintään 3 mm:n korkuisia. [SFS-EN 61243-1 2006: 18].

## 6 Siirrettävät työmaadoitusvälineet

Siirrettävät työmaadoitusvälineet on tarkoitettu sähkönsyötöstä erotettujen sähkölaitteistojen sekä sähkönsiirto- ja jakelujärjestelmien väliaikaiseen työmaadoittamiseen ja oikosulkemiseen.

Työmaadoitus- ja oikosulkuvälineiden materiaaleja, toimintaa ja testaamista koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 61230.

Yleisesti Suomessa käytettävät työmaadoitusvälineet ovat kolmivaiheisia, joita käytetään sähkökojeistoissa ja keskijännitteisissä jakelujärjestelmissä, tai yksivaiheisia välineitä, joita käytetään suurjännitteisissä siirtoverkoissa. Kuvassa 6 on esimerkkejä siirrettävistä oikosulkuvälineistä ja niiden osista.



Kuva 6. Esimerkkejä siirrettävistä työmaadoitusvälineistä ja niiden eri osista: 1 maadoitusliitin tai raideliitin, 2 vaiheliitin tai ajojohdinliitin, 3 oikosulkujohdin (yhdysohdin) (johtimet), 4 työmaadoitusjohdin (johtimet), 5 haaroituskappale, 6 maadoituskiinnike tai ratakiisko, 7 vaihekiskon maadoituskiinnike tai avojohdon maadoituskohta, 8 eristävä osa, 9 kädensijan rajamerkitä, 10 maadoitussauvan kädensija, 11 vaihekisko tai -johdin, 12 kiinteä maadoituskohta (maadoitusjärjestelmä), 13 maadoitussauvan päätytulppa, 14 maadoitussauvan vaiheliittimen kiinnike, kiinteä tai irrotettava,  $L_1$  työmaadoitussauvan eristävän osan pituus,  $L_H$  työmaadoitussauvan kädensijan pituus,  $L_0$  työmaadoitussauvan kokonaispituus. [SFS-EN 61230 2009:10.]

Työmaadoitussauva voi olla joko kiinteä osa välinettä tai maadoitusliittimeen väliaikaisesti kiinnitettävä monikäyttöinen eristesauva [SFS-EN 61230 2009: 10]. Työmaadoitus- ja eristesauvoja koskevat vaatimukset esitellään tämän työn luvussa 7.

Yleiset vaatimukset työmaadoitusvälineille

Siirrettävien työmaadoitusvälineiden tulee olla suunniteltu siten, että ne ovat turvallisia käyttää, kun niiden käyttäjillä on riittävä ammattitaito ja turvallisia työmenetelmiä sekä käyttöohjeita noudatetaan [SFS-EN 61230 2009: 19].

Välineiden ja niiden komponenttien on kestettävä niiden mitoituksen suuruinen oikosulkuvirta mitoitusoikosulkuajalla sekä virran jouleintegraali. Lisäksi niiden on kestettävä normaalista käytöstä aiheutuvat mekaaniset rasitukset. [SFS-EN 61230 2009: 19.]

Jouleintegraali tarkoittaa energiaa, joka vapautuu 1  $\Omega$ :n suuruiseen vastukseen tietyn ajan kuluessa. Jouleintegraali voidaan ilmaista lausekkeella

$$I^2 t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt,$$

jossa  $I$  on virran tehollisarvo ja  $t$  vaikutusaika. [IEC 60050 - International Electrotechnical Vocabulary - Details for IEV number 441-18-23 2017.]

Oikosulkutilanteessa välineiden on kestettävä oikosulkuvirran aiheuttamat sähköiset, mekaaniset ja termiset vaikutukset aiheuttamatta vaaraa henkilöille. Johtimien painon minimoimiseksi niille sallitaan mahdollisimman suuri lämpenemä oikosulkutilanteessa. [SFS-EN 61230 2009: 19.]

Sähköiset mitoitusarvot työmaadoitusvälineille

Työmaadoitusväline ja sen kaikki osat, jotka johtavat virtaa oikosulussa, mitoitetaan mitoitusvirran, mitoitusajan sekä niitä vastaavan huippuvirtakerroimen perusteella [SFS-EN 61230 2009: 19].

Mitoitusvirta  $I_t$  ja mitoitus aika  $t_t$  ovat välineelle tai sen osalle annettu suurin virran tehollisarvo ja pisin oikosulun kesto aika, joka välineen tulee kestää ottaen huomioon tietty huippuvirtakerroin. Huippuvirtakerroimella tarkoitetaan oikosulkuvirran huippuarvon suhdetta mitoitusoikosulkuvirran tehollisarvoon. [SFS-EN 61230 2009: 17.]

Tavanomaiset arvot mitoitusajalle ovat:

3 s, 2 s, 1 s, 0,75 s, 0,5 s, 0,25 s ja 0,1s [SFS-EN 61230 2009: 19.]

Johtimen poikkipinta-ala voidaan mitoittaa eri perustein. Seuraavaksi on esitetty esimerkki IEC 60865-1 mukaisesta menettelystä, joka perustuu suurimpaan johtimelle sallittuun virrantiheyteen ja loppulämpötilaan.

Kun johtimen alkulämpötila on 20 °C, sallittu loppulämpötila 300 °C sekä oikosulun kesto-aika 1 s, saadaan kuparijohtimelle suurimmaksi sallituksi virrantiheydeksi 190 A/mm<sup>2</sup>. Arvot on määritetty standardin IEC 60865-1 kuvan 13 käyristä ja ne ovat raja-arvoja, jotka eivät vielä aiheuta välineen tuhoutumista. [SFS-EN 61230 2009: 48.]

Sallittava oikosulkuvirran arvo saadaan kaavasta

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times A \times k,$$

jossa  $A$  on johtimen poikkipinta-ala mm<sup>2</sup> ja  $k = \sqrt{\frac{1 \text{ s}}{t}}$  oikosulun kestoajasta  $t$  riippuva kerroin [SFS-EN 61230 2009: 49.]

Esimerkiksi 120 mm<sup>2</sup>:n kuparijohtimelle oikosulun kestoajan ollessa kaksi sekuntia saadaan suurimmaksi sallituksi oikosulkuvirraksi:

$$I = 190 \text{ A/mm}^2 \times 120 \text{ mm}^2 \times \sqrt{1/2} \approx 16,1 \text{ kA}.$$

Edellä mainittuja laskukaavoja voidaan käyttää, kun oikosulku tapahtuu lähellä suuria generaattoreita. Kaukana generaattoreista suurimman sallitun oikosulkuvirran arvoa voidaan korjata kertoimella 1,2. [SFS-EN 61230 2009: 49.]

Työmaadoitus- ja oikosulkujohtimet

Työmaadoitusvälineen johtimien materiaalina voidaan käyttää alumiinia, alumiiniseosta tai kuparia. Riippumatta materiaalivalinnasta tulee johtimen täyttää sen mitoituksen mukaiset suoritusarvot. [SFS-EN 61230 2009: 20.]

Johtimien tulee olla taipuisia ja ne on suojattava riittävän mekaanisen suojauksen antavalla erityksellä. Eristysmateriaalin tulee kestää käytännössä esiintyvät kemialliset ja ympäristön vaikutukset sekä esiintyvät lämpötilat. Johtimen voidaan katsoa täyttävän

edellä mainitut vaatimukset, kun se valitaan standardin IEC 61138 mukaan. [SFS-EN 61230 2009: 20.]

#### Johtimien liitännät välineen jäykkiin osiin

Johtimien liitoksien välineen jäykkiin osiin tulee olla huolellisesti tehtyjä, luotettavia ja niiltä vaaditaan erinomaista väsymiskestävyyttä. Tinattuja liitoksia ei saa käyttää. Liitokset tulee suojata veden tunkeutumisen estämiseksi. Puristusholkkien ja kaapelikien virtakestoisuuden tulee olla vähintään yhtä suuri kuin niihin liitetyn johtimen virtakestoisuus. [SFS-EN 61230 2009: 21.]

#### Liittimet

Työmaadoitusvälineissä käytetään maadoitus- ja vaiheliittimiä (kuva 6) niiden kiinnittämiseksi sähkölaitteistoon. Yleensä liittimet ovat ruuvikiristeisiä, mutta myös jousikiristeisiä tai painovoiman avulla kiristyviä liittimiä käytetään.

Liittimien on kestettävä mitoitusarvoilla esiintyvät oikosulkuvirtojen aiheuttamat termiset ja mekaaniset rasitukset. Niiden on oltava kytkentäpisteen pintaan ja sen muotoihin sopivia, mikä mahdollistaa luotettavan kosketuksen. Lisäksi niiden on oltava turvallisia ja helppoja käyttää. [SFS-EN 61230 2009: 22.]

#### Merkinnät

Välineen merkintöjen tulee olla helposti luettavissa ja pysyviä. Merkinnät on tehtävä välineen kaikkiin osiin. [SFS-EN 61230 2009: 23.]

Välineessä tulisi olla seuraavat merkinnät:

- valmistajan nimi tai tavaramerkki
- välineen tyyppi- tai mallimerkintä
- valmistusvuosi
- välineen mitoitusvirta  $I_r$  (kA, tehollisarvo), mitoitus aika  $t_r$  (s) sekä oikosulkuvirran mitoitus huippukerroin (esimerkiksi 10 kA – 0,5 s – 2,6)
- sovelletun IEC standardin numero [SFS-EN 61230 2009: 23].

Liittimissä tulee olla seuraavat merkinnät:

- valmistajan nimi tai tavaramerkki
- liittimen malli- tai tyyppimerkintä [SFS-EN 61230 2009: 23].

Jos välineen johdin on standardin IEC 61138 mukainen, se ei vaadi lisämerkintöjä. Muihin johtimiin tulisi tehdä seuraavat merkinnät:

- johtimien alkuperämerkintä
- johtimen poikkipinta-ala tai kokomerkintä
- johdineristyksen eristysaineen tyyppi [SFS-EN 61230 2009: 23].

Työmaadoitusvälineen valinta

Valittaessa työmaadoitusvälineitä tulisi tietää järjestelmän suurin oikosulkuvirta  $I_k$ , sen kestoaika  $t_k$  ja oikosulkuvirran huippukerroin  $\eta_r$ . Näitä arvoja verrataan välineen mitoitusarvoihin. Valinnassa tulee ottaa huomioon seuraavat kriteerit:

- Sähkömagneettiset voimat eivät saa ylittää laitteen mitoitusarvoja.
- Oikosulun jouleintegraali ei saa ylittää laitteen mitoitusarvoja. [SFS-EN 61230 2009: 53.]

Ensimmäinen kriteeri rajoittaa välineeseen kohdistuvien suurimpien sähkömagneettisten voimien vaikutusta. Välinettä voidaan käyttää suuremman oikosulkuvirran kuin sen mitoitusarvo omaavassa järjestelmässä, kun ehto

$$I_k \times \eta_r \leq I_{mitoitus} \times \eta_{mitoitus}$$

täyttyy. [SFS-EN 61230 2009: 53.]

Toisen kriteerin jouleintegraali kuvaa virran termisiä vaikutuksia. Välinettä voidaan käyttää järjestelmässä, kun oikosulun jouleintegraali on pienempi kuin välineen mitoitusarvoista laskettu jouleintegraali ehdon

$$I_k^2 t_k \leq I_{mitoitus}^2 t_{mitoitus}$$

mukaisesti. [SFS-EN 61230 2009: 53.]

## 7 Työmaadoitus- ja eristesauvat

Työmaadoitus- ja eristesauvoja käytetään käyttäjän suojaamiseen sähkön vaaroilta esimerkiksi työmaadoitusvälineitä paikoilleen asennettaessa tai todettaessa jännitteettömyyttä. Sauvojen suojaava vaikutus perustuu niiden eristysominaisuuksiin ja niiden pituuden tuomaan turvalliseen etäisyyteen jännitteisistä osista.

Eurooppalaisessa standardissa "EN 50508:2009 Multi-purpose insulating sticks for electrical operations on high voltage installations" määritellään onttojen eristesauvojen materiaaleja ja suunnittelua koskevat vaatimukset sekä niiden testaaminen. Standardissa käsitellään myös sauvojen huoltoa, varastointia ja huoltotestejä.

Standardi koskee monikäyttöisiä eristesauvoja, jotka ovat suunniteltu käytettäväksi sähköjärjestelmissä, joiden käyttöjännite on 1 kV:n ja 765 kV:n välillä. Sauvat voivat olla valmistettu yhdestä tai useammasta yhteen liitettävästä osasta ja ne ovat tarkoitettu ulko- ja sisäkäyttöön kuivissa olosuhteissa sekä -25 °C:n ja +55 °C:n välisellä lämpötila-alueella. [EN 50508 2009: 6.]

Sauvoja ei siis suositella käytettäväksi ulkona jatkuvassa sateessa. Jos näin kuitenkin halutaan tehdä, tulee sauvan läpäistä erityinen märkätesti tyyppitestien yhteydessä. Märkätestissä testataan sauvan eristysominaisuuksia sadetuksen jälkeen. [EN 50508 2009: 26.]

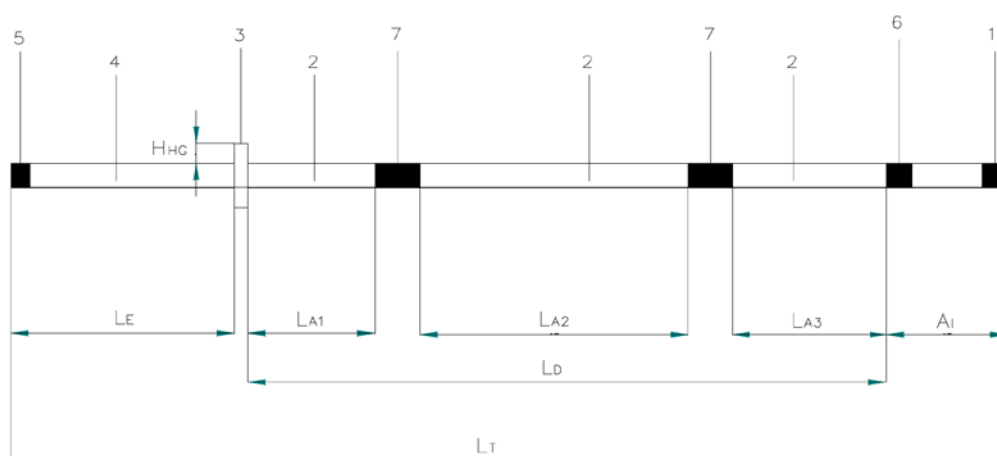
Vaatimukset materiaaleille, mitoille ja mekaanisille ominaisuuksille

Eristesauvojen valmistukseen tulisi käyttää putkia, jotka ovat valmistettu lasikuituvahvisteisesta synteettisestä eristeaineesta. Jos putki on pinnoitettu esimerkiksi lakalla, tulisi pinnoitteen olla läpinäkyvä. Suositeltavia värejä sauvoille ovat keltainen, oranssi tai punainen. [IEC 60855-1 2016: 8.]

Sauvan päähän voidaan kiinnittää työkaluja, kuten työmaadoitusvälineen liittimen käyttötyökalu tai jännitteenkoetin [EN 50508 2009: 9].



Eristävä osa, joka rajoittuu rajamerkkiin ja käsinsuojaan, muodostaa käyttäjän ja jännitteisen osan välille riittävän turvaetäisyyden. Se voi koostua useammasta osasta. Turvaetäisyys riippuu laitteiston käyttöjännitteestä. Rajamerkin, joka määrittää sen osan sauvan päästä, jolla käyttäjä voi koskea jännitteeseen osaan, tulee olla pysyvä ja hyvin erottuva. Jos sauvassa ei ole rajamerkkiä, sinä pidetään päätä (numero 1 kuvassa 7). Käsinsuoja on eristeaineinen kiekko, jonka halkaisija on suurempi kuin sauvan, tai pysyvä ja erottuva merkki. [EN 50508 2009: 9.]



