

# KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Verkonhaltijalle kuuluvat tarkastukset

Rovakaira Oy

Janne Lahdenperä

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Sähkövoimatekniikka  
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

## **ALKUSANAT**

Työ on tehty Rovakaira Oy:lle talven-kevään 2011–2012 aikana. Haluan kiittää Rovakaira Oy:n verkkojohtaja Arto Miettistä sekä tekninen päällikkö Veijo Kokkoa mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta sekä työn ohjaamisesta. Kiitos kuuluu myös Rovakaira Oy:n Tarja Luusualle, Jouni Ojalalle, Lauri Smedsille ja Kari Virtaselle sekä koko henkilökunnalle uusista ideoista, neuvoista ja palautteista. Koulun puolesta kiitän Antero Martimoa työn hyvästä ohjaamisesta sekä lähdemateriaaleista. Lisäksi haluan kiittää vaimoani Katjaa tukemisesta ja auttamisesta koko opiskeluaikana.

Rovaniemellä 16.4.2012

Janne Lahdenperä

## TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Janne Lahdenperä
Opinnäytetyön nimi	Verkonhaltijalle kuuluvat tarkastukset
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	19.4.2012
Sivumäärä	58 + 28 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Insinööri Antero Martimo
Yritys	Rovakaira Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Teknikko Veijo Kokko

Työn aiheena on verkonhaltijalle kuuluvat tarkastukset. Tarkastusten laajuuden vuoksi työ rajattiin käsittämään keskijännite- ja pienjännitetarkastukset sähköasemilta aina sähkökäyttäjälle saakka, pois lukien itse sähköasemat. Työssä selvitettiin keskijännitelinjoille, jakelumuuntamoille, erotinasemille, pienjännitelinjoille, jakokaapeille ja sähkökäyttäjän liittymälle tehtävät käyttöönotto-, varmennus-, määräaika- sekä huolto- ja kunnossapitotarkastukset.

Tarkastustapoja on yhtä monta kuin on tarkastajaakin. Tämän työn tavoitteena oli yhtenäistää tarkastuskäytäntöjä niin tarkastajien kuin Rovakaira Oy:n eri alueiden välillä. Työn aikana selvitettiin, mitä tarkastuksia kuuluu verkkoyhtiöille sekä milloin, miten ja miksi niitä tehdään. Pääosin vastaukset näihin kysymyksiin löytyivät sähköturvallisuuslaista ja -asetuksista, standardeista ja verkostosuosituksista.

Olennaisena osana työhön kuului myös tarkastuspöytäkirjojen uusiminen ja henkilökunnan kouluttaminen tämän työn pohjalta, jotta saavutettaisiin yhtenäinen käytäntö tarkastuksissa. Työn tavoitteiden saavuttaminen selviää vasta ajan kuluessa, kun tarkastuksia on tehty enemmän. Pitkällä aikavälillä tarkastusten tekeminen ja havaitut puutteet ohjaavat jo rakentamisvaiheessa kiinnittämään enemmän huomiota tärkeisiin asioihin. Näin ollen verkonkäyttövarmuuden ja sähköturvallisuuden tulisi myös parantua.

Asiasanat: tarkastus, sähköverkot, sähkönjakelu, muuntamot.

## ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Janne Lahdenperä
Title	Inspections for Owner of Electrical Network
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	19 April 2012
Pages	58 + 28 appendices
Instructor	Antero Martimo, BSc
Company	Rovakaira Oy
Contact Person/Supervisor from Company	Veijo Kokko, Technician

Subject of this Bachelor's Thesis was Inspections for Owner of Electrical Network. This subject is very large, so this study was limited to consist of inspections for the low and medium voltage networks excluding power stations. One goal of this study was to examine inspections of introduction and certification as well as periodic and maintenance inspections. Inspection targets in low and medium voltage networks are medium voltage lines, transformer stations, isolating switchgear stations, low voltage lines, distribution boards and customer's origin of the electrical installation.

There are different inspection ways as much as inspectors. Another goal of this study is to get solid way to inspections between inspectors and different areas of Rovakaira Oy. Information of inspections has been collected mainly from electrical safety law, government regulations, standards and network recommendations.

Practical part of this study was to renew the inspection reports and give the foremen and electricians education based on new reports and this study. Reaching for goals is a long period target but by doing inspections also guides network building to better direction. This also increases safety and reliability of the electrical network.

Keywords: inspection, electrical networks, electrical distribution, transformer stations.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT .....	I
TIIVISTELMÄ .....	II
ABSTRACT .....	III
SISÄLLYSLUETTELO .....	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	VI
1. JOHDANTO .....	1
2. LAIT, ASETUKSET JA PÄÄTÖKSET .....	2
2.1. Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 .....	2
2.2. Sähköturvallisuusasetus 28.6.1996/498 .....	5
2.3. KTMp sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193 .....	6
2.4. KTMp sähköalan töistä 5.7.1996/516 .....	7
2.4.1. Sähkötyöturvallisuus 17.12.1999/1194 .....	8
2.5. KTMp sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 .....	10
2.5.1. Käyttöönottotarkastus .....	11
2.5.2. Huolto ja kunnossapito .....	12
2.6. Valtuutettujen tarkastajien tekemät tarkastukset .....	12
2.6.1. Varmennustarkastus .....	13
2.6.2. Määräaikaistarkastus .....	14
3. KESKIJÄNNITETARKASTUKSET .....	16
3.1. Käyttöönottotarkastukset .....	16
3.1.1. Yleistä .....	17
3.1.2. Jakelumuuntamot .....	17
3.1.3. Erotinasemat .....	28
3.1.4. Ilmajohto (avojohto) .....	31
3.1.5. Päällystetty ilmajohto .....	32
3.1.6. Maakaapeli ja haaroituskaappi .....	32
3.2. Verkonhaltijan tekemät kunnossapitotarkastukset .....	34
3.2.1. Maadoitusmittaukset .....	35
3.2.2. Lahotarkastukset .....	36
3.2.3. Keski-jänniteilmajohto ja muuntamo .....	37
3.2.4. Maakaapeliverkko .....	38
4. TARKASTUKSET ENINTÄÄN 1KV .....	39
4.1. Käyttöönottotarkastukset .....	39
4.1.1. Avojohto .....	39
4.1.2. AMKA .....	39
4.1.3. Pylväsvarokekytkin .....	41
4.1.4. Maakaapeli .....	42
4.1.5. Jakokaappi .....	43
4.1.6. Sähkökäyttäjän liittymä .....	44
4.1.7. Mittaukset ja testaukset .....	45
4.2. Verkonhaltijan tekemät kunnossapitotarkastukset .....	46
5. TARKASTUKSET ROVAKAIRA OY:SSÄ .....	48
5.1. Kelkkapartiointi .....	49
5.2. Kunnonhallinnan tiedonkeruu .....	49
6. KOULUTUS .....	52

6.1.	Sähkönjakeluverkon tarkastuspöytäkirja (TP01) .....	52
6.2.	Pienjänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP021) .....	53
6.3.	Pienjännitekaapelin ja jakokaapin tarkastuspöytäkirja (TP022) .....	53
6.4.	Keskijänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP031) .....	53
6.5.	Keskijännitekaapelin ja haaroituskaapin tarkastuspöytäkirja (TP032) .....	53
6.6.	Pylväsmuuntamon ja erotinaseman tarkastuspöytäkirja (TP04) .....	54
6.7.	Puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastuspöytäkirja (TP05) .....	54
7.	YHTEENVETO .....	55
8.	LÄHDELUETTELO .....	56
9.	LIITELUETTELO .....	58

## **KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET**

KTMp

PAS

Sener

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös

Päällystetty avojohto suurjännitteelle

Sähköenergialiitto ry

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Rovakaira Oy:n Rakennuskaira-osastolle yhdeksi työkaluksi yhtenäistämään tarkastuskäytäntöjä. Työn tilasi Rovakaira Oy:n Verkkokaira-osasto ja verkkojohtaja Arto Miettinen, joka toimii myös käytönjohtajana. Tilaaja asetti työlle tavoitteet ja rajat.

Kesän ja syksyn 2011 aikana olin töissä Rovakaira Oy:ssä mittaamassa muuntopiirien maadoituksia sekä verkonrakennus- ja kunnossapitotöissä. Liikkuessa ja jutellessa eri alueiden esimiesten ja asentajien kanssa esiin nousi erilaisia käytäntöjä tarkastusten tekemiseen. Tätä aihetta opinnäytetyölle ehdotti tekninen päällikkö Veijo Kokko, joka toimii Rovakaira Oy:n sähkötoiden johtajana.

Työ käsittää keskijännitelinjojen, erotinasemien, muuntamoiden, pienjännitelinjojen, jakokaappien ja asiakkaan sähköliittymälle tehtävät käyttöönotto-, varmennus-, määräaika- sekä huolto- ja kunnossapitotarkastukset. Käytännön osana tätä työtä oli uusia tarkastuksissa käytettävät pöytäkirjat sekä kouluttaa ja ohjeistaa tarkastuksiin työn pohjalta alue-esimiehet ja asentajat. Tässä työssä on pyritty kokoamaan yksiin kansiin kaikki olennainen tieto tarkastuksista, lakien, asetusten, määräysten, standardien ja verkostosuosituksien pohjalta. Työstä rajattiin pois sähköasemille tehtävät tarkastukset aiheen laajuuden vuoksi.

### **Rovakaira Oy**

Rovakaira Oy vastaa sähkönsiirrosta ja -jakelusta entisen Rovaniemen maalaiskunnan alueen lisäksi Kittilän ja Sodankylän kuntien alueella. Jakeluverkkoa, pienjännite- ja keskijänniteverkkoa, on reilut 6600 kilometriä, jakelumuuntajia, 20/0,4kV, on noin 2500 kpl sekä sähkönkäyttöpaikkoja n. 29900 kpl. Rovakaira Oy:ssä työskentelee 69 vakituista työntekijää, joista 29 on toimihenkilöä ja 40 asentajia. Tapio Jalonen toimii Rovakaira Oy:n toimitusjohtajana.



## 2. LAIT, ASETUKSET JA PÄÄTÖKSET

Sähkölaitteiston haltijan velvollisuudet määrittelee Sähköturvallisuuslaki (410/96), Sähköturvallisuusasetus (498/96) ja Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (516/96).

Aiemmin tarkastukset on jaettu turvallisuusmääräyksissä kahteen osaan, käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksiin. Sähköturvallisuuslaki jakaa tarkastukset nykyään seuraavasti:

1. käyttöönottotarkastus
2. valtuutettujen tarkastajien tekemät määräaikaistarkastukset
3. verkonhaltijan huolto- ja kunnossapitotoimenpiteisiin liittyvät tarkastukset – kuntotarkastukset. /2/

### 2.1. Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410

Sähkön tuottamisessa, siirrossa ja jakelussa käytettäviin laitteisiin ja laitteistoihin sovelletaan tätä lakia. Nämä laitteet ja laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava, korjattava, huollettava ja käytettävä niin, että niistä ei aiheudu hengen-, terveyden- ja omaisuuden vaaraa. Laitteet ja laitteistot eivät myöskään saa aiheuttaa kohtuutonta sähköistä tai sähkömagneettista häiriötä, eikä niiden toiminta saa olla helposti häiriintyvissä. /17/

Jotta edellä mainittuja rakennus-, korjaus-, huolto- ja käyttötoimia saa tehdä, on töitä johtamaan nimettävä luonnollinen henkilö, jolla on riittävä kelpoisuus. Lisäksi käytössä on oltava tarpeelliset tilat ja työvälineet sekä sähköturvallisuutta koskevat säännökset ja määräykset. /17/

Sähkölaitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa voidaan käyttää tarkastuslaitosten suorittamia testejä, tarkastuksia sekä muita varmentamismenettelyjä. Laitteiston saa ottaa käyttöön vasta kun käyttöönottotarkastuksessa on todettu, että siitä ei aiheudu vaaraa tai häiriötä. Tietynlaisille sähkölaitteistoille on ministeriön määräämissä tapauksissa ennalta laadittava huolto- ja kunnossapito-ohjelma. /17/

Tietyille laitteistoille voidaan määrätä tehtäväksi varmennustarkastus ennen käyttöönottoa tai määrätyn ajan kuluttua. Lisäksi voidaan määrätä, että tietynlaisille laitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastus. Näitä varmennus- ja määräaikaistarkastuksia voi tehdä valtuutettu tarkastaja tai valtuutettu laitos, niin kuin kauppa- ja teollisuusministeriön asetuksella säädetään. Varmennustarkastuksen voi ministeriön määräämissä tapauksissa korvata sähkölaitteiston rakentaneen tai rakentamisesta vastanneen urakoitsijan varmennuksella seuraavin edellytyksin:

1. Urakoitsijalla on riittävästi ammattitaitoista henkilökuntaa, jolla on riittävä kelpoisuus tai perehtyneisyys tarkastustehtäviin.
2. Urakoitsijalla on käytössään rakentamiensa laitteistojen turvallisuuden varmentamiseen riittävät laitteet ja välineet.
3. Urakoitsijalla on puolueettomasti arvioitu ja valvottu järjestelmä, jolla varmistetaan toiminta sähköturvallisuuden osalta, sekä ohjeet toimintaa ja seuranta varten.

Urakoitsija, joka on saanut varmennusoikeuden voi käyttää varmennustarkastukseen ulkopuolista aliurakoitsijaa, jos tämä täyttää kohdan 3 vaatimukset. Urakoitsija kuitenkin vastaa aliurakoitsijalla teettämästään työstä. /17/

Valtuutetun laitoksen ja valtuutetun tarkastajan nimeää hakemuksesta sähköturvallisuusviranomaisen (TUKES), sekä peruuttaa nimeämisen ja valvoo näiden ja varmennusoikeuden omaavien urakoitsijoiden toimintaa. Arviointilaitokselle, valtuutetulle laitokselle ja tarkastuslaitokselle on asetettu seuraavat vaatimukset:

1. ovat puolueettomia ja riippumattomia arviointilaitos- ja tarkastuslaitostehtäviä koskevassa toiminnassa
2. on riittävästi ammattitaitoista henkilöstöä, jolla hyvä tekninen ja ammatillinen koulutus sekä laaja-alainen kokemus toimintaan perehdytettävissä tehtävissä
3. on käytössään toiminnan vaatimat laitteet, välineet ja järjestelmät
4. omaavat puolueettomasti arvioidun ja valvotun järjestelmän, jolla toiminnan laatu varmistetaan, sekä asianmukaiset ohjeet toimintaa ja sen seuraamista varten
5. riittävä vakuutus toiminnasta aiheutuvien vahinkojen korvaamiseksi /17/

Nämä laitokset voivat käyttää aliurakoitsijaa, joka täyttää ensimmäisen kohdan vaatimukset, vastaten kuitenkin aliurakoitsijalla teettämästään työstä. Valtuutetun tarkastajan tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

1. on riippumaton ja puolueeton tarkastustehtäviä koskevassa toiminnassaan
2. on riittävä ammattitaito ja kokemus
3. käytössä toiminnan edellyttämät laitteet, välineet ja järjestelmät
4. pystyy osoittamaan luotettavasti, miten hän varmistaa toimintansa laadun sähköturvallisuuden osalta
5. riittävä vakuutus toiminnasta aiheutuvien vahinkojen korvaamiseksi. /17/

Mikäli oikeuden saanut urakoitsija, aliurakoitsija, laitos tai tarkastaja toimii säännösten tai määräysten vastaisesti tai ei täytä asetettuja vaatimuksia, voi nimennyt tai oikeuden myöntänyt viranomainen peruuttaa oikeuden harjoittaa kyseistä toimintaa. /17/

Uutena liittymänä käyttöönotetuista sähkölaitteistoista ministeriön määräämissä tapauksissa on jakeluverkonhaltijan tallennettava liittymän tiedot rekisteriinsä. Varmennus- ja määräaikaistarkastuksista on ministeriön määräämissä tapauksissa tehtävä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaisen tai sen jakeluverkonhaltijan rekisteriin, jonka vastuualueella sähkölaitteisto sijaitsee. Käyttöönotto- ja varmennustarkastuksista sekä ilmoituksen tekemisestä huolehtii sähkölaitteiston rakentaja. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, on sähkölaitteiston haltijan huolehdittava ilmoitusten tekemisestä. Ministeriö voi määrätä, että tietynlaisille sähkölaitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastus, josta tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia. Ilmoituksen rekisteriin tekee tarkastuksen tekijä tai jos tämä laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan siitä, on sähkölaitteiston haltijan huolehdittava ilmoituksen tekemisestä. Sähkölaitteen tai -laitteiston tai sen huollon tai käytön ollessa määräystenvastainen on sähköturvallisuusviranomaisen kehotettava haltijaa korjaamaan puutteet ja laiminlyönnit määräajassa tai kiellettävä laitteiston käyttö, ellei tästä aiheudu kohtuutonta haittaa käyttäjille. /17/

Valtuutetun tarkastajan havaitessa tarkastuksen yhteydessä laitteiston aiheuttavan välitöntä vaaraa, on siitä tarkastajan ilmoitettava kirjallisesti haltijalle ja kehotettava lopettamaan

laitteiston käyttö sekä lähetettävä viipymättä jäljennös ilmoituksesta sähköturvallisuusviranomaiselle, jonka on tarvittaessa ryhdyttävä toimenpiteisiin. /17/

Ellei tätä lakia noudateta sähkölaitteiston rakentamisessa, huollossa tai käytössä, voi sähköturvallisuusviranomaisen kieltää toiminnan tai rajoittaa sitä. /17/

## **2.2. Sähköturvallisuusasetus 28.6.1996/498**

Urakoitsijan, laitoksen tai tarkastajan hakiessa varmennusoikeutta sähköturvallisuusviranomaiselta tulee hakemukseen liittää sähkötuallisuuslaissa mainittujen vaatimusten lisäksi: Mittatekniikan keskuksen tai vastaavan organisaation antama todistus, selvitys tai muu selvitys, jonka ministeriö tarkastuslaitoksen osalta ja sähköturvallisuusviranomaisen muiden osalta harkitsee riittäväksi. Jos asetetut vaatimukset täyttyvät, nimeää ministeriö laitoksen tarkastuslaitokseksi. Vastaavasti sähköturvallisuusviranomaisen, varmistuttuaan vaatimusten täytyvän, on nimettävä laitos arviointilaitokseksi tai valtuutetuksi laitokseksi ja vastaavasti henkilö valtuutetuksi tarkastajaksi. Urakoitsijalle on myönnettävä varmennusoikeus vaatimusten täytyessä. Tämä oikeus voidaan myös myöntää hakemuksesta rajoitettuna. Laitos voidaan nimetä määräajaksi tai toistaiseksi voimassa olevaksi, kun taas urakoitsijan tai valtuutetun tarkastajan varmennusoikeus on kerrallaan voimassa enintään viisi vuotta. /17/

Näiden varmennusoikeuden saaneiden tahojen on ilmoitettava kaikista muutoksista, joilla on vaikutusta asetettujen vaatimusten täyttymiseen, sekä annettava vuosittain kertomus toiminnastaan valvontaviranomaiselle. Mikäli varmennusoikeuden saaneet tahot eivät täytä vaatimuksia, noudata asetettuja ehtoja ja rajoituksia tai toimivat määräysten vastaisesti, on oikeuden myöntäneen viranomaisen kehotettava korjaamaan puute määräajassa. Jos puutetta ei korjata tai tilanteen vakavuus sitä edellyttää, on viranomaisen ryhdyttävä toimiin oikeuden peruuttamiseksi. /17/

Sähköturvallisuuden neuvottelukunta toimii ministeriön ja sähköturvallisuusviranomaisen apuna sähköturvallisuuslain ja sen nojalla annettujen asetusten määräysten mukaisissa asioiden käsittelyissä. Neuvottelukunnan tehtävänä on:

1. sähköalan ja viranomaisten välisen yhteistyön edistäminen
2. yleisten sähköturvallisuutta koskevien suuntaviivojen määrittäminen
3. sähköturvallisuuden edistäminen
4. sähköturvallisuuden kansainvälisen yhteistyön seuraaminen ja edistäminen
5. sähköturvallisuuden tutkimuksen ja kehityksen seuraaminen
6. esityksien ja aloitteiden tekeminen sähköturvallisuutta koskevan tutkimus-, koulutus-, ja tiedotustoiminnan kehittämiseksi
7. sähköturvallisuutta koskevien säännösten, määräysten ja ohjeiden valmistelussa avustaminen
8. sähköturvallisuutta koskevissa asioissa asiantuntijana toimiminen
9. sähköturvallisuutta koskevien aloitteiden tekeminen
10. muiden ministeriön ja sähköturvallisuusviranomaisen sille antamien valmistelutehtävien hoitaminen. /17/

Sähköturvallisuuden valvontaa ja mahdollisten henkilövahinkojen selvittämistä varten on jakeluverkonhaltijan tallennettava rekisteriinsä jakeluverkkoonsa liitettävien laitteistojen tiedot, joista käy ilmi laitteiston tyyppi, haltija, rakentaja ja tarkastaja. /17/

### **2.3. KTMP sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193**

Tämä päätös koskee sähköturvallisuuslaissa tarkoitettuja sähkölaitteistoja ja niiden rakenteellista ja toiminnallista turvallisuutta. Sähköturvallisuuslaissa sanotaan, että sähkölaitteiden ja -laitteistojen on oltava sellaisia, ettei niistä aiheudu vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Lisäksi sähkölaitteistojen on täytettävä liitteessä 1 luetellut olennaiset turvallisuusvaatimukset, huomioon ottaen Suomen olosuhteet ja Suomessa noudatettavat asennustavat. /17/

Jos laitteistot suunnitellaan, rakennetaan ja korjataan soveltaen standardeja tai julkaisuja, jotka sähköturvallisuusviranomaisen on vahvistanut, katsotaan, että liitteen 1 olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät. Näistä standardeista on mahdollista poiketa, jos ennen sähkölaitteiston rakentamista ja korjaamista tehdään kirjallinen selvitys olennaisten

turvallisuusvaatimusten täyttymisestä. Selvityksestä tulee ilmetä valitut ratkaisut ja kuvaus miten olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttyvät näillä ratkaisuilla, tilaajan antama suostumus standardeista tai julkaisuista poikkeamiseen sekä tämän selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus. Lisäksi selvitys on liitettävä kyseisen sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuspöytäkirjaan. /17/

Käyttöolosuhteiden muuttuessa on sähkölaitteiston haltijan ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin, joilla varmistetaan sähkölaitteiston turvallisuus myös muuttuneissa olosuhteissa. /17/

Tämä kauppa- ja teollisuusministeriön päätös on tullut voimaan 2.1.2000. Ennen tätä päivämäärää rakennettuja sähkölaitteistoja ei tarvitse muuttaa vastaamaan tätä päätöstä, jos niistä ei aiheudu sähköturvallisuuslaissa mainittua vaaraa. /17/

#### **2.4. KTMP sähköalan töistä 5.7.1996/516**

Tämän päätöksen 1§ määrittelee sähkötyön seuraavasti:

”Sähkötyöllä tarkoitetaan sähkölaitteen korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteiston rakennus-, korjaus ja huoltotöitä.” Sähkölaitteiden ja -laitteistojen, jotka on tehty luotettavasti jännitteettömäksi, purkutyö ei ole sähkötyötä. /17/

