

Teemu Björn

# SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikka


Huhtikuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  	
<b>Tekijä(t)</b> Teemu Björn	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma	
<b>Nimeke</b> Sähköasennusten käyttöönottomittaukset		
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Päättötyön tavoitteena oli käydä läpi 0,4-20kV sähkölaitteistojen käyttöönottomittaukset. Norelco Oy on päättötyön toimeksiantaja.</p> <p>Päättötyön toteuttaminen tapahtui tutustumalla alan kirjallisuuteen sekä SFS-standardeihin. Työhön ei kuulunut käytännön asennuksia eikä mittauksia työmaalla.</p> <p>Päättötyössä saatiin aikaiseksi kuvaukset tarvittavista mittauksista ja yleisohjeet niiden tekemisestä. Luodut dokumentit ovat Norelcon omaan käyttöön.</p>		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Sähkö, käyttöönottotarkastus, käyttöönottomittaukset, 20kV, muuntaja, muuntamo		
<b>Sivumäärä</b> 31+ 4 liitettä	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b> 
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>  Dokumentit on tarkoitettu Norelcon omaan käyttöön, niitä ei julkaista.		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Keijo Kiljala	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Norelco	

## DESCRIPTION

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences		<b>Date of the bachelor's thesis</b>	
<b>Author(s)</b> Teemu Björn		<b>Degree programme and option</b> Electrical engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Verification measurements of electrical installations			
<b>Abstract</b>  The subject of the thesis is to verify measurements of 0,4 -20kV electrical equipment. The thesis was commissioned by Norelco Oy.  Thesis was carried out by studying literature and SFS-standards. Thesis did not include any practical installations nor measurements in the field.  Complete thesis includes descriptions of required measurements and general instructions on how to do them. All created documents are intended to be used by Norelco.			
<b>Subject headings, (keywords)</b> Electricity, verification, verification measurements, 20kV, transformer, transformer substation			
<b>Pages</b> 31+ 4 appendix	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b> Documents are intended to be used only by Norelco, they won't be published.			
<b>Tutor</b> Keijo Kiljala		<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Norelco Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	NORELCO .....	2
3	MÄÄRITELMIÄ JA MÄÄRÄYKSIÄ.....	3
4	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET.....	5
5	ASENNUSLAAJUUDET .....	7
6	JAKOKESKUKSIEN ASENNUSTEN TARKASTUKSET.....	7
7	MITTAUKSET PIEN- JA KESKIJÄNNITTEELLÄ.....	9
8	AISTINVARAISET TARKASTUKSET.....	10
9	SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS .....	10
10	ERISTYSRESISTANSSIN MITTAUS.....	12
11	MAADOITUSJÄRJESTELMIEN MITTAUKSET .....	17
	11.1 Käännepestemenetelmä.....	19
	11.2 Voltti-ampeerimittarimenetelmä.....	21
	11.3 Mittausmenetelmien vertailu ja valinta .....	22
12	SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ .....	23
	12.1 Vikavirtapiirin impedanssin mittaus.....	24
	12.2 Vikavirtasuojan toiminnan testaus.....	27
13	TOIMINTATESTIT.....	27
14	VARMENNUSTARKASTUS.....	27
15	LOPPUTOIMET JA ILMOITUKSET.....	28
16	LOPPUPÄÄTELMÄT .....	29
17	LÄHTEET .....	30

## LIITTEET

1 Suurjännitelaitteiston käyttöönottotarkastuspöytäkirja ST 51.21.07

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee sähköasennusten käyttöönottomittauksia. Tarkastelun kohteena ovat tarvittavat mittaukset ja niiden laajuudet, eli mitä kaikkea tulee mitata ja miten nämä mittaukset tulee suorittaa. Pienjännite ja keskijännite kuuluvat molemmat opinnäytetyön alueeseen.

Nykypäivänä rakennustyömaalla voi työskennellä useita eri urakoitsijoita. Useimmiten näillä urakoitsijoilla on omia aliurakoitsijoita, ja pahimmassa tapauksessa nämä aliurakoitsijat saattavat käyttää muiden ulkopuolisten urakoitsijoiden palveluita. Työmaalla olevat sähköasennukset voivat kaikki valmistua eri aikaan ja osia työkohteesta voidaan ottaa käyttöön, ennen kuin koko rakennuskohde on valmis, joten tästä syystä jokaisen urakoitsijan tulisi olla hyvin perillä omista vastuistaan ja tehtävistä käyttöönottotarkastusten laajuuksista. Sopimuksia tehdessä olisi hyvä tehdä kirjalliset sopimukset kunkin urakoitsijan vastuista ja asennuslaajuuksista. Huolehtiiko jokainen urakoitsija oman työnsä tarkastuksista vai tekeekö pääurakoitsija taikka asiakas käyttöönottotarkastukset itse, puhumattakaan mahdollisesti tehtävästä varmennustarkastuksesta?

Luodut dokumentit on tarkoitettu ainoastaan Norelcon omaan käyttöön, joten niitä ei julkaista.

## 2 NORELCO

Norelco on vuonna 1962 perustettu suomalainen yritys, jonka toiminta perustuu sähkönjakelujärjestelmien valmistamiseen. Norelco valmistaa tuotteita teollisuuden, energiasektorin, liike- ja toimitilojen sekä asumisen tarpeisiin. Tuotevalikoimiin kuuluu mm. pienjännitekojeistot, kompensointijärjestelmät, kiskosillat, energiansäästöjärjestelmät, keskijännitekojeistot ja sähköasemat.

Norelcon pääkonttori sijaitsee Savonlinnassa. Savonlinnan toimipisteessä sijaitsee pienjännitekojeistotehdas, keskijännitekojeistotehdas, metallituotetehdas ja tuotekehityksikkö. Norellolla on myös toimipisteet Kuopiossa ja Vantaalla. Alla olevassa kuvassa on talvella otettu kuva Norelcon Savonlinnan pääkonttorista.



**KUVA 1. Norelcon Savonlinnan pääkonttori**

Norelco on yksi suurimmista kotimaisista sähkönjakelujärjestelmien valmistajista ja työllistää noin 160 henkilöä. Viennin osuus yrityksen toiminnasta on 25 %. Esimerkkinä Norelcon tuotteista: kaksi erilaista keskusta ja yksi puistomuuntamo.



**KUVA 2. Norelcon valmistamat puistomuuntamo ja huoneistokeskukset[11].**

### 3 MÄÄRITELMIÄ JA MÄÄRÄYKSIÄ

Seuraavat määritelmät ja määräykset ovat suoria lainauksia SFS-käsikirja 600:sta.

#### **Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517**

##### **1 Luku, 2 pykälä**

luokan 1 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;
- b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimiva ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;
- d) sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta.

Luokan 2 sähkölaitteisto:

- b) lääkintätilojen sähkölaitteisto sellaisessa sairaalassa, terveyskeskuksessa, tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestasiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;
- c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;
- d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kilovoltiampeeria.

Luokan 3 sähkölaitteisto:

- a) sähkölaitteisto räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa;

- b) lääkintätilojen sähkölaitteisto sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestasiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä;
- c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa.

## **2 Luku, 4 pykälä:**

Käyttöönottotarkastus:

Käyttöönottotarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee käydä ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja.

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjaa ei edellytetä:

- 1) sellaisista sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä,
- 2) nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisten tai 120 voltin tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista,
- 3) yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä taikka näihin verrattavista toimenpiteistä,
- 4) yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvistä muutostöistä enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä,
- 5) nimellisjännitteeltään enintään 1000 voltin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta, eikä
- 6) sellaisen tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista.

Edellä 2 momentissa mainituista mainituista tapauksista on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle.



## **2 Luku, 5 pykälä:**

Varmennustarkastus:

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi sähkölaitteistolle on käyttöönottotarkastuksen lisäksi tehtävä varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1-3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös tällaisten laitteistojen muutostöille, jollei ole kysy 4 pykälän 2 momentissa tarkoitetuista sähköalan töistä.

Edellä 1 momentista poiketen luokissa 1 ja 2 sekä luokaan 3 alakohdissa b ja c tarkoitetuille sähkölaitteiston muutostöille, lukuun ottamatta leikkaussaleissa olevia sähkölaitteistoja, ei edellytetä varmennustarkastusta, kun:

- 1) muutostön kohteena olevan sähkölaitteiston nimellisjännite on enintään 1000 voltia sekä työalueen ylivirtasuojan nimellis- ja asetteluvirta on enintään 35 ampeeria, jos käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria tai
- 2) muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta.

## **4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET**

Käyttöönottotarkastus tehdään aina, ennen kuin uusi sähkölaitteisto voidaan ottaa käyttöön. Tarkastus joudutaan tekemään myös, jos vanhaa sähkölaitteiston asennusta muutetaan huomattavasti taikka siihen lisätään uusia sähkölaitteistoja. Käyttöönottotarkastuksella varmistetaan, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain 5§ vaatimukset. Vastuu käyttöönottotarkastuksen suorittamisesta kuuluu urakoitsijalle. Urakoitsijan tulee myös huolehtia mahdollisesta varmennustarkastuksesta sekä ilmoituksen tekemisestä sähköturvallisuusviranomaisille tai jakeluverkonhaltijalle. Jos urakoitsija laiminlyö nämä velvollisuudet, taikka on syystä tai toisesta estynyt tekemään tarkastukset ja ilmoitukset, vastuu lankeaa laitteiston haltijalle. Varmennustarkastuksesta on tehtävä ilmoitus tarkastuksen tehneen valtuutetun henkilön tai valtuutetunlaitoksen vastuulla. Jos edellä mainittu laiminlyö velvollisuutensa, vastuu lankeaa jälleen kerran laitteiston haltijalle.[1.]