Kuva 7. Esimerkkikuva 3 osaisesta sauvasta. Kuvan mukaisesti sauva koostuu seuraavista osista: 1 pää, 2 eristävä osa, 3 käsinsuoja, 4 kahva, 5 päätytulppa, 6 rajamerkki ja 7 liitokset. Kuvassa mitta  $L_T$  on kokonaispituus,  $L_E$  kahvan pituus,  $L_D$  turvaetäisyys,  $A_I$  asetus syvyys,  $L_A$  eristävän osan kokonaispituus ja  $H_{HC}$  käsinsuojan korkeus. [EN 50508 2009: 20.]

Sauva tulee suunnitella riittävän jäykäksi, jotta sitä on helppo hallita. Se ei saisi taipua liikaa, kun sillä työskennellään sille suunniteltujen välineiden kanssa. Sauvan tulisi kestää kohtuullisen voimakkaita mekaanisia iskuja ja normaalista käytöstä aiheutuvaa kiertävää vääntömomenttia. [EN 50508 2009: 11.]

### Sauvojen mitat

Standardissa on annettu seuraavia suositeltavia kokonaismittoja sauvoille, jotta ne olisivat vielä helposti yhden henkilön käsiteltävissä:

- yhtenäinen sauva: 1,5 m, 2 m, 2,5 m ja 3 m
- moniosainen sauva: 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m, 3 m [EN 50508 2009: 9].

Sauvan kokonaispituus riippuu sen eri osien pituudesta. Sauvan tulisi olla riittävän pitkä, jotta sillä yletytään helposti työskentelykohteeseen ja eristävän osan tulisi olla taulukon 3 mukainen. Kahvan pituuden tulisi olla suhteessa sauvaan päähän kohdistuvaan kuormaan. Putken halkaisija taas riippuu sauvan pituudesta ja suositeltavia halkaisijoita ovat 32 mm ja 39 mm. [EN 50508 2009: 28.]

Taulukossa 3 on annettu suositeltavat pituudet sauvan eri osille ottaen huomioon edellä mainitut seikat.

Taulukko 3. Suositellut mitat sauvoille [EN 50508 2009: 12].

Kokonaispituus m	Kahvan vähimmäispituus mm	Nimellisjännite kV	Halkaisija mm
1	300	15	32
1,5	500	30	32
2	800	45	32
2,5	800	66	32
3	800	132	32
3,5	1 100	132	39
4	1 100	220	39
4,5	1 100	220	39
5	1 100	380	39
6	1 100	380	39

#### Sähköiset ominaisuudet

Sauvan eristävän osan pituus suojaa käyttäjää sähkön vaaroilta muodostamalla riittävän suojaetäisyyden jännitteisiin osiin ja sen pituus riippuu sähköasennuksen nimellisestä käyttöjännitteestä. Eristävän osan vähimmäispituudet on annettu taulukossa 4.

Taulukko 4. Eristävän osan vähimmäispituus [EN 50508 2009: 12].

Sähköasennuksen nimellinen käyttöjännite $U_n$ (kV)	Vähimmäiseristys etäisyys <sup>a b</sup> mm	Ergonominen eristys etäisyys <sup>b</sup> mm	Eristävän osan vähimmäispituus mm
≤ 15	160	500	660
≤ 30	320	500	820
≤ 45	480	500	980
≤ 110	1 100	500	1 600
≤ 220	2 100	500	2 600
≤ 480	4 100	500	4 600

<sup>a</sup> HD 637 S1 mukaisesti ottaen huomioon kytkentä ja ilmastolliset ylijännitteet.  
<sup>b</sup> Arvot voivat vaihdella eri maiden säädösten mukaan.

Sauvan tulee olla suunniteltu siten, että se suojaa käyttäjää riittävästi vuotovirran vaikutuksilta [EN 50508 2009: 11]. Riittävänä suojauksen tasona voidaan pitää vuotovirran rajoittamista alle 50  $\mu\text{A}$ :n tasolle [EN 50508 2009: 14]. Tämä vaatimus koskee sauvojen materiaaleja ja sauvojen tyyppitestejä.

Sauvan pään ja rajamerkin välinen osa tulee olla suojattu läpilyöntejä ja oikosulkuja vastaan. Tämä vaatimus koskee sisäkäyttöön tarkoitettuja, alle 2 m:n pituisia ja alle 52 kV:n nimellisjännitteelle suunniteltuja sauvoja. Vaatimus ei koske korkeammille jännite-tasolle suunniteltuja sauvoja, koska niissä asennuksen ilmavälit ovat paljon suurempia. [EN 50508 2009: 12.]

### Merkinnät

Sauvoissa ja sen kaikissa osissa tulee olla seuraavat merkinnät:

- kaksoiskolmiomerkki, joka osoittaa välineen soveltuvuuden jännitetyöhön
- viittaus valmistusstandardiin (esimerkiksi EN 50508 2009)
- valmistajan nimi tai tuotemerkki
- sarja- tai eränumero tai osan valmistuskuukausi ja -vuosi
- sauvan osien viitteet [EN 50508 2009: 12].

Merkintöjen tulee olla helposti luettavia ja pysyviä ja kirjaisinten on oltava vähintään 3 mm korkeita. Merkinnät eivät saa vaikuttaa sauvan muihin ominaisuuksiin. [EN 50508 2009: 13.]

## 8 Standardien mukaiset kunnossapitotarkastukset

Työturvallisuusvälineiden huolto on tärkeää niiden luotettavan ja turvallisen toiminnan takaamiseksi. Huolto-ohjelman laatiminen on käyttäjän vastuulla ja ohjelman tulisi ottaa huomioon työkalujen varastointi ja käyttö. Osana huoltoa laitteille tulisi tehdä kunnossapitotarkastus, joka takaa työkalun standardien mukaisuuden.

## 8.1 Jännitteenkoettimet

Jännitteenkoettimille kunnossapitotarkastukset tulee suorittaa, vaikka laite olisi ollut vain varastoituna, enintään kuuden vuoden välein, ellei laitteen valmistaja ole määrännyt lyhempää testiväliä. Standardin SFS-EN 61243-1 jännitteenkoettimille tulee suorittaa taulukon 5 mukaiset huoltotestit, jotka varmistavat laitteen fyysisen kunnon, toiminnan ja eristysominaisuudet. Testit suoritetaan taulukon 5 mukaisessa järjestyksessä. Laitteen valmistaja voi määrittää laiteelle lisätestejä, joista täytyy mainita käyttöohjeessa. [SFS-EN 61243-1 2006: 55.]

Taulukko 5. Huoltotestit ja niiden suositeltava työjärjestys [SFS-EN 61243-1A: 17].

Työjärjestys	Testi
1	Visuaalinen ja mittatarkastus
2	Tarkastuslaitteen tarkastus
3	Vuotovirta kuivissa olosuhteissa
4	Ulkokäyttöön ja sisäkäyttöön tarkoitettujen koetinten oikosulkusuojaus
5	Kipinöintikestoisuus
6	Havahtumisjännitteen mittaaminen
7	Samanvaiheisen häiriökentän vaikutus
8	Näköhavaintoon perustuvan ilmaisun luotettava havaittavuus
8	Kuulohavaintoon perustuvan ilmaisun luotettava havaittavuus

Kunnossapitotarkastukset tulisi suorittaa koettimelle, joka on koottu käyttökuntoon käyttöohjeen mukaisesti ja mahdollinen kosketuskärjen jatke paikoilleen asennettuna. Jos koetin toimitetaan ilman eristyssauvaa, tulee sen kanssa käyttää soveltuvaa eristyssauvaa. [SFS-EN 61243-1 2006: 19.]

Ilmastolliset olosuhteet testien aikana tulisi olla seuraavat:

- ympäristön lämpötila: 15 °C...35 °C
- suhteellinen kosteus: 25 %...75 %
- ilmanpaine: 86 kPa...106 kPa.

Koetinta tulee altistaa näille olosuhteille vähintään neljän tunnin ajan ennen testejä. [SFS-EN 61243-1 2006: 20.]

Sähköisissä testeissä testaustilan lattian on oltava johtava tai johtavalla materiaalilla peitetty. Tilassa ei saa olla testejä haittaavia ulkoisia häiriökenttiä. Vieraita esineitä ei

saa olla kuvan 11 testijärjestelyn suojaetäisyyden H sisäpuolella. [SFS-EN 61243-1 2006: 20.]

## 8.2 Kunnossapitotarkastukset jännitteenkoettimille

### Visuaalinen ja mittatarkastus

Visuaalisessa tarkastuksessa tarkastetaan, että laitteen merkinnät ovat vaatimusten mukaisia sekä luettavissa, rajamerkki on selvästi näkyvässä ja täydellisenä laitteena toimitettavan koettimen tartuntaesteen ehjyys. Lisäksi tarkastetaan että eristävä osa on vaaditun pituinen. [SFS-EN 61243-1 2006: 55.]

Nämä vaatimukset esitellään tarkemmin luvun 5 kohdissa ”Mekaaniset vaatimukset ja mitat” ja ”Merkinnät”.

### Tarkastuslaitteen tarkastus

Koettimen tarkastuslaitteen toimintaa tarkastettaessa tarkastuslaite kytketään valmiustilaan käyttöohjeen mukaisesti. Tällöin näkö- ja/tai kuulohavaintoon perustuvan ilmaisun on toimittava. Tämä tehdään kolme kertaa, ja ilmaisun on toimittava kaikilla kerroilla. [SFS-EN 61243-1 2006: 25.]

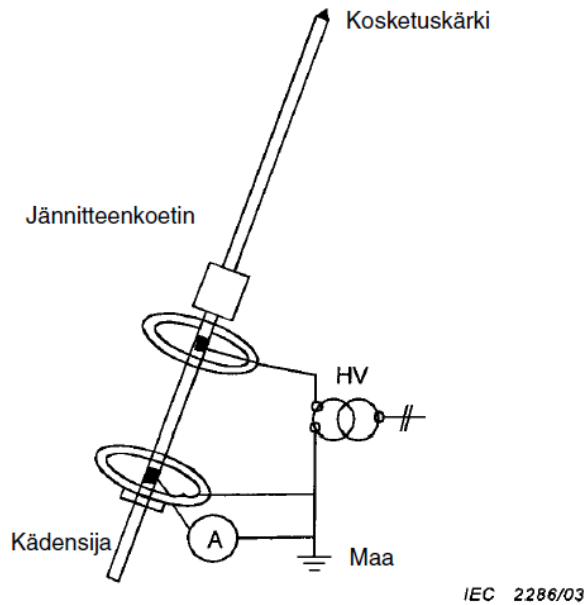
### Vuotovirta kuivissa olosuhteissa

Vuotovirran mittausta kuivissa olosuhteissa suoritetaan täydellisenä välineenä toimitetulle koettimelle, ja se koskee koettimen rajamerkin ja tartuntaesteen välistä aluetta eli sen eristävää osaa. Testi suoritetaan kuivissa olosuhteissa sekä sisäkäyttöön että ulkokäyttöön tarkoitetuille koettimille. Eristävän osan ympärille kierretään kaksi nauhaelektrodiä, joista ensimmäisen paikka on tartuntaesteen vieressä kädensijan yläpuolella ja toisen juuri rajamerkin alapuolella. Lisäksi nauhaelektrodit suojataan rengaselektrodeilla, jotka on eristetty toisistaan. Testijärjestely on esitetty kuvassa 8. [SFS-EN 61243-1 2006: 31.]

### Testijännitteenä käytetään

- $1,2 \times U_r$ , kun koettimen nimellisjännite  $U_n \leq 123 \text{ kV}$
- $\frac{1,2 \times U_r}{\sqrt{3}}$ , mutta suurempi kuin 148 kV, kun  $U_n \geq 123 \text{ kV}$ .

Jos koettimella on nimellisjännitealue, suoritetaan testi suurimmalla nimellisjännitealueella. [SFS-EN 61243-1 2006: 47.]



Kuva 8. Vuotovirtatesti kuivissa olosuhteissa [SFS-EN 61243-1 2006: 47].

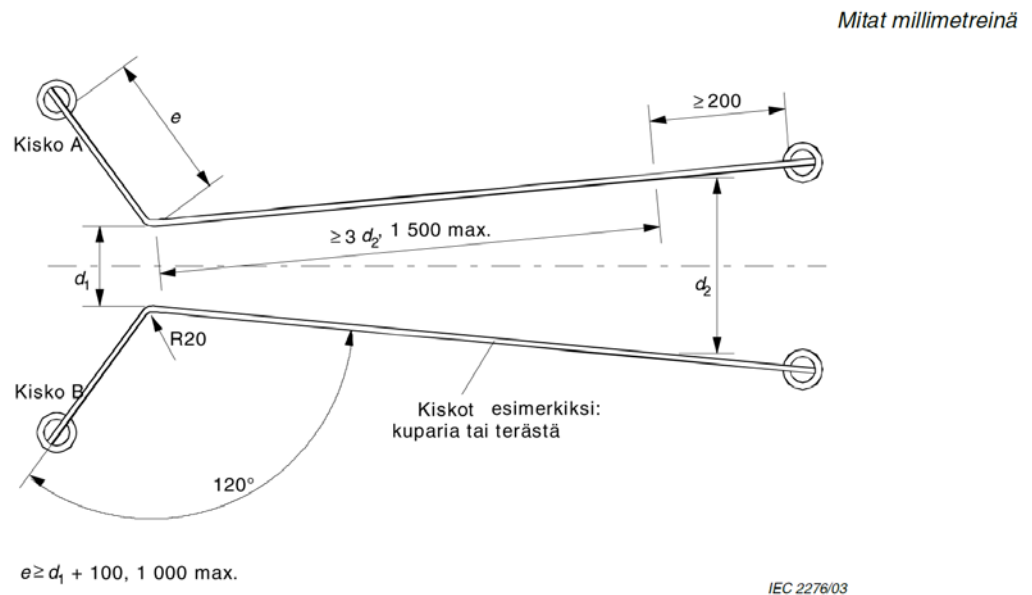
Vuotovirta mitataan kytkemällä testijännite koejärjestelyyn kuvan 8 mukaisesti 1 minuutin ajaksi ja mittaamalla vuotovirran tehollisarvo [SFS-EN 61243-1 2006: 47].

Koska testi suoritetaan määräaikaistestinä voi vuotovirta olla suurempi kuin tyyppitestin määräämä  $50 \mu\text{A}$ , muttei kuitenkaan ylittää  $200 \mu\text{A}$  arvoa. [SFS-EN 61243-1A: 17].