Toiminnanharjoittajan on nimettävä sähkötöiden johtaja ja tehtävä tästä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle ennen toiminnan aloittamista. Sähkötöiden johtajaa ei vaadita jos on kyse käyttötöistä tai sähköalan töistä, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriötä tai sähkötyöstä, joka kohdistuu omaan tai lähisukulaisen hallinnassa olevaan asuinrakennuksen sähkölaitteistoon tai vähäiseen kertaluonteiseen työhön johon tekijällä on riittävä pätevyys. Lähisukulaiselle tehty sähkötyö kuitenkin vaatii varmennustarkastuksen, ellei kyse ole vähäisestä työstä. /17/

Sähkötöiden johtajalle on annettava riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä. Sähkötöiden johtajan velvollisuuksiin kuuluu valvoa, että sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia, sähkölaitteet ja -laitteistot ovat lain, säännösten ja määräysten

mukaisia ennen käyttöönottoa tai toiselle luovuttamista sekä henkilöt, jotka tekevät sähkötöitä, ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja tehtäviinsä. /17/

Sähkölaitteiston käyttötoimenpiteitä ja niihin verrattavia korjaus- ja huoltotöitä sekä sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastustoimenpiteitä kutsutaan käyttötyöksi. Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käytön johtaja, jos laitteistoon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia tai jos sähkölaitteiston liittymisteho on yli 1600 kilovolttiampeeria. Nimeämästään käytön johtajasta on sähkölaitteiston haltijan tehtävä ilmoitus sähköturvallisuusviranomaiselle kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta. Sähköpätevyys 1 oikeuttaa toimimaan sähkötöiden johtajana ja käytön johtajana, ellei hissipätevyyksissä toisin määrätä. /17/

Käytön johtajan on saatava tarvittavat tiedot sähkölaitteiston rakennus- ja korjaustöistä sekä niihin liittyvistä tarkastuksista, lisäksi käytön johtajalla on oltava riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa käyttötöitä. Käytön johtajan velvollisuuksiin kuuluu valvoa, että sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, säännöksiä ja määräyksiä sekä henkilöt, jotka tekevät käyttötöitä, ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja tehtäviinsä. /17/

Mikäli sähkötöiden johtajan tai käytön johtajan todetaan hoitavan tehtäviään puutteellisesti tai virheellisesti voi sähköturvallisuusviranomaisen rajoittaa tai kieltää häntä toimimasta töiden johtajana. Näistä toimenpiteistä on välittömästi ilmoitettava toiminnanharjoittajalle tai sähkölaitteiston haltijalle. /17/

#### **2.4.1. Sähkötyöturvallisuus 17.12.1999/1194**

Tätä sovelletaan sähköalan töihin, joista voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaaraa, sekä muuhun työhön sähkölaitteistojen läheisyydessä. Töihin, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa ja häiriötä, tätä sovelletaan soveltuvilta osin. /17/

Ennen sähköalan tai muun työn sähkölaitteen läheisyydessä aloittamista, on selvitettävä laitteen rakenne, arvioitava työhön liittyvät vaaratekijät ja ryhdyttävä näiden perusteella sähkötyöturvallisuuden kannalta riittäviin toimenpiteisiin. Tehtäessä sähköalan töitä, on

noudatettava vakiintuneita ja turvallisiksi havaittuja menetelmiä, mikäli työ kuitenkin joudutaan tekemään poikkeuksellisella tai uudella menetelmällä, on mahdolliset vaaratekijät arvioitava ja otettava huomioon. Tarvittaessa on laadittava täydentäviä työmenetelmäohjeita tai työkohtaisia kirjallisia ohjeita. /17/

Riittävän ammattitaitoinen henkilö on nimettävä valvomaan työtä jokaisessa työkohteessa, tämä henkilö voi osallistua työhön tai tehdä työn kokonaan itse. Työntekijää on koulutettava ja opastettava, että tiedot jatkuvasti vastaavat työn vaatimuksia, lisäksi työssä sovellettavat ohjeet ja standardit on oltava aina saatavilla. Tietojen sisäistäminen on varmistettava kuulustelulla tai vastaavalla menetelmällä. /17/

Sähköalan töissä saa käyttää vain siihen tarkoitettuja tai soveltuvia turvallisia työvälineitä, joiden turvallisuus on varmistettava ennen työn aloittamista ja tarvittaessa työn aikana. Sähkölaitteisto, johon työ kohdistuu, on tehtävä jännitteettömäksi. Jos seuraavat toimenpiteet on suoritettu ennen työn aloittamista, katsotaan laitteisto jännitteettömäksi:

1. Työkohde on erotettu käyttöjännitteestä luotettavasti jokaisesta syöttösuunnasta.
2. Jännitteen kytkeminen työkohteeseen työn aikana on estetty luotettavasti
3. Työkohde on luotettavasti todettu jännitteettömäksi.
4. Työkohde on työmaadoitettu asianmukaisilla välineillä, jos kyseessä on nimellisjännitteeltään yli 1000 voltin sähkölaitteisto tai kyseessä on avojohto tai suurivirtainen sähkökeskus.
5. Työkohteen läheisyydessä olevat jännitteiset osat on eristetty luotettavasti työalueesta tai alueesta, johon voi ulottua työvälineillä ja tarvikkeilla.

Jännitteen kytkeminen takaisin työkohteena olleeseen sähkölaitteistoon on sallittu vasta, kun kaikki työt on lopetettu ja työmaadoitukset on purettu sekä on varmistuttu kytkemisen turvallisuudesta. /17/

Sähköalan työ voi kohdistua myös jännitteisiin osiin, jos kohteen jännitteettömyys aiheuttaa suurta haittaa ja työ tehdään siten, että työstä ei aiheudu sähköiskun tai valokaaren vaaraa, noudattaen seuraavaa:



1. Työn suorittavat riittävän ammattitaitoiset henkilöt, joilla jännitteiseen työhön vaadittava erikoiskoulutus ja heidät on perehdytetty kyseiseen työmenetelmään.
2. Työhön on olemassa riittävät kirjalliset ohjeet.
3. Työn tekemiseen on käytössä siihen tarkoitettut turvalliset työvälineet ja varusteet.
4. Työturvallisuus varmistetaan olosuhteiden vaatimin toimenpitein.
5. Työ ei lisää räjähdys-, palo tai muuta vastaavaa vaaraa. /17/

Turvallinen työalue on tarvittaessa merkittävä varoituskilvin ja rajattava puomein ja suojuksin sekä läheiset jännitteiset osat on eristettävä luotettavasti. Tässä on otettava huomioon sähkölaitteiston jännitetaso, työvälineet ja työskentelytapa. On myös huolehdittava siitä, että mentäessä tai poistuttaessa työkohteesta ei jouduta vahingossa tai tietämättä suojaamattomien jännitteisten osien läheisyyteen. /17/

Turvallisuusvaatimukset katsotaan täytetyiksi, kun noudatetaan virallisen standardointielimen vahvistamia standardeja ja julkaisuja, jotka ovat julkisesti saatavilla. Sähköturvallisuusviranomainen vahvistaa standardien luettelon sähköturvallisuuden neuvottelukunnan lausunnon perusteella ja pitää luetteloa saatavilla. /17/

Standardeista poikkeaminen on mahdollista, jos laaditaan kirjallinen selvitys turvallisuusvaatimusten täyttymisestä ennen työn aloittamista. Selvityksestä tulee käydä ilmi:

1. turvallisuusvaatimusten täyttämiseksi valitut ratkaisut
2. kuvaus, miten valitut ratkaisut täyttävät turvallisuusvaatimukset
3. selvityksen laatijan yksilöinti ja allekirjoitus. /17/

## **2.5. KTMP sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517**

Päätös koskee sähkölaitteiston tarkastuksia, huoltoa ja kunnossapitoa. ”Tässä päätöksessä tarkoitetaan:

1. luokan 1 sähkölaitteistolla:

- a) sähkölaitteistoa, joka on asuinrakennuksessa ja jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa
  - b) muuta kuin asuinrakennuksen sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena on nimellisvirraltaan yli 35 ampeerin ylivirtasuoja ja, joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3
  - d) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta
2. luokan 2 sähkölaitteistolla:
- b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sairaalassa, terveyskeskuksessa tai yksityisellä lääkäriasemalla, jossa ei tehdä yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä
  - c) sähkölaitteistoa, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja
  - d) sähkölaitteistoa, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1600 kilovolttiampeeria
3. luokan 3 laitteistolla:
- a) sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa
  - b) lääkintätilojen sähkölaitteistoa sellaisessa sairaalassa tai terveyskeskuksessa taikka sellaisella yksityisellä lääkäriasemalla, jossa tehdään yleisanestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä kirurgisia toimenpiteitä
  - c) verkonhaltijan jakelu-, siirto ja muuta vastaavaa sähköverkkoa”. /17/

### 2.5.1. Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus on tehtävä sähkölaitteistolle ja tarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitettävä, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslaissa tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Tarkastuksesta on laadittava sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, josta käy ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston

säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Lisäksi tarkastuksen tehneen henkilön on allekirjoitettava pöytäkirja. Pöytäkirjaa ei edellytetä seuraavissa tapauksissa, näistä on kuitenkin annettava sähkölaitteiston testausten tulokset tarvittaessa laitteiston haltijalle:

1. vain vähäistä vaaraa tai häiriötä aiheutuvista töistä
2. vaihtojännitteeltä enintään 50 voltin nimellisjännitteisten tai tasajännitteeltä enintään 120 voltin nimellisjännitteisten sähkölaitteistojen asennuksista
3. yksittäisten komponenttien vaihdoista tai lisäyksistä tai vastaavista toimenpiteistä
4. enintään 1000 voltin nimellisjännitteisten yksittäisten kojeiden muutostöistä
5. enintään 1000 voltin nimellisjännitteisiin kytkinlaitoksiin kohdistuvista muutostöistä, joissa ei laitoksen nimellisarvoja muuteta
6. tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. /17/

### **2.5.2. Huolto ja kunnossapito**

Sähkölaitteiston kuntoa ja turvallisuutta on valvottava ja laitteiston haltijan on huolehdittava, että havaitut viat ja puutteet korjataan riittävän nopeasti. Tätä varten luokkien 2 ja 3 laitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä huolto-ohjelma. Muiden luokkien laitteistoille riittää käyttö- ja huolto-ohje. /17/

### **2.6. Valtuutettujen tarkastajien tekemät tarkastukset**

Varmennustarkastus edellytetään tehtäväksi aina sähköjakelu- ja siirtoverkoille. Tarkastuksen voi tehdä valtuutetun tarkastajan tai tarkastuslaitoksen lisäksi, urakoitsija, jolle TUKES on myöntänyt oikeuden oman työn varmentamiseen. /4/

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 517/1996 mukaan määräaikaistarkastus edellytetään tehtäväksi verkonhaltijan sähkölaitteistolle vähintään viiden vuoden välein. Tarkastuksen tekee valtuutettu laitos tai tarkastaja. /27/

### **2.6.1. Varmennustarkastus**

Käyttöönototarkastuksen lisäksi on sähkölaitteistolle sähköturvallisuuden varmistamiseksi tehtävä varmennustarkastus, kun on kyseessä 1-3 luokan laitteisto. Myös tällaisten laitteistojen muutostöille on tehtävä varmennustarkastus, ellei kyseessä ole kohdassa 2.5.1 käyttöönototarkastukset mainitut sähköalan työt, joista ei edellytetä tarkastuspöytäkirjaa. /17/

Varmennustarkastusta ei edellytetä luokissa 1, 2 ja 3b ja 3c tehtävissä sähkölaitteistojen muutostöissä lukuun ottamatta leikkaussaleissa olevia sähkölaitteistoja, kun:

1. muutostyön kohteena olevan laitteiston nimellisjännite on enintään 1000 volttia ja työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta on enintään 35 ampeeria ja jos käytön ja huoltotöiden johtajaa ei vaadita, ja muutoin 250 ampeeria
  2. muutostyön kohteena on kytkinlaitos eikä sen nimellisarvoja muuteta.
- /17/

Sähkölaitteiston varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai vastaavalla menetelmällä varmistuttava, että laitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason ja sille on tehty käyttöönototarkastus. Varmennustarkastus on tehtävä ennen laitteiston ottoa varsinaiseen käyttötarkoitukseensa. Luokan 1 ja 2 laitteistoille varmennustarkastus voidaan tehdä kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta ja verkonhaltijan kalenterivuoden aikana rakennetuille sähköverkoille seuraavan kalenterivuoden aikana. Varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos, tai valtuutettu tarkastaja muille kuin kohdan 3a laitteistoille. Samoin varmennustarkastus voidaan korvata varmennusoikeuden omaavan laitteiston rakentaneen urakoitsijan varmennuksella, muissa kuin luokan 3a laitteistoissa. Näistä toimenpiteistä on laadittava sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus, josta käy ilmi kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmä, testaustulokset ja selvitys laitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta sekä

tarkastukseen osallistuneet henkilöt. Tarkastuksen tehneen henkilön on allekirjoitettava todistus. /15/, /17/

Ennen teknistä tarkastusta tutustutaan kohteen asiakirjoihin. Aluksi selvitetään sähkölaitteiston luokka, laajuus ja rajat, mitä asiakirjoja ja valmistajan ohjeita on käytetty sekä mahdolliset poikkeamat määräyksistä ja standardeista. Teknisen tarkastuksen alussa on selvitettävä tarkastustyössä huomioitavat työsuojelutoimenpiteet, erityisohjeet ja rajoitukset. Tarkastuksen aikana on varmistuttava, ettei tarkastuksissa ja testauksissa aiheuteta hengen tai omaisuuden vaaraa, eikä asennettuja laitteita vahingoiteta. Tarkastuksessa huomioitavaa:

- asennustilojen ja – paikkojen tarkastus
- satunnaisessa ja harkinnanvaraisessa tarkastuksessa huomioidaan laajuuden riittävyys
- puutteiden tullessa esille, on niiden laajuus selvitettävä lisäämällä pistokokeita ja arvioitava puutteiden vaikutus sähköturvallisuustasoon
- otokset valittava niin, että laitteiston erilaiset osat ja asennustavat tulevat riittävästi esille. /15/

### **2.6.2. Määräaikaistarkastus**

Sähkölaitteistoille, jotka ovat käytössä, on tehtävä määräaikaistarkastus seuraavasti:

1. luokan 1 laitteille 15 vuoden välein, lukuun ottamatta asuinrakennuksia, mikäli asuinrakennuksessa on liiketiloja tai pääsiassa muita kuin asumiskäyttöön tarkoitettuja tiloja, joiden sähkölaitteistojen ylivirtasuojana toimii nimellisvirraltaan yli 35 ampeerin suoja, on näiden tilojen laitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus 15 vuoden välein
2. luokan 2 laitteistoille kymmenen vuoden välein
3. luokan 3 laitteistoille viiden vuoden välein. /17/

Määräaikaistarkastuksen tarkoituksena on selvittää riittävässä laajuudessa pistokokein tai vastaavalla menetelmällä sähkölaitteiston käytön olevan turvallista, laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet. Laitteiston käyttö- ja huolto-ohjeet, tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä sekä laitteiston

laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. Tarkastuksesta on laadittava tarkastuspöytäkirja laitteiston haltijan käyttöön. Pöytäkirjasta on käytävä ilmi kohteen yksilöintitiedot ja havaitut puutteet. Pöytäkirja on allekirjoitettava. /17/

Määräaikaistarkastukseen voi kuulua silmämääräisiä tarkastuksia sekä mittauksia, tarkastettavia asioita ovat:

- laitteiden ominaisarvot
- jännitteisten osien väliset vähimmäisetäisyydet sekä jännitteisten osien ja maan potentiaaliväliset vähimmäisetäisyydet
- vähimmäiskorkeudet ja suojaetäisyydet
- laitteiden kunto
- asetusarvot
- merkinnät
- dokumentoinnin ajantasaisuus
- työ-, suoja- ja käyttövälineet
- käyttö- ja huolto-ohjeet
- maadoitukset. /19/

### **3. KESKIJÄNNITETARKASTUKSET**

Sähköturvallisuuslain (410/1996) ja ministeriön päätöksen (KTMP 517/1996) mukaan sähkölaitteistoille ja -laitteille tehtävät tarkastukset jaetaan käyttöönotto- (oman työn tarkastus), varmennus-, määräaikais- ja kuntotarkastuksiin. /27/

Urakoitsijoiden, sähköverkonhaltijoiden ja valtuutettujen tarkastajien sekä laitosten tekemät tarkastukset ovat keskeisessä roolissa sähkölaitteiston turvallisuuden varmistamisessa. Muita tärkeitä keinoja ovat sähkötöiden tekemistä koskevat ehdot ja pätevyysvaatimukset, kunnonvalvonta ja kunnossapitotoiminta sekä sähkölaitteistoja ja työturvallisuutta koskevat standardit. Helpoin tapa varmistaa turvallisuusvaatimusten täytyminen on rakentaa laitteistot standardien vaatimusten mukaisiksi. Suomessa nämä vaatimukset täyttyvät, kun noudatetaan standardisarjoja SFS 6000 pienjännitesähköasennukset, SFS 6001 suurjännitesähköasennukset, SFS 6002 sähkötyöturvallisuus, räjähdysvaarallisia tiloja koskevat standardit sekä suurjänniteilmajohtoja käsittelevä standardisarja EN 50341 ja 1-45kV:n ilmajohtoja koskeva EN 50423. /4/

#### **3.1. Käyttöönottotarkastukset**

Käyttöönottotarkastus on tehtävä kaikille sähkölaitteistoille aina ennen niiden käyttöönottoa. Tarkastuksen tekee urakoitsija, joka on rakentanut laitteiston. /4/

Erityistä huomiota tarkastuksessa on kiinnitettävä ylivirta- ja maasulkusuojien sekä näiden apusähköjärjestelmien toiminnan luotettavuuteen ja selektiivisyyteen. Myös alijännite- ja maasulkuhälytysten sekä laukaisujen toiminnan luotettavuudesta on varmistuttava. Suojareleasetteluiden on vastattava verkon kulloistakin kytkentätilannetta. Muutostöiden yhteydessä on aina syytä varmistua verkon suojauksen selektiivisyyden toteutumisesta. Maadoitusjohtimien ja liitosten kunto on tarkastettava ennen käyttöönottoa ja maadoitusarvojen lopullinen mittaus tehdään viimeistään asennusta seuraavana vuonna sulan maan aikana. /27/

### 3.1.1. Yleistä

Tarkastus on tehtävä siinä laajuudessa kuin on rakennettu uutta tai muutettu vanhaa verkkoa. Urakoitsija tekee tarkastuksen ja täyttää tarkastuspöytäkirjan aina, vaikka vikoja ei olisikaan. Tarkastus tehdään työn edetessä vaiheittain, piiloon jäävät asennukset tarkastetaan ennen niiden peittämistä. Pöytäkirja mahdollisine mittaus- tai testauspöytäkirjoinen annetaan tilaajalle liitettäväksi loppupiirustuksiin ja asiakirjoihin, joihin on myös dokumentoitu mahdolliset poikkeamat suunnitelmista. Tarkastuspöytäkirjasta on käytävä ilmi kohteen yksilölliset tiedot ja työn nimi. Lisäksi merkitään standardit, joiden mukaan työ ja tarkastus on suoritettu. Pöytäkirja on päivättävä, allekirjoitettava sekä merkittävä, onko riittävä turvallisuustaso saavutettu. Mahdolliset viat ja puutteet on korjattava mahdollisimman pian. Korjaamisen jäädessä myöhemmäksi, vika on yksilöitävä ja merkittävä pöytäkirjaan tarkasti, jotta se on varmasti löydettävissä myöhemmin. Seuraavissa osissa käsitellään tarkemmin verkon eri komponenttien tarkastuksia. /2/

### 3.1.2. Jakelumuuntamot

Suomessa olevilla jakelumuuntamolla muunnetaan yleensä 20 kilovoltin jännite useimmiten 400 voltiksi. Näitä muuntamoja rakennetaan sähköistettäessä uusia rakennusalueita sekä saneerattaessa vanhaa verkkoa. Pylväsmuuntamoita käytetään yleensä haja-asutusalueilla, missä tehon tarve on pienempi kuin taajamissa. Pylväsmuuntamot ovat teholtaan yleensä enintään 315 kilovolttiampeeria, mutta joskus jopa 800kVA. Puisto- ja kiinteistömuuntamot soveltuvat suuremman tehomahdollisuuden vuoksi paremmin taajamiin. /4/, /10/

#### 3.1.2.1. Pylväsmuuntamot

Käyttöönottotarkastuksessa on huomioitava laitteiden ominaisarvojen, mitoitusarvot mukaan lukien, sopivuus työkohteen vastaaviin arvoihin. Kaavioiden on vastattava asennuksia sekä mahdolliset muutokset on dokumentoitu loppupiirustuksiin ja luovutusasiakirjoihin. Lisäksi on tarkastettava, että asennuksissa on noudatettu valmistajien antamia ohjeita sekä mahdolliset valmistajien antamat käyttö- ja huolto-ohjeet on liitettävä loppudokumentteihin. Tarkastetaan etäisyysvaatimusten täytyminen muihin johtoihin,

