

## JAKELUVERKON KUNTOTARKASTUKSET

Kauvosaari Jyri

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Jyri Kauvosaari	Vuosi	2016
<b>Ohjaaja</b>	DI Jaakko Etto		
<b>Toimeksiantaja</b>	Tornionlaakson Sähkö Oy Ins. Henri Vihriälä		
<b>Työn nimi</b>	Jakeluverkon kuntotarkastukset		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	49 + 1		

---

Opinnäytetyön aiheena oli sähkönjakeluverkon osiin kohdistuvat kuntotarkastukset. Opinnäytetyön aihe saatiin Tornionlaakson Sähkö Oy:ltä. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä jakeluverkon tarkastuksien sisältöön sekä tarkastuksien tekemiseen maastossa. Työn aikana hankittiin myös riittävän laajalti tietoa aiheesta muiden lähteiden avulla.

Tavoitteena oli saada rajattua tutkielma ainoastaan jakeluverkon kuntotarkastuksiin, joten työssä ei puututtu käyttöönottotarkastuksiin tai muihin tarkastuksiin. Työn rajaus saatiin tällöin pysymään jakeluverkon kuntotarkastuksissa. Tarkastusten tekeminen pohjautui omiin kokemuksiin ja työn edetessä hankittuihin tietoihin.

Työssä käytiin läpi yleisimmät jakeluverkon osat ja miten ne liittyvät verkon toimintaan. Työssä ei käyty läpi eri valmistajien komponentteja vaan ainoastaan kokonaisuuksia. Tarkastettavista verkon osista käytiin läpi perusasiat ja miten eri osat vaikuttavat ja tukevat verkon toimintaa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi laaja sähkönjakeluverkon kuntotarkastuksiin soveltuva tietopaketti, josta selviää mitä kaikkea tarkastuksiin liittyy. Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet ja kuntotarkastuksista saatiin tehtyä pöytäkirjat ja lopullinen opinnäytetyö valmiiksi. Toimeksiantajalle toimitettiin tarvittavat pöytäkirjat tarkastustuloksista. Toimeksiantajalle tuotettiin myös ohjeistus jakeluverkkoon kohdistuvien kuntotarkastuksien tekemiseen.

Avainsanat

sähköverkot, kuntotarkastus, säädökset

Industry and Natural Resources  
Electrical engineering

---

<b>Author</b>	Jyri Kauvosaari	<b>Year</b>	2016
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto MSc (Tech)		
<b>Commissioned by</b>	Tornionlaakson Sähkö Oy Henri Vihriälä MEd (Tech)		
<b>Subject of thesis</b>	Condition checkups of electrical grids		
<b>Number of pages</b>	49 + 1		

---

The topic of this thesis work was the condition checkups of different parts of electrical grids. The topic was given by Tornionlaakson Sähkö Oy. The objective of the thesis was to get acquainted to the content of condition checkups of electrical grids and how to do the checkups in ground. While doing the research, information about the subject was collected widely from other sources.

The research scope was narrowed down to handle only condition checkups, not commissioning checkups or other checkups. With this kind of limiting, the subject of the research was not too large but the condition checkups were handled in the thesis. Knowledge of the condition checkups was based on own experiences and information collected from other sources.

The research handled the most general parts of electrical grids and how they are related to the function of the grid. The research did not handle components of different producers, only entireties. The research handled basic matters of the parts of electrical grids and how the parts effect on and support the function of the grid.

The result of the study was a large information package of condition checkups of electrical grids, in which becomes clear, what matters are included in checkups. The set objectives were reached and transcripts were made from checkup results. The transcripts of checkup results were sent to the employer. A guidance of doing the condition checkups of electrical grids was also made for the employer.

Key words

electrical grids, condition checkup, electrical sets

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	SÄHKÖN JAKELUVERKON KUNTOTARKASTUKSET YLEISESTI .....	8
2.1	Lait ja määräykset.....	8
2.2	Huolto ja kunnossapito.....	9
2.3	Sähkön jakeluverkon kunnonvalvonta.....	11
2.4	Jakeluverkon kuntoisuus tietojen käyttö.....	11
3	20 KV ILMAJOHDON KUNTOTARKASTUKSET .....	13
3.1	Johto .....	13
3.2	Pylväsrakenteet .....	18
3.3	Harusrakenteet .....	19
3.4	Pylväserottimet .....	21
4	20 KV MAAKAPELIVERKON KUNTOTARKASTUKSET .....	24
5	20 KV PYLVÄSMUUNTAMON KUNTOTARKASTUKSET.....	26
5.1	Yleistä .....	27
5.2	Keskijännitelaitteet.....	28
5.3	Muuntaja .....	30
5.4	Pienjännitelaitteet.....	31
5.5	Maadoitukset.....	32
5.6	Muut.....	32
6	20 KV PUISTOMUUNTAMON KUNTOTARKASTUKSET .....	34
6.1	Yleistä .....	34
6.2	Keskijännitelaitteet.....	37
6.3	Pienjännitelaitteet.....	39
6.4	Maadoitukset.....	39
7	0,4 KV JOHDON KUNTOTARKASTUKSET .....	40
7.1	Ilmajohto .....	40
7.2	Pylväsrakenteet .....	41
7.3	Harusrakenteet .....	42
7.4	Kaapeli.....	42
7.5	Jakokaapit.....	43