#### Ulkokäyttöön ja sisäkäyttöön tarkoitettujen koettinten oikosulkusuojaus

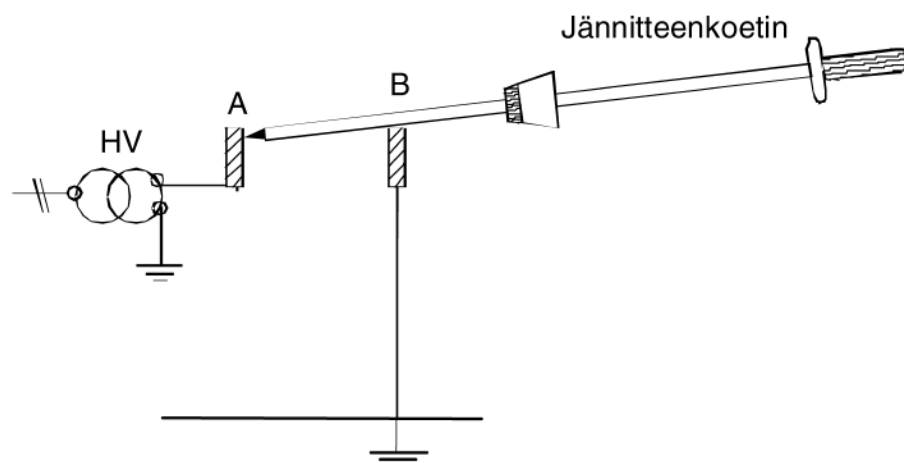
Oikosulkusuojaustestissä tutkitaan koettimen rajamerkinän ja kosketuskärjen pään välistä aluetta. Erillisenä laitteena toimitettavan laitteen kohdalla ilmaisimen päätä pidetään rajamerkinä. Testijärjestelyissä käytetään kupari tai teräskiskoja, jotka ovat taivutettu kuvan 9 mukaisesti. Kiskojen etäisyys ja järjestelyn muut mitat riippuvat koettimen

nimellisjännitteestä ja asetusyvyydestä  $A_i$ . Tätä testijärjestelyä käytetään koettimille joiden nimellisjännite  $U_n \leq 245$  kV. [SFS-EN 61243-1 2006: 25.]



Kuva 9. Koejärjestely ja mitat V-asennossa oleville kiskoille. Kiskojen koon on oltava 60 mm x 10 mm ja sen reunat tulee pyöristää 1 mm säteellä. [SFS-EN 61243-1 2006: 42.]

Testijännitteenä käytetään samansuuruisia jännitettä kuin vuotovirtatestissä. Testijännite kytketään testijärjestelyyn kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10. Kiskojen kytkentä [SFS-EN 61243-1 2006: 42].

Oikosulkukestoisuutta testataan ensin kapeimman kiskovälin testissä. Koetinta pidetään ensin kiskovälin kapeimmassa kohdassa 1 minuutin ajan, jonka jälkeen sitä liu'utetaan kohti A-kiskoa. Seuraavaksi tehdään levenevän kiskovälin testi. Tällöin koetin asetetaan ensin kiskovälin kapeimpaan kohtaan, ja sen jälkeen sitä pyöritetään levenevän kiskovälin suuntaan. Molemmat testit ovat läpäisty hyväksytysti, mikäli yli- tai läpilyöntiä ei esiinny. [SFS-EN 61243-1 2006: 26.]

#### Kipinöintikestoisuus

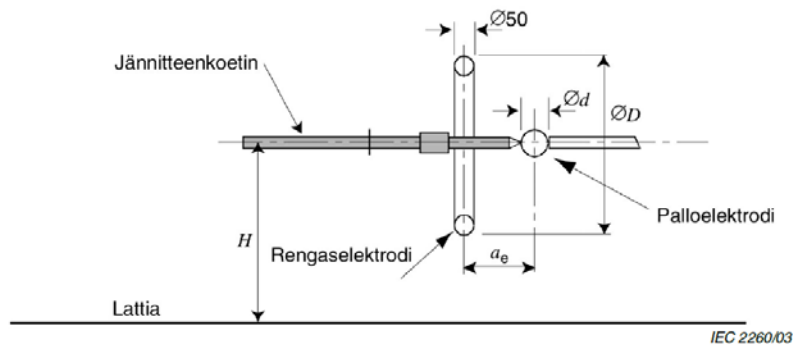
Käytännön syistä kipinöintikestoisuutta voidaan testata edellisen kohdan testien yhteydessä, koska testijärjestely, testijännitteet ja testikytkentä ovat samoja [SFS-EN 61243-1 2006: 28].

Testissä kosketuskärki asetetaan ensin A-kiskolle ja koetin B-kiskolle. Sitten koetinta käännetään irti A-kiskosta, kunnes esiintyy suurin mahdollinen kipinöinti ja sen annetaan olla tässä asennossa 1 minuutin ajan. Testi toistetaan koskettamalla A-kiskoa, jonka jälkeen koetinta painetaan kohti B-kiskoa. Testi on hyväksytty, jos koetin ei vahingoitu eikä lakkaa toimimasta. [SFS-EN 61243-1 2006: 28.]

#### Havahtumisjännitteen mittaaminen

Havahtumisjännitettä mitattaessa testijärjestely on kuvan 11 mukainen. Tätä testijärjestelyä käytetään koettimille joiden nimellisjännite  $U_n \leq 245$  kV. Järjestelyssä käytetään pallo- ja rengaselektrodeja, joiden asettelu riippuu koettimen luokasta ja etäisyydet ja mitat testattavan koettimen nimellisjännitteestä. Luokan S koettimille palloelektrodi on rengaselektrodin etupuolella ja luokalle L päinvastoin. Suojaetäisyys H on: 1,5 m, kun nimellisjännite on välillä  $1 \text{ kV} < U_n \leq 52 \text{ kV}$  ja 2,5 m, kun nimellisjännite on välillä  $52 \text{ kV} < U_n \leq 245 \text{ kV}$ . [SFS-EN 61243-1 2006: 28.]

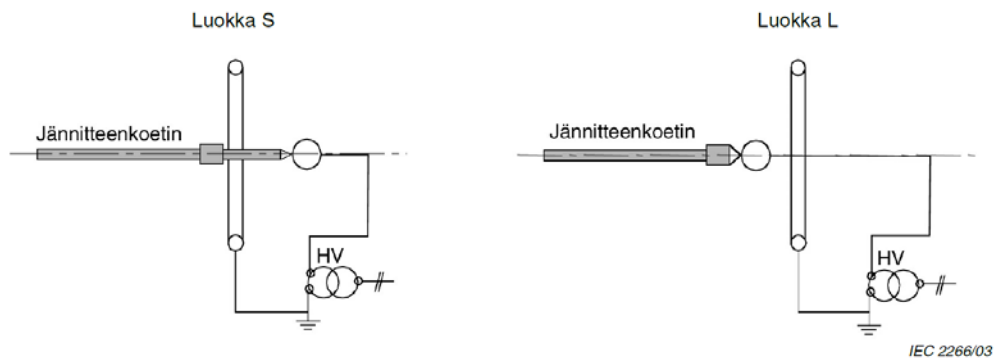




Mitat millimetreinä

Kuva 11. Havahtumisjännitteen mittaamisen testijärjestely [SFS-EN 61243-1 2006: 34].

Elektrodit kytketään kuvan 12 mukaisesti. Rengaselektrodi kytketään maahan ja palloelektrodi muuntajan toiseen napaan. Koetin asetellaan siten, että sen kosketuskärki koskee palloelektrodiä. Havahtumisjännite mitataan nostamalla palloelektrodin jännitettä, kunnes koetin antaa ilmaisun jännitteinen.



Kuva 12. Kytkeä havahtumisjännitettä mitattaessa [SFS-EN 61243-1 2006: 37].

Testi katsotaan hyväksytyksi, jos havahtumisjännite  $U_t$  täyttää ehdon

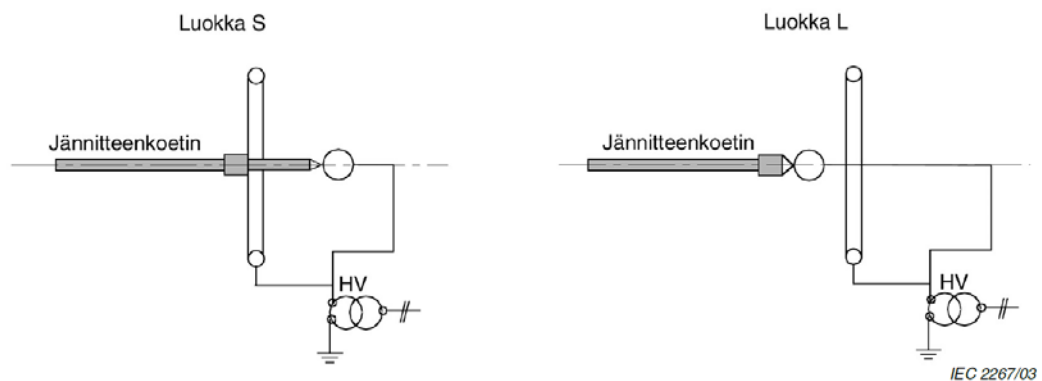
$$0,1 \times U_n \max < U_t \leq 0,45 \times U_n \min.$$

Kun testi tehdään kunnossapitotarkastuksena, voidaan mitattua tulosta verrata vertailukoettimen tulokseen. Tällöin testattavan mittaustulosten tulee vastata vertailukoettimen havahtumisjännitettä  $\pm 5$  %:n toleranssilla. [SFS-EN 61243-1A: 17.]

Koska testijärjestelyn ja -huoneen parametrit voivat vaikuttaa huomattavasti havahtumisjännitteen mittaustuloksiin, on suositeltavaa mitata uuden välineen havahtumisjännite kyseisellä testijärjestelyllä ja -huoneella sekä käyttää samaa järjestelyä myöhemmissä tarkastuksissa. [SFS-EN 61243-1A: 17].

#### Samenvaiheisen häiriökentän vaikutus

Samenvaiheisen häiriökentän vaikutus testataan käyttäen vastaavaa testijärjestelyä kuin havahtumisjännitteen mittaamisessa. Testijärjestelyssä pallo- ja rengaselektrodit kytketään kuitenkin kuvan 13 mukaisesti. Testijännitteen suuruus on 0,45 kertaa nimellisjännite. Jos koettimella on nimellisjännitealue, niin testi tehdään pienimmän ja suurimman nimellisjännitteen mukaan lasketuilla testijännitteillä. [SFS-EN 61243-1 2006: 21.]



Kuva 13. Kytkeä testattaessa samenvaiheisen häiriökentän vaikutusta [SFS-EN 61243-1 2006: 37].

Tässä testissä pallo- ja rengaselektrodi kytketään samaan jännitteeseen. Testi katsotaan hyväksytyksi, jos laite antaa ilmaisun jännitteinen. [SFS-EN 61243-1 2006: 21].

#### Näkö- ja kuulohavaintoihin perustuvien ilmaisujen luotettava havaittavuus

Ilmaisun havaittavuuden luotettavuutta voidaan testata vertailemalla tarkastettavan laitteen molempien ilmaisujen havaittavuutta vertailukoettimen ilmaisujen havaittavuuteen. Testi katsotaan hyväksytyksi, jos molemmat ilmaisut eivät eroa havaittavasti toisistaan. [SFS-EN 61243-1A : 9].

### 8.3 Kunnossapitotarkastukset työmaadoitusvälineille

Siirrettävien työmaadoitusvälineiden valintaan, käyttöön ja huoltoon annetaan ohjeita standardin SFS-EN 6120 opastavassa liitteessä C. Siinä ei kuitenkaan anneta tarkkoja ohjeita kunnossapitotarkastuksiin, vaan viitataan amerikkalaiseen standardiin ASTM F2249. [SFS-EN 61230 2009: 55].

#### Standardin ASTM F2249 mukaiset kunnossapitotarkastukset

Standardi ASTM F2249 suosittaa tehtäväksi sekä visuaalisia että sähköisiä testejä, joiden perusteella voidaan objektiivisesti määrittää täyttääkö työmaadoitusväline sille standardeissa määritellyt vaatimukset. Mekaaniset viat, lukuun ottamatta katkenneita johtimen säikeitä, eivät välttämättä vaikuta välineen sähköisiin ominaisuuksiin merkittävästi. Tosin kaikkia mekaanisia vikoja ei voida luotettavasti havaita pelkällä visuaalisella tarkastuksella. Tämän vuoksi välineelle tulisi tehdä standardin ASTM F2249 mukaiset tarkastukset käyttäjän määrittämin määräajoin, jotta vialliset välineet voitaisiin poistaa käytöstä. Testit tulisi suorittaa myös huolletulle tai korjatulle välineelle. [ASTM 2249 2015: 1].

#### Visuaaliset tarkastukset

Visuaalisissa tarkastuksissa tutkitaan onko työmaadoitusvälineessä mahdollisesti seuraavia vikoja, jotka johtavat välineen hylkäämiseen:

- haljennut tai rikkoontunut puristusholkki tai liitin
- paljaita katkenneita johtimen säikeitä
- leikkaantunut tai pahoin painautunut johdin
- laajoja vaurioita johtimen eristeessä
- paisunut kaapelin eriste tai pehmeitä kohtia, jotka viittaava johtimen sisäiseen korroosioon
- tummuneita johtimen säikeitä.

Lisäksi kaikkien kiinnitysten oikea momentti on tarkastettava ja korjattava tarvittaessa. [ASTM 2249 2015: 2].

## Sähköiset tarkastukset

Ennen sähköisiä mittauksia työmaadoitusväline ja etenkin sen liittimet ja liitokset puhdistetaan huolellisesti isopropanolilla ja teräsharjalla. Johtimen pituus tulee mitata tarkasti ja sen oikea poikkipinta-ala selvittää. [ASTM 2249 2015: 1].

Sähköinen tarkastus voidaan tehdä mittaamalla työmaadoitusvälineen resistanssi, joka koostuu johtimen, puristusholkkien ja liittimien resistansseista. Mitattua resistanssia verrataan uudelle välineelle laskettuun resistanssiin. Mitatun arvon kasvamisen verrattuna uudelle välineelle laskettuun resistanssiin voidaan katsoa johtuvan välineen normaalista vanhenemisesta ja kulumisesta etenkin johtimen liitoksissa. Resistanssin voidaan sallia kasvavan jonkin verran, kunhan väline toimii turvallisesti oikosulun sattues- sa. [SFS-EN 61230 2009: 55.]

Resistanssin mittaamisessa tulee käyttää riittävän suurta virtaa ja riittävän tarkkoja mittausvälineitä mittaustulosten tarkkuuden takaamiseksi. Mittausvirran tulisi olla vähintään 10 A ja mittausvälineen erottelutarkkuuden vähintään 1  $\mu\Omega$ . [SFS-EN 61230 2009: 55.]

Uuden välineen resistanssi muodostuu johtimen ja liittimien resistanssista. Johtimen resistanssi voidaan laskea, kun tiedetään johtimen ominaisresistanssi sekä sen tarkka poikkipinta-ala ja pituus. Taulukossa 6 on annettu eri poikkipinta-alaisten kuparijohtimien ominaisresistansseja eri ympäristön lämpötiloissa. [ASTM 2249 2015: 2.]

Taulukko 6. Eri poikkipinta-alan omaavien kuparijohtimien poikkipinta-alat eri lämpötiloissa [ASTM 2249 2015: 2].

Johtimien poikkipinta-alat mm <sup>2</sup>	Resistanssi eri lämpötiloissa m $\Omega$ /m		
	5 °C	20 °C	35 °C
35	0,4826	0,5128	0,5430
50	0,3031	0,3225	0,2707
70	0,2405	0,2556	0,2707
95	0,1512	0,1608	0,1703

Kuten taulukosta 6 huomataan, ympäristön lämpötila ja täten kaapelin lämpötila vaikuttaa ominaisresistanssiin huomattavasti, joten sen vaikutus tulee ottaa huomioon mitaustuloksissa.

Liittimien ja niiden liitosten resistanssina voidaan pitää 0,32 mΩ:a, joka sisältää molempien päiden liittimien resistanssit. Tämä arvo on määritetty analysoimalla mittaustuloksia, joita varten mitattiin useamman työmaadoitusvälineen pelkän johtimen ja kokonaisen välineen resistanssit. [ASTM 2249 2015: 3.]