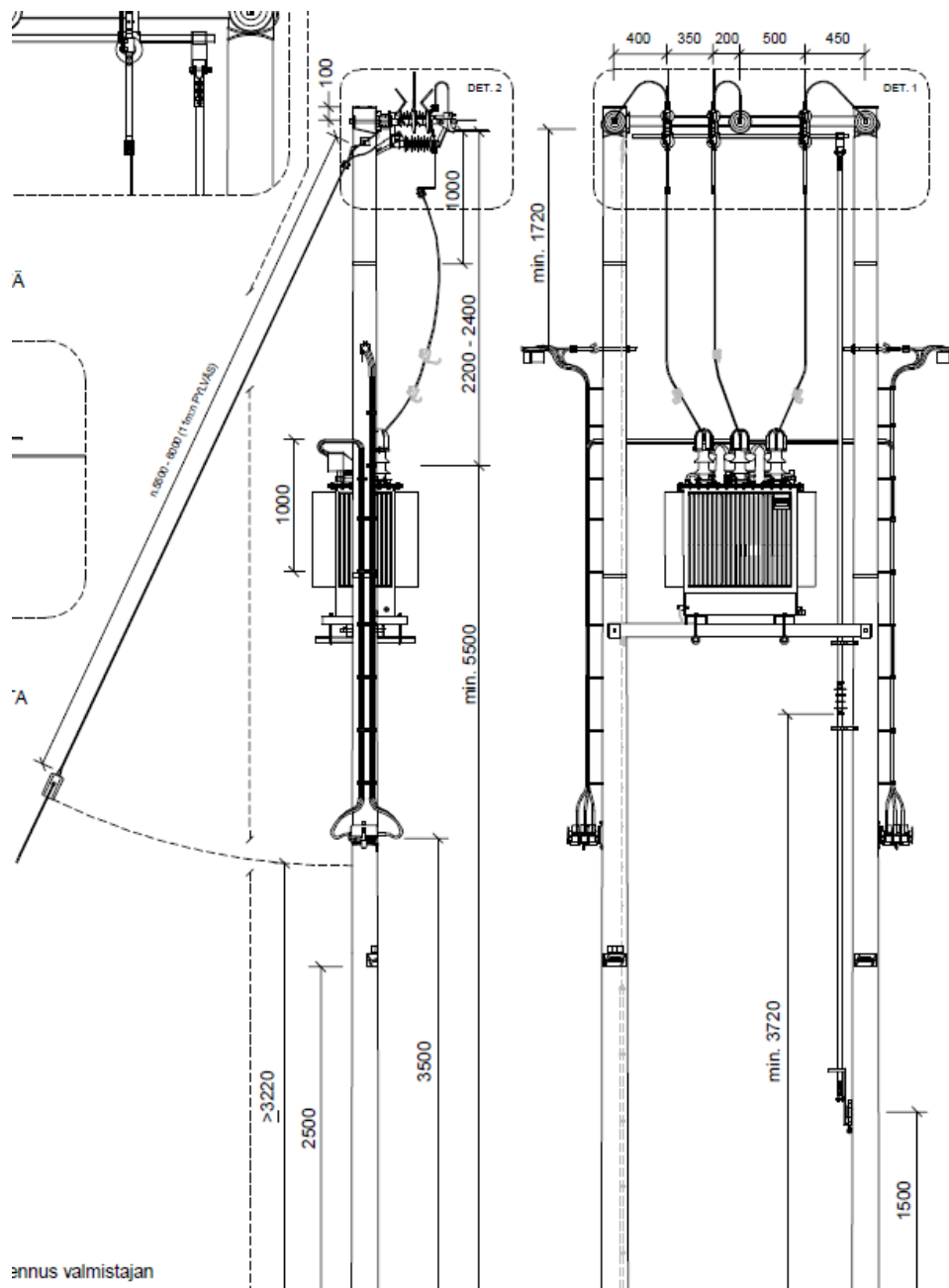


maan- tai vedenpintaan, kulkuväyliin ja rakennuksiin, suositus on vähintään 15m lähimpään rakennukseen. Taulukossa 1 on etäisyydet maanpinnasta ja kuvassa 1 on pylväsmuuntamon mitoituspiirustus. Pylväsmuuntamon sijoitus ei saa estää näkyvyyttä liikenteelle ja rakenteet eivät saa aiheuttaa vaaraa alueella liikkuville eivätkä muodostaa helposti kiivettävää reittiä paljaiden jännitteisten osien läheisyyteen. Johdin- ja kiskoliitosten sopivuus ja kireys tulee tarkastaa sekä kj- ja pj-puolen eläinsuojat ovat suunnitelman mukaiset. /2/, /10/

**Taulukko 1. Etäisyydet maanpinnasta vähintään /2/, /18/, /29/**

Johto	Metsä, pelto, piha, yms.		Valtatie, kantatie, ylikorkeat kuljetukset	Muut tiet	Rakennukseen päätyvä johto	
	[kV]	Yleensä [m]				Jääkuorma [m]
0,4 riippu		4,0	s 4,0	7,8	7,0	3,5
0,4 avo		5,0	4,0	7,8	7,0	
20 riippu		5,6	s 4,0	7,8	7,0	
20 avo		5,6	4,5	8,3	7,5	
45 avo		5,6	4,5	8,3	7,5	
110 avo		5,9	4,9	8,7	7,9	

s= suositusmitta



**Kuva 1. Pylväsmuuntamo ja erotin /2/**

Muuntamon merkintöjen tulee olla kunnossa, tunnus, hengenvaara- ja erotinosoitinkilpi mikäli muuntajaerotin ei sijaitse muuntamolla. Tärkeää on käydä yksiselitteisesti ilmi, mistä muuntajan voi erottaa jännitteettömäksi. Muuntamon tunnus- ja pääkeskuskiilpien sekä pj-lähtöjen ja sulakemerkintöjen tulee vastata suunnitelmia ja olla tilaajan vaatimusten mukaiset. Tarkastetaan, että muuntamolla on keltaiset kiipeämisvaroitusnauhat. /2/

Tarkastetaan kj-orsien, eristimien, pitimien ja siteiden kunto ja asennuksen suunnitelman mukaisuus. Nykyisin jokaisessa pylväsmuuntamossa on oltava oma erotin, jolla muuntaja voidaan tarvittaessa erottaa verkosta, vain tietyin edellytyksin erotin voidaan sijoittaa muualle syöttävään johtoon. Testataan erottimen toiminta, että se aukeaa ja menee kiinni vaivattomasti, toimii kaikinapaisesti yhtä aikaa ja avausväli on auki-asennossa riittävä. Lisäksi erottimen ollessa auki-asennossa sen jännitteisten osien ja muuntajan pienjänniteliittimien välissä on HeadPowerin ohjeen mukaan oltava vähintään 2200 millimetrin tila, kuva 1. Kaukokäyttöerottimien moottorinohjauksen toiminta on testattava kauko- ja paikallisohjauksella sekä käsin. Ohjauslaitteiden kiinnitys, tuenta, asennuskorkeus ja lukitus on myös tarkastettava. /2/, /10/

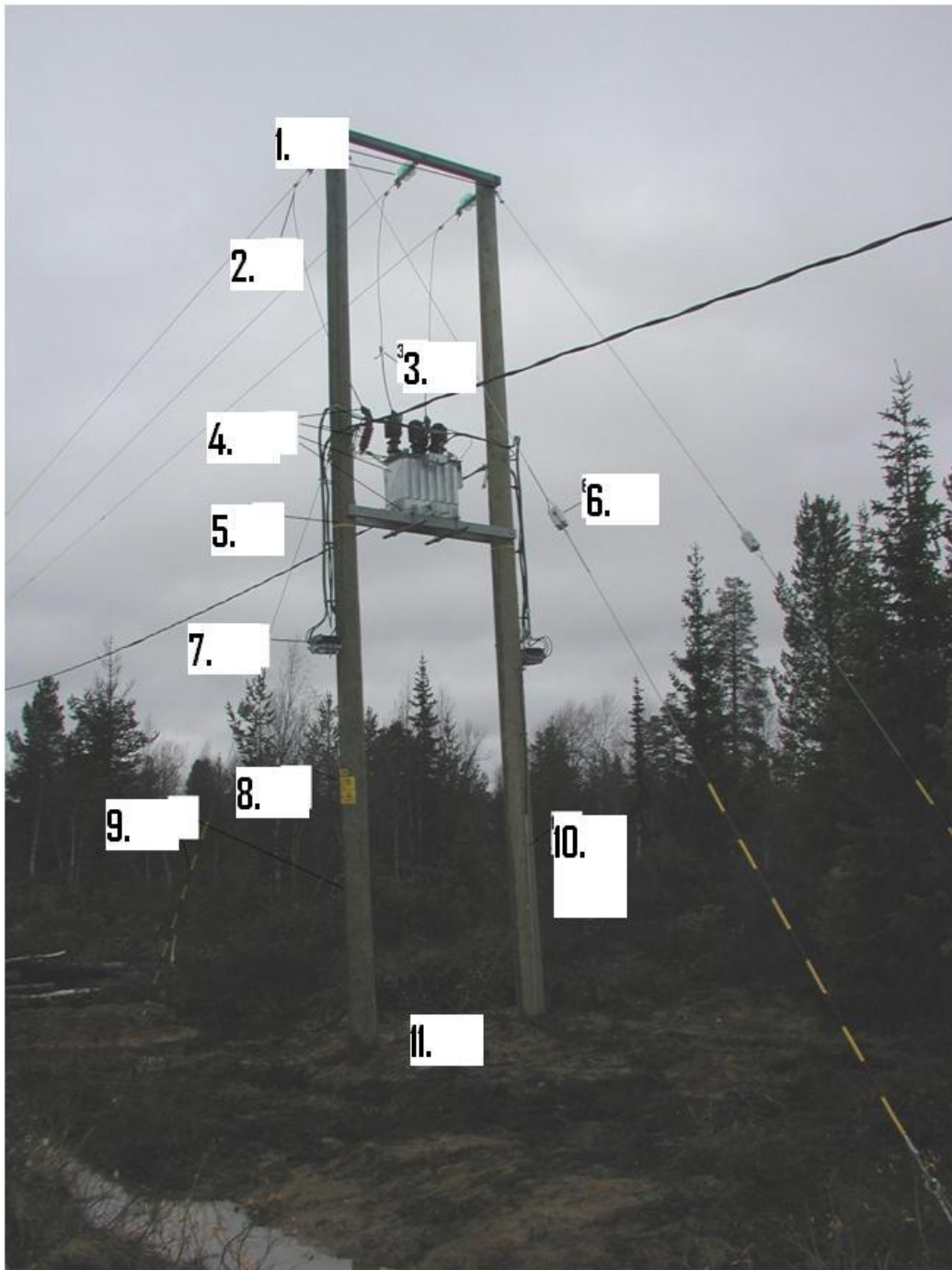
Tarkastetaan kytkentäjohtimien tyyppi, sopivuus sekä liitokset. Liikkuvissa osissa olevat johtimet eivät saa olla liian kireällä tai löysällä. Tarkastetaan työmaadoituskohtien suunnitelman mukaisuus. Asemalla saa olla vain yksi ylijännitesuojaustapa käytössä. Alle 200kVA:n muuntajilla voi olla kaksoiskipinävälisuoja erottimella tai ilmajohdon vetoeristimellä, tai kipinävälisuojan ja metallioksidisuojan yhdistelmä, joka vähentää jälleenkytkentöjä. Yli 200kVA:n muuntajille asennetaan nykyään metallioksidisuojat muuntajan kannelle. /2/, /10/

Muuntajan tarkastuksessa tulee tarkastaa muuntajan kiinnitys, pinnoite, öljysäiliö ja öljymäärä, asennuskorkeus vähintään 5,5 metriä maasta alajännitepuolen paljaisiin jännitteisiin osiin, väliottokytkimen asento ja portaiden lukumäärä sekä eristimien kunto. Muuntajassa ei saa olla öljyvuotoja, tarkastetaan kannen läpivientitiivisteet, muut tiivisteet ja saumat. Ilmoitetaan tilaajan vaatimat muuntajan ominaistiedot erillisellä lomakkeella. Muuntajan sarjanumero merkitään tarkastuspöytäkirjaan. /2/, /10/

Pienjännitelaitteiden tarkastukseen kuuluu jakokaapin, pylväsvarokekytkimen tai muun pj-keskuksen katkaisijoiden ja kytkimien tarkastus. Tarkastetaan syöttöjohtojen asennuksen suunnitelmanmukaisuus. Varokekytkimen toiminta testataan ja mahdollisten ohjauskaapeleiden kunto tarkastetaan. /2/

Muuntamon maadoitukset tarkastetaan. Muuntajan rungon tulee olla maadoitettu, mikäli valmistaja ei erikseen takaa kannen liittimen riittävän koko muuntajan maadoitukseen, tulee runko maadoittaa erikseen. Varmistetaan, että erotinorsien ja kj- tai pj-jännitteille alttiiden harusten sekä kj-orren maadoitukset tai maadoittamatta jättäminen on tehty suunnitelman mukaisesti. Tarkastetaan, että maadoitukset on tehty suunnitelmien ja standardien mukaan, poikkipinnat, etäisyysvaatimukset, kiinnitykset, suojaukset ja merkinnät huomioiden, liitteessä 2 on HeadPowerin maadoituselektrodijärjestelmän rakennekuva ja liitteessä 3 HeadPowerin II-pylväsmuuntamon maadoituksen rakennekuva. Maadoitusjohtimien suojaputkien asennuksen tarkastus, HeadPowerin ohjeen mukaan suojaputken tulee ylettyä vähintään 2,3 metrin korkeuteen maanpinnasta ja 0,2 metrin syvyyteen. Varmistetaan, että maadoituselektrodi ja potentiaalintasausrengas on rakennettu suunnitelmien mukaan. Tarkastetaan, että maadoitukset on yhdistetty, vain poikkeustapauksessa voidaan yhdistys jättää tekemättä. /2/,

Tarkastetaan pylväs- ja tukirakenteet, pylväät, tuki- ja perustusrakenteet ovat suunnitelman mukaisia, upotussyvyys, suoruus ja latvasuoja ovat kunnossa. Vuosimerkistä voi päätellä pylvään upotussyvyyden riittävyyden, vuosimerkki laitetaan 3 metrin päähän pylvään tyvestä. Harusrakenteet tarkastetaan, haruskulmat, ankkurin upotussyvyys, harusmerkit, kiinnitykset ja haruseristimet vastaavat suunnitelmia. Erottimien lukitusten tulee olla kunnossa, mekaaniset suojat on asennettu oikein. Lopuksi tarkastetaan, että kaivujäljet on siistitty ja että ympäristöön ei ole jäänyt asennuksesta johtuvia jälkiä. Kuvassa 2 on muuntamon tarkastuskohteita. /2/, /18/



**Kuva 2. Tarkastuskohteita pylväsmuuntamolla /13/**

1. Kj-orisi ja sen maadoitus, johtimet, liitokset, eristimet, etäisyysvaatimukset taulukko 1 sekä kuvat 8 ja 9
2. KytKentäjohtimet ja liitokset
3. Työmaadoituskohdat

4. Muuntajan eläinsuojat, ylijännitesuojat, kiinnitys, maadoitukset, pinnoitus, liitokset, muuntajan korkeus maasta, kuva 1
5. Varoitusnauha (paljaisiin kj-jännitteisiin osiin 1m)
6. Haruseristimet
7. Pylväsvarokekytkimet ja niiden merkinnät
8. Muuntamon merkinnät, tunnus, erotinosoitin- ja hengenvaarakilpi
9. Pylväs- ja harusrakenteet, harusmerkit
10. Mekaaniset suojat
11. Ympäristön siisteys /2/

### **3.1.2.2. Puisto- ja kiinteistömuuntamot**

Puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastukseen kuuluu paljon samantapaisia tarkastuksia kuin pylväsmuuntamolla. Tässä käydään läpi ne tarkastukset, jotka poikkeavat edellisen kohdan tarkastuksista. Liitteessä 4 on HeadPowerin puistomuuntamon maadoituskaavio ja liitteessä 5 kiinteistömuuntamon maadoituskaavio. /2/

Muuntamotilan lukitus on järjestettävä niin, että sinne pääsy on mahdollista mihin vuorokaudenaikaan tahansa, esimerkiksi putkilukko/reittiavain. Ovien toimivuus ja paloturvallisuus tarkastetaan, ovien tulee aueta ulospäin ja sisäpuolelta ilman avainta. Mahdollisten tuuletusaukkojen on oltava standardinmukaiset, näin taataan riittävä ilmanvaihto ja estetään ylimääräisien osien tunkeminen muuntamotilaan. Kulkureitillä ei saa olla mitään muuntamorakenteisiin kuulumattomia kaapeleita tai sähkölaitteita. Nämä heikentävät palosuojauksia. Poistumisreitti tilasta pois on oltava merkitty. Yleissääntö puistomuuntamon etäisyydestä muihin rakennuksiin on 5 metriä sivusuunnassa ja 10 metriä pystysuunnassa. Rakennuksen ollessa arvokas tai henkilöturvallisuuden vaarantuuksessa, on syytä neuvotella paloviranomaisen kanssa suuremmasta etäisyydestä, esimerkiksi koulujen tai hoitolaitosten ollessa kyseessä. Asetusarvot tarkastetaan, suojaus-, valvonta-, mittaus- ja ohjauslaitteiden asetukset suhteessa laitteiden mitoitusarvoihin. Ohjainlaitteiden tunnusten tulee olla yksiselitteiset. /2/, /18/, /24/

Muuntamotilan sijaitessa rakennuksessa, sen on täytettävä voimassa olevat rakennus- ja paloturvallisuusmääräykset. Tarkastuksessa kiinnitetään huomiota kantavien rakenteiden ja pintaverhoilun paloturvallisuuteen. Veden pääsy ja kosteuden tiivistyminen rakennukseen on estettävä. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota valokaarivian painevaikutukseen ja paineenpurkausaukkoihin. Muuntamotilassa on oltava riittävä valaistus. Tarkastetaan akusto ja sen ilmastointi. Tuulettimet ja suodattimet on voitava huoltaa kojeiston ollessa käytössä. /2/

Keskijännitekojeiston tarkastus, varmistetaan asennuksen suunnitelmanmukaisuus sekä käyttö- ja huoltotoimenpiteitä varten on riittävästi tilaa. Kaapeleiden tuenta, taivutussäteet ja läpiviennit tarkastetaan. Erottimien tarkastuksessa kiinnitetään huomiota ohjauskaavioiden selväpiirteisyyteen ja kuormanerotimien sammutuskammioihin, testataan erottimien ja asennonosoittimien toiminta. Katkaisijan toiminta testataan, tarkistetaan öljymäärä, SF<sub>6</sub>-kaasun paine ja mahdollisten jännitteenilmaisimien toiminta. Sulakekoot tarkastetaan ja testataan koesulaketta käyttäen varokekuormanerotimen toiminta, sekä varasulakkeiden riittävyys. Varmistetaan, että kennokohtaisten lähtöjen osoitemerkinnot on tehty ja ne vastaavat suunnitelmia. Muuntajan mahdollinen öljynkeruuallas ja lämpömittari tarkastetaan. Pj-asennusten läpiviennit, suunnitelman mukaisuus ja siisteys tarkastetaan. Virtamuuntajat, niiden muuntosuhde ja kytkentä tarkastetaan sekä testataan mittareiden toiminta. /2/

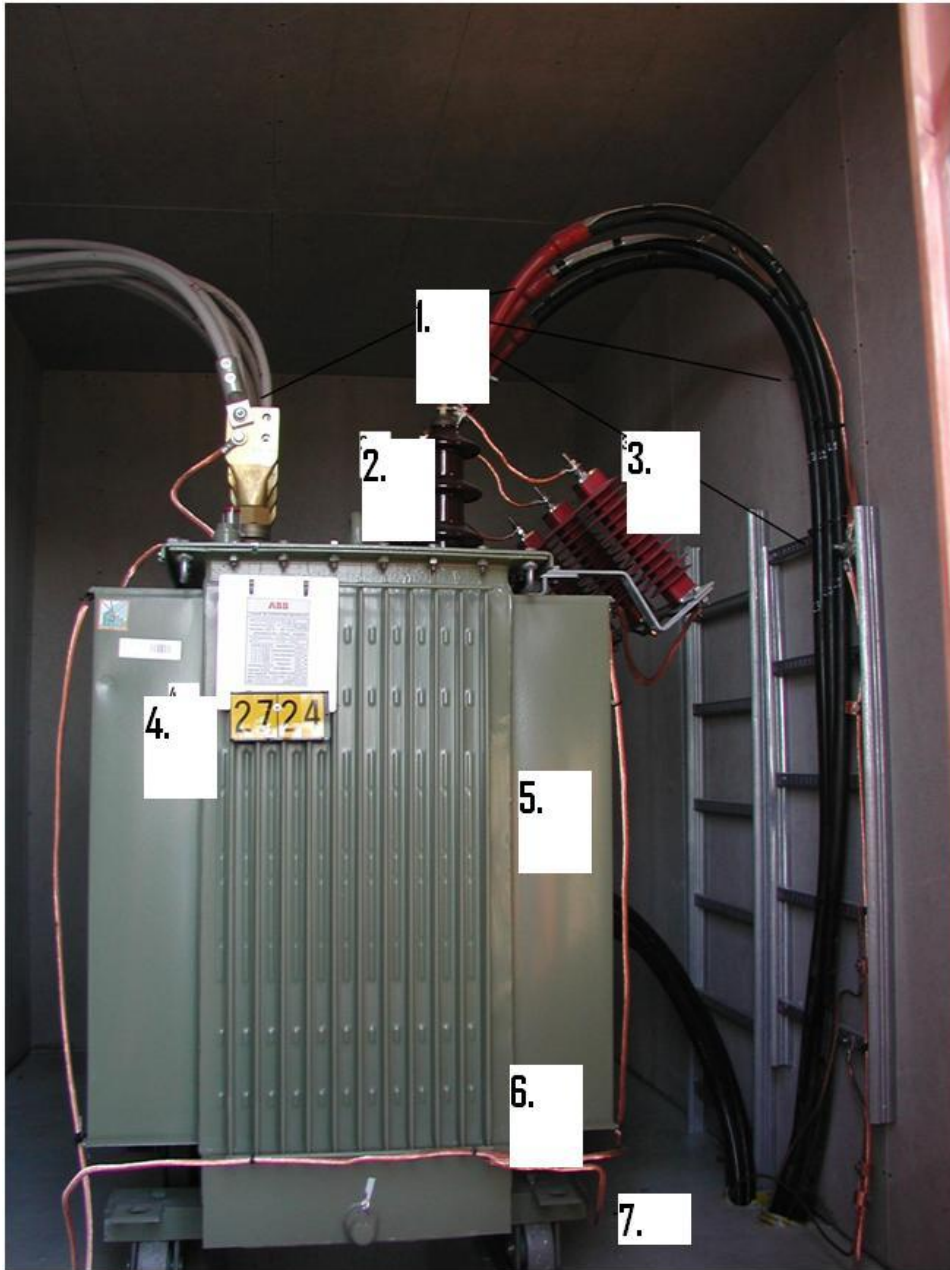
Puisto- ja kiinteistömuuntamoilla on oltava erilaisia työ- ja turvavälineitä. Tarkastetaan, että ensiapuohjeet ovat näkyvillä ja ajanmukaiset. Kiinteät ja siirrettävät varoituskilvet löytyvät sekä työskentelysuojat ja niille tarkoitetut asianmukaiset säilytystilat. Työmaadoituslaitteet ovat olemassa ja ovat oikein mitoitettut. Varmistetaan, että jännitteenkoettimet ovat kunnossa, erottimien ohjaussauvat ja –laitteet ovat saatavilla sekä sulakkeenvaihtoon tarvittavat työ- ja suojavälineet ovat asianmukaiset. Kuvissa 3, 4 ja 5 on puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastuskohteita. /2/