Käyttöönottotarkastuksia käsitellään mm. seuraavissa julkaisuissa:

- 1) SFS600 Pienjänniteasennukset
- 2) SFS6001 Suurjänniteasennukset
- 3) Sähköturvallisuuslaki
- 4) Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös 517/1996
- 5) Verkostosuositus TA1:97, Verkonhaltijan toimesta suoritettavat tarkastukset
- 6) Verkostosuositus TA2:96, Johdon ja johtoalueen tarkastus
- 7) Verkostosuositus TA3:98, Muuntamon/kytkemön tarkastus

Norelco toimii aina aliurakoitsijana, joten edellä mainitut tarkastukset ja ilmoitukset ovat täysin sovittavissa pääurakoitsijan/asiakkaan kanssa. Sopimuksesta riippuen Norelco voi pelkästään toimittaa tuotteen asiakkaalle tai tehdä asennukset sekä tarvittavat mittaukset kohteessa.

Urakoitsijan tulee ottaa huomioon myös mahdolliset asennukset erikoistiloihin. Erikoistiloissa tehdään standardien mukainen käyttöönottotarkastuksen lisäksi tilakohtaiset erikoismittaukset. Tällaisia tiloja ovat lääkintä- ja räjähdysvaaralliset tilat.

Käyttöönottotarkastuksen tekijä tulee olla riittävän ammattitaitoinen tehtäviinsä. Hänen tulee olla sähköalan ammattilainen, joka osaa tarvittavassa laajuudessa työtä koskevat määräykset ja ohjeet. Ideaalitulanteessa tarkastava henkilö tai henkilöt nimetään ennen työn aloittamista. Näin varmistetaan, että aistinvarainen tarkastus toteutuu alusta alkaen.

Käyttöönottotarkastus voidaan karkeasti jakaa kolmeen vaiheeseen. Aistin varaiset tarkastukset, erilaiset mittaukset ja toimintatestit. Aistinvaraiset tarkastukset kohdistuvat pääasiassa merkintöihin, dokumentaatioihin ja asennusten silmämääräisiin tarkasteluun. Etenkin mahdollisten kuljetuksen ja asennuksen aikana tapahtuneiden vaurioiden havaitsemiseen. Mittauksilla varmistetaan mm. suojajohtimien jatkuvuus, eristysresistanssi ja mahdollisesti maadoitusresistanssi. Mittaus- ja tarkastuslaitteiden tulee täyttää standardi EN 61557:n vaatimukset. Eri standardin täyttäviä mittaus- ja tarkastuslaitteita voidaan käyttää, mutta niiden turvallisuustaso ja ominaisuudet eivät saa

olla huonompia.[2.]Toimintatesteillä varmistetaan erilaisten kytkin-, käyttö- ja lukituslaitteiden oikeanlainen asennus.

## **5 ASENNUSLAAJUDET**

Laajin asennuslaajuus, jonka Norelco tekee kiinteistöissä, on seuraavanlainen: Keski-jännite SF6-kojeiston ja muuntajan paikoilleen asennus. Nousukaapelin kytkentä SF6-kojeistoon. SF6-kojeiston ja muuntajan välinen kaapelointi. Tämän jälkeen asennetaan pienjännitepuolen pääkeskus paikoilleen. Muuntajan ja pääkeskuksen välinen kiskosilta kytketään paikoilleen. Asennukseen ei kuulu pääkeskuksesta lähtivien kaapelointien kytkentä.

Yleisin asennuslaajuus kiinteistössä on kiskosillan ja pienjännitekeskuksen paikoilleen asentaminen. Tällöinkään ei kytketä keskukselta lähteviä kaapelointeja.

Puistomuuntamoiden asennuslaajuus on kattavimmillaan seuraavanlainen. Muuntamokoppi paikoilleen ja muuntajan asentaminen sen sisään. Suurjännitekaapeleiden, sekä pienjännitekiskojen tai kaapelien kytkentä muuntajaan. Lähteviä kaapeleita Norelco ei kytke, ja toisinaan syöttökaapeleita ei kytketä. Suppeimmillaan asennuslaajuus on pelkän muuntamokopin asennus.

## **6 JAKOKESKUKSIEN ASENNUSTEN TARKASTUKSET**

Keskusvalmistaja eli tässä tapauksessa Norelco suorittaa kaikille valmiille keskuksille kappalekoestukset, ennen kuin ne lähetetään tehtaalta asiakkaille. Kappalekoestuksen tarkoituksena on varmistaa, ettei keskuksiin jää materiaali-, valmistus- taikka asennusvirheitä. Koestuksen testeihin kuuluu mm. johdotuksen ja toiminnan tarkastus, eristetesti, kosketussuojausten ja suojajohtimien sähköisen johtavuuden testaus sekä eristysresistanssin määrittäminen. Testaukset toteutetaan niin, että keskusta käytetään itsenäisenä laitteena ilman, että siihen on liitetty ulkoisia virtapiirejä. Kuitenkin tästä voidaan poiketa, jos asiakkaan kanssa on muusta sovittu. Koestuspöytäkirjojen tulee olla muiden keskuksen asiapapereiden joukossa.

Valmistajan tekemä kappalekoestus ei vapauta urakoitsijaa velvollisuudesta tarkastaa keskusta sen asentamisen ja muiden kytkentöjen jälkeen. Urakoitsija tekee vaadittavat tarkastukset omille asennuksilleen ja samalla tekee silmämääräiset tarkastukset, että aikaisempi kappalekoestus pätee edelleen esim. ettei kuljetuksen aikana ole syntynyt vaurioita.

Seuraavat asiat tarkastetaan tehtaan kappalekoestuksen aikana:

- keskuksen arvokilpi, sen sijoitus, kiinnitys ja sovitut merkinnät
- keskuksen mekaaninen kunto
- keskuksen asennusohjeiden, kokoonpanopiirustusten ja muiden keskusta asennettaessa tarvittavien piirustusten mukana olo
- Norelcon tarkastuspöytäkirjojen ja mittauspöytäkirjojen mukana olo
- keskusta seuraavien tarvikkeiden kuten esim. kiinnitystarpeiden, kolmioavainten jne. mukana olo
- keskuksen tippumissuojaukset
- tulevien ja lähtevien johtojen liitäntämahdollisuudet
- keskuksen pintakäsittely, värit ja rajaukset
- keskuksen kilvet ja merkinnät
- nollan ja suojamaadoituksen erittäymispisteet
- päämaadoituksen G-merkintä kannessa
- Pe-kiskon mitoitus N-kiskoon nähden, jos käytössä PEN-johtoja
- keskuksen suojamaadoituksen mitoitus ja kansimerkintä
- kosketussuojauksen toteutuminen kannet avattuna
- johtimien poikkipinta-alojen mitoitus
- nolla- ja suojajohtimien jatkuvuus
- vaihejärjestyksen jatkuvuus
- mahdollisten mittausvirtamuuntajien muuntosuhde ja kytkennät
- sulakkaideiden pohjakoskettimien, nimellisvirran ja laukaisukäyrien tarkastus
- johdonsuojakatkaisijoiden laukaisukäyrien ja nimellisvirtojen tarkastus
- vikavirtasuojien tarkastus
- muiden suojalaitteiden laukaisualueiden, asetusarvojen ja mekaanisen toiminnan tarkastus
- jännitekestoisuustesti

- oikosulkukestoisuuden määrittäminen
- eristysvastusmittaus.

## 7 MITTAUKSET PIEN- JA KESKIJÄNNITTEELLÄ

Seuraavat testit tulee tehdä pienjännitteellä, jotta kohde voidaan todeta vaatimusten mukaiseksi:

- a) Suojajohtimien jatkuvuus
- b) Sähköasennuksen eristysresistanssi
- c) SELV- ja PELV- piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus
- d) Lattia- ja seinäpintojen resistanssi
- e) Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta
- f) Lisäsuojaus
- g) Napaisuustesti
- h) Kiertosuunnan mittaus
- i) Toiminta- ja käyttötestit[2].

Keskijännitteellä tehtävät mittaukset:

- a) Eristysresistanssi
- b) PEN – johtimen jatkuvuus
- c) Vaihe- ja pääjännitteet
- d) Oikosulkuvirta/impedanssi
- e) Laajanmaadoitus verkon jatkuvuus
- f) Vikavirtasuojien toiminta muuntamalla
- g) Jännitetesti kaapeleille[15].

Osa tehtävistä mittauksista/tarkastuksista ovat täysin samoja jännitteestä riippumatta. Osa tarkastuksista on tehty jo tehtaalla Norelcon toimesta, kuten esim. jännitetesti kaapeleille. Myös napaisuustestit ja kiertosuunnan mittaukset on suoritettu keskusten kytkennöillä, ja riippuen kunkin kohteen sopimuksesta, osaa mittauksista ei tehdä Norelcon toimesta asennuskohteessa.

## 8 AISTINVARAISET TARKASTUKSET

Aistinvaraiset tarkastukset rajoittuvat Norelcon kohdalla heidän itse tekemiin asennuksiin niissä tapauksissa, jolloin sopimukseen kuuluu tuotteen asennus kohteeseen. Norelcon vastuulla ei ole muiden aliurakoitsijoiden tekemät asennukset.

Aistinvaraisiin tarkastuksiin kuuluu seuraavien asioiden tarkistaminen:

- laitteiden eheyden ja kunnon tarkastus
- merkintöjen olemassaolo ja oikeaoppisuus
- kaapelointien ja kiskosiltojen oikea mitoitus
- mekaanisten asennusten tarkistaminen
- mekaaniset toiminta- ja käyttötestit.

## 9 SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS

Suojajohtimiin kuuluvat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, PEN-johtimet ja potentiaalitasausjohtimet. Mittauksen tarkoituksena on varmistaa vikasuojauksen jatkuvuus koko asennuksen matkalla. Testaus toteutetaan jännitteettömänä. Itse testaus toteutuu mittaamalla jännitteelle alttiin osan( pistorasian suojakoskettimen, kiinteästi asennetun sähkölaitteen johtavien osien tai potentiaalintasaukseen liitetyn osan) sekä näitä lähinnä olevan pääpotentiaalintasaukseen liitetyn pisteen välinen suojajohtimen resistanssi. Tärkeintä on, että kaikki suojajohdinyhteydet mitataan ja että mittaukset tehdään laitekohtaisesti.