Hylkäämisrajana koko välineen resistanssin kasvulle voidaan pitää 5 %:a. Tällöin mitattavan työmaadoitusvälineen kokonaisresistanssi  $R_m$  ei saa ylittää arvoa

$$R_m = 1,05 \times rL + 0,32 \text{ m}\Omega,$$

jossa  $r$  on johtimen ominaisresistanssi ja  $L$  johtimen pituus. [ASTM 2249 2015: 3.]

#### 8.4 Kunnossapitotarkastukset eriste- ja työmaadoitussauvoille

Eriste- ja työmaadoitussauvoille suositellaan standardin EN 50508 opastavassa liitteessä I, että sauvojen kunnossapitotarkastuksien väli ei saisi ylittää kuutta vuotta, vaikka sauva olisi vain varastoituna [EN 50508 2009: 38].

Standardi suosittelee sauvoille seuraavia testejä tehtäväksi kunnossapitotarkastuksen yhteydessä:

- visuaalinen ja mittatarkastus
- vuotovirtatesti
- kipinöintikestoisuus sauvoille [EN 50508 2009: 38].

*Visuaalisessa ja mittatarkastuksessa tulisi tarkastaa*

- sauvan eristävän osan, liitosten, pään, rajamerkin, kädensijan ja käsisuojaajan ehjyys
- tartuntaesteen kiinni pysyvyys
- rajamerkin riittävä erottuvuus

Testi katsotaan hyväksytyksi, jos sauva läpäisee kaikki vaatimukset. [EN 50508 2009: 16].

*Vuotovirtatestissä* käytetään samaa testijärjestelyä ja kytkentää kuin jännitteenkoettimille tehtävässä vastaavassa testissä, joka on esitetty kuvassa 8. Testijännitteen suuruus määritellään myös samoin sauvan nimellisjännitteen perusteella. Nauhaelektrodit asetetaan tartuntaesteen yläpuolelle ja rajamerkin alapuolelle. Kun testi tehdään määrääkäsena testinä, on vuotovirran suurin sallittu arvo 200  $\mu$ A. [EN 50508 2009: 14.]

*Kipinöintikestoisuus* testataan samaa testijärjestelyä ja tapaa käyttäen kuin jännitteenkoettimillekin. Tämä testijärjestely on esitetty kuvissa 9 ja 10. Testi tehdään alle 52 kV:n nimellisjännitteisissä laitteistoissa käytettäviksi tarkoitetuille sauvoille. Testi katsotaan hyväksytyksi, jos sauva ei aiheuta kipinöintiä tai valokaarta. [EN 50508 2009: 15.]

## 9 Haastattelututkimus ja sen tulokset

### 9.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisella eli laadullisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jolla pyritään ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään selvittämään ilmiön merkitys tai tarkoitus kokonaisvaltaisesti ja syvällisesti. Yleensä tämä tarkoittaa asiaan perehtymistä henkilöiden mielipiteiden, näkökulmien ja kokemusten kautta. Laadullisen tutkimuksen vastakohtana voidaan pitää määrällistä tutkimusta, jossa ilmiöihin tutustutaan tilastollisin keinoin. [Laadullinen tutkimus – Wikipedia 2017.]

Tässä työssä laadullisen tutkimuksen keinoin pyritään selvittämään työturvallisuusvälineiden kunnossapitotarkastusten toteutus Suomen markkinoilla tällä hetkellä. Tutkimus toteutettiin haastattelemalla eri yrityksissä sähkötyöturvallisuuden ja laitteiden kunnossapidon kanssa toimivia henkilöitä. Näin ollen tutkimuksen tulokset perustuvat haastateltujen kokemuksiin ja näkemyksiin sekä tietenkin eri yritysten toimintatapoihin.

Haastateltaviksi valittiin alan toimijoita kattavasti ja monipuolisesti. Haastatteluun saatiinkin erikokoisia verkkoyhtiöitä ja sähköurakoitsijoita eri puolelta Suomea. Haastattelut ja kysymykset ovat työn lopussa liitteinä puhtaaksi kirjoitettuna.

## 9.2 Haastateltavat tahot

Suomessa sähköverkon omistavat paikalliset ja valtakunnalliset verkkoyhtiöt eli sähköverkon haltijat. Verkonrakennusta ja huoltoa suorittavia yhtiöitä kutsutaan verkostourakoitsijoiksi. Sähköverkon haltijoita Suomessa on noin sata.

## 9.3 Verkkoyhtiöt

Sähköverkko jakaantuu 110–400 kV:n kantaverkkoon, erillisiin 110 kV:n alueverkkoihin, sekä paikallisten sähköyhtiöiden hallitsemiin 0,4–70 kV:n verkkoihin. Näiden verkkojen omistajat, joita kutsutaan verkkoyhtiöksi tai perinteisemmin sähköyhtiöiksi, tarjoavat verkkopalveluita asiakkailleen. [Sähköverkonhaltijat – Energiavirasto 2017.]

Sähköverkkotoiminta on luvanvaraista toimintaa, johon luvan myöntää Energiavirasto. Verkonhaltijoilla on velvollisuus ylläpitää ja kehittää verkkoaan, liittää sähkönkäyttöpaiikat siihen sekä siirtää sähköä. Verkonhaltijat ovat lisäksi vastuussa sähköverkostonsa kunnosta ja siinä siirrettävän sähkön laadusta. Verkkolupaan liittyy maantieteellinen vastuualue, jolla luvanhaltijalla on oikeus rakentaa verkkoa. Suomessa verkkoyhtiötä on kaikkiaan hiukan alle sata. [Sähköverkonhaltijat – Energiavirasto 2017.]

## 9.4 Verkostourakoitsijat

Verkkoyhtiöillä ei enää ole suorittavia työntekijöitä, kuten liitteenä olevista haastatteluisista käy ilmi. He tilaavat verkonrakennus ja kunnossapito- sekä huoltotyöt ulkopuolisilta urakoitsijoilta. Näitä yrityksiä kutsutaan verkostourakoitsijoiksi.

Verkostourakoitsijat ovat sähköurakointia harjoittavia yrityksiä. Sähköurakointi on luvanvaraista toimintaa ja sen keskeisin vaatimus sähköturvallisuuslain mukaan on, että urakoitsijalla on palveluksessaan riittävän pätevyyden omaava sähkötöiden johtaja. Toiminnanharjoittamisesta tehdään ilmoitus Tukesille, joka valvoo sähköurakointitoimintaa Suomessa. [Sähkötyöt- ja urakointi – Tukes 2017.]

## 9.5 Haastattelujen tulkinta ja analyysi

Haastatteluiden perusteella selvitettiin, mitä kunnossapitotarkastuksia ja kuinka usein niitä tehdään jännitteenkoettimille, työmaadoitusvälineille ja eristesauvoille. Analysoinnissa ei pyritty vertaamaan eri yritysten toimintatapoja keskenään, vaan muodostamaan kuva alalla keskimäärin vallitsevista toimintatavoista ja toisaalta selvittämään toimintatapojen ääripäät. Analyysissä käytettiin materiaalina ainoastaan liitteenä olevia haastatteluita. Kunnossapitotestejä tehdään kaikissa tutkimukseen osallistuneissa yrityksissä, mutta niiden laajuus ja taajuus, sekä eri välineille suoritettavat testit vaihtelevat paljon ja jopa saman yrityksen sisällä. Myös testitulosten tulkinnassa ja hylkäämisrajoissa on eroja.

Haastatteluun saatiin edustajat seuraavista yrityksistä: Caruna, Empower PN, Fingrid, Enerke, Helen Sähköverkot, ISS Palvelut, Pohjois-Karjalan Sähkö, Tampereen Sähköverkot, Tampereen Vera ja Turku Energia Sähköverkot.

Haastateltavat henkilöt toimivat yleensä sähkötöiden johtajina tai käytön johtajina. Osa haastateltavista toimi sähköverkkoasiantuntijoina tai kunnossapidon parissa. Sähkötöiden ja käyttöjen johtajat vastaavat sähkötöiden ja sähkölaitteistojen turvallisuudesta ja täten myös työmaadoitusvälineiden kunnosta. Kunnossapidon asiantuntijoilla taas on suora vastuu työn aihealueen välineistä.

## 9.6 Yritysten omistama laitteisto

Sähköverkkoyhtiöillä on omistamallaan sähköasemilla asemakohtaiset oikosulkukestoiset työmaadoitusvälineet, työmaadoitussauvat sekä jännitteenkoettimet. Kantaverkon sähköasemilla on myös käytettävissä työkoneiden työmaadoitusvälineitä, jotka on suunniteltu kestämään maasulkuvirta. Näitä välineitä säilytetään sähköasemilla ja niitä käytetään suhteellisen harvoin, mutta käyttö on kuitenkin vuosittaista. Jakeluverkon muuntamoilla säilytetään harvemmin työmaadoitusvälineitä. Sähköasemilla välineitä säilytetään sisätiloissa, joten säilytysolosuhteet ovat suhteellisen vakaat lämpötilan ja ilmankosteuden osalta.

Jännitteenkoettimia käytetään yleisesti 110 kV:n jännitetasoon asti ja korkeammilla jännitetasoilla käytetään jännitteen kaukototeajia, jotka eivät kuulu työn aihepiiriin.



Urakoitsijayrityksillä on omistuksessaan monenlaisia välineitä riippuen minkälaisissa sähkölaitteistoissa he pääosin työskentelevät. Asiakkaidensa sähköasemilla työskennellessään urakoitsijat käyttävät sähköasemien välineitä. Vikapäivystystä tai huoltotoita tekevien työryhmien välineitä säilytetään pääasiassa autoissa, joissa ne ovat alttiina vaihteleville olosuhteille. Urakoitsijoilla on myös sisätiloissa varastoituna välineitä, jotka ovat tarvittaessa käytettävissä.

## 9.7 Määräaikaiset kunnossapitotarkastukset

Kaikissa haastatelluissa yrityksissä työmaadoitusvälineiden kuntoa seurataan määräaikaisilla tarkastuksilla jollain tasolla. Useat yritykset ovat myös tehneet tutkimuksia kunnossapitotarkastuksista ja omia ohjeistuksiaan tutkimusten perusteella. Monessa yrityksessä eri välineet on yksilöity ja ne ovat kirjattu yritysten huoltojärjestelmiin, mikä mahdollistaa niiden kunnan seuraamisen. Yhdessä yrityksessä oli käytössä vuosittain vaihtuva värikooditarra, jonka perusteella näki, onko välineelle tehty kunnossapitotarkastus vuoden aikana.

Sähköverkkoyhtiöt tekevät silmämääräisiä tarkastuksia sähköasemien kausitarkastusten yhteydessä. Näissä tarkastetaan silmämääräisesti, että jännitteenkoettimet työmaadoitusvälineet ja työmaadoitussauvat ovat käyttökunnossa. Yleensä näissä tarkastuksissa myös testataan jännitteenkoetinten tarkastuslaitteen toiminta tai testataan koettimen toiminta jännitteeseen pisteeseen. Kausitarkastuksia tehdään keskimäärin neljä kertaa vuodessa.

Urakointiyrityksissä, joissa välineet ovat jatkuvassa käytössä ja niitä säilytetään huoltoautoissa, tarkastukset tehdään yleensä samalla, kun tarkastetaan ja huolletaan työntekijöiden henkilökohtaiset turvavälineet ja jännitetyökalut.

Jotkut yritykset ovat teettäneet jännitteenkoetinten, työmaadoitusvälineiden, -sauvojen tarkastuksia ulkoisilla palveluntarjoajilla. Näiden testien tarkasta sisällöstä tai niiden standardien mukaisuudesta ei haastatteluissa saatu selvyttä. Tähän työhön ei myöskään saatu haastatteluun yhtään tällaista palveluntarjoajaa.

Kaikissa yrityksissä korostetaan käyttötestien tärkeyttä työturvallisuusvälineiden kunnonhallinnassa. Tässä käyttötestillä tarkoitetaan käyttäjän tekemää silmämääräistä tarkastusta, joka tehdään välineelle ennen sen käyttöä.

#### Jännitteenkoettimet

Jännitteenkoettimille tehdään varsinaisia kunnossapitotarkastuksia vaihtelevasti. Yleisesti kunnossapitotarkastukseen kuuluu visuaalinen tarkastus ja tarkastuslaitteen toiminnan testaus. Näitä tarkastuksia tehdään kerran vuodessa jatkuvassa käytössä oleville laitteille ja enintään viiden vuoden välein sähköasemilla säilytettäville välineille. Minkään yrityksen tekemiin tarkastuksiin ei kuulu standardin SFS-EN 61243-1 suosittelemia havahtumisjännitteen ja häiriökentän vaikutuksen mittauksia, oikosulkusuojauksen tai kipinöintikestoisuuden testiä, vuotovirta testiä tai ilmaisun havaittavuuden luotettavuuden testiä.

#### Työmaadoitusvälineet

Työmaadoitusvälineille suoritetaan kunnossapitotarkastuksia lähes kaikissa työhön osallistuneissa yrityksissä. Kunnossapitotarkastukseen kuuluu ainakin visuaalinen tarkastus, jossa tarkastetaan välineen johtimen ja sen eristeen sekä liittimien ja liitosten kunto silmämääräisesti. Tämä tarkastus tehdään esimerkiksi urakointiyrityksissä, joissa välineet ovat jatkuvassa käytössä vuosittain, kun sähköasemien välineille tarkastusväli on enimmillään viisi vuotta.

Standardin ASTM 2249 suosittelema ylimenovastuksen mittaus tehdään myös joissain yrityksistä osin muunneltuna hylkäämiskriteerien osalta. Tämä mittaus suoritetaan kolmesta viiteen vuoden väliajoin.

#### Eristesauvat

Työmaadoitus- ja eristesauvojen kunnossapitotarkastus käsittää visuaalisen tarkastuksen kaikissa tutkimuksen yrityksissä. Visuaalinen tarkastus korostaa välineen puhtautta ja sen ehjyyttä sen käyttöturvallisuutta määriteltäessä, joilla onkin suuri vaikutus laitteen käyttöturvallisuuteen.

Muovieriste vanhenee ajan kuluessa erilaisten rasitusten vaikutuksesta, kun eristeen mekaaniset, sähköiset ja kemialliset ominaisuudet heikkenevät. Mekaaniset rasitukset voivat aiheuttaa vikoja ja mikroskooppisia muutoksia eristeen rakenteeseen, joiden jännitelujuus on pienempi kuin muun eristeen. Muovieristeen lyhytkestoinen sähkölujuus on yleensä riittävä ja käytännössä pitkäaikainen sähkölujuus on merkittävämpi. [Aro ym. 1996: 187].

Useilla yrityksillä myös vuotovirtatesti kuuluu kunnossapitotarkastukseen. Vuotovirtaa ei kuitenkaan mitata standardin EN 50508 mukaisesti kahdella nauhaelektrodilta koko eristävän osan mitalta vaan erityisellä mittalaitteella. Tämä mittalaite mittaa vuotovirran lyhemmältä matkalta vakiojännitteellä ja sitä on tarkoitus liu'uttaa pitkin eristävää osaa. Hylkäämisrajana laitteella on yhden haastateltavan mukaan 75  $\mu$ A. Sillä voidaan löytää sauvan eristävästä osasta vioittuneita kohtia, joiden perusteella sauva tulisi hylätä käytöstä. Toisaalta sillä ei saada testattua, kestäkö sauva pitempiaikaista sähkörasitusta, samoin kuin standardin mukaisella testillä.

Standardin suosittelema kipinöintikestoisuustesti alle 52 kV:n käyttöjännitteisille sauvoille ei kuulu minkään yrityksen kunnossapitotarkastuksiin.