**Kuva 3. Puistomuuntamo /13/**

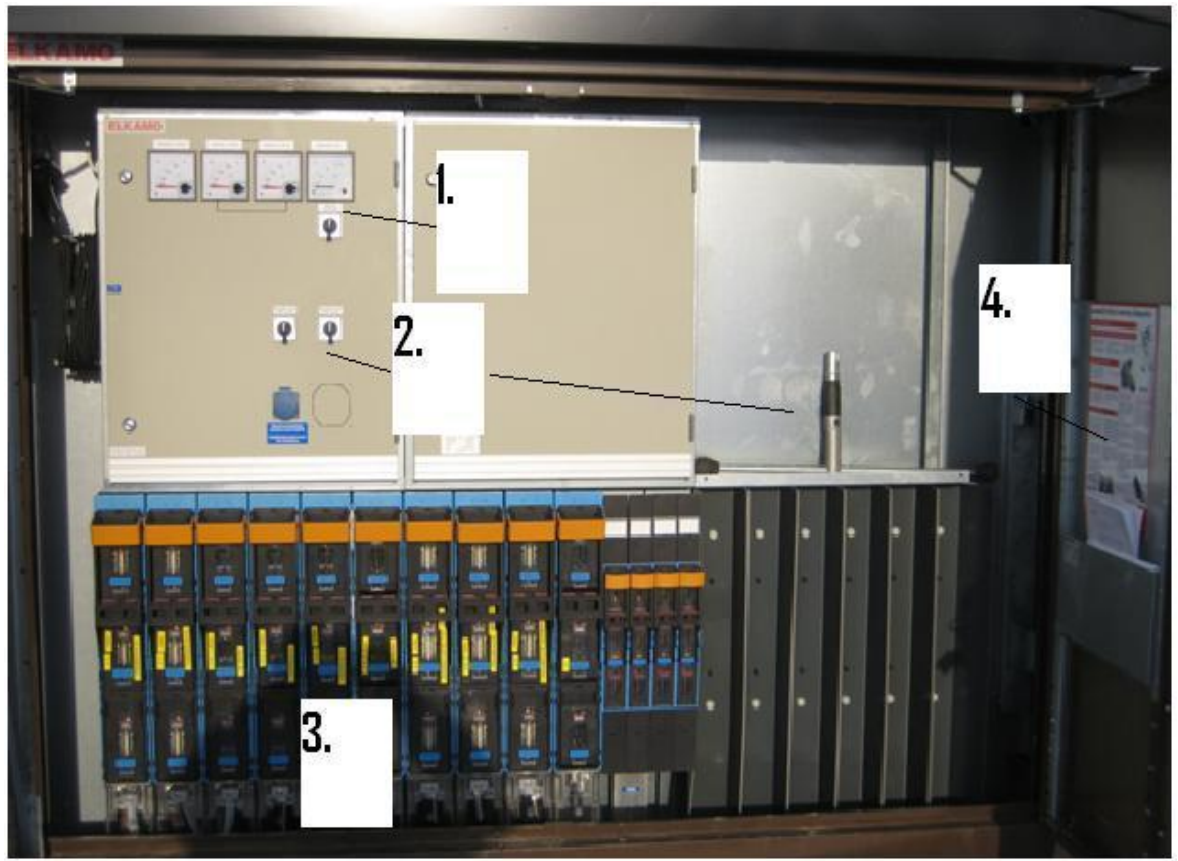
1. Tunnus
2. Hengenvaara-kyltti
3. Erotintunnukset
4. Lukitukset
5. Yleinen kunto ja ympäristön siisteys /2/





**Kuva 4. Muuntaja kiinteistössä /13/**

1. Kaapeleiden kunto, liitokset, päätteet, kiinnitykset, tuenta, taivutussäteet, läpiviennit
2. Eristimet ja läpiviennit
3. Mahdolliset ylijännitesuojat
4. Sarjanumero ja kilpi
5. Pinnoite
6. Maadoitukset
7. Tilan siisteys, pöly ja öljyvuodot /2/



**Kuva 5. Puistomuuntamon pj-puoli /13/**

1. Mittarit ja niiden toiminta
2. Ohjauslaitteet
3. Pj-lähdöt, sulakkeet, tunnuksset, osoitteet
4. Ensiapuohjeet, dokumentit ja kaaviot /2/

### **3.1.2.3. Muuntamoille tehtävät mittaukset**

Yhtiöiltä, joilla on ISO 9001-sertifikaatti, edellytetään mittauksissa käytetyn mittalaitteen yksilöimistä tarkastuspöytäkirjaan. Kyseinen mittalaite on voitava tarvittaessa jäljittää. /2/

Mitataan muuntajan jokaisen vaiheen virrat ja kirjataan tulokset ylös. Puisto- ja kiinteistömuuntamoilla testataan myös mahdollisen vikavirtasuojakytkimen toiminta ja kirjataan ylös vikavirran nimellisarvo ja toimintavirta sekä laukaisuaika. Tarkastetaan esimerkiksi silmukkaimpedanssi-mittauksella PEN- ja suojajohtimen jatkuvuus, kirjataan huonoin tulos ja mittauspaikka. Mitataan muuntajan vaiheiden sekä L1- ja PEN-johtimen väliset jännitteet, ja jos vaiheiden välillä on eroja jännitteissä, mitataan jokaisen vaiheen ja

PEN-johtimen välinen jännite. Tarkastetaan muuntajan maadoitusvastuksen arvo, esimerkiksi käännepestemenetelmällä. Liitteessä 6 on mittausohje, tai muuntajan ollessa osa laajaa maadoitusverkkoa, todetaan liitosten olevan kunnossa. Potentiaalintasausrenkaan eheys tarkastetaan silmämääräisesti tai mittaamalla, ehjän renkaan resistanssi on tyypillisesti alle  $1\Omega$ . Liitteissä 2 ja 3 on esimerkkejä pylväs- ja puistomuuntamoiden maadoituksista. Työn aikana käsiteltyjen pj-kaapeleiden eristysresistanssit mitataan. On syytä varoa mittausjännitteen kohdistumista mahdollisesti käytössä oleviin jännitteisiin kaapeleihin. Varmistetaan kiertosuunnan ja vaiheistuksen oikeellisuus. Uusissa asennuksissa kiertosuunta kytketään pyörimään oikeinpäin, huomioiden kuitenkin yhteensopivuus mahdollisesti olemassa olevan verkon kanssa. /2/

### 3.1.3. Erotinasemat

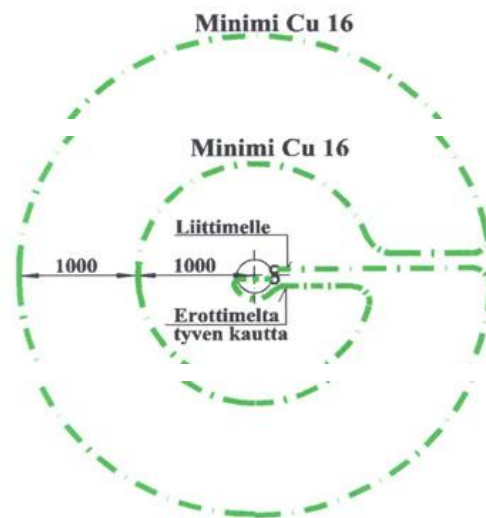
20 kilovoltin verkkoon kuuluu olennaisena osana johtoerottimet, joilla voidaan johtolähtöjen johdot jakaa jakelun ja käyttötoiminnan perusteella sopivan kokosiin osiin. Kaukokäyttöerottimet mahdollistavat vikapaikan nopean paikantamisen, lisäksi kaukokäytöllä voidaan nopeasti rajata vika-alue mahdollisimman pieneksi. /6/

HeadPowerilla on yhdistetty pylväsmuuntamon ja erotinaseman käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Kohta pylväsmuuntamon tarkastus pätee pääosin myös erotinasemien tarkastukseen, kuten dokumentointi, merkinnät, johtimet ja liitokset, rakenteet sekä toiminnantestaukset. Lisäksi HeadPower suosittelee, että kaukokäyttöerotinasema tarkastettaisiin ja sen toiminta testattaisiin vuosittain kaksi ensimmäistä vuotta rakentamisen jälkeen ja tämän jälkeen kolmen vuoden välein toiminnan testaus ja akuston huolto. Tässä käydään läpi hieman tarkemmin mitä muuta erotinasemien tarkastuksissa tulee huomioida: /2/

1. etäisyysvaatimukset, taulukko 1 ja kuvat 8 ja 9
2. erottimen käsiohjaimen korkeus maasta 1,5 metriä, kuva 1
3. ohjainputken suojaeristimen korkeus maasta vähintään 3,72 metriä, kuva 1
4. käsiohjainta ei saa maadoittaa, ohjaintukien ja eristämättömän maajohtimen välissä oltava 50 mm ilmaa tai 100 mm puuta
5. erottimella on oltava tyvimaadoitus ja potentiaalintasausrengas. Käytettäessä erillistä maadoitusta kaksi potentiaalintasausrengasta, jos erotin sijaitsee paikalla,

jossa usein oleskelee ihmisiä tai kotieläimiä, näin myös pylväsmuuntamolla, jos erillinen maadoitus. Kuvassa 6 on kahden potentiaalintasausrenkaan periaatekuva

6. potentiaalintasausrenkaan resistanssin arvo mitataan ja kirjataan ylös, standardissa SFS 6001-standardissa ei ole vaatimusta erotinaseman maadoitusimpedanssille, joten sitä ei tarvitse mitata
7. jos kaukokäyttöerotinasemalla on omakäyttömuuntaja, kuva 7, mitataan maadoitusimpedanssi
8. tarkastetaan, että maadoitukset on rakennettu suunnitelman mukaisesti, tarkastetaan antenniputken, ohjauskeskuksen ja moottorinohjainkoteloiden maadoitukset. /6/, /18/, /21/



**Kuva 6. Kaksi potentiaalintasausrengasta /21/**



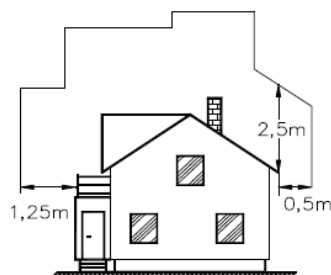
**Kuva 7. Kaukokäyttöerotinasema ja omakäyttömuuntaja /13/**

#### ETÄISYYS RAKENNUKSISTA

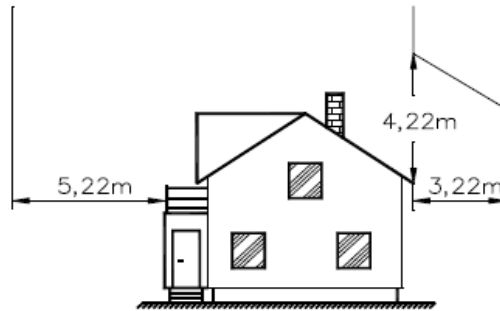
##### Pj- johdot, kaikki rakennukset

Pystysuunnassa 2,5 m

Vaakasuunnassa 0,5 m (paitsi parvekkeen, ikkunan tms aukon kohdalla 1,25 m)



**Kuva 8. Pj-johdosten etäisyydet rakennuksista /2/**



**Kuva 9. Kj-johtojen etäisyydet rakennuksista /2/**

### **3.1.4. Ilmajohto (avojohto)**

Ilmajohtoja suunniteltaessa, rakennettaessa ja kunnossapidettäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota henkilöturvallisuuteen, säilyvyyteen, vaurionsietokykyyn, kunnossapidettävyyteen, ympäristötekijöihin sekä ulkonäköön. Jo poistuneissa vahvavirtailmajohtomääräyksissä ilmajohto määriteltiin seuraavasti: ”Ilmajohto on ulkoilmaan pylväiden varaan kiinnitettyjen johtojen yhteisnimitys. Ilmajohtoon kuuluvat varsinaisen johdon (johtimien) lisäksi eristimet sekä pylväät mahdollisine haruksineen, tukineen, orsineen, perustuksineen yms. osineen.” /6/, /10/

Jos kohteessa on tehty mittauksia, tarkastetaan mittaus-/testauspöytäkirja. Varmistetaan, että suojareleiden, katkaisijoiden, erottimien sekä sulakkeiden toiminnat on testattu. Varmistetaan joko silmämääräisesti työn aikana tai mittamaalla yksittäisten maadoitusjohtimien liittyminen koko maadoitusjärjestelmään. Tarkastetaan kiertosuunta, huomioiden mahdolliset vanhat asennukset. /2/

Ilmajohdoista tarkastetaan mahdolliset säieviat ja johdon kiristykset sekä kannatinrakenteiden suunnitelman mukaisuus. Eristimien on oltava suunnitelman mukaiset ja ehjät. Tarkastetaan, että kiinnitykset ja sidokset on tehty asianmukaisesti. Jatkosten ja liitosten asennukset tarkastetaan sekä maadoituselektrodin suunnitelman mukaisuus. Mahdolliset eläin- ja oksasuojat on asennettu asianmukaisesti. Hengenvaarakilpien ja yhteiskäyttövaroitussauhojen asennukset ja kiinnitykset on tehty oikein. Etäisyysvaatimusten täyttyminen varmistetaan, taulukko 1 sekä kuvat 8 ja 9. Etäisyys

toiseen, esimerkiksi risteävään 20 kilovoltin avojohtoon tai pienjännitejohtoon on oltava vähintään 1,72 metriä. /2/, /6/

Pylväät, harukset ja tukirakenteet tarkastetaan. Varmistetaan, että pylväspituudet ja – luokat ovat suunnitelman mukaiset, upotussyvyys, suoruus ja latvasuojus ovat kunnossa. Tarkastetaan haruksien asianmukaisuus, haruskulmat, harusankkurin upotussyvyys, harusmerkit, kiinnitykset ja kiristykset sekä haruseristimet. A-tukipylväiden pulttaukset ja kaltevuuskulmat tarkastetaan sekä kallio- ja pehmeikköpylväiden rakenteet. Ympäristön siisteys tarkastetaan, kaivujäljet on tasoitettu, työnaikana tulleet roskat on kerätty pois ja johtoalue on raivattu tilaajan ohjeiden mukaisesti. Avojojohdoilla johtokatu on yleisesti rungosta runkoon 9-12 metriä. /2/, /6/

### **3.1.5. Päälystetty ilmajohto**

Päälystetyn ilmajohdon tarkastukseen pätee pääosin edellisessä kohdassa luetellut toimenpiteet. PAS-johdoille riittää johtokaduksi 6 metriä rungosta runkoon. PAS-johdoille on kuitenkin olemassa vaatimuksia ja suosituksia, jotka tulee ottaa huomioon tarkastuksissa: /6/

1. Johto on rakennettava varmennettuna.
2. Paikat, joissa ylijännitteen esiintyminen on todennäköistä, esimerkiksi korkeat maastokohdat ja aukeat sekä paikat joissa oleskelee ja liikkuu ihmisiä, on käytettävä valokaarisuojausta.
3. Tarkastuksessa havaitut päälystevauriot on korjattava.
4. Suojaus on toteutettava laukaisevalla maasulkusuojauksella ja lisäksi on oltava ainakin hälyttävä varasuoja.
5. Vähintään 3 kilometrin välein on oltava työmaadoituspisteet, sekä johdon päissä oltava työmaadoitumahdollisuus. /6/, /10/

### **3.1.6. Maakaapeli ja haaroituskaappi**

Keskijännitemaakaapelille tehdään samat mittaukset kuin avojohdoillekin. Lisäksi sille tehdään jännitetesti, jossa kaapeli pidetään kytkettynä käyttöjännitteeseen 24 tunnin ajan ennen varsinaista käyttöönottoa sekä mitataan kaapeleiden eristystaso.

Eristysresistanssimittauksella varmistetaan, että keskijännitemaakaapelin eristystila vastaa vaatimuksia. Mittaustulokseen sisältyy päätteiden ja jatkoksien vuotovirrat, joten mitattu arvo on useasti huonompi kuin taulukkoarvot. Yleensä mittaustuloksesta lasketaan eristysresistanssin arvo kilometriä kohti kaavalla 1:

— —

Missä,  $R_e$  on eristysresistanssi,  $R$  mitattu eristyksen resistanssi ja  $l$  kaapelin pituus. Uusille 11,6/20kV kaapeleille vähimmäisarvona pidetään 300GΩm. Vanhoilla kaapeleilla eristysresistanssi voi olla huonompikin ilman, että siitä on vaaraa käyttövarmuudelle. Kaapelin jännitteestä riippuen mittausta tehdään 500...5000 voltin tasajännitteellä, eristystila mitataan maan ja äärijohtimien väliltä. Mittausta suoritettaessa on otettava huomioon sähkötyöturvallisuus, keskijännitemaakaapeli on työmaadoitettava ennen mittausta ja pidettävä maadoitettuna siinä laajuudessa kuin se ei sekoita mittaustulosta mittauksen aikana. Toisaalta ainakaan AHXAMK-W-typin kaapeleille standardi ei edellytä tehtäväksi muuta asennuksen jälkeistä testiä kuin 24 tunnin jännitekokeen käyttöjännitteellä. Kaapelin valmistaja, Reka, ei myöskään suosittele tehtäväksi eristysvastusmittausta, sillä tämä mittausta vanhentaa tarpeettomasti PEX- kaapelin eristystä ja toisaalta sen hyöty on varsin olematon, koska sillä löydetään vain räikeimmät viat, esimerkiksi naula kaapelissa tai asennuksessa sattunut suurempi virhe. Kaapelin elinikää merkittävästi lyhentäviä osittaispurkauksia sillä ei myöskään löydetä. Tehtaalla kaapeleiden laatua valvotaan osittaispurkauksikokeilla sekä jännitekoestuksella, jonka aikana läpilyöntiä ei saa tapahtua, 20 kilovoltin kaapeli on kytkettynä 50 kilovoltin jännitteeseen 15 minuutin ajan. Haaroituskaapin potentiaalintasausrenkaan eheys varmistetaan. /2/, /3/, /7/, /9/

Työn aikana varmistetaan kaapelin vaipan kunto. Kaapelikaivannon alustan tulee olla riittävän tasainen, jotta kaapeli ei jää hankaukseen tai puristukseen. Kaapelin asennussyvyys tulee varmistaa, kj-kaapeleiden minimiasennussyvydet riippuvat paikasta, jalkakäytävillä ja pihoilla syvyydeksi riittää 50 cm, ajoratojen pientareilla 70 cm ja pelloilla ja maastossa 70–90 cm. Yleisten teiden alituksissa on käytettävä A-luokan suoja-putkia ja syvyyden oltava vähintään 100 cm. Samaan kaivantoon tulevien kaapeleiden etäisyydet toisiinsa nähden tulee varmistaa, jotta kaapeleiden kuormitettavuus ei laske. Suoja-putkia käytettäessä, putkeen laitetaan vain yksi kaapeli, putkien väliseksi vapaaksi



tilaksi riittää putkenhalkaisijan mitta. Suojakouruja käytettäessä riittävä etäisyys saavutetaan kun kourun alle laitetaan vain yksi kaapeli ja kourut ovat kiinni toisissaan, kouruttomassa asennuksessa suositellaan kaapeleiden väliseksi etäisyydeksi vähintään paksuimman kaapelin halkaisijan mitta. Kourujen ja putkien tulee mekaanisilta ominaisuuksiltaan olla riittävän vahvoja ja asennettu asianmukaisesti. Merkkinauha ja/tai -verkko laitetaan noin 30 cm syvyydelle. Mahdollisten läpivientien asennukset ja tiivistykset tarkastetaan. Kaapeleiden kiinnitykset pylväisiin, kojeistoihin ja kaappeihin on tehtävä luotettavasti. Tarkastetaan kaapelipäätteet ja niiden tuenta sekä liitosten kiristykset, jatkokset ja taivutussäteet. /2/, /23/

Varmistetaan kosketussuojauksen asianmukaisuus, suojalevyt ja -kotelot, maadoitusjohdon kiinnitys ja suojaus ovat kunnossa. Tarkastetaan, että kaapeleiden lähtömerkinnät vastaavat suunnitelmia, ylijännitesuojat ja maadoituselektrodit sekä mekaaniset suojat ovat kunnossa ja suunnitelman mukaiset. Lopuksi tarkastetaan, että kaivujäljet ja muut työnaikana tulleet jäljet on siistitty, mahdolliset muutokset suunnitelmiin on dokumentoitu. Haaroituskaapin perustukset, asennus, maadoitukset, tunnuksat, hengenvaarakilvet, lukitukset ja merkkitanko tarkastetaan sekä varmistetaan kaapeleiden merkintöjen oikeellisuus. /2/, /9/

### **3.2. Verkonhaltijan tekemät kunnossapitotarkastukset**

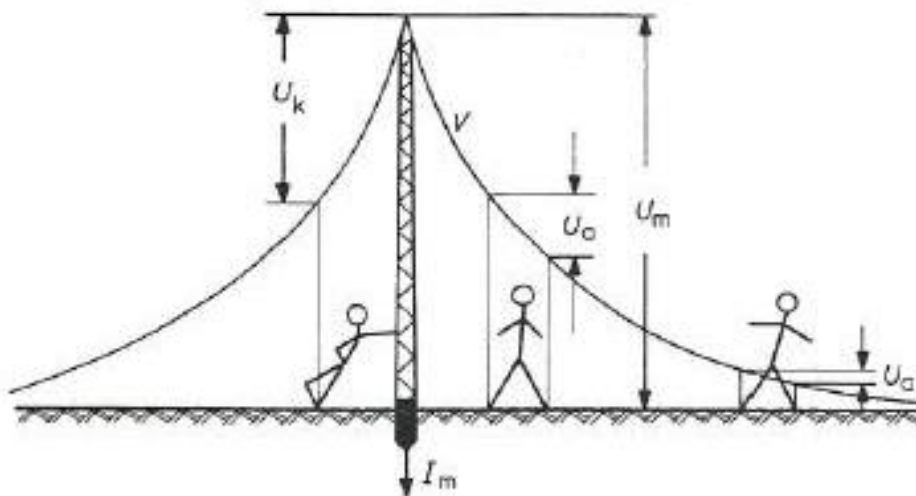
Sähköverkonhaltijan tulee tehdä laitteistojen tarkastuksia riittävän usein, näiden tarkastusten tulisi ensisijaisesti perustua todelliseen tarpeeseen. Tarkastusten suoritusaste voidaan määrittellä esimerkiksi historiatietojen, vikaraporttien ja tarkastustulosten perusteella tai ne voivat perustua suosituksiin. Lisäksi tarkastusaste suunniteltaessa tulee ottaa huomioon valmistajien antamat tarkastusvälit, laitteiston ikä sekä asennuspaikan kriittisyys. Esimerkiksi päällystetyt keskijännitejohdot suositellaan tarkastettavaksi aina myrskyn jälkeen, koska langoille jäänyt oksa ei aiheuta heti keskeytystä, mutta voi polttaa ajan myötä johtimet poikki. Hyvän ennakkosuunnitelman avulla pystytään verkon eri osien tarkastuksia sovittamaan yhteen. /2/, /8/, /27/

Kuntotarkastuksista on pidettävä kirjaa, tarkastukset voidaan tehdä käyttäen samoja tarkastuspöytäkirjoja, kuin käyttöönottotarkastuksissa. Pöytäkirjoista on käytävä ilmi

tarkastajan nimi, päivämäärä, mahdolliset mittaustulokset, havaitut viat ja niiden korjaukset. Pöytäkirjat on oltava määräaikaistarkastajan tai turvallisuusviranomaisen saatavilla. Alla käydään läpi sähköverkonhaltijalle kuuluvia kunnossapitotarkastuksia. /2/, /27/

### 3.2.1. Maadoitusmittaukset

Sähkölaitteistojen turvallisuutta parannetaan maadoituksilla. Joilla ensisijaisesti rajoitetaan vikatapauksissa esiintyviä kosketus- ja askeljännitteitä, kuva 10, sekä luodaan vikavirralle hallittu kulkureitti maahan, mukaan lukien ukkosen ylijännitteistä syntyvät tilanteet. Maadoitusten tarkoituksena on estää vaarallisten jännitteiden siirtyminen järjestelmästä toiseen sekä estää vaarallisten vuotovirtojen ja valokaarien syntyminen. Maadoitukset myös luovat edellytykset maasulku- ja vikavirtasuojien toiminnalle, joiden avulla lyhennetään vikojen kestoaikaa ja näin estetään ihmisille ja laitteistolle aiheutuvia vaaroja. /20/



**Kuva 10. Maadoitus-, kosketus- ja askeljännitteet vikatilanteessa /1/**

Kuvassa 10  $U_k$  on kosketusjännite,  $U_a$  askeljännite,  $U_m$  maadoitusjännite,  $I_m$  elektrodin kautta kulkeva virta.  $V$  on maanpinnan potentiaali. /1/

Maadoitusresistanssi mitataan käyttöönottotarkastuksen lisäksi määräajoin tehtävien tarkastusten yhteydessä, nämä tarkastukset ovat osa laitteiston kunnossapitoa ja huoltoa. SFS 6001-standardi suosittelee maadoitusresistanssin mittaussväleiksi:

