

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU

Sähköverkon tarkastukset

Henri Vanha

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Insinööri(AMK)

KEMI 2012

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty pääosin kevään 2012 aikana Tornion Energia Oy:n esittämästä aiheesta. Työtä on tarkastanut ja ohjannut edistymisen ajan Tornion Energia Oy:ltä sähkökäytönjohtaja Erkki Näätsaari. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulun puolelta työtä on tarkastanut ja ohjannut diplomi-insinööri Jaakko Etto. Haluan esittää heille molemmille parhaat kiitokseni saamistani neuvoista, ohjeista sekä positiivisesta asenteesta urheiluharrastustani kohtaan, joka mahdollisti työn tekemisen etätyönä.

Haluan kiittää kaikkia muitakin työni edistymiseen vaikuttaneita henkilöitä hyvästä yhteistyöstä sekä erityisesti Tornion Energia Oy:n työntekijöitä joilta olen saanut tietoa työhöni.

Lämmin kiitos tuesta ja kannustuksesta kuuluu myös vanhemmilleni ja veljelleni sekä valmistumiseeni myötävaikuttaneille ystäville.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala	
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Henri Vanha
Opinnäytetyön nimi	Sähköverkon tarkastukset
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	3.5.2012
sivumäärä	91 + 8 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	DI Jaakko Etto
Yritys	Tornion Energia Oy
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Ins. (AMK) Erkki Näätsaari

Tämän opinnäytetyön aiheena on sähköverkostoille ja niiden eri osille suoritettavat tarkastukset. Opinnäytetyön aihe saatiin Tornion Energia Oy:ltä. Työn alkuvaiheessa aiheeseen perehdyttiin tekemällä verkoston tarkastuksia käytännössä ja tutustumalla aiheeseen muiden materiaalien kautta. Näiden tietojen pohjalta saattoi opinnäytetyön työstäminen käynnistyä.

Työssä kuvattiin sähköverkoston tärkeimmille ja yleisimmille osille tehtäviä tarkastuksia, joita tehdään ennen käyttöönottoa sekä käytön aikana. Asiat pyrittiin esittämään selkeästi ja havainnollistamaan kuvien avulla siten, että aiheesta tietämätönkin voi saada käsityksen verkoston osien tarkastuksista.

Koska työn tavoitteena oli tehdä yleispätevä tutkielma sähköverkoston tarkastuksista, ei aiheessa perehdytty minkään yksittäisen valmistajan tai harvinaisemman laitteiston tarkastuksiin tai huoltoon. Näin työn laajuus saatiin pysymään kohtuullisena, mutta kuitenkin sellaisena, että tietoja soveltamalla ja omia taustoja silmällä pitäen voidaan opinnäytteen pohjalta tehdä verkostolle tarvittavat tarkastukset.

Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet melko tarkasti. Tavoitteet eivät kuitenkaan aivan kokonaan täytyneet, sillä aluksi työsuunnitelmiin kuului myös tarkastuslomakkeiden päivittäminen ja yhtenäistäminen. Tämä vaihe jätettiin lopulta pois, koska tutkielman osuus laajeni alkuperäisestä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi verkoston ja sen osien tarkastuksista kattava tietopaketti, mutta samalla työn tekijä on saanut oppia melkoisesti myös tiedonhausta sekä projektityön tekemisestä.

Asiasanat: käyttöönottotarkastus, kuntotarkastus, maadoitusmittaus, sähköverkkojen tarkastukset.

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Henri Vanha
Title	Inspections of Grids
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	3 May 2012
Pages	91 + 8 appendices
Instructor	Jaakko Etto MSc Techn
Company	Tornion Energia Oy
Contact Person from Company	Erkki Näätsaari BEng

The subject of this thesis are inspections made for grids. It was initiated by a contact to the company, Tornion Energia Oy. In the beginning of the thesis work, the subject was made familiar by inspecting the grids in practice and by studying the related material. As the knowledge of the matter became better, the structure of the thesis was easier to plan.

The aim of the thesis is to delineate the inspections made to the most vital and common parts of the grids. In the thesis the subjects are meant represented as practical as possible and with the help of many pictures. Another purpose was to make the inspection process easy to understand even for a layman. Due to this fact it was not appropriate to familiarize with equipment offered by a certain company or so on. By doing so, the thesis was kept from extending too much but, on the other hand, it made it possible to make the necessary grid inspections by using the information from the thesis.

The goals set for the thesis were reached on the adequate level. Though, parts concerning sheets used in the inspections were left out in favour of keeping the thesis from becoming too comprehensive.

Keywords: Start-up inspection, condition inspection, earthing measurements, inspections on a grids.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. YLEISTÄ SÄHKÖVERKKOJEN TARKASTUKSISTA	3
2.1. Sähköverkkojen tarkastusten lait ja määräykset	3
2.2. Sähköverkon kunnossapito	7
2.3. Kunnonvalvontamenetelmät	8
2.4. Kuntotietojen hyödyntäminen ja dokumentointi	9
2.5. Laitteistojen käyttöikä	11
3. SÄHKÖVERKKOJEN KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	12
3.1. Yleistä käyttöönottotarkastuksista	12
3.2. Aistinvarainen tarkastus	15
3.3. Käyttöönottotestaukset	17
3.3.1. Suojajohtimen jatkuvuus	17
3.3.2. Eristysresistanssin mittaus	18
3.3.3. Syötön automaattinen poiskytkentä	19
3.3.4. Vikavirtasuojakytkimet	21
3.3.5. Napaisuus ja kiertosuunnat	22
3.3.6. Toimintatellit	22
4. SÄHKÖVERKKOJEN KUNTOTARKASTUKSET	23
4.1. Ilmajohdoverkkojen tarkastukset	24
4.1.1. 20kV:n ilmajohdon tarkastaminen	24
4.1.2. 0,4kV:n ilmajohdon tarkastaminen	29
4.1.3. Lahotarkastukset	33
4.2. Jakokaappien tarkastukset	39
4.3. Muuntamoiden tarkastukset	40
4.3.1. Muuntamoiden keskijännitelaitteistojen tarkastukset	41
4.3.2. Muuntamoiden pienjännitelaitteistojen tarkastukset	42
4.3.3. Pylväsmuuntamoiden tarkastukset	43
4.3.4. Puisto- ja kiinteistömuuntamoiden tarkastukset	46
4.4. Sähköasemien tarkastukset	52
4.5. Erottimien tarkastukset	56
4.6. Akustojen ja varavoimakoneiden tarkastukset	59
5. TARKASTUSTEN TEKEMINEN	65
5.1. Yleistä tarkastusten tekemisestä	65
5.2. Tarkastajan varustus	67
5.2.1. Työkalut ja tarvikkeet	67
5.2.2. Muuta tarvittavaa	70
6. SÄHKÖVERKKOJEN MAADOITUSMITTAUKSET	71
6.1. Yleistä sähköverkkojen maadoitusten mittaamisista	71
6.2. Mittausmenetelmät ja tavat	74
6.2.1. Käännepestemenetelmä	77

6.2.2. Voltti-ampeerimenetelmä.....	80
6.2.3. Suurtaajuusmenetelmä	81
6.2.4. Virta-jännitemenetelmä.....	82
6.2.5. Maasulkumittausmenetelmä.....	82
6.2.6. Määrittäminen yksittäisten resistanssien perusteella	83
6.2.7. Sarjamittausmenetelmä	83
6.3. Mittausmenetelmien vertailu ja valinta	84
7. YHTEENVETO	86
8. LÄHDELUETTELO	87
9. LIITELUETTELO	91

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

GWh	gigawattitunti
I_m	Mittausvirta
PEN-johto	Johto jossa on yhdistetty suojamaa ja nolla
R	Resistanssi
R_E	Maadoitusresistanssi
TKE	Tornion kaupungin energialaitos
TN-C	Jakelujärjestelmä, jossa PE- ja N-johdin on yhdistetty
TN-S	Jakelujärjestelmä, jossa PE- ja N-johdin on erotettu
U_m	Maadoitusjännite
U_{TP}	Kosketusjännite
Z_E	Maadoitusimpedanssi
ρ_E	Maaperän resistiivisyys
ΔV	Potentiaaliero

1. JOHDANTO

Aihe sai alkunsa yhteydenotosta Tornion Energia Oy:lle (tunnetaan myös nimellä Tornion kaupungin energialaitos, TKE, joka oli aiemmin käytössä). Muutamien puhelujen ja tapaamisen jälkeen sovin opinnäytetyöaiheesta Tornion Energia Oy:n kanssa. Aiheena tässä työssä olisi sähköverkoille suoritettavat tarkastukset. Opinnäytetyön valintaan vaikutti merkittävästi oma kiinnostukseni sähköverkostoja kohtaan sekä Tornion Energian positiivinen näkemys urheiluharrastustani kohtaan.

Torniossa aloitettu sähkölaitostoiminta sai alkunsa elokuussa vuonna 1911. Alkujaan Tornion sähkölaitoksena tunnettu yhtiö muutti nimensä vuonna 1980 Tornion kaupungin energialaitokseksi, kun toimituksiin lisättiin myös kaukolämpöenergia. Nykyinen nimi, Tornion Energia Oy, tuli käyttöön vuonna 2003, kun kaupunki yhtiöitti energialaitoksensa./30/

Vuonna 2011 Tornion Energian liikevaihto oli noin 10,7 milj. euroa, ja se putosi edellisvuodesta -2,5 %. Liikevaihto koostuu sähköverkko (4,0 milj. euroa)- ja kaukolämpötoiminnasta (6,2 milj. euroa) sekä verkonrakentamispalveluista. Liikevoittoa vuonna 2011 syntyi 1,01 milj. euroa. Sähköenergiaa oli jakelualueella siirretty vuoden lopulla noin 175 gigawattituntia (GWh) ja kaukolämpöenergiaa noin 159 gigawattituntia. Asiakkaita Tornion Energialla sähkönsiirron puolella oli vuonna 2011 10929 ja samana vuonna kaukolämmön puolella 440. Liittyneitä käyttöpaikkoja tuli sähköverkkoon lisää 121 kpl ja kaukolämpöverkkoon 25 kpl edellisvuoteen nähden./40/

Voimassaolevien määräysten ja säännösten vuoksi sähkölaitteistoille ja laitteille on tehtävä erilaisia tarkastuksia. Näitä tarkastuksia ovat mm. käyttöönottotarkastukset, varmennustarkastukset sekä määräaika- ja kuntotarkastukset. Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena koota kattava tietopaketti sähköverkoille tehtävistä tarkastuksista. Työssä syvennyttään verkostolle ja verkoston komponenteille tehtäviin määräaika- ja kuntotarkastuksiin, koska ne ovat tärkeitä seikkoja turvallisuuden ja laadun varmistamisessa. Työhön on tarkoituksena sisällyttää myös ohjeistus verkon käyttöönotto-

ja määräaikaistarkastuksista, joita asentaja voi hyödyntää tehdessään tarkastusta. Tavoitteena on, että yhtiö voisi käyttää tätä opinnäytetyötä hyväksi verkkotarkastuksissa.

Työn varsinainen tekeminen aloitettiin perehtymällä Tornion Energialta ja koululta saatuun materiaaliin, jonka kautta pohjatietoa työn aloittamiseen tulikin runsaasti. Työ jatkui etätyöskentelynä, mikä asetti omat haasteensa tiedonhankintaan. Tiedonlähteenä on käytetty aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä, lähdekirjallisuutta, tutkimustuloksia sekä asiantuntijoiden neuvoja.

2. YLEISTÄ SÄHKÖVERKKOJEN TARKASTUKSISTA

Sähköverkossa olevat laitteistot ja osat vaativat säännöllisiä tarkastuksia, toiminnan kokeiluja sekä huoltoa, jotta voidaan varmistaa niiden oikea toiminta sekä minimoida vikaantumisriskit. Huoltamisen tarve on seurausta laitteen käytöstä ja käyttöympäristön aiheuttamasta rasituksesta sekä materiaalien ominaisuuksien heikentymisestä.

Ajan myötä laitteessa tapahtuvien muutosten ja niiden ajankohdan ennustaminen on hyvin vaikeaa, joten tarvitaan joitakin keinoja, millä kuntoa voidaan seurata. Kunnan seuraamisella ja kunnossapidolla pyritään havaitsemaan sekä korjaamaan verkosta sellaiset verkon komponentit ja laitteistot, jotka voivat aiheuttaa riskin sähkönjakelun luotettavuudelle. Tavoitteena on siis pitää verkosto hyvässä toimintakunnossa, jotta se täyttäisi sille asetetut vaatimukset turvallisuuden, käyttövarmuuden sekä häiriötilanteiden ehkäisyn suhteen. Tavoitteena on myös saada verkoston teknistaloudellinen käyttöikä mahdollisimman pitkäksi, mihin päästään hyvin kohdennetuilla kunnossapitotoimilla./5/

Verkostoille tehtävistä kuntotarkastuksista saadaan myös tärkeää tietoa verkon kunnosta, jolloin voidaan mahdollisesti tehdä toimenpiteitä sähkönlaadun parantamiseksi. Tarkastuksien tuloksena voidaan lisäksi päivittää verkon dokumentaatiota mahdollisten puutteiden tai poikkeavuuksien osalta, jolloin niitä voidaan käyttää hyväksi erilaisissa tulevaisuuden tilanteissa. Tarvittaessa verkkoa voidaan saneerata tai sille voidaan tehdä muita sen kuntoa ja toimintaa ylläpitäviä toimenpiteitä. Näin pystytään pidentämään verkon käyttöikää. Eri toimenpiteiden syinä voivat olla esimerkiksi sähköturvallisuuteen liittyvät tekijät tai teknisen käyttöiän päättymisen./5/,/9/

2.1. Sähköverkkojen tarkastusten lait ja määräykset

Sähköverkoille tehdään tarkastuksia ensisijaisesti turvallisuuden, mutta myös laadun ja taloudellisuuden vuoksi. Niin sähköverkkoyhtiöille kuin monelle muullekin saralle on

asetettu tarkkoja vaatimuksia, määräyksiä ja säännöksiä, jotta nämä seikat toteutuisivat. Etenkin sähköalalla tiukat vaatimukset ja määräykset säätelevät tarkasti lähes kaiken alalla tapahtuvan toiminnan. Seuraavaksi esitellään tärkeimpiä lakeja ja määräyksiä, jotka säätelevät sähköalalla tapahtuvaa toimintaa. Samat määräykset koskevat myös sähköverkkoyhtiöitä, mikä käy ilmi seuraavasta säädöksestä.

”Sähköturvallisuuslakia 410/1996 sovelletaan 2 §:än mukaan laitteisiin ja laitteistoihin, joita käytetään sähkön tuottamisessa, siirrossa, jakelussa tai käytössä ja joiden sähköisistä tai sähkömagneettisista ominaisuuksista voi aiheutua vahingon vaara tai häiriötä.”/20/

Sähköverkon tarkastuksia tehdään, koska sähköturvallisuuslaki 410/1996 vaatii sen 5 §:ssä sähköturvallisuuden tason ylläpitämiseksi, että *”sähkölaitteet ja laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava, korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:*

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengen, terveyden tai omaisuuden vaaraa*
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä: sekä*
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti”/20/*

Lisäksi 5 §:ssä määrätään seuraavasti: *”Jos sähkölaitte tai –laitteisto ei täytä 1 momentin edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille eikä ottaa käyttöön.(1465/2007)”/20/*

Sähkölaitteistojen käyttöönotosta määrätään laissa 410/1996 17 §:ssä, että *”sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönototarkastuksessa on selvitetty, että siitä ei aiheudu 5 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.”/20/*

- Aiemmin käyttöönototarkastuksesta käytettiin myös nimitystä oman työn tarkastus./27/

4 §:ssä määrätään, että käyttöönototarkastuksesta tulee laatia sähkölaitteistonhaltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja eräin poikkeuksin./20/

Lain 517/1996 mukaan sähkölaitteistot jaetaan kolmeen luokkaan (1, 2 ja 3) ja näiden kolmeen alaluokkaan (A, B ja C). Luokkajaon perusteella sähkönjakeluverkot kuuluvat luokkaan 3 C./20/

Turvallisuuden varmistamiseksi on sähkölaitteistolle tehtävä myös varmennustarkastus, kun kyseessä on luokan 1-3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastusta ei välttämättä tarvitse suorittaa muutamissa tapauksissa. Sähköverkon haltijan on suoritettava kuluvan kalenterivuoden aikana rakentamilleen sähköverkoille varmennustarkastus seuraavan kalenterivuoden aikana./20/

Sähkölaitteistojen käytöstä määrätään laissa 517/1996 10 §:ssä, että *”sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti.”*/20/

Sähköturvallisuuslain 410/1996 21 §:n mukaan *”ministeriö voi määrätä, että tietynlaiset sähkölaitteistot on huollettava määrävälein sekä säännöllistä huoltoa vaativien laitteistojen hoitoa varten on ennalta laadittava huolto- ja kunnossapito-ohjelmat.”*/20/

Luokan 2 ja 3 laitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden kannalta kunnossapito-ohjelma./20/ Kunnossapito-ohjelmalle ei anneta yksityiskohtaisempia määräyksiä, vaan sähköverkkoyhtiöt joutuvat määrittelemään ne itse. Kunnossapito-ohjelman toteutumista valvotaan määräaikaistarkastuksien yhteydessä./6/

Määräaikaistarkastuksella tarkoitetaan valtuutetun laitoksen tai valtuutetun tarkastajan suorittamaa tarkastusta. Tämä tarkastus on tehtävä verkonhaltijan sähkölaitteistolle vähintään 5 vuoden välein (Luokan 3 laitteisto johon sähkönjakeluverkko kuuluu). Sähkölaitteiston haltijan tulee huolehtia laitteistoille suoritettavista määräaikaistarkastuksista. Määräaikaistarkastuksilla varmistutaan siitä, että

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista
- sähkölaitteistoille on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet
- sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä./27/

Sähkölaitteistolle täytyy tehdä määrävälein myös kuntotarkastuksia. Sähkölaitteiston haltija on velvollinen suorittamaan laitteistolle nämä tarkastukset riittävän usein. Kuntotarkastuksen suoritustiheyden tulisi ensisijaisesti perustua todelliseen tarpeeseen. Merkittäviä tekijöitä tarkastuksen suoritustiheyteen ovat muun muassa valmistajan antamat ohjeet, laitteiston ikä sekä asennuspaikan kriittisyys. Sopiva tiheys voidaan myös todeta kokemuksen, vanhojen tulosten sekä vikojen perusteella. Mikäli tähän ei löydy luotettavaa menetelmää, tulee tiheyden perustua suositusten mukaisiin aikoihin, joita asetellaan SENER:n verkostosuositus TA 1:97:ssä. Tässä verkostosuosituksessa on asetettu seuraavia suoritustiheyksiä sähköverkoston muutamille osille:

”1. Suurjänniteavojohto ja ulkokytkinlaitos, suojarleistyksien ja maadoitusjohtimien kunnan tarkastuksineen: 3 vuoden välein

2. Keskijänniteilmajohto, muuntamo sekä sisäkytkinlaitos maadoitusjohtimien kunnontarkastuksineen: 6 vuoden välein

3. Suurjännite ja keskijänniteverkon ylivirta- ja maasulkusuojausten tarkastusten suojarleet ilman itsevalvontaa 3 vuoden ja itsevalvonnan omaavat 6 vuoden välein.

4. Pienjänniteverkoston (mukaan lukien ulkovalaistusverkosto) ja jakokeskusten kunnan sekä ylivirta- ja maasulkusuojausten tarkastukset 6 vuoden välein.

5. Maadoitusimpedanssin (-resistanssin) mittaus:

- Yhden maadoitusjohtimen varassa 6 vuoden välein

- Useamman maadoitusjohtimen varassa 12 vuoden välein

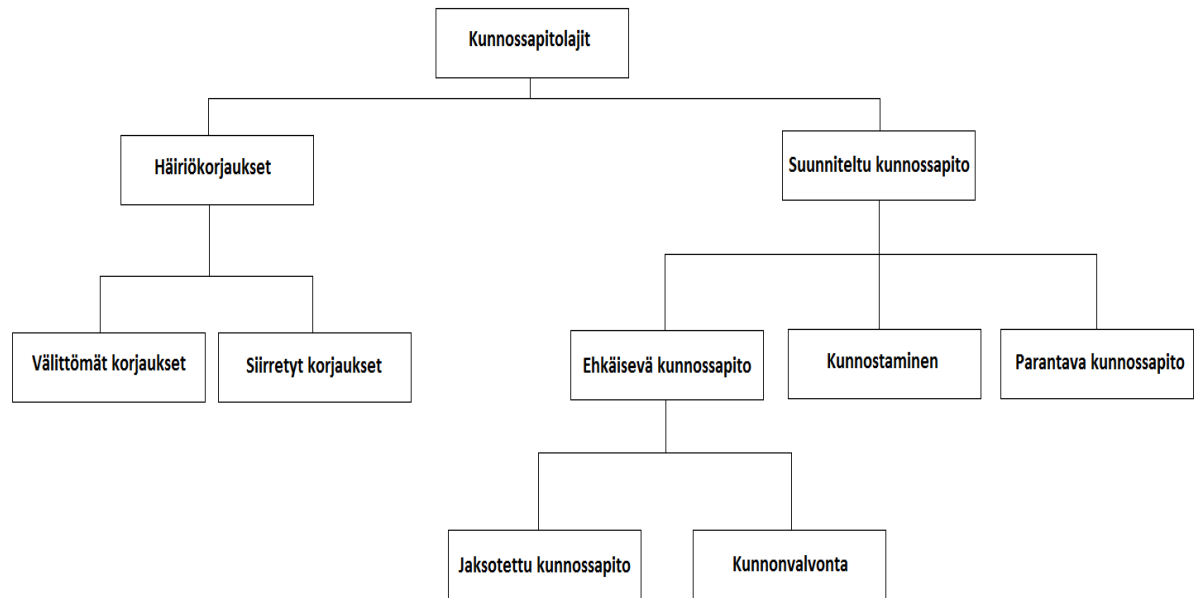
6. Puupylväiden lahoisuustarkastus tehdään olosuhteista riippuen 25-30 vuoden ikäisille pylväille. Tämän jälkeen seuraava tarkastus lahomäärän perusteella esim. 5-10 vuotta.”/27/

2.2. Sähköverkon kunnossapito

Sähköasemilla yhden laitteen vaurio voi aiheuttaa koko sähköasemakentän toimintakyvyttömyyden, minkä vuoksi kunnossapidon merkitystä on painotettava./10/ Kunnossapidon tärkeimpänä tehtävänä on taata sähköverkon toimintavarmuus, jota edellytetään yhteiskunnan useilla sektoreilla. Lisäksi verkon kunnan tulee olla sähköturvallisuuslainsäädännön mukainen. Verkon kunnan hyvän tuntemisen tärkeys korostuu, sillä verkkoyhtiöt ovat vastuussa mahdollisista sähkönjakelun keskeytyksistä./13/ Niinpä laitteiden kunnossapidon yhtenä päätarkoituksena onkin ennakoimattomien keskeytysten vähentäminen. Kunnossapidon pyrkimyksenä on myös verkosto-omaisuuden käyttöään pidentäminen ja sen kautta suurimman mahdollisen hyödyn saaminen laitteista.

Tarkasteltaessa kunnossapidon käsitteitä voidaan havaita, että kunnossapitotoiminta on jaettu korjaavaan ja ennakoivaan kunnossapitoon. Ennakoivaan kunnossapitoon luetaan erilaiset kunnonvalvontamenetelmät ja tarkastukset, määräaikaishuollot, kunnossapito-ohjeiden mukaiset osien vaihdot sekä havaittujen tulossa olevien vikojen korjaaminen ennen lopullista vikaantumista. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluu edellä mainittujen lisäksi myös parantava kunnossapito. Parantavassa kunnossapidossa parannetaan laitteen luotettavuutta sekä kunnossapidettävyyttä. Ennakoivassa kunnossapidossa huoltotoimet ajoitetaan mahdollisuuksien mukaan luonnollisiin seisokkeihin, jotta toimenpiteet voidaan tehdä suunnitellusti./42/

Korjaava kunnossapito kohdistuu nimensä mukaisesti vian korjaamiseen, kun vika on havaittu tai laite on pysähtynyt. Tällaisissa tapauksissa ongelma voidaan korjata joko heti tai voidaan tehdä väliaikainen korjaus. Kuvassa 1 on esitelty kunnossapitolajien jakoa.



Kuva 1. Kunnossapitolajien jakoa./42/

2.3. Kunnonvalvontamenetelmät

Standardin mukaan kunnonvalvonnalla määritellään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen mahdollisen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohdan määrittämiseksi. Hyvä esimerkki kunnonvalvonnasta on muuntajien öljyjen kunnon mittaaminen. Liian korkea öljyn lämpötila sekä kaasui- tai kosteuspitoisuus voi kertoa muuntajan viasta, ja tiedettäessä tämä voidaan korjaus- tai vaihtotyö tehdä suunnitellusti ilman, että syntyy yllättävä keskeytys jakeluun. Kunnonvalvonta on yleensä aikaan tai kuntoon perustuvaa. Suurin osa tarkastuksista tehdään aikaan perustuen, mutta varsinkin vanhoilla tai heikkokuntoisilla laitteistoilla on järkevää tehostaa valvontaa, koska laitteiston rikkoontuminen on sitä todennäköisempää, mitä vanhemmiksi laitteet tulevat. Joissakin tapauksissa käytetään myös jatkuva-aikaista kunnonvalvontamenetelmää, jossa seurataan kuntoa jatkuvasti ja epäiltäessä vikaantumista suoritetaan korjaava toimenpide välittömästi. Tätä menetelmää käytetään varsinkin kalliimmissa laitteistoissa. Joitakin kunnonvalvontatoimia tehdään aina vian jälkeen kuten muuntajasta otettava öljynäyte

oikosulkutilanteen jälkeen tai katkaisijan toiminnan mittaus katkaisutapahtuman jälkeen./4/,/6/,/11/

Kunnonvalvontamenetelmät jaetaan yleisesti aistinvaraisiin ja mittaaviin menetelmiin. Aistinvaraiset menetelmät ovat nimensä mukaisesti aisteihin perustuvia menetelmiä kuten silmämääräisesti, kuuntelemalla, haistamalla, maistamalla sekä tuntemalla tehdyt tarkastukset. Tehtävistä kunnossapitotarkastuksista suurin osa on aisteihin perustuvaa tarkastamista, joka vaatii tekijältä kokemusta, tietämystä ja ammattitaitoa tarkastettavasta kohteesta. Esimerkiksi hieman erilainen käyntiääni muuntajassa voi olla merkki alkavasta viasta, jota toinen tarkastaja ei välttämättä huomaa.. Niinpä tarkastuksen tulokset voivatkin vaihdella jonkin verran eri tarkastajien välillä. Tarkastuksen tulokseen vaikuttaa merkittävästi myös tarkastajan ”hereillä” olo.