Kunnossapitotarkastuksia sähköasemien eristesauvoille tehdään kolmen tai viiden vuoden välein. Urakoitsijoiden jatkuvasti käytössä olevia eristesauvoja testataan kerran vuodessa.

## 10 Yhteenveto

Tässä työssä tutkittiin jännitteenkoetinten, työmaadoitusvälineiden sekä eristesauvojen kunnossapitotarkastusten toteuttamista Suomen markkinoilla. Nykyisiä toimintatapoja verrattiin lakien sekä standardien ohjeistuksiin ja suosituksiin. Haastattelujen perusteella voidaan sanoa, että toimintatapa Suomessa on hyvin vaihteleva verkostoalalla ja voi vaihdella suuresti jopa saman yrityksen sisällä.

Standardien SFS 6002, SFS-EN 61230 ja EN-50508 perusteella huolto-ohjelman laatiminen on työmaadoitusvälineiden ja -sauvojen käyttäjien vastuulla, koska käyttäjällä on paras tieto miten ja millaisissa olosuhteissa välineitä käytetään sekä säilytetään. Eristesauvoille enimmäistarkastusväli on kuitenkin kuusi vuotta.

Standardin SFS-EN 61234-1 mukaan jännitteenkoetinten huolto-ohjelman laatiminen myös käyttäjän vastuulla ottaen kuitenkin huomioon valmistajan ohjeistukset. Jännitteenkoettimille enimmäistarkastusväli on kuusi vuotta.

#### 10.1 Suomen toimintatavan riskit verrattuna standardien suosituksiin

Haastattelujen perusteella missään yrityksessä ei tehdä jännitteenkoettimille havahtumisjännitteen tai häiriökentän vaikutuksen mittauksia. Tämä johtaa siihen, ettei voida varmasti tietää, onko havahtumisjännitteen asettelu muuttunut laitteen ikääntymisen johdosta. Tällöin laite ei välttämättä toimi oikein ja saattaa aiheuttaa vaaratilanteen väärän ilmaisun johdosta. Jos taas koetin antaa häiriökentän vaikutuksesta ilmaisun jännitteetön, kun kohde on käyttöjännitteinen, niin työmaadoitusvälineitä asennettaessa syntyy oikosulku.

Oikosulkusuojausta tai kipinöintikestoisuutta ei myöskään testata kunnossapitotarkastuksissa. Tästä voi aiheutua toimintahäiriöitä tai koettimen hajoaminen ahtaissa kojeistoissa.

Jännitteenkoetinten ilmaisun havaittavuuden luotettavuutta ei myöskään tarkastettu vertailukoettimeen vertaamalla. Tällöin riskinä on, että ilmaisu tulkitaan väärin tai sitä ei havaita.

Muutamissa yrityksissä tehdään työmaadoitusvälineille resistanssimittaus. Hylkäämisrajat kuitenkin vaihtelevat. Jos työmaadoitusvälineelle sallitaan liian suuri ikääntymisestä ja kulumisesta aiheutuva resistanssin kasvu, voi väline kuumeta liikaa mahdollisen oikosulun sattuessa. Pahimmassa tapauksessa kuumeneminen johtaa välineen hajoamiseen oikosulussa, jolloin se ei enää suojaa työntekijöitä sähkön vaaroilta.

Eriste- ja työmaadoitussauvojen suojaava vaikutus perustuu riittävään suojaetäisyyteen jännitteisistä osista sekä sauvan materiaalin eristäviin ominaisuuksiin. Eristäviä ominaisuuksia voidaan testata luotettavasti vuotovirtamittauksilla. Mittaamalla vuotovirta standardin mukaisesti koko eristävän osan matkalta sauvan nimellisjännitteeseen verrannollisella jännitteellä yhden minuutin aikana saadaan varmasti selville onko sauvan eristävyys riittävä. Toisaalta vuotovirran testauslaitteella voidaan löytää eristävästä osasta viallisia kohtia, jotka johtavat virtaa enemmän kuin ympäröivä ehjä eriste. Mo-

lemmat tavat ovat oikein käytettynä luotettavia tapoja määrittää eristesauvan riittävä eristyskyky.

## 10.2 Työn tulosten hyödyntäminen

Työn tuloksia voidaan käyttää verkostoalalla kunnossapitotarkastusten yleisten ohjeiden laatimiseksi. Ohjeissa voitaisiin määritellä suositeltavat tarkastusvälit. Lisäksi voitaisiin tehdä lista eri välineille suositelluista testeistä. Myös hylkäämisrajoista työmaadoitusvälineiden resistanssin kasvulle ja työmaadoitussauvojen vuotovirralle voitaisiin antaa suositus. Näillä toimenpiteillä yhtenäistettäisiin verkostoalan toimintatapoja ja parannettaisiin työturvallisuutta.

Eurolaite voi hyödyntää työn tuloksia palvelutarjontansa kehittämiseen ja lisäämään työntekijöidensä asiantuntemusta sähkötyöturvallisuusvälineiden osalta. Työ antaa paljon arvokasta tietoa kunnossapitotarkastuksista ja vaatimuksista niiden standardin mukaiseen suorittamiseen. Asiakkaille voitaisiin tarjota testauspalveluita, joko laitteiden valmistajien kautta tai tarjoamalla palvelut itse hankkimalla tarvittava testilaitteisto ja rakentamalla testilaboratorio sekä hyväksyttämällä se Eurolaitteen edustamilla valmistajilla.

## Lähteet

Addtech konserni. 2015. Verkkosivu. Eurolaite Oy.  
<<http://www.eurolaite.fi/yritys/addtech-konserni/>>. Luettu 25.3.2017.

Ajankohtaista sähköurakoitsijoille 1/2017. 2017. Verkkodokumentti. Tukes.  
<<http://tukes.mailpv.net/archive/show/1543240>> Luettu 8.1.2017.

Aro Matti, Elovaara Jarno, Karttunen Matti, Nousiainen Kirsi, ja Palva Veikko. 1996.  
Suurjännitetekniikka. Helsinki: Otatieto.

ASTM 2249 - Standard Specification for In-Service Test Methods for Temporary Grounding Jumper Assemblies Used on De-Energized Electric Power Lines and Equipment. 2015. ASTM International, West Conshohocken, United States.

Elovaara, Jarno ja Haarla, Liisa. 2011. Sähköverkot II. Helsinki: Otatieto Oy.

EN 50508:2009: Multi-purpose insulating sticks for electrical operations on high voltage installations. 2009. Brysseli, Belgia: CENELEC.

Eurolaite Oy | Osakeyhtiö | Kauppalehti.fi. 2016. Verkkosivu. Kauppalehti.fi.  
<<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/eurolaite+oy/07347170>>. Luettu 17.11.2016.

IEC 60050 - International Electrotechnical Vocabulary - Details for IEC number 441-18-23. 2017. Verkkosivu. IEC.  
<<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=441-18-23>>. Luettu 27.2.2017.

IEC 60855-1:2016: LIVE WORKING – INSULATING FOAM-FILLED TUBES AND SOLID RODS – Part 1: Tubes and rods of a circular cross-section. 2016. Geneve, Sveitsi: IEC.

Laadullinen tutkimus - Wikipedia. 2017. Verkkosivu. Wikipedia.fi.  
<[https://fi.wikipedia.org/wiki/Laadullinen\\_tutkimus](https://fi.wikipedia.org/wiki/Laadullinen_tutkimus)>. Luettu 18.2.2017.

SFS 6002 Käytännössä. 2016. Espoo: Sähköinfo Oy.

SFS-EN 61230:2009 Jännitetyöt. Siirrettävät työmaadoitusvälineet tai työmaadoitus- ja oikosulkuvälineet. 2009. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 61243-1/A1 LIVE WORKING - VOLTAGE DETECTORS - PART 1: CAPACITIVE TYPE TO BE USED FOR VOLTAGES EXCEEDING 1 KV A.C. 2010. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN 61243-1:2006 JÄNNITETYÖT. JÄNNITTEENKOETTIMET. OSA 1: KAPASITTIIVISET KOETTIMET YLI 1 kV VAIHTOJÄNNITTEELLE. 2006. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Standardi SFS 6002:2015. 2015. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit (S10-2015). 2015. Helsinki: Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.

Sähkötyöt- ja urakointi - Tukes. 2017. Verkkosivu. Tukes.  
<<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkoalan-vastuuhenkilot-ja-urakointi/>>  
Luettu 5.3.2017.

Sähköverkonhaltijat - Energiavirasto. 2017. Verkkosivu. Energiavirasto.  
<<https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>>. Luettu 5.3.2017.

Yritys – Eurolaite Oy. 2015. Verkkosivu. < <http://www.eurolaite.fi/yritys/>>. Luettu 25.3.2017.

**Haastattelu: Tiina Saransaari, Helen Sähköverkot Oy**

Paikka ja aika: Helsinki, 13.12.2016.

Haastattelu nauhoitettiin ja on alla puhtaaksi kirjoitettuna.

Ville Knuutinen: Kuka olet?

Tiina Saransaari: Saransaaren Tiina ja tittelillä siirtoverkkoasiantuntija ja minun vastuualueena on toistaiseksi vielä 110 kV sähköverkon kunnossapito, edunvalvonta. Toki olen ollut myös projekteissa mukana. Olen ollut talossa 5 vuotta ja ensivuoden alusta pitäisi ottaa vastaan työsuojelupäällikön tehtävät tähän rinnalle, siten että osa muista tehtävistä siirtyy muille, eli jaamme vastuualueita uudelleen.

V: Ja ilmeisesti työsuojelupäällikön tehtäviin liittyy vahvasti sähkötyöturvallisuus?

T: Kyllä se siinä tulee mukana. Toki meillä on sähkötöiden johtaja erikseen. Meidän henkilöstöstä varsinaisesti sähkötöitä tekee vain muutama henkilö, jotka tekevät kytkentöjä. Kuitenkin urakoitsijat suorittavat meille melkein kaikki tarvittavat sähkötyöt. Suorittavaa väkeä meillä on vain enää muutamia verkon käytöissä ja päivystystehtävissä.

V: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä tai jännitteenkoettimia, eli onko teillä omia laitteita?

T: Kyllä on. Tuossa aamulla mietin, että 110 kV puolella, mikä on itselleni huomattavasti tutumpi kuin jakeluverkon puoli, meillä on sähköasemilla jokaisella omat laitteet. Lisäksi meillä on kahdelle sähköasemalle sijoitettuna 110 kV:n -verkon työmaadoitusvälineet, jotka on tarkoitettu lähinnä hätätyötä varten. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi onnettomuus tilanteessa yhteistyössä pelastuslaitoksen kanssa. Keskijänniteverkon puolella ei jokaisessa muuntamossa ole omia laitteita, koska muuntamoita on tuhansia. Meidän huoltoautoissa on työmaadoituslaitteet sekä varastossa muutamia varalla. Urakoitsijoilla on omat maadoituslaitteensa kuten myös asiakasmuuntamoissa.

V: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä?



T: Ovat kyllä tarkastusten piirissä. Meidän 110 kV:n onnettomuustilannetyömaadoitusvälineet, joihin sisältyy jännitteenkoettimet, työmaadoitussauvat ja maadoitusköydet. Nämä välineet tarkastetaan niiden sähköasemien, joille ne on sijoitettu, määräaikaistarkastusten yhteydessä.

V: Eli ainakin 110kV työmaadoitusvälineet tarkastetaan sähköasemien määräaikaistarkastusten yhteydessä?

T: Joo, kyllä ne minun mielestä menevät siinä samassa.

V: Entä autoissa olevat työmaadoitusvälineet?

T: Kyllä nekin tarkastetaan säännöllisin väliajoin. Sähköasemien suoja- ja turvallisuusvälineet tarkastetaan kerran kuukaudessa, eli niille tehdään kuukausitarkastus.

V: Mitä tässä kerran kuukaudessa tehtävässä tarkastuksessa tarkastetaan?

T: Että laitteet ovat ehjät ja käyttökelpoiset. Tarkastuksen tekee palveluntuottaja, joka suorittaa sähköasemien huoltoa ja kunnossapitoa. He tekevät kerran kuussa tarkastuksen sähköasemilla ja tarkastavat tässä yhteydessä myös työmaadoituslaitteet. Tarkastukseen kuuluu laitteiden ehjyyden tarkastus ja ettei niissä ole mitään silmin nähtäviä vikoja.

V: Eli tarkastus vastaa käyttöönottotarkastusta?

T: Kyllä.

V: Kuinka usein sähköasemille tehdään määräaikaistarkastus? Onko tämä tarkastusväli 5 vuotta?

T: Joo, minun mielestä se on näin. Kaikille sähkönjakeluverkon rakenteille määräaikaistarkastusten väli on 5 vuotta.

V: Millä perusteella tarkastusvälit on määritelty? Varmaankin tähän kysymykseen tuli jo vastaus aiemmin, eli tarkastusvälit määräytyvät sähköturvallisuus lakien ja asetusten perusteella?

T: Kyllä.

V: Vaaditaanko, että teidän käyttämänne urakoitsijat tarkastavat omat työmaadoitusvälineensä ja jännitteenkoettimet?

T: Palvelusopimuksissa on määritelty, että urakoitsijoiden pitää täyttää vähintään lakien ja standardien mukaiset asetukset. Eli tämä on minivaatimus.

V: Miksi?

T: Koska lainmukaiset asetukset tulee olla täytetty, jotta voi ylipäätään tehdä sähköurakointia. Toki tämän valvonta on ehkä enemmän pistokoeluonteista, jos olemme samassa työkohteessa urakoitsijoiden kanssa. Valvonta ja vaatimukset perustuvat tilaaja-vaastuulakiin.

V: Yleisesti: Millä perusteella testausvälit on määritelty erilaisessa käytössä oleville välineille? Esimerkiksi autossa olevia välineitä käytetään paljon useammin kuin sähköasemalla olevia välineitä.

T: Nämä tarkastukset menevät samassa syklissä. Toki useammin käytössä oleville välineille tulee enemmän ja useammin silmämääräisiä tarkastuksia, koska välineet ovat jatkuvasti käytössä. Toisaalta vähäisessä käytössä olevat laitteet eivät havaittavasti kulu, ainakaan puhuttaessa työmaadoitusköysistä. Toki harvemmin käytettävät välineet tulee tarkastaa käytön jälkeen ennen kuin ne palautetaan, jotta voidaan varmistua, että ne ovat vielä käyttökunnossa seuraavan varsinaiseen tarkastukseen asti. Jos välineisiin on tullut esimerkiksi vanhenemisesta aiheutunutta haurastumista tai suojakuoret ovat halkeilleet, on välineet toki tällöin uusittava.

V: Onko teillä tehty ohjeistuksia teidän omiin tarkastuksiin?

T: Jos välineissä on selkeitä puutteita, vikoja tai ne ovat rikki, niin välineet poistetaan käytöstä ja hankitaan uudet. Lisäksi rikkiäiset välineet merkitään ja poistetaan käytöstä.

## **Haastattelu: Mikael Helenius, ISS Palvelut Oy**

Paikka ja aika: Helsinki, 31.1.2017

Ville Knuutinen: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

Mikael Helenius: Toimin sähkötöiden johtajana.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä, -sauvoja tai jännitteenkoettimia?

MH: Omistamme 10 kV ka 20 kV laitteistoihin tarkoitettuja välineitä. Meillä on useita käytönjohtokohteita, joissa on asiakkaiden omistamat välineet, mutta omistamme myös itse työmaadoitusvälineitä.

VK: Miten omistamanne laitteet ovat varastoitu?

MH: Ne ovat meillä varastossa lämpimässä tilassa, josta ne ovat tarvittaessa käytettävissä.

VK: Ovatko omistamanne laitteet kunnossapitotarkastuksien piirissä?