- 6 vuotta, kun maadoitus on yhden maadoitusjohtimen varassa
- 12 vuotta, kun maadoitus on useamman kuin yhden maadoitusjohtimen varassa. /20/

Jos tiedetään kokemukseräisesti alueella esiintyvän korroosiota, suositellaan maadoitusten esiin kaivamista muutamasta kohdasta mittausten yhteydessä. Jakelumuuntajien maadoitusresistanssin mittaamiseen käytetään tavallisimmin käännepestemenetelmää. Liitteessä 6 on mittaushoje, taajama-alueella maadoitusresistanssin mittaus voi olla hankalaa tai jopa mahdotonta. Mikäli maadoitus liittyy jo olemassa olevaan laajaan maadoitusjärjestelmään, jonka resistanssi tunnetaan, ei maadoitusresistanssia tarvitse erikseen mitata. Riittää kun varmistutaan luotettavasta liitännästä jo olemassa olevaan järjestelmään. /20/

Kuntotarkastuksia tehtäessä mittaushojot voi olla yksinkertaistettu, mikäli käyttöönottotarkastus on tehty tarkalla menetelmällä sekä käyttöönottotarkastuksen yhteydessä on otettu vertailuarvo yksinkertaistetulla menetelmällä. Yksinkertaistetuksi menetelmäksi sopii esimerkiksi käännepestemenetelmä 60 prosentin säännöllä, tämä kuitenkin edellyttää, että tiedetään tarkasti edellisten mittausten suunnat ja kohdat, muutoin mittaustulos ei ole vertailukelpoinen. /20/

Maadoitusmittauksia tekevien henkilöiden ei tarvitse olla ammattihenkilöitä, vaan he voivat olla tehtävään opastettuja, esimerkiksi sähköalan opiskelijoita. Mittausta suorittavien henkilöiden tulee tuntea SFS 6002 sähköturvallisuus-standardin sisältö ja noudattaa sen määräyksiä. /20/

### **3.2.2. Lahotarkastukset**

Ensimmäinen lahotarkastus sähkönjakeluverkon puupylväille tehdään yleensä 25–30 vuoden kuluttua pylvään pystytyksestä. Sen jälkeen tarkastetaan havaitun lahomäärän perusteella 5-10 vuoden välein. /27/

Luotettavimmat tavat puupylväiden lahoisuuden tarkastukseen ovat perinteiset piikkikoe-, lastun veisto-, koputtelu- ja kairausmenelmät. Lisäksi käytössä on jonkin verran erilaisiin mittausmenetelmiin perustuvia laitteita sekä erityisesti lahotarkastuksiin koulutettuja koiria. /22/

Pylväällä tarkastetaan ensimmäisenä silmämääräisesti latvan ja rungon kunto, tikankolot ja halkeamat orsien, koukkujen tai harusten kiinnityspisteissä ovat kriittisimpiä pisteitä pylväällä. Tällaisien vaurioiden esiintyessä etenkin pylvään puolivälissä, voivat ne aiheuttaa vaarallisia jännityksiä varsinkin harustetuilla pylväillä. /22/

Mikäli pylvään juurelta löytyy purukasa, se voi olla merkki muurahaisten ontoksi syömästä pylväästä. Seuraavaksi koputellaan pylvään runkoa esimerkiksi kirveen hamarapuolella juuresta noin kahden metrin korkeuteen, jos pylväs kuulostaa ontolta, otetaan kyseiseltä kohdalta poralastunäyte kasvukairalla. Näytteestä voidaan määrittää esimerkiksi putkeksi lahonneen pylvään seinämän vahvuus. Koputtelun perusteella saadaan myös selville pehmein puoli pylväästä, johon tehdään piikkikoe. Piikki pukataan pylvääseen kohtisuoraan maarajasta, sekä sen alapuolelta ja lohkaistaan pylväästä paloja. Jos puu irtoaa sileinä pyramidinmuotoisina palasina, on pylväässä katkolahoa. Koetta jatketaan kunnes tulee vastaan tervettä puuta. Huomioitavaa piikin käytössä:

- Jäätynyttä puuta ei voi tutkia.
- Märkä puu on pehmeää, ei välttämättä lahoa.
- Kuiva puu on kovaa, ei välttämättä tervettä.
- On vältettävä tarpeetonta kalvamista.

Pylväälle määritellään lahoisuusaste sekä terveen tyvihalkaisijan perusteella pylvään työturvallisuus. Lahot pylväät merkataan keltaisilla varoitusnauhoilla, 1 nauha tarkoittaa, että pylväs on tuettava asianmukaisesti ennen pylvääseen nousua ja 2 nauhaa kieltävät pylvääseen nousun kokonaan, pylväs on vaihdettava ensitilassa. /22/

### **3.2.3. Keskijänniteilmajohto ja muuntamo**

Kuntotarkastuksia varten on suositeltavaa laatia etukäteisohjelmat, näin varmistutaan siitä, että jokainen verkon osa tulee tarkastettua. Verkostosuositus TA1:97 suosittelee

keskijänniteilmajohdon ja muuntamon tarkastusväliksi 6 vuotta. Silmämääräisen tarkastuksen lisäksi tulisi johdin- ja kiskoliitokset tarkastaa esimerkiksi lämpökuvauksella. Kaikki tarkastukset tulee dokumentoida, tarkastuksiin voidaan käyttää samoja pöytäkirjoja kuin käyttöönottotarkastuksissakin. Verkonhaltija voi suorittaa ilmajohdon tarkastuksen joko maasta tai ilmasta käsin lentotarkastuksilla. /27/

Johtoaukot joudutaan raivaamaan määräajoin puiden kasvun vuoksi, raivauksilla on tarkoitus säilyttää standardien mukaiset riittävät etäisyydet puista. Raivaustarpeet riippuvat mm. paikallisista olosuhteista, kasvunopeudesta, maisemanäkökohdista ja raivausrajoituksista. Johtokatuja raivattaessa on syytä kiinnittää huomiota työturvallisuuteen ja sähkötyöturvallisuuteen. Jännitetyöalueen rajat 20 kilovoltin avojohdoilla ovat pystysuunnassa 1 metri ja sivusuunnassa 1,5 metriä, jouduttaessa menemään näitä etäisyyksiä lähemmäs johtoa, on se tehtävä jännitteettömäksi. /8/

#### **3.2.4. Maakaapeliverkko**

Maakaapeliverkossa tarkastus- ja huoltokohteita ovat vain kaapelin maanpäälliset osat, kuten kaapelipäätteet, kaapelisuojat ja jakokaapit. Vanhoille öljykaapelipäätteille saatetaan joutua tekemään tarkastuksia ja puhdistuksia asennuspaikasta riippuen jopa vuosittain. Liitokset tarkastetaan ja tarvittaessa kiristetään sekä päätteen öljymäärän ollessa liian alhainen lisätään öljyä. Maanpäällisten mekaanisten suojien kunto tarkastetaan ja havaitut viat korjataan. Jakokaapit puhdistetaan, liitokset kiristetään, kaaviot ja varoitustaulut tarkastetaan. Kaapin pintakäsittely uusitaan tarvittaessa sekä kaapelilähtöjen osoitteiden oikeellisuus tarkastetaan. Eristysvastusmittauksella ei saada lisäarvoa kuntotarkastuksiin, koska mittauksen löytämät viat olisivat paljastuneet jo käytön aikana. Eristysvastusmittauksella siis rasietaan vain tarpeettomasti kaapelin eristystä. /3/, /8/

## 4. TARKASTUKSET ENINTÄÄN 1KV

Pienjännitejakeluverkot sekä niiden laajennukset tulee tarkastaa ennen niiden käyttöönottoa. Tarkastukseen kuuluu aistinvaraisen tarkastuksen lisäksi tarvittavat mittaukset ja testaukset. Pienjänniteverkon kuntotarkastusväliksi verkostosuositus TA1:97 suosittelee 6 vuotta. /17/, /27/

### 4.1. Käyttöönottotarkastukset

Pj-verkon käyttöönottotarkastuksiin pätevät samat yleisohjeet kuin Kj-verkon käyttöönottotarkastuksissa kohdassa 3.1.1. /2/

#### 4.1.1. Avojohto

Pj-avojohdon käyttöönottotarkastuksia ei käsitellä tässä työssä, koska pienjännite avojohtoasennuksia ei enää käytetä uudisrakennuksissa. On siirrytty käyttämään AMKA- ja maakaapeli-asennuksia. /6/

#### 4.1.2. AMKA

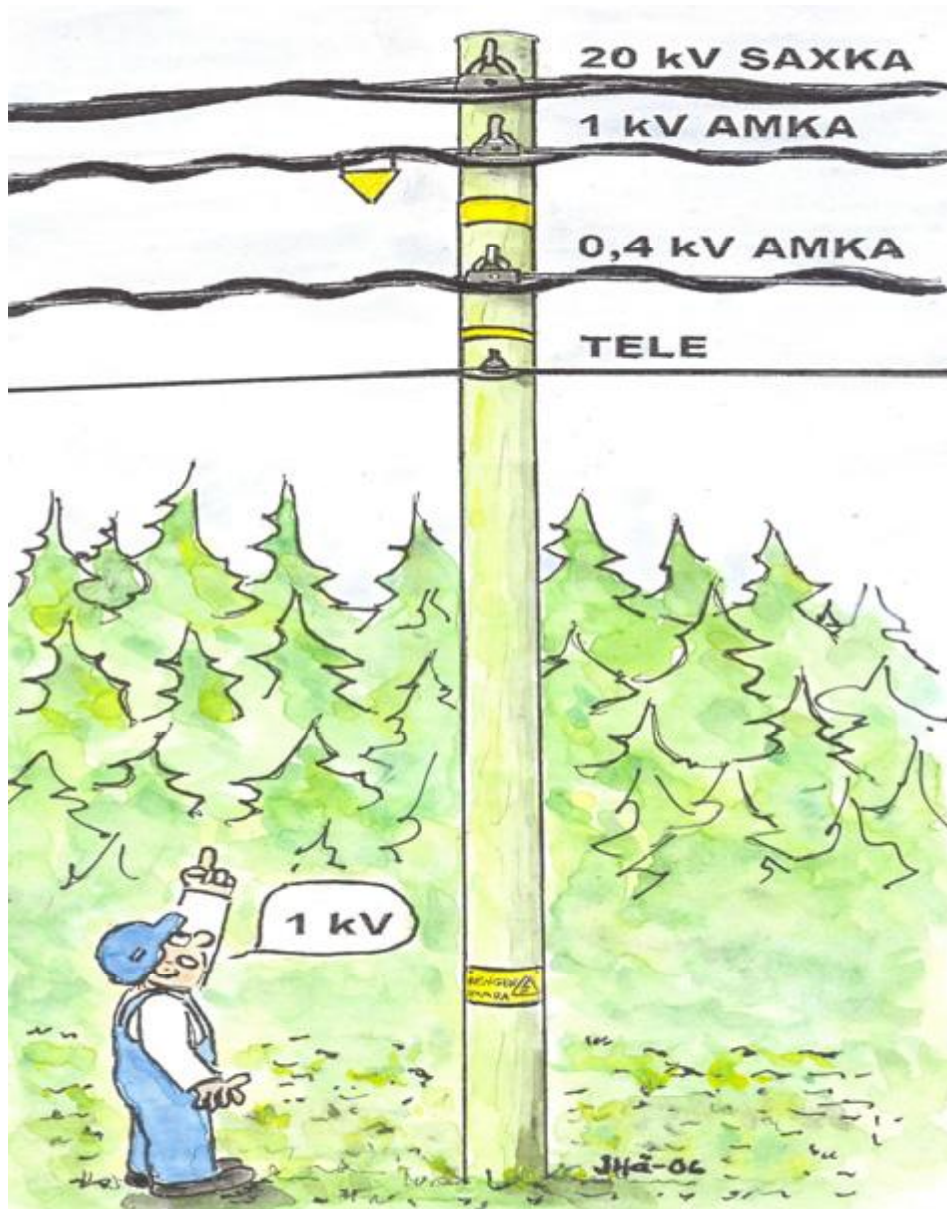
Riippukierrejohto, AMKA, on yleinen pienjännitteellä tapahtuvaan sähkönsiirtoon tarkoitettu johto haja-asutusalueilla. AMKA:ssa eristetyt vaihejohtimet on kerrattu kannatusköyden ympärille siten, että mekaaninen rasitus kohdistuu vain kannatusköyteen, joka toimii samalla PEN-johtimena. 1 kilovoltin AMKA-johdossa kannatusköysi ei ole PEN-johto, koska järjestelmä on maasta erotettu. AMKA-johdon nimellisjännite on 1,2 kilovoltia. /6/

Riippukierrejohtojen tarkastukseen kuuluu asennuksen ja kiinnityksen, johdon poikkipintojen suunnitelman mukaisuuden varmistaminen sekä liittimien ja jatkosten tarkastus. Ilmajohdon sulake- ja lähtömerkinnät sekä yhteiskäyttö- ja 1 kV:n varoitusnauhat tarkastetaan. /2/

Tarkastetaan maadoitusrakenteiden suunnitelman mukaisuus, maadoitusjohto on liitetty PEN-johtimeen ja suojattu pylväällä asianmukaisesti. Tavoitetaso maadoituksissa on, että pj- ja kj-maadoitukset on yhdistetty, lukuun ottamatta erikoistapauksia. Pj-verkon maadoitusten välimatkasuositus on alle 500 metriä. SFS 6000-standardi edellyttää, että uusille liittyjille rakennetaan liittymän maadoitus. Maadoitus suositellaan rakennettavaksi jokaisen johtohaaran loppupäähän, koska sähköverkonhaltijalla ei ole käytännössä mahdollisuutta valvoa liittymän maadoitusten vaatimustenmukaisuutta. Lisäksi huonoissa maadoitusolosuhteissa jokaisella johtohaaralla tulee olla pj-maadoitus. /2/, /6/

Tarkastetaan etäisyysvaatimusten täyttyminen. Pj-ilmajohdon, maadoitusjohtimen tai ukkosjohtimen etäisyys maan tai vedenpinnasta on oltava vähintään 4 metriä. Pystyssä olevat puut ja niiden oksat eivät saa vahingoittaa johtoa. Rakennuksien parvekkeisiin tai ikkunoihin johdon vaakasuoran etäisyyden on oltava vähintään 1,25 metriä. Yleisen tien ylittävän johdon korkeuden tulee olla vähintään 7 metriä ja valta- ja kantateillä 7,8 metriä. Yksityisellä tiellä johdon korkeudeksi riittää 5,5 metriä. Sähköistetyin junaradan kiskoon johdon etäisyyden tulee olla vähintään 11,5 metriä ja kaikkiin ratajohdon komponentteihin vähintään 2 metriä. Sähköistämättömän radan kiskoon riittää 7 metrin etäisyys. Yhteiskäyttöpylväillä pienjänniteilmajohdon etäisyys 20 kilovoltin avojohtoon on oltava vähintään 1,5 metriä plus jännitelisa, joka 20 kilovoltilla on 0,22 metriä. Suurjänniteilmakaapeliin, jossa on maadoitettu vaippa, erijännitteiseen pj-ilmajohtoon ja telekaapeliin etäisyydeksi riittää 0,3 metriä. 400 voltin ja 1000 voltin ilmajohtojen välissä on lisäksi oltava 100 mm leveä keltainen varoitusrengas, samoin telekaapelin ja pj-johdon välissä 20 mm leveä varoitusrengas. Saman jännitteiset ilmajohdot on asennettava siten, etteivät ne vahingoita toisiaan. Yhteiskäyttöpylväissä on oltava hengenvaarakyltti. Lisäksi 1 kilovoltin AMKA on merkittävä keltaisella varoituskolmiolla. Kuvassa 11 on yhteiskäyttöpylvään merkintätapoja. /2/, /16/

Tarkastetaan, että pylväs-, tuki ja harusrakenteet harusmerkkeineen ovat suunnitelman mukaisia. Kaivujäljet on tasoitettava kaivutöitä edeltävälle tasolle. Johtoalueen raivaus on oltava tilaajan vaatimusten mukainen. Mahdolliset muutokset dokumentoidaan. Lopuksi tarkastetaan työkohteen siisteys. /2/



**Kuva 11. Yhteiskäyttöpylväänmerkinnät /30/**

### **4.1.3. Pylväsvarokekytkin**

Pylväsmuuntamolla käytetään pj-keskuksena yleisesti varokekytkimiä, joita asennetaan tarpeellinen määrä. Suositellaan, että pylväsmuuntamon kaikki lähdöt varustetaan työmaadoituspisteillä. Muuntajalta tuleva PEN-johdin tuodaan varokekytkimelle ja viedään katkaisemattomana ylös lähtevän AMKAN PEN-johtimeen, varokytkimellä PEN-johtoon paljastetaan työmaadoituksen kytkentäpaikka. /7/



Tarkastetaan varokeytkimen ja mahdollisen telineen asennus, korkeus maasta vähintään 3,5 metriä. Syöttö- ja nousujohdon sekä sulakkeiden suunnitelman mukaisuus varmistetaan. Lähdöt ja sulakekoot on merkattava, myös johtoon suositellaan tunnusta, mikäli johto haarautuu kahdeksi tai useammaksi välisulakkeiden suojaamaksi runkoverkoksi. Kuvassa 12 on pylväsvarokeytkin, jossa lähdön tunnus ja suurin sallittu sulakekoko on merkitty. Yksittäisellä lähdöllä riittää pelkkä sulakekoon merkintä. Tarvittaessa merkitään myös välivarokkeista kertova teksti pylväsvarokealustaan sekä varoitetaan rinnansyöttömahdollisuudesta. Jos käytetään 1 kilovoltin järjestelmää, on lähdössä oltava tästä varoitus. Varokeytkimen toimiessa jakorajakytkimenä, voidaan merkitä kilvellä tästä ilmoitus. Johdon liitokset ja kiristykset tarkastetaan ja mahdolliset poikkeamat suunnitelmiin dokumentoidaan. /2/, /6/, /31/



**Kuva 12. Pylväsvarokeytkin /31/**

#### **4.1.4. Maakaapeli**

Pienjännitemaakaapeliverkkoon kuuluu seuraavat osat:

- Runkokaapelit, jotka toimivat muuntamon pienjännitekeskuksen ja kaapelijakokaappien välisinä syöttökaapeleina sekä muuntamoiden välisinä pj-yhdyskaapeleina.
- Liittymiskaapelit, jotka syöttävät sähkökäyttäjän pääkeskusta muuntajan pj-keskukselta, jakokaapilta tai pj-pylväältä.
- Ulkovalaistuskaapelit. /9/

Verkostosuositus RK1:93 mukaan pj-kaapelille pätevät samat etäisyys-, kaapelioja-, mekaaninen suojaus- ja upotussyvyysuositukset kuin kj-maakaapelillekin (tässä työssä

kohta 3.1.6), paitsi pj-maakaapelin upotussyvyys voi olla maastossa ja pellolla 50–70 cm, kun kj-kaapelin upotussuositus on 70–90 cm. /23/

Kohdassa 3.1.6 on käyty läpi keskijännitemaakaapelin käyttöönottotarkastus, joka on hyvin samanlainen kuin pienjännitemaakaapelin tarkastus, käydään läpi lyhyesti tarkastuskohteet:

- vaipan kunto
- asennusalusta ja syvyys, kaapeleiden etäisyydet
- suojaputket ja – kourut
- merkkinauha
- läpiviennit, kiinnitykset, päätteet, jatkokset, liitokset ja taivutussäteet
- lähtö- ja sulakemerkinnät, mekaaniset suojat
- maadoitusrakenteet
- kaivujäljet ja pinnoitteet
- muutosten dokumentointi
- työkohteen siisteys. /2/

#### **4.1.5. Jakokaappi**

Jakokaapit pyritään nykyään valmistamaan rakenteeltaan sellaiseksi, että asennuksen jälkeen tehtävät lisätyöt, esimerkiksi lähtökaapeleiden ja jonovarokeytkimien lisäys tai poisto, voitaisiin tehdä ilman käyttökeskeytystä. Kuvassa 13 on jakokaappi, jossa tämä on mahdollista. /9/

Asennuksessa noudatetaan valmistajan antamia ohjeita. Jakokaapin perustukset ja asennus tarkastetaan. Varokeytkimien asennus sekä liitokset ja liittimet, sulakekokojen ja osoitteiden oikeellisuus varmistetaan. Jos käytössä on 1 kilovoltin järjestelmä, siitä on oltava varoitusmerkintä. Suojalevyjen ja -kotelojen kiinnitys tarkastetaan. Varmistetaan, että maadoitukset on rakennettu suunnitelman mukaisesti ja että ne on liitetty PEN-kiskoon. Tarkastetaan kaapeleiden kiinnitykset ja liitokset. Kaavioiden ja asennuksen yhdenmukaisuus varmistetaan, mahdolliset muutokset dokumentoidaan. Lopuksi tarkastetaan kaapin tunnus, lukitus ja merkkitanko sekä ympäristön siisteys. /2/ /9/



**Kuva 13. Jakokaappi /13/**

#### **4.1.6. Sähkönkäyttäjän liittymä**

Liittymiskaapelilla liitetään yksi liittyjä verkonhaltijan jakeluverkkoon. Kaapelin asentamisen ehtona on, että kiinteistön pääkeskuksen ja muiden siihen liittyvien laitteiden kosketussuojaukset ovat kunnossa. Myös SFS 6000-standardin mukaisten pienjänniteasennusten maadoitusten on oltava kunnossa. TN-järjestelmän mukaisen jakeluverkon tähtipiste on maadoitettava verkon syöttöpisteessä ja jokaisen yli 200 metriä pitkän johdon tai johtohaaran loppupäässä tai enintään 200 metrin etäisyydellä loppupäästä. Samoin sähkötilojen ovien lukitusten on oltava kunnossa, tämä koskee myös niin sanottua tonttikeskusta, joka toimii rakennusvaiheessa työmaakeskuksena. Sähköurakoitsija tilaa verkonhaltijalta liittymiskaapelin kun liittämiseksi asetetut ehdot täyttyvät. Urakoitsijan on aina tehtävä laitteistolle oma käyttöönottotarkastus ennen kuin jakeluverkonhaltija voi kytkeä liittymään sähkön. Tästä tarkastuksesta tulee antaa verkonhaltijalle todistus. Rovakaira Oy kytkee liittymän verkkoonsa, kun liittymissopimus on tehty, sähköurakoitsija on toimittanut yleistietolomakkeen ja liittymiskaapeli on peitetty. Liittymiskaapelille on tehtävä samat silmämääräiset tarkastukset kuin kohdassa 4.1.4. Mittauksia käsitellään kohdassa 4.1.7. /2/, /10/, /12/, /28/

#### 4.1.7. Mittaukset ja testaukset

Silmämääräisten tarkastusten lisäksi asennuksien kuntoa tutkitaan erilaisilla mittauksilla ja testauksilla. Mittauksilla muun muassa varmistetaan suojausjärjestelmien toiminnasta. Laitteiston vaatimustenmukaisuuden varmistaminen perustuu SFS 6000-standardin kohdan 612 vaatimukseen. /19/

Eristysresistanssin mittaus tulisi suorittaa, standardin mittausjärjestyksestä poiketen, ennen muita mittauksia. Muuten jatkuvuusmittauksilta viedään pohja, sillä ei tiedetä syntykö johtava yhteys N-johdinta pitkin tai N- ja vaihejohtimen ollessa PE-johtimeen yhteydessä, (4-johdin järjestelmässä vaihejohtimet voivat olla yhteydessä PEN-johtimeen). /19/

Työkohteessa mitataan kaikkien enintään kilovoltin metallivaipattomien maakaapeleiden eristysresistanssit, joita on työn aikana asennettu tai käsitelty. Tarkoituksena on varmistua jännitteisten osien eristystilasta maata vasten. Jännitteiset johtimet (vaihejohtimet ja nollajohdin) voidaan yhdistää mittauksen ajaksi. AMKA-verkkoa ja MCMK-tyyppisiä kaapeleita ei tarvitse mitata. Eristysresistanssin on oltava vähintään  $1\text{M}\Omega$ . Ennen mittausta tulee varmistaa, että mitattava kohde on jännitteetön. /2/, /17/, /19/

Suoja-, PEN- ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuusmittauksella selvitetään, että kosketusjännitesuojauksen edellyttämät suojajohdinsiirit ovat kunnossa ja niiden liitokset on tehty huolella, näin varmistetaan yksittäisten maadoitusten liittyminen koko järjestelmään. Tarkastuksen voi tehdä maadoitustesterillä tai silmämääräisesti työn aikana. Mittaustulokselle ei ole tarkkaa raja-arvoa, vaan tulosta tulee arvioida johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella, yleensä arvo saa olla enintään noin  $1\Omega$ , mutta mikäli suojajohtimet ovat pitkiä, arvo voi olla suurempikin. Jakeluverkon käyttöönottotarkastuksen yhteydessä voidaan PEN-johtimen jatkuvuus todeta silmukkaimpedanssimittauksella, näin saadaan samalla kertaa myös yksivaiheinen oikosulkuvirta. Useat verkkoyhtiöt käyttävät standardien suosittamaa yksivaiheisen oikosulkuvirran minimivaatimusta 250 ampeeria sähköliittymän päävarokkeilla. Oikosulkuvirta ei kuitenkaan saa ylittää laitteiden tai komponenttien suurinta sallittua arvoa ja oltava silti riittävän suuri johtoa suojaavan laitteen toimimiseksi vaaditussa ajassa.