Mittaavaa kunnonvalvontaa on puolestaan kohteen kunnon seuraaminen erilaisilla mittaavilla menetelmillä. Mittaavaa kunnonvalvontaa on esimerkiksi eristysresistanssien mittaukset kaapeleista, lämpökuvaukset, erilaiset näytteenotot kaasuista, öljyistä sekä lämpötiloista. Myös katkaisijoiden toiminta-aikojen mittaus on hyvä esimerkki mittaavasta kunnonvalvonnasta. Mittaava kunnonvalvonta voidaan jaotella kahteen ryhmään sen perusteella tehdäänkö mittaus keskeytyksen (off-line) vai käynnissä olon (on-line) aikana. Mittaavasta kunnonvalvonnasta saatu tulos ei välttämättä kerro suoraan mitään vaan täytyy olla jokin arvo, mihin tätä verrataan. Arvo voi olla kokemukseen tai esim. valmistajan ilmoittamaan lukuun perustuva./4/,/6/

2.4. Kuntotietojen hyödyntäminen ja dokumentointi

Keräämällä kuntotietoja voidaan muodostaa todellinen kuva verkon rakenteesta ja sen tämänhetkisestä kunnosta. Tiedettäessä verkon nykytilanne on helpompaa tehdä suunnitelmia suuremmista investoinneista sekä tarvittavista huoltotoimenpiteistä. Tiedettäessä verkoston osien todellinen kuntotilanne voidaan päätökset perustaa todelliseen tietoon eikä pelkästään oletuksiin ja kuvitelmiin. Tämän ansiosta myös kunnossapito voidaan kohdistaa sinne missä saatava hyöty ja tarve ovat suurimmat. Huoltotoimilla ja

investoinneilla on myös vaikutuksensa verkoston toimintaan: huonosti huolletulla ja heikkokuntoisella verkostolla keskeytykset sähköjakelussa ovat huomattavasti todennäköisempiä kuin säännöllisesti saneeratulla/huolletulla verkostolla. Suuret keskeytysmäärät vaikuttavat myös asiakkaan sähkön laatuun./5/

Kuntotarkastuksia sekä huoltotoimia tehdään lähes aina ennalta laaditun ohjelman mukaisesti. Tarkastuksien ja huoltotoimien suorittamiseen vaikuttavat merkittävästi tarkastettava kohde, jonka mukaan tehtävät toimet ja määräaika määräytyvät. Tehtyjen tarkastusten jälkeen kerätyt kuntotiedot siirretään joko verkkotietojärjestelmään tai muuhun talletukseen, josta niitä voidaan tarkastella. Mikäli käytössä on tietokoneella käytettävä verkkotietojärjestelmä, voidaan joissakin ohjelmissa muodostaa tarkastajien keräämistä kuntotiedoista tietokantakyselyillä erilaisia kunnossapitoraportteja esimerkiksi tarkastus- ja työalueittain. Raporteissa on esitetty yleensä tekstipohjaisten taulukoiden avulla mm. perustietoja kohteesta, kuntotyypit kiireellisyystietojen kera sekä niiden arvot. Järjestelmään, josta tietoja haetaan, voidaan määrittää myös useiden henkilöiden omia finder-hakuja. Niiden avulla saadaan selville tarvittavaa tietoa suurestakin tietomäärästä. Hakuja voidaan suorittaa asettamalla erilaisia kriteerejä esim. kuntotyypin suhteen, jolloin voidaan esittää tietyn kuntoiset komponentit eri värein. Tämä helpottaa sen havaitsemista, mitkä komponentit ovat heikkoja tietyn kuntotyypin suhteen./5/

Ennen lopullisten päätösten tekemistä täytyy huomioida myös sähköteknisten reunaehtojen toteutuminen. Sähkötekniset reunaehdot voidaan yleensä selvittää verkostolaskennan tuloksena. Niiden perusteella nähdään, onko johtimen kuormitettavuus riittävä ja toimivatko suojaukset oikealla tavalla. Tietoja käsitellään muuntopiiri, jakoalue tms. kerrallaan, jolloin tarkasteltavat alueet jäävät suhteellisen pieniksi. Tämän avulla on melko helppo muodostaa kokonaiskuva alueen tilasta ja tehdä mietintöjä siitä, mitä toimenpiteitä olisi tarpeellista tai taloudellisesti kannattavaa tehdä./5/

Kuntotietojen perusteella laadittujen raporttien sekä käytettyjen kyselyiden pääsääntöisenä tarkoituksena on muodostaa käsitys tarkasteltavan alueen sähköverkon kunnosta. Tarkasteltaessa alueen kunnan kokonaistilannetta täytyy miettiä, miten tilanne voi muuttua seuraavaan kuntotarkastukseen mennessä. Jos verkolle ei nyt tehdä muuta kuin

huonoimpien kohteiden huolto tai korvaus uusilla komponenteilla, on hyvä tietää säilyttääkö se esimerkiksi riittävän turvallisuustason. Tehtävät päätökset pohjautuvat tiedossa oleviin kuntotietoihin, mutta suuri merkitys on myös avainhenkilön ammattitaidolla ja työkokemuksella./5/

2.5. Laitteistojen käyttöikä

Sähköaseman laitteen käyttöiän ratkaisevat tekninen, strateginen ja taloudellinen elinikä. Tekninen elinikä määräytyy laitteen käytöstä, ympäristöolosuhteista, materiaaleista, rakenteesta, valmistuksen ja testauksen laadusta, sekä myös kunnossapidon laadusta. Strateginen elinikä voi päättää täysin kunnossa olevan laitteen käyttöiän. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi päätös uudemman ja modernimman laitteen tai laitteiston käyttöönotosta, josta saadaan toimintavarmuutta ja taloudellista hyötyä. Tämä ei tarkoita tilannetta, että laite täytyy romuttaa, vaan että laite voidaan myös varastoida myöhempää käyttötilannetta kuten varalaitteikäyttöä varten. Taloudellinen elinikä määräytyy puolestaan ylläpito- ja häviökustannusten määrästä./31/

Vaikka samanlaiset laitteet ovat käytössä samanlaisissa olosuhteissa ja rasituksissa, ei voida välttämättä olla varmoja samanmittaisesta eliniästä. Esimerkiksi suurjännitelaitteiden tekninen elinikä on monestikin arvioitu laajalla skaalalla 30 - 50 vuoden välille. Tällaisissa tilanteissa laitteiden tarkemman elinajan määrittämiseen käytetään apuna erilaisia mittauksia, joiden perusteella voidaan suunnitella tarkastuksia, testauksia, vaihtoja sekä uusimisia. Kun ollaan ajan tasalla laitteen tai laitteiston todellisesta kunnosta, voidaan mahdollisesti ehkäistä tuleva keskeytys. Tulosten vertailua edelliseen tilanteeseen käytetään hyväksi elinikäarvioinnissa./31/

3. SÄHKÖVERKKOJEN KÄYTTÖNOTTOTARKASTUKSET

Ennen kuin sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön, täytyy sille tehdä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastuksessa varmistetaan, ettei sähkölaitteistosta ei aiheudu vaaraa terveydelle tai omaisuudelle, eikä laitteisto synnytä mitään häiriötä. Käyttöönottotarkastuksella varmistetaan myös määräysten ja suunnitelmien mukaisuus. Käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on siis turvallinen ja suunnitellusti toimiva sähkölaitteisto./18./20/

Sen lisäksi, että käyttöönottotarkastuksella pyritään havaitsemaan asennusvaiheessa syntyneet mahdolliset puutteet ja viat, voidaan käyttöönottotarkastuksesta kattavasti tehtyjä käyttöönottotarkastuspöytäkirjoja käyttää hyväksi laitteiston kunnon seurannassa./18./20/ Käyttöönottotarkastukset koostuvat silmämääräisestä tarkastuksesta, mittauksin tehtävistä testeistä sekä toiminnan kokeilusta.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään käyttöönottotarkastuksia yleisellä tasolla sekä jakeluverkkojen että kiinteistöasennuksien osalta, koska näiden määräykset ja vaatimukset ovat lähes kokonaan samanlaisia pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. Poikkeukset tulevat laitteistojen eroista. Lisäksi sähköverkkojen laitteistojen yhteydessä voidaan joutua tekemään myös kiinteistöille tarkoitettuja käyttöönottotarkastuksia (esim. sähköasemat).

3.1. Yleistä käyttöönottotarkastuksista

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa täytyy jokaiselle sähkölaitteistolle tehdä käyttöönottotarkastus. Kuten edellä tuli ilmi on käyttöönottotarkastuksen tarkoituksena varmistaa, ettei laitteisto aiheuta vaaraa terveydelle eikä omaisuudelle, eikä laitteistosta myöskään synny häiriötä, joista voisi olla haittaa ihmisille tai muille laitteistoille. Tarkastuksia ja testauksia tehtäessä on myös toimittava niin, ettei aiheuteta vaaraa

henkilöille eikä vahinkoa omaisuudelle tai muulle laitteistolle. Laitteiston käyttöönotolla tarkoitetaan siis sitä toimintaa, jolloin laitteisto ja tilat otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai siihen toimintaan, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu. Esim. valvottu koekäyttö on sallittua ennen varsinaista käyttöönototarkastusta./20/

Sähkölaitteiston rakentaja (sähköurakoitsija) vastaa aina asentamansa sähkölaitteiston käyttöönototarkastuksesta. Mikäli rakentaja on kuitenkin estynyt tai kykenemätön hoitamaan tarkastuksia, täytyy laitteiston haltijan huolehtia, että nämä tulee tehdyksi. Sen lisäksi, että käyttöönototarkastukset täytyy tehdä uusille asennuksille, täytyy nämä tehdä myös muutetuille ja laajennetuille asennuksille. Korjatuille laitteistoille käyttöönototarkastukset tehdään kulloinkin perusteltavissa olevan tarpeen mukaan soveltaen käyttöönototarkastuksiksi määrättyjä tarkastusmenetelmiä./20/,/21/,/27/

Käyttöönototarkastuksia tehdään silmämääräisillä tarkastuksilla, toiminnan testauksilla sekä mittauksilla. Yleensä käyttöönototarkastus kuitenkin sisältää lähes aina kaikkia näitä jossakin muodossa. Laitteistolle tehtävän käyttöönototarkastuksen laajuus riippuukin merkittävästi laitteiston tyypistä ja laajuudesta. Tavallisesti suoritettavia tyypillisiä menettelyjä ovat esimerkiksi:

- laitteiden ominaisarvojen (mitoitusravot mukaan lukien) tarkastus ottaen huomioon vaaditut käyttöolosuhteet
- jännitteisten osien sekä jännitteisten osien ja maan välisten vähimmäisetäisyyksien tarkistus
- vähimmäiskorkeuksien ja suojaetäisyyksien tarkistus
- sähkölaitteiden ja asennuksen osien silmämääräiset tarkistukset ja/tai toiminnan testaukset
- suoja-, valvonta-, mitta- ja ohjauslaitteiden asetusarvojen tarkistus suhteessa laitteiden mitoitusravoihin sekä laitteiden toiminnan testaus ja/tai mittaus
- merkintöjen, turvakilpien ja turvalaitteiden tarkastus
- dokumentoinnin oikeellisuuden ja tarpeellisten työ-, suoja- ja käyttövälineiden tarkastus
- käyttö- ja huolto-ohjeiden tarkastus./20/

Mikäli asennukset sisältävät erityislaitteistoja, kojeita tai muita erityisasennuksia, on näiden tarkastuksissa otettava huomioon näitä koskevat erityisvaatimukset./21/ Käyttöönottotarkastukseen pitää sisältyä myös tarkastusten tuloksien vertailua vaatimusten määräämiin arvoihin. Tällä varmistetaan, että voimassa olevan standardin vaatimukset täyttyvät./20/ Mikäli käyttöönottotarkastuksessa havaitaan vikoja tai puutteita on nämä korjattava ennen käyttöönottoa.

Näiden lisäksi laitteiston rakentajan on huolehdittava, että käyttöönottotarkastuksista tehdään haltijan käyttöön käyttöönottotarkastuspöytäkirja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa määritellään asennus yksityiskohtaisesti sekä ilmoitetaan tarkastusten tulokset. Tarkastuspöytäkirjan tulee pitää sisällään seuraavat kohdat:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan (sähköurakoitsija) yhteystiedot
- tulokset tarkastuksista sekä tiedot testatuista piireistä ja näiden testaustulokset
- todetaan, että täyttääkö asennus standardin ja säännösten vaatimukset./20/

Tarkastuspöytäkirjassa täytyy esittää testaustuloksista vähintään jatkuvuusmittaukset, oikosulkuvirtamittaukset, vikavirtasuojakytkimien toiminta, kiertosuunnat sekä laitteistosta riippuvat erilaiset eristystilojen mittaustulokset. Näiden lisäksi tarkastajan pitää vielä allekirjoittaa tai vahvistaa tulokset sekä päivätä pöytäkirja./20/ Käyttöönottotarkastuspöytäkirjana voidaan käyttää myös määräaikaistarkastukseen laadittuja lomakkeita./27/

Sähköturvallisuuden varmistamiseksi voidaan sähkölaitteistolle joutua tekemään käyttöönottotarkastuksen lisäksi myös varmennustarkastus. Varmennustarkastus tehdään joko ennen tai jälkeen käyttöönottoa riippuen laitteistosta. Varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu tarkastaja. Lisäksi varmennustarkastuksesta on laadittava tarkastustodistus haltijan käyttöön./21/

3.2. Aistinvarainen tarkastus

Laitteistolle tehtävä aistinvarainen tarkastus tapahtuu suurilta osin jo asennuksia tehdessä ja kytkentöjen ollessa jännitteettömiä. Aistinvaraisesti tehtävät tarkastukset ovatkin käyttöönottotarkastuksien laajin osa-alue./18/ Näitä tarkastuksia suoritettaessa on kuitenkin muistettava, että aistinvaraisesti tehtäviin tarkastuksiin vaaditaan samat pätevyudet kuin testaamalla ja koestamalla tehtäviin käyttöönottotarkastuksiin.

Esimerkki aistinvaraisesta tarkastuksesta on se, kun asentaja tekee jatkosta maakaapeliin. Tällöin asentaja tarkastaa ensiksi tekemänsä johdinliitokset ennen kuin peittää johtimet kutisteella. Tämän jälkeen tarkastetaan vielä, että johtimien kutisteet ovat peittäneet asianmukaisesti liittimet ennen kuin johtimet valetaan umpeen. Tässä tapahtuu siis aistinvaraista käyttöönottotarkastusta koko työnteon ajan.

Sähköalan ammattihenkilön tarkastaessa aistinvaraisesti asennuksiaan täytyy hänen varmistaa, että kiinteään asennukseen kuuluvat sähkölaitteet ja komponentit ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia. Tämä voidaan tehdä tutkimalla valmistajan antamia ohjeita, sertifikaatteja ja merkintöjä. Sähkölaitteiden ja komponenttien on oltava standardien ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja. Asentajan täytyy myös huomioida, että nämä eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla vaurioituneita./20/

Mikäli aistinvaraisesti suoritettut tarkastukset ovat olleet puutteellisia, voi muodostua tilanne, jossa laite toimii, mutta toiminta on kuitenkin joksinkin vajaata. Tätä kautta myös laitteen käyttöikä voi alentua huomattavasti. Tällaisessa tapauksessa ongelmakohtaa ei välttämättä huomata edes varsinaisissa käyttöönottomittauksissa. Aistinvaraisessa tarkastuksessa täytyy huomioida laitteistosta riippuen ainakin seuraavat kohdat:/18/

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- palo- ja lämpösuojuksien käyttö joilla estetään palon sekä lämmön haittavaikutukset
- johtimien valinta kuormitettavuuden, jännitteenalenuksen ja häiriösuojauksen kannalta
- suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu

- erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- nolla- ja suojajohtimien tunnuksukset
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- virtapiirien, varokkeiden, kytkimien, liittimien yms. tunnistettavuus
- johtimien liitosten sopivuus
- suojajohtimien (myös potentiaal- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet) olemassaolo ja sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila
- laitteiston jännitteestä erottamiseen tarvittavat varusteet
- läpivientien asianmukaisuus(paloluokat, äänieristys)
- jakokeskuksen hoitotila
- asennuksien edetessä tarkastettava, että asennettavat laitteet ja kalusteet ovat ehjiä./18/

Tarkastettaessa jakeluverkkoja tutkitaan edellä mainittujen kohteiden lisäksi vielä ilmajohtojen mekaaniset rakenteet kuten johtojen asennuskorkeudet, johtimien mekaaninen kunto, pylväiden kunto ja upotussyvyys, haruksien (limput ja tangot) oikea paikka ja suunta, harusten kunto sekä merkinnät. Erillisten suojajohtimien kunto, suojaus ja liitokset täytyy myös huomioida. Lisäksi tarkastukseen kuuluu myös johtokatujen mittojen tarkastukset. Maa- ja vesistökaapeleista varmistetaan vielä asennussyvyudet ja mekaaniset suojaukset. Tarkastuksiin pitää sisältyä myös kaikki erityistilojen ja asennuksien erityisvaatimukset./20/

Edellä käydyt tarkastuskohteet täytyy tehdä myös muutetuille ja laajennetuille sähköasennuksille. Korjatuille sähköasennuksille nämä kohdat tehdään kulloinkin perusteltavissa olevien tarpeiden mukaisesti (pienissä korjaustöissä soveltuvin osin)./20/

3.3. Käyttöönottestaukset

Testauksella tarkoitetaan sellaista toimenpidettä, jolla voidaan osoittaa tehdyn asennuksen tai muutoksen turvallisuus sekä standardien vaatimukset. Testauksessa käytetään mittauskalustoa sekä muita apuvälineitä, jollei turvallisuutta pystytä toteamaan silmämääräisellä tarkastuksella. Mikäli testauksissa huomataan, että asennuksissa on puutteita tai vikoja, ovat ne voineet vaikuttaa jo tehtyihin testauksiin. Tämän jälkeen on suoritettava tarvittavat testaukset uudelleen. Tarkastuksia tehtäessä on huomioitava, että käytettävät mittauslaitteistot ovat siihen soveltuvia sekä ovat kalibroituja./18/,/20/

Tehdyille asennuksille on tehtävä seuraavissa kappaleissa kuvattuja testejä riippuen tarkastettavasta asennuksesta. Järjestys on mielellään myös vastaava.

3.3.1. Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohdin on sähköjärjestelmien tärkein johdin turvallisuuden kannalta. Suojajohtimen pettäminen järjestelmässä aiheuttaa vaaran, jolloin sähköjärjestelmään voi muodosta hengenvaarallisen suuria kosketus- ja askeljäännitteitä. Tämän vuoksi suojajohtimelle on asetettu omat vaatimuksensa muista johtimista poiketen. Näillä pyritään suojaamaan suojajohdin mekaaniselta, sähköiseltä, tms. rasitukselta sekä takaamaan sen toiminta vikatilanteessa.

Käyttöönototarkastuksissa täytyy jokaisen asennuksen suojajohtimen jatkuvuus mitata. Tämä tehdään jännitteettömässä asennuksessa. Suojajohtimen mittaustulokselle ei ole asetettu mitään tarkkaa raja-arvoa, vaan tulosta tulee verrata mitattavan johtimen poikkipinnan ja pituuden perusteella arvioitavissa olevaan arvoon (yleensä enintään 1Ω , mutta pitkillä matkoilla voi olla suurempi). Suojajohtimia ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, potentiaalintasausjohtimet (lisä ja pää) sekä PEN-johtimet. Mitattaessa täytyy kiinnittää erityistä huomiota PEN-johtimen kytkentöihin sekä suoja- ja nollajohtimen erillään oloon./18/,/20/,/24/

Sähköjakeluverkostoilla suojajohtimen tai PEN-johtimen jatkuvuuden mittaamisen sijasta voidaan mitata silmukkaresistanssi tai oikosulkuvirta standardin mukaisella testerillä. Tällöin voidaan samalla varmistaa oikosulkuvirran riittävyys suojauksen toimimiseksi ja verrata mitattuja arvoja suunnittelulaskennasta saatuihin./20/

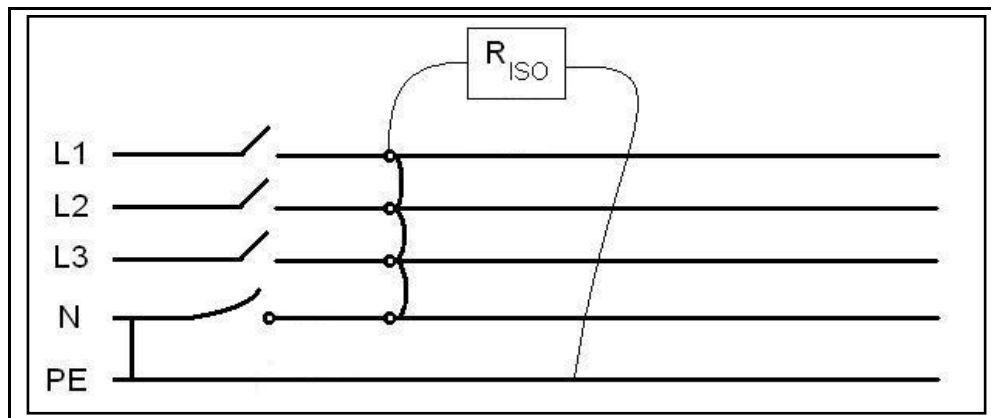
Käyttönottotarkastuksiin kuuluu sähköverkostoilla myös muuntopiirien maadoitusimpedanssin mittaus. Maadoitusimpedanssin pitää vastata suurjänniteasennuksia koskevien standardien vaatimuksia. Jos muuntopiiri rakennetaan talvella, maadoitusimpedanssin mittaus voidaan suorittaa roudan sulamisen jälkeen./20/ Maadoitusimpedanssin mittauksista ja menetelmistä kerrotaan enemmän verkoston maadoitusmittaus osiossa (kappale 6).

3.3.2. Eristysresistanssin mittaus

Käyttönottotarkastuksissa täytyy laitteistolle tehdä eristysresistanssin mittaus. Eristysresistanssi tarkoittaa nimensä mukaisesti esim. johtimien välistä resistanssia ohmeina. Se riippuu materiaaleista, etäisyyksistä sekä käytetystä jännitteestä. Eristysresistanssi on mitattava kaikkien jännitteisten johtimien ja maadoitusjärjestelmään kytkettyjen johtimien väliltä. Mikäli siis käytössä on TN-C-järjestelmä, jossa on yhdistetty suoja- ja nollajohdin, mitataan eristysresistanssi PEN-johtimen ja vaiheiden väliltä. Mikäli käytössä on TN-S-järjestelmä, jossa suoja- ja nollajohdin ovat erillisinä johtimina, mitataan eristysresistanssi kaikkien johtimien väliltä.

Eristysresistanssin mittaus tehdään jännitteettömästä asennuksesta. Eristysresistanssin mittaustuloksen täytyy olla suurempi kuin 1,0 M Ω lukuun ottamatta pienoisjännitteisiä laitteistoja, joilla sen on oltava vähintään 0,5 M Ω (SELV ja PELV). Vanhojen johtojärjestelmien (rakennettu ennen vuotta 1994) eristysresistanssimittauksissa voidaan hyväksyä mittaustulos, joka on 1k Ω nimellisjännitteen voltia kohti./20/ Mittausjännitteenä eristysresistanssimittauksissa käytetään yleensä tasajännitettä, jonka suuruus on laitteistosta riippuen 250 V, 500 V tai 1000V. Joissakin tapauksissa kuten moottoreiden eristysresistanssin mittauksissa testausjännitteen suuruus voi olla useita kilovolteja.

Sähkönjakeluverkkojärjestelmissä eristysresistanssi pitää mitata aina, kun asennuksissa käytetään metallivaipattomia maakaapeleita. Muiden kaapelirakenteisten verkkojen eristysresistanssi on suositeltavaa mitata./20/ Kuvassa 2 on havainnollistettu eristysresistanssin mittaus TN-S-järjestelmästä./18/



Kuva 2. Eristysresistanssin mittaus TNS-järjestelmästä./18/

3.3.3. Syötön automaattinen poiskytkentä

Sähkijärjestelmän suojaus pitää olla toteutettuna siten, että siihen syntynyt vika kytkeytyy pois tietyssä ajassa tai sen virta rajoittuu vaarattoman pieneksi. Tapauksessa, jossa syötön automaattinen poiskytkentä on suunniteltu toteutuvaksi, laskelmat ovat käytettävissä ja johtimen poikkipinta sekä pituus voidaan tarkistaa jälkikäteen, riittää pelkkä suojajohtimen jatkuvuuden mittaus. Laskelmissa ei oteta kuitenkaan huomioon esim. mahdollisia löysiä liitoksia, joten on suositeltavaa, että mittaukset tehdään aina. Syötön automaattinen poiskytkentä tarkastetaan siihen suunnitellulla testerillä./18/,/20/

Syötön automaattinen poiskytkentä voidaan testata joko silmukkaresistanssi- tai oikosulkuvirtamenetelmällä. Silmukkaresistanssimittauksessa mitataan piirin impedanssi, josta voidaan laskea Ohmin lain avulla oikosulkuvirran suuruus, kun tiedetään järjestelmän jännite. Poiskytkentä voidaan tarkastaa myös mittaamalla vikavirtapiriin oikosulkuvirta. Tämä mittaus perustuu silmukkaresistanssin mittaukseen, josta mittari laskee automaattisesti syötettyjen tietojen perusteella oikosulkuvirran suuruuden. Testauksesta

saatua tulosta verrataan käytössä olevan sulakkeen mukaan taulukon asettamaan arvoon, jonka mukaan tulos joko hyväksytään tai hylätään. Mikäli saatu tulos on pienempi kuin taulukon asettama arvo, on vaihtoehtona joko pienentää sulaketta, suurentaa johdon poikkipintaa tai varmistaa liitokset, jos joukossa sattuu olemaan löysiä liitoksia./18/
Taulukossa 1 esitetty gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat/1/.

Taulukko 1. gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat./1/

Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot				
Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

Tehtäessä poiskytkennän toimintaa testauksin täytyy ottaa huomioon, että testauksesta saadun tuloksen täytyy olla kiinteistöasennuksissa 25 % vaadittua korkeampi. Tämä johtuu siitä, että mittaukset tehdään yleensä huoneenlämmössä tai kylmemmässä, jolloin johtimen resistanssi on pienempi kuin oikosulkulaskelmissa käytetyt lämpötilat (kiinteistöasennuksissa 80 °C ja jakeluverkon asennuksissa 40 °C).

Myös jakeluverkoilla on ensisijaisesti pyrkimyksenä päästä 5 sekunnin poiskytkentäaikaan. Mikäli tämä ei kuitenkaan ole mahdollista verkon luonteesta ja sijoituksesta riippuen, voidaan haltijan harkinnan mukaan hyväksyä pidemmät poiskytkentäajat. Kun kyseessä ei ole kiinteistöasennus vaan jakeluverkko, voidaan verkon vikasuojaukseen käytetyn ylivirtasuojan pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta määrittää taulukosta 2 edellyttäen, että liittymiä koskevat vaatimukset toteutuvat. Taulukon 2 mukaan mitoitettussa verkossa ylivirtasuojan toiminta-aika ylittää 5 sekuntia, jolloin johtimien

termisestä kestävydestä ei ole varmuutta. Tätä taulukkoa ei kuitenkaan saa käyttää liittymisjohtojen mitoitukseen./20/

Taulukko 2. Jakeluverkossa käytettävien pienimpien yksivaiheisten oikosulkuvirtojen ohjearvot./20/

Ylivirtasuoja	Pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta jakeluverkossa
gG-tyyppin sulake $I_N \leq 63A$	2,5 X I_N
gG-tyyppin sulake $I_N > 63A$	3,0 X I_N

3.3.4. Vikavirtasuojakytkimet

Vikavirtasuojasta käytetään lisäsuojana, jolla suojataan ihmisiä, eläimiä sekä omaisuutta vaaralliselta kosketusjännitteeltä tai palovaaralta. Vikavirtasuojakytkimillä suojataan yleisimmin pistorasioita, jotka ovat kosteissa tiloissa tai joissa käytetään kädessä pidettäviä laitteita. Vikavirtasuojakytkintä täytyy käyttää myös tiloissa, jonne on asetettu erityisvaatimuksia. Tällainen voi olla esim. pesutilassa sijaitseva vedenlämmitin, pesukone tai muu laite. Näiden lisäksi vikavirtasuojakytkintä voidaan käyttää myös esim. varavoimasyötöissä, jossa sillä voidaan toteuttaa nopea poiskytkentä, ellei ylivirtasuoja toimi riittävän nopeasti./18/ Vikavirtasuojakytkimen etuna on siis nopea toiminta, joka perustuu meno- ja paluuvirran erotuksen mittaukseen. Vikavirtasuojakytkin on lisäsuoja, joka ei toimi ylikuormasuojana ja jolla ei saa korvata ylivirtasuojaa.

Aistinvaraisissa tarkastuksissa tarkastetaan vikavirtasuojakytkimestä tyyppi, nimellisarvot, pakkaskestoisuus sekä käyttöohjeet. Näiden lisäksi vikavirtasuojakytkimelle on tehtävä toiminnan testaus ennen kuin se luovutetaan käyttöön. Näissä testauksissa mitataan asennustesterillä vikavirtasuojakytkimen toimintavirta. Toimintavirta ei saa olla suurempi kuin nimellinen toimintavirta. Yleisimmin käytetyt vikavirtasuojakytkimen toimintavirrat ovat henkilösuojauksessa 30mA ja palosuojauksessa 300mA. Toimintavirran lisäksi myös laukaisu aika suositellaan mitattavaksi aina, mutta sen mittaaminen on pakollista vain muutamissa tapauksissa. Laukaisuaajan mittaamiseen käytetään asennustesteriä, jossa on ns. ramppitesti./20/ Laukaisuajalle ei ole asetettu suoranaista toiminta-aikaa standardissa,

mutta laukaisun pitää tapahtua vähintään samassa ajassa kuin ylivirtasuojalla. Tämä on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin vikavirtasuojakytkimen mitoitusvoimavirta.

3.3.5. Napaisuus ja kiertosuunnat

Koska yksinapaisissa laitteistoissa kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty, on varmistettava, että kaikki kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin./20/ Tämä tapahtuu osittain asennuksen yhteydessä tehtäessä silmämääräistä tarkastusta. Asennuksien ollessa kytkettynä voi tämän toteaminen olla työlästä.

Monivaiheisissa piireissä kuten jakeluverkostoilla täytyy vaiheiden pyörimissuunta olla oikea (L1, L2, L3). Kiertosuunnat tarkastetaan keskukselta aina, jos keskukseseen tulee useampi kuin yksi vaihe huomioimatta sitä, lähteekö keskukselta kolmivaihesyöttöä. Kiertosuunnat tarkastetaan myös kolmivaiheisilta pistorasioilta sekä pistorasioilta, jossa vaiheen tulee tulla joko oikealle tai alas. Pistorasioita mitattaessa käytetään tarkoitukseen soveltuvia adaptoreita/18/,/20/.

Jakeluverkostoille tehtäessä edellä mainittuja tarkastuksia on myös suositeltavaa tehdä jännitetasojen mittaukset. Jännitetasojen mittaukset mitataan vaiheiden sekä vaiheiden ja suojajohtimen välistä./33/

3.3.6. Toimintatellit

Kaikille asennetuille laitteille kuten kytkimille sekä käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille tulee tehdä toimintatellit sen toteamiseksi, että ne ovat asennettu ja säädetty oikein niitä koskevien vaatimusten mukaisesti. Nämä testit eivät kuitenkaan korvaa laitestandardien kokeita./20/ Myös toiminnalliset kokonaisuudet on testattava./18/ Esim. sähköasemalla olevan relesuojauksen suojausasetukset voivat olla hyvinkin mutkikkaita ja näiden laukaisuun tarvitaan useiden ehtojen täyttymiset.