MH: Kyllä ovat.

VK: Sisältyykö tarkastuksiin sähköisiä koestuksia?

MH: Laitteet menevät koestettavaksi. Uskon, että tarkastuksiin sisältyy sähköisiä koestuksia.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä?

MH: En osaa sanoa miten asia on määritelty standardeissa.

VK: Miten usein eri laitteita tarkastetaan?

MH: Tarkastukset tehdään kaikille välineille viiden vuoden välein.

VK: Millä perusteella tarkastusväli on määritelty?

MH: Välineet kutsutaan automaattisesti tarkastuksiin, sellaisten laitteiden kohdalta, jotka on koestettu aikaisemmin.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

MH: Tarkastukset tehdään ulkopuolisena hankintana.

## Haastattelu: Jukka Leppänen, Pohjois-Karjalan Sähkö Oy

Paikka ja aika: Tampere, 26.1.2017.

Ville Knuutinen: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

Jukka Leppänen: Toimin käyttö- ja rakennuttamispäällikkönä eli vastaan käyttö- ja rakennuttamisyksikön toiminnasta. Ja koska rakennuttaja on urakoinnissa vastuussa työturvallisuudesta, johon myös sähkötyöturvallisuus kuuluu osana tehtävänkuvaan.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä, eristesauvoja ja jännitteenkoettimia?

JL: Meillä on sähköasemilla PKS:n omistuksessa olevia työmaadoitusvälineitä ja jännitteenkoettimia. Muuten laitteet ovat urakoitsijoiden omaisuutta, joita he käyttävät omissa töissään.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä?

JL: Kyllä ovat. Meillä on konsernissa urakointiyhtiö Enerke, jonka kanssa on tehty sopimus ja he tekevät määräaikaistarkastukset määrävälein. Riskikartoituksen perusteella on päädytty tekemään määräaikaistarkastukset viiden vuoden välein sekä työmaadoitusvälineille että jännitteenkoettimille.

VK: Onko tarkastusväli sama kaikille laitteille (työmaadoitusvälineille, jännitteenkoettimille ja eristesauvoille).

JL: Kyllä. Tarkastusväli on saman kaikille laitteille.

VK: Mitä määräaikaistarkastuksissa tarkastetaan?

JL: Tarkastetaan, että työmaadoitusvälineet ja -sauvat ovat määräyksiä vastaavassa kunnossa, että laitteet ovat käyttökunnossa. Niille tehdään silmämääräinen tarkastus, jossa katsotaan, että johtimet ovat kunnossa. Sauvoille tehdään pintavirtamittaus.

VK: Tehdäänkö jännitteenkoettimille mitään sähköisiä tarkastuksia?

JL: Niistä tarkastetaan paristot ja testataan toiminta jännitteeseen pisteeseen.

VK: Vaaditaanko teillä, että käyttämänne urakoitsijat tarkastuttavat käyttämänsä työmaadoituslaitteet, työmaadoitus- ja eristesauvat sekä jännitteenkoettimet?

JL: Suoranaista vaatimusta meillä ei varmaankaan missään ole, mutta urakoitsijoiden on toimittava vaatimusten mukaisesti ja huolehdittava, että laitteet täyttävät standardit ja vastaavat työkohteiden jännitteitä ja oikosulkukestoisuudet ovat riittävät. Tätä kautta he hoitavat itse tarkastusprosessinsa.

VK: Tulevatko nämä vaatimukset tilaajavastuun kautta?

JL: Kyllä.

VK: Voisitko kertoa tarkemmin millä perusteilla tarkastusväli on määritelty? Oletteko seurannut esimerkiksi kuinka nopeasti laitteet ovat kuluneet?

JL: Sähköasemilla olevat laitteet, jotka ovat meidän omistuksessa, niin niiden käyttö on suhteellisen vähäistä. Tämä perusteella olemme määritelleet, että vuosittaiset tarkastukset olisivat liian usein, ja todettiin, että viisi vuotta on sopiva tarkastusväli. Toki ennen jokaista käyttökertaa käyttäjän tulee tehdä silmämääräinen käyttötarkastus.

VK: Tuleeko vielä jotain muuta mieleen?

JL: Urakoitsijoita velvoittavat asiat, niin suoranaisesti meillä ei ole sopimuksissa muuta vaadittu kuin että urakoitsija toimivat sähköturvallisuuslain, -määräysten ja asetusten mukaisesti. Suoranaisesti vaatimuksia työmaadoitusvälineiden tarkastuksista ei sopimuksissa ole.

## **Haastattelu: Risto Laukkanen, Harri Salminen ja Jukka Pentikäinen, Turku Energia Sähköverkot Oy**

Paikka ja aika: Turku, 2.2.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

HS: Turku Energia Sähköverkot Oy on Turku Energian omistama yhtiö, joka on perustettu vuonna 2005 ja sen toiminta alkoi vuonna 2006. Yhtiöllä on noin 45 työntekijää. Tehtävänä on hallita Turun alueen sähköverkkoa 110 – 0,4 kV välillä. Kunnossapitopalvelut hankimme konsernin sisäisäiseltä Urakointipalvelut –yhtiöltä, mutta meillä on myös muita urakoitsijoita palveluntarjoajina etenkin sähköasema- ja voimajohtopuolella.

Jukka Pentikäinen: Sähköasemia omistuksessamme on 17. Tämä on paljon normaaliin nähden, mutta johtuu 10 kV jännitteestä.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

Risto Laukkanen: Toimin sähkötöiden johtajana. Vastaan henkilökunnan riittävästä ammattitaidosta ja että sähkötöissä noudatetaan sääntöjä ja määräyksiä.

Harri Salminen: Toimin verkkoyhtiössä käyttöpäällikkönä eli sähkökäytön johtajana liittyen käyttö- ja kunnossapitotoimintaan. Käytön johtajan vastuulla on käyttötoimintojen sähkötyöturvallisuus.

JP: Tomin sähkömestarina sähköverkkoyhtiössä. Toimin tilaaja-toimittaja –mallissa tilaajan roolissa ja asiantuntija tehtävissä. Tilaan emoyhtiöltä urakointipalveluilta ja kunnossapitoon liittyen erikoispalveluita ulkopuolisilta urakoitsijoilta huolto-ohjelman perusteella. Työturvallisuuteen liittyen toimin työturvallisuuskoordinaattorina urakoitsijoihin päin. Kaikessa kunnossapito- ja huoltotyössä sähköasemilla ja 110 kV voimajohtodoilla oleellinen osa on työturvallisuusvälineet ja ne kuuluvat kaikkien sähköasemien varustukseen.



VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä, eriste sauvoja ja jännitteenkoettimia?

JP: Sähköasemilla on 110 kV ja 20 kV jännitteenkoettimia sekä työmaadoitusvälineet molemmille jännitteille. Keskijännitteelle tarkoitettujen jännitteenkoettimien ovat laaja-alaisia eli toimivat 10 kV-30kV käyttöjännitteille. Näihin liittyy tietysti eristesauvat sekä käytösauvat esim. erottimien manuaaliseen ohjaamiseen.

VK: Näitä mainitsemiasi laitteita säilytetään sähköasemilla?

JP: Kyllä. Asemilla on telineet suurimmalle osalle välineistä. Säilytysolosuhteet sähköasemilla ovat tasaiset lämpötilan ja kosteuden suhteen verrattuna esimerkiksi muuntamoihin.

RL: Koestussauvoja ja työmaadoitusvälineitä on myös päivystysautoissa.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä?

HS: Tällä hetkellä ovat kyllä. Teimme viimekesän (2015) aikana uuden ohjeistuksen, jolla määritellään tarkastusvälit ja vastuuhenkilöt.

JP: Kausitarkastuksia ja ennakkohuoltotöitä tehdään sähköasemilla. Tämä tarkoittaa, että asentajat tekevät perustarkastuksen, jossa esimerkiksi jännitteenkoettimista on 2 vuoden välein vaihdettu paristot. Vuosittain on tehty silmämääräinen tarkastus. Samoin 4 kertaa vuodessa tehdään ns. sähköaseman kausitarkastus, jonka yhteydessä työmaadoitusvälineet tarkastetaan silmämääräisesti ja jännitteenkoettimien itsetarkastuslaitteen toiminta testataan tai koestetaan jännitteeseen pisteeseen.

RL: Meillä on myös ohje, että jännitteenkoettimen koetetaan käyttöjännitteeseen ennakkohuollossa, joka tehdään kerran vuodessa.

JP: Eli edellä mainitut tarkastukset ovat meidän itsetekemiämme. Eli 4 kertaa vuodessa kausitarkastus.

RL: 2011 on myös tehty eristysvastusmittaus eristesauvoille.

HS: Omien selvitystemme perusteella olemme päätyneet, että sähköasemien välineille tarkastusväli on 4 vuotta ja autoissa oleville välineille 2 vuotta. Tarkkailemme tuloksia ja muutamme käytäntöä tarvittaessa laitteiden kunnon ja hylkäämisprosentin perusteella. Ajoneuvoissa olevat jännitteenkoettimet tarkastetaan kerran vuodessa.

RL: Me myös nimesimme kaikki laitteet yksilöllisesti ja kirjasimme ne omaan rekisteriimme.

VK: Mitä sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

HS: Tarkastukset suoritetaan valmistajien ohjeiden mukaisesti. Palveluntarjoajilta vaadimme vuotovirran mittauksen eristesauvoille ja jännitelujuuden sekä ylimenovastusmittaus työmaadoitusvälineille ASTM F2249 mukaan. Lisäksi jännitteenkoettimet pitää testata käyttöjännitteellä. Käytännössä emme voineet pitää näitä sitovana, koska se olisi rajoittanut mahdollisia palvelun tarjoajia. Tässä on selkeästi kehittämisen tarvetta, että mitä sähköisiä testejä välineille tulisi tehdä.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

HS: Määräaikaistarkastukset teetettiin ulkopuolisella ja kausitarkastukset teemme itse.

VK: Vaaditaanko teillä, että käyttämänne urakoitsijat tarkastuttavat käyttämänsä työmaadoituslaitteet, työmaadoitus- ja eristesauvat sekä jännitteenkoettimet?

JP: Meillä on ulkopuolisia urakoitsijoita lähinnä voimajohtojen rakennuksessa ja kunnossapidossa, joilla on omat välineensä. Heille yleisenä vaatimuksena on, että he toimivat Suomessa voimassa olevien lakien, asetusten ja standardien mukaisesti. Urakasopimuksissa näitä ei voi yksityiskohtaisesti olla, mutta kontroleissa tätä voidaan kuitenkin satunnaisesti valvoa.

**Haastattelu: Caruna Oy**

Paikka ja aika: Espoo, 13.2.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Carunan edustaja: Caruna on Suomen suurin sähköverkkoyhtiö, jolla on noin 650 000 asiakasta pääasiassa Etelä-Suomen ja Lounais-Suomen, osin Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan sekä Koillismaan alueilla.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

CE: Toimin Carunan kunnossapitotiimissä, joka on noin 7 hengen vahvuinen. Huolehdimme verkon kunnossapitotoimien käytännön organisoinnista ja suunnittelusta. Toki meillä on yrityksessämme myös strateginen omaisuuden hallinta, joka miettii isompia linjoja ja kehittämistä, mitä kunnossapitoon liittyy.

Kunnossapidossa meillä on työmaadoitusvälineitä, eristesauvoja ja jännitekoettimia, jotka ovat Carunan omistuksessa lähinnä sähköasemilla. Jakeluverkon muuntamoissa ei ole enää omia työmaadoitusvälineitä. Sähköasemia meillä on 185 kappaletta koko verkon laajuudella. Työmaadoitusvälineitä voi olla myös kytkinasemilla.

Tätä omaisuutta pidämme kunnossa meidän kunnossapitotiimin ja urakoitsijoiden kanssa. Käytännön tekeminen on ulkoistettu jo pitkän aikaa sitten sähköverkkoyhtiön ulkopuolelle. Yhteistyökumppaneinamme ovat suuremmat urakoitsijat. Tämän vuoden alusta Empower PN on meillä tämä alueverkon kunnossapitokumppani sekä voimajoh-tojen että sähköasemien osalta. Aikaisemmin meillä on ollut useita yhteistyökumppaneita.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä?

CE: Kyllä ovat. Vuonna 2015 teimme silloisten urakoitsijoidemme kanssa sähköasemilla näitten välineiden inventaariot ja luetteloinnit. Tässä yhteydessä välineet merkittiin ja kukin laite sai yksilöllisen tunnuksen, jossa on sähköaseman tunnus ja itse välineen ja sen tyyppin tunnuksset. Sähköasemalla on myös luettelointi sen kaikista työmaadoitus-

laitteista, jossa on myös laitteiden mittaustuloksia. Mittaustuloksissa on esimerkiksi työmaadoitusköysien vastusmittausten tulokset. Jotka on mitattu 300 A virralla.

Nyt on vielä määrittelemättä, että kuinka usein näitä mittauksia tulisi toistaa, mutta valmistunut arvaus on, että kolmen vuoden välein tullaan mittaukset toistamaan.

VK: Mainitsit näistä työmaadoituslaitteista eli ”köysistä”, niin koskeeko sama myös työmaadoitussauvoja ja jännitteenkoettimia samalla tavalla?

CE: Niille ei tehdä numeerisia mittauksia, mutta niille tehdään silmämääräinen tarkastus. Maadoitusköysille, työmaadoitussauvoille ja jännitteenkoettimille tehdään sähköasematarkastuksien yhteydessä 3 kertaa vuodessa silmämääräinen tarkastus. Tarkastusohjeessa meillä on maininta puhtauden tarkastuksesta, ettei laitteissa ole silmämääräisiä vaurioita. Näin ne ovat useammin silmämääräisten tarkastusten piirissä. Lisäksi testataan jännitteenkoettimien paristot.

VK: Miten usein tarkastuksia tehdään?

CE: Jos puhutaan mittaavasta tarkastuksesta, joka koskee tällä hetkellä vain maadoitusköysiä. Jännitekestoisuuden testejä ei tällä hetkellä työmaadoitussauvoille tai jännitteenkoettimille tehdä.

VK: Millä perusteilla tarkastusväli on määritelty?

CE: Nyt on mittaavat tarkastus tehty vasta yhden kerran kattavasti, joten meidän kunnossapitokäsikirjaan ei ole vielä kirjattu mittauksista mitään, mutta oletan, että tarkastusväli tulee olemaan kolme vuotta. Alalla on amerikkalainen standardi ASTM F2249, jota emme ole mittauksissa orjallisesti noudattaneet, koska olisi aika suuri työ selvittää jokaisen laitteen resistanssi uutena. Olemme ottaneet työmaadoitusvälineiden vastusmittauksen hylkäysrajaksi 5 mΩ. Raja-arvo on pitkällä köydellä (110 kV maadoitukseen) ylittyä jo uudella välineellä, joten hylkäys rajaa täytyy arvioida myös tapauskohtaisesti.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä? Onko silmämääräisissä tarkastuksissa jotain tarkempia hyväksymis/hylkäämiskriteereitä?

CE: Useimmiten viat esiintyvät liittimien lähellä, mistä eriste kuroutuu auki ja paljas kupari tulee esiin. Tämä kohta on myös hyvin altis rikkoontumaan jatkossa. Tämä on yksi kohta joka tarkastetaan silmämääräisessä tarkastuksessa. Lisäksi liittimien eheyteen kiinnitetään huomiota. Eristesauvojen puhtauteen kiinnitetään myös huomiota. Meillä on myös korjausohje, jonka mukaan rikkoontunut eriste voidaan paikallisesti korjata ”vetoketjuketistesukalla”. Tämä korjaus on sallittu vain jos, johtimen säikeet vaurio kohdasta ovat ehjät.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

CE: Tarkastukset teetetään meidän yhteistyökumppanilla meidän ohjeistusten mukaan.