8 KUNTOTARKASTUKSEN TEKEMINEN.....	45
8.1 Jakeluverkon 20 ja 0,4 kV osan tarkastaminen maastossa .....	45
8.2 Raportointi .....	45
9 POHDINTA .....	47
LÄHTEET.....	48
LIITTEET.....	49

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

PEN- johto	Johto jossa on yhdistetty suojamaa ja nolla
Kj	Keskijännite 20 kV
Pj	Pienjännite 0,4 kV
PAS-	Päällystetty avojohto suurjännitteelle

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on 20 kV ja 0,4 kV jakeluverkkojen kuntotarkastukset. Työ tehdään Tornionlaakson Sähkö Oy:lle. Työn tarkoituksena on perehtyä jakeluverkkojen tarkastamiseen ja oppia kyseisestä asiasta lisää. Työ aloitetaan tutustumalla jakeluverkkoihin liittyviin tarkastuksiin teoreettiselta pohjalta ja tutkitaan aiheen kirjallisuutta. Lisäksi kerätään tietoa myös haastattelemalla alan ammattilaisia. Kun työhön on saatu riittävä teoreettinen perusta, pystytään tekemään varsinainen kuntotarkastus ennalta määrättyyn jakeluverkon osaan. Tähän verkon osaan kuuluu 20 kV jännitteellä ilmajohtoja, maakaapeleita ja muuntamoita sekä pienjännitteellä eli 0,4 kV ilmajohtoja, maakaapeleita ja jakokaappeja.

Tutkimus rajataan tiettyyn jakeluverkonalueeseen ja aihe kohdistetaan jakeluverkon kyseiseen osaan. Tutkimuksessa tarkastellaan kyseistä jakeluverkon osaa ja tutkitaan tältä alueelta jakeluverkon käyttövarmuutta ja turvallisuutta.

### **Tornionlaakson Sähkö Oy**

Tutkimuksen toimeksiantaja on Tornionlaakson Sähkö Oy, joka siirtää sähköä vastuualueensa asiakkaille. Yhtiön vastuualueeseen kuuluu Länsi-Lappi (Kuvio 1) ja asiakkaita alueeseen kuuluu noin 16 500. Yhtiön sähkön siirtoverkon pituus on noin 3 700 km. Yhtiön osuus vesi- ja tuulivoiman tuotannosta kattaa keskimäärin noin 80 % alueen sähkönkulutuksesta. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Heikki Hukkanen. (Tornionlaakson Sähkö Oy 2011.)



Kuvio 1. Tornionlaakson Sähkö Oy:n jakelualue keltaisella (Tornionlaakso Sähkö Oy:n jakelualue 2011)

## 2 SÄHKÖN JAKELUVERKON KUNTOTARKASTUKSET YLEISESTI

### 2.1 Lait ja määräykset

Sähkölaitteistojen turvallisuuden taso on pidettävä riittävän korkealla, jottei niistä aiheudu ympäristölle haittaa. Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, omaisuudelle tai terveydelle vaaraa.
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä.
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.  
(Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 2:5 §)

Sähköturvallisuuslain pohjalta on hyvin tärkeää pitää sähköverkkoa kunnossa ja huoltaa sitä määräajoin, jotta sähkönjakeluverkko pysyy kunnossa, joka sille on asetettu. Sähköverkon kunnan varmistumiseksi on kaikille käytössä oleville sähkölaitteille tehtävä määräaikaistarkastus. Tämä työ käsittelee luokan 3 sähkölaitteistoja, joihin kuuluu verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 1:2.3 §.)

Käytössä oleville luokan 3 sähkölaitteistoille on tehtävä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:12 §). Määräaikaistarkastuksissa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että:

- 1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet.
- 2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet on käytettävissä.



- 3) sähkölaitteistojen laajennus- ja muutostöissä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:13 §.)

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos. Muille kuin luokan 3 alakohtassa a tarkoitetuille sähkölaitteistoille määräaikaistarkastuksen voi myös tehdä valtuutettu tarkastaja. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:14 §). Alaluokkaan a kuuluu sähkölaitteistot räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 1:2.3 §.)

Määräaikaistarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jossa on yksilöitävä tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava pöytäkirja. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:15 §.)

Lakien pohjalta rakentuu määräaikaistarkastuksien tekeminen ja sähköverkkojen haltijoiden pakollinen huolehtiminen sähköverkkojen kunnosta. Määräaikaistarkastuksen tekemisestä tehdään sähköverkon haltijalle pöytäkirjat ja dokumentit joita laki vaatii.

## 2.2 Huolto ja kunnossapito

Sähköverkkojen huolto ja kunnossapito on hyvin tärkeää, jotta sähköverkko pysyy luotettavassa kunnossa pitkään. Tärkeää on seurata verkon kuntoa säännöllisesti ja tehdä tarvittavia toimenpiteitä verkon elinkaaren pidentämiseksi. Kauppa ja teollisuusministeriön päätöksen mukaan, sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että ha-

vaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:10 §).