Jatkuvuusmittauksien takia suojajohtimia ei yleensä tarvitse irroittaa kytkennästä. Kuitenkin TN-S- järjestelmän nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhdistys tulee irroittaa jatkuvuusmittauksien ajaksi. Näin varmistutaan siitä, että nolla- ja suojamaadoitusjohtimien vaihtumista ei ole päässyt tapahtumaan.

Jatkuvuusmittauksissa mitataan yleisimmin kuparijohtimia, jonka seurauksena saadut resistanssiarvot ovat pieniä. Mittaustulokset vaihtelevat välillä 0 - 2 ohmia riippuen johtimien poikkipinta-alasta ja kaapelin pituudesta. Ainostaan todella pitkällä johdin-

pituuksilla mittaustulos ylittää 2 ohmin lukeman. Koska mitattavat resistanssit ovat hyvin pieniä, mittauksissa tulisi käyttää mittalaitetta, jossa on ”low-ohm” -alue. Eli mittalaite antaa tarkkoja arvoja esim. 0 - 10ohmin resistanssin alueella. Alla olevassa taulukossa 1. on taulukko kupari- ja alumiinijohtimien resistanssi arvoille (taulukko 1).

Ennen mittauksien aloittamista tulee ottaa huomioon itse mittalaitteen johtimien resistanssi. Joissakin mittareissa on ominaisuutena mittajohtimien resistanssien kompensointi. Ensimmäinen mittaus tulee tehdä kytkemällä mittapääät yhteen. Näin varmistetaan siitä, että kompensointi toimii. Jos mittalaitteessa ei ole kyseistä toimintoa, tulee saatu mittajohtimien resistanssiarvo vähentää varsinaisista mittatuloksista. Jos mitausten aikana käytetään erilaisia mittapäitä, tulee myös niiden kompensointi taikka resistanssi muistaa ottaa huomioon. Itse testaus aloitetaan laitteiston pääpotentiaalitauskiskostosta ja edetään säteittäin keskuskohtaisiin testauksiin. Mittausten aikana tulee erityisesti kiinnittää huomiota kunnollisiin liitoksiin, koska pienikin ylimenovasutus vaikuttaa saatuihin tuloksiin huomattavasti. Tulokset on luontevinta kirjata erilliseen taulukkoon, joka toimitetaan liitteenä tarkastuspöytäkirjan mukana. Taulukosta ilmenee mittauspiste ja saatu resistanssiarvo. Itse käyttöönottopöytäkirjaan voidaan kirjata pelkkä epäedullisin saatu arvo mittauksista.

**TAULUKKO 1. Kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja[3].**

johtimien-poikki-pinta-ala mm <sup>2</sup>	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohden Ω	Resistanssi 100m kohden Ω	Resistanssi metriä kohden Ω	Resistanssi 100m kohden Ω
1,5	0,0115	1,15	-	-
2,5	0,0069	0,69	-	-
4	0,0043	0,43	-	-
6	0,0029	0,29	-	-
10	0,0017	0,17	-	-
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	-	-

25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	-	-
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	-	-
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	-		0,0003	0,03
120	-		0,00024	0,024
150	-		0,00019	0,019
185	-		0,00015	0,015

## 10 ERISTYSRESISTANSSIN MITTAUS

Eristysresistanssin mittaamisella varmistetaan, että sähköasennuksen jännitteiset osat ovat riittävän eristettyjä maasta. Toisin sanoen mittaus suoritetaan kaikkien jännitteisten johtimien ja maan välillä. TN-S- järjestelmässä nolla-johdin lasketaan jännitteiseksi. TN-C- järjestelmässä PEN-johdin lasketaan osaksi maata. Nolla- ja PE-johtimien yhdistys tulee irroittaa. Mittaus suoritetaan jännitteettömänä ennen laitteiston käyttöönottoa.

Asennuksen eristysresistanssimittaukset tehdään yleensä mittaamalla erikseen tietyt kokonaisuudet, esimerkiksi keskuskohtaisesti. Jotta laitteiston tai sen osan mittaus olisi todenmukainen, on alueen mekaanisten kytkimien (esim. pääkytkimet ja johdon-suojakatkaisijat) oltava päällä-asennossa sekä ryhmäjohtojen sulakkaiden paikoillaan. Jos virtapiiri tai virtapiirin osa on varustettu kontaktorilla tai vastaavalla laitteella, joka erottaa sen muusta mittauspiiristä, tulee sen jälkeinen virtapiiri mitata erikseen.

Pienissä sähköasennuksissa riittää yleensä yksi eristysresistanssimittaus koko asennukselle. Jos mitattu arvo täyttää vaaditun arvon, ei mittauksia tarvitse tehdä pienempinä kokonaisuuksina. Jollei mitattu arvo täytä vaatimuksia, jaetaan virtapiirit pienempiin ryhmiin, jotka mitataan erikseen. Mittaukset voidaan tarvittaessa tehdä jokaiselle keskukselta lähtevälle johdolle erikseen, jos mittaustulos ei täytä vaadittua arvoa.



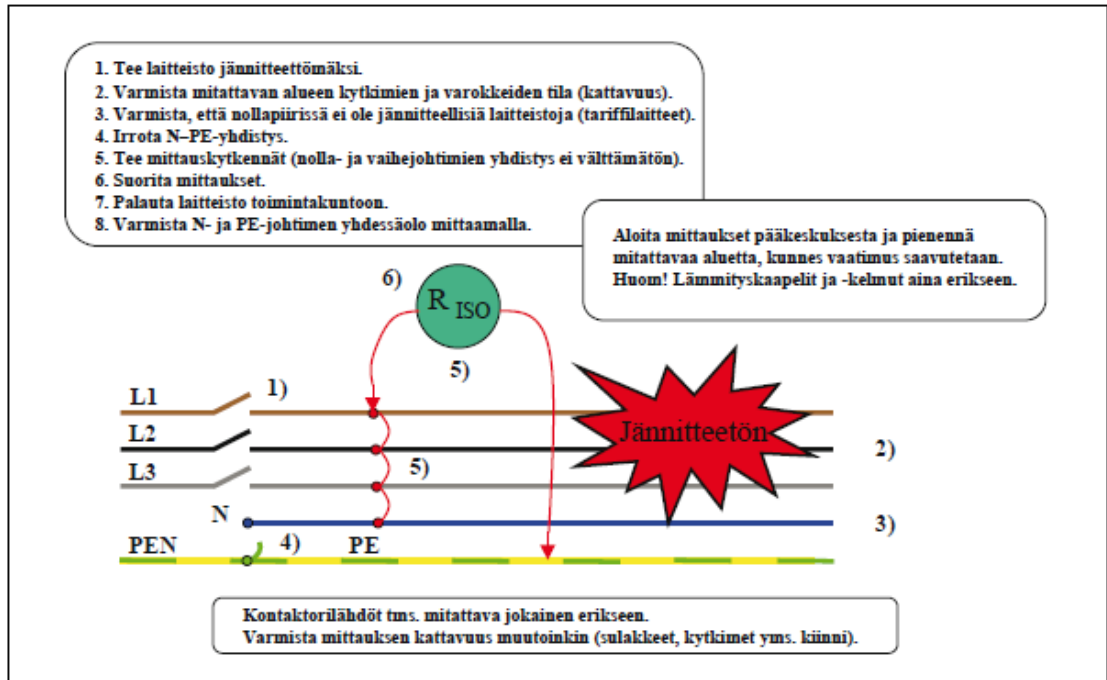
pienemmissäkään kokonaisuuksissa. Jos mittaustulos ei täytä vaadittuja arvoja, tulee tämän syy selvittää ja vika korjata. Korjauksen jälkeen tulee mittaukset suorittaa uudelleen.

Kun jännitteisten osien jännite on 1kV tai enemmän, tulee eristysresistanssimittaukset suorittaa siten, että kaikki jännitteiset kaapelit ja/tai kiskosillat testataan toisiaan vasten sekä suojamaata vasten. Eli L1-L2, L1-L3, L1-N, L1-PE(N), L2-L3, L2-N, L2-PE(N), L3-N, L3-PE(N). Pienjännite liittymän nousukaapelin eristysresistanssi voidaan myös mitata samalla lailla. Näin varmistutaan, ettei kaapeliin ole syntynyt vaurioita eristeisiin.

Mitattavat piirit voivat sisältää elektronisia laitteita, ylijännitesuojia, termostaatteja, yms. jotka voivat vaikuttaa mittauksiin tai voivat rikkoutua mittausten aikana. Tällaiset laitteet tulee erottaa piiristä ennen mittausten aloittamista. Jos edellä mainittujen laitteiden erotusta ei voida kohtuudella toteuttaa, voidaan mittausjännite alentaa 250 VDC. Tällöin kuitenkin eristysresistanssin tulee olla yli 1 M $\Omega$ , ja mittausjännitteen muutos tulee merkitä pöytäkirjaan. Myös mahdollisen sähköenergian mittauksen ja tariffiohjauksenlaitteiden nolla-johdin aiheuttaa toimenpiteitä. Nolla-johdin tulee irroittaa syötön PEN- johtimesta.