VK: Vaaditaanko teillä, että käyttämänne urakoitsijat tarkastuttavat käyttämänsä työmaadoituslaitteet, työmaadoitus- ja eristesauvat sekä jännitteenkoettimet?

CE: En osaa sanoa onko meillä tällaista vaatimusta sopimuksissa. Meillä on yleensä ottaen vaatimuksena, että urakoitsijat heidän käyttämänsä mittalaitteet ovat kalibroinnin piirissä. (Haastattelun jälkeen varmistettu, että urakoitsijaa vaaditaan varmistamaan työmaadoituslaitteelta vaadittava nimellisvirta.)

VK: Valvotaanko tätä?

CE: Urakoitsijoita valvotaan kyllä projektien yhteydessä, mutta ei erikseen työmaadoitusvälineiden osalta.

**Haastattelu: Juha Jokinen, Tampereen Vera Oy**

Paikka ja aika: Tampere, 15.2.2017

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Juha Jokinen: Tampereen Vera on Tampereen Sähkölaitoksen omistama urakointiyhtiö, joka tekee urakointia Tampereen Sähköverkolle, muille verkkoyhtiöille sekä muuntamotöitä ja kunnossapitotöitä laajemmin. Lisäksi teemme 110 kV kaapeleiden pääte- töitä- ja kaapelointiprojekteja Suomessa. Toinen liiketoiminta yksikkömme on infrapalvelut, joka tekee katuvaloverkon rakentamista, kunnossapitoa ja samoin liikennevaloille sekä tarjoaa energianmittauspalveluita. Meillä on tällä hetkellä 96 henkilöä töissä ja liikevaihto on noin 15 miljoonaa euroa.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

JJ: Toimin sähköverkkopalveluissa rakennuspäällikkönä eli johdan sitä yksikköä ja samalla toimin koko Veran sähkötöiden johtajana. Minulla on myös käytönjohto tehtäviä muissa yrityksissä.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä tai jännitteenkoettimia?

JJ: Jännitteenkoettimia meillä on jokaisen työryhmän käytössä ryhmien autoissa ja lisäksi varastossa säilytyksessä varalle. Työmaadoitusvälineet löytyvät samoin kaikkien työryhmien autoista. Samoin niitä on varastossa säilytyksessä varalle.

VK: Millaisille jännitetasoille teillä on jännitteenkoettimia?

JJ: 24 kV saakka. 110 kV jännitteenkoetinta lainaamme Sähköverkolta tarpeen mukaan.

VK: Ovatko omistamanne laitteet kunnossapitotarkastuksien piirissä?

JJ: Jännitteenkoettimet ovat muutama vuosi sitten testautettu ja huollatettu SLO:n kautta. Muuten olemme menneet käyttötetillä. Tämä tarkoittaa, että aina kun asentajat

ottavat välineen käyttöön, niin he tekevät sille käyttötestin. Testissä tarkastetaan silmä määräisesti, että työmaadoitusväline on ehjä, että sen eristeet ja liitokset ovat kunnossa, ettei ole säikeitä poikki johtimessa. Jännitteen koettimista vaihdetaan patteri ja käyttöttestaus tehdään ennen käyttöä, missä tarkastetaan, että laite on puhdas ja ehjä. Lisäksi jännitteenkoetin testaan jännitteeseen pisteeseen ennen kuin sillä koetetaan jännitteettömyyttä. Jos testeissä huomataan ongelmia, niin välineet palautetaan varastoon ja mahdollisesti poistetaan käytöstä.

VK: Miten usein eri laitteita tarkastetaan?

JJ: Ennen käyttöä tehdään käyttöttesti.

VK: Kuinka usein keskimääri teillä työryhmien käytössä olevia välineitä käytetään? Onko käyttö päivittäistä, muutaman kerran viikossa vai viikoittaista?

JJ: Käyttö on vähintään viikoittaista riippuen, minkä tyylisissä töissä henkilöt ovat. Jos tehdään verkonrakennusprojektiä, niin menee pitkän aikaa, ettei kohdetta tarvitse tehdä jännitteettömäksi. Sitten taas vikapäivystyksessä ilmajohtoilla käyttö tulee enemmän ja samoin keskustan maakaapeliverkossa kojeistojen työmaadoitus on käytössä.

VK: Millä perusteilla olette todenneet, että käyttöttesti on riittävä toimenpide laitteiden kunnossapitämiseksi?

JJ: Se on toimintamalli, mikä on muotoutunut vuosien saatossa. Itse en osaa tarkkaan kommentoida, koska ollut vasta pari vuotta talossa, kuinka syvällisen analyysin kautta tähän on päädytty, Tietysti tämän työn pohjalta voimme myös arvioida onko toimintamalli riittävä vai ei.

VK: Mitä sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

Jännitteenkoettimet testataan jännitteeseen pisteeseen. Jos epäillään, että maadoitusvälineessä on vika, niin mittamalla varmistetaan ja jos säikeitä on poikki, niin laite menee hylkyyn. Jännitetyövälineiden eristesauvoille tehdään johtavuusmittaukset.

VK: Onko teillä eristesauvojen mittauksille joku hylkäysraja millä sauva hylätään?

JJ: Nyt en muista tarkkoja lukuarvoja, mutta noudatamme Headpowerin 20 kV JT-koulutuksen huolto-ohjeita.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

JJ: Muutama vuosisitten teetimme jännitteenkoettimien testauksen SLO:lla. Muuten olemme tehneet tarkastukset itse.



## Haastattelu: Timo Hakkarainen, Tampereen Sähköverkot Oy

Paikka ja aika: Tampere, 15.12.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Timo Hakkarainen: Tampereen Sähköverkot on Tampereen alueella sähkönjakelua hoitava yritys. Jakelualueemme rajat menevät pitkälti Tampereen kaupungin rajojen mukaan. Verkkomme kaapelointiasete on noin 67 %. Omistuksessamme on 13 sähköasemaa ja muutamia kytkemöitä.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

TH: Toimin kunnossapitoinsinöörinä ja käytännössä hoidan 110 kV käyttöä ja kunnossapitoa eli sähköasemia ja siirtoverkkoa.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä tai jännitteenkoettimia ja minkälaisia?

TH: Meillä on 20 kV jännitteelle jännitteenkoettimet ja työmaadoitusvälineet. 110 kV jännitteelle on pää- ja lisätyömaadoitusvälineitä sekä jännitteenkoettimia, joita pääasiassa käytetään ulkokentillä eli ilmaeristeisillä kojeistoilla. GIS-eristetyissä laitteistoissa ei työmaadoituksia ei voi käyttää.

VK: Ovatko teillä sähköasemilla omat välineet?

TH: Sähköasemilla on omat välineet ja lisäksi päivystysautoissa on omat maadoitusvälineet ja jännitteenkoettimet.

VK: Miten usein keskimäärin välineenne ovat käytössä?

TH: Autoissa olevat välineet ovat jonkin verran aktiivisemmassa käytössä, mutta sähköasemilla olevat välineet ovat hyvin vähällä käytöllä. Sähköasemien jännitteenkoettimia ja maadoitusvälineitä käytetään tarpeen mukaan huoltojen ja kunnossapitotöiden

tai mahdollisten vikatapausten yhteydessä. Valtaosin pystytään toimimaan kiinteiden maadoituserottimien avulla, jolloin köysimaadoitusvälineitä ei tarvitse käyttää.

VK: Ovatko omistamanne laitteet kunnossapitotestien piirissä?

TH: Edellisen kerran meidän omistamamme siirrettävät maadoitusvälineet ja jännitteenkoettimet testattiin 2012 syksyllä O. Siltanen Oy:n toimesta. Sähköasemien kuukausikierron yhteydessä jännitteenkoettimet testataan koettimen testauspainikkeesta kahden kuukauden välein, jos laite ei toimi, siihen vaihdetaan paristo tai laite uusitaan. Aina ennen käyttöä jännitteenkoettimelle on tehtävä käyttötesti ja käytettävät maadoitusvälineet on silmämääräisesti tarkistettava.

VK: Tarkoittaako jännitteenkoettimen testaaminen tarkastuslaitteen testaamista?

TH: Kyllä, siinä painetaan testausnappia ja katsotaan, että testi menee läpi valmistajan ohjeiden mukaisesti.

VK: Millä perusteilla tarkastusvälit on määritelty?

TH: Koettimet tarkastetaan kahden kuukauden välein ja aina ennen käyttöä. Lisäksi maadoitusvälineet tarkastetaan silmämääräisesti aina ennen käyttöä. Kattavampaa urakoitsijan tekemää tarkastusväliä ei ole määritelty mutta sen määrittelemineen olisi tarpeen.

VK: Mitä sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

TH: En tiedä onko tästä varsinaista ohjetta, mutta ainakin itse kokeilen jännitteenkoetinta jännitteeseen pisteeseen ja jännitteettömään pisteeseen. Jos näyttää, että väline on epäkunnossa, niin poistamme kyseisen laitteen käytöstä.

VK: Aikaisemmin mainitsit, että 2012 tehtiin koestukset.

TH: Silloin mitattiin eristesauvoista mm. läpilyöntilujuus. Nämä testaukset olivat valmistajien, Pfisterer ja Stålskog, hyväksymiä.

VK: Eli jännitteenkoettimille tehdään käyttötesti ja koetetaan jännitteeseen pisteeseen ja eristesauvoille on tehty vuotvirranmittaus.

TH: Kyllä.

VK: Entä työmaadoitusköysille.

TH: Niille tehtiin silmämääräinen tarkastettu vuoden 2012 koestuksessa.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä?

TH: Jos siinä on selkeästi eriste tai muu vika, niin työmaadoitusköysi hylätään. Taas vastaavasti, jos laite on likainen tai ei toimi, niin se hylätään. Likainen laite puhdistetaan ja tarkastetaan uudestaan.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

TH: Teemme käyttötestit itse, mutta tarkemmat koestukset teetämme. Varmaan nyt tulee taas tehtäväksi. Epäilen, että viisi vuotta voisi olla meille sopiva tarkastusväli sähköasemien laitteille, koska kuukausitarkastuksissa huomaamme patterien loppumisen.

**Haastattelu: Timo Pekonen, Ari Uurainen, Juha Laukkola ja Joni Parkkinen, Empower PN Oy**

Paikka ja aika: puhelinneuvottelu, 7.3.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Timo Pekonen: Empower PN toimii maanlaajuisesti siirto- ja jakeluverkon huollon ja rakentamisen, sähköasemien rakentamisen ja kunnossapidon sekä tuulivoiman rakentamisen ja huoltotöiden parissa.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

Timo Pekonen toimii Empower PN:n sähkötoiden johtajana. Ari Uurainen? Juha Laukkola? Joni Parkkinen?

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä tai jännitteenkoettimia?

Empower PN omistaa laajan valikoiman työmaadoitusvälineitä, jännitteenkoettimia ja työmaadoitussauvoja, jotka ovat tarkoitettu avojohdoille sekä sähköasemille. Kaikkia laitteita käytetään keskimäärin 2-3 kertaa viikossa tai useammin. Jakeluverkkoon tarkoitettuja välineitä säilytetään pääasiassa autoissa ja sähköasemien välineitä sisätiloissa. Sähköasemilla käytetään jännitteenkoettimia 33 kV asti ja siitä ylöspäin käytetään jännitteenkoteajia.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä ja miten usein?

Ari Uurainen, jakeluverkon rakentaminen: Jännitteenkoettimille on tehty viimeinen testaus vuonna 2013. Koettimille tehdään kuitenkin käyttöttesti ennen käyttöä, eli testataan koettimen tarkastuslaitteen toiminta.

Työmaadoitusvälineet ja -sauvat tarkastetaan kerran vuodessa samaan aikaan kuin autoissa olevat asentajien henkilökohtaiset turvavälineet.

Juha Laukkola: Työmaadoitusvälineille ja -sauvoille tehdään kerranvuodessa visuaalinen tarkastus. Tällöin sauvat puhdistetaan, kuivataan ja vahataan sekä niille tehdään vuotovirran mittaus. Jännitteenkoettimista testataan tarkastuslaitteen toiminta.

Joni Parkkinen: Sähköasemat: Jännitteenkoettimille tehdään ennen käyttöä silmämääräinen tarkastus ja tarkastuslaitteen toiminta testataan. Lisäksi toiminta testataan koettamalla jännitteeseen pisteeseen.

Työmaadoitusvälineille tehdään silmämääräinen tarkastus ja mitataan ylimenovastus. Eristesauvoille tehdään silmämääräinen tarkastus. (?)Nämä tehdään kerran vuodessa(?).

VK: Millä perusteilla tarkastusvälit on määritelty?

Kokemusperäisesti.

Mitä sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

JL: Vuotovirtatesti työmaadoitussauvoille tehdään liu'utettavalla mittarilla, jossa on mittarin valmistajan asettama  $75\mu\text{A}$ :n hylkäysraja vuotovirralla.

JP: Ylimenovastus mitataan käytössä olevilta työmaadoitusvälineiltä ja saatua arvoa verrataan valmistajan ilmoittamaan uuden välineen referenssiarvoon. Jos mitattu arvo poikkeaa referenssistä huomattavasti, niin väline poistetaan käytöstä.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä?

Silmämääräisessä tarkastuksessa hylkäämiseen johtaa esimerkiksi selkeät kulumat laitteissa, katkenneet säikeet työmaadoitusvälineen johtimissa ja rikkoontuneet liitokset. Sähköisillä testeillä on omat hylkäysrajansa, jotka käyvät ilmi edellisen kysymyksen vastauksista.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

VK: Vaaditaanko teillä, että käyttämänne urakoitsijat tarkastuttavat käyttämänsä työmaadoituslaitteet, työmaadoitus- ja eristesauvat sekä jännitteenkoettimet?

Aliurakoitsijoilla on samat vaatimukset kuin pääurakoitsijalla.

VK: Valvotaanko tätä?

Valvotaan aliurakoitsijoiden auditoinnin kautta.

## Haastattelu: Enerke Oy

Paikka ja aika: puhelinhaastattelu, 21.2.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Enerken Työntekijä: Enerke on Itä-Suomessa toimiva verkkourakoitsija. Meillä on toimintaa pääasiassa Pohjois-Karjalan alueella, mutta myös jonkin verran Kainuussa ja Savossa. Pääasiakkaamme on Pohjois-Karjalan Sähkönsiirto. Meillä on vähän yli 100 työntekijää.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

ET: Osana työnkuvaani kuuluu sähköasentajien henkilökohtaisten työturvallisuusvälineiden eli pylväsvöiden, -kenkien, nostovälineiden, työmaadoitusvälineiden, -sauvojen ja jännitteenkoetinten vuosittaiset tarkastukset.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä tai jännitteenkoettimia?

ET: Niitä on paljon erilaisia. Työmaadoitussauvamme 25, 36 ja 52 kV jännitearvoltaan. Eri tyyppisiä välineitä on kertynyt vuosien saatossa reilusti, sillä ne kestävät hyvin käyttöä oikein huollettuna. Meillä on myös muita eristesauvoja erilaisiin tarkoituksiin mm. oksasahoja ja välineitä lintupallojen asennukseen. Niitäkin huolletaan samalla tavalla. Työmaadoitusköysiä on myös monenlaisia.

VK: Onko työmaadoitusvälineenne tarkoitettu enemmän ilmajohtoverkkoon?

ET: Kyllä suurimmaksi osaksi välineemme on tarkoitettu ilmajohtoverkkoon. Toki meillä on myös jonkin verran myös puistomuuntamoihin tarkoitettuja välineitä.