4. SÄHKÖVERKKOJEN KUNTOTARKASTUKSET

Sähkölaitteiston käyttöönottotarkastusten jälkeen täytyy laitteistoille tehdä käytön ohessa määräajoin myös kunnossapito-ohjelman mukaiset kuntotarkastukset. Kuntotarkastusten perusteellisuus ja tiheys riippuu mm. laitteiston tai sen osan iästä, mahdollisen vian syntymiseen ja sen aiheuttaman vaaran suuruuteen vaikuttavista olosuhteista sekä vaara-alueen laajuudesta. Esimerkkinä voidaan ottaa tilanne, jossa ilmajohto kulkee jonkin rakennuksen, liikenneväylän tai toisen ilmajohdon ylitse. Tällainen tilanne vaatii perusteellisemmän ja tiheimmin suoritettua tarkastusvälin kuin asumattomalla metsäalueella.

Tarkastuksia tehdessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota sellaisiin sähkölaitteiston osiin, joissa esiintyvät puutteet tai viat voivat välittömästi aiheuttaa hengen-, terveyden- tai omaisuuden vaaraa. Tarkastuksen suorittajan on tunnettava tarkastettavat laitteet ja niitä koskevat määräykset niin hyvin, että hän vikojen ja puutteiden lisäksi pystyy arvioimaan näiden vaikutuksen turvallisuuteen. Mikäli sähkölaitteiston haltijalla ei ole käytävissä riittävää pätevyyttä, täytyy tämä siirtää ulkopuoliselle tekijälle. Kuntotarkastuksiin kuuluu myös kojeiden ja tilojen puhtauden sekä siisteyden tarkastus. Tarkastuksia suoritettaessa ja puutteita havaittaessa täytyy laitteiston haltijan ryhtyä tilanteen vaatimiin toimenpiteisiin, jotta torjutaan vaaratilanteet.

Tehdyistä tarkastuksista täytyy myös kirjata tulokset muistiin joko lomakkeisiin, kortteihin, tiedostoihin tai muuhun vastaavaan muistiin. Näihin merkitään yleisesti tarkastajan nimi, aika, mahdolliset mittaukselliset tulokset, viat ja näiden korjaukset. Tulokset täytyy kirjata ylös, jotta ne pystytään tarvittaessa esittämään turvallisuusviranomaiselle tai muille tarkastajille./27/

Pääsääntöisesti jakeluverkon kunnossapito-ohjelman mukaiset tarkastukset jakaantuvat jakeluverkon rakenteen mukaan ilmalinjojen tarkastuksiin sekä kaapeliverkon osalta muuntamo- ja jakokaappitarkastuksiin. Myös verkoston muut osat kuten releet, erottimet, katkaisijat, sähköasemat, suojalaitteet, muuntajat jne. täytyy tarkastaa, jotta turvallisuus on taattu. Seuraavissa kappaleissa käsitellään sähköverkoston eri osien tarkastusta yleisellä tasolla. Pääpaino kohdistuu kuitenkin ilmajohtoverkostoille, joista sähkönsiirtotiet koostuvat 90 %:sti. Osittaisena tietolähteenä on käytetty Tornion Energialla käytettyjä

tarkastusmenetelmiä ja -käytäntöjä, tarkastuspöytäkirjoja sekä tarkastuksen tekijän käyttöön tehtyjä ohjeistuksia.

4.1. Ilmajohdoverkoston tarkastukset

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan ilmajohdoverkostoille suoritettavista tarkastuksista. Koska käytössä on useita eri jännitetasoja, kerrotaan vain yleisimpien (20kV ja 0,4kV) käytössä olevien linjastojen tarkastuksista. Tarkastuksia tehtäessä keski- tai pienjännitteiselle verkostolle ovat käytännön rutiinit ja tarkastettavat kohteet lähes samoja. Pieniä eroja voi ilmetä eri jännitetasojen tarkastuksissa.

4.1.1. 20kV:n ilmajohdon tarkastaminen

Keskijänniteverkossa suoritettavia kuntotarkastuksia suoritetaan sekä ilmasta että maasta. Maasta tehtäviä johtokadulla kävellen suoritettavia tarkastuksia voisi nimittää perustarkastuksiksi, sillä niissä pyritään tarkastamaan kaikki linjastolla ja linjaston ympärillä olevat kohteet mahdollisimman perusteellisesti. Liikuttaessa johtokatua eteenpäin tarkkaillaan samalla myös johtimien kuntoa. Pylväille suoritetaan tarkastuksia sitä mukaa, kun niitä tulee vastaan./5/,/16/

Lentotarkastusta tehtäessä lennetään tarkastettavan linjan yläpuolen sivusuunnassa helikopterilla nopeudella 40 – 50 km/h. Tällöin käytössä voi olla esim. menetelmä, jossa tarkastaja selostaa vikapaikat sanelunauhuriin. Siitä tiedot puretaan ja korjattavat vikapaikat merkitään ylös. Molemmissa menetelmissä on omat etunsa. Tehtäessä tarkastusta lentäen voidaan havaita sellaisia vikoja, joita on alhaaltapäin hankala havainnoida. Tällainen voi olla esim. orren kuntoon liittyvä havainto. Myös tarkastusnopeus on merkittävä etu./16/ Ongelmana lentämällä tehtävissä tarkastuksissa on niiden korkea hinta, minkä vuoksi sähkölaitokset käyttävät niitä melko vähän.

Ilmaverkostoja tarkastettaessa tarkastellaan myös lähiympäristöä. Tarkastus on perusteellisempi liikuttaessa jalkaisin maastossa. Tällöin tarkastustoiminnan yhteydessä voidaan suorittaa pienempiä korjaustoimenpiteitä. Suositeltavaa on, että tarkastukset tehdään vuoroin ilmasta ja vuoroin maasta./5/,/16/

Yleisesti ottaen pylväiden ja johtoteiden havainnot muodostuvat rakennehavainnoista, kasvusto- ja ympäristöhavainnoista sekä merkintä- ja muista pienhavainnoista. Rakennehavainnot voivat olla joko mekaanisen tai sähköisen kunnan havaintoja. Kasvusto- ja ympäristöhavaintoja ovat johtokadun raivaamis- ja oksimistarve sekä vaaralliset reunapuut. Merkintähavainnot koostuvat yhteiskäyttö- ja lähtömerkinnöistä sekä muista turvallisuusmerkinnöistä./5/

Saavuttaessa pylvälle aloitetaan tarkastaminen tutkimalla sen yleiskuntoa, mahdollisia vikoja tai muuta huomauttamista rakenteesta. Silmämääräisen kunnan tarkastus pylvään tyvestä latvaan on ensimmäinen vaihe, jossa tärkeää on hengenvaarasta varoittavien kylttien näkyminen. Mahdollisten harusten kuntoa ja kiinnityksiä kannattaa myös silmäillä jo hieman kauempaa saavuttaessa pylvälle. Tutkittaessa pylvään osia on tarpeen tarkistaa myös orsirakenne ja sen kunto. Tähän vaiheeseen kuuluu myös eristimien kunnan tarkastus. Eristimien ollessa rikkoutuneita tai orresta irronneita on syytä puuttua asiaan heti, jotta suuremmilta vahingoilta välttyttäisiin. Saavuttaessa pylvään juurelle voidaan tutkia uudelleen edellä mainitut kohdat tarkemmin lähietäisyydeltä. Pylvään juurella koputellaan pylvästä maanrajasta noin kahteen metriin asti. Tällä menetelmällä saadaan selville onko pylväs ontto. Tarkistuksen yhteydessä katsotaan myös pylvään asennussyvyys, kallistumiset sekä pylvään kyllästysvuosi vuosimerkinnän avulla, mikäli tämä on vielä tallella. Mikäli merkintää ei ole, eikä kyllästysvuotta ole merkitty voidaan tämä tehdä arvioinnilla. Arvioinnin perusteena käytetään apuna käytettyjä rakenteita sekä muiden pylväiden ikää. Tarkastuksen yhteydessä suoritetaan yleensä myös piikkikoe (yleisesti yli 20 vuotta vanhoille pylväille). Piikkikokeessa lohkotaan puuta pylvään heikommalta puolelta maarajasta sekä alemmalta tasolta kunnes tulee vastaan tervettä puuta. Tätä koetta tehtäessä on syytä välttää tarpeetonta kaivamista, jottei pylväs ala lahoamaan ennen aikojaan ja syvemmillä. Tarkastusta tehtäessä kulkee tarkastajan mukana yleensä myös pieni tarkastustietokone tai laite, johon tuloksia ja merkintöjä voi kirjata

muistiin. Havaitut puutteet voidaan korjata/korjauttaa heti tai myöhemmin riippuen vian vakavuudesta. Lahotarkastuksista ja lahoamisesta kappaleessa 4.1.3 tarkemmin./5/,/6/

Seuraavaksi kuvataan vielä keskijänniteilmajohtojen tarkastuskohteet selityksineen sekä muutama merkintäesimerkki./16/

- **Raivausaste**, joka merkitään yleensä numeroin jossa:

0 = pelto tai muu puuton alue

1 = johtoalue kunnossa

2 = johtoalue raivattava kolmen vuoden kuluessa

3 = johtoalue raivattava välittömästi

- **Johtoalueen leveys**

Tässä tarkastetaan, että johtoalueen leveys on sopimusten ja määräysten mukainen.

- **Vaaralliset reunapuut ja oksat**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio ulottuviin oksiin, kallistuneisiin tai lahonneisiin puihin sekä muihin piha- ja hedelmäpuihin.

- **Johdon alla olevat avovarastot**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy johtimien alla sijaitseviin puuvarastoihin ja lautatapuleihin yms. rakennuksiin.

- **Vieras esine johtimella**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio linjan päälle tippuneisiin oksiin ja muihin sinne kuulumattomiin osiin.

- **Johdon kunto**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio johtimen kuntoon, johon kuuluvat esim. mekaaniset vauriot, paloarvet, ruosteisuus jne.

- **Liitokset**

Tässä osiossa pyritään silmämääräisesti määrittelemään liitosten ja jatkosten mekaaninen ja sähköinen kunto sekä soveltuvuus kyseiselle johtimelle.

- **Johdon kiristys**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy johtimen kireyteen, jonka täytyy olla tasainen jokaisella välillä.

- **Poikkeavat etäisyydet**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy etäisyyksiin, jotka ovat määräyksien vastaisia.

- **Lahosuojaus**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio pylvään kyllästysvuoteen ja kyllästysaineisiin. Myös mahdollisen juurituen kunto tarkistetaan.

- **Pylvään lahoisuusaste**

Pylvään yleiskunto todetaan vain silmämääräisesti. Tarvittaessa voidaan selvittää pylvään lahoisuusaste, josta saadaan täydellinen kuva pylvään rakenteesta.

- **Pylvään mekaaninen vaurio**

Tässä osiossa huomio kiinnitetään pylvääseen kohdistuneisiin vaurioihin. Näitä ovat mm. salamavauriot, tikankolot ja halkeamat.

- **Pylväskallistuma**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy pylvään kallistukseen. Tärkeänä osiona on myös selvittää kallistumisen aiheuttanut syy.

- **Eristinvaurio**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy rikkoutuneisiin tai haljenneisiin eristimiin, kiinnityskoukkuihin ja -tappeihin sekä poikkeavaan likaisuuteen.

- **Sidokset**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy johtimien kiinnityksien eristimiin ja siihen, etteivät sidokset ole löystyneet.

- **Koukut ja tapit**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio siihen, että koukut ja tapit ovat kunnolla kiinni ja etteivät ne ole vääntyneet.

- **Kannattimet ja ripustimet**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy siihen, että johdon kannattimet ja ripustimet eivät ole irronneet tai vääntyneet.

- **Harustus**

Tässä osiossa huomio kiinnittyy maadoituksiin, harusten sijoitukseen, kiristimiin ja kiinnityksiin sekä haruseristimiin. Uhanalaisilla alueilla selvitetään kulkeeko haruksissa harusankkureita syövyttävä harusvirta.

- **Latvasuojus (pylväshattu)**

Tässä osiossa tarkastetaan onko latvasuojus ehjä ja paikoillaan.

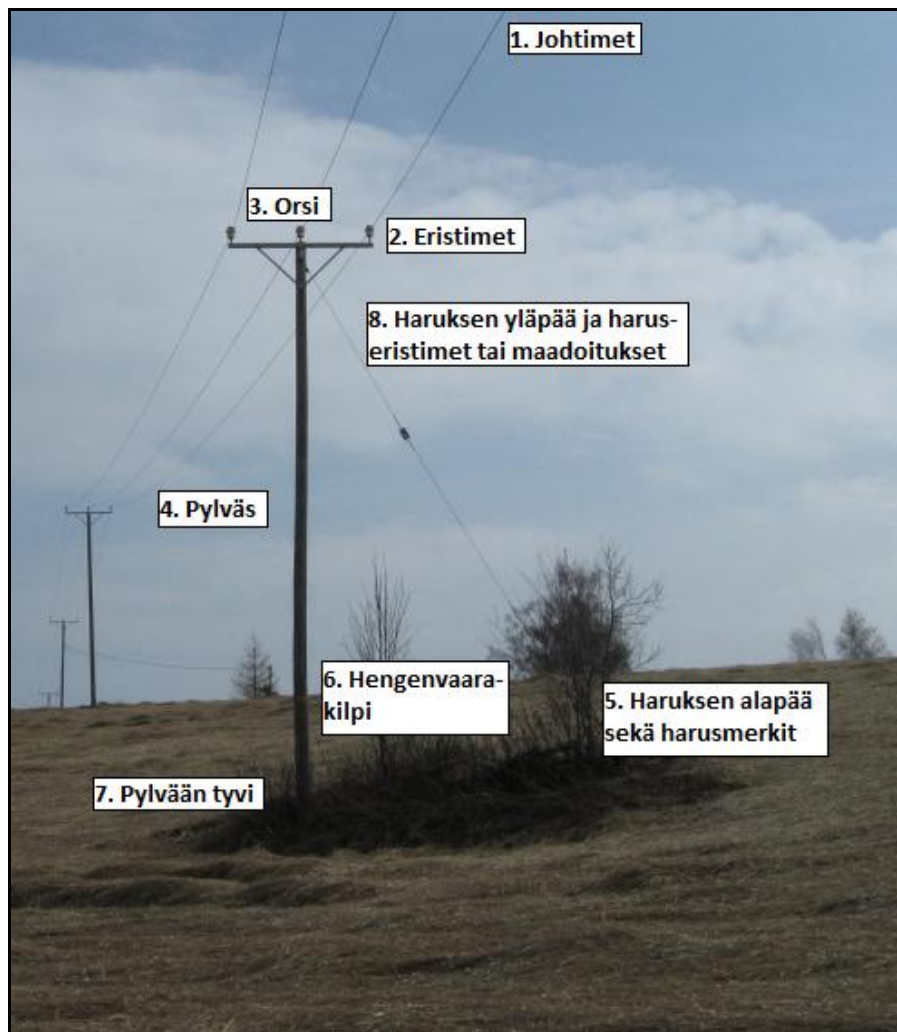
- **Maadoitusten mekaaninen rakenne ja kunto**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio ainoastaan maadoitusten mekaaniseen rakenteeseen ja kuntoon. Huomion kohteena on myös maadoitussuojan kunto ja olemassaolo.

- **Turvallisuuskilvet ja varoitusrenkaat**

Tässä osiossa kiinnitetään huomio ohjeistuksiin, kieltokilpiin sekä varoitusrenkaisiin, joita määräykset vaativat./16/

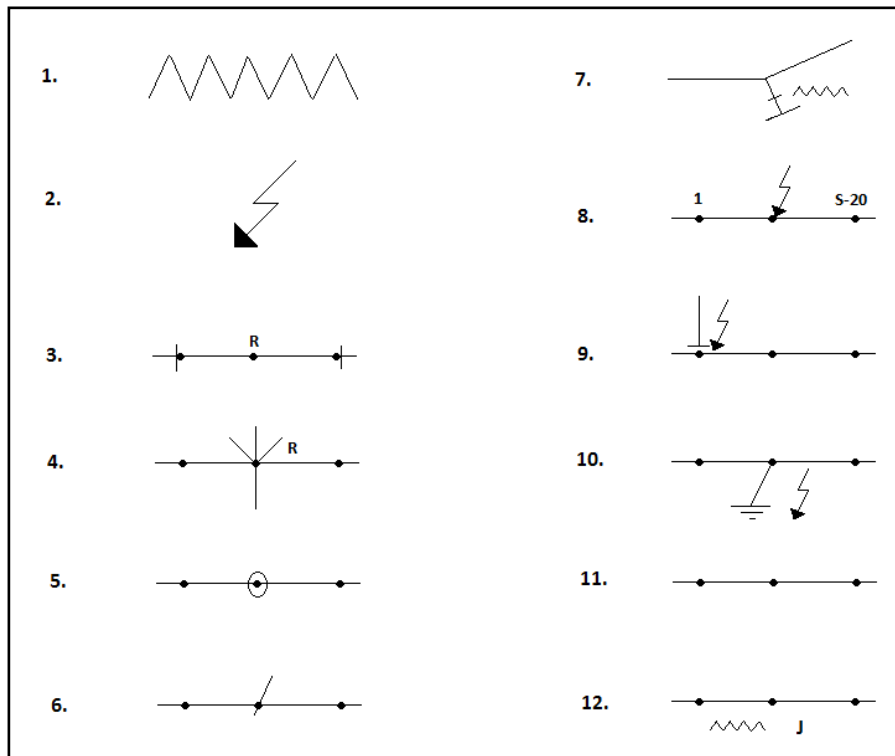
Kuvassa 3 on havainnollistettu lisättyjen kohteiden avulla, mihin huomion täytyy kiinnittyä tarkastettaessa keskijännitelinjaa./17/



Kuva 3. Kuvaan lisätty kohteita, joihin huomion täytyy ainakin kiinnittyä tarkastettaessa keskijännitelinjaa./17/

4.1.2. 0,4kV:n ilmajohdon tarkastaminen

0,4kV:n eli pienjänniteilmaverkon tarkastukset voidaan tehdä samalla tavoin kuin 20kV:n eli keskijänniteilmaverkon tarkastukset. Muutamia poikkeuksia kuitenkin on johtuen rakenteiden erosta. Tarkastaminen poikkeaa keskijänniteverkon tarkastuksista myös siten, että tarkastusmerkintöjä ei tehdä pylväs pylväältä vaan ainoastaan vikapaikat merkitään esim. muuntopiirikarttaan. Pienjänniteverkon tarkastuksessa käytetäänkin vikapaikan merkintään erilaisia merkintöjä, joista muutamia on havainnollistettu kuvassa 4 selityksien kanssa./16/



Kuva 4. 0.4kV:n ilmajohdon tarkastusmerkkejä./16/

missä,

1. Korjattava vaurio, käytetään vain tarvittaessa
2. Välittömästi korjattava vaurio (hengen tai omaisuuden vaara)
3. Raivattava osuus
4. Yksittäinen puu tai oksa liian lähellä
5. Uusittava pylväs
6. Oikaistava pylväs
7. Korjattava harustus (irronnut, löysä, väärä sijainti, harusvirta tms. syy)
8. Eristin rikki, numero ilmaisee määrän ja laji ilmaistaan tyyppimerkinnällä
9. Orsi tai eristinkoukut vaurioituneet (orren tai koukun merkintä)
10. Maadoitus vioittunut (korjattava välittömästi)
11. Johdin löysällä, irti (tarvittaessa merkitään korkeus maasta)
12. Johdin vaurioitunut, lisämerkinnällä ilmaistaan vaurioitumisaste (korjattava tai välittömästi korjattava)./16/

Pienjännite- ja keskijänniteverkon päälimmät erot rakenteiden puolesta ovat johtimet sekä linjojen vaatimat etäisyydet. Pienjänniteilmaverkossa käytetään yleisesti AMKA-johtoa (tunnetaan myös riippukierrekaapelina), jossa eristetyt johtimet ovat kierrettyinä paljaan PEN-johdon ympärille. Näinpä pienjänniteilmaverkon tarkastuksessa onkin kiinnitettävä huomiota johtimien eristeen kuntoon. Kuvassa 5 on havainnollistettu linjaston toteuttaminen keskijännite- ja pienjänniteilmajohdoilla.



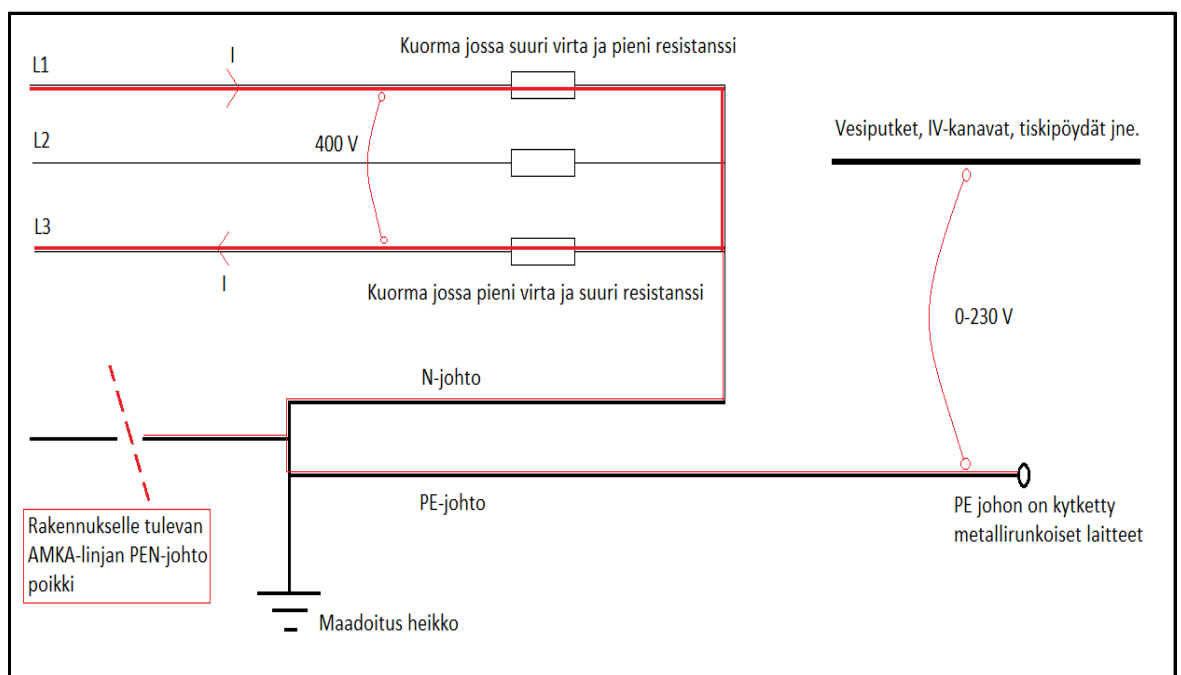
Kuva 5. Johtorakenne toteutettuna keskijänniteavojohtona (vas.) ja pienjänniteriippukierrekaapelilla (oik.)/14/

Tarkastettaessa pienjänniteilmajohtoja pitää huomio kiinnittyä ainakin seuraaviin kohteisiin:/9/,/16/

- AMKA-johdoissa ei saa olla paljaita johtimia(eriste ehjä, myös kireys)
- PEN-johtimen kiinnitykset, kytkennät sekä eheys
- pylväässä olevien kaapeleiden yläpään suojakotelot
- pylväässä olevat pj-keskukset ovat kiinni ja ehjät (myös mahdollisen askelman kiinnitys)

- yhteiskäyttönauha mikäli tolpassa katuvaloja tai muita kaapeleita (esim. puhelin)
- riittävät etäisyydet vaatimusten mukaisiin kohteisiin (erityistä huomiota koulut, tien ylitykset, rakennukset ja muut linjat)
- vaihejohtojen suojakotelot paikoillaan
- harukset (yläpää, alapää, eristinkaussi, harusmerkit, kireys ja eheys) ja tarvittaessa maadoitus
- kallioviistotuet (kiinnitys, kunto)
- maadoitukset (eheys ja kunto, myös maadoitusten suojaputki jonka yletyttävä vähintään 1.5m asti ja liikenneväylien varrella vähintään 2m.)
- pylväshattu (ehjä ja paikoillaan)
- pylvään lahoisuus (vanhoille pylväille myös lahotarkastus)
- ylijännitesuojien kunto./9/,/16/

Edellä mainituissa tarkastuksissa on kiinnitettävä erityistä huomiota PEN-johtimen kytkentöihin, kiinnityksiin ja eheyteen. PEN-johtimen katketessa voi syntyä korvaamattomia henkilö- sekä huomattavia omaisuusvahinkoja, minkä vuoksi PEN-johtimen yhteyden on oltava kunnossa. Tilannetta voidaan havainnollistaa kuvassa 6, jossa talolle tuleva PEN-johdin on katkennut ja talon maadoitus on heikko.



Kuva 6. PEN-johtimen katkeamisesta aiheutuneet tilanteet

Kuvasta 6 voidaan huomata, että metallirunkoisten laitteiden rungossa voi vaikuttaa jopa vaihejännitteen suuruinen jännite. Mikäli tällaisessa tilanteessa ihminen tai eläin koskettaa laitteen runkoa ja esim. tiskipöytää samanaikaisesti on sähköiskun vaara olemassa.

PEN-johtimen katkettua syntyy siis tilanne, jossa laitteiden virrat eivät pääse nollajohtimeen eivätkä maadoitusten ollessa heikkoja maadoituksiin. Näin virralle muodostuu kuvan 6 mukainen kulkureitti toisen vaiheen kautta. Tällöin voi syntyä sarjakytkentöjä joidenkin laitteiden välille. Mikäli sarjakytkennässä on yhdistelmä, jossa on esim. elektroniikkalaite ja jokin suurivirtainen laite kuten liesi, voi tulla eteen tilanne, jossa elektroniikkalaitteiston yli vaikuttaa suurempi jännite kuin laitteisto kestää. Tästä voi seurata merkittäviä taloudellisia vahinkoja. Myös alijännite voi särkeä joitakin elektroniikkalaitteita. Kaikki tämä perustuu virran- ja jännitteen jakosääntöön.