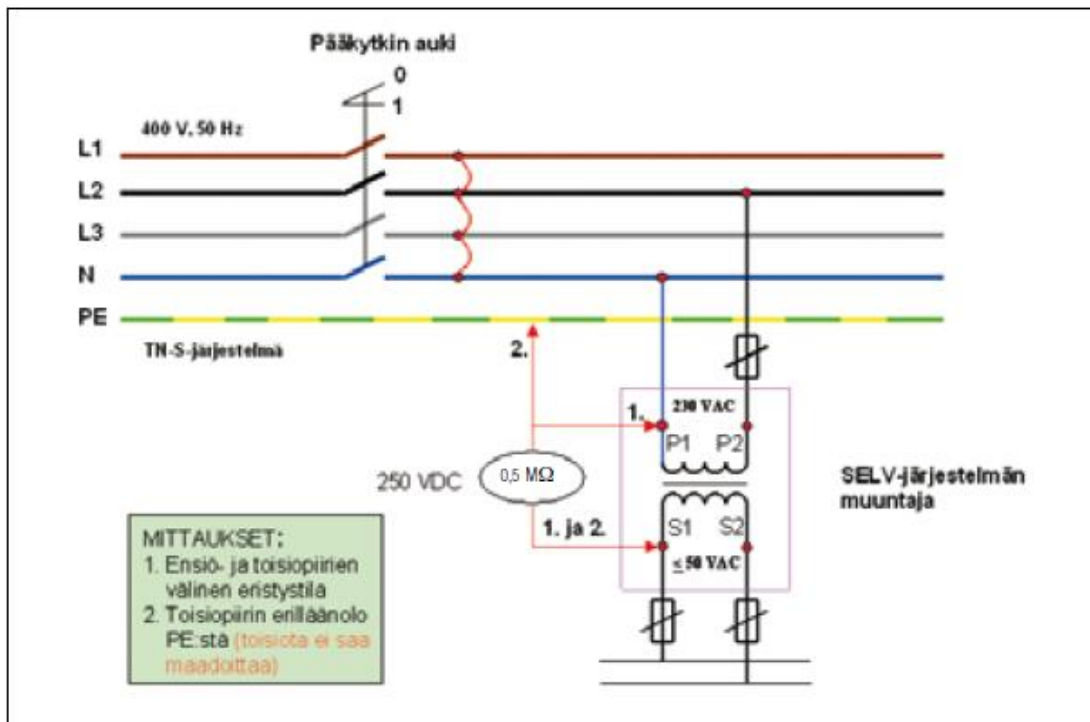
## TAULUKKO 2. Koejännite sekä vaaditut eristysresistanssi arvot [4].

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite(tasajännite) V	Eristysresistanssi M $\Omega$
SELV ja PELV	250	$\geq 0,5$
Enintään 500V	500	$\geq 1,0$
Yli 500V	1000	$\geq 1,0$



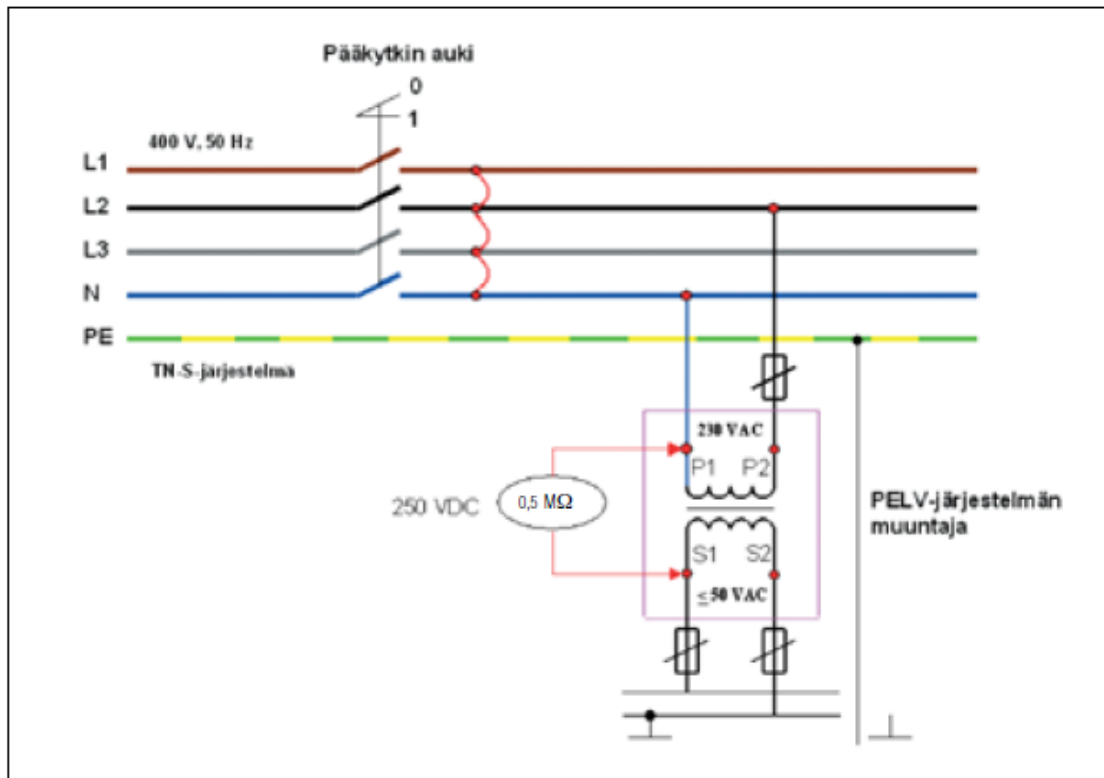
KUVA 4. Asennuksen eristysresistanssin mittaus [5].

Kohteen sisältäessä SELV- piirin tulee käyttöönottomittauksissa varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään pysyminen sekä toisiopuolen erilläänolo suojamaadoituksesta. Mittausjännitteenä käytetään 250 VDC, ja pienin sallittu mittausarvo on 0,5 M $\Omega$ .



KUVA 5. SELV-piirin eristysresistanssin mittaus [6].

Kohteen sisältäessä PELV-piiriin tulee käyttöönottomittauksissa varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään pysyminen. Mittausjännite ja pienin sallittu mittaussarvo on sama kuin SELV- piireillä.

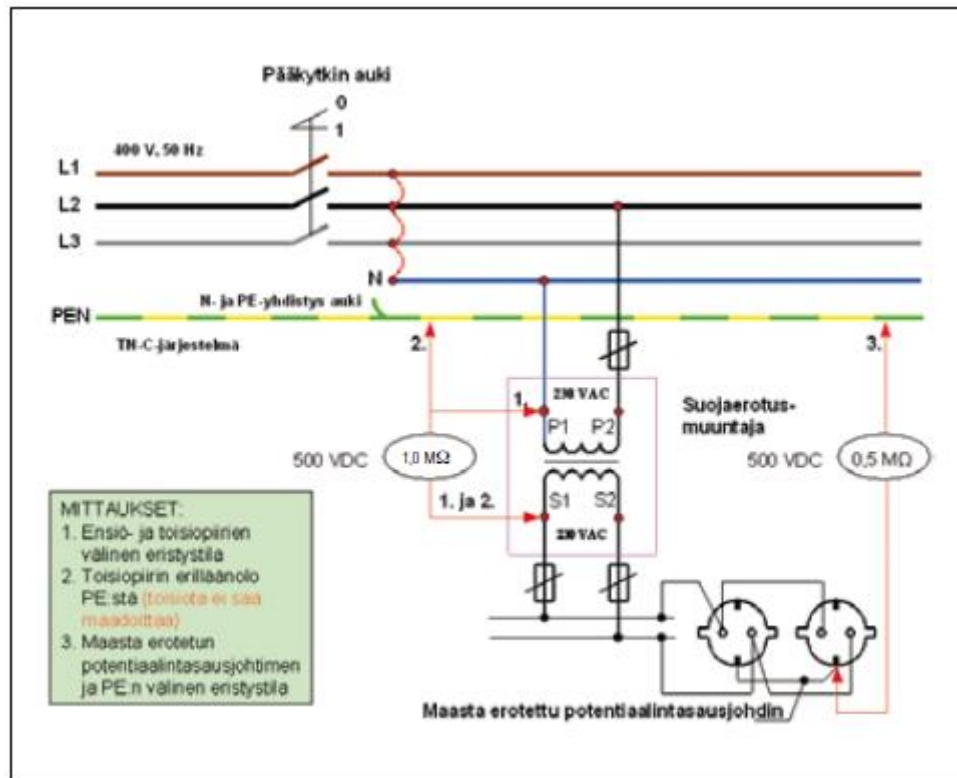


**KUVA 6. PELV- piirin eristysresistanssin mittaus [7].**

Suojaerotuksessa suojaus toteutetaan erottamalla virtapiirit galvaanisesti toisistaan. Tämä tarkoittaa sitä, että ensiö- ja toisiopuolen jännite on sama, yleensä 230 VAC. Käyttöönottomittauksessa tulee varmistaa ensiö- ja toisiopuolen erillään olo sekä toisiopuolen erillään olo suojamaadoitetuista piireistä. Mittausjännite on 500VDC, ja pienin sallittu mittaussarvo on 1,0 MΩ.

Käytettäessä suojausena sähköistä erotusta tulee käyttöönottomittauksilla varmistaa jännitteisten piirien erotus muiden virtapiirien jännitteisistä osista ja maasta. Mittausjännite ja resistanssiarvo tulee olla taulukon 2 mukainen. Sähköinen erotus eroaa suojaerotuksesta siten, että muuntajan rakenteessa voidaan käyttää yksinkertaista eristystä ensiö- ja toisiopuolen välillä. Suojaerotuksessa muuntajan tulee olla kaksoiseristetty tai lisäeristetty.

Jos käytetään sähköisesti erotettua piiriä useammalle kuin yhdelle kulutuslaitteelle, on tarkistettava laskemalla tai mittaamalla, että kun yhtä aikaa sattuu kaksi oikosulkua eri äärijohtimien ja suojaavien potentiaalintasausjohtimien tai siihen liitettyjen jännitteelle alttiiden osien välillä, vähintään yksi viallinen piiri kytkeytyy pois. Poiskytkentäajan täytyy olla TN- järjestelmän syötön automaattisen poiskytkennän mukainen (0,4 sekuntia)[8].