Lisäksi luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille on laadittava ennalta sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Muiden sähkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. (Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:11 §.)

Määräaikaistarkastuksista tehdään pöytäkirja, josta voidaan todeta tarvittavat toimenpiteet ja niiden kiireellisyysluokka. Kiireellisyysluokan määrittelee laitteiston tarkastaja, joten arvio työn tarpeesta pohjautuu pitkälti tarkastajan kokemuksiin ja siihen, kuinka tarkkana hän on ollut tarkastuksia tehdessä. Kunnossapito-ohjeilla pystytään huomattavasti paremmin varautumaan tuleviin saneerauksiin. Esimerkiksi, jos kyseiselle alueelle on tulossa seuraavana vuonna saneeraus, pystytään tarkastuksessa huomattu huonokuntoinen verkon osa ottamaan mukaan saneeraukseen ja uusimaan kyseinen verkon osa samalla kertaa. Kiireellisyysluokkien arviointi perustuukin siihen, että onko verkko luotettava ja turvallinen käyttää vielä kaksi vuotta eteenpäin, jolloin kyseinen verkon osa tulee saneerattavaksi. Verkkoyhtiöillä on olemassa tietty toimintasuunnitelma, josta nähdään seuraavien vuosien saneeraus- ja rakennuskohteet, kuten aiemmin tekstissä mainittu lakikin määrää. (Heikkilä 2010.)

Sähköverkon huoltaminen pidentää sähköverkon elinkaarta. Nopealla ja tehokkaalla huoltamisella saadaan kestävä ja tuottoisa sähköverkko. Lisäksi vältytään turhilta sähkökatkoilta, jotka pystytään ennakoidaan jo pitkään ennen vian lopullista syntyä. Esimerkkinä voidaan käyttää sähkölinjan raivausta, joka voidaan tehdä hyvissä ajoin, kun nähdään, että jokin puu on kaatumassa linjan päälle, eikä odottaa, että tykkylumen painosta puu kaatuu linjan päälle. (Heikkilä 2010.)

### 2.3 Sähkön jakeluverkon kunnonvalvonta

Jakeluverkkojen kunnonvalvonnalla pyritään pitämään sähköverkot luotettavassa ja turvallisessa kunnossa. Jakeluverkon kunnonvalvonnalla tarkoitetaan kuntotarkastuksien tekemistä jakeluverkkoon. Kuntotarkastuksia koskevat säädökset on erikseen lailla määrätty. Jakeluverkon luotettavuus on sähkön varmaa jakamista aina sähköasemalta sähkönkäyttäjälle ilman häiriöitä verkossa, jotka voidaan verkkoa huoltamalla välttää. Jakeluverkon turvallinen kunto on tärkeää verkon parissa työskenteleville henkilöille kuin myös verkon läheisyydessä liikkuville henkilöille, eläimille tai omaisuudelle. Kunnonvalvonnalla pyritään olemaan valmiina sähköverkkoon liittyviin huolto-toimenpiteisiin ja ennakoimaan tietyt alueet, joihin voidaan kohdistaa tarvittavat huolto- ja korjaustoimenpiteet.

Jakeluverkoista kerättävien kuntotietojen on oltava luotettavia. Ei ole myöskään taloudellisesti kannattavaa käydä tarkastamassa samaa kohdetta useaan kertaan, joten on pystyttävä luottamaan tarkastajaan ja hänen ammattitaitoonsa minkä vuoksi kuntotarkastuksen ohjeistuksen oltava riittävän yksikäsitteisesti määriteltä. Tällä hetkellä kunnossapidosta eli kuntotarkastuksista huolehtii ihminen, joten tarkastuksien välillä voi olla pieniä eroja riippuen tarkastajan ammattitaidosta ja kokemuksesta. Lisäksi suuri rooli tarkastuksissa on tarkastajan asenteella. (Heikkilä 2010.)

Sähköverkon kunnonvalvonta on perusta sille, mihin osaan kohdistetaan verkon saneeraus. Tällöin saadaan kustannustehokkain verkon huolto, ja korjaustoimenpiteet kohdistuvat suoraan sitä eniten vaativiin alueisiin.

### 2.4 Jakeluverkon kuntoisuustietojen käyttö

Jakeluverkon kuntotarkastuksia tekemällä saadaan verkosta kuntoisuustietoja. Jakeluverkon kuntoisuustietojen käytön avulla pystytään muodostamaan verkosta kokonaiskuva, jonka pohjalta voidaan todeta sen todellinen kunto, ja siten on helpompi suunnitella verkkoon kohdistuvia toimenpiteitä. Kuntoisuustietojen avulla saadaan verkosta todellinen kuva, joka perustuu konkreettisesti verkon

kuntoon, eikä ainoastaan laskennallisiin tuloksiin. Tämän pohjalta on helpompaa suunnitella verkkoon laajempiakin toimenpiteitä. Täten kunnossapito voidaan kohdistaa suoraan niille alueille, joissa saadaan paras hyöty. Tällainen verkon huoltaminen on myös kustannustehokkainta verkkoyhtiön kannalta ja huomattavasti asiakasystävällisempää johtuen paremmasta sähkön toimitusvarmuudesta. (Heikkilä 2010.)