4.1.3. Lahotarkastukset

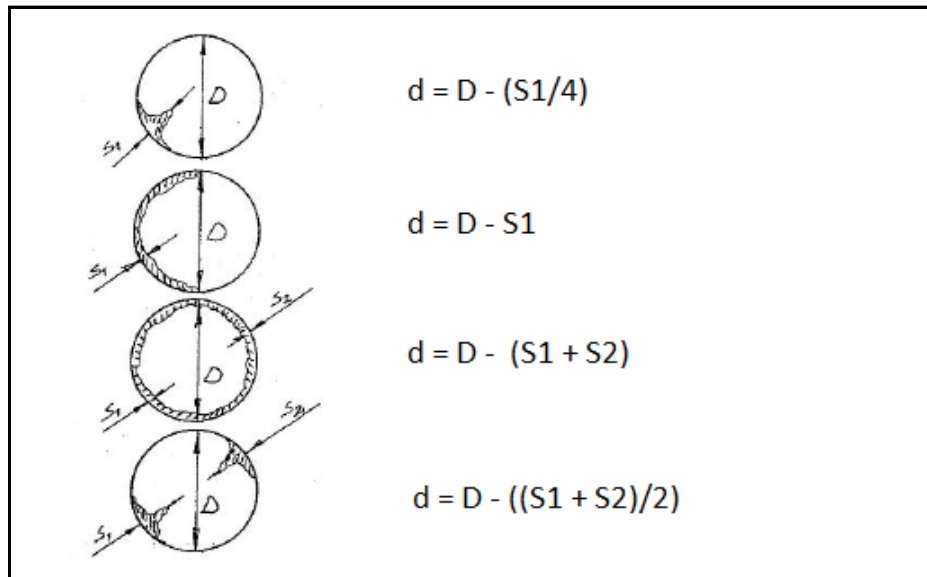
Merkittävin puupylvään lujuuteen ja tätä kautta rappeutumisen nopeuteen vaikuttava tekijä on lahoaminen. Lahoamisen aiheuttavat lahottajasisienet ja eräät muut eliöt. Lujuuden aleneminen alkaa jo hyvinkin varhaisessa lahonkehitysvaiheessa. Tällainen alkanut laho voi näkyä ulospäin ainoastaan pylvään lievässä värinmuutoksena, mutta kaiken kaikkiaan se on hyvin vaikea havaita ulospäin. Hyönteisten aiheuttamat tuhot ovat Suomessa melko harvinaisia, mutta tätä enemmän ongelmia aiheuttavat muurahaiset./12/

Lahoamisen vuoksi pylväille suoritetaan lahotarkastuksia. Lahoisuustarkastukset suoritetaan yleensä aikaisintaan 20 vuotta vanhoille pylväille ja seuraavien lahotarkastusten ajankohta riippuu siitä, kuinka laho pylväs on. Lahoisuustarkastus pyritään sovittamaan samanaikaiseksi määräaikaistarkastuksen kanssa. Nykyisen käsityksen mukaan Suomessa yleisimmin käytetyn suolakyllästeisen pylvään kestoikä on noin 40-50 vuotta./9/,/12/,/16/

Pylvään lahoisuuden tarkastus alkaa jo ennen kuin saavutaan pylvään tyvelle. Tässä vaiheessa tutkitaan silmämääräisesti varren ja latvan kunto sekä koukkujen ja harusten

kunto, koska näiden kahden jälkimmäisen merkitys on suurin. Tullessa pylvään tyvelle koputellaan pylvästä esim. vasaralla ympäriinsä parin metrin korkeuteen saakka. Tällä kokeella selviää pylvään huonompi puoli sekä onko se laho. Lahonmääritys tehdään pylvään huonommalta puolelta. Yleisimmät lahoisuuden määrittämiseen käytetyt kokeet ovat purasinpiikkikoe, lastunveisto ja kairaus. /9/,/12/

Tarkastajan selvitettyä pylvään heikoimman puolen voi hän aloittaa kokeen tekemisen. Tehtäessä esim. piikkikoetta (vaihtoehtona käyttää myös onttoporaa, mutta tässä kappaleessa kerrotaan piikkikokeesta), alkaa koe siten, että kaivetaan maata 20-30cm kahdelta pylvään puolelta tai tarvittaessa ympäri. Tämä rajaa lahotarkastuksen tekemisen sulan maan ajaksi. Jäätynyt puukin tekee omalta osaltaan tarkastamisen mahdottomaksi. Piikkikoe alkaa varsinaisesti siten, että piikki painetaan maanrajasta kohtisuoraan pylvääseen ja lohkaistaan pala taivuttamalla piikkiä. Palan irrotessa voidaan todeta, että puu on terve, jos tämä on säleinen ja ”risahtaa” irrotessaan. Mikäli pala irtoaa sileänä pyramidimaisena palasena, on pylvässä katkolahoa, joka on kyllästetyn puun ja puupylväiden tyypillisin lahotyyppi. Katkolaho on alkuvaiheessaan pelkällä näköhavainnolla hyvinkin vaikea todettava. Työstämistä jatketaan siihen asti kunnes vastaan tulee tervettä puuta, jolloin saadaan selville puun lahoamisaste. Kaivettaessa puuta ei saa kaivaa tarpeettoman paljon, jottei pylväs ala lahoamaan ennen aikojaan. Mikäli käytössä on A-pylväs- tai porttiharusteinen pylväsrakenne tarkastetaan näistä molemmat pylvääet ja pöytäkirjaan merkitään huonompi tulos. Kuvassa 7 on esitetty erilaisia lahoisuuden variaatioita ja variaatioiden vieressä on kaava, jolla saadaan lahonneen pylvään tyvihalkaisija vastaamaan terveen pylvään tyvihalkaisijaa./9/,/16/

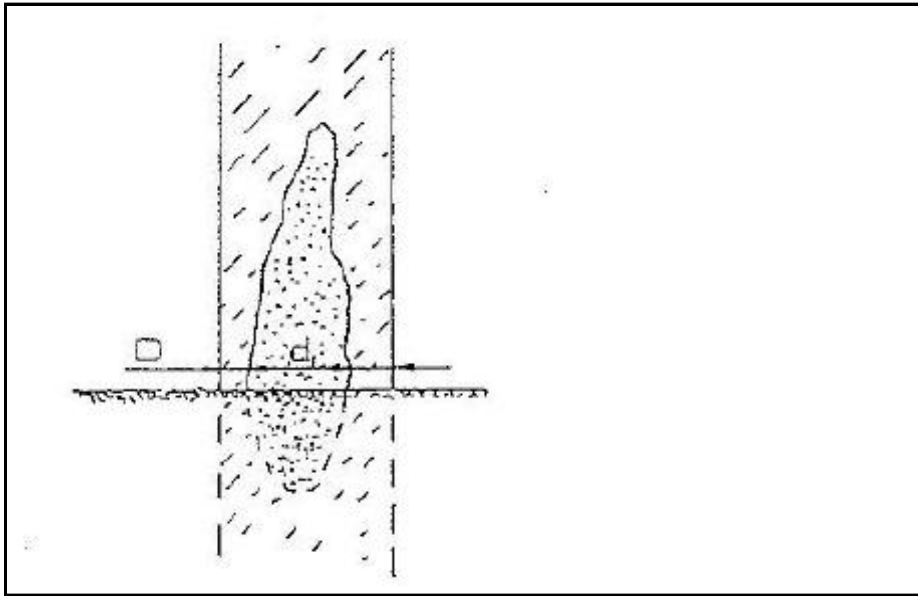


Kuva 7. Lahoamisen eri variaatiot. Kuvan vieressä olevalla kaavalla muutetaan lahonnut pylväs vastaamaan terveen pylvään tyvihalkaisijaa./16/

Tutkittaessa pylvästä täytyy muistaa se, että vaikka puuainees olisi märkää, ei se välttämättä ole lahoa. Sama pätee myös toiseenkin suuntaan. Vaikka puu on kuivaa ja kovaa ei se välttämättä ole tervettä./9/

Lahotarkastuksen jälkeen mitataan pylvään tyveltä esim. piimitalla tyvihalkaisija ja lasketaan edellä olleiden kaavojen avulla pylvään senhetkistä tilaa vastaava tyvihalkaisija. Piimittaa käytettäessä saadaan suoraan pylvään halkaisija.

Mikäli tarkastuksessa on havaittu pylväessä kumisevaa ääntä, on syytä epäillä, että pylväs on ontto. Tällöin aloitetaan kairaamalla tehtävä lahotarkastus. Kuva 8 havainnollistaa sen, miten onton pylvään tyvihalkaisija saadaan vastaamaan terveen pylvään tyvihalkaisijaa./9/,/16/



Kuva 8. onton pylvään tyvihalkaisijan määrittäminen./9/

Kairaamalla tehdyn tarkastuksen jälkeen tiedettäessä onton osuus voidaan määrittää onton pylvään terve tyvihalkaisija taulukon 3 avulla./9/

Taulukko 3. Onton pylvään terve tyvihalkaisija./9/

		D(cm)													
		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
d ₁ (cm)	22	28													
	21	29	27												
	20	29	27	27											
	19	29	28	27	26										
	18	30	29	27	26	25									
	17	30	29	28	27	26	24								
	16	30	29	28	27	26	25	24							
	15	30	29	28	27	26	25	24	23						
	14	31	30	28	27	26	25	24	23	22					
	13	31	30	29	28	27	25	24	23	22	21				
	12	31	30	29	28	27	26	25	23	22	21	20			
	11	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	20	19		
	10	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	
	9	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18

missä,

D = pylvään koko tyvihalkaisija

d₁ = pylvään onton osan halkaisija

d = tervettä pylvästä vastaava tyvihalkaisija

Kun tarkastuksen tuloksena on saatu selville tervettä pylvästä vastaava tyvihalkaisija, voidaan tälle määrittää lahoisuusaste. Lahoisuusaste määrittyy seuraavien tekijöiden mukaan taulukosta 4./16/

Taulukko 4. Pylvään lahoisuusasteen määrittämiseen käytettävä taulukko./16/

Lahoisuusaste	Tunnusmerkit
0 = Terve	Puun pinta terve ja kirkas, ei myöskään sisälahoa. Pylväs alle 20 vuotta vanha
1 = Alkavaa laho	Pehmennyttä tai tummunutta puuta enintään 2 mm pylvään ympäri
2 = Näkyvää lahoa	Lahoa puuta ympäri pylvään 3 - 10 mm:n syvyyteen tai vastaava osuus poikki-pinnasta
3 = Melkoista lahoa	Lahoa puuta ympäri pylvään 11 - 20 mm tai vastaava osuus poikki-pinnasta
4 = Pahoin lahoutunut	Lahoa puuta ympäri pylvään yli 20 mm tai vastaava osuus poikki-pinnasta

Lahoisuusmäärittämisen jälkeen tehdään pylvääseen merkinnät, jotka kertovat työturvallisuuden kannalta vaaralliset pylväät asentajille ja pylvään ympärillä työskenteleville muille työntekijöille. Yhdellä keltaisella varoitusnauhalla merkitty pylväs tarkoittaa sitä, että pylvästä ei saa irrottaa johtimia, jollei sitä ole tuettu kuormausnosturilla, kaivurin pylväskouralla, apuharustuksilla tms. Näin merkittyyn pylvääseen saa nousta ainoastaan silloin, kun johtimet ovat paikoillaan. Mikäli pylväs on merkitty kahdella varoitusnauhalla, ei siihen saa nousta tukematta sitä vastaavilla menetelmillä kuin edellä. Vaikeimmissa tapauksissa tämä tarkoittaa sitä, että pylväs joudutaan kaatamaan tai asentamaan apupylväs tämän vierelle. Pylväs merkitään ympäri

vastaavanlaisella keltaisella varoitusnauhalla kuin yhteiskäytön varoitusnauha. Merkintänauha asennetaan noin kahden metrin korkeudelle. Aina ennen pylvääseen kiipeämistä täytyy varmistaa pylvään kestävyys, oli tämä sitten merkitty tai ei./9/,/16/ Taulukossa 5 kerrotaan millaisessa tilanteessa pylväs täytyy merkitä yhdellä tai kahdella varoitusnauhalla./16/

Taulukko 5. Keltaisien nauhojen määrä merkittäessä lahoa pylvästä./16/

L = Pylvään maanpäällisen osan pituus (koko pituus - 2m)		
O = Terve tyvihalkaisijamitta, jolloin asennetaan yksi varoitusnauha		
OO = Terve tyvihalkaisijamitta, jolloin asennetaan kaksi varoitusnauhaa		
L	O	OO
6	13	11
7	14	12
8	14	12
9	15	13
10	15	13
11	16	14
12	17	15
13	18	16

Taulukkoa voidaan jatkaa siten, että kutakin pylväspituuden metriä kohden tyvihalkaisija kasvaa yhden senttimetrin./16/

Lopetettaessa tarkastukset täytyy kaivetut kuopat ja tolpan näytekolot täyttää, ellei pylväs tule lähiaikoina vaihtoon. Mikäli muita toimia on tehty, täytyy nämä myös hoitaa kuntoon, jotta seuraavalla ei ole parsittavaa edellisen jäljiltä.

4.2. Jakokaappien tarkastukset

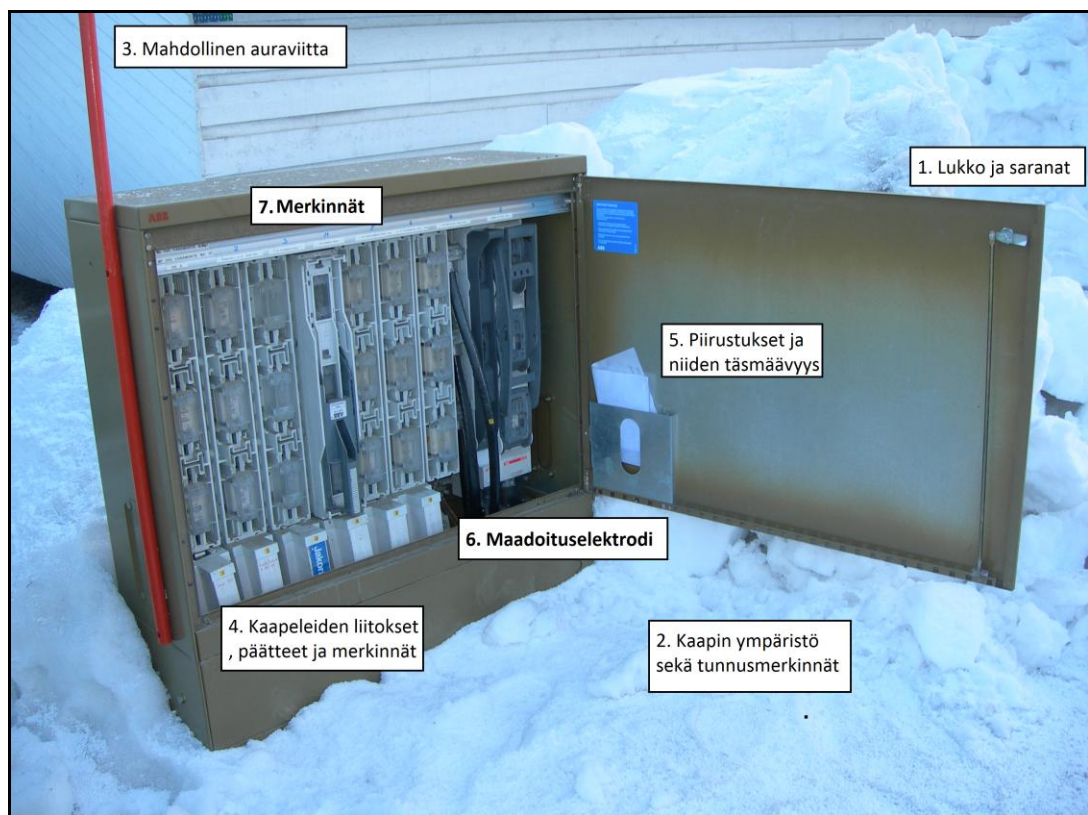
Jakokaappien tarkastus alkaa jo paikalle tultaessa. Tällöin huomioidaan jakokaapin ympäristö ja raivataan edustaa oven edestä sekä tarvittaessa myös ympäriltä. Tässä vaiheessa huomioidaan myös jakokaapin kallistumat, perustan sortumiset jonka jälkeen silmäilläään kaapin ulkopuolista kuntoa kolhujen, likaisuuden, töherrysten sekä pintakäsittelyn osalta. Pintakäsittelyä tarkistettaessa tarkastetaan maalipinnan lisäksi ruostevauriot ja kosteussuojaukset. Kaapin korkeuteen on syytä myös kiinnittää huomiota ja tarvittaessa mahdollisuuksien mukaan korjattava tilannetta. Ennen kaapin avaamista tarkastetaan vielä kaapin tunnuksot jotta ne ovat tallella ja oikein, etupuolen suojalevy sekä auravaihto mikäli tätä käytetään. Huomioidaan vielä se, että kaikki mahdolliset tapauskohtaiset varoitus- ja merkkikilvet ovat paikoillaan./9/,/36/

Kun jakokaappi on tarkastettu ulkopuolelta, voidaan aloittaa tarkastaminen kaapin sisäpuolelta. Avattaessa kaappia kiinnitetään huomio lukkoon sekä saranoihin ja tarvittaessa voidellaan niitä. Tarkastettaessa kaappia sisältäpäin huomioidaan aluksi kaapin sisäpuolinen siisteys roskien ja kasvien suhteen. Tämän jälkeen tehdään silmämääräinen tarkistus liitoksien kunnosta ja kireydestä jossa samalla huomioidaan mahdolliset paloarvet. Kaappiin tulevat kaapelit täytyy myös tarkistaa. Näille tehdään silmämääräinen tarkistus päätteiden, johtimien ja eristyksen osalta. Pääteistä tarkastetaan mahdolliset vuodot vanhojen kaapeleiden osalta. Mahdolliset routavauriot ja kaapelien litistymiset ovat myös tärkeä tarkistaa. Kaapeleiden lähdöistä tarkastetaan myös lähtömerkinnät jotta ne ovat selkeät ja paikoillaan. Mikäli kaapissa on katkaisija tai asemansuojakytkin tarkastetaan näiden mekaaninen ja sähköinen kunto sekä asetteluarvojen paikkansapitävyys./9/,/36/

Tästä tarkastus etenee seuraavaksi sulakkeiden ja merkintöjen tarkastukseen. Tässä vaiheessa kiinnitetään huomio sulakkeiden kokoon ja verrataan tätä kokomerkintään. Sulakepohjien koot myös huomioidaan. Mikäli sulake on erikokoinen kuin kokomerkintä kaapin kiinteissä alustoissa ja piirustuksissa tehdään merkintä pöytäkirjaan. Aina ennen kuin tehdään merkintöihin tai sulakkeiden kokoihin muutoksia täytyy varmistua johdon kestävydestä. Jakokaapissa täytyy olla myös ehjä sulakkeen vaihtokahva. Tämän jälkeen

katsotaan vielä, että jakokaapille tulee maadoituselektrodi josta tarkistetaan liitokset sekä johtimen kunto. Erityistä huomiota on kiinnitettävä PEN-johtimen liitoksiin ja kuntoon, jota käsiteltiin pienjänniteilmalinjojen yhteydessä./16/,/36/

Tarkastuksia suoritettaessa täytyy kaikista poikkeuksista/vioista tehdä huomio pöytäkirjaan ja mahdollisuuksien mukaan pyrkiä korjaamaan tilannetta. Kuvassa 9 on havainnollistettu tyypillisen jakokaapin tarkastuskohteet.



Kuva 9. Tyypillisen jakokaapin tarkastuskohteet

4.3. Muuntamoiden tarkastukset

Tehtäessä muuntamoiden tarkastuksia on tarkastettavia kohteita, joihin huomion pitää kiinnittyä enemmän kuin linjastojen tarkastuksissa. Muuntamoiden tarkastukset on hyvä tehdä erillään linjastojen tarkastuksista, koska muuntamoiden tarkastukset vaativat

enemmän perehtymistä ja tietoa. Tämä hidastaisi tarkastamista merkittävästi. Muuntamoiden tarkastaminen on yleensä miellyttävämpää kuin linjastojen tarkastaminen, koska lähes aina muuntamo sijaitsee sellaisessa paikassa, johon kulkuyhteydet ovat hyvät.

Muuntamot voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: pylväs- ja puistomuuntamoihin. Puistomuuntamoihin voidaan lukea myös kiinteistömuuntamot. Molemmilla muuntamotyypeillä tarkastustoiminnot ovat lähes samanlaisia, mutta molemmista löytyy omia erityispiirteitä. Muuntamoiden tarkastukset vaativat tarkastajalta tarkkaavaisuutta ja tuntemusta vaaratekijöistä.

4.3.1. Muuntamoiden keskijännitelaitteistojen tarkastukset

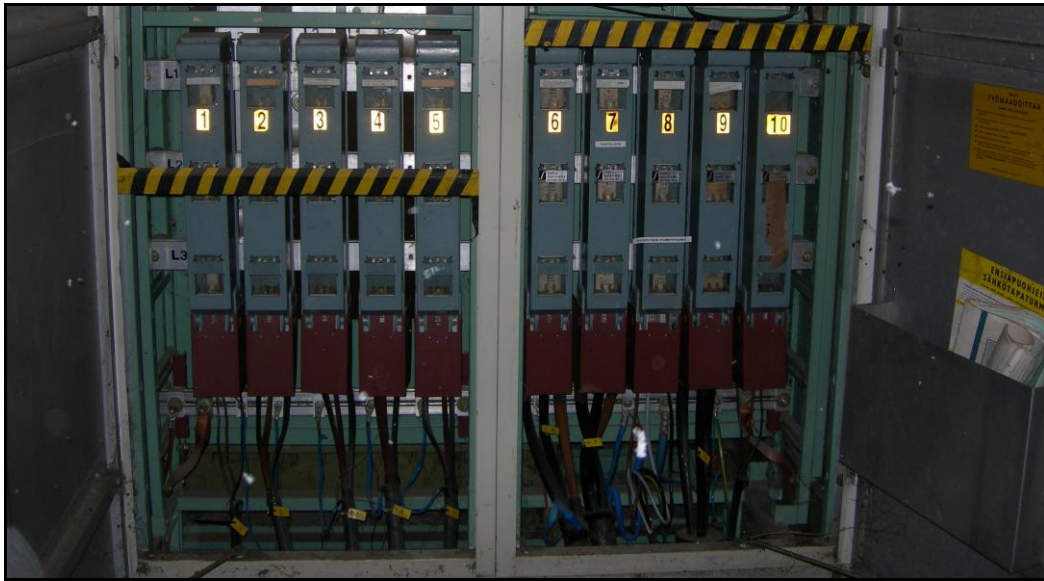
Muuntamon tarkastuksen yhteydessä tarkastetaan muuntajaan liittyvät keski- ja pienjännitelaitteistot. Yleensä keskijännitelaitteistosta tarkastetaan ensimmäiseksi kaapelipäätteet, joista tarkastetaan päätteen vaipan ja eristyksen eheys, mahdollinen vuotava pääte ja mekaaniset sekä sähköiset vauriot. Tämän jälkeen tutkitaan kaapeliliitokset laitteisiin ja kiskoliitokset kiskostoihin löysien ja palaneiden liitosten varalta. Liitoksesta edetään jomppia tai kiskostoa pitkin eteenpäin tarkastaen jatkokset sekä etäisyydet muistaen tarkastaa myös johtoeristimet. Lisäksi kiskoston tukieristimien kunto tulee tarkastaa. Tukieristimistä tarkastetaan silmämääräisesti yleinen siisteys, halkeamat, kiinnitys alustaan sekä mahdollinen laippojen halkeaminen./9/,/16/,/37/

Seuraavaksi voidaan tarkastaa johtolähtöjen oikeellisuus ja paikkansapitävyys karttoihin sekä kaavioihin verrattuna. Vaihemerkintöjen paikalla olo voidaan tarkistaa samalla. Tässä pitää olla tarkkana, sillä eri yhtiöissä voi olla käytössä erilaisia merkintätapoja. Ylijännitesuojia tarkastettaessa tarkastetaan niiden kiinnitys johtimiin ja maadoitukseen. Näistä tarkastetaan laippojen eheys ja puhtaus sekä mikäli mahdollista, niin katsotaan kipinävälissä olevien lintupiikkien kunto ja leveys. Tässä yhteydessä on syytä tarkastaa muuntajajomppien suojaukset. Samalla voidaan todeta vielä läpivientieristimien mekaaninen kunto, kiinnitys, mahdollinen sähköinen vuoto sekä korroosiovauriot. Keskijännitelaitteistosta todetaan kosketussuojaus riittäväksi rakenteellisten seikkojen ja

etäisyyksien osalta. Mahdollisten releiden, mittalaitteiden sekä indikaattoreiden kunto, puhtaus ja asetteluarvot tarkastetaan. Huomioidaan myös, että SF6-kaasun paine on sallitulla alueella, mikäli tällainen järjestelmä on käytössä./9/,/16/,37/

4.3.2. Muuntamoiden pienjännitelaitteistojen tarkastukset

Kuten keskijännitepuolelta tarkastetaan myös pienjännitepuolelta liitosten löystymiset, mahdolliset palamiset sekä kaapelipääteiden kunto. Tarkastetaan syöttökaapeleiden eheys ja kosketussuojausten riittävyys. Pienjännitepuolella täytyy tarkastaa lähtöjen ja sulakkeiden merkinnät, jotta pohjat sekä oikeellisuus verrattuna kuviin täsmäävät. Näiden merkintöjen tulee olla kiinteissä alustoissaan. Samalla huomioidaan rinnakkain olevien kaapelien merkinnät. Vaihemerkinnät on syytä tarkastaa ja todeta näiden luotettavuus. Laitteistosta huomioidaan myös pääkytkimen toiminta sekä asennonosoitus. Varokeyttimekmet täytyy myös tarkastaa. Mahdollinen pj-keskus ja tämän kunto, mittarit, johdot ja puutteet huomioidaan. Mahdollisen askelman kiinnitys on syytä tarkastaa. Poikkeavuudesta tehdään aina merkintä pöytäkirjaan. Kosketussuojauksen toteutuminen täytyy ottaa huomioon./9/,/16/,/37/ Kuvassa 10 on esitetty erään puistomuuntamon pienjännitelähtöjä. Kuvasta voidaan huomata, että jonovarokkeiden ja kaapeleiden merkinnät ovat hieman puutteellisia. Yleisessä siisteydessä olisi myös hieman parannettavaa.



Kuva 10. Erään puistomuuntamon pienjännitelähdöt

Muuntamon tarkastuksessa suoritetaan käyttömaadoituksen silmämääräinen tarkastus. Tällöin katsotaan silmämääräisesti liitokset, jatkokset, kiinnitykset ja poikkipinta. Mittaus suoritetaan maadoitusmittausten ohjelman mukaisesti. Suojamaadoitus täytyy myös tarkastaa. Tässä todetaan, että virtapiiriin kuulumattomat osat ovat suojamaadoitettu joko nollaamalla tai muulla määräyksien edellyttämällä tavalla. Huomioidaan myös liitokset, johtimien kunto ja poikkipinta./9/,/16/,/37/

4.3.3. Pylväsmuuntamoiden tarkastukset

Tultaessa pylväsmuuntamolle kiinnitetään huomio ensimmäiseksi muuntamon ympäristöön, koska kulkuyhteyksien muuntamolle täytyy olla esteettömiä kaikkina vuorokauden aikoina. Tarvittaessa pensaikot ja muut kulkemista estävät kasvustot raivataan pois tarkastuksen yhteydessä. Huomioidaan mahdollinen muuntajavaihdon reitti, ettei ole vaihtoa estäviä tekijöitä. Samalla tutkaillaan jo etäältä muuntamon ulkoista kuntoa, rakennetta sekä kiinnitystä. Tällöin voidaan havaita muuntajan ulkoisia puutteita tai vaurioita. Oltaessa muuntamon lähellä tarkastetaan kiipeämisrajoitusnauhojen paikalla olo sekä oikea etäisyys johdoista. Samalla huomioidaan eläinsuojien mekaaninen kunto ja kiinnitys. Mikäli mahdollista tarkastetaan myös muuntajan väliottokytken asento ja

tehdään tästä merkintä pöytäkirjaan./9/,/38/ Kuvassa 11 on esitetty käytöstä poistettu muuntaja, jonka kannelle orava oli kiivennyt linnunraadon perässä.



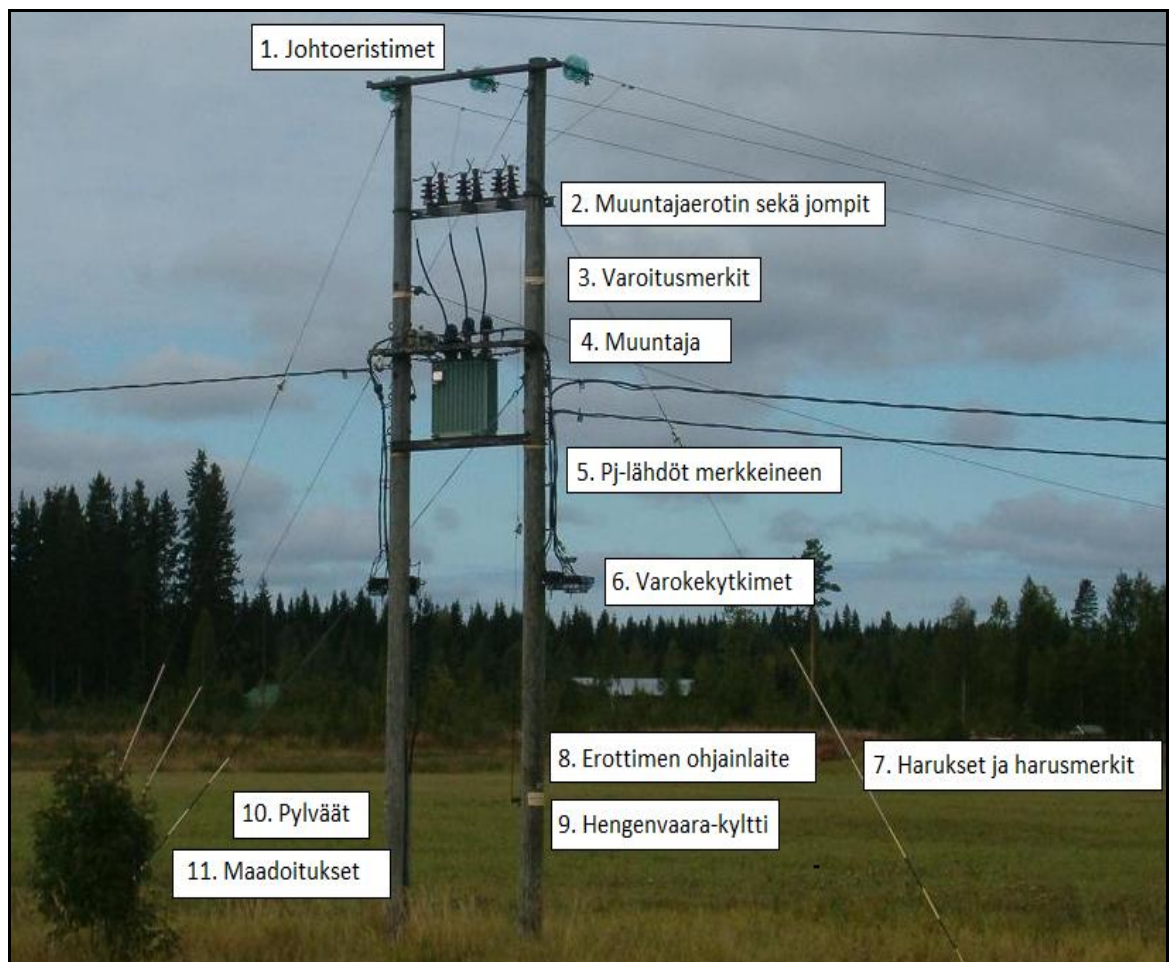
Kuva 11. Oravan aiheuttama oikosukutilanne muuntajan kannella

Kaikissa muuntamoissa tulee olla hengenvaara-kyllti, joka kertoo sähköisestä vaarasta. Kaksipylväsmuuntamoilla kyltin tulee olla molemmissa pylväissä suunnattuna sinnepäin, missä yleisimmin liikutaan. Tämän jälkeen tarkastetaan muuntamon tunnuskilpi. Tunnuskilpi on yleisimmin yhdistelmä, jossa on muuntamonumero ja nimi. Näiden oikeellisuus pitää todeta ja tarvittaessa korjata noudattaen yhtiökohtaisia säädöksiä. Kyltin sijoituksessa täytyy huomioida se, että tämä näkyy tielle mahdollisimman hyvin./9/,/38/

Tarkastettaessa tarkemmin muuntajaa kiinnitetään huomio läpivientieristimien kuntoon. Läpivientieristimien yleisimmät viat ovat halkeamat ja rikkoutuneet laipat. Tärkeää on huomioida läpivientien suojaus. Muuntajan tarkastuksessa on huomioitava myös öljy- ja paisuntasäiliö. Tässä vaiheessa täytyy tarkastaa näiden osien maalipinta, ruostevauriot sekä kolhut. Mahdollisesta vuotavasta säiliöstä tehdään ilmoitus eteenpäin ja korjaustoiminta on syytä aloittaa mahdollisimman pian. Vaikka muuntaja ei vuotaisikaan, on syytä tarkastaa säiliön öljymäärä. Tämä voidaan tarkastaa yleensä säiliön kyljessä olevasta

osoitinmittarista. Myös mittarin ja mahdollisen kosteudenpoisto-patruunan kunto tulee tarkastaa./9/,/38/

Öljysäiliön tarkastuksessa pitää myös muistaa tarkastaa säiliön korkin paikallaan olo ja tämän eheys. Pöytäkirjaan tulee merkitä onko korkki muovinen vai metallinen, koska muoviset on todettu epäluotettavammaksi. Myös muuntajan arvokilven paikallaan olo tulee tarkastaa. Muuntajaa tarkastettaessa tarkastetaan samassa yhteydessä harusvaijerien eheys, harusmerkinnät, muut tukirakenteet, kaapeleiden mekaaniset suojat ja pylväiden kunto. Tässä yhteydessä ei suoriteta varsinaista lahoisuustarkastusta, vaan tämä tehdään joko omana työnä tai verkoston tarkastusten yhteydessä./9/,/38/ Kuvassa 12 on havainnollistettu lisättyjen kohteiden avulla, mihin huomion pitää ensisijaisesti kiinnittyä tarkastettaessa pylväsmuuntamoaa./17/



Kuva 12. Kuvassa havainnollistettu lisättyjen kohteiden avulla, mihin huomion pitää ensisijaisesti kiinnittyä tarkastettaessa pylväsmuuntamoaa./17/

4.3.4. Puisto- ja kiinteistömuuntamoiden tarkastukset

Puistomuuntamoiden tarkastukset ovat pitkälle vastaavanlaisia kuin pylväsmuuntamoiden tarkastukset. Poikkeavuudet tulevat niistä tarkastettavista kohteista, jotka johtuvat pylväsmuuntamoiden rakenne-eroista puistomuuntamoihin verrattuna. Puistomuuntamoiden tarkastuskäytäntöjä voidaan suurelta osin soveltaa myös kiinteistömuuntamoille./5/

Puistomuuntamon tarkastus alkaa, kuten pylväsmuuntamoillakin, jo etäältä saavuttaessa muuntamolle. Tällöin silmäillään muuntamon ympäristöä, jossa kiinnitetään huomio kulkuaukkoihin, kasvustoon ja rakennuksen yleiseen kuntoon. Tarkastettaessa muuntamon kuntoa ulkoapäin, täytyy tarkastaa katto kiinnityksineen sekä tämän eheys. Lisäksi tulee tarkastaa muut kiinnitykset, maalipinnat, seinien kunto, töherrykset ja rakennuksen perustukset. Muuntamoa tarkastettaessa ulkoapäin täytyy myös huomioida, että jokaisella sivulla on hengenvaara-kyltit varoittamassa sähkönvaarallisuudesta. Myös muuntamon tunnus täytyy olla paikoillaan ja oikein./9/,/16/,/38/ Kuvassa 13 on havainnollistettu tyypillisen puistomuuntamon tarkastuskohteet ulkoapäin.