Pienjänniteverkossa oikosulku tulisi kytkeä pois viidessä sekunnissa. Ennen vuotta 2007 rakennetuissa jakeluverkoissa on voitu, verkonhaltijan harkinnan mukaan, käyttää myös viidentoista sekunnin ylärajaa poiskytkennässä. /2/, /4/, /17/, /19/

Jännitteet mitataan sovituisissa pisteissä, esimerkiksi sähkökäyttäjän liittymän pääsulakkeilta. Pienjänniteverkossa nimellisjännite on 230 voltia, standardi SFS-EN 50160 sallii jännitteen vaihtelun olla 10 minuutin keskiarvoille +10/ -15 %, mikä on kohtalaisen suuri vaihteluväli, käytännössä jännite voi olla 196–253 voltia. Sener kuitenkin suosittelee tiukempia vaihtelurajoja, +6/ -10 %. Jännitteen hetkellisellä mittauksella saadaankin käyttöönottotarkastuksessa suuntaa-antava tulos. Mittaustuloksen, vaiheen ja nollan välillä, tulisi siis olla rajoissa 207–244 voltia vanhoissa asennuksissa, uusille asennuksille suositellaan 216-244V. /2/, /25/, /26/

Kiertosuunta ja vaiheistus tarkastetaan, uusissa asennuksissa kiertosuunta kytketään pyörimään oikein päin, huomioiden kuitenkin mahdollisen vanhan asennuksen pyörimissuunta. Poikkeavasta kiertosuunnasta tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan. /2/

Lisäksi käytettäessä yhden kilovoltin-järjestelmää on katkaisijakaapille tehtävä oikosulkukoe johdon loppupäästä. Poiskytkentäaika kirjataan ylös. Maasulkukoe tehdään samoin johdon loppupäästä, poiskytkentäaika ja maadoitusjännite kirjataan ylös. /2/

## **4.2. Verkonhaltijan tekemät kunnossapitotarkastukset**

Senerin verkostosuosituksen mukaan pienjänniteverkko tulee tarkastaa 6 vuoden välein. Pienjänniteverkon kunnossapitotarkastuksiin kuuluu johtoalueen ja jakokaappien tarkastukset. Johtoalueen tarkastusta tehtäessä tulee kiinnittää huomiota erityisesti seuraaviin asioihin:

- harukset, niiden kiinnitykset ja merkit
- johtimet, säieviat, hankaumat, ripustukset ja riippumat
- johtokatu, raivaustarpeet, lähimmät oksat vähintään metrin etäisyydellä johtimista
- kannattimet ja kannatinköysi

- maadoitusjohdin, kiinnitys ja kosketussuojaus
- maakaapeleiden päätteet
- muuntopiirikartan oikeellisuus
- pylviäät, vaurioituneet, kallistuneet ja liian vähän upotetut pylviäät kirjataan
- pylväshattu
- varoitusnauha
- välivarokkeet, viat ja merkinnät
- ylijännitesuojat
- mahdolliset muut laitteet. /5/, /8/, /27/

Jakokaapin tarkastuskohteita ovat:

- kaapelimerkinnät, oikeellisuus, korjaus heti
- mahdolliset kytkinlaitteet
- lukitus
- maadoitukset
- muuntopiirikartta, kaaviot, merkinnät
- pj-kaapelit, päätteet, eristykset, kiinnitykset
- rakenne, mekaaninen kunto, puhdistustarve, korroosiovauriot, täyttö, merkkitanko
- sulakemerkinät, puutteet ja viat korjataan heti
- ympäristö. /5/

## 5. TARKASTUKSET ROVAKAIRA OY:SSÄ

Edellä mainittujen tarkastusten lisäksi Rovakaira Oy tarkastaa 20 kilovoltin avojohdot, reilut 3000 kilometriä, kevättalvella moottorikelkoilla partioiden. Kesäisin 20 kV:n linjaa partioidaan kävellen tehden kunnonhallinnan tiedonkeruuta. Tavoitteena on saada kerättyä kuntotietoa kesän aikana 500 kilometrin matkalta. Lahotarkastuksissa lisäapuna käytetään tätä tarkoitusta varten koulutettua koira, koira ohjaajineen vuokrataan ulkopuoliselta yritykseltä. Kuvassa 14 on lahokoira työssään. /13/



**Kuva 14. Lahokoira /13/**

## 5.1. Kelkkapartiointi

Kaikki avojohdot tarkastetaan johtolähdöittäin, tärkeää on, että tarkastuspöytäkirjasta käy ilmi tarkasti mikä johtolähtö ja johto-osa on kyseessä. Tarkastajan on, löytäessään vikapaikan, arvioitava korjauksen kiireellisyysluokka. Luokkia on neljä:

1. heti tehtävä jotain vian poistamiseksi
2. kuluvan vuoden aikana korjattava
3. korjataan kun on samalla suunnalla töitä
4. mietitään mitä tehdään, korjaus vai uudelleen suunnitteluun.

Partiointiin yhteydessä, tarkastetaan liitteessä 7 olevan pöytäkirjan mukaiset kohteet, joita ovat muun muassa:

- orret, eristimet ja sidokset, tarkastetaan ettei johto ole pudonnut orrelle, orsi on kunnossa sekä eristimet ja sidokset ovat kunnossa
- pylväiden kunto ja kallistumiset
- harusten kireys ja kiinnitys
- raivaustarve
- johto, esimerkiksi säieviat
- muut huomiot, erottimien ja muuntajien kunto, merkinnät, ylijännitesuojat. /11/

## 5.2. Kunnonhallinnan tiedonkeruu

Kunnonhallinnan tiedonkeruu toteutetaan kulkemalla johto-osa läpi maastokannettavan sekä GPS-paikantimen kanssa. Tarkastaja arvioi tarkastuskohteen kunnon taulukon 2 mukaisesti. Kuntotiedot tallennetaan suoraan verkkotietojärjestelmään. Tärkeää on myös arvioida tarvitaanko huolto- tai korjaustyössä keskeytystä sähkönjakeluun, työkoneen tarve, kulkureitit ja työvälineet. Tarkastettavia kohteita ovat mm.:

- pylvään, muuntajan, erottimen kunto, pylväsnúmero, asennusvuosi
- kyllästysvuosi, kyllästysmenetelmä
- pylvään rakenne, sijainti, maaperä, tuenta
- orsimateriaali, latvarakenne,
- harustus



- eristintyyppi, kunto
- valokaarisuojat
- jänneväli
- kaapeli
- maadoitukset
- raivaustarve. /5/, /14/

**Taulukko 2. Kuntohierarkia /5/**

Teksti	Selite	Luokitus
Kunnossa	Komponentti on kunnossa	0
Ei toimenpiteitä	Seuraavassa tarkastuksessa kiinnitetään asiaan normaalia enemmän huomiota	1
Toimenpiteet harkinnan mukaan	Korjaus/huoltotarve on olemassa, mutta ei välttämätön ennen seuraavaa tarkastusta, toimenpiteet harkinnan mukaan	2
Toimenpiteet seuraavan huoltokierroksen yhteydessä	Suoritetaan korjaus/huoltotoimenpiteet seuraavalla huoltokierroksella	3
Toimenpiteet heti	Korjataan/huolletaan välittömästi	4
Lisäselvitys	Vian/toiminnan jatkuvuuden vakavuus ei selvinnyt tarkastuksessa	5

## 6. KOULUTUS

Koulutuspaketti, PowerPoint-esitys, rakentuu tämän työn ja uusittujen tarkastuspöytäkirjojen pohjalta. Tarkoituksena on käydä läpi tämä työ Rovakaira Oy:n alue-esimiehille sekä asentajille. Koulutus on noin yhden työpäivän pituinen. Tarkastuspöytäkirjat täyttöohjeineen käydään läpi koulutustilaisuudessa. Tavoitteena on selventää, mitä pöytäkirjaa mihinkin tarkastukseen käytetään ja mitkä kohdat täytetään sekä selventää tarkastuksessa käytettäviä standardeja. Lisäksi tehdään käytännön harjoituksena tarkastuksia ja mittauksia erilaisiin kohteisiin, kuten pylväs- ja puistomuuntamo, erotinasema, jakokaappi ja tonttikeskus. HeadPowerin tarkastusohjeet pätevät edelleen käytettäessä näitä pöytäkirjoja.

Työhön kuuluu olennaisena osana uusitut pöytäkirjat ja koulutus tarkastuksiin. Koulutuksen tarkoituksena on saada yhtenäinen käytäntö tarkastuksiin.

### 6.1. Sähkönjakeluverkon tarkastuspöytäkirja (TP01)

Tätä pöytäkirjaa (liite 8) käytetään pienten yksittäisten kohteiden tarkastuksiin, kuten asiakkaalle toimitettavan keskuksen ja liittymiskaapelin tarkastuksiin. Uutta pöytäkirjassa on tarkastuskohteen valinta, asiakkaan tiedot: osoite, asiakasnumero, sovittu kytkentäpäivä, mittarin numero, ym. Lisäksi tarkastukseen liittyvien standardien tarkoitus on selvennetty. Mittaukset ja testaukset kohta on myös pyritty tekemään sellaiseksi, että erillistä mittauspöytäkirjaa ei tarvita vaan tarvittavat tulokset voi kirjata pöytäkirjaan. Uutta on myös lopussa oleva keskus ja syöttökaapeli-kohta, johon on pyritty lisäämään tärkeitä tarkastuskohteita, joista voi laittaa pöytäkirjaan lisätietoja, esimerkiksi keskuksen asennus, syöttökaapelin kytkentä, potentiaalintasauskisko, sulakekoko, kWh-mittarin asennus ja sinetöinti, pääkytkin koestettu, katkaisulaite jätetty auki ja mittarin tiedot viety kulutusmittauspalveluun.

## **6.2. Pienjänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP021)**

Pöytäkirjaa (liite 9) käytetään pj-ilmajohtojen tarkastuksiin. Pöytäkirjaa on uusittu mm. lisäämällä kohta, missä valitaan onko kyseessä käyttöönottotarkastus vai kuntotarkastus. Standardi-kohta on tehty selkeämmäksi. Tarkastuslistaan on pyritty lisäämään tarkennuksia niin paljon kuin lomakkeella on tilaa.

## **6.3. Pienjännitekaapelin ja jakokaapin tarkastuspöytäkirja (TP022)**

Liitteessä 10 on pj-kaapelin ja jakokaapin tarkastuspöytäkirja, johon on tehty samat uudistukset kuin pienjänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirjaankin. Käytetyt standardit kohtaan on lisätty SFS 4879-standardi PEX-eristeisille pj-kaapeleille, esimerkiksi AXMK-tyyppinen kaapeli ja SFS 4880-standardi PVC-eristeisille pj-kaapeleille, esimerkiksi AMCMK-tyyppinen kaapeli. Tarvittaessa käytetään erillistä mittauspöytäkirjaa, joka on tiedoston yhteydessä.

## **6.4. Keski-jänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP031)**

Liitteessä 11 on kj-ilmajohdon tarkastuspöytäkirja pääosin samoilla uudistuksilla kuin pj-ilmajohdon tarkastuspöytäkirjakin. Standardeihin on lisätty SFS 5790-kohta PAS-johdon tarkastusta varten. Tarvittaessa käytetään erillistä mittauspöytäkirjaa.

## **6.5. Keski-jännitekaapelin ja haaroituskaapin tarkastuspöytäkirja (TP032)**

Liitteessä 12 on kj-kaapelin ja haaroituskaapin tarkastuspöytäkirja, jossa on samat uudistukset kuin aiemmissakin pöytäkirjoissa. Käytetyt standardit kohtaan lisätty SFS 5636-standardi PEX-eristeisten kaapeleiden tarkastusta varten. Eristysvastusmittausta ei suositella enää tehtäväksi PEX-eristeisten keski-jännitekaapeleiden käyttöönotto- ja kuntotarkastusten yhteydessä, koska korkea tasajännite voi heikentää kaapelin eristystä. Mittauksen voi edelleen tehdä käyttöönottotarkastuksessa, jos on aihetta epäillä, että kaapeli on voinut vaurioitua asennuksen yhteydessä. Kuntotarkastuksiin

eristysvastusmittauksella ei saada lisäarvoa, koska mittauksen paljastamat viat olisivat tulleet esiin jo käytön aikana.

## **6.6. Pylväsmuuntamon ja erotinaseman tarkastuspöytäkirja (TP04)**

Liitteessä 13 on pylväsmuuntamon ja erotinaseman tarkastuspöytäkirja. Pöytäkirjaa on uusittu mm. yksilöimällä käyttöönotto tarkastus, kuntotarkastus ja muu tarkastus. Tarkastuslistassa on lihavoitu ja kursivoitu kohdat, jotka tulee vähintään tarkastaa kuntotarkastuksen yhteydessä. Standardit-kohtaa on selkeytetty. Tarkastuslistaan on pyritty laittamaan mahdollisimman paljon informaatiota tarkastuskohdasta. Loppuun on lisätty kohta maadoitusmittaajan varmennus, ideana on, että maadoitusmittaajat tarkastavat uudet kohteet kesän maadoitusmittausten yhteydessä käyttämällä asentajan täyttämää pöytäkirjaa. Näin varmistetaan, että kaikki on edelleen kunnossa ja samalla tulee korjattua mahdolliset pienet puutteet, kuten tunnusmerkintöjen ja hengenvaarakilpien puuttuminen.

## **6.7. Puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastuspöytäkirja (TP05)**

Liitteessä 14 olevaa puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastuspöytäkirjaa on uudistettu samalla tavalla kuin pylväsmuuntamon ja erotinaseman tarkastuspöytäkirjaakin.

## 7. YHTEENVETO

Työn yhtenä tavoitteena oli koota kaikki olennainen tieto tarkastuksista yhteen pakettiin, työ oli haastava, koska materiaalia tarkastuksista on paljon, mutta pieninä osina eri julkaisuissa. Lisähaastetta työlle toi löytää aina uusin tieto jokaisesta tarkastuksesta ja kohteesta. Lisäksi verkonrakennus ja sähköverkkoon kuuluvat komponentit olivat uusia asioita, joihin en ollut ennen viime kesää tutustunut kuin teoriassa. Kesätyö maadoitusmittauksia tekemässä, verkkoa rakentamassa ja kunnossapitotöissä helpottivat opinnäytetyön tekemistä paljon.

Toinen tavoite oli saada yhtenäinen käytäntö tarkastuksiin riippumatta siitä millä alueella ollaan ja kuka tarkastuksen tekee. Tämän tavoitteen saavuttaminen selviää vasta pitemmällä aikavälillä, kun tarkastuksia on tehty paljon sekä valtuutetun tarkastajan määräaikaistarkastusten perusteella.

Työn aikana nousi esiin paljon kysymyksiä siitä mitä kaikkea tarkastuksia tehtäessä tulisi ottaa huomioon, lähtien aina suunnittelusta, verkon rakennuksesta ja vanhan verkon kunnossapidosta. Rovakaira Oy:n jakelualue on yksi Suomen suurimpia ja välimatkat ovat todella pitkiä, joten huolellinen ennakkosuunnittelu on tarpeen niin rakennustöissä kuin tarkastuksissakin.

Lisätutkimuksia aiheesta voisi tehdä muun muassa mittauksista ja toiminnan testauksista. Yksi suurimpia kohteita voisi olla esimerkiksi sopivan menetelmän löytäminen keskijännitekaapeleiden eristysresistanssimittauksen tilalle. Nykyään ei enää suositella käytettäväksi suurta tasajännitettä PEX-eristeisille kaapeleille, koska tasajännite vanhentaa eristystä. Toinen tutkimusaihe on mitä tarkastuksia kannattaisi yhdistää ja tehdä samalla kertaa, jotta tarkastustoiminta olisi mahdollisimman kustannustehokasta.

## 8. LÄHDELUETTELO

- /1/ Elovaara Jarmo, Laiho Yrjö, Sähkölaitostekniikan perusteet, 6. painos, Otatiето, 2007
- /2/ HeadPower Oy, [www.headpower.fi](http://www.headpower.fi), 28.3.2012
- /3/ Kiiski Juha, tuotesuunnittelija keski- ja suurjännitekaapelit, Reka Kaapeli Oy, sähköpostikeskustelu 26.3.2012
- /4/ Lakervi Erkki, Partanen Jarmo, Sähkönjakelutekniikka, 2. uudistettu painos, Otatiето, 2008
- /5/ Latvala Reijo, Eduel Oy, Koulutusmateriaali, Sähköverkoston kunnonhallintakoulutus, 2008
- /6/ Monni Markku, Ilmajohtoverkostotyöt, 5. kok. uud. painos, Adato Energia Oy, 2010
- /7/ Monni Markku, Jakelumuuntamotyöt, Sähköasematyöt, 4. uud. painos, Adato Energia Oy, 2003
- /8/ Monni Markku, Jakeluverkon käyttötehtävät, 4. uud. painos, Adato Energia Oy, 2002
- /9/ Monni Markku, Maakaapeliverkostotyöt, Katu- ja tievalaistustyöt, 4. uud. painos, Adato Energia Oy, 2002
- /10/ Monni Markku, Sähköverkkosäätimet, 6. kok. uud. painos, Adato Energia Oy, 2005
- /11/ Rimali Pentti, Siirtopäällikkö Rovakaira Oy, Tarkastusohje 20 kV, 2012, ei julkinen
- /12/ Rovakaira Oy, [www.rovakaira.fi](http://www.rovakaira.fi), 13.3.2012
- /13/ Rovakaira Oy:n yhtiökohtaiset tiedostot
- /14/ Rovakaira Oy:n verkkotietojärjestelmä
- /15/ SFS 5825- standardi, Suomen standardisoimisliitto, 2. painos, vahvistettu 23.1.2006
- /16/ SFS 6003 Pienjänniteilmajohdot, Suomen standardisoimisliitto, 2008
- /17/ SFS käsikirja 600 pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus, 1.painos, Suomen standardisoimisliitto, 2008

- /18/ SFS käsikirja 601 Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohdot, 1. painos, Suomen standardisoimisliitto, 2009
- /19/ Sähköinfo Oy, [www.sahkoinfo.fi/severi](http://www.sahkoinfo.fi/severi), 20.3.2012
- /20/ Sähköturvallisuusmääräykset käytännössä 14, Henkilö- ja Yritysarviointi Seti Oy, 2010
- /21/ Verkostosuositus RJ19:06 Pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan, Adato Energia Oy, 2006
- /22/ Verkostosuositus RJ33:09 Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuuden määrittäminen, Adato Energia Oy, 2009
- /23/ Verkostosuositus RK1:93 Kaapelien sijoittaminen maahan, Adato Energia Oy, 1993
- /24/ Verkostosuositus RM3:02 Kaapeliliitännäinen verkonhaltijan muuntamo, Adato Energia Oy, 2002
- /25/ Verkostosuositus SA2:08 Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen, Adato Energia Oy, 2008
- /26/ Verkostosuositus SA4:09 Kaapeloitujen pj-liittymisjohtojen mitoitus ja suojaus, Adato Energia Oy, 2009
- /27/ Verkostosuositus TA1:97 Verkonhaltijan toimesta suoritettavat tarkastukset, Adato Energia Oy, 1997
- /28/ Verkostosuositus TA6:98 Sähkön ostamiseen, myymiseen ja siirtämiseen liittyvät käytännön toimenpiteet, Adato Energia Oy, 1998
- /29/ Verkostosuositus YJ3:92 Rakennusten ja työskentelyn vähimmäisetäisyydet ilmajohdoista, Adato Energia Oy, 1992
- /30/ Verkostosuositus YJ7:06 1kV Sähkönjakelujärjestelmän merkinnät, Adato Energia Oy, 2006
- /31/ Verkostosuositus YJ8:09 Sähkönjakeluverkon merkinnät, Adato Energia Oy, 2009



## 9. LIITELUETTELO

- LIITE 1** Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 1193/1999 sähköasennusten olennaiset turvallisuusvaatimukset
- LIITE 2** HeadPowerin maadoituselektrodijärjestelmän rakennekuva
- LIITE 3** II-pylväsmuuntamon rakennekuva, HeadPower
- LIITE 4** Puistomuuntamon maadoituskaavio, HeadPower
- LIITE 5** Kiinteistömuuntamon maadoituskaavio, HeadPower
- LIITE 6** Maadoitusmittausohje, Verkostosuositus TJ1:05
- LIITE 7** 20 kV:n verkon tarkastuslomake, Pentti Rimali Rovakaira Oy
- LIITE 8** Sähkönjakeluverkon tarkastuspöytäkirja (TP01)
- LIITE 9** Pienjänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP021)
- LIITE 10** Pienjännitekaapelin ja jakokaapin tarkastuspöytäkirja (TP022)
- LIITE 11** Keskijänniteilmajohdon tarkastuspöytäkirja (TP031)
- LIITE 12** Keskijännitekaapelin ja haaroituskäapin tarkastuspöytäkirja (TP032)
- LIITE 13** Pylväsmuuntamon ja erotinaseman tarkastuspöytäkirja (TP04)
- LIITE 14** Puisto- ja kiinteistömuuntamon tarkastuspöytäkirja (TP05)

## **Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 1193/1999 sähköasennusten olennaiset turvallisuusvaatimukset**

1. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä kosketettaessa sähkölaitteiston jännitteisiä osia tai jouduttaessa liian lähelle näitä osia. Suojaus on toteutettava estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai rajoittamalla virran suuruus vaarattoman pieneksi. Suojausmenetelmänä on tavallisesti käytettävä koskettamiselta suojaavaa eristystä tai kotelointia, jollei virran suuruus ole rajoitettu vaarattoman pieneksi. Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista taikka tarkoituksenmukaista, saa suojausmenetelmänä käyttää jännitteisten rakenteiden sijoittamista riittävän kauas kosketusetäisyyden ulkopuolelle. Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole mahdollista tutkimus- tai testauslaitteistoissa, saa käyttää myös tahattomalta koskettamiselta suojaavia esteitä tai muuta soveltuvaa suojausmenetelmää edellyttäen, että luotettavasti estetään sivullisten pääsy vaara-alueelle.
2. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä sähkölaitteistossa esiintyvän vian aikana kosketettaessa jännitteelle alttiita osia tai oltaessa sähkölaitteiston lähellä.
3. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että ei synny korkean lämpötilan tai valokaaren aiheuttamaa sähkölaitteistoon kuulumattoman palavan aineen syttymisvaaraa.
4. Sähkölaitteistot eivät saa aiheuttaa palovammojen vaaraa ihmisille eikä kotieläimille.
5. Jännitteisissä johtimissa mahdollisesti kulkeva ylivirta ei saa aiheuttaa sellaisia korkeita lämpötiloja tai sähkömekaanisia rasituksia, jotka voivat vahingoittaa ihmisiä, kotieläimiä tai omaisuutta.
6. Sähkölaitteistossa esiintyvän vian yhteydessä on normaalitilanteessa jännitteettömien johtimien ja muiden johtavien osien kestävä niiden kautta mahdollisesti kulkeva vikavirta ilman, että niiden lämpötila nousee vaarallisen korkeaksi tai että niistä aiheutuu mekaanista vaaraa.
7. Suojalaitteiden on toimittava sellaisilla virroilla, jännitteillä ja sellaisessa ajassa, jotka takaavat riittävän turvallisuuden.
8. Sähkölaitteiston sähköinen suojajärjestelmä on valittava siten, että se voidaan pitää toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöä.
9. Eri jännitteellä syötettyjen virtapiirien jännitteisten osien välinen vika tai sähkölaitteistosta muusta syystä aiheutuva ylijännite ei saa aiheuttaa vaaraa tai vahinkoa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.
10. Sähkölaitteiston jännitelujuuden ja eristystason on vastattava käyttöolosuhteissa esiintyviä jännitteitä.

11. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että se kestää tarkoitetussa käytössä ja käyttöpaikassa todennäköisesti vaikuttavat ulkoiset rasitukset ja olosuhteet.
12. Sähkölaitteistot on rakennettava kyseiseen käyttöön ja olosuhteisiin tarkoitetuista sähkölaitteista ja muista laitteista sekä tarvikkeista, joiden rakenne täyttää niitä koskevat säädökset. Laitteet ja tarvikkeet on asennettava valmistajan tarkoittamalla tavalla ja siten, että niiden turvallisuus säilyy.
13. Sähköalan ammattitaitoa vailla olevien henkilöiden käyttöön tarkoitettujen laitteistojen rakenteen on oltava sellainen, että nämä henkilöt voivat käyttää laitteistoa ja tehdä heidän tehtäväkseen tarkoitetut toimenpiteet turvallisesti ilman jännitteisten osien kosketusvaaraa ja valokaarivaaraa.
14. Sähkölaitteiston rakenteen ja sijoituksen on oltava sellainen, että sen vaaroja tuntemattomat henkilöt eivät pääse helposti käsiksi jännitteisiin osiin.
15. Sähköratalaitteistoon tai muuhun erikoissähkölaitteistoon mahdollisesti liittyvät poikkeukselliset vaaratekijät on otettava huomioon laitteiston rakenteessa tai suojauksessa.
16. Lääkintätilaan, räjähdysvaaralliseen tilaan tai muuhun poikkeuksellisia vaaratekijöitä sisältävään tilaan saa sijoittaa vain sellaisen sähkölaitteiston, jonka rakenteella tai suojauksella on varmistettu laitteiston turvallisuus kyseisessä tilassa.
17. Ilmajohtojen ja muiden sähkönjakeluun liittyvien sähkölaitteistojen rakenteissa on otettava huomioon tavanomaisten sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevien vaatimusten lisäksi seuraavat tekijät:
  - sääolosuhteista ja muista tekijöistä aiheutuvat lämpörasitukset, mekaaniset rasitukset ja muut vaikutukset;
  - jännitteisten rakenteiden etäisyys rakennuksista, puista ja vastaavista;
  - ihmisten liikkuminen ja liikenne;
  - samoissa pylväissä tai muuten lähellä toisiaan sijaitsevien ilmajohtojen keskinäinen vaikutus;
  - ilmajohtojen pylväissä sijaitsevien muiden laitteistojen ja laitteiden vaikutus.
18. Sähkölaitteiston eri osien on oltava keskenään yhteensopivia. Sähkölaitteisto tai sähkölaite ei saa vaarantaa toisen sähköasennuksen tai sähkölaitteen turvallisuutta.
19. Sähkölaitteiston on oltava sellainen, että sen ja ei-sähköisten laitteistojen välillä ei synny vahingollisia vaikutuksia.
20. Sähkölaitteiston on oltava rakenteeltaan niin selväpiirteinen, että sen käytössä ja huollossa ei synny väärinkäsityksistä johtuvia vaaratilanteita.
21. Sähkölaitteisto on varustettava sen käyttöä ja hoitoa varten tarpeellisilla merkinnöillä ja varoituskilvillä.

Suojalaitteet, johdot ja johtimet on ryhmiteltävä selkeästi ja tarvittaessa merkittävä siten, että virtapiirit voidaan tunnistaa.

Sähkölaitteistosta on laadittava sen rakentamista, käyttöä ja hoitoa varten tarvittavat kaaviot ja ohjeet.

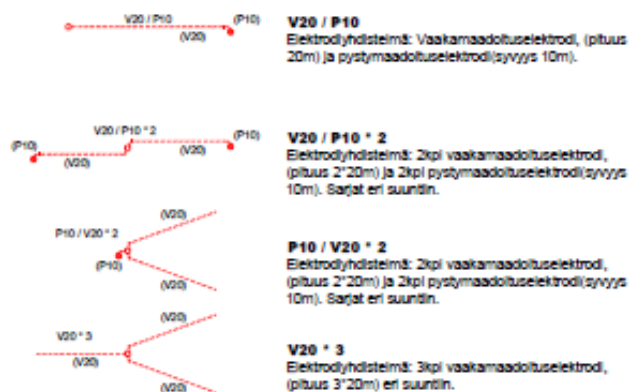
22. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että kaikki ennakoitavissa olevat sähkölaitteiston tarkastus-, testaus-, huolto- tai korjaustoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

23. Sähkölaitteistossa on oltava riittävästi erotuslaitteita siten, että virtapiirit tai yksittäiset laitteet voidaan erottaa verkosta huoltoa, testausta, vian etsintää tai korjauksia varten.

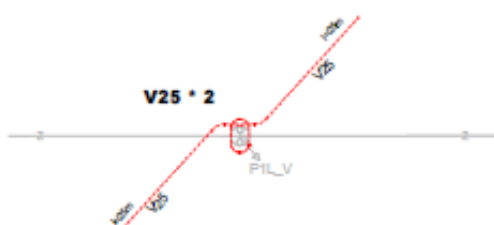
24. Jos vaaran esiintyessä on tarpeen katkaista sähkön syöttö välittömästi, katkaiseva laite tai sitä ohjaava laite on asennettava siten, että se on helposti havaittavissa ja tehokkaasti sekä nopeasti käytettävissä.

## ELEKTRODIJÄRJESTELMÄN KOODIMERKINNÄT:

8540

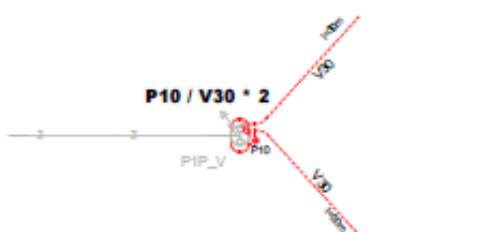


## KÄYTTÖESIMERKKEJÄ:



## PYLVÄSMUUNTAMO

Rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarinnustarpeen mukaan.



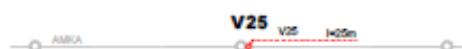
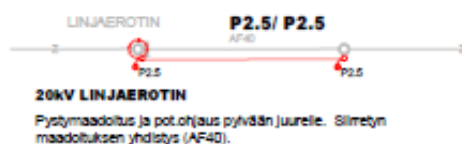
## PYLVÄSMUUNTAMO

Vaakamaadotuselektrodit rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarinnustarpeen mukaan. Pystyraadotus rakennetaan yleensä muuntamon juurelle ja liitetään toiseen vaakamaadotuselektrodiin.



## PYLVÄSMUUNTAMO

Rakennetaan pääsääntöisesti kahteen suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarinnustarpeen mukaan.



## 0.4kV ILMAJOHTO

Rakennetaan pääsääntöisesti linjan suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarinnustarpeen mukaan.



## 0.4kV ILMAJOHTO

Rakennetaan pääsääntöisesti linjan suuntaan maasto-olosuhteiden ja muun verkkoarinnustarpeen mukaan.



## 0.4kV ILMAJOHTO

Rakennetaan pylivään juurelle.



## 0.4kV ILMAJOHTO / KAAPELIVERKKO

Rakennetaan pylivään liitettävään kaapelojaan. Tarvittaessa maadotus voi jatkua seuraavaan liittämispisteeseen tai esim. asiakkaan päämaadotuskiskoon.



## 0.4kV KAAPELIVERKKO

Rakennetaan pääsääntöisesti samaan kaapelojaan muun verkkoarinnuksen yhteydessä.



Maadotuselektrodi järjestelmä

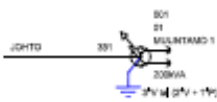
Rakennokuva

© HeadPower Oy

mittakaava  
1 : 50 / A4  
Suorittaja  
J. Karvonen  
Suorituspäivä  
19.11.2001

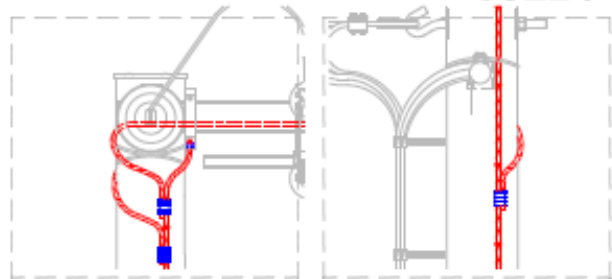
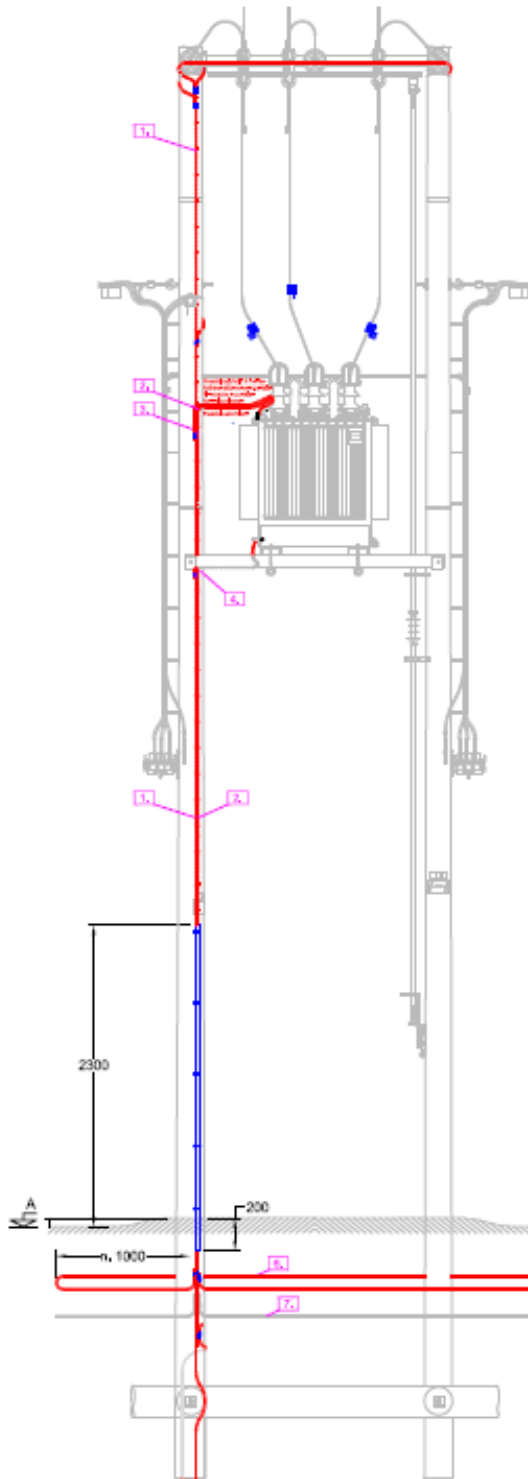
8540

KARTTAMERKINTÄ

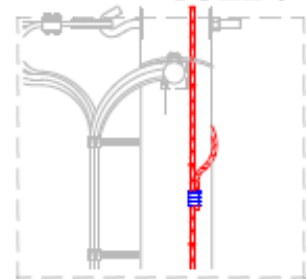


LISÄMERKINTÄ: V TAI 8541  
S TAI 8542  
P TAI 8543

8522 / 1



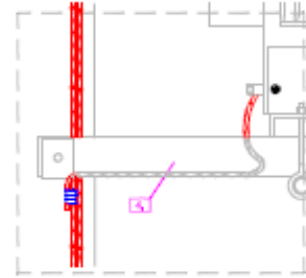
DET. 1  
YLÄOSAN MAADOITUS



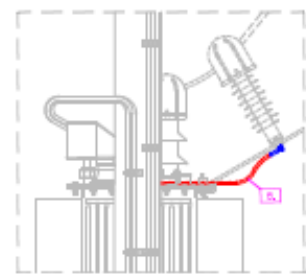
DET. 2  
P-J-HARUSTEN MAADOITUS



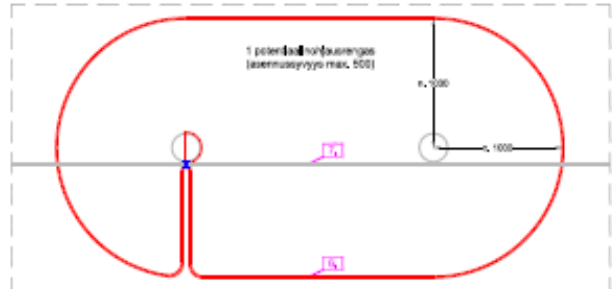
DET. 3  
MUUNTAJAN MAADOITUS



DET. 4  
MUUNTAJAN MAADOITUS,  
MAADOITUSKOHTIÖ SÄILIÖN  
ALAOSASSA



DET. 5  
Y-J-SUOJIEJEN MAADOITUS



DET. 6  
LEIKKAUS A-A  
1 POTENTIAALINOHJAUSRENGAS

MAADOITUSELEKTRODI:  
\* 8541 VAAKA-  
\* 8542 SALVA-  
\* 8543 PYSTY-

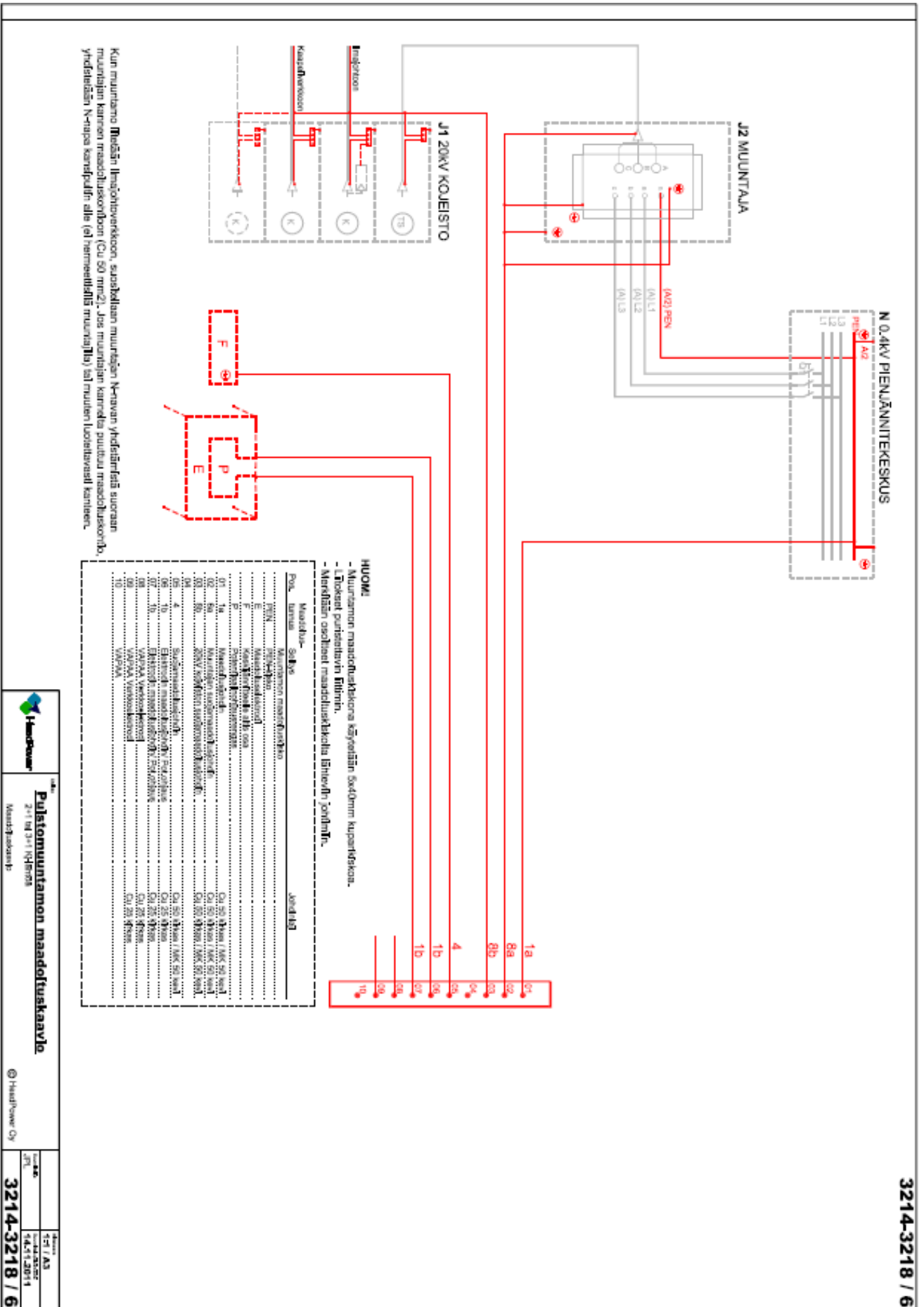


osasto: **II-pylväsmuuntamon yhdistetty maadoitus**  
1 Potentiaaliohjausrengas  
Mittaus  
Rakennekuva

© HeadPower Oy

Mittakaava: **1:50 / A4**  
Suunnittaja: **V. Aaltonen**  
Päiväys: **01.03.2011**

8522 / 1



3214-3218 / 6

**HandPower**

**Palstamuuntamon maadoluokituskaavio**

2 x 100 3 x 100 100/100

Maatutkimusraportti

© HandPower Oy

1:1 / A3

14.11.2014

**3214-3218 / 6**





#### 4. MITTAUSOHJE MITTAAJALLE

##### 4.1 Yleistä muuntopiirin tai erotinaseman maadoitusvastuksen mittauksesta

Mittaus suoritetaan 200 metrin mittajohtimilla. Jännitepiikkiä siirretään 20 metrin välein niin, että saadaan piirretyksi oleelliset osat maadoitusvastuskäyrästä. Mittauspisteiden arvot merkitään maadoituskortin (liite 2) koordinaatistoon ja pisteiden kautta piirretään käyrä. Jos kortin 0...15 Ω Ry- pystyasteikko ei riitä lisätään nollat perään, jolloin asteikoksi tulee 0..150 Ω.

Käyrän vaakaosuudelta tai käännepisteestä tai 60% säännön mukaisesta pisteestä katsotaan oikea vastusarvo, joka on mittaustulos. Mittaustulos merkitään maadoituskortin etusivulle kohdalle Ry. Mittaustulos vahvistetaan mittauspäiväyksellä ja mittaajan nimikirjaimilla.

Huonosti johtavilla kuivilla mailla käytetään mittauksessa tarvittaessa kahta piikkiä rinnan kytkettyinä. Suurehkoilla vastuksilla kaksoispiikkien käyttö parantaa lukematarkkuutta. Jos virtapiikin vastus on liian suuri, ei todennäköisesti saada mittaustulosta. Tällöin kaksoisvirtapiikki saattaa auttaa mittauksen käynnistymistä. Rinnakkaisten piikkien käyttö ei tule kuitenkaan usein tarpeelliseksi, koska suurta huokkaa olevat maadoitusvastukset ovat joka tapauksessa usein paljon vaadittujen arvojen yläpuolella.

On erityisesti varottava mittaamasta paikallisen elektrodin päältä, jolloin saadaan todellista pienempi, virheellinen tulos. Tämä näkyy mittaustuloksen käyrässä olevana kuoppana.

Mittaustuloksen arvo vaihtelee muutaman kymmenen prosentin alueella riippuen mittaussuunnan valinnasta sekä maan pintakosteudesta mittaushetkellä. Varo kymmenenpiikkuvirhettä.

Käytännössä saadaan erilaisia mittaustuloksia, riippuen mittaussuunnasta.

Mittaustulosten hajonta aiheutuu:

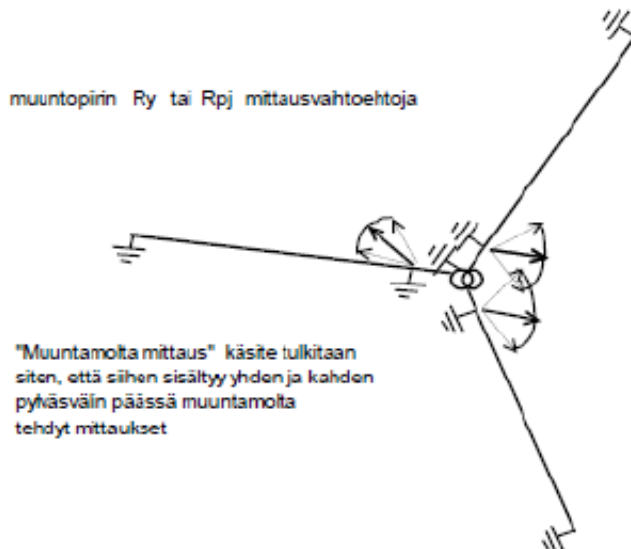
- maaperän sähkönjohtavuuden suuresta vaihtelusta. Yleensä savi- ja multamaa sekä erityisesti suomaasto johtavat hyvin sähköä. Melkein eristeitä sen sijaan ovat ehjä peruskallio, sora- ja hiekkaharju (sekä puhdas järvivesi). Maan pintakerrosten kosteusolosuhteet vaikuttavat suhteellisen paljon tulokseen etenkin hiekkapitoisilla mailla.
- liian lähellä mittaussuoraa olevista elektrodeista tai muista esim. maassa olevista johtavista putkistoista.