**KUVA 7. Suojaeroitetun piirin eristysresistanssin mittausta [9].**

Lattia- ja seinäpintojen resistanssin/impedanssin mittausta ei normaalitilanteissa suoriteta, koska sitä ei vaadita kuin erikoistapauksissa. Mittaus tehdään yleensä sähkölaboratorioissa tai korjaamoissa, kun suojamenetelmänä on käytetty eristävää ympäristöä. Mittaus tulee suorittaa kolme kertaa jokaiselle mittausta vaativalle pinnalle. Eli lattialle tehdään kolme mittausta eri kohdasta ja samoin kaikille seinäpinnoille.

Mittauselektrodeja on kahdenlaisia. Toinen on kolmijalkainen metallilevy, jonka jalat ovat tasasivuisen kolmion kärjissä ja toinen mittauselektrodi on neliönmuotoinen metallilevy, jota käytetään yhdessä samankokoisen puulevyn sekä kostutetun paperi- tai kangaslevyn kanssa. Kostutettu kangas- tai paperilevy tulee mitattavaa pintaa vasten,

seuraavana on itse mittauselektrodi ja tämän päälle laitetaan viimeisenä puulevy. Oli käytössä sitten kumpi tahansa mittaus elektrodeista, mitattaessa molempiin tulee kohdistaa painava voima. Lattiapintaa mitattaessa 750N ja seinäpinnalle 250N. Testauslaitteen tulee täyttää EN 61557-2 standardi.[12.]

## 11 MAADOITUSJÄRJESTELMIEN MITTAUKSET

Pienjänniteliittymälle Suomessa ei ole määritetty maadoituselektrodille mitään minimiarvoa, joten sitä ei tarvitse normaalitilanteessa mitata. Kuitenkin yhteys maadoituselektrodiin on hyvä tarkistaa samalla, kun käydään suojajohtimen jatkuvuutta läpi.

Suurjännitteisille muuntamoille on määritelty laskennallinen minimiarvo, joka täytyy alittaa mittauksia tehdessä. Jos muuntamo liitetään jo olemassa olevaan maadoitusjärjestelmään, tällöin ei tarvitse ruveta tekemään työläitä resistanssimittauksia. Riittää, kun mittaamalla todetaan yhteys jo olemassa olevaan maadoitusjärjestelmään. Mittaus onärkevin toteuttaa ”pienohmimittauksella”. Maadoitusresistanssin mittausta ei voida luotettavasti suorittaa talvella, koska tällöin maa on jäässä. Tarvittavat mittaukset voidaan siirtää sellaiseen ajankohtaan, jolloin maa ei ole roudassa. Kuitenkin mittaus tulee suorittaa vuoden sisällä. Tällaisissa tapauksissa olisi ehkä helpointa sopia niin, että laitteistonhaltija suorittaa kyseisen mittauksen omatoimisesti.

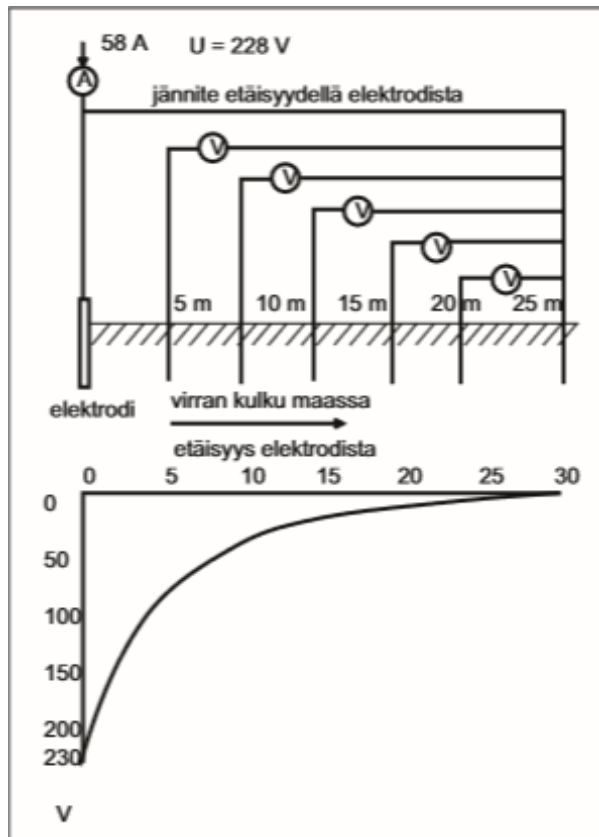
Maadoitusresistanssi joudutaan yleensä mittamaan seuraavanlaisissa tapauksissa:

- a) Suurjännite-eroittimen suojamaadoitus
- b) Muuntajan suurjännitepuolen suojamaadoitus
- c) Sähköaseman maadoitus
- d) Enintään 1000V jakeluverkon maadoitus silloin, kun järjestelmä on alttiina yli 1000V jännitteille
- e) Edellä mainittujen järjestelmien yhteinen maadoitus[13].

Maadoitusresistanssin mittaamisen on useita eri tapoja. Yksi tapa on syöttää virtaa mitattavan maadoituselektrodin kautta ja mitata sen ylitse oleva jännite. Tämän jälkeen voidaan virran ja jännitteen avulla laskea resistanssi kaavasta

$$R=U/I(1)$$

Virran jakautuminen maadoituselektrodista tapahtuu siten, että virran tiheys on suurin maadoituselektrodin välittömässä läheisyydessä.



**KUVA 8. Jännitteen jakautuminen maadoituselektrodin läheisyydessä.**

Maadoitusresistanssi (-impedanssi) tarkoittaa resistanssia, joka on mitattu maadoitusjohtimesta ja sisältää maadoitusjohtimen resistanssin sekä resistanssin maadoituselektrodin sekä maan neutraalin pisteen välillä. Maadoitusresistanssin arvo riippuu elektrodin rakenteesta ja maan ominaisresistanssista.

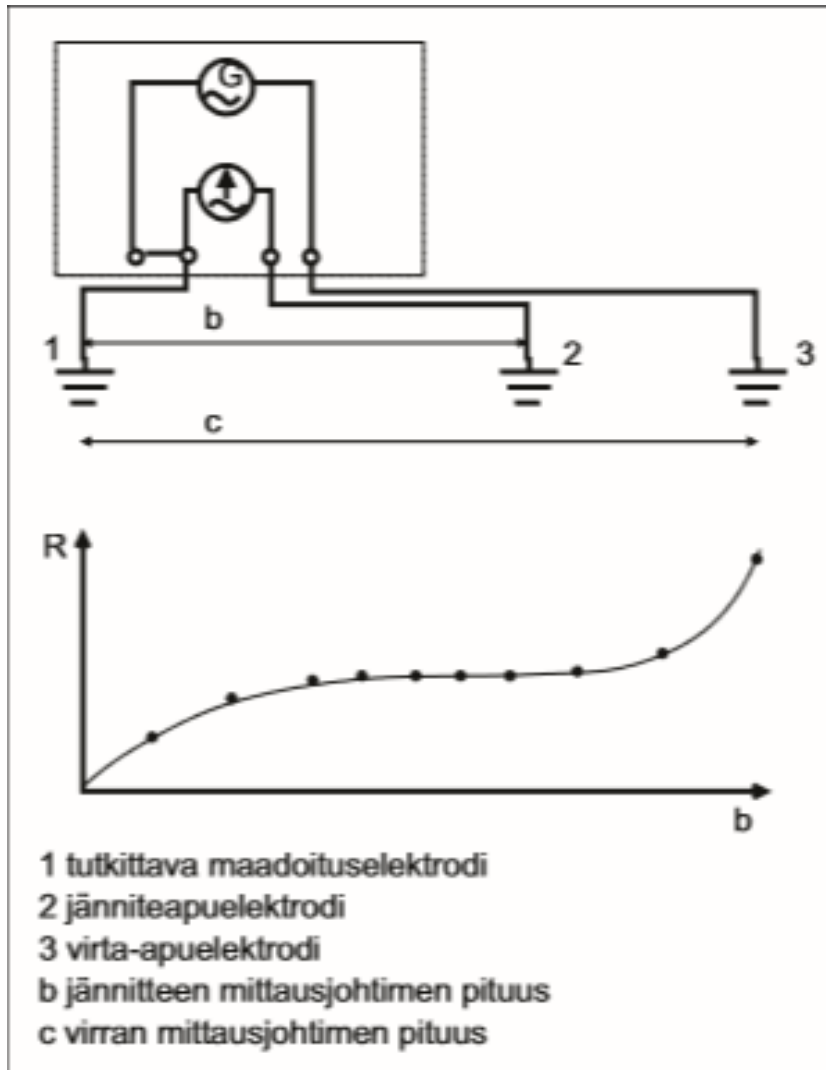
**TAULUKKO 3. Maan ominaisresistanssin arvoja.**

Aine	Keskimääräinen $\Omega\text{m}$	Vaihteluvälit $\Omega\text{m}$
Savi	40	25-70
Saven sekainen hiekka	100	40-300
Lieju,turve, multa	150	50-250
Hiekka, hieta	2000	1000-3000
Moreenisora	3000	1000-10000
Harjusora	5000	3000-30000
Graniittikallio	20000	10000-50000
Järvi- ja jokivesi	250	100-400
Merivesi(Suomenlahti)	2.5	1.0-5.0

### 11.1 Käännepistemenetelmä

Käännepistemenetelmällä mitataan suoraan resistanssiarvoja. Mitatuista resistanssiarvoista saadaan käyrä, jonka käännepisteestä saadaan elektrodin tai elektrodijärjestelmän maadoitusresistanssi.

Mittaus tehdään kompensatioperiaatteella(siltamittaus) toimivalla maadoitusresistanssin mittauslaitteella. Mittausta tehdessä mittalaite syöttää vaihtojännitettä, jonka vaihteluväli on 100-500V riippuen laitemallista. Taajuuden vaihteluväli on 70-140hz.