Kuva 13. Tyypillisen puistomuuntamon tarkastuskohteet ulkopuolelta

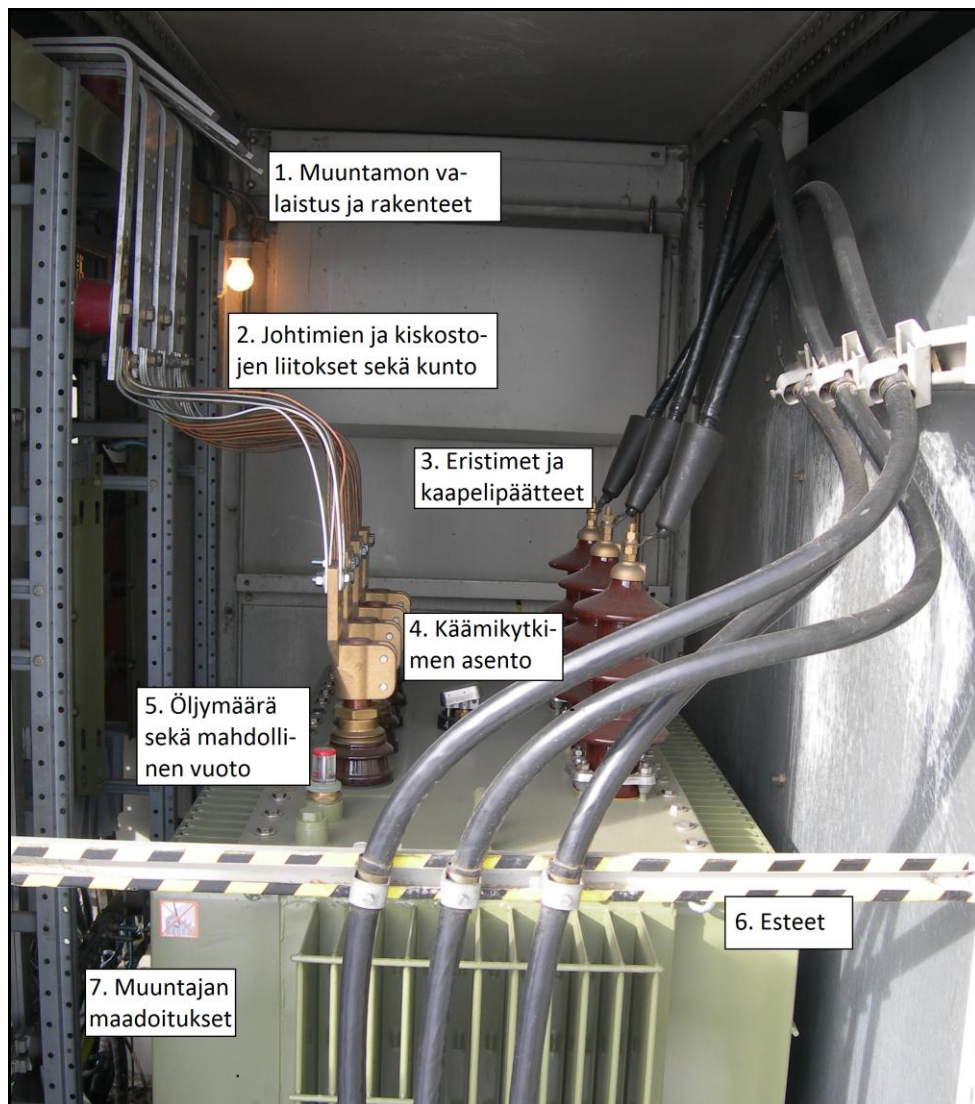
Avattaessa muuntamoita tunnustellaan samalla lukkojen ja saranoiden toiminta sekä voidellaan ne tarvittaessa. Mikäli lukkoissa havaitaan vikaa, täytyy nämä hoitaa kuntoon välittömästi, jolloin paikalta ei saa poistua ennen kuin vika on korjattu. Tässä yhteydessä varmistetaan myös tuulihakojen paikalla olo ja toimivuus./9/,/16/,/38/

Jatkettaessa puistomuuntamon tarkastusta, kun ovet ovat avoinna, kiinnitetään huomio valaistukseen. Valaistuksen pitää toimia ja olla riittävä työskentelyyn. Tässä vaiheessa on syytä kiinnittää huomio muuntamon sisätilan siisteyteen, jossa pölyisyys, kasvustot ja erityisesti muuntajan kannen sekä eristimien päällä olevat epäpuhtaudet havainnoidaan. Pistorasian kunto täytyy myös tarkastaa. Mikäli näissä havaitaan puutteita, tehdään merkintöjä pöytäkirjaan./9/,/16/,/38/

Muuntamon sisäpuolta tarkastaessa tehdään tarkastukset myös suojaverkoille, -puomeille sekä -levyille, jotka estävät ja ilmaisevat sähkön vaarallisuudesta. Näistä tarkastetaan eheys ja niiden olemassa olo. Muuntamossa olevan mahdollisen SF6-kojeiston käyttöohje ja sen luotettavuus täytyy tarkastaa. Muuntamosta täytyy löytyä myös ajan tasalla oleva ensiapuohjeistus ja hätänumerot. Siirrettävien varoituskilpien paikalla olo sekä kunto kuuluu tarkastaa. Todetaan myös kj-pääkaavion paikkansapitävyys./9/,/16/,/38/

Muuntamosta täytyy löytyä ehjät sulakkeen vaihtokahvat ja varasulakkeet omilta paikoiltaan, jotta sulakkeiden vaihto onnistuu. Tämän jälkeen voidaan katsoa, että erottimien ohjaussauvat ovat määräysten mukaisia ja toimivia. Turvaetäisyyksien pitää myös toteutua. Mikäli muuntamoon on mahdollista mennä sisälle, täytyy hoitokäytävän olla yli 0,8 m ja ovien ollessa auki yli 0,6 m. Työskentelysuojiin ja maadoituslaitteiden kunto ja paikalla olo tarkastetaan./9/,/33/

Lopuksi vielä tarkastetaan muuntamo- ja kytkinmaadoitukset huolellisesti. Maadoitusten liitokset, jatkokset, mahdolliset katkeamiset ja säieviat huomioidaan sekä tarvittaessa merkitään pöytäkirjaan. Näissä huomioidaan etenkin irtoamiset ja palamiset./9/,/16/,/38/ Kuvassa 14 on havainnollistettu kohteet puistomuuntamon sisäpuolelta, joihin huomion pitää ensisijaisesti kiinnittyä tehtäessä tarkastusta.



Kuva 14. Puistomuuntamon sisäpuolelta tarkastettavat kohteet

Kuten aiemmin kävi ilmi, voidaan puistomuuntamoille tehtäviä tarkastuksia soveltaa suuressa määrin myös kiinteistömuuntamoille. Tarkemmat tarkastuskäytännöt vaihtelevat jonkin verran johtuen muuntamon kosketussuojausmenetelmistä, rakenteellisista eroista sekä siitä onko muuntamo ilma- vai kaasueristeinen. Muuntamon rakennusvuosi on myös merkittävä tekijä. Kuvassa 15 on esitetty erään kiinteistön yhteyteen rakennetun kiinteistömuuntamon muuntaja. Tässä tapauksessa muuntaja on koteloitu metallikehikolla, koska käytössä on ns. kuivamuuntaja, jossa käämit ovat paljaana näkyvillä. Suojausluokaksi tällä saadaan tässä tapauksessa IP31. Metallikehikko on avattavissa etupuolelta työkaluilla mahdollisia huolto- ja kunnossapitotoimia varten.



Kuva 15. Erään kiinteistömuuntamon kuivamuuntaja

Jotta kiinteistössä oleva muuntamo ei lämpenisi tarpeettoman paljon, täytyy ilmanvaihdon olla kunnossa. Näinpä muuntamon tarkastuksessa täytyy käydä ilmanvaihtosuodattimet läpi ja vaihtaa tai puhdistaa mahdollisuuksien mukaan. Mikäli käytössä on puhaltimia, arvioidaan näiden kunto ja toimivuus. Tässä tarkkakorvainen voi huomioida puhaltimesta kuuluvan mahdollisen epämääräisen äänen, josta voi tulevaisuudessa syntyä puhaltimen toimimattomuus. Näistä on hyvä kirjata pöytäkirjaan merkintä, jolloin kohteelle voidaan tehdä seuraava tarkastus hieman suunniteltua aiemmin. Ilmastoinnin riittävydestä voidaan laittaa myös kommentti pöytäkirjaan./9/,/16/,/38/

Rakennuksen läpivientikanavat on syytä vielä tarkastaa roskista ja mahdollisesta vesikertymästä. Samalla katsotaan paineen purkausaukkojen toiminta ja kunto sekä mahdolliset likaisuudet./9/,/16/,/38/

Ilma- ja kaasueristeinen muuntamo

Puisto- ja kiinteistömuuntamot jaetaan verkosta erottavan kytkinlaitteiston perusteella joko ilma- tai kaasueristeisiin muuntamoihin. Ilmaeristeisissä muuntamoissa muuntamo

kytketään ja erotetaan verkosta erottimilla, joiden eristeaineena toimii ilma. Erottimia ohjataan kääntämällä erottimen virituskampea. Muuntajan suojana näissä toimii sulake. Erotin laitteiston tarkastuksia käsiteltiin kappaleessa 4.3.1, jossa aiheena olivat muuntamoiden keskijännitelaitteistojen tarkastukset.

Kaasueristeisessä muuntamossa verkosta erottaminen tapahtuu sähköisesti tiettyjen asetusten perusteella. Kaasueristeisissä muuntamoissa suljetun kosketintilan eristeaineena toimii yleisimmin SF6-kaasu, joka sammuttaa ja jäädyttää valokaaren. SF6-suojakaasun avulla laitteistosta saadaan pienempiä, kevyempiä, turvallisempi, toimintavarmempia ja pidemmän käyttöiän omaavia./6/ Kuvassa 16 on esitetty erään kiinteistömuuntamon keskijännitepuolen SF6-kytkinkojeisto.



Kuva 16. Erään kiinteistömuuntamon keskijännitepuolen SF6-kytkinkojeisto

Kaasueristeisille laitteistoille tehtävät tarkastukset sekä huoltotyöt ovat melko minimaalisia ja ainoastaan muutamia toimenpiteitä voidaan suorittaa laitteiston käyttäjän puolesta. Laitteistosta riippuen ehkä tärkein tarkastustoimenpide on toimintakunnon ilmaisin, joka kertoo kojeiston sisäisen eristekaasun paineen. Tämä voi olla toteutettuna esim.

punavihreänäytöllä. Näytöllä vihreä ilmaisee laitteen olevan toimintakunnossa ja punainen epäkunnossa./22/ Toimintakunnonilmaisim voi olla toteutettuna myös kosketintietomenetelmällä. Tämä on yleensä toteutettu siten, että kojeiston etupaneelissa on tähän tarkoitukseen olevat mittanastat. Mittanastoista mitataan ohmimittarilla onko yhteyttä vai ei, jolloin tiedetään onko paine halutulla tasolla. Käytössä voi olla myös laitteisto, josta kaasunpaine voidaan tarkastaa suoraan sen osoittavasta mittarista. Tällaisissa laitteistoissa paine ilmoitetaan yleensä Bareina tai Pascaleina. Kuvassa 17 on esitetty erään kytkinlaitteiston eristekaasun painemittari. Tässä kuvassa voidaan havaita, että kaasun paine on päässyt putoamaan hieman alle sallitun rajan. Tässä tapauksessa tämä voi johtua siitä, että kuva on otettu tilanteessa, jossa ulkolämpötila oli $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tarkastuksien yhteydessä laitteistolle on suotavaa tehdä toiminnan kokeiluja mahdollisuuksien mukaan. Näissä tapauksissa laitteistoa ohjataan käsin ja seurataan tähän liittyviä laitteistoja kuten asennonosoituksia, lukituksia sekä ohjainaukkoja. Tässä yhteydessä tehdään myös muut koestus toimenpiteet, jotka voivat vaihdella laitteistosta riippuen jonkin verran. Laitteistosta on syytä tarkistaa myös kuormavirtojen maksimiarvot./22/



Kuva 17. Erään kytkinlaitteiston eristekaasun paine.

Lopuksi laitteistoa voidaan tarpeen mukaan puhdistaa sekä tarkastaa, että kaikki olemassa olevat lisävarusteet ja laitteen käyttöön tarvittavat työkalut ovat käytettävissä. Näitä ovat mm. käyttöohje, ohjainkampi, piirikaaviot, varoituskilvet sekä muut erilaiset ohjeet./22/

4.4. Sähköasemien tarkastukset

Sähköasema on verkon kohta, jossa voidaan suorittaa kytkentöjä, jännitteen muuntamista, sähköenergian siirron keskittämistä tai jakoa eri johdoille. Tämän perusteella sähköasemat jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan muuntoasemiin, kytkinlaitoksiin ja erotinasemiin./4/

Sähköasemille tehtävät tarkastukset ja valvontatoimet vaihtelevat laitteistosta, aseman koosta ja tärkeydestä riippuen. Kuten muillekin verkoston osille myös sähköasemille tehtävät tarkastukset ovat suurimmaksi osaksi visuaalisia eli silmämääräisiä. Tarkastuksien yhteydessä voidaan yleensä suorittaa myös pienempiä huoltotöitä mahdollisuuksien mukaan. Seuraavaksi käsitellään tyypillisimpien 110/20 kV:n asemien tarkastuksia, joiden ohjeita voidaan soveltaa myös muille muunto- ja kytkinasemille, joiden jännite on 110 kV:n ja 10 kV:n välillä. Tarkastuksien ajankohdan suunnittelussa on yleisesti ottaen pyritty siihen, että harvemmin tehtävät tarkastukset menevät päällekkäin useammin toistuvien tarkastusten kanssa. Tarkastusten ajankohta ja tiheys riippuu tarkastettavasta tai valvottavasta laitteesta./16,23/

Tarkastusvälit voidaan valita seuraavista väleistä:

- viikko (a/52)
- kuukausi (a/12)
- kaksi kuukautta (a/6)
- puoli vuotta (a/2)
- vuosi (a)
- kaksi vuotta (2a)
- neljä vuotta (4a)
- kahdeksan vuotta (8a)./15/

Näiden tarkastusvälien lisäksi täytyy ottaa huomioon laitevalmistajien suosittelemat laitekohtaiset huoltovälit sekä käyttöolosuhteet, toiminta, ikä ja tärkeys./16/,/23/

Seuraavissa kappaleissa käsitellään yleisesti sähköasemilta tarkastettavia kohteita. Kaikkia tarkastuksia ei tehdä samalla kerralla. Apuna sopivien tarkastusvälien määrittämiseen voidaan käyttää liitteen 1 sähköasemien yleishuolto-ohjetta. Liitteessä 1 on myös määritetty tarkastettavat kohteet tarkemmin kuin seuraavissa kappaleissa./16/,/23/

Sähköaseman tarkastukset alkavat jo aseman läheisyyteen tultaessa. Oltaessa ulkona aseman läheisyydessä, huomioidaan ensimmäiseksi ulkoilman lämpötila. Tämä kirjataan ylös, koska monien laitteiden tarkastustulokset muuttuvat lämpötilan muuttuessa (esim. SF-kojeistot, joissa paine muuttuu lämpötilan muuttuessa). Tämän jälkeen huomioidaan aseman ympäristöä ja itse asemaa, jossa aidat, ovet, lukot, portit, varoituskilvet, aitojen maadoitukset, yleinen ympäristön- ja rakennuksen siisteys sekä valaistus ulkoa ja sisältä ovat huomion kohteena. Tällöin on tärkeää kiinnittää huomio erilaisiin mittoihin ja etäisyyksiin kuten aitojen alalaitojen korkeuteen jne./16/,/23/

Rakennusta tarkastettaessa on tärkeää tarkastaa paineenpurkausaukkojen asianmukainen toiminta ja siisteys. Näiden toiminta mahdollisessa vikatilanteessa on ensiarvoisen tärkeää suurten ylipaineiden poistumisen kannalta. Myös rakennuksen ilmastoinnin, lämmityksen toimivuus ja paloilmotuslaitteistojen, kaapeliläpivientien, mahdollisten kosteusvaurioiden, alkusammutuslaitteiden sekä ensiapuohjeiden asianmukaisuus on huomioitava. Asemalla tehtävien töiden varalta täytyy huomioida työturvallisuuteen liittyvät seikat kuten työmaadoitusvälineet, jännitteenkoettimet, erilaiset työskentelysuojat, lukot, varoitustaulut, lippusiimat, piirustukset sekä kaaviot, joiden on oltava kunnossa ja sijaittava oikeilla paikoillaan./16/,/23/

Aloitettaessa varsinaisten sähkölaitteistojen tarkastukset voidaan lähteä liikkeelle 110 kV:n kojeistoista. Tällöin tarkastetaan perustukset ja kannatusrakenteet, kiskostot, eristimet, katkaisijat laitteistoihin, erottimet, mittamuuntajat, ylijännitesuojat sekä kaapelipäätteet. Tämän jälkeen voidaan tarkastaa suurmuuntajat, joista tarkastetaan muuntajan kunto, öljymäärä, tuulettimet, liitokset, öljykuoppa, eristimet sekä muut muuntajaan liittyvät

varusteet. Harvemmin tehtäviä tarkastuksia ovat muuntajan huolto, öljy- ja kaasunäytteet sekä kondensaattoriläpivientien mittaukset./16/,/23/ Kuvassa 18 on esitetty erään sähköaseman suurmuuntajan kosteudenpoistopatruuna, jonka kunto on myös tarkastettava. Yleisenä sääntönä voidaan pitää, että kosteudenpoistopatruunan helmet tulee vaihtaa, mikäli kaksi kolmasosaa helmistä on kostunut. Asemalla olevat ns. omakäyttömuuntajat täytyy myös tarkastaa.



Kuva 18. Erään sähköaseman suurmuuntajan kosteudenpoistopatruuna

Suurjännitekojeistojen tarkastusten jälkeen voidaan siirtyä keskijännitekojeistojen tarkastuksiin. Keskijännitekojeistojen tarkastukset pitävät sisällään kiskostojen tarkastukset kuten suurjännitepuolellakin. Kojeistoja tarkastettaessa huomioidaan kennovalaistukset, ovet ja luukut sekä valokaaripaineiden purkaustiet. Keskijännitekojeistojen tarkastuksiin kuuluvat myös katkaisijoiden, erottimien, mittamuuntajien, kaapelipääteiden sekä kompensointien tarkastukset. Näille tehtävät tarkastukset ovat pitkälti liitoksien, puhdistuksien, vuotojen, eristimien sekä kosketuspintojen tarkastuksia. Erottimilla ja katkaisijoilla toiminnan kokeilut ovat tärkeässä roolissa ja nämä suoritetaan mahdollisuuksien mukaan pyrkien säännöllisesti asetettuun aikaväliin./16/,/23/

Mahdollisen vikatilanteen vuoksi aseman lähtöjä suojataan erilaisilla suojarelleillä. Tarkastuksien yhteydessä releille täytyy tehdä määräaikaiskoestuksia sekä hälytys- ja laukaisutoimintojen kokeiluja. Nämä tarkastukset ja koestukset ovat ns. harvemmin tehtäviä, joiden tarkastusväli riippuu laitteistosta. Esim. itsevalvonnalla varustetut releet täytyy koestaa vähintään 6 vuoden välein ja ilman itsevalvontaa olevat releet 3 vuoden välein. Asemalla olevien muiden hälytyspiirien ja kaukokäyttöyhteyksien toiminta täytyy myös kokeilla./16/,/23/ Kuvassa 19 on esitetty erään sähköaseman kellarin turvahälytyksen anturi. Tämän anturin on tarkoitus toimia silloin, kun kellariin pääsee vettä ja veden pinta nousee tietyn tason ylitse.

Sähköasemien tarkastukset pitävät sisällään laitteistosta riippuen myös erilaisten apusähkölaitteiden ja laitteisiin liittyvien välineiden tarkastuksen sekä seurannan. Näissä tarkastuksissa seurataan mm. akustojen nestepintojen korkeuksia ja tehdään kapasiteettikokeita. Tasasuuntaajalaitteistosta tarkastetaan latausjännitteet ja niiden virta-arvot. Näiden yhteydessä ei saa unohtaa suojavälineiden tarkastusta./16/,/23/



Kuva 19. Erään sähköaseman kellarin turvahälytyksen antava anturi

Silmämääräisten tarkastuksien lisäksi laitteistoille voidaan tehdä myös lämpökamerakuvausta. Lämpökamerakuvausten avulla saadaan selville mahdolliset

kuumat pisteet ja normaalista poikkeavat lämpötilaerot. Tämän avulla voidaan ennaltaehkäistä esim. mahdollinen tulipalo tai pienikin vinokuorma muuntajista. Lämpökuvaukset suoritetaan yleensä talvisaikaan kerran vuodessa. Lämpökuvauksen etuna on se, ettei se vaadi keskeytystä./35/,/41/

Sähköasemien komponenteille täytyy tehdä maadoitusten kunnan tarkastuksia ja maadoitusvastusten mittauksia./35/,/41/ Maadoitusmittauksia käsitellään tarkemmin kappaleessa 6.

4.5. Erottimien tarkastukset

Erottimien tehtävänä on erottaa verkon jännitteiset osat jännitteettömiksi kunnossapito- tai rakennustöitä varten. Erottimen sijoituskohteet ovat yleisimmin sähköasemilla, voimajohtojen varsilla ja haaroituskohdissa. Voimajohtojen varsilla olevia erottimia kutsutaan korpierottimiksi. Yleisesti ottaen erottimet on rakennettu sinne, missä niistä saadaan suurin hyöty sähköjakeluverkon eri kytkentätilanteiden ja vikaselvitysten kannalta. Voimajohtojen varsille sijoitetuille erottimille ei aina ole rakennettu tietä, joten parhaiten näiden tarkastaminen onnistuu linjan tarkastuksen yhteydessä. Erotintarkastuksessa tarkastetaan erottimen lisäksi samat kohdat kuin pylvästarkastuksessa./9/,/39/

Erottimelle tullessa aloitetaan tarkastaminen tunnuskilvistä ja osoitteista. Jokaiselta erottimelta nämä täytyy löytyä. Mikäli näitä ei löydy, tehdään merkintä pöytäkirjaan. Myös ohjaukskahvalta täytyy löytyä asianmukaiset merkinnät. Lisäksi erottimella on oltava hengenvaara-kilpi. Mikäli käytössä on kaksipylväserotin, täytyy kilven olla molemmissa pylväissä./9/,/39/

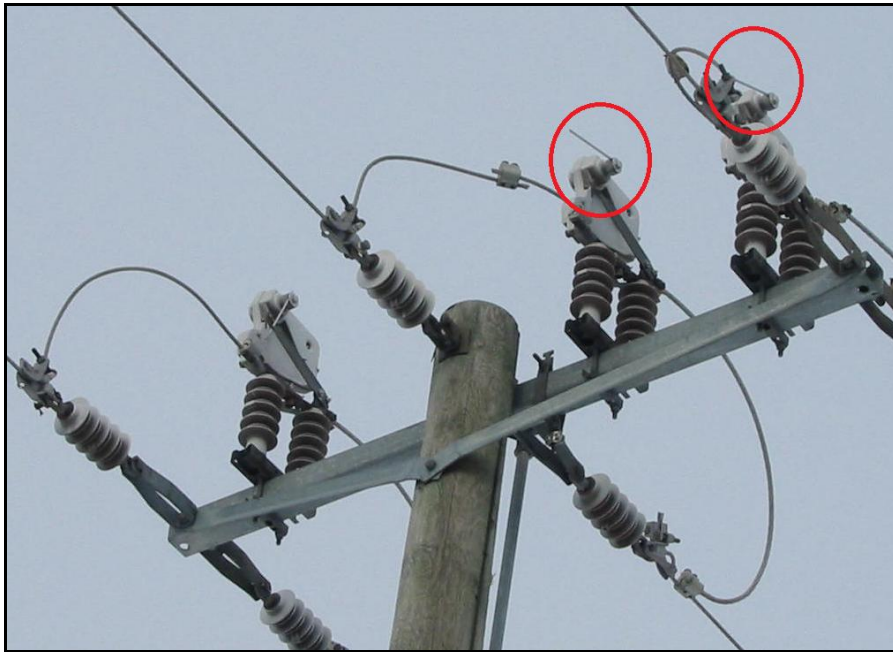
Erottimen ohjauslaitteisto voidaan tarkastaa seuraavaksi. Tässä tarkastetaan ohjainputkien ja laukaisukahvan kiinnitys sekä ohjainputkieristimien kunto. Joissakin kohteissa käytössä voi olla vajjeritoimintainen ohjain, jolloin täytyy tarkastaa vajjereiden toimintakunto, kireys sekä eristimet. Tässä vaiheessa on järkevää huomioida myös erotinkahvan ja

eristimien korkeus maan pinnasta. Erotinkahvan tulee olla 1,5m korkeudella, sillä kahvan ollessa liian korkealla, vaikeutuu kahvan kääntäminen voiman käytön suhteen merkittävästi. Eristimen alaosan pitää olla vähintään 3,72m korkeudessa. Erotinkahvan yhteydessä tarkastetaan kahvan lukon toiminta ja tarvittaessa tämä öljytään tai vaihdetaan. Lukot ovat sähköyhtiön omia, jolloin avaamisen voi tarvittaessa suorittaa kaikki asentajat./9/,/39/

Mikäli erottimessa huomataan vikaa, täytyy miettiä voidaanko tämä korjata tai huoltaa ennen kuin vaihdetaan koko erotin toimintakunnon säilyttämiseksi. Tällöin voidaan tehdä tarvittavia säätö- tai kiristystoimia laukaisukahvoille, jolloin voidaan välttyä erottimen vaihdolta. Näistä tehdään merkintä pöytäkirjaan./9/,/39/

Seuraavaksi erottimelta voidaan tarkastaa erottimesta riippuen joko katkaisupiiskojen- tai kammioiden toiminta ja kunto. Katkaisupiiskojen- ja kammioiden tehtävänä on tehdä nopea erottaminen virtapiiristä silloin, kun kahvasta käännetään. Nopealla erottamisella pyritään sammuttamaan valokaari mahdollisimman nopeasti sekä estämään kosketinpintojen arpeutuminen.