Seuraavissa kaaviokuvissa (kuva 2 ja kuva 3) on esimerkkejä mittauspäikköjen ja suuntien valinnasta. Kuva 3 edustaa ennen vuotta 2001 asennettua erotinaseman maadoitusta.



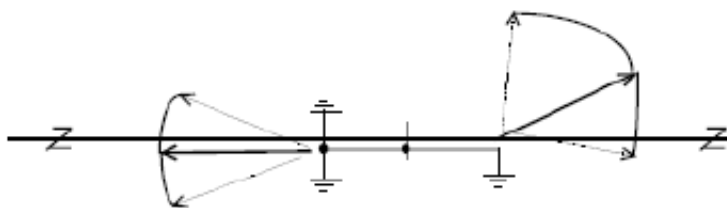
Mikäli käyrämoto ei ole oikea, vaihdetaan mittaussumunta tai -paikka, kunnes saadaan käyrä, jolta löytyy vaakasuus tai käännepest. Näin menetellen saadaan lähinnä oikeaa oleva mittaustulos.

**Kuva 2**



**Kuva 3**

Eroinaseman  $R_e$  mittaus tehdään yleensä sen pylvään luota mistä maadoituselektrodi alkaa, elektrodeista pois päin (vanha rakenne)



Eri mittauskertojen mittapistetiedot merkitään niin, että ne voidaan erottaa toisistaan esim. mittaus 1, 2 jne. Lopullisen mittauksen oikea käyrä on selvästi merkittävä niin, että se erottuu "kokeilukäyristä".



Mittaustulos tallennetaan verkostotietojärjestelmään ja mittauskortti merkintöineen arkistoidaan. Mikäli pj –verkkokartassa on esim. mittauspaikan tai suunnan merkintöjä, joita ei ole mittauskortissa, myös se arkistoidaan mittauskortin mukana.

Maadoituskortissa on ”vaadittu arvo” rivi, johon on valmiiksi laskettu kohteen maadoitusvastus, millä päästään ko. muuntopiirirakenteen mukaiseen suojaustasoon. Mikäli mittauksen tulos on yhtä suuri tai pienempi kuin vaadittu maadoitusvastus, on muuntopiirin maadoitukset kunnossa. Vaadittu maadoitusvastus voi olla annettu erillisellä listalla, josta se siirretään mittauskorttiin.

#### 4.2 Maadoitusvastusmittarin johtojen kytkentä ja mittaukset

Normaalisti rinnakkaisia jännite- ja virtapiikkejä ei tarvita. Niistä on apua lähinnä hyvin huonosti johtavassa maaperässä, jossa mittarin galvanometri on käymässä tunnottomaksi liian pienistä mittausvirroista johtuen. Uudemmissa digitaalinäytöllä varustetuissa mittareissa asia ilmenee siten, että ne ei anna mittauksesta lainkaan, jos piikkivastukset on liian suuria.

Mikäli yhdistysjohdin a (kuva 4) on huomattavan pitkä on sen vastus erikseen mitattava ja vähennettävä mittauksesta. Myös sillä seikalla saattaa olla merkitystä, että osa mittausjohtimesta on kierrettynä kelalle mittauksen aikana. Joka tapauksessa virta ja jännitepiikille menevät johtimet pitää olla erillisiä. Ne eivät saa olla rinnakkain lähellä toisiaan ja samassa asennossa toisiinsa nähden koko pituudeltaan. Jos ne olisivat esim. saman kaapelin johtimia, niin johtimien välille vaikuttavat induktanssi ja kapasitanssi häiritsevät mittauksia.

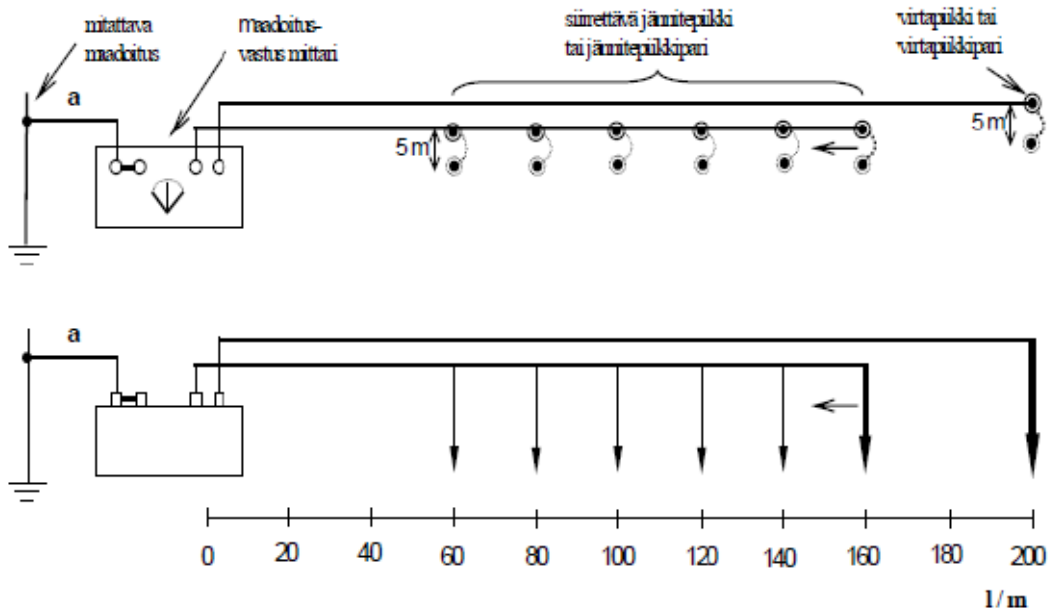
Joissakin tapauksissa saattaa mittauskäyrän vaakaosuuden löytämistä auttaa mittaussuoran loitontaminen lähimmistä maadoituksista käyttämällä esim. 50 m pitkää apujohtoa a. Apujohtoon a vastus on silloin vähennettävä mittauksesta.

Käytännöllisenä seikkana mainittakoon, että 200 m mittajohtimien käsittely maastossa vaatii kahden henkilön työskentelyä, jotka pitävät yhteyttä toisiinsa esim. kannettavilla radiopuhelimilla.

Jännitemittausjohdin kannattaa tehdä tietyn pituiseksi esim. 160m. Mittauksen alkaessa vedetään koko johto kelalta ja mitataan kauimmaisen pisteen arvo. Sitten kelataan johtoa takaisin ja kelaaja tarkkailee johtoon tasavälein tehtyjä merkkejä. Joka merkin kohdalla tehdään mittaus. Näin saadaan jännitemittajohdin kulkemaan sujuvasti ryteikköisissäkin maastossa ja mittauskäyrän pisteet tulevat tarkemmin, kuin asettelemalla jännitepiikkiä esim. askelmitalla takaisinpäin.



Kuva 4



On otettava huomioon, että käyrän nollakohta on (mittasuhteessa) sieltä missä mitattava maadoitus "keskiarvoisesti" sijaitsee.

Maadoituskorttiin mittajohtojen pituiseksi piirretyn matka-asteikon nollakohta ei ole useimmiten mitattavan elektrodiyhdistelmän todellinen sijaintikohta.

Näin ollen asteikon nollakohdalla käyrä saattaa olla vielä nollan yläpuolella, jos maadoitukset sijaitsee pääasiassa mittarin vasemmalla puolella.

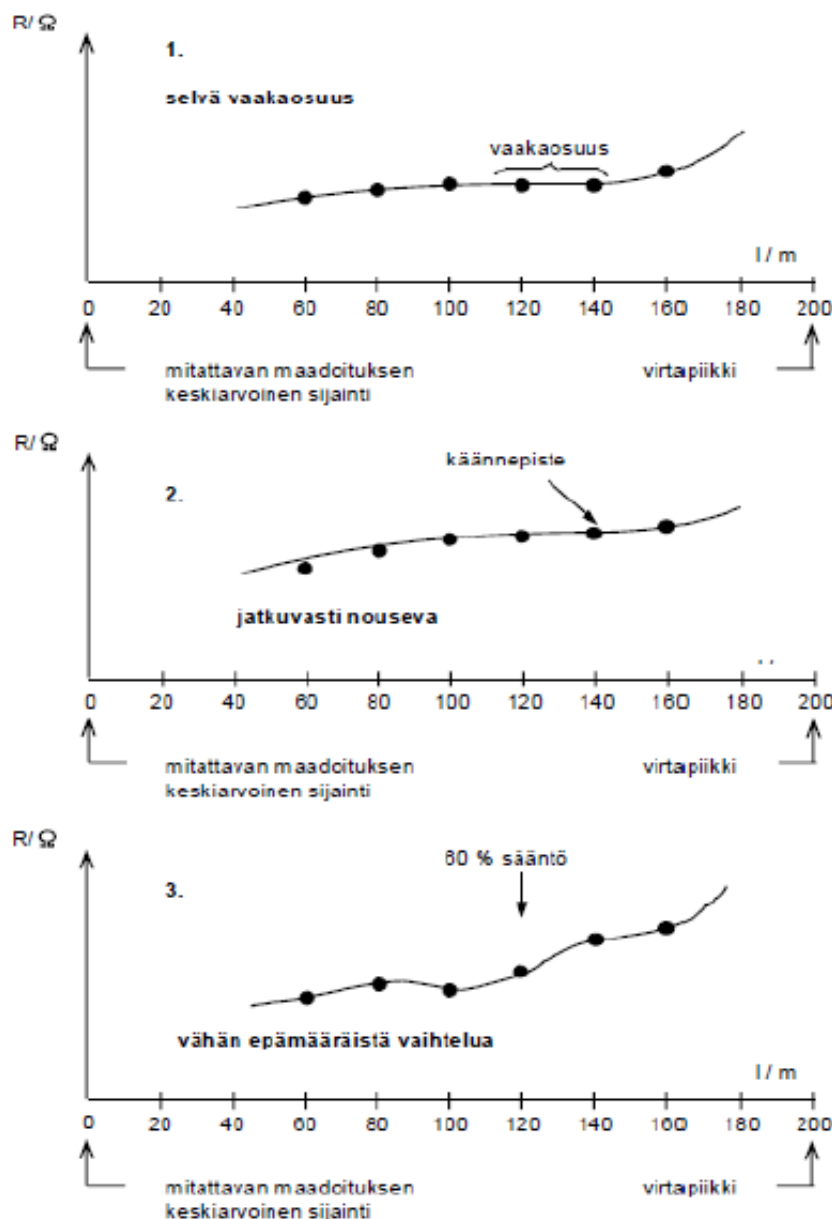
Mittaus tuloksen kannalta oleelliset pisteet on merkitty kuvaan 5 teoreettisille käyrätyypeille pisteillä.



Kuva 5

Maadoituspotentiaalın jakautuma homogeenisessa maaperässä 1. ja 2.

Käytännössä maan sähkönjohtavuus vaihtelee aiheuttaen käyrämuotoon poikkeamia 3.





### 4.3 Muuntopiirin maadoitusjärjestelmän maadoitusvastuksen mittaus

Yleisesti kj -suojamaadoitus ja pj -verkon maadoitusjärjestelmä on yhdistetty muuntamalla, jolloin muuntopiirin maadoitusjärjestelmällä on vain yksi maadoitusvastusarvo Ry.

Vain poikkeustapauksissa käytetään erillisiä kj -suoja- ja pj -verkon maadoituksia. Nämä poikkeustapaukset on merkitty erikseen mittausohjelmaan.

#### Mittauspaikan valinta

Kun kj -suojamaadoitus ja pj -verkon maadoitukset on yhdistetty muuntamalla, muodostavat muuntopiirin maadoitukset yhden maadoitusjärjestelmän.

Maadoitusvastus mitataan muuntopiiristä niin, että mittaussuora on lähes neutraalissa maaperässä eli mahdollisimman kaukana lähimmistä maadoituselektrodeista. Useimmiten muuntamo sijaitsee lähellä muuntopiirin keskustaa ja sen ympärillä on usein moneen suuntaan maadoituselektrodeja, jotka todennäköisesti jäävät liian lähelle mittaussuoran mittapisteitä, jos mittaus suoritettaisiin muuntamolta. Luotettavampi mittaustulos saadaan, kun hakeudutaan muuntopiirin keskustan alueella paikkaan, jossa maadoituselektrodeja ovat harvemmassa ja valitaan mittaussuora lähimmästä elektrodista pois päin.

Pj -verkkokarttaan piirretään nuoli, joka osoittaa mistä ja mihin suuntaan maadoitus on mitattu. Mikäli joudutaan muuttamaan paikkaa tai suuntaa kelvollisen käyrän aikaansaamiseksi merkitään verkkokarttaan lopullisen mittaussuoran paikka ja suunta.

### 4.4 Erotinasemien maadoitusvastuksen mittaus

#### 4.4.1 Erillinen käsin ohjattava pylväserotinasema.

Kun erotinasemat eivät ole yhteydessä pj- jakeluverkkoon, pitää etäisyys erotinaseman maadoituksista olla jakeluverkon, puhelinverkon tai muihin maadoituksiin suurempi kuin 20 m.

- jos erotinasema on vanhaa rakennetta mitataan sen maadoitusvastus samalla tavalla kuin ennenkin.
- kun erotinasemalle on tehty potentiaalinhjausringas sekä tyvi- tai sauvamaadoitus, ei erotinaseman maadoitusvastusta tarvitse mitata. Tällöin riittää, että mittaamalla todetaan potentiaalinhjausringkaan eheys (kuva 6). Tässä mittauksessa ei välttämättä tarvita varsinaista maadoitusvastusmittaria. Riittää esim. yleismittarin piennihmisellä alueella suoritettu mittaus. Mittaus edellyttää, että tasausringas on tehty silmukkakytkennällä, jossa potentiaalinhjausringkaan loppupää on tuotu eristettynä pylvään alaosaan ja



liitetty avattavalla liittimellä kj -suojamaadoitukseen. Mittauksessa liitos avataan ja avausvälin yli mitataan vastus. Mittaustuloksen tulee olla käytännössä noin  $0 \Omega$ , sillä potentiaalirenkaan pituisen kupariköyden vastus on alle  $0,1 \Omega$ . Mittaustulos merkitään maadoituskortin sarakkeeseen R<sub>silm</sub> (liite 2). Ks. RJ 19 kuvat 1 ja 2.

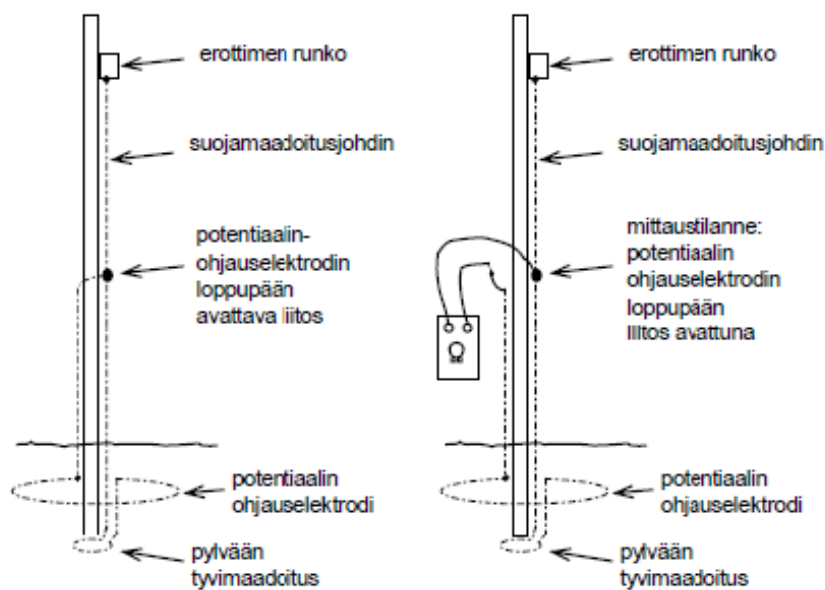
Kun mitataan erotinaseman maadoitusvastusta tai potentiaaliohjausrenkaan ehjyyttä, tulee olla erityisen varovainen. Erottimelta potentiaaliohjausrenkaaseen asennettu maadoitusjohdin tulee olla koko ajan liitettynä potentiaaliohjausrenkaaseen sekä ja tyvi- tai pysty maadoitukseen.

Erottimen suojamaadoitukseen voi vikatapauksissa tulla sallittua suurempia kosketusjännitteitä. Käyttötilanteessa paljaita suojamaadoitusjohtimia ei voi kosketella maasta (suojaus 2,3 m korkeudelle). Mittaustilanteessa liitetään suojajohdinyhteys maasta kosketeltavaksi, joten mittajohtoja on käsiteltävä eristävillä välineillä. Erityisesti on varottava joutumasta sarjakytkentään suojamaadoitusjohtimen ja kaukana maassa olevan mittapiikin välille. Kaukanakin olevan ukonilman aikana pitää välttää maadoitusmittauksia. Jos salamointi on näköetäisyydellä on maadoitusmittaus lopetettava.

Jos käsin ohjattavan pylväserotinaseman pylväeseen kiinnitetään AMKA -kaapeli, kytketään rakennettu erottimen maadoitus myös AMKA -kaapelin PEN -johtimeen. Pylväserotimen maadoitus parantaa osaltaan muuntopiirin maadoitusjärjestelmää ja PEN -johdin jakaa salamaylijännitteen usealle maadoitukselle.

**Kuva 6****Käsinohjatun erotinaseman potentiaaliohjausrenkaan ehjyyden mittaus**

Tämä rakenne on käsin ohjattavilla erotinasemilla, joiden maadoitus ei yhdisty muihin maadoituksiin.



Mittaus voidaan suorittaa maadoitusvastusmittarilla tai tavallisella yleismittarilla

**4.4.2 Kaukokäytettävä erotinasema, joka saa apusähkön lähimuuntamosta.**

Maadoitusvastus tulee mitatuksi muuntopiirin maadoitusjärjestelmän mittauksen yhteydessä. Mittausarvo merkitään erotinaseman maadoituskorttiin.





#### 4.4.3 Kaukokäyttöerotinasema, jolla on vain sitä varten pieni omakäyttömuuntaja.

Tätä erotinasemaa koskevat maadoitusjännitevaatimukset. Maadoitusvastus pitää mitata normaalilla tavalla käänne pistemenetelmällä.

Potentiaalinohjausrenkaan ja täydentävien säteettävien maadoituselektrodien (verkostosuositus RJ 19 kohta 3.2) muodostaman maadoitusrakenteen maadoitusvastus ei todennäköisesti täytä edes ehtoa  $U_E \leq 5xU_{Tp}$ , koska se useimmiten sijaitsee kuivalla mäellä.

On myös mahdollista mitata vikatilanteessa esiintyvät kosketusjännitteet ( $U_T$ ) erityistoimenpitein. Jos ne ovat pienempiä kuin sallittu  $U_{Tp}$ , on asia kunnossa.

Liitteessä 1 on esimerkkejä suoritetuista kosketus- ja askeljännitteiden mittauksista.

#### 4.4.4 Uuden muuntamon liittäminen laajaan maadoitusjärjestelmään.

Laajan maadoitusjärjestelmän syntyminen selvitetään jo suunnitteluvaiheessa.

Kun liitetään uusi muuntamo laajaan maadoitusjärjestelmään tulee:

- uuden muuntamon liittyminen laajaan maadoitusjärjestelmään tulee varmistaa vastusmittauksella. Mittaus suoritetaan ennen jännitteen kytkentää uuteen muuntamoon. Kun uusi muuntamo liitetään kj -kaapelilla esim. AHXAMK, käytetään uuden kj -kaapelin keskusköyttä mittausjohtimena, jonka avulla mitataan miten hyvin muut yhteydet on liitetty laajaan maadoitusjärjestelmään. Jos muiden yhteyksien kautta syntyy hyvä pieniohminen yhteys, kytketään myös mittausjohtimena toimiva keskusköysi kj -kojeiston maadoituskiskoon suunnitelman mukaisesti.
- varmistaa, että pienjänniteverkon kautta muodostuu riittävät yhteydet laajaan maadoitusjärjestelmään. Jos yhteyksiä ei heti rakenneta riittävästi, ei synny laajaa maadoitusjärjestelmää tai se syntyy vasta myöhemmin. Muuntopiirin maadoitusjärjestelmän maadoitusvastus tulee tällöin mitata.
- ilmajohtoalueilla varmistaa, että yhteydet laajaan maadoitusjärjestelmään syntyvät. Jos PEN -johtimien kautta ei synny riittäviä yhteyksiä, rakennetaan esim. kj -verkon pylväisiin muuntamot yhdistävä maadoitusjohdin. Muuntamoiden välistä maadoitusjohdinta voidaan käyttää myös mittausjohtimena tutkittaessa muita yhteyksiä (vrt. kaapelialueen muuntamo).

## 5. KUNTOTARKASTUKSET

Rakentamisen jälkeisen maadoitusmittauksen mittauspisteet ja mittaustulos pitää dokumentoida.

Kuntotarkastusmittaukset 6 tai 12 vuoden välein voidaan suorittaa edellisen mittauksen mittauspisteestä, jos se on dokumentoitu riittävän tarkasti.

Kuntotarkastusten väli on 6 vuotta, jos maadoitus- tai potentiaaliohjauselektrodi on liitetty vain yhdellä maadoitusjohtimella maadoitettavaan.

Jos elektrodyhteys on rakennettu kahdella maadoitusjohtimella tai maadoituksia on useita (esim. muuntopiirin maadoitusjärjestelmä), voi kuntotarkastuksen väli olla 12 vuotta.

Kuntotarkastukseen liittyy aina näkyvillä olevien maadoitusjohtimien ja niiden liitosten silmämääräinen tarkastus

Kuntotarkastusmittauksessa riittää yksi 60 % mittauspiste, joka pitää sijaita maastossa tarkasti samassa paikassa kuin alkuperäisessä mittauksessa. Jos saatu vastusarvo olisi yhtäsuuri tai pienempi kuin alkuperäinen tulos on maadoitukset kunnossa.

Suosittelavin tapa kuntotarkastuksessa on mitata samoin kuin alkuperäisessä mittauksessa. Mitataan tarpeellinen määrä pisteitä käyrän tunnistamiseksi. Luetaan siitä oikea mittaustulos ja verrataan sitä päivitettyyn vaadittavaan arvoon. Näin menetellen ei tarvitse hakea maastossa tarkasti samoja pisteitä kuin edellisellä kerralla. Maastoon on voinut tulla esteitä mitata samasta suunnasta kuin 12 vuotta aikaisemmin ja sinne on saatettu rakentaa mitausta häiritseviä johtavia maanalaisia rakenteita. Kun mittausjohdot on maastoon vietävä, ei muutaman lisäpisteen mittaus vie paljon aikaa.

Laajan maadoitusjärjestelmän kuntotarkastus suoritetaan mittaamalla pihtimittarityyppisellä ”maadoitustesterillä” esim. kaapeliliitäntäisen muuntamon maadoituskiskoon liitetyn jokaisen maasta nousevan maadoitusjohtimen maadoitusvastus. Samalla tulee testatuksi maadoitusjohtimien, elektrodien ja myös maadoituskiskon liitokset.