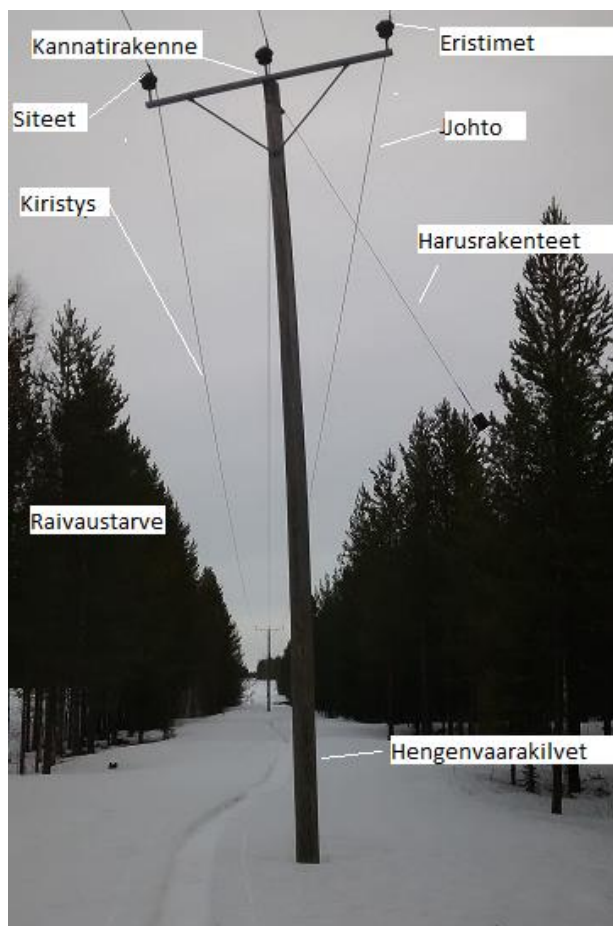
Verkon kuntoisuustiedot perustuvat tarkastajan maastosta keräämiin tuloksiin, jotka kirjataan verkonhaltijan verkkotietojärjestelmään, josta niitä voidaan seurata ja huolehtia niiden korjauksista. Kun tarkastettavalle kohteelle on annettu tietyt kiireellisyysluokat, pystytään myöhemmin verkkotietokannasta hakemaan kiireellisyysluokkiin perustuen välittömästi korjattavat sekä myöhemmässä vaiheessa korjattavat kohteet. Kuntoisuustiedoista muodostettujen raporttien pohjalta pystytään muodostamaan kokonaiskuva verkosta sekä laatimaan aikajana, joka kertoo kuinka kauan verkko vielä kestää ja onko kohde mahdollista jättää seuraavaan tarkastukseen, jolloin verkon vika on todennäköisesti edennyt jo tiettyyn pisteeseen. Aikajanasta pystytään tulkitsemaan, kestävätkö esimerkiksi pylväät vielä seuraavaan tarkastukseen ja pysyykö verkko turvallisessa ja luotettavassa kunnossa seuraavaan tarkastukseen saakka. Lisäksi pystytään suunnittelemaan linjalle parempi reititys tulevaisuudessa, jos linjan nykyinen reitti sijaitsee vaikeasti hallittavalla alueella ja aiheuttaa verkkoon vikoja. Näissä tapauksissa verkon siirtämisestä esimerkiksi teiden varsille olisi hyvä miettiä. Kuntoisuustiedot perustuvat hyvin pitkälti sähkönjakeluverkoissa olemassa oleviin kuntoisuustietoihin ja erityisesti tarkastuksia tekevän avainhenkilön ammattitaitoon ja kokemuksen tuomaan tietoon. (Heikkilä 2010).

### 3 20 KV ILMAJOHDON KUNTOTARKASTUKSET

Ilmajohdonkuntotarkastuksissa tarkastettaviin kohteisiin kuuluvat 20 kV avojohdot ja päällysteiset ilmajohdot. 20 kV ilmajohtojen tarkastuksiin sisältyvät johdot, pylväsrakenteet, harusrakenteet ja pylväserotinrakenteet.

#### 3.1 Johto

Johtoa tarkastettaessa, tarkastajan tulee ottaa huomioon johtoon vaikuttavat tekijät ja johtimen rakenteellinen kunto. Tarkastukseen kuuluu johdon, kiristysten, kannatinrakenteen, eristimien, johdinsiteiden, johdinliitosten, PAS- valokaaresuojien, maadoitusten, hengenvaarakilpien, varoituss nauhojen, raivaustarpeen ja yksittäisen puun tarkastaminen. Kuvassa 1 on esitetty yleisimmät ilmajohdon rakenteen osat. Alla on eritelty näiden johdon osa-alueiden tarkastaminen:



Kuva 1. Ilmajohdon rakenteet.