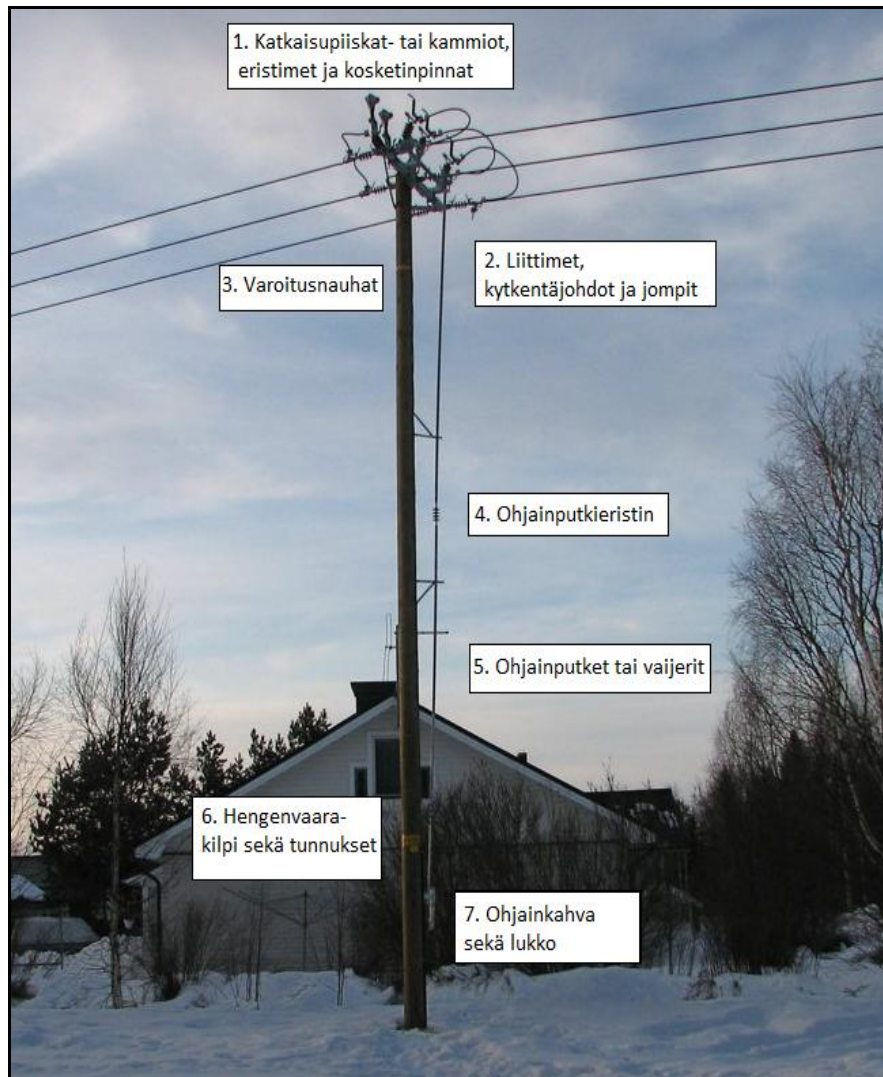
Katkaisupiiskoja tarkastettaessa tarkastetaan niiden toimivuus siten, etteivät ne ole vääntyneet tai muuten vaurioituneet. Katkaisupiiskojen täytyy olla myös paikoillaan niille tarkoitetuissa koukuissaan, jotta ne toimivat halutusti. Katkaisukammioista puolestaan katsotaan, että ohjainviikset ovat ohjaimien takana paikoillaan sekä suoritetaan mahdollisuuksien mukaan toimintakoe, jossa todetaan katkaisukammioiden oikeanlainen toiminta. Katkaisukammioerottimissa voidaan törmätä joko kaasu-, ilma- tai öljyeristeisiin eristysratkaisuihin. Näille tehdään myös tarvittavat tarkastukset kaasujen, öljyjen ja yleisen puhtauden suhteen. Erottimista täytyy muistaa tarkastaa koskettimien asentotieto ja niiden kunto silmämääräisesti./9/,/39/ Kuvassa 20 on tarkastuskierroksella havaittu katkaisukammioissa erottimessa vika, jossa kaksi oikeanpuoleisimman katkaisukammion ohjainviikseä eivät ole paikoillaan. Tällaisessa tilanteessa nopeaa erottamista ei tapahdu, vaan erottaminen tapahtuu hitaasti ja varsinaisen virtatien kosketinpinnat tulevat käyttöön päähän huomattavasti aiemmin.



Kuva 20. Katkaisukammioiden ohjainviikset eivät ole paikoillaan

Tämän jälkeen voidaan katsoa erottimen kytkenäjohtojen säieviat, kiskojen-, liitosten-, liittimien sekä jomppien kunto. Havaittaessa vikaa tai poikkeavuutta normaalista tilanteesta tehdään merkintä pöytäkirjaan. Lopuksi voidaan vielä tarkastaa maadoitusten silmämääräinen kunto, kiinnitys ja suojaus, mikäli näitä on käytetty tarkastettavalla erottimella. Johtojen ja laitteiden asetusten mukaiset etäisyydet eri kohteisiin huomioidaan tehdessä tarkastuksia./9/,/39/

Jos vielä käytössä on kauko-ohjattu erotin, täytyy myös tämän laitteistot tarkistaa. Näitä laitteita ovat mm. antennit, akut, lähettimet, vastaanottimet, mahdolliset lämmityselementit ja koteloiden ulkoiset sekä sisäiset silmämääräisesti havaittavat poikkeavuudet. Tarkastusten yhteydessä voidaan mahdollisuuksien mukaan suorittaa pienimuotoista huoltotyötä kuten kiristyksiä, rasvauksia, toiminnan kokeiluja sekä säätötoimia./39/ Kuvassa 21 on havainnollistettu lisättyjen kohteiden avulla, mihin huomion täytyy ensisijaisesti kiinnittyä tarkastettaessa johtoerotinta./17/



Kuva 21. Kuvaan lisätty kohteita joihin huomion täytyy ensisijaisesti kiinnittyä tarkastettaessa johtoerotinta./17/

4.6. Akustojen ja varavoimakoneiden tarkastukset

Akustot

Akustojen tehtävänä on palvella tärkeimpiä apusähkölaitteita. Käytännössä kaikkien sähköaseman toimilaitteiden syöttö tapahtuu sarjaan kytkettyjen akustojen kautta. Pienet sähköasemat voivat olla varustettu yhdellä akustolla, mutta suuremmilla sähköasemilla akustoja ja latausgeneraattoreita on yleensä ainakin kahdet tasavirtasyötön varmistamiseksi sähkökatkositilanteessa./4/

Akku on kriittinen ja kallis komponentti sekä yleensä sen elinikä on lyhyempi kuin järjestelmien muilla osilla. Edellä mainitusta syystä akun kunnon valvonta on ensiarvoisen tärkeää, jotta akun vaihto voidaan hoitaa hallitusti ennen kuin sen tarve yllättää käyttäjän./28/

Akustoille tehtävät tarkastukset ja huollot ovat pääsääntöisesti erilaisia mittauksia ja puhdistuksia. Avoimilla lyijyakuilla kunnonvalvonta on mahdollista mittaamalla elektrolyytin ominaispaino ja tarkastamalla sen pinnankorkeus sekä suorittamalla akustolle kapasiteettikoe, jossa selvitetään akun kunto. Kapasiteettikoe tehdään yleensä vakiokuormalla tietyn ajan (esim. 5 h), jossa seurataan jännitettä ja lämpötilaa. Testauksesta saatua tulosta verrataan sitten valmistajan antamaan purkausvirtataulukon, jolloin nähdään täyttääkö akku kuormitettavuusvaatimukset. Tarvittaessa akkuihin voidaan vaihtaa joitakin pienosia ja kennostoihin lisätä tislattua akkuvettä./28/ Näiden yhteydessä on syytä tarkastaa liitännät ja niiden kireys sekä akkujen pintalämpötila. Myös eristysresistanssin mittaaminen on suositeltavaa. Uusilla akuilla eristysresistanssin voi olla suosituksista riippuen esim. $> 1 \text{ M}\Omega$ ja käytetyillä akuilla $> 100 \text{ }\Omega/\text{V}$.

Avoin lyijyaku katsotaan vanhentuneeksi ja se on syytä vaihtaa uuteen, kun akun kapasiteetti on 80 % uuden akun kapasiteetista./19/ Akustojen tarkastuksien yhteydessä on syytä tarkastaa myös erilaiset akustoihin liittyvät varoitus- ja kieltomerkit, ohjeet, hälytyslaitteet, lämpötila-, virta- ja jännitemittarit sekä laturit ja tasasuuntimet, kuten sähköasemien tarkastuksien yhteydessä kävi ilmi. Kuvassa 22 on käynnissä akuston elektrolyytin ominaispainon mittaaminen.



Kuva 22. Akun elektrolyytin ominaispainon mittaaminen paikallisakusta

Tarkastuksien ja huoltojen yhteydessä huomatuista vioista ja huomioista tehdään ilmoitus sekä mahdollisia korjaustoimia mahdollisuuksien mukaan. Tyypillinen huomio voi olla suositus akkujen uusimisesta, huomautus kuormituksen loppumisesta tai laitteen vanhenemisestä./19/

Mikäli käytössä on suljettuja lyijyakkuja, on akkutilojen ilmanvaihtoon ja lämpötilaan syytä kiinnittää huomiota, sillä huoneen lämpötila vaikuttaa merkittävästi akun elinikään. Suositeltu lämpötila on 20- 25 °C ja jokaisen 10 °C: een lämpötilan nousu puolittaa akun iän./28/ Nykyisin lyijyakkujen tilalle on otettu käyttöön geeliakut, joiden etuna lyijyakkuihin verrattuna on niiden pidempi elinikä ja huoltovapaus.

Varavoimakoneet

Varavoimakoneita käytetään varmistamaan sähkönsaanti sähkönjakelussa tapahtuvien keskeytysten aikana. Varavoimakoneet voivat olla kiinteästi asennettuja, ajoneuvolla vedettäviä tai kannettavia pienkäyttöön tarkoitettuja laitteita./16/ Koska varavoimageneraattoreiden ja yleisesti koko tehonsyöttökettjun toimivuus sähkökatkotilanteessa on tärkeää, täytyy myös varavoimageneraattoreille tehdä säännöllisiä

kunnontarkastuksia, jotta laitteen toiminta on varmempaa katkostilanteessa./19/ Varavoimageneraattoreiden tarkastuksiin ei ole asetettu suoranaista määräystä niiden tiheydestä, mutta perusteellisemman tarkastuksen sopiva tarkastusväli voisi olla esimerkiksi kolme vuotta./29/ Varavoimakoneen koekäyttö puolestaan voidaan tehdä useammin (esim. kerran kuukaudessa). Tarkastuksissa ja tarkastusväleissä on kuitenkin otettava huomioon valmistajan antamat ohjeet./32/ Tehtävät tarkastukset riippuvat merkittävästi onko kyseessä kiinteä, siirrettävä vai kannettava varavoimakone. Kiinteää varavoimakonetta tarkastaessa täytyy huomioida varavoimakoneen huonetila ja muut varusteet. Alla on listattuna kohteita, joita tulee tarkastaa tarkastettaessa varavoimakonetta./19/

Yleisiä asioita

- varavoimatilan ilmanvaihto ja lämpötila käytön aikana (sulkupellit ym.)
- varavoimatilan lukitus
- sähkökaappien yleissiisteys sekä kunto
- merkkivalojen toiminta
- tilan ja laitteiden yleiskunto (mm. kaapelit, johdot, kytkimet, putket ja liitokset)
- käyttöpaneelin vikailmoitukset sekä vikailmoituksesta riippuen myös kuittaus./19/

Moottori

- öljynpaine ja pinta
- jäähdytysnesteen lämpötila + pysyykö tasaisena käytön aikana
- vuodot (öljy, polttoaine, jäähdytysneste, pakokaasu)
- akkujen jännite moottorin seisoessa (vastaako näytön lukemaa), puhdistusta ja rasvannavat
- laturin latausjännite moottorin käydessä
- akkuvaraajan toiminta
- akku (kennojen vedenpinta)
- moottorin ja generaattorin kumityyny
- moottorin lohkolämmittimen toiminta
- jäähdytystuulettimen toiminta
- poikkeavat äänet kuten kolina tms.

- laturin, starttimoottorin ja akun kaapeleiden kireys./19/

Generaattori

- vaihevirratt ja jännitteet (arvot ja symmetria)
- teho (vastaako nimellistä)./19/

Huomioi tarkastusta tehdessä seuraavat seikat:

- kaikki generaattorit eivät tahdistu verkkoon
- varavoimageneraattori voi käynnistyä yht'äkkiä
- huolehdi, että polttoainetta on säiliössä riittävästi myös koekäytön jälkeen
- yli 5 vuotta vanhat käynnistysakut olisi hyvä vaihtaa tai suorittaa näille huolto mikäli tämä on mahdollista. Mikäli akkuja vaihdetaan, merkitään näihin vaihtoaika (esim. 4/2012)./19/

Varavoimakoneelle voidaan tehdä myös vuotuinen normaalia pidempi (esim. 2-3h) koekäyttö, jossa suoritetaan koekäyttö ja tarkastus. Tällöin varavoimakoneet käynnistetään ja tahdistetaan verkkoon. Koekäytön aikana voidaan seurata miten kone toimii pidempiaikaisen sähkökatkoksen aikana. Tässä yhteydessä voidaan suorittaa myös lämpökamerakuvausta varavoimakoneen syöttämille keskuksille, koska mahdollinen lämpenemä laitteistoissa ei välttämättä paljastuisi lyhyemmissä koekäytöissä./19/

Varavoimageneraattoreille tehtävä määräaikaistarkastus käsittää yleisesti ottaen teknistä tarkastamista ja vanhojen dokumenttien tulkintaa sekä näiden vertailua uusiin tarkastustuloksiin./29/ Kuvassa 23 on esitetty ajoneuvolla vedettävä varavoimakone.



Kuva 23. Ajoneuvolla vedettävä varavoimakone

5. TARKASTUSTEN TEKEMINEN

Tässä kappaleessa käsitellään yleisiä neuvoja tarkastusten tekemisestä ja käytettävissä olevista menetelmistä. Lisäksi käsitellään vaatimuksia tarkastajalle sekä tarkastajan mukana kulkeville työkaluille.

Sähköverkon tarkastusmenetelmiä on vain muutamia, joista toinen sopii toiseen kohteeseen toista paremmin. Yleisimmät käytössä olevat tarkastusmenetelmät ovat jalkaisin ja ajoneuvolla liikkumalla tehtävät tarkastukset sekä ilmasta käsin tehtävät lentotarkastukset. Tarkastusmenetelmät ovat osittain sähkölaitoskohtaisia, johon vaikuttavat linjojen tyyppi, määrät ja totutut menetelmät. Tärkein näistä tarkastusmenetelmistä on kuitenkin jalkaisin tehtävät tarkastukset, joka on myös käytetyin menetelmä. Lisäksi nykyään käytetään harvakseltaan lentäen tehtävää tarkastusmenetelmää.

Yleensä tarkastukset tehdään siten, että jokainen kohderyhmä tarkastetaan omana ryppäänä. Muuntajia ja jakokaappeja tarkastettaessa liikutaan autolla. Ne voivat sijaita erillään tarkastettavasta pylväsverkostosta, jolloin liikkuminen kävellen ei ole järkevää. Toisaalta pylväsmuuntamoiden tarkastukset vaativat enemmän huomiota, jolloin ei ole mielekästä tehdä sitä sähköverkontarkastuksen yhteydessä./9/

5.1. Yleistä tarkastusten tekemisestä

Verkostoille tehtävät kuntotarkastukset tehdään yleensä ennalta suunniteltujen kunnossapito-ohjelmien mukaan. Kuntotarkastuksessa tarkastajat keräävät halutun informaation kohteista, jonka jälkeen priorisoidaan mahdolliset investoinnit ja korjaavat työt saatujen tietojen perusteella. Tiedon kerääminen on järjestelmällistä ja kuten aiemmin sähköverkostojen kuntotarkastus osiossa ilmeni, on kaikille komponenteille määritetty omat tarkastettavat kohdat ja tarkastusten aikavälit.

Tarkastuksia tekevältä tarkastajalta vaaditaan sähköverkon rakenteiden ja komponenttien tuntemusta sekä kykyä pystyä arvioimaan näiden kunto yleensä ainoastaan silmämääräisellä tarkastuksella. Tarkastuksia tekevien eri tarkastajien tulisi myös kyetä tekemään yhdenmukaisia päätöksiä ja arvioita verkon eri osista, jotta varsinaiset kunnossapitotoimet saataisiin priorisoitua mahdollisimman tehokkaasti./8/,/10/

Tarkastajan tehdessä tarkastuksia täytyy hänen olla motivoitunut työhönsä ja tarkkaavainen koko tarkastusten ajan. Tehtäessä tarkastuksia pareittain, voidaan hieman nopeuttaa näiden etenemistä. Tällöin esimerkillinen tapaus on, kun pari ajaa jollekin osalle linjaa ja toinen aloittaa tarkastamisen siitä kohtaa. Sen jälkeen toinen tarkastaja ajaa auton tarkastustyön aloittaneen linjan päähän ja jatkaa siitä eteenpäin. Näin ensimmäinen tarkastaja pääsee hakemaan toista tarkastajaa, kun on itse päässyt linjansa päähän. Tähän mennessä toinenkin tarkastaja on saanut tarkastettua oman linja-osuuden, mikäli osat on jaettu tasan sekä on otettu huomioon heidän tarkastusnopeutensa.

Tarkastajan kannattaa tarkastaa lyhyemmät haarat edestakaisin kävellen, jolloin säästyään turhauttavilta uusintakäynneiltä kohteissa, joissa ei ole suuria määriä tarkastettavaa jäljellä./9/

Vaikka tarkastuksia tehdäänkin paljon metsissä ja taajamissa, on tarkastajan työ paljolti myös sosiaalista kanssakäymistä. Tämän vuoksi tarkastajan asenne pitää olla kohdallaan, sillä hän tapaa monia erilaisia ihmisiä liikkeessaan tarkastuskäynneillä. Heidän kanssaan pitää pystyä kommunikoimaan asiallisesti, vaikka he kyselisivät asioita, joita tarkastaja ei tiedä tai jotka eivät kuulu hänen edustamansa yrityksen toimiin. Tällöin tarkastaja neuvoo ja opastaa parhaansa mukaan. Tarkastajan asenteeseen ja mielialaan voi merkittävästi vaikuttaa säätila, henkilökohtaiset asiat sekä maasto. Nämä eivät kuitenkaan saa vaikuttaa käyttäytymiseen muita ihmisiä kohtaan, joita tarkastaja kohtaa tarkastuksien aikana./9/

5.2. Tarkastajan varustus

Ennen tarkastusta on tarkastajalla oltava tietoa tarkastettavista kohteista. Ennen tarkastamaan lähtemistä voidaan tutkia vanhoja tarkastuspöytäkirjoja, joista voi selvittää entisiä puutekohtia, joihin nyt voidaan varautua. Tarkastajalla täytyy olla yleiskäsitys käytössä olevista eri-ikäisistä ja erilaisista rakenteista. Vanha tai huonolta näyttävä asennus ei välttämättä ole viallinen.

Tiedon ja asiantuntemuksen lisäksi täytyy tarkastajalla olla mukana tarvittava määrä työkaluja sekä pientarvikkeita, jotta hän kykenee tarkastamaan suunnitellun alueen ilman, että joutuu palaamaan takaisin lähtöpaikkaan. Tämän vuoksi on melko tarkkaan tiedettävä, mitä mahdollisesti joudutaan korjaamaan ja kuinka paljon tarvikkeita tarvitaan.

5.2.1. Työkalut ja tarvikkeet

Tarkastettaessa verkostoa täytyy tarkastajalla olla kunnolliset ja tarkoituksenmukaiset työkalut sekä laitteet. Asianmukaisilla työkaluilla ja laitteilla työnteko on huomattavasti mieleisempää sekä turvallisempaa.

Tarkastajan mukana kulkee paljon työkaluja, jonka vuoksi hänellä täytyy olla mieleinen työkaluvyö tai -liivi. Siinä on oltava riittävästi taskuja ja lenkkejä, joissa työkalut ja tarvikkeet kulkevat mukana sekä ovat käden ulottuvilla. Tämä helpottaa tarkastajaa, kun hän kirjaa tietoja tarkastuspöytäkirjaan tai johonkin muuhun tallennuslaitteeseen.

Tarkastajan mukana kulkevien työvälineiden ja tarvikkeiden määrä tulee olla harkittu, sillä nämä joudutaan kantamaan mukana. Toisaalta työvälineitä tarvitaan pikkuvikojen välittömään korjaukseen, kuten esim. haruksien kiristämiseen. Joillakin sähkölaitoksilla käytössä voi olla myös mönkijä, joka helpottaa tarkastusta. Tällöin työvälineiden ja tarvikkeiden kuljettaminen on helpompaa. Alla on listattuna tarkastajan tärkeimmät työkalut tarkastusta tehdessään./16/

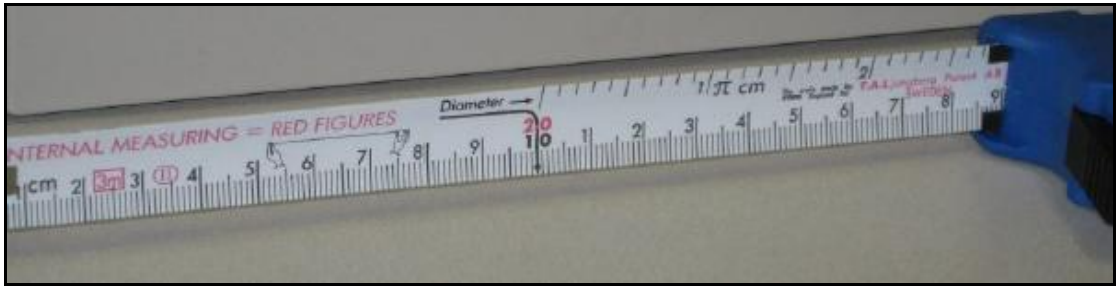
- tarkastuspöytäkirjoja

- johtoaluekartta
- karttalaukku
- kirves
- pylvään kunnon tarkkailuun purasin tai puun kasvukaira (pylvästyksen iän mukaan)
- kiikari
- henkilökohtaisia työkaluja (esim. kiintoavaimia, jakoavain, vasara, puukko, meisselit jne.)
- pientarvikkeita kuten nauvoja, lettejä, hengenvaara-kylttejä, harusmerkkejä jne./16/

Tarkastajan tehdessä lahoisuustarkastuksia ovat tarkastukset hieman erilaisia. Tällöin myös työkalut ja tarvikkeet poikkeavat hieman normaalista verkostotarkastuksesta. Lahoisuustarkastusta tehdessä voi tarkastajalla olla matkassa seuraavia työkaluja ja tarvikkeita: /16/

- lapio
- rautakanki
- vasara-kirves yhdistelmä
- rullamitta, halkaisija asteikolla varustettu(piimitta)
- kasvukaira
- 2kpl purasinta tai piikkiä (toinen varalta)
- puukko
- keltaista muovinauhaa, leveys 50mm
- hengenvaara-kylttejä ja harusmerkkejä
- nauvoja, lettejä ja kyllästettyjä puutappeja
- karttakopio sekä karttalaukku
- tarkastuspöytäkirjalomakkeita
- muistiinpanovälineet(myös säänkestävä kynä)
- kiikari./16/

Kuvassa 24 on havainnollistettu piimitta, jolla tarkastaja mittaa pylvään tyvihalkaisijan. Piimitalla tarkastaja saa mitatusta ympärysmitasta suoraan pylvään tyvihalkaisijan.



Kuva 24. Piimitta./9/

Jakeluverkosta kerätty tieto kerätään joko tarkastajan mukana kulkeviin tarkastuspöytäkirjoihin tai maastotietokoneeseen. Mikäli käytössä on maastotietokone, täytyy tämän olla sään-, lian- ja iskunkestävä sekä mahdollisimman pienikokoinen, jotta kuljetettavaa taakkaa on mahdollisimman vähän. Pienikin painon kasvu alkaa tuntumaan merkittävästi käveltäessä pitkäköjiä matkoja. Käytettäessä vielä GPS-paikanninreppua, jolla tarkastaja paikantaa kohteita, alkaa välineitä olemaan riittävästi sähköverkon tarkastusta varten. Maastotietokoneisiin ja GPS-paikanninreppuihin on saatavilla erilaisia kantolaitteita, jotka helpottavat tarkastajaa. Repussa tarkastajalla kulkee myös kätevästi mukana laitteiston vara-akkuja ja henkilökohtaisia tavaroita./8/ Kuvassa 25 on esitetty Trimblen GPS-paikanninreppu ja Panasonicin CF-19 maastotietokone varusteineen.



Kuva 25. GPS –paikanninreppu sekä maastotietokone./8/

5.2.2. Muuta tarvittavaa

Tarkastamaan lähtiessä on tarkastajan muistettava myös omat tarpeet. Työkalujen ja tarvikkeiden lisäksi tarkastajan on syytä ottaa mukaan omien tarpeiden mukaan riittävästi evästä ja juotavaa. Liikuttaessa vaikeakulkuisessa maastossa kesäkuumalla, on hyvä varautua tarkastuskierrokselle myös hätäensiapu- ja kyypakkauksen sekä matkapuhelimen turvin.

Autossa tarkastajalla voi olla mukana myös oikea ensiapulaukku, koska hän joutuu ajamaan paljon autolla. Auton tuulilasissa on syytä pitää vielä näkyvillä jotakin kylttiä, josta selviää tarkastajan nimi ja numero, koska aina ei ole mahdollista pysäköidä autoa pysäköintiruutuun. Mikäli käytössä on jokin muu tietojen keräysmenetelmä kuin tarkastuspöytäkirja, on syytä ottaa mukaan tietokoneen lisäksi toinen tallennuslaite (esim. muistitikku). Tallennettaessa kerätyt tiedot säännöllisin välein myös toiseen paikkaan, voidaan välttyä mahdolliselta uusintatarkastukselta, mikäli tietokone rikkoontuu tai kadottaa kerätyt tiedot./9/ Tarkastusten jälkeen kerätyt tiedot siirretään sähkölaitoksen tietokantaan, josta ne ovat käytettävissä.