VK: Onko puistomuuntamoihin tarkoitettut välineenne autoissa vai säilytetäänkö niitä muuntamoilla?

ET: Näitä välineitä säilytetään molemmissa. Sähköasemilla on omat välineensä, joita säilytetään asemalle ja puistomuuntamoihin tarkoitettut kulkevat autoissa.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaistarkastuksien piirissä?

ET: Kyllä ovat. Meillä on oma tarkastusjärjestelmä, missä työturvallisuusvälineet tarkastetaan kerran vuodessa. Sauvat tarkastetaan kerran vuodessa itse ja jännitteenkoettimille tehdään tarkastuslaitteen testaus ja myös paristonvaihto tehdään tällöin. Tämä tarkastusväli koskee myös työmaadoitusvälineet. Tarkastukset tehdään silloin kun autot tuodaan katsastukseen. Samalla tarkastetaan myös henkilökohtaiset työturvallisuusvälineet eli pylvääseen kiipeämiseen tarkoitetut välineet.

VK: Millä perusteella olette päätynt yhden vuoden tarkastusväliin?

ET: Koska henkilökohtaiset työturvallisuusvälineet tarkastetaan kerran vuodessa, niin sama on luontevaa tehdä myös työmaadoitusvälineille. Välineet ovat myös kohtuullisen vaihtelevissa olosuhteissa käytössä ja autossa säilytyksessä, joten olemme pitäneet tarpeellisena tarkastaa välineet vuoden välein.

Meillä on myös käytössä värikoodijärjestelmä, jossa on viisi väriä ja värit vaihtuvat vuosittain. Tarkastettuun sauvaan liimataan aina kulloisenkin vuoden väritarra.

VK: Mitä sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

Sauvoille tehdään vuotovirtamittaus. Vuotovirtatesterin elektrodiväli on noin 15 cm ja 2 500 V mittausjännite. Testerissä on virtamittari, joka osoittaa vihreällä tai punaisella värillä vuotovirrantason. Jos mitatessa mittari näyttää punaista eli liian suurta vuotovirtaa, niin kuivatamme sauvan tai tutkimme vikaa muuten. Jos sauvaa ei saada kuntoon, niin se poistetaan käytöstä.

Jos sauva läpäisee testin, niin siihen liimataan aiemmin mainittu väritarra. Jokainen sauva on myös merkitty yksilöllisellä koodilla ja ne ovat huoltojärjestelmässä kirjattuna. Huoltojärjestelmässä on myös tieto edellisestä ja seuraavasta tarkastuksesta.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä?



ET: Vuotovirtamittauksessa enimmäisvirta saa olla 75 uA, joka on vuotovirtatesterin asetus. Myös silmämääräisessä tarkastuksessa hyvin kuluneet sauvat hylätään vaikka ne vuotovirtatestin läpäisisivätkin. Halkemat ja suuret kolhut johtavat hylkäämiseen sekä mekaanisten osien hajoaminen. Työmaadoitusvälineen hylkäämiseen johtaa johtimen kuoren rikkoontuminen. Väline voidaan myös korjata. Myös painauma tai muu vaurio johtimessa johtaa hylkäämiseen.

VK: Onko teidän käyttämien työmaadoitusvälineiden johtimien kuoret läpinäkyviä.

ET: Eivät ole. Ne ovat oranssin värisiä melkein kaikki.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella?

ET: Itse.

**Haastattelu: Pasi Lehtonen, Heikki Porkka, Fingrid Oy**

Paikka ja aika: Helsinki, 27.2.2017.

Ville Knuutinen: Kerro lyhyesti yrityksestänne?

Pasi Lehtonen: Fingrid on kantaverkkoyhtiö ja toimii sähkönsiirron alalla Suomessa. Myös merkittävimmät Suomen rajojen ylittävät siirtoyhteydet ovat meidän hallinnassa. Käytämme kantaverkkoa, jota on noin 14600 km 110-500 kV jännitetasoilla. Lisäksi meillä on tasasähköyhteyksiä ulkomaille: Ruotsiin ja Viroon kaksi yhteyttä ja Venäjälle yksi yhteys. Sähköasemia meillä on hieman yli 100. Hoidamme Suomen sähkötasetta, mikä tarkoittaa, että Suomessa kulutus sekä sähköntuotanto ja -tuonti ovat tasapainossa. Käyttö Suomessa on jaettu neljään alueeseen, joilla meidän asiantuntijat toimivat. Tilaamme palvelut, joten kaikki rakentaminen ja kunnossapito ostetaan meidän urakoitsijoilta.

VK: Mikä on työnkuvasi lyhyesti ja miten se liittyy sähköturvallisuuteen?

Heikki Porkka: Tehtävänimikkeeni on käytönasiantuntija, joita meillä on neljällä alueella kaikkiaan yhdeksän. Käytönasiantuntija vastaa alueellaan siirtokeskeytysten aikataulutuksesta ja suunnittelusta. Sovimme tarvisijoiden kanssa siirtokeskeytysten ajankohdat etukäteen huomioiden kantaverkon siirtovarmuus ja että käyttövarmuus pysyy riittävällä tasolla. Siirtokeskeytyksiin liittyy aina kohteen jännitteettömäksi tekeminen sekä pääsääntöisesti maadoittaminen. Pääsääntöisesti käytämme maadoituskytkimiä, mutta joskus ne joudutaan korvaamaan siirrettävillä oikosulkukestoisilla maadoituksilla. Nämä maadoitukset, joita säilytetään sähköasemilla, ovat minun ja kollegoitteni vastuulla, joihin sisältyvät myös työkonemaadoitukset. Vastuu sisältää laitteiden kunnossapidon. Työkone maadoitukset ovat tämän osalta haastavia, koska ne ovat usein käytössä.

PL: Lisätyömaadoitusvälineiden kunnossapitovastuu on meidän urakoitsijoilla.

VK: Omistaako yrityksenne työmaadoitusvälineitä, eristesauvoja ja jännitteenkoettimia?

HP: Jokaisella sähköasemalla on määritelty jännitetasoittain, mikä on kohteen oikosulku- ja maasulkuvirrat. Oikosulkukestoisuuden mukaan määritellään oikosulkukestoiset

siirrettävät maadoitukset ja maasulkuvirran perusteella työkonemaadoitukset. Jokaisella sähköasemalla on sen kaikille jännitetasoille riittävän oikosulkuvirran omaavat siirrettävät maadoitukset. Jännitetasoja on 400, 220 ja 110 kV sekä 20 kv, joka on jännitetaso muuntajan tertiäärissä. Omakäyttökeskuksissa on lisäksi 0,4 kV jännitetaso. Näiden asentamiseen sähköasemilla on riittävästi työmaadoitussauvoja. Työmaadoitussauvat ovat riittävän pitkiä maadoitusten asentamiseksi haluttuun kohteeseen.

VK: Osaatko arvioida kuinka usein välineitä käytetään?

HP: Käyttö on satunnaista. Jokaisella asemalla välineitä käytetään varmasti vuosittain, mutta välineitä on tyypillisesti kaksi tai kolme sarjaa, joille käyttö jakaantuu. Muutamien vuosien välein laajempien töiden yhteydessä välineiden käyttö on usein lähes jatkuvaa muutaman viikon ajan. Työkonemaadoitukset ovat useammin käytössä, koska niitä käyttävät tarvittaessa asemalla työskentelevät urakoitsijat.

Jännitteenkoettimia meillä on käytössä lähinnä 20 kV sisäkytkinlaitoksilla, joten niitä käytämme enää hyvin vähän. Käytämme jännitteen kaukototeajia sähköasemilla, sillä nykyisin jännitteettömyys voidaan todeta SFS 6002 mukaan sähkötöiden johtajan tai sähkölaitteiston käytönjohtajan hyväksymällä välineellä. Kaukototeaja on laite, jolla ei tällä hetkellä ole voimassa olevaa standardia, mutta käytössä olemme havainneet laitteet turvallisiksi, kun niitä käytetään valmistajan ohjeiden mukaan ja niiden käyttäjät ovat koulutettuja niitä käyttämään.

PL: Kirjasimme tämän juuri tällä periaatteella SFS 6002:n, koska kuten Heikki sanoi, niin kaukototeajille ei vielä ole standardia, mutta ne ovat kuitenkin turvallisia välineitä ja toisaalta ei haluttu ottaa kantaa, että niiden käyttö olisi kielletty.

VK: Ovatko omistamanne laitteet määräaikaisten kunnossapitotarkastusten piirissä?

HP: Välineet tarkastetaan vuosittain. Olemme tehneet ohjeistuksen: Siirrettävien maadoitusvälineiden kunnon hallinta, jonka mukaan teemme vuosittaiset tarkastukset. Tähän asiaan herättiin Fingridillä 2012-2013 aikana. Jolloin aloimme selvittää mitkä standardit asiaan liittyvät ja onko niissä ohjeita kunnossapitotarkastuksien suorittamiseen. Viime kädessä kunnossapitotarkastukset on määritelty standardissa SFS-EN 61230, jonka pohjalta teimme ohjeistuksen Fingridin omistamien työmaadoitusvälineiden yllä-

pitoon. Tämä ohjeistus sisältää ohjeet työmaadoitusvälineiden ja -sauvojen tarkastukseen. Tavoitteena on, että välineet ovat Fingridin ohjeistuksen, valmistajien huolto-ohjeiden ja standardin SFS-EN-61230 mukaisessa kunnossa.

Tämän johdosta laitteita on alettu käymään läpi, mutta työ on kesken sähköasemien uudistusten vuoksi, mutta tavoitteena on, että tämän vuoden loppuun mennessä kaikki välineet on yksilöity ja niissä on vuositarkastustarrat ja yksilöidyt välineet ovat vietyä meidän kunnonhallintajärjestelmään.

Yleisperiaatteena meillä on, että tehdään vuosittainen tarkastus, mutta lisäksi aina ennen välineen käyttöä väline tarkastetaan, että väline on kunnossa ja samoin käytön jälkeen.

Vuosittaisen tarkastuksen lisäksi välineiden resistanssi tullaan mittaamaan 5 vuoden välein. Näin laitteen vanhenemista voidaan seurata. Tämä mittaus suoritetaan tasasähkömittauksena ja resistanssissa on huomioitu tietty milliohmilukema lisättyä kyseisen poikkipinnan omaavan maadoitusköyden ominaisresistanssilla, joka on laskettu arvo. Hylkäämisrajana testissä on mitatun resistanssi kasvu 5 % verrattuna laskettuun arvoon, tosin tämä jo tehtyjen mittausten perusteella on liian pieni ja tulemme määrittelemään sopivan raja-arvon yhdessä valmistajien kanssa.

VK: Mitä muita sähköisiä testejä tarkastuksiin sisältyy?

HP: Työmaadoitussauvoille ei tehdä eristystasomittauksia, ne tarkastetaan ja puhdistetaan vuosittain ja tämä on kokemuksemme mukaan riittävää laitteiden käyttöturvallisuuden takaamiseksi. Taustalla on, että käyttämämme eristesauvat ovat tarkoitettu pelkästään työmaadoitusvälineiden paikoilleen asentamiseen. Tällä hetkellä meidän omistamat jännitteenkoettimet ovat juuri uusittu ja niiden 6 vuoden tarkastusväli ei ole vielä tullut täyteen.

PL: Tarkennuksena, että kun työmaadoitusväline kytetään paikoilleen, niin sitä ennen on jo varmistettu kohteen käyttöjännitteettömyys.

VK: Millä perusteilla laite hyväksytään tai hylätään testissä?

HP: Tarkastusohjeidemme mukaan ennen käyttöä tulee varmuuden vuoksi tarkastaa, että työmaadoitusvälineen oikosulkukestoisuus on riittävä kyseiseen työkohteeseen. Oikosulkukestoisuus arvoa verrataan sähköasemalta löytyvään taulukkoon. Tämän vuoksi välineiden merkintöjen tulee olla luettavissa, vaihe- ja maadoitusliittimien kosketuspintojen tulee olla puhtaita, liitosten tulee olla ehjiä sekä johtimen eristeen ja itse johtimen tulee olla ehjiä. Eristeen ollessa rikki, jos voidaan olla varmoja, etteivät johtimen säikeet ole vaurioituneet, voidaan työmaadoitusjohdin korjata väliaikaisesti teipillä ja käyttää sitä kertaluonteisesti tehtävään työhön. Tällainen vikaantunut ja korjattu väline tulee kuitenkin korjata vaihtamalla työmaadoitusjohdin tai poistaa se käytöstä.

Liitokset ovat käytössä kovalla rasituksella ja johdinten kupari saattaa ajan kuluessa kovettua.

Samoja visuaalisia tarkastusohjeita käytämme myös vuosittaisten tarkastusten yhteydessä. Vuositarkastusten yhteydessä välineiden liittimet pudistetaan ja liittimien kierteet voidellaan. Työmaadoitussauvat puhdistetaan ja tarkastetaan kolhujen ja muiden vaurioiden osalta. Kaikkien välineiden merkintöjen pitää olla luettavissa.

VK: Teettekö tarkastukset itse vai jollain ulkopuolisella taholla?

HP: Jokaisella työalueella, joita on yhdeksän, meillä on omat sopimuskumppanit, jotka suorittavat paikalliskäyttöpalveluita ja sähköasemien kunnossapitoa. Tähän liittyen he suorittavat myös maadoitusvälineiden vuosittaiset tarkastukset.

PL: Heidät koulutetaan tekemään tarkastukset tarkastusohjeidemme mukaan.

VK: Vaaditaanko teillä, että käyttämämme urakoitsijat tarkastuttavat käyttämänsä työmaadoituslaitteet, työmaadoitus- ja eristesauvat sekä jännitteenkoettimet?

PL: Meillä ei ole erityisiä vaatimuksia urakoitsijoiden omien työmaadoitusvälineiden tarkastuksiin. Meillä on kyllä ohjeidemme kautta vaatimuksia minkälaisia välineitä he käyttävät, mutta he vastaavat itse laitteidensa kunnosta.

HP: Urakoitsijoittemme maadoitusvälineet ovat lisätyömaadoituksia, joita standardi EN-61230 ei koske. Niille vaatimuksena on ainoastaan riittävä sähköinen johtavuus.

PL: Vaatimuksia ei siis tarkastusten suhteen ole. Jos havaitsemme työmaallamme urakoitsijan käyttävän viallisia välineitä, pyydämme heitä vaihtamaan ne ehjiin tai korjaamaan välineet. Suoritamme näin satunnaista valvontaa näiden välineiden osalta.

Yleinen huomio Fingrid Oyj:n kuvioista

Fingrid Oyj sähkölaitteiston haltijana vastaa kohteen jännitteettömäksi sekä eroon kytkennästä ja tämän jälkeen kohteen maadoittamisesta päätyömaadoituksilla. Päätyömaadoittaminen tehdään pääsääntöisesti maadoituskytkimillä mutta joissakin tapauksissa joudumme käyttämään siirrettäviä päätyömaadoituksia varsinkin sähköasemien pääkiskokeskeytyksissä.

Fingrid Oyj:llä on sähköasemilla siirrettäviä maadoitusvälineitä joita käytetään ns. lisätyömaadoituksen kaltaisesti (mm. muuntajien liityntöjen ja johtolähtöjen maadoittaminen, Cu 35 mm<sup>2</sup>), ko. maadoitus-välineet tarkastetaan myös samojen periaatteiden mukaisesti.

Fingrid Oyj vastaa kytkettävien kohteidensa päätyömaadoittamisesta => urakoitsijoiden työkohteissa käyttämät siirrettävät maadoitusvälineet ovat lisätyömaadoitusvälineitä.