## 1. Johto

Tarkastetaan johtojen kunto. Etsitään mahdollisia säie- tai muita johdon rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä. Kuten kuvasta 2 huomataan, johtimen rakenne on vioittunut. Syy vioittumiseen voi olla esimerkiksi se, että salama on lyönyt lankaan.



Kuva 2. Tarkastuksissa tulee kiinnittää huomiota johtojen kuntoon.

## 2. Kiristykset

Tarkastetaan johtojen kiristykset liian löysiltä tai liian kireiltä johtokiristyksiltä. Esimerkiksi liian löysä kiristys voi aiheuttaa vaaraa johdon alla liikkuville koneille.

## 3. Kannatinrakenne

Kannatinrakenne on johtoa ilmassa kannatteleva osa. Tarkastetaan kannatinrakenteiden kunto ja varmistetaan, ettei ole vaaraa johdon irtoamiselle.

#### 4. Eristimet

Eristimien tarkastaminen on oleellista mahdollisten läpilyöntien tai rikkoontumisten takia. Kuvasta 3 nähdään ylijännitteen aiheuttama läpilyönti eristimessä. Tarkastajan voi olla vaikeaa nähdä maasta eristimen kunto. Pahimmassa tapauksessa pylväs voi palaa poikki vuotavan eristimen takia, kuten kuvasta 4 nähdään.



Kuva 3. Läpilyönti 20 kV tappieristemessä.



Kuva 4. Eristinvian vuoksi pylväs on palanut poikki orren vinositeen kohdalta.

## 5. Johdinsiteet, -pitimet

Johdinsiteillä ja -pitimillä tarkoitetaan johdon kiinnittämiseen eristimille käytettyä sidettä tai pidintä.

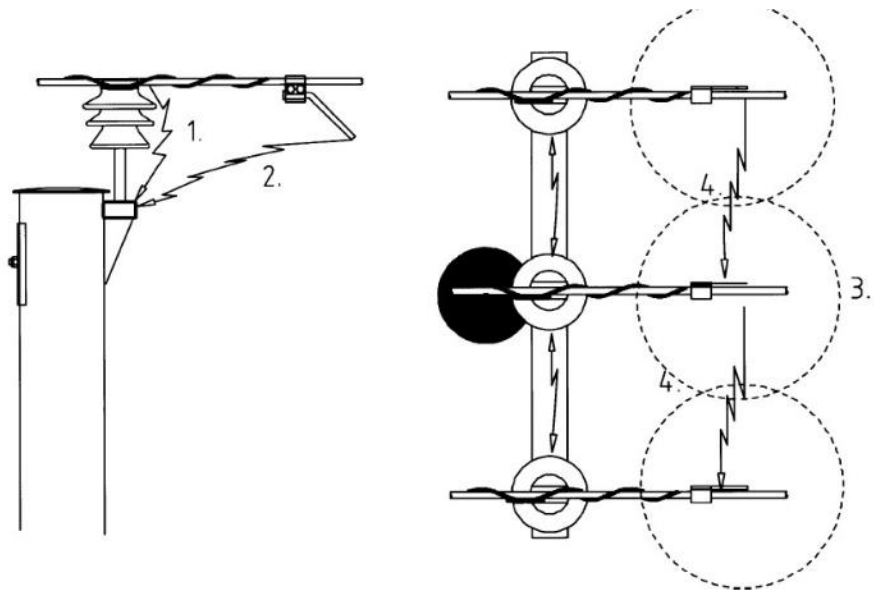
## 6. Johdinliitokset, jatkot

Tarkastetaan johdinliitokset sekä jatkot.

## 7. PAS- valokaarisuojat

PAS- johdot on suojattava ylijännitteen aiheuttamalta valokaarelta, koska paikalleen jäävä valokaari polttaa johdon poikki. Tähän tarkoitukseen on kehitetty valokaarisuojaksi niin sanottu kipinäsarvi. Kipinäsarven tehtävä on ohjata valokaari palamaan riittävän kauaksi johdosta. Valokaari ohjataan palamaan eristimen ja kipinäsarven väliin. Tästä valokaari leviää muiden vaiheiden väliin ja aiheuttaa suojauksen nopean toimimisen. Tämä on havainnollistettu kuviossa 2. (Ensto 2016.)

PAS- johdon suojaukseen voidaan käyttää myös virtaa rajoittavia More-suojia. More- suojiilla vältytään jälleenkytkennöiltä verkossa. (Ensto 2016.)



Kuvio 2. PAS- johdon kipinäsarvien toimintaperiaate (Ensto 2016).



Tarkastajan tulee kiinnittää huomiota edellä mainittujen suojausten eheyteen, jolloin varmistutaan siitä, että kipinäsarvet ja Moret ovat kunnolla kiinni linjassa ja niiden kärjet ovat ehyet.

#### 8. Maadoitukset

Maadoitusten eheys sekä niiden kunto tarkastetaan. Maadoituksen tulee olla jatkuva ja liitoksien on oltava kunnossa.

#### 9. Hengenvaarakilvet

Hengenvaarakilpien eheys ja niiden sijoittuminen on tarkistettava.