6. SÄHKÖVERKKOJEN MAADOITUSMITTAUKSET

Maadoitusten ensisijaisena tarkoituksena sähköturvallisuuden kannalta on rajoittaa vikatapauksissa syntyvät vaaralliset kosketus- ja askeljäännitteet. Tapahtuva vika voi liittyä rakennuksen sähköasennuksiin tai sitä syöttävään järjestelmään, suurjänniteverkko mukaan lukien. Myös ilmastollisesti syntyvät ylijännitteet voidaan rinnastaa vikatilanteeseen. Sähköturvallisuuden kannalta maadoituksella pyritään estämään jännitteiden siirtymistä järjestelmästä toiseen sekä valokaarien, kipinöiden ja vuotovirtojen syntymistä. Maadoituksilla siis järjestetään vikavirralle kontrolloitu reitti, ja siten pyritään varmistamaan suojalaitteiden nopea ja luotettava toiminta. Sähköturvallisuuden lisäksi maadoituksilla on muitakin merkittäviä tehtäviä. Maadoitusten tärkeänä tehtävänä on myös estää häiriöiden syntymiset tietoliikenne- ja elektroniikkajärjestelmissä./26/

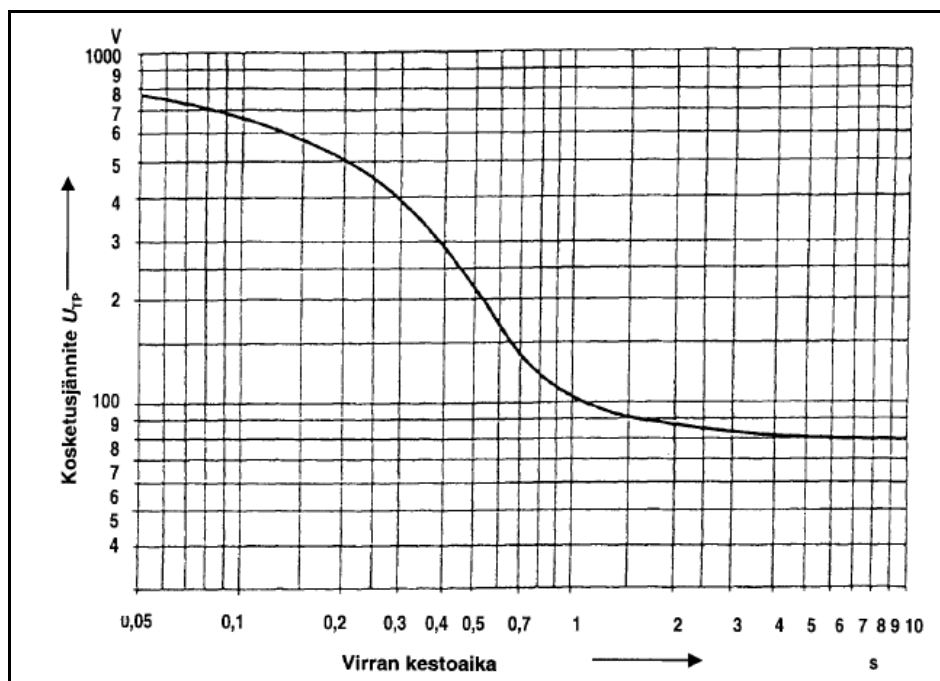
Jotta varmistetaan siitä, että maadoitukset ovat kunnossa ja toimivat halutusti, täytyy niille tehdä ennen käyttöönottoa maadoitusmittaukset. Suurjänniteasennuksissa maadoitusjärjestelmille täytyy käyttöönottomittausten lisäksi yleensä tehdä määrävälein maadoitusmittaukset, jotta varmistetaan vaatimustenmukaisuudesta. Maadoitusten mittaamisen päätarkoituksena on pyrkiä varmistumaan siitä, että vikatilanteessa syntyvät vaaralliset askel- ja kosketusjäännitteet eivät pääse kasvamaan liian suuriksi. Yleisesti siis pyritään saavuttamaan mahdollisimman pieni maadoitusresistanssi./16/,/36/

6.1. Yleistä sähköverkostojen maadoitusten mittaamisista

Maadoitusresistanssi täytyy mitata aina silloin, kun maadoitusresistanssille on asetettu suurin sallittu arvo. Maadoitusresistanssin sallittu arvo määräytyy yleensä maasulkuvirran ja maadoitusjännitteen sekä kestoajan raja-arvon mukaan. Pienjänniteverkon liittymän maadoituksille ei ole annettu raja-arvoa standardeissa, joten liittymän maadoituselektrodin resistanssia ei yleensä tarvitse mitata. Maadoitusresistanssin mittaushetket ovatkin tyypillisesti seuraavanlaisia: /16/,/26/

- suurjännite-erottimen maadoitus
- muuntajan suurjännitepuolen suojamaadoitus
- sähköaseman maadoitus
- enintään 1000V jakeluverkon maadoitus silloin, kun järjestelmä on alttiina yli 1000V jännitteille
- edellä mainittujen järjestelmien yhteinen maadoitus./26/

Maadoituselektrodin maadoitusresistanssin (R_E) suuruuden tekee maaperän resistiivisyys, maadoituselektrodin mitat ja niiden sijoittelu. Elektrodin mitoista pituus vaikuttaa resistanssiin poikkipintaa enemmän./21/ Kuten aiemmin kävi ilmi, on maadoitusresistanssille määrätty suurimmat sallitut arvot, jotka määräytyvät maasulkuvirran, maadoitusjännitteen sekä virran kestoajan mukaan. Kuvassa 26 on esitetty suurimmat sallitut kosketusjännitteet (U_{TP}) virran kestoajan funktiona. Tilanteessa, jossa virran vaikutusaika on suurempi kuin 10 sekuntia, voidaan jännitteen arvona käyttää 75 V./21/



Kuva 26. Sallitut kosketusjännitteet (U_{TP}) virran kestoajan funktiona./21/

Maadoitusmittaukset täytyy yleensä mitata laitteen käyttöönoton yhteydessä, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista (esim. roudan vuoksi), on tämä tehtävä vuoden kuluessa

käyttöönnotosta./21/,/26/ Tilanteessa, jossa laajaan olemassa olevaan maadoitusjärjestelmään liitetään uusia paikallisia maadoituksia (esim. uusia jakelumuntoja), ei järjestelmän ehtojen täyttymistä tarvitse tutkia kokonaisuutena. Silloin riittää, että uusien osien liittyminen maadoitusjärjestelmään tapahtuu luotettavasti ja usean yhteyden kautta./21/ Laajalla maadoitusjärjestelmällä tarkoitetaan sellaista järjestelmää, jossa useat paikalliset toisiaan lähellä olevat maadoitusjärjestelmät on liitetty toisiinsa verkkomaisesti yhteen siten, että järjestelmä muodostaa lähes tasapotentialipinnan. Järjestelmän laajuus ja maadoitusverkon tiheys varmistavat sen, että alueella ei esiinny vaarallisia kosketusjännitteitä. Laajan maadoitusjärjestelmän määrittämisen apuna voidaan käyttää seuraavia ehtoja: /2/

- ruutukaavamaiselle kaupunkialueelle muodostuu usein laaja maadoitusjärjestelmä
- rivimäinen muuntamoketju, esimerkiksi jokivarren asutuksessa, ei yleensä muodosta laajaa maadoitusjärjestelmää, koska siitä puuttuu verkkomaisuus ja riittävä tiheys
- laaja maadoitusjärjestelmä voi myös muodostua muuntopiirien verkoista, joiden kokonaismaadoitusimpedanssi täyttää ehdon $U_E \leq 2 \times U_{TP}$. Tapausten tulkinta jää verkonhaltijalle./2/

Laajan maadoitusjärjestelmän syntyminen on syytä osoittaa piirtämällä kaavio maadoitusjärjestelmien yhteyksistä. Verkonhaltijan verkkoja tarkastava laitos voi pyytää em. kaavioita./2/

Käyttöönottomittausten lisäksi täytyy maadoitusresistanssi mitata määrävälein maadoitusjärjestelmästä. Määräväleiksi suositellaan 6 vuotta silloin, kun järjestelmä on yhden maadoitusjohtimen varassa ja 12 vuotta silloin, kun järjestelmä on kahden tai useamman maadoitusjohtimen varassa./21/,/26/ Laajan maadoitusjärjestelmän tai potentiaaliohjaukseen käytetyn elektrodin impedanssia ei tarvitse mitata, vaan maadoituksen riittävyys ja kunto voidaan todeta muulla tavalla./21/

Koska suurjännitemaadoituksilta vaaditaan sähköturvallisuusvaatimusten lisäksi riittävää mekaanista lujuutta ja korroosion kestävyyttä on suositeltavaa tehdä koetarkastuksia maadoituksissa esiintyvistä korroosiosta maadoitusmittausten yhteydessä. Kohteet, joista

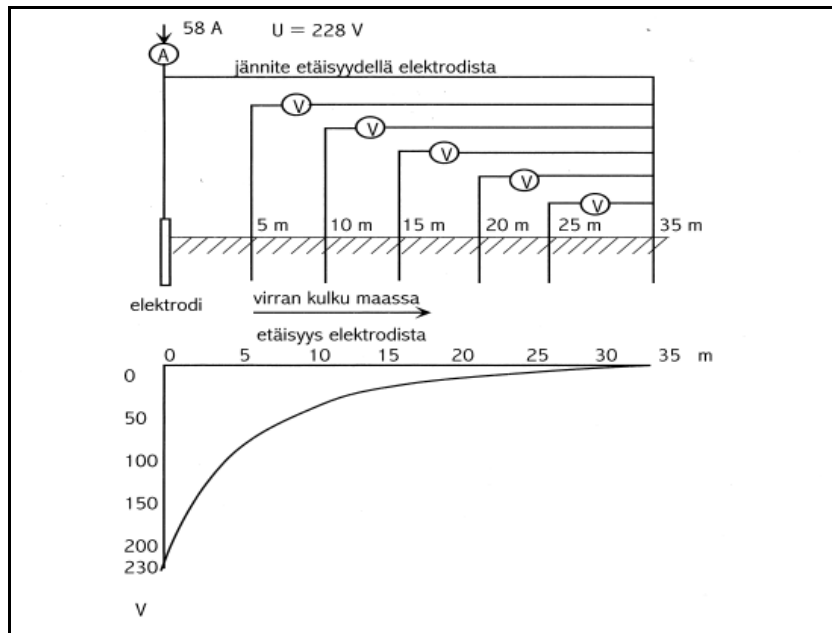
tämä tarkastus voidaan suorittaa, ovat esimerkiksi liitokset ja siirtymävyöhykkeet maahan. Maadoitusmittausten yhteyteen sisältyy aina myös näkyvillä olevien maadoitusjohtimien ja niiden liitosten silmämääräinen tarkastus./16/,/21/,/26/

6.2. Mittausmenetelmät ja tavat

Maadoitusresistanssin mittaamiseen on käytettävissä useita eri menetelmiä. Yleisin menetelmä maadoitusresistanssin mittaamiseen on virran syöttäminen mitattavan maadoituselektrodin kautta ja mittaamalla tämän jälkeen maadoituselektrodin yli vaikuttava jännite. Tiedettäessä virta (I) ja jännite (U) voidaan maadoitusresistanssi (R) laskea kaavalla 1 (Ohmin laki):

$$I = \frac{U}{R} \rightarrow R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Maadoituselektrodiin syötetty virta jakautuu maadoituselektrodista siten, että virran tiheys on suurin välittömästi elektrodin läheisyydessä. Maahan kulkeva virta aiheuttaa maadoituselektrodin läheisyydessä jännite-eroja, jotka ovat suurimpia elektrodin välittömässä läheisyydessä./16/,/26/ Kuvassa 27 on esitetty jännitteen jakautumista maadoituselektrodin läheisyydessä.



Kuva 27. Jännitteen jakautuminen maadoituselektrodin läheisyydessä./26/

Puhuttaessa maadoitusresistanssista tai -impedanssista tarkoitetaan resistanssia, mikä on mitattu maadoitusjohtimesta ja joka sisältää maadoitusjohtimen resistanssin sekä resistanssin maadoituselektrodin ja maan neutraalin pisteen välillä. Kuten aiemmin ilmeni, vaikuttaa maadoitusresistanssiin merkittävästi elektrodin mitat ja maan ominaisresistanssi (maaperän resistiivisyys). Myös elektrodin sijoittelu maahan vaikuttaa jonkin verran. Taulukossa 6 on esitetty tyypillisimpiä maan ominaisresistanssin arvoja./26/ Maaperän resistiivisyys (ρ_E) vaihtelee huomattavasti eri paikoissa maaperän tyyppin, raekoon, tiheyden ja kosteuden mukaan. Muutaman metrin syvyyteen saakka kosteuden vaihtelut voivat aiheuttaa väliaikaisia poikkeamia maaperän resistiivisyydessä. Koska maaperässä on useita kerroksia, voi resistiivisyys vaihdella jonkin verran tämän vuoksi./21/

Taulukko 6. Tyypillisiä maan resistiivisyyden arvoja./21/

Aine	Keskimäärin Ωm	Tavallisimmat vaihteluvälit Ωm
Savi	40	25...70
Saven sekainen hiekka	100	40...300
Lieju, turve, multa	150	50...250
Hiekka, hieta	2000	1000...3000
Moreenisora	3000	1000...10000
Harjusora	15000	3000...30000
Graniittikallio	20000	10000...50000
Betoni tuoreena tai maassa	100	50...500
Betoni kuivana	10000	2000...100000
Järvi- ja jokivesi	250	100...400
Pohja- kaivo- ja lähdevesi	50	10...150
Merivesi (Suomenlahti)	2,5	1...5

Mikäli maan resistiivisyydestä ei ole tarkkaa tietoa, voidaan tämä mitata tarvittaessa, mikäli käytössä on kyseiseen mittaukseen soveltuva mittalaite. Tiedettäessä maan ominaisvastus voidaan tietoa hyödyntää esim. maadoituselektrodien laajuutta ja sijaintia koskeissa laskelmissa, suunnitelmissa tai uusia maadoitusjärjestelmiä suunniteltaessa. Paras tieto todellisesta maan resistiivisyydestä syntyy, kun tehdään useita mittauksia ja lasketaan näiden keskiarvo./3/ Maan resistiivisyyden mittaukseen käytetään yleensä neljän piikin menetelmää (esimerkiksi Wenner-menetelmä).

Wenner-menetelmässä kaksi virtaa syöttävää elektrodia ja kaksi potentiaaliero mittavaa elektrodia asetetaan samaan linjaan maahan noin 20 cm:n syvyyteen siten, että elektrodien etäisyydet toisistaan ovat yhtä suuret. Kuvassa 28 on periaatekuva mittauskytkennästä, jossa uloimmat elektrodit syöttävät virran ja sisemmät elektrodit mittaavat potentiaalieron. Elektrodien välimatkaa a muuttamalla saadaan uusia mittaustuloksia, jotka mittari näyttää ohmeina. Maan keskimääräinen ominaisvastus tulee tällöin mitatuksi välimatkaa a vastaavaan syvyyteen asti. Tämän jälkeen ominaisvastus voidaan laskea mittaustuloksista kaavan 2 mukaisesti./15/

$$\rho = 2\pi \cdot a \cdot \frac{\Delta V}{I} = 2\pi \cdot R \cdot a \quad (2)$$

missä,

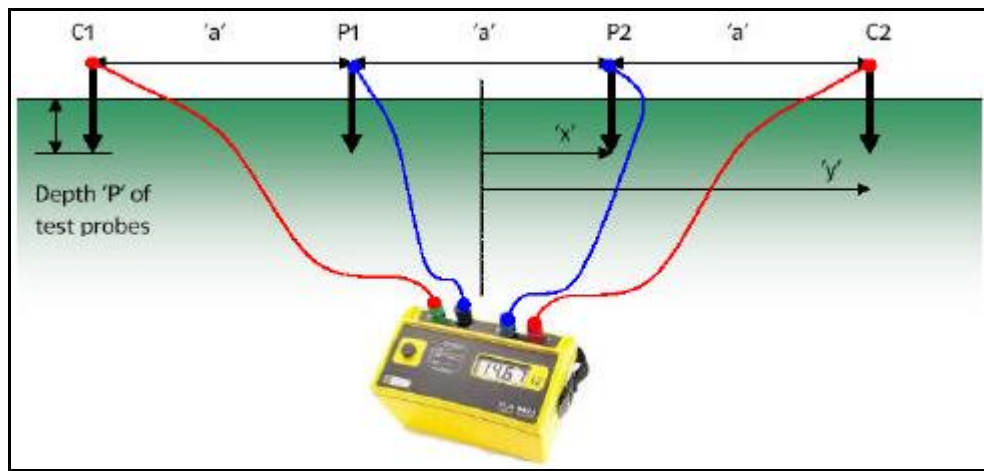
ρ = ominaisresistanssi (Ωm)

a = etäisyys (m)

ΔV = elektrodien potentiaaliero (V)

I = syötetty virta (A)

R = resistanssi (Ω)/15/



Kuva 28. Maaperän resistiivisyyden mittaus Wenner-menetelmällä./15/

6.2.1. Käänne pistemenetelmä

Käänne pistemenetelmää käytetään yleisesti mitattaessa yksittäisiä maadoituselektrodeja ja pieniä tai keskikokoisia maadoitusjärjestelmiä. Tyypillisimpiä mittauskohteita ovat sauvaelektrodit, nauhaelektrodit ja ilmajohtopylväiden elektrodit sekä keskijänniteverkon maadoitusjärjestelmät ja erilliset pienjänniteverkon maadoitusjärjestelmät./21/

Käänne pistemenetelmässä mitataan suoraan resistanssiarvoja. Mitattujen resistanssiarvojen perusteella muodostetaan käyrä, jonka käänne pisteestä saadaan tutkittavan elektrodin tai elektrodijärjestelmän maadoitusresistanssi./26/

Mittaus tehdään kompensatioperiaatteella (siltamittaus) toimivalla maadoitusresistanssin mittalaitteella. Mittauksessa käytetään mittalaitteen syöttämää vaihtojännitettä, jonka

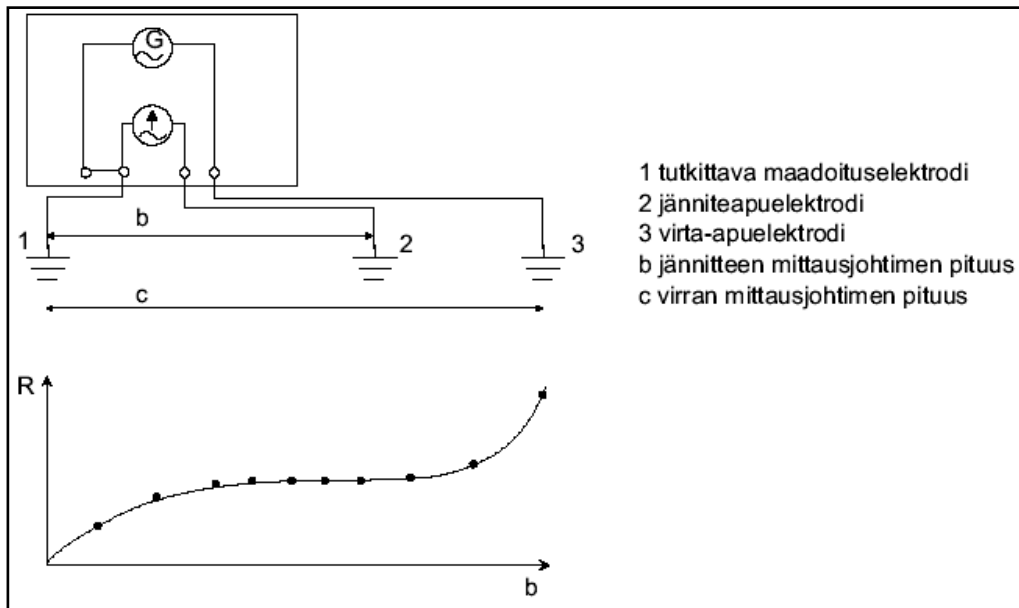
suuruus vaihtelee mittalaitervalmistajasta riippuen 100 - 500 V välillä. Taajuus vaihtelee välillä 70 - 140 Hz./37/ Taajuus ei saa olla 50 Hz, eikä sen kerrannainen, koska tällöin verkkovirta tai sen yliaallot voivat sotkea mittaustulosta./3/ On myös suositeltavaa, että vaihtojännitteen taajuus ei ylitä 150 Hz arvoa./21/ Kuvassa 29 on esitetty mittauskytkentä käännepistemenetelmästä./26/

Asetettaessa apuelektrodit maahan, täytyy ne sijoittaa siten, että sijainti on mitattavien maadoitusten vaikutusalueen ulkopuolella. Apuelektrodit on pyrittävä sijoittamaan siten, että lähistöllä ei olisi muita maadoituselektrodeja, metallisia vesijohtoja tms. Mikäli mitattava maadoitus koostuu useasta osaelektrodista, mittauskohta on valittava mahdollisimman keskeltä järjestelmää./26/

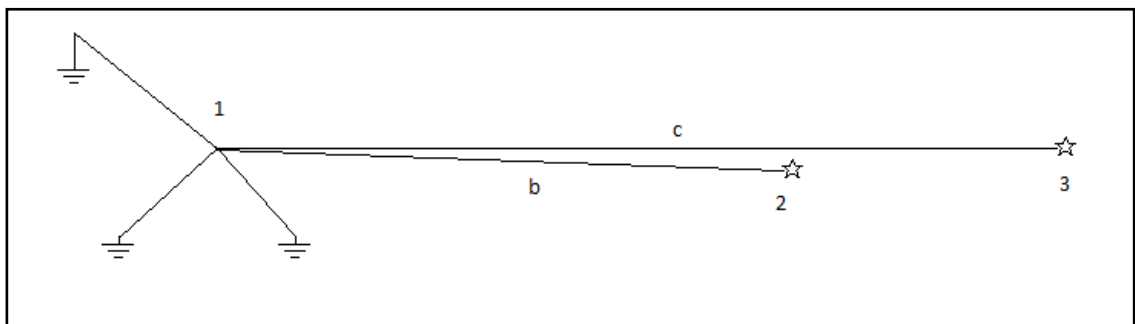
Mittaaminen:

Mittarin sisäinen virtalähde syöttää mittausvirran mitattavaan maadoituselektrodiin (1). Täältä virta kulkee maan kautta virta-apuelektrodiin (3) ja sieltä takaisin virtalähteeseen. Mitattavan elektrodin ja jänniteapuelektrodin (2) välille syntyy potentiaaliero. Kun mittarin siltakytkentä on tasapainossa, saadaan luettua resistanssin arvo. Mittaus tapahtuu siten, että jänniteapuelektrodi siirretään mittauspisteen ja virta-apuelektrodin välillä. Jokaisessa pisteessä mitataan resistanssi./26/

Mittaustuloksista muodostetaan resistanssikäyrä jänniteapuelektrodin etäisyyden (b) funktiona. Virta-apuelektrodi on samassa paikassa koko mittauksen ajan ja sen etäisyydeksi riittää yleensä 200 m (käytössä voi olla myös lyhyen käännepisteen menetelmä, jossa etäisyys on vain lyhyempi)./26/ Mittausjohtimien on oltava vähintään 0,5 m päässä toisistaan, koska mittausjohtimien välille voi syntyä mittausta haittaavaa induktanssia./32/ Resistanssikäyrän pisteet voidaan valita tiheämmin käännepisteen lähistöltä, jotta päästään haluttuun tarkkuuteen. Maadoitusresistanssi saadaan käyrän suoralta osuudelta./26/ Kuvassa 30 on havainnollistettu mittajohtimien suuntaa.



Kuva 29. Käännepestemenetelmän mittauskytkentä ja kuvaaja./26/



Kuva 30. Havainnollistava kuva mittajohtimien suunnasta./26/

Mikäli käyrällä ei ole havaittavissa vaakasuoraa osaa, mutta kylläkin selvä käännepest, voidaan maadoitusresistanssin arvo ottaa tästä kohdasta. Tulos on yleensä todellista arvoa jonkin verran suurempi. Maadoitusresistanssi voidaan myös määrittää kohdasta, jossa $b=0,6 \times c$, jos elektrodi sijaitsee riittävän homogeenisessa maaperässä. Tämä tunnetaan ns. 60 % sääntönä./26/

Tulkittaessa mittaustuloksista piirrettyä käyrää, on mahdollista, että mittaus joudutaan tekemään uudestaan. Esim. jos käyrässä on epäsäännöllistä muotoa, kertoo tämä häiriötekijöistä. Mikäli mittaus joudutaan tekemään uudelleen, täytyy tämä tehdä toiseen suuntaan tai toisesta paikkaa järjestelmää tai käyttämällä pidempiä mittausetäisyyksiä./26/

6.2.2. Voltti-ampeerimenetelmä

Voltti-ampeerimenetelmää käytetään erityisesti isojen maadoitusjärjestelmien maadoitusimpedanssien mittaamiseen./21/ Voltti-ampeerimenetelmässä kuten käännepestemenetelmässäkin mitataan tutkittavan maadoituselektrodin yli vaikuttavaa jännitettä. Voltti-ampeerimenetelmällä pyritään jäljittelemään todellista maasulkutilannetta johtamalla virransyöttömuuntajan syöttämä mittausvirta (I_m) maadoitukseen etäältä (suositellaan vähintään 5km./21/), esimerkiksi avojohtoa myöten. Virta kulkee kauempana sijaitsevan vastamaadoituselektrodin ja mitattavan maadoituselektrodin kautta./26/ Mittausvirta syötetään kytkemällä järjestelmään osapuilleen järjestelmän taajuinen vaihtojännite. Mittausvirta on myös valittava, aina kun se on mahdollista niin suureksi, että mitattavat jännitteet ovat suurempia kuin häiriöjännitteet (yleensä yli 50A mittausvirtoja)./21/

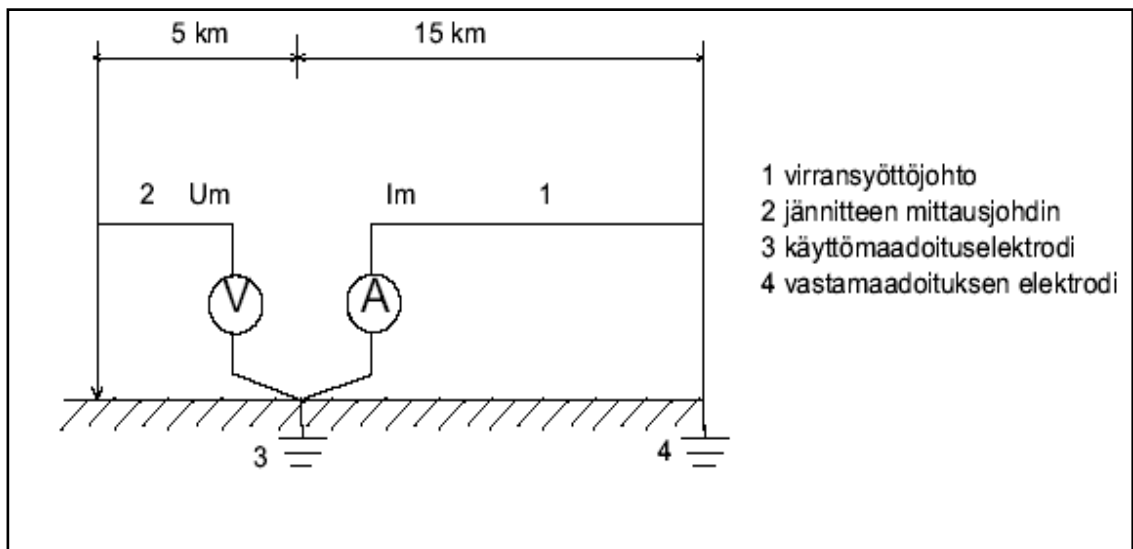
Tästä jännite saadaan mitatuksi apuelektrodin ja maadoituksen väliltä. Koska jänniteapuelektrodiin ei syötetä virtaa ja jänniteapuelektrodi on molempien muiden maadoituselektrodien kentän ulkopuolella, mitattu jännite on suoraan maadoitusjännite (U_m)./21/

Mittauksessa tarvittavat apuelektrodit ovat etäällä mitattavasta maadoituselektrodista ja toisistaan. Apuelektrodit viedään eri puolille mitattavaa maadoitusta. Koska virransyöttömuuntajalla voi syöttää suuria jännitteitä mittauspiiriin, on työssä noudatettava sille asetettuja erityisvaatimuksia./26/ Mittauksien takia ei myöskään ukkosjohtimia tai maadoituselektrodina toimivia kaapelivaippoja saa irrottaa, jotka ovat kytketty maadoitusjärjestelmään./21/

Tiedettäessä maadoitusjännite (U_m) ja mittausvirta (I_m), voidaan maadoitusresistanssi (R) laskea jännitteen ja virranosamääränä kaavalla 3 seuraavasti:

$$R = \frac{U_m}{I_m} \quad (3)$$

Kuvassa 31 on esitetty voltti-ampeerimittauksen mittausperiaate./26/



Kuva 31. Voltti-ampeerimittauksen mittausperiaate./26/

6.2.3. Suurtaajuusmenetelmä

Tämä menetelmä soveltuu hyvin yksittäisen pylvään maadoitusresistanssin mittaukseen ilman, että maadoitusjohdinta tarvitsee kaivaa esiin. Mittausvirran taajuuden tulee olla niin korkea, että ukkosjohtimien ja naapuri pylväiden sarjaimpedanssi tulee niin suureksi, etteivät viereiset pylvää oleellisesti vaikuta kyseisen mitattavan pylvään maadoitusresistanssiarvoon (käytännössä ukkosjohtimien ja naapuripylväiden sarjaimpedanssi tulee niin suureksi, että tämä edustaa mitätöntä rinnakkaisvirtapiiriä ilmajohtopylvään maadoitukseen)./21/

Mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi suurtaajuusvirtapihdillä. Muut maadoitetut pylvää toimivat referenssimaana. Suurtaajuusvirtapihdissä oleva elektroninen jännitelähde antaa tunnetun jännitteen maadoitukseen. Pihtimittarin pihtiosalla mittari mittaa menevän virran, jonka toiminta perustuu Hall-ilmiöön. Tämän jälkeen maadoitusresistanssin arvo saadaan mittarin näytölle jännitteen ja virran osamääränä./15/

6.2.4. Virta-jännitemenetelmä

Maadoitusresistanssi voidaan mitata käyttämällä apuna jakeluverkon jännitettä. Tässä menetelmässä maadoituselektrodiin johdetaan vaihtovirta, jonka suuruus vaihtelee mitattavan maadoitusresistanssin mukaan. Etäisyydeksi virta-apuelektrodin ja mitattavan maadoituselektrodin välille tulee olla vähintään 20 m. Tätä mittaamenetelmää kutsutaan virta-jännitemenetelmäksi./25/

Koska apuna käytetään verkkojännitettä, täytyy olla huolellinen, ettei mittaustilanteessa synny vaaratilanteita esimerkiksi kosketusjännitteiden kanssa. Joissakin mittalaitteissa on sisäinen suojaus tällaista tilannetta varten. Tällöin laite keskeyttää mittauksen, jos esimerkiksi kosketusjännite nousee yli 50 V. Tätä menetelmää voidaan käyttää ilman verkkojännitettä, mikäli käytössä on sellainen mittalaite, joka kehittää vaihtosähkön itse./25/

6.2.5. Maasulkumittausmenetelmä

Maasulkumittauksessa periaatteena on mitata maasulkuvirtaa ja maadoituselektrodin yli vaikuttavaa jännitettä. Tämä mittaamenetelmä vaatii sellaisen verkon, joka on varustettu laukaisevalla maasulkusuojalla./25/ Maadoitusresistanssi saadaan lasketuksi seuraavasti kaavasta 4:

$$R = \frac{U}{I} \quad (4)$$

Tehtäessä mittausta on muistettava viedä jänniteapuelektrodi riittävän kauaksi mitattavasta maadoituselektrodista. Käytännössä tämä mittausta tehdään kahdella jänniteapuelektrodin arvolla, jossa mittaustulos ei saa muuttua. Koska työ tehdään jännitteellisenä, on muistettava noudattaa jännitetöistä annettuja määräyksiä./25/