**KUVA 9. Käännepistemenetelmä.**

Mittarissa oleva virtalähde syöttää mittausvirran mittauskohteena olevaan elektrodiin(1). Tämän jälkeen virta kulkeutuu maata pitkin virta-apuelektrodiin(3) ja tämän jälkeen takaisin virtalähteeseen. Jänniteapuelektrodin(2) ja mittavan elektrodin välille muodostuu potentiaaliero. Mittarin siltakytkennän ollessa tasapainossa saadaan luettua resistanssiarvo.

Käytännössä mittaus tapahtuu siirtämällä jänniteapuelektrodia mittapisteen ja virta-apuelektrodin välillä. Molempien apuelektrodien tulee kuitenkin sijaita mitattavan maadoituksen vaikutusalueen ulkopuolella. Ne on myös pyrittävä sijoittamaan siten, ettei muita maadoituselektrodeja, metallisia vesijohtoja yms. ole lähistöllä. Jos mit-



tauksen kohteena oleva maadoitus koostuu useista elektrodeista, tulee mittaukset pyrkiä suorittamaan mahdollisimman keskellä järjestelmää.

Saaduista mittaustuloksista pystymään muodostamaan käyrä jänniteapuelektrodin etäisyyden(b) funktiona(katso Kuva 9.) Virta-apuelektrodia ei siirretä mittausten aikana ja sen etäisyydeksi (c) riittää yleensä 200 m. Mittausjohtimen vähimmäisetäisyys toisistaan on 0,5 m.

Kun mittaukset on saatu piirrettyä kuvaajaan, katsotaan maadoitusresistanssin käyrän suoralta osuudelta. Jos mittaustuloksista ei muodostu selvää suoraa osuutta käyrälle, mutta kuitenkin selvä käännepeiste on olemassa, tällöin maadoitusresistanssi otetaan tästä kohdasta. Saatu tulos on kuitenkin todellisuudessa hieman todellista arvoa suurempi. Maadoitus resistanssi voidaan myös määrittää kohdasta  $b=0,60*c$ , eli käyttämällä niin sanottua 60 prosentin sääntöä. Eli mittauspiste sijaitsee kohdassa, jonka etäisyys maadoituselektrodista on virta-apuelektrodin etäisyys kerrottuna 0,60. Tätä menetelmää voidaan niissä kohteissa, joissa maaperä on riittävän homogeeninen eli maaperäkoostumus on hyvin samanlainen.

Jos kuitenkin käy niin, että saatu käyrä on hyvin epäsäännöllinen, eli siinä ei selvää käännepeistettä eikä tasaista osuutta, mittauksissa on ollut selviä häiriötekijöitä. Tällöin mittaukset on suoritettava uudelleen. Mittaukset on tehtävä eri suunnasta tai eri paikasta. Kolmas vaihtoehto on käyttää pitempiä mittaussivälejä.

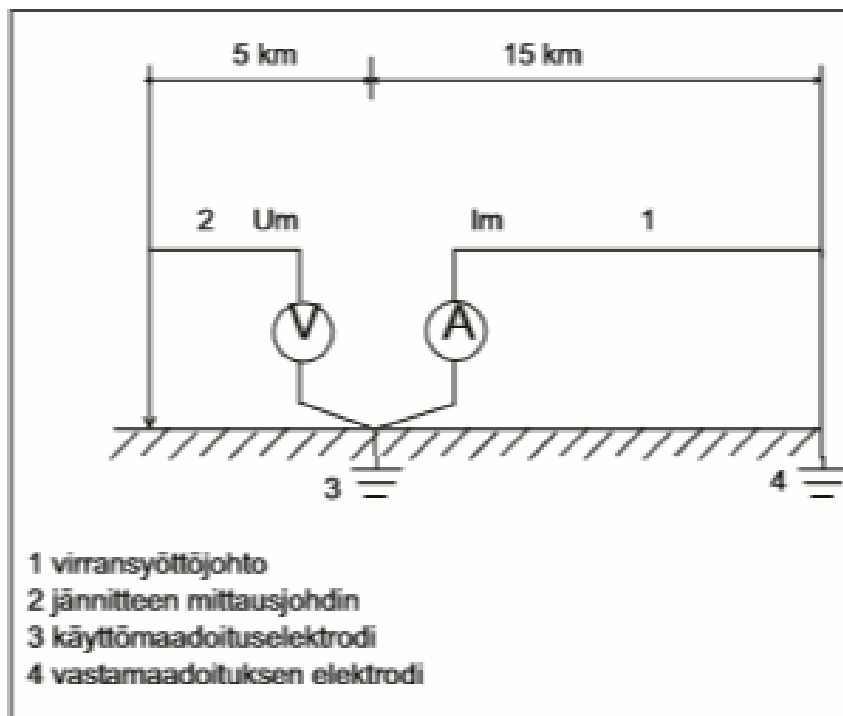
## 11.2 Voltti-ampeerimittarimenetelmä

Voltti-ampeerimenetelmässä mitataan maadoituselektrodin kautta kulkevaa mittaussivirtaa ja saman elektrodin yli olevaa jännitettä. Tämä menetelmä pyrkii jäljittelemään todellista maasulkutilannetta. Mittausta tehdessä virransyöttömuuntajan mittaussivirta( $I_m$ ) johdetaan maadoitukseen hyvin kaukaa, esimerkiksi avojohtoa myöten. Tämä mittaussivirta kulkee kauempana sijaitsevan vastamaadoituselektrodin sekä varsinaisen maadoituselektrodin kautta. Tarvittava jännitemittaus suoritetaan apuelektrodin ja maadoituselektrodin väliltä. Koska mitään virtaa ei viedä jänniteapuelektrodin kautta

ja se on molempien maadoituselektrodien kentän ulkopuolella, saatu jännitearvo on suoraan maadoitusjännite ( $U_m$ ).

Mittauksessa käytettävien apuelektrodien tulee olla etäällä toisistaan sekä kaukana maadoituselektrodista. Apuelektrodit tulee sijoittaa eri puolille mitattavaa maadoitusta. Koska virransyöttömuuntajalla voidaan syöttää suuriakin jännitteitä mittauspiiriin, on työssä noudatettava sille asetettuja erityisvaatimuksia. Itse maadoitusresistanssi saadaan seuraavasta laskukaavasta

$$R = U_m / I_m(2)$$



KUVA 10. Voltti-ampeerimittausmenetelmä.

### 11.3 Mittausmenetelmien vertailu ja valinta

Ideaalitilanteessa käytettäisiin mittausmenetelmää, joka vastaa maasulkutilannetta. Tällöin saataisiin aina mahdollisimman tarkat mittausarvot, esimerkiksi voltti-ampeerimittausmenetelmä vastaa tällaista mittausta. Maasulkutilanteen jäljitteleminen vaatii kuitenkin erikoiskalustoa, pitkiä mittajohtimia ja usein käyttökeskeytyksiä keskijänniteverkkoon. Menetelmä on erittäin työläs ja aikaa vievä, joten sitä käytetään

ainoastaan niissä tapauksissa, joissa on kyseessä erittäin pienet maadoitusresistanssin arvot.

Käännäpistemenetelmä on helpompi toteuttaa kuin edellä mainittu voltti- ampeerimittausmenetelmä. Tällöin ei yleensä tarvita mitään erikoiskytkentöjä eikä sähkönjakelua tarvitse keskeyttää keskijänniteverkossa. Käännepistemenetelmän ongelmana on kuitenkin yleensä se, että kaikkia virhetekijöitä ei voida poistaa mittauksista. Virhetekijöistä johtuen saadut mitta-arvot voivat poiketa suurestikin todellisista arvoista. Poikkeama on kuitenkin tavallisesti turvalliseen suuntaan, eli saadut resistanssiarvot ovat suurempia kuin jos vastaavassa tilanteessa arvot olisi saatu voltti- ampeerimittauksella. Molempia menetelmiä vaivaa kuitenkin sama ongelma, eli käytettävät mittajohdot ovat pitkiä.

Mittausmenetelmään vaikuttavat elektrodijärjestelmän laajuus, sen muoto, maaperä ja mittauksen tarkoitus. Käytännössä valitaan se mittausmenetelmä, joka antaa mahdollisimman luotettavat tulokset käyttöönottomittauksia tehdessä. Mittauksen tarkkuuden tärkeys kasvaa sitä mukaan, mitä lähempänä ollaan sallittua resistanssiarvoa. Jakelumuuntajan maadoitusresistanssin mittauksen käytetään yleisimmin käännepistemenetelmää. Jos jakelumuuntamo sijaitsee taajama-alueella, voi maadoitusresistanssin mittausta olla hyvin hankalaa tai jopa mahdotonta. Taajamaan rakennettava jakelumuuntamo liitetään yleensä jo olemassa olevaan maadoitusjärjestelmään. Järjestelmän resistanssi on siis tällöin jo tiedossa, joten sitä ei tarvitse enään uudestaan mitata. Uuden muuntamon yhteys maadoitusjärjestelmään tulee kuitenkin varmistaa luotettavasti.

## **12 SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ**

TN-järjestelmässä yleisin tapa varmistua syötön automaattisesta poiskytkennästä on mitata vikavirtapiirin impedanssi. Impedanssin avulla voidaan määrittää vikatapauksessa syntyvän oikosulkuvirran suuruus. Oikosulkuvirran arvo saadaan joko laskemalla, tai sitten käytetty mittalaite ilmoittaa impedanssin mittauksen yhteydessä myös oikosulkuvirran arvon. Tämän jälkeen saatua virta-arvoa verrataan suojalaitteen taulukkoarvoihin. Taulukkoarvot ovat joko valmistajakohtaisia tai sitten nähtävissä alan

kirjoista. Samalla käydään lävitse mahdolliset vikavirtasuojakytkimet ja niiden toiminta.

TT-järjestelmässä vaatimustenmukaisuus todetaan mittaamalla asennuksen jännitteelle alttiiden osien maadoituselektrodin resistanssi  $R_a$  sekä tarkastamalla käytettyjen suojalaitteiden ominaisuudet. Jos resistanssia  $R_a$  ei voida mitata, täytyy sen mittaus korvata vikavirtapiirin impedanssin mittauksella.

Suojalaitteiden tarkastus ylivirtasuojia käytettäessä tehdään aistinvaraisesti. Tarkastuksessa käydään läpi katkaisijoiden pikalaukaisuarvot tai –asettelut, sulakkeiden virta-arvot ja sulakkeiden tyypit. Kun suojauksessa on käytössä vikavirtasuojia, niille suoritetaan aistinvaraiset tarkastukset, testaus kunkin laitteen omalla testi-napilla ja syöttämällä testilaitteella mitoitustoimintavirtaa. Poiskytkentäaika tarkistetaan aina. Jos suojausmenetelmän toimivuus on varmistettu pisteessä, joka on vikavirtasuojan jälkeen, suojausten toiminnan varmentaminen tämän pisteen jälkeen tapahtuu suojaajohtimen jatkuvuuden varmennuksella.

IT-järjestelmässä vaatimuksenmukaisuus todetaan laskemalla tai mittaamalla ensimmäisen vian aiheuttama vikavirta  $I_d$  ääri- tai nollajohtimessa. Mittaus tehdään kuitenkin vain niissä tapauksissa, joissa asiaa ei voida selvittää laskemalla. Laskentojen suorittaminen ei ole aina mahdollista, koska kaikkia parametrejä ei tunneta. Jos toisen vian olosuhteet ovat samanlaiset TN-järjestelmässä, suoritetaan tarkastus olettaen, että kyseessä olisi TN-järjestelmä IT-järjestelmän sijasta. Toimintaperiaate on sama, jos toisen vian olosuhteet ovat samat kuin TT-järjestelmässä.

### **12.1 Vikavirtapiirin impedanssin mittaus**

Ennen kuin vikavirtapiirin impedanssia voidaan mitata, on varmistettava suojaajohtimien jatkuvuus. Mittauksia tehdessä on käytettävä piirin nimellistaajuutta. Mittausta ei tarvitse tehdä kattavasti. Yleensä riittää yksi mittaus keskusta kohden ja muutama pistokoeluontoisesti tehty mittaus.

Mittaamalla saadun vikavirtapiirin impedanssin arvo on oltava TN-järjestelmässä sellainen, että syötön poiskytkentä tapahtuu standardien edellyttämässä ajassa. Samalla tulee ottaa huomioon testauksen ja todellisen vikatilanteen lämpötila ero. Vikatilanteessa lämpötila nousee piirissä, joka nostaa samalla resistanssiarvoja. Tätä on pyritty ottamaan huomioon esimerkiksi siten, että mitattu impedanssi arvo saa olla korkeintaan  $4/5$  laskennallisesta impedanssiarvosta. Myös taulukoista saatavia suojalaitteiden toimintarajavirranarvoja tulee korottaa niin, että mittauksista saatavan arvon tulee  $5/4$  suurempi kuin laskennallinen arvo. Eli saatu mittaustulos tulee olla 1,25 kertaa suurempi kuin suojalaitteen toimintarajavirta.

Yleisimpiä toiminta-aika-arvoja pienjännitepuolella ovat 0,4 s ja 5 s. Johdonsuojakatkaisijoita käyttäessä vaadittu virta-arvo on sama molemmilla poiskytkentä ajoilla. Tulppa- ja kahvasulakkeilla tulee olla tarkempi tarkastuksia tehdessä. Jos halutaan nopeampi laukaisuaika tulppa- ja kahvasulakkeilla, tulee oikosulkuvirta-arvon oltava huomattavasti suurempi kuin hitaammalla toiminta-ajalla. 5 sekunnin laukaisuaika on sallittu jakokeskuksia syöttävillä johdoilla. Myös yli 32A ryhmäjohdoilla 5 s toiminta-aika on sallittu. Muissa tapauksissa laukaisuaika saa olla maksimissaan sen 0,4 sekuntia.

Tavallisimmat mittalaitteet mittaavat vikavirtapiirin impedanssia. Käyttämällä hyväksi nimellisjännitettä, voidaan laskea, kuinka suuri oikosulkuvirta syntyy. Kuitenkin tiettyissä asennustestereissä kuuluu ominaisuuksiin se, että ne laskevat saadusta impedanssi arvosta suoraan myös oikosulkuvirran arvon. Tämä on huomattavasti käytännöllisempi tapa suorittaa mittauksia ja poistaa mahdolliset ihmisen aiheuttamat laskuvirheet. Kuitenkin saattaa olla hyvä tehdä aika-ajoin myös tarkistuslaskentoja saaduilla arvoilla, jolloin voidaan varmistua laitteen oikeaoppisesta toiminnasta. Kuten aikaisemminkin tulee varmistaa, että laite on kalibroitu käytettäville mittajohtimille. Näin minimoidaan mittavirheet. Kun mittaustulokset on saatu tavalla tai toisella, verrataan niitä taulukkoarvoihin.

**Taulukko 4. Pienimmät toimintavirrat ja mittausarvot johdonsuojakatkaisijoilla[14].**

Nimellisvirta A	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

**Taulukko 5. Pienimmät toimintavirrat ja mittausarvot Gg-sulakkeilla[14].**

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

## **12.2 Vikavirtasuojan toiminnan testaus**

Kaikki vikavirtasuojat tulee tarkastaa. Tarkastukseen kuuluu vikavirtasuojissa olevan TEST-painikkeen toiminnan tarkastus. Tämän lisäksi tulee varmistaa, että laite toimii oikein nimellistoimintavirrallaan. Myös poiskytkentäaika tulee mitata kaikissa tapauksissa.

## **13 TOIMINTATESTIT**

Mikäli työkohteeseen asennetaan esim. kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteita, tulee näille suorittaa toimintatestaukset. Näin voidaan varmasti todeta, että kyseiset laitteet on asennettu ja säädetty niille asetettujen vaatimusten mukaan. Mahdollisille suojalaitteille on tehtävä toiminnalliset kokeet, jotta voidaan varmistua niiden asennusten sekä säätöjen olevan oikeat.

Jotta toimintatestit voidaan tehdä oikein ja kattavasti, tulee kaikkien asennusten olla valmiit ja toiminnassa. Etenkin toimintatestien kohteena olevien kojeiden tulee olla käyttövalmiudessa.

## **14 VARMENNUSTARKASTUS**

Käyttöönottotarkastuksen lisäksi sähkölaitteistolle on tehtävä varmennustarkastus, jotta voidaan varmistua sen sähköturvallisuudesta. Varmennustarkastus on tehtävä luokan 1-3 sähkölaitteistolle. Itse varmennustarkastuksen voi suorittaa vain valtuutettu laitos taikka valtuutettu tarkastaja. Norelcon tapauksessa joudutaan turvautumaan kolmannen osapuolen palveluihin.

Varmennustarkastus on tehtävä, ennen kuin kohteena oleva laitteisto otetaan varsinaisesti käyttöön. Kuitenkin luokkien 1 ja 2 sähkölaitteiston tarkastukselle on 3 kk aikaa käyttöönotosta. Myös verkostonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille sähköverkoille on aikaa seuraava kalenterivuosi.

Itse tarkastusalue tulee määritellä tarkasti ja tästä sopia ihan kirjallisesti tarkastajan kanssa. Etenkin, kun kyseessä on työmaa jossa on ollut useita eri urakoitsijoita. Tällaisissa tapauksissa olisi tietenkin helpointa, että pääurakoitsija tilaa varmennustarkastuksen koko kohteelle. Myös kaikkien dokumenttien toimittamisesta ja ilmoitusten tekemisestä viranomaisille tulisi sopia kirjallisesti. Tämä voi kuulostaa turhankin byrokraattiselle, mutta helpottaa kaikkien toimintaa jos ongelmia ilmenee.

Varmennustarkastuksen tekijä on velvollinen tekemään tarvittavat ilmoitukset. Jos tarkastaja laiminlyö tai on estynyt tekemään ilmoitukset, vastuu lankeaa laitteistonhaltijalle.

## **15 LOPPUTOIMET JA ILMOITUKSET**

Käyttöönottotarkastuksista tulee luovuttaa sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja. Pöytäkirjasta tulee käydä ilmi

- a) Kohteen yksilötiedot
- b) Selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta
- c) Yleiskuvaus käyteteistä tarkastusmenetelmistä
- d) Tarkastusten ja testausten tulokset[16].

Norelco toimittaa myös pöytäkirjat kojeistuksista, jotka on tehty tehtaalla ja vakuutukset määräysten mukaisuuksista tuotteidensa mukana. Kaikki dokumentit, jotka syntyvät tarkastuksia tehdessä, tulee säilyttää vähintään 15 vuotta SFS 5825 kohdan 6 määräyksestä.

Luokan 2 alakohtien c ja d ja luokan 3 sähkölaitteistosta on tehtävä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaisille. Muutoin ilmoitus on tehtävä sille jakelu-verkonhaltijalle, jonka vastuualueelle sähkölaitteisto on rakennettu. Aikaa ilmoituksen tekemiselle on 3 kuukautta tarkastuksen suorittamisen jälkeen.



## 16 LOPPUPÄÄTELMÄT

Sopimuksia kirjoittaessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota erinäisten mittausten kirjaamisesta ylös sopimuspapereihin. Eli niistä, jotka Norelco suorittaa jo tehtaalla, sekä niistä, jotka Norelco on valmis tekemään asennustyömaalla. Myyntipuolen henkilöiden tulisi olla tarkkana tarjouksia tehdessään. Jos asiakas ei itsekään ole täysin varma, mitä kaikkea tulee mitata, Norelco pystyy mahdollisissa ongelmatilanteissa yksinkertaisesti vetoamaan tehtyihin sopimuksiin. Tämä ei tietenkään pitemmällä aikavälillä ehkä tee hyvää yrityksen maineelle, joten hyvänhenkinen yhteystyö asiakkaiden kanssa on suositeltavaa.

Päättötyön tekeminen osoittautui erittäin hankalaksi. Oma työkokemus alalta on erittäin vähäinen ja tiedon löytäminen oli haastavaa. Etenkin yli 1kV asennuksia käsittelevää tietoutta on vaikea päästä käsiksi. Suomen sähköyhtiöt olivat joko hyvin kiireisiä tai haluttomia vastamaan esittämiini kyselyihin, tai sitten esitin vääriä kysymyksiä väärille henkilöille. Kuitenkin alun hankaluuksien jälkeen sain opastusta ongelmiini. Kuitenkin johtuen tiedon vähyydestä ja omasta kokemattomuudestani käsittelemäni mittaustavat eivät ole kaikkein kattavimpia ja syvällisimpiä.

## 17 LÄHTEET

- [1]Kauppa- ja teollisuusministeriö, Sähköturvallisuuslaki 14.6.1966/410, <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960410>
- [2]SFS käsikirja 600, 61 Käyttöönottotarkastus, 61.3.1
- [3]Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST- käsikirja
- [4]SFS käsikirja 600, taulukko 6A Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot, sivu 356
- [5]Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST-käsikirja kuva 1.8, sivu 25
- [6]Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST-käsikirja kuva 1.9, sivu 26
- [7]Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST-käsikirja kuva 1.10, sivu 27
- [8]SFS käsikirja 600, taulukko 41.1 Suurimmat sallitut poiskytkentäajat
- [9]Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST-käsikirja kuva 1.11, sivu 27
- [10]Rakennusten sähköasennusten käyttöönottotarkastukset 2001, ST-käsikirja 33
- [11]Norelco.fi, yrityksen www-sivut, luettu 16.04.2013. , päivitetty 16.04.2013
- [12]SFS käsikirja 600, Liite 6A
- [13]ST-Kortisto, ST 53.22, Maadoitusresistanssin mittaus
- [14] Rakennusten sähköasennusten tarkastukset, ST-käsikirja, sivu 33
- [15] 1-20kV suurjännitelaitteistojen käyttöönottotarkastusohjeisto, STUL ry

[16] D1 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 612.9 Käyttöönottotarkastusten dokumentointi



ST 51.21.07

1 (2)

### SUURJÄNNITELAITTEISTON KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUSPÖYTÄKIRJA

<input type="checkbox"/> S-JOHTO / KAAPELI _____	<input type="checkbox"/> MUUNTAMO _____	Arkistonumero _____
<input type="checkbox"/> P-JOHTO / KAAPELI _____	<input type="checkbox"/> MUUNTAJA _____	Tilaaajan työnumero _____
<input type="checkbox"/> P-J-KESKUS _____	<input type="checkbox"/> EROTIN _____	Rakentajan työnumero _____

#### KÄYTETYT NORMIT

Kohteen rakentamisessa ja tarkastamisessa on käytetty seuraavia normeja:

<input type="checkbox"/> SFS-EN 50341-3-7 _____	<input type="checkbox"/> SFS-EN 50341-1 _____	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> SFS 6001 + A1 + A2 _____	<input type="checkbox"/> SFS 6000-sarja _____	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> SFS 6003 _____	<input type="checkbox"/> SFS-EN 50341-1 + A1 _____	<input type="checkbox"/> _____

#### KOHTEEN RAKENTAJAN / URAKOITSIJAN TIEDOT

Yrityksen nimi _____			
Yhteyshenkilö _____	Puhelin _____	Faksi _____	Sähköposti _____

#### KOHTEEN YKSILÖIVÄ TIETO

Verkon haltija _____	Yhteyshenkilö _____
Kohde _____	

#### AISTINVARAINEN TARKASTUS

	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
Dokumentointi, käyttö-/huolto-ohjeet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mekaaninen suojaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Työmaadoitusvälineet- ja paikat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kaapeleiden merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Työskentelysuojavaletyksen toimintatesti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Raivaus ja oksiminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muut työ-, käyttö- ja suojavaletyksen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Etäisyydet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tunnukset ja merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kallistumat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varoituskilvet ja -merkinnät	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pylvästys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laitteiden nimellisarvot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Upotussyvytykset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Asetusarvot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Latvasuojukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukitukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Orret	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valaistus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eristimet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pieneläinsuojaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Johdin ja liittokset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kalkaisijat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kiinnitykset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SF6-kennot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kiristykset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakennus varusteineen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Päätteet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Läpiviennit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Harukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lämpötila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avausvälit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kipinäväli	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Asennonosoitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muuntajan numero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ohjain	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hoitotaso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ohjauskeskus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ylijännitesuojat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antenni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kosketussuojaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Maadoitukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keskuskaappi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Laaja maadoitusjärjestelmä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varokekytkin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muut laitteet:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sulakkeet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden asennussyvyys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lisätietoja:

ST 51.21.07

2 (2)

MITTAUKSET					
	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
<b>Jännitteet</b>			<b>Eristysresistanssi</b>		
Mittauspiste:			Mittauspiste:		
L1-PEN _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-PEN _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L2-PEN _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L2-PEN _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L3-PEN _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L3-PEN _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L1-L2 _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-L2 _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L1-L3 _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L1-L3 _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L2-L3 _____ V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	L2-L3 _____ MΩ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Oikosulkuvirta <math>I_k</math> tai -impedanssi <math>Z_k</math></b>			<b>Suojajohtimien, PEN- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuus</b>		
Mittauspiste:			Mittauspiste:		
_____ A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____ Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____ Ω	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä	<input type="checkbox"/>		Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä	<input type="checkbox"/>	
<b>Maadoitus</b>			<b>Vikavirtasuojat</b>		
<input type="checkbox"/> Resistanssimittaus (ks. erill. mittausptk. _____ Ω)	<input type="checkbox"/>	kpl <input type="checkbox"/>	Laukaisuaika _____ ms	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Jatkuvuuden mittaus (ks. erill. mittausptk. _____ Ω)	<input type="checkbox"/>	kpl <input type="checkbox"/>	Toimintavirta _____ mA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Erillinen mittauspöytäkirja liitteenä	<input type="checkbox"/>	
Lisätietoja, käytetyt mittalaitteet ja menetelmät jne.					
TESTAUKSET					
	Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen		Kunnossa	Ei kuulu rakenteeseen
Vaihejärjestyksen toteaminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Eroittimen toiminta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Suojareleet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Katkaisijan toiminta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lukitukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vikavirtasuojan toiminta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden jännitetesti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Lisätietoja:					
<b>LISÄTIETOJA / MUUT HUOMIOT</b>					
<input type="checkbox"/> liitteessä					
<b>TARKASTUKSEN TULOS</b>					
<input type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on säännösten ja määräysten mukainen.					
<input type="checkbox"/> Tarkastuksen kohde on käyttöönotettavissa, mutta siinä on seuraavia korjattavia puutteita:					
_____ <input type="checkbox"/> korjattu _____					
_____ <input type="checkbox"/> korjattu _____					
Liitteitä _____ kpl					
<b>TARKASTUKSEN TEKIJÄT</b>					
Nimet					
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvennys	

ERISTYSRESISTANSSIN-, JATKUVUUDEN- JA JÄNNITTEEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA  
ST 51.21.07

LIITE 1

Kohteen yksilöivä tieto:									
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Johto:									
Eristysresistanssi				PEN-jatkuvuus			Jännite		
	MΩ		MΩ	Ω				V	V
L1-PEN		L1-L2		Oikosulkuvirta ja -impedanssi			L1-PEN		L1-L2
L2-PEN		L1-L3		Ik / kA:			L2-PEN		L1-L3
L3-PEN		L2-L3		Zk / Ω:			L3-PEN		L2-L3
Mittauksen tekijät, päiväys ja allekirjoitus									
Mittaajat									
Päiväys				Allekirjoitus			Nimen selvennys		

MAADOITUSTEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

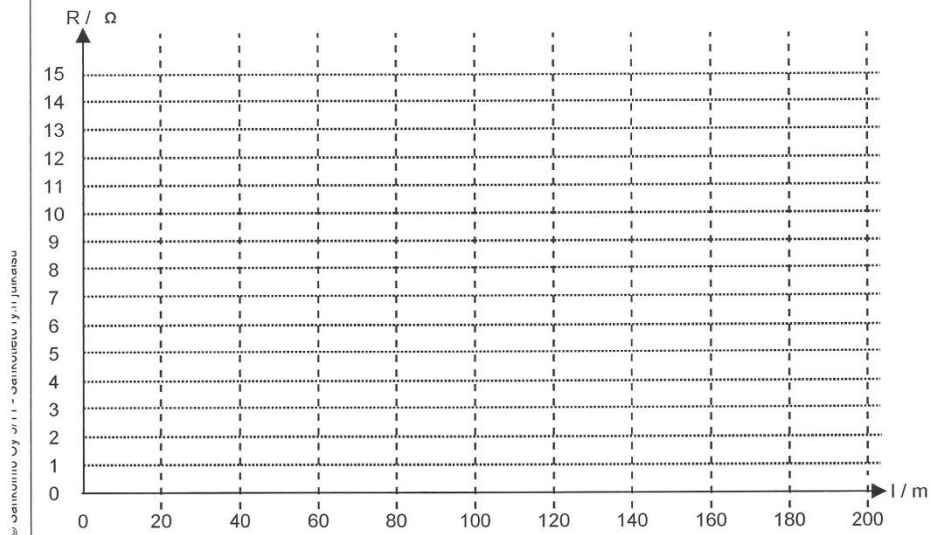
LIITE 2

ST 51.21.07

Kohteen yksilöivä tieto:

Suojamaadoitus (jos ei yhdistetty) $\Omega$	Käyttömaadoitus (jos ei yhdistetty) $\Omega$	Yhdistetty maadoitus $\Omega$	Potentiaalintasausrengas $\Omega$

Pohja mittauspisteiden merkitsemiseksi ja resistanssiarvon määrittämiseksi (täytetään käsin)



© Seimontimo Oy 2011 - Seimontimo Oy:n julkaisu

Mittaajat	Allekirjoitus
Päiväys	Nimen selvennys