#### 10. Varoitusnauhat ja -kilvet

Etenkin muuntamoilla ja yhteiskäyttöpylväillä on tarkastettava varoitusnauhojen kunto ja olemassaolo. Muusta vaarasta varoittavien kilpien kunto ja olemassaolo tarkastetaan myös.

#### 11. Etäisyysvaatimukset

Varmistetaan johtojen riittävä etäisyys muuhun rakenteeseen tai ympäristöön.

#### 12. Raivaustarve

Tarkastetaan johtoalueen riittävyys ja että, onko tarkastettavalla johtoalueella raivaustarvetta, kuten oksimista tai aluskasvillisuuden raivausta.

#### 13. Yksittäinen puu

Tarkistetaan, onko johtoalueella tarvetta yksittäisen puun kaatamiselle. Yksittäisiä puita voi kasvaa sähkölinjalle ja niiden kaato tulee ajankohtaiseksi, kun ne ovat vaaraksi linjan toiminnalle (Kuva 5).



Kuva 5. 20 kV linjan alla tarve yksittäisen puun kaadolle.

### 3.2 Pylväsrakenteet

Ilmajohdon pylväsrakenteilla tarkoitetaan yleisesti pylväiden kuntoa sähköverkon turvallisen käytön kannalta. Pylväsrakenteiden tarkastamiseen kuuluu kallistumat pylväissä, pylvään kunto, upotussyvyys, tukirakenteet ja latvasuojus. Pylväiden tarkastamisella pystytään ennakoimaan huomattavasti vikojen aiheutumisia. Kuvassa 6 on pylväs kaatunut sen vuoksi, että pylväs on lahonnut niin paljon tyvestä, ettei se ole enää pysynyt pystyssä, vaan on kaatunut itsekseen. Tarkastaja arvioi pylvään lahoisuuden tarkastelemalla pylvästä silmämääräisesti koko matkalta, tämän jälkeen tarkastaja koputtelee pylvään tyveä esimerkiksi vasaralla jolloin hän pystyy arvioimaan pylvään lahoisuutta, tarkastajalta vaaditaan tässä kohtaa kokemusta pylväiden kunnon arvioinnissa. Upotussyvyys voidaan tarkastaa pylväessä olevasta leimasta. Leima on tehtaalla lyöty 3 metrin korkeuteen tyvestä. Tarkastaja katsoo myös onko pylvään latvassa suojusta, eli pylväshattua joka estää veden pääsyn pylvään latvaan koska kosteuden pääsy latvan sisään aiheuttaa pylväeseen latvalahoa. Tukirakenteisiin kuuluvat pylvästä tukevat rakenteet.



Kuva 6. Tyvestä lahonnut pylväs on kaatunut ja on sen vuoksi aiheuttanut toimintahäiriötä sähköverkkoon.

### 3.3 Harusrakenteet

Harusrakenteiden kunto on tärkeää tarkastaa huolella, harusrakenteiden puutteellinen kunto voi aiheuttaa jopa pylvään kaatumisen. Harusrakenteiden tarkastamisessa tulee kiinnittää huomiota harusten kiinnitykseen sekä vaijerin kuntoon. Harusrakenteiden tarkastamiseen kuuluu harusankkurin, harusköyden, harussilmuksen ja haruseristimien tarkastaminen. Alla on eritelty eri harusrakenteiden osa-alueiden tarkastaminen:

#### 1. Harusankkuri

Harusankkurin tarkastaminen voi olla haasteellista pelkästään aistinvaraisella tarkastuksella. Harusankkuri voi olla syöpynyt, jopa melkein poikki maan alta. Tämä voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa pylvään kaatumisen.

## 2. Harusköysi

Harusköyden tarkastamisessa olennaisinta on vaijerin kunto pylväässä. Yleisesti tarkastetaan, onko vaijerissa murtumia, säievikoja tai muuta poikkeavaa. Monesti vanhoissa pylväsrakenteissa ei ole käytetty haruksen kiinnittämisessä pylväaseen harussinkilöitä, jotka estävät harusvaijerin pureutumisen pylväaseen. Tästä syystä pylväs voi mennä poikki pylvään heiketessä. (Kuva 7).



Kuva 7. 20 kV kulmapylväs poikki. Harusvaijeri on heikentänyt pylvään kuntoa.

## 3. Harussilmus

Harussilmuksen tarkastuksessa tarkastetaan silmuksen kunto ja se, onko silmuksen upotussyvyys riittävä. Silmus voi olla liian korkealla maasta seuraavista syistä: maa on painunut kaivamisen jälkeen, harustanko on syöpynyt poikki ja tanko lähtenyt nousemaan maasta tai harusankkuri on pettänyt.

#### 4. Haruseristimet

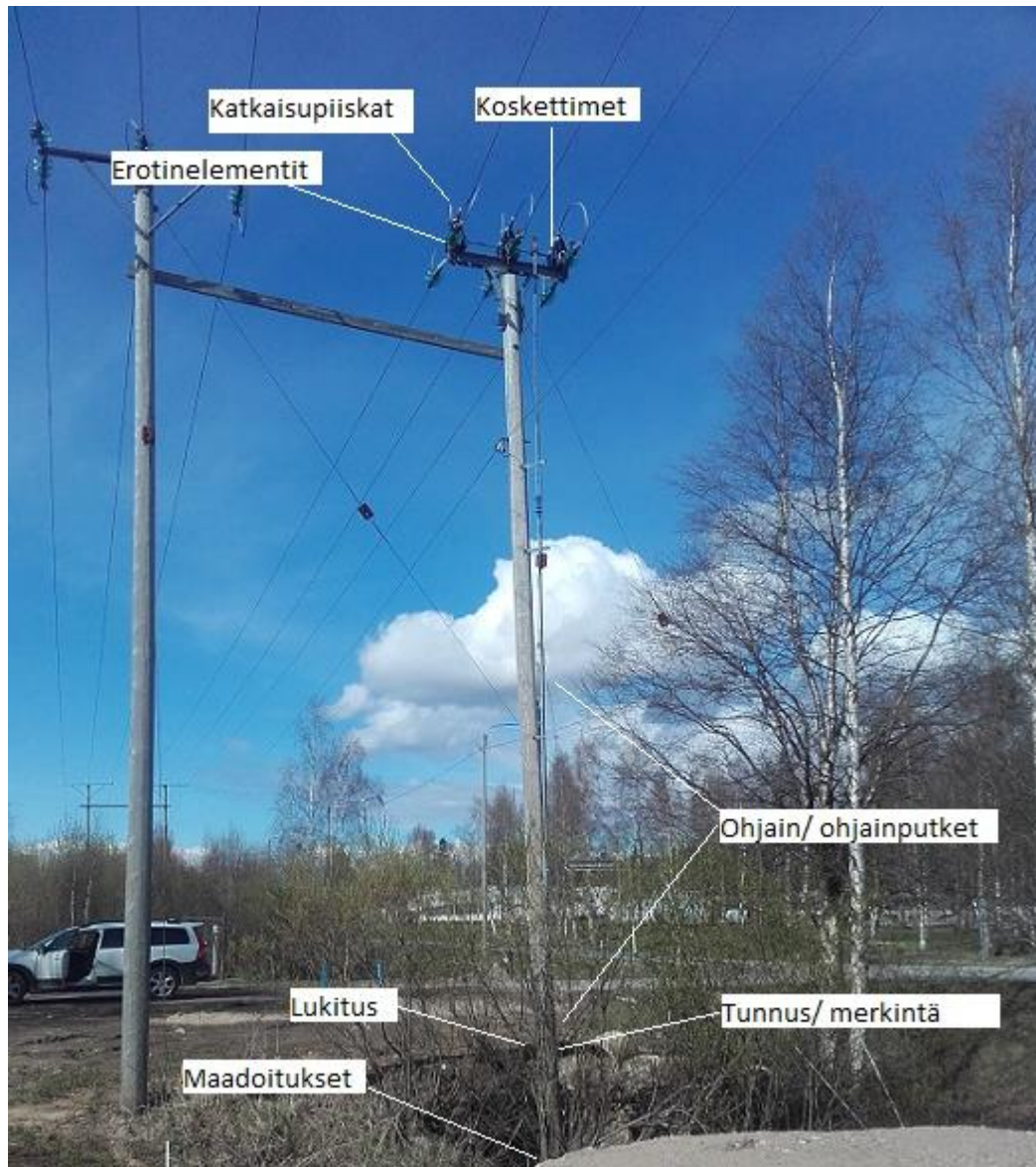
Harusvaijereita tarkastettaessa varmistetaan myös vaijerissa olevat eristyspalat. Harusvaijereissa eristyspaloja käytetään yleisesti keskijänniteverkoissa. Haruseristimien tehtävä on vikatilanteessa estää jännitteen siirtyminen vaijeria pitkin maahan.

#### 3.4 Pylväserottimet

Pylväs- eli johtoerottimet ovat keskijänniteverkossa olevia yksittäisiä tai useamman erottimen kokonaisuuksia, jolloin niitä kutsutaan erotinasemiksi. Erottimien avulla sähköverkkoon voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä sähköverkon huollossa, kunnossapidossa ja verkon häiriötilanteissa. Erottimien avulla pystytään rajamaan sähköjakelualueita ja esimerkiksi häiriötilanteessa pystytään mahdollisimman pieni alue rajaamaan sähköttömäksi. (Kaarlela 2002.)

Pylväserottimia on kahdentyyppisiä: katkaisupiiskalla tai katkaisukammiolla varustettuja. Näiden tehtävä on estää valokaaren palaminen pääkoskettimien välissä. Katkaisupiiska avautuu varsinaisten pääkoskettimien avautumisen jälkeen jousen voimalla, jolloin valokaari ei ehdi syttyä piiskan nopean avautumisen johdosta. Kammiollisilla erottimilla lopullinen katkaisu tapahtuu suljetussa kammiossa, jossa jousi avaa koskettimet. Kammiolliset erottimet omaavat huomattavasti suuremman katkaisukyvyyn suuremmilla kuormilla. (Kaarlela 2002.)

Pylväserotinrakenteiden tarkastamiseen kuuluu merkintöjen, lukitusten, ohjaimen, erotinelementtien, katkaisupiiskojen, koskettimien ja maadoitusten tarkastaminen. Kuvassa 8 on esitetty pylväserottimen eri rakenneosat. Alla on eritelty pylväserotinrakenteiden eri osa-alueiden tarkastaminen:



Kuva 8. Pylväserottimen tarkastettavat osat.

### 1. Tunnus, merkintä

Pylväserottimista on löydyttävä erottimen numero. Jokaisella erotinasemalla on oltava kaikille erottimille oma numero. Erottimien numeroinnilla ja nimeämisellä helpotetaan erotinta käyttävän asentajan oikean erottimen löytäminen ja ohjaaminen.

## 2. Lukitus

Erottimen ohjaamiseen käytettävä ohjain on voitava lukita erottimen tahtomalta käytöltä. Tarkastajan on myös hyvä tarkastaa lukon kunto.

## 3. Ohjain, ohjainputket

Ohjaukseen käytettyjen putkien ja ohjainten kunto tarkastetaan. Näissä on tärkeää kiinnittää huomiota niiden kiinnityspylvääseen.

## 4. Erotinelementit

Erottimen elementtien tulee olla ehjiä. Elementtien eristimiin tulee kiinnittää eniten huomiota läpilyöntien ja eristimien eheyden kannalta.

## 5. Katkaisupiiskat ja -kammiot

Katkaisupiiskojen ja -kammioiden kunto tarkastetaan. Nämä ovat tärkeitä suojaerottimen pääkoskettimien kunnon säilymiseksi.

## 6. Koskettimet

Koskettimien kunto tarkastetaan aistinvaraisesti, eli tarkastellaan, ovatko koskettimet ehyet ja näkykö niissä sulamisen jälkiä. Lisäksi voidaan kuuntelemalla kuulla, jos koskettimien kontakti on huono.

## 7. Maadoitukset

Varmistetaan maadoitusjohtimien eheys ja se, että maadoitusjohdin on jatkuva maahan asti. Maadoituksien suoja-putket tulee myös tarkastaa.



#### 4 20 KV MAAKAPELIVERKON KUNTOTARKASTUKSET

Maakaapeliverkon tarkastuksissa tarkastellaan kaapelin näkyvää osaa ja sen kuntoa. Eniten tulee kiinnittää huomiota kaapelipäätteiden kuntoon ja usein huomaamatta on jäänyt pylväissä olevan suojaraudan painaminen kaapelin kuoreen kaapelin noustessa maasta maan liikkumisen johdosta.

Kaapelin tarkastuksessa keskitytään kaapelin päällysteen, kaapelipäätteen, kaapelin kiinnityksen, kaapelin mekaanisen suojaus, ylijännitesuojien, maadoitusten ja kaapelimerkintöjen tarkastamiseen. Nämä eri osa-alueet on lueteltu alla:

##### 1. Kaapelin päällyste

Tarkastetaan, että kaapelin kuori on ehjä ja siinä ei näy halkeamia, reikiä tai painaumuksia.

##### 2. Kaapelipääte

Kaapelipäätteestä tarkastetaan purkausjälkiä ja sen ulkoista kuntoa. Kuten kuvasta 9 nähdään, on päätteen pintavirran kestävä letku revennyt ja auennut. Pääte on näin ollen alttiina kosteudelle.



Kuva 9. 20 kV kaapelipäätteen pintavirrankestävä letku revennyt.



### 3. Kaapelin kiinnitys

Kaapelin kiinnitys rakenteisiin tulee tarkastaa ja tarkastusta tehdessä kannattaa kiinnittää huomiota kaapelikiinnikkeiden alla olevan kaapelivaipan eheyteen.

### 4. Kaapelin mekaaninen suojaus

Kaapelin mekaanista suojausta käytetään yleisimmin kaapelin nousussa pylvääseen, jolloin käytössä on kaapelin päälle asetettava suojakouru. Suojakourut ovat yleisimmin raudasta valmistettuja, mutta nykyisin ovat yleistymässä muoviset suojakourut. Tarkastuksissa varmistetaan suojan olemassaolo.

### 5. Ylijännitesuojat

Maakaapeliverkon ylijännitesuojaus toteutetaan venttiilisuojilla. Kun kaapeli on keskellä avojohtoverkkoa, tulee kaapeli suojata molemmista päistä omilla ylijännitesuojilla. Jos kaapelin pituus on 30- 50 metriä, riittää kaapelin suojaaminen kaapelin loppupäästä. Kun kaapeli sijaitsee syöttävän verkon loppupäässä ja pituus on vähintään 1- 2 kilometriä, periaatteessa kaapeliverkon loppupäätä ei tarvitsisi suojata, koska kaapelin ajatellaan suojaavan itse itsensä. (Ahonen 2010) Ylijännitesuojille tehdään ulkoinen tarkastus, eli tarkistetaan missä kunnossa on eheys, siisteys ja sijoitus.

### 6. Maadoitukset