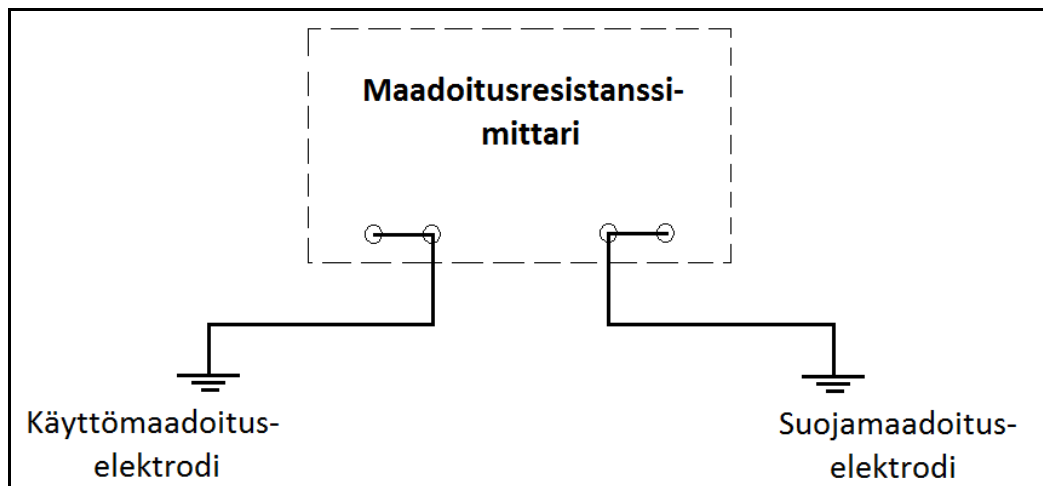
6.2.6. Määrittäminen yksittäisten resistanssien perusteella

Mikäli maadoitusjärjestelmä koostuu erillisistä maadoituselektrodeista, jotka käytännössä eivät häiritse toisiaan, mutta jotka kytetään toisiinsa yhdysjohtimilla, (esimerkiksi maadoitusjohtimien välityksellä), silloin maadoitusimpedanssi (Z_E) voidaan määrittää seuraavasti: jokaisen maadoituselektrodin maadoitusresistanssi määritellään yhdysjohtimien ollessa irtikytkettyinä käännepestemenetelmällä. Liitosjohtimien impedanssit lasketaan ja maadoitusimpedanssi määritellään maadoitusresistanssin ja liitosjohtimien impedanssin muodostamasta ekvivalenttipiiristä./21/

6.2.7. Sarjamittausmenetelmä

Sarjamittausmenetelmässä, joka tunnetaan myös summamittausmenetelmänä, mitataan muuntamalla käyttö- ja suojamaadoituksen sarjakytkennän impedanssi sekä erikseen suojamaadoituksen impedanssi. Käyttömaadoituselektrodin impedanssi voidaan tämän jälkeen määrittää vähentämällä summaimpedanssista suojamaadoituselektrodin impedanssin. Tehtäessä elektrodien yhdistelmän maadoitusimpedanssimittaus, täytyy jokin elektrodi irrottaa tilapäisesti ja mitata sen maadoitusimpedanssi erikseen./16/

Kuten edellä tuli ilmi, mittauskytkennässä mitataan kahden elektrodin summaimpedanssi. Toisen elektrodin esim. suojamaadoituselektrodin impedanssi mitataan käännepestemenetelmällä. Tämän jälkeen saatu impedanssi vähennetään summaimpedanssista, josta saadaan erotuksena käyttömaadoituselektrodin impedanssi. Kuvassa 32 on havainnollistettu sarjaan kytkettyjen elektrodien summaimpedanssin mittaus. Joskus voidaan mittauksien jälkeen joutua myös laskemaan impedansseja. Laskettaessa impedansseja käytetään sarja- ja rinnankytkentöjen laskusääntöjä./16/



Kuva 32. Sarjaan kytkettyjen elektrodien summaimpedanssimittaus maadoitusmittarilla./16/

Sarjamittausmenetelmä on vähin jäämässä pois käytännöstä. Tähän vaikuttavat mm. sarjamittauksen aiheuttama tilanne, jossa avataan yleisesti jokin maadoitus ja mitataan muut maadoitukset sarjassa ko. maadoituksen kanssa. Tämä aiheuttaa vaaratilanteen, johon ei pelkästään kuulu mittaaja, vaan koko muuntopiiri ja sähkönkäyttäjät. Tällöin maadoitukset eivät ole määräyksen mukaisia ja muuntopiirissä saattaa esiintyä liian suuria kosketusjännitteitä./3/

6.3. Mittausmenetelmien vertailu ja valinta

Tehtäessä maadoitusmittauksia yleensä tavoitteena on saada mahdollisimman tarkka tulos. Kaikkein tarkimmat tulokset saadaan sellaisella menetelmällä, joka vastaa todellista maasulkutilannetta, esimerkiksi voltti-ampeerimenetelmä. Kyseinen menetelmä vaatii erikoiskaluston, pitkät mittajohdot ja usein käyttökeskeytyksiä keskijänniteverkossa. Tämän vuoksi tätä menetelmää käytetään vain silloin, kun on kyse erittäin pienistä maadoitusresistanssin arvoista, jotka pitää saada mitattua tarkasti./26/

Edellistä helpompi menetelmä on käännepistemenetelmä. Tällöin ei tarvita yleensä erikoiskytkentöjä tai käyttökeskeytyksiä. Ongelmana tässä on mittaustuloksen tarkkuus,

josta ei saada poistettua kaikkia häiriötekijöitä. Tällöin mitattu resistanssi voi poiketa oikeasta hieman, mutta yleensä turvalliseen suuntaan. Käännepistemenetelmän ongelmana ovat myös pitkähköt mittausjohdot./26/

Valittaessa mittausmenetelmää, vaikuttavat tähän elektrodijärjestelmän laajuus ja muoto, maaperä sekä mittauksen tarkoitus. Yleisenä sääntönä on, että käyttöönottotarkastuksen mittaukset tulee tehdä mahdollisimman luotettavalla mittausmenetelmällä. Mittauksen on oltava sitä tarkempi, mitä lähempänä maadoitusresistanssin sallittua rajaa ollaan./26/

Määräaikaismittauksissa mittausmenetelmä voi olla yksinkertaistettu, mikäli käyttöönottotarkastus on tehty tarkalla menetelmällä ja lisäksi samalla on mitattu vertailuarvo yksinkertaistetulla menetelmällä. Yksinkertaistetuksi menetelmäksi soveltuu esimerkiksi käännepistemenetelmä käyttämällä 60 % sääntöä. Myöhemmät vertailumittaukset on tehtävä samalla tavalla kuin ensimmäisessä mittauksessa. Lisäksi tulee varmistua siitä, että olosuhteet ovat säilyneet yksinkertaistetun menetelmän soveltamisen kannalta riittävän samanlaisina./26/

Mitattaessa jakelumuuntajan maadoitusresistanssia käytetään tähän yleensä käännepistemenetelmää. Jakelumuuntamon maadoitusresistanssin mittaus taajama-alueella voi olla käytännössä hyvin hankalaa tai jopa mahdotonta, koska mm. muita häiritseviä johtavia osia voi olla maassa paljon. Mikäli maadoitus liitetään olemassa olevaan maadoitusjärjestelmään, jonka resistanssi tunnetaan, ei maadoitusresistanssia tarvitse erikseen mitata. Tällöin riittää, että varmistetaan luotettava liitäntä tunnettuun järjestelmään./26/

Mitattaessa kantaverkon maadoitusimpedanssia, tarvitaan tähän aina erikoiskalusto ja asiantuntemusta. Tällaisessa kohteessa käytetään tavallisesti voltti-ampeerimenetelmää. Tällöin virransyöttöjohdot voivat olla useita kymmeniä kilometrejä pitkiä ja mittausvirta suuri. Käännepistemenetelmää ei käytetä edes vertailumittauksissa./26/

7. YHTEENVETO

Näin jälkikäteen mietittynä ja opinnäytetyön ollessa loppusuoralla on työ onnistunut mielestäni hyvin. Opinnäytteen tekemiseen mahtui monia vaihteita, niin työläitä kuin vähemmän työläitä. Haastetta työhön toi se, että vastaavanlaista opinnäytetyötä ei aiemmin ollut kukaan tehnyt, joten apua pohjan suunnittelussa ei varsinaisesti ollut. Tiedonhaussa ilmeni myös pieniä ongelmia, mutta onnekseni sain kuitenkin Tornion Energialta sekä opinnäytetyön ohjaajalta käyttööni tietoa ja apua varsin kattavasti. Yksi työn haasteista oli standardien tulkitseminen ja kirjoittaminen helpommin ymmärrettävään muotoon, joita jouduin tutkimaan jonkin verran. Oman haasteensa työhön toi myös se, että työtä on tehty etätöinä suurin osa ajasta. Positiivisia puolia tässä opinnäytteessä oli sen käytännönläheisyys sekä mielenkiintoisuus, joka säilyi aina loppuun saakka.

Omasta mielestäni työstä tuli melko laaja, vaikka aiheita ja otsakkeita karsiutui työn edetessä pois. Työhön on onnistuttu kokoamaan kaikki oleellinen yleistieto laajasti, mistä jokainen asiasta kiinnostunut tai tarkastuksia tekevä voi saada tarvittavan tiedon verkoston yleisimmistä tarkastuskohteista.

Työn aikana luonnollisesti myös oma tietämys ja näkemys karttuivat melkoisesti haetun ja kirjoitetun tiedon vuoksi. Suoritetut tarkastuskierrokset Tornion Energian asentajien kanssa olivat varsin mielenkiintoisia sekä hyödyllisiä, joista oli oma apunsa opinnäytteen erivaiheissa. Tarkastuskierrosten ansiosta pääsin myös kokemaan ja oppimaan tarkastuksiin liittyviä menetelmiä, joita ei tullut eteen teoria osuudella opinnäytettä tehdessä. Tämä päti myös toiseen suuntaan, jolloin huomasin molempien täydentävän toisiaan.

8. LÄHDELUETTELO

- /1/ Docstoc, gG-sulakkeiden pienimmät toimintavirrat, [www-dokumentti], [<http://www.docstoc.com/docs/108051016/Johdon-mitoitus-Automaattinen-poiskytkent%EF%BF%BD>], 6.4.2012.
- /2/ Energiateollisuus, VERKOSTOSUOSITUS RJ 19:06, Pylväserotinasemien ja muuntopiirien maadoitukset standardin SFS 6001 mukaan, Sener, 2006
- /3/ Energiateollisuus, VERKOSTOSUOSITUS TJ 1:05, Sähkönjakeluverkkojen maadoitusmittaukset, Sener, 2005.
- /4/ Haveri, Petteri, Kaupunkisähköaseman elinkaaren hallinta, opinnäytetyö, 2006.
- /5/ Heikkilä, Paula, Sähköverkon kunnossapitojärjestelmän kehitys, opinnäytetyö, 2010.
- /6/ Heikkinen, Petri, Kuopion energian sähkönjakeluverkon kunnossapidon kehittäminen, opinnäytetyö, 2010.
- /7/ Helsingin Energia, SF6-kaasu, [www-dokumentti], [<http://www.helen.fi/energia/sf6kaasu.html>], 11.4.2012.
- /8/ Hällfors, Matti, Sähkönjakeluverkon tarkastus ja paikannus, opinnäytetyö, 2008.
- /9/ Ilvesmäki, Jarmo, 0,4kV:n ja 20kV:n jakeluverkkojen tarkastustuotteet, opinnäytetyö, 2008.
- /10/ Kulomäki, Jussi, Kuntoindeksityökalun suunnittelu ja käyttöönotto verkkotietojärjestelmään, opinnäytetyö, 2010.

- /11/ Kuosa, Daniel, Vika- ja kunnossapitotietojen hyödyntäminen suurjännitekytkinlaitteiden kunnonhallinnassa, opinnäytetyö, 2007.
- /12/ Laine, Janne, sähkönjakeluverkon komponenttien pitoajat, opinnäytetyö, 2004.
- /13/ Lakervi, E. & Partanen, J., Sähkönjakelutekniikka 2, uudistettu painos, Helsinki: otatieto, 2008.
- /14/ Lappeenrannan teknillinen yliopisto, sähkötekniikan osasto, tutkimusraportti, 20/1/0,4kV sähkönjakelujärjestelmä, 2005, 14.
- /15/ Lehtonen, Sakari, Sähköaseman maadoittaminen, opinnäytetyö, 2009.
- /16/ Monni, Markku, Sähkölaitos asentajan ammattioppi 4, Jakeluverkon käyttötehtävät, 4. uudistettu painos, Adato, 2002.
- /17/ Määttä, Janne, suuria seisovia pylviäitä, [www-dokumentti], [<http://calm.iki.fi/tolpat/?p=kuvat&kaikki=1>] 1.1-12.4.2012.
- /18/ Raiski, Jukka, Sähköasennusten käyttöönottomittaukset, opinnäytetyö, 2010.
- /19/ Saarenpää, Jari, Sähkötekniisten laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla, opinnäytetyö, 2006.
- /20/ SFS-KÄSIKIRJA 600, 1. painos, Suomen Standarsoimisliitto SFS ry, 2008-09.
- /21/ SFS-KÄSIKIRJA 601, 1.painos, Suomen Standarsoimisliitto SFS ry, 2009-12,
- /22/ Siemens, keskijännitekojeisto manuaali, tyyppi 8DJH, 24kV saakka, versio 01, 2005.

- /23/ Suomen sähkölaitosyhdistys ry, sähköasemien yleiset kunnossapito-ohjeet, Adato, 8/1992.
- /24/ Suomen Virtuaaliammattikorkeakoulu, tarkastusmittaukset, [www-dokumentti], [http://www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081/1134132211537/1134133714588/1134134045570.html] 10.4.2012.
- /25/ Suuronen, Matti, Maadoituksen mittaustapojen soveltuvuuden arviointi, opinnäytetyö, 2006.
- /26/ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto, STUL, maadoituskirja, 5. painos, Sähköinfo Oy, 2007.
- /27/ Sähköenergialiitto ry, Verkostosuositus TA 1:97, Verkonhaltijan toimesta tehtävät sekä omat käyttöönottotarkastukset, Sener, 1997.
- /28/ Sähkötieto ry, Rakennusten sähköasennusten käyttöönotto ST-käsikirja 20, varmennetut sähkönjakelujärjestelmät, 2005.
- /29/ Sähkötieto ry, Rakennuksien sähköasennusten käyttöönotto ST-käsikirja 31, varavoimalaitokset, 2000.
- /30/ Sähköä Torniossa 100 vuotta, Tornion kaupungin sähkölaitoksen vaiheet vuodesta 1911 vuoteen 2011, Tornion Energia, 2011.
- /31/ Takala, Tuomas, Sähköverkkoyhtiön sähköasemien kunnossapitoprosessin kehittäminen tietojärjestelmäudistuksella, opinnäytetyö, 2009.
- /32/ Tornion Energia Oy, kunnossapito-ohjelma 110kV, 20kV ja 0,4kV verkot, 2010.
- /33/ Tornion Energia Oy, käyttöönottotarkastuslomakkeet, 2004.

- /34/ Tornion Energia Oy, maadoitusvastuksen mittausohje, 2004.
- /35/ Tornion Energia Oy, sähköaseman tarkastus- ja huolto-ohje, 2010.
- /36/ Tornion Energia Oy, Tornion kaupungin energialaitoksen toimesta suoritettavat jakeluverkotarkastuksien soveltamisohje, jakokaapit ja maakaapelit, tarkastuspöytäkirjat, 2005.
- /37/ Tornion Energia Oy, Tornion kaupungin energialaitoksen toimesta suoritettavat jakeluverkotarkastuksien soveltamisohje, puisto- ja tilamuuntamot, tarkastuspöytäkirjat, 2005.
- /38/ Tornion Energia Oy, Tornion kaupungin energialaitoksen toimesta suoritettavat jakeluverkotarkastuksien soveltamisohje, pylväsmuuntamot, tarkastuspöytäkirjat, 2005.
- /39/ Tornion Energia Oy, Tornion kaupungin energialaitoksen toimesta suoritettavat jakeluverkotarkastuksien soveltamisohje, johtoerottimet, tarkastuspöytäkirjat, 2005.
- /40/ Tornion Energia Oy, vuosikertomus 2010, 4/2011.
- /41/ Tornion Energia Oy, yleishuolto-ohjelma, ennakoivat tarkastus-, mittaus- ja huoltotoimenpiteet, 2010.
- /42/ Viismaa, Jussi, Kaluston kunnossapitovalmiuden kehittäminen, opinnäytetyö, 2008

9. LIITELUETTELO

LIITE 1

Sähköasemien yleishuolto-ohje/17/

Sähköasemien yleishuolto-ohjeessa **s** tarkoittaa silmämääräistä tarkastusta, **h** perusteellisempaa tarkastusta tai huoltoa, **k** toimintakoetta ja **m** mittavaa huoltoa, jolla voidaan selvittää huoltotoimenpiteiden tarpeellisuutta ja laajuutta. Luettelon huomautussarakkeeseen on merkitty myös ne tarkastukset, jotka ovat pakollisia tai eri viranomaisten suoritettavia. Huomautussarakkeessa on myös maininta erillisen huolto- tai koestusohjeen olemassa olosta./35/ Taulukon yläladassa olevat aikavälit ovat suosituksia jonka mukaan tarkastukset voidaan tehdä. Nämä tarkoittavat seuraavaa:

a/52 = viikko

a/6 = kuukausi

a/2 = puoli vuotta

a = vuosi

3a = kolme vuotta

5a = viisi vuotta

10a = kymmenen vuotta

SÄHKÖASEMIEN YLEISHUOLTO-OHJE

HUOLTOVÄLIT

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
1.	110 kV KOJEISTO								
1.1.	Perustukset								
	- kunto				s				
	- valun kovuus				s				
1.2.	Kannatusrakenteet								
	- teräsrakenteiden kunto, ruoste, pintakäsittely				s				
	- puupylväiden kunto				s				
	- harusten kireydet				s				
1.3.	Kiskostot								
	- eristimien eheys ja puhtaus				s				
	- kiskojen ja köysien kunto				s				
	- liitoksien kunto ja mahdollinen lämpökuvauus tai lämpömittaus				s	m			
1.4.	Eristimet								
	- tukieristimet				s				Ultraäänimittaus
	- lautaseristimet				s			(m)	harkinnan mukaan

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
1.5	Vähäöljykatkaisijat								
	- koskettimien toiminta-aikamittaus							m	6 – 8 vuotta, kaikki tehdään samalla
	- koskettimien tarkastus, puhdistus ja tarvittaessa vaihto							h	Valmistajan huolto-ohje, 6 – 8 vuotta, kaikki tehdään samalla
	- sammutuskammioiden tarkastus							h	6 – 8 vuotta, kaikki tehdään samalla
	- eristimien eheys ja puhtaus				s			(m)	Ultraäänimittaus harkinnan mukaan
	- öljy- ja vähäöljykatkaisijoilla öljyn määrän ja mahdollisten vuotojen tarkastus		s				h		
	(s) mikäli asemalla käydään viikoittain								
	- välitysmekanismin kunto							h	6 – 8 vuotta
	- koskettimien ylimenovastuksen mittaus							m	6 – 8 vuotta
	- tyyppityynyn tarkastus		s						
1.6	SF6- katkaisijat								
	- kaasun tarkkailu		s						
1.7	Katkaisijoiden ohjaimet								
	- voitelu								Valmistajan huolto-ohje, 6 – 8 vuotta
	- toiminnan kokeilu				h				
	- apukoskettimien kunto				s				
	- painevaraajan tyypin täyttöpaineen tarkastus		s		m		h		Erikoismääräykset (h) 6 – 8 vuotta
- lämmitys		s							
1.8	Erottimet/maadoituserottimet								
	- eristimien eheys ja puhtaus				s			m	Ultraäänimittaus
	- apukoskettimien kunto					s			
	- toiminnan kokeilu					h			
	- koskettimien kunto					s			6 – 8 vuotta, huolto 3 – 4 vuotta, voitelu
	- nivelten voitelu					h			
	- ohjaimen toiminta					h			
	- lämmitys		s						Talvisin a/12
- välitysmekanismin kunto					h				
1.9	Mittamuuntajat								
	- eristimien eheys ja puhtaus				s				
	- öljymäärän ja mahdollisten vuotojen tarkastus		s						
	- ruosteenestokäsittely/ maalaus				s				Käsittely tarv.

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
1.10	Ylijännitesuojat								
	- eheys ja puhtaus				s				
	- vuotomittarin luku/ laskurinluku				s				
	- liitäntöjen tarkastus				s				
1.11	Kaapelipäätteet								
	- painemittarin luku		s						
	- eheys ja puhtaus				s				
	- liitokset				s		m		Lämpökuvaus
1.12	SF6-kojeisto						m		
	- huolto								Eri toimittajien ohjeet
2	110/20 kV MUUNTAJA								
2.1	Öljy ja eristeet								Valmistajan huolto-ohje
	- pinnankorkeuden tarkastus		s						
	- öljynäytteen otto ja tutkiminen								Vanhemmissa usein 3 vuotta. Isoissa vuosittain muuten 6-8 vuotta
	- takuuajana								Kaasuanalyysi
	- alle 20 käyttövuoden							h	Sähkölujuus
	- yli 20 käyttövuoden						h		
	- eristenäytteen tutkiminen								20 a (1.näyte)
2.2	Ilmankuivain								
	- kuivausaineen värin tarkastus		s						
	- öljylukon tarkastus		s						
2.3	Suojalaitteet								
	- kaasureleen hälytys ja laukaisu						h		Tai relekoestuksen yhteydessä
	-käämikytkimen suojareleen toiminta						h		
	- lämpömittareiden hälytys ja laukaisu						h		
	- öljynkorkeusmittarin toiminta						h		
2.4	Käämitytkin ohjaimineen								
	- ohjaimen voitelu						h		Valmistajan ohje
	- täydellinen huolto						h		Valmistajan ohje
	- toimintakertojen luku		s						
	- välitysmekanismin kunto						h		
	- painekytkimen koestus						h		
	- lämmitys ja kosteusvalvonta		s						
2.5	Ulkopuolinen tarkastus								
	- eristimien eheys ja puhtaus				s				
	- säiliön puhtaus, vuodot ja pintakäsittely; varusteet				s				
2.6	Tuulettimet								
	- toiminnan kokeilu					h			
	- voitelu					h			

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
2.7	Öljykuoppa								
	- veden tyhjennys			h					Talvisin a/12
	- öljyn erotus								Tarvittaessa
3	20 kV KOJEISTO								
3.1	Kannatus ja kojeistorakenteet								
	- kunto				s				
3.2	Kiskostot								
	- eristimien eheys, puhtaus ja kunto				s				
	- kiskojen kunto				s				
	- liitoksien kunto ja mahdollinen lämpökuvaus tai mittaus				s		h		
3.3	Katkaisijat								Valmistajan huolto-ohje
	- koskettimien tarkastus, puhdistus tarv. vaihto, öljyn vaihto						h		Ulkokatkaisijoille 3 a, riippuu tyypistä
	- sammutuskammioiden tarkastus						h		
	- eristimien eheys ja puhtaus				s				
	- öljy- ja vähäöljykatkaisijoiden öljyn määrän ja mahdollisten vuotojen tarkastus		s						
	- paineilmakatkaisijoiden painekeytkimen tarkastus						h		
	- välitysmekanismin tark.						h		
	- SF6/ tyhjökatkaisijat								Valmistajan huolto-ohje
3.4	Katkaisijoiden ohjaimet								
	- voitelu						h		
	- apukoskettimien kunto						h		
	- lämmitys			s					
3.5	Tehoerotimet ja erottimet								
	- koskettimien kunto				s				
	- toiminnan kokeilu ja säätö						h		
	- apukoskettimien kunto						s		
	- ohjausnivelet ja koskettimien voitelu						h		
	- ohjaimen toiminta						h		
	- välitysmekanismin kunto						h		
3.6	Mittamuuntajat								
	- ulkopuolinen tarkastus				s				
3.7	Ylijännitesuojat								
	- eheys ja puhtaus				s				
3.8	Kaapelipäätteet								
	- eheys ja puhtaus				s				
	- öljymäärän tarkastus						h		

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
3.9	Sammutuskelat								
	- öljynmäärä ja mahdollisten vuotojen tarkastus		s				h		Valmistajan huolto-ohje
	- ohjaimen toiminta						h		
3.10	- lisävastusten kunto ja kytkennän ohjaus						h		
	Kondensaattorit								
	- tiiviyn tarkastus		s						Valmistajan huolto-ohje
	- yleishuolto					h			
	- telineistö ja eristimet				s				
3.11	- varoituskilvet				s				
	Omakäyttö-/sammutusmuuntaja				s		h		
3.12	Kuormanohjauslaitteet				s		h		
4	20 kV SF6-KOJEISTO								Valmistajan huolto-ohje
5	TOISOPPIIRIT JA KOJEET								
5.1	Suojaukset								
	- 20 kV ylivirta- oikosulku-suojauksen koestus					h			KTMP 517/1996
	- 20 kV maasulkusuojauksen koestus					h			KTMP 517/1996
	- jännitereleiden koestus					h			
	- pariston valvontareleiden koestus				h				
	- 110 kV ylivirtasuojauksen koestus					h			KTMP 517/1996
	- 110 kV distanssisuojauksen koestus				h				
	- 110 kV maasulkusuojauksen koestus						h		KTMP 517/1996
	- releasettelujen tarkastus			s					
	- staattisten releiden apujännitteen tarkastus				m				
5.2	Hälytykset								
	- hälytysreleiden toiminnan kokeilu					k			Relekoestuksen yhteydessä
	- sulakkeiden hälytykset					k			
	- hälytyslamppujen kokeilu		s	k					
	- kulunvalvonta- ja murtohälytykset				h				
	- palohälytykset		k		s				
	- hälytysjärjestelmän ja reservihälytysjärjestelmän tarkastus		k						

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
5.3	Johdotukset, apureleet, riviliittimet								
	- johdotuksen kunto						s		
	- apureleiden toiminta				h				Relekoestuksen yhteydessä
	- riviliittimien ym. liitosten kireyden tarkistus (ensimmäisen kerran 1 v. käyttöönotosta)							h	Lämpökuvaus
5.4	Jännitteensäätäjä								
	- toiminnan tarkastus			k		h			
	- alijännite- ja ylivirtalukitusten tarkastus								Relekoestuksen yhteydessä
5.5	Mittarit ja piirturit								
	- kunto					s			
	- piirturin paperin ja musteen tarkastus		s						maksimi kaksi viikkoa
	- piirturihuolto					h			
5.6	Lukitukset ja merkkilamput								
	- lukitusten kokeilu					k			
	- merkkilamppujen kunto			s			h		
	- asennonosoittimien toiminta			s					
5.7	Kytkimet ja kontaktorit								
	- toiminnan kokeilu					h			Relekoestuksen yhteydessä
5.8	Automaatiikka								
	- sammutuskelan säätäjän toiminta					h			
	- jälleenkytkentäautomaatiikka					h			Relejoestuksen yhteydessä
5.9	Pienautomaatit								
	- hälytyspiirin kokeilu					h			
6	APUJÄRJESTELMÄT								
6.1	Tasasähkölaitteet								
	- akuston ja tasasuuntaajan koestus				k	h			Purkauskoe ks. valmistajan ohje
	- akkukennostojen nestemäärä ja jännitetarkkailu kennoista		m	h					Ominaispaino mitataan
	- kaikkien kennojen jännite			m					
	- akuston ja tasasuuntaajan jännite	(s)	s			h			KTMP 517/1996
	- ns. huoltovapaat akut			s					
6.2	Omakäyttölaitteet								
	- yleinen tarkastus				s				

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
6.3	Paineilmalaitteet								
	- kompressorien käytön vaihto			h					
	- kompressorien öljymäärän tarkastus		s						
	- kompressorien huolto					h			
	- paineilmasäiliöiden veden poisto		h						
	- paineestiamääräysten mukainen tarkastus					h			Erikoismääräys
6.4	Varavoimalaitteet		k			h			Koekäyttö. Huolto käyttötuntimäärän perusteella
7	TEDONSIRTOJÄRJESTELMÄ								
7.1	Kaukokäyttölaitteet				h				Erikoistyö
7.2	Kuormanohjauslaitteet								Erikoistyö
	- VKO			k		h			
	- Melko					h			
7.3	Viestilaitteet				h				
	- radiolinkit antenneineen			h		h			Erikoistyö
	- kantoaaltoilaitteet					h			Erikoistyö
	- ulosmenevien viestijohtojen suojaus				s	h			
	- antennimaston kunto				s			h	Erikoismääräys
	- radiopuhelimien huolto				h				
7.4	Säähavaintolaitteet					h			
8	TYÖTURVALLISUUS								
8.1	Maadoitusvälineet, jännitteenkoettimet, ohjaussavat, sulakkeiden vaihtopihdit								
	- paikalla, kunto				s				
	- mitoituskilpi				s				
8.2	Varoitustaulut								
	- omilla paikoillaan, riittävästi				s				
8.3	Palontorjuntalaitteet								
	- paikalla				s				
	- kunto				h				Erikoismääräys
8.4	Ensiaputarvikkeet								
	- paikalla				s				
	- ensiaputaulu				s				
8.5	Työskentelysuojat								
	- paikalla				s				
8.6	Akustojen huoltosuojaimet			s					
9	MUUT			m					
9.1	Piirustukset, kaaviot, ohje- ja huoltokirjat								
	- paikalla ja kunnossa				s				SFS 6001

	Kohde	a/52	a/6	a/2	a	3a	5a	10a	Huomautuksia
9.2	Maadoitukset								
	- maadoitusjohtimien ja liitosten tarkastus					h			KTMP 517/1996
	- impedanssin mittaus								KTMP 517/1996
9.3	Aseman aita ja portti								
	- kunto		s						
	- varoituskilvet		s						
	- lukot		s						
9.4	Rakennus								
	- kunto		s						
9.5	Yleinen siisteys ja järjestys sisällä ja ulkona								
9.6	Valaistus ja varavalaistus								
	- kunto		s						
9.7	Lämmitys			h					
9.8	Käyttöluvat ja vakuutukset				s				
9.9	Merkintöjen tarkastus				s				
9.10	Puhtaanapitovälineet				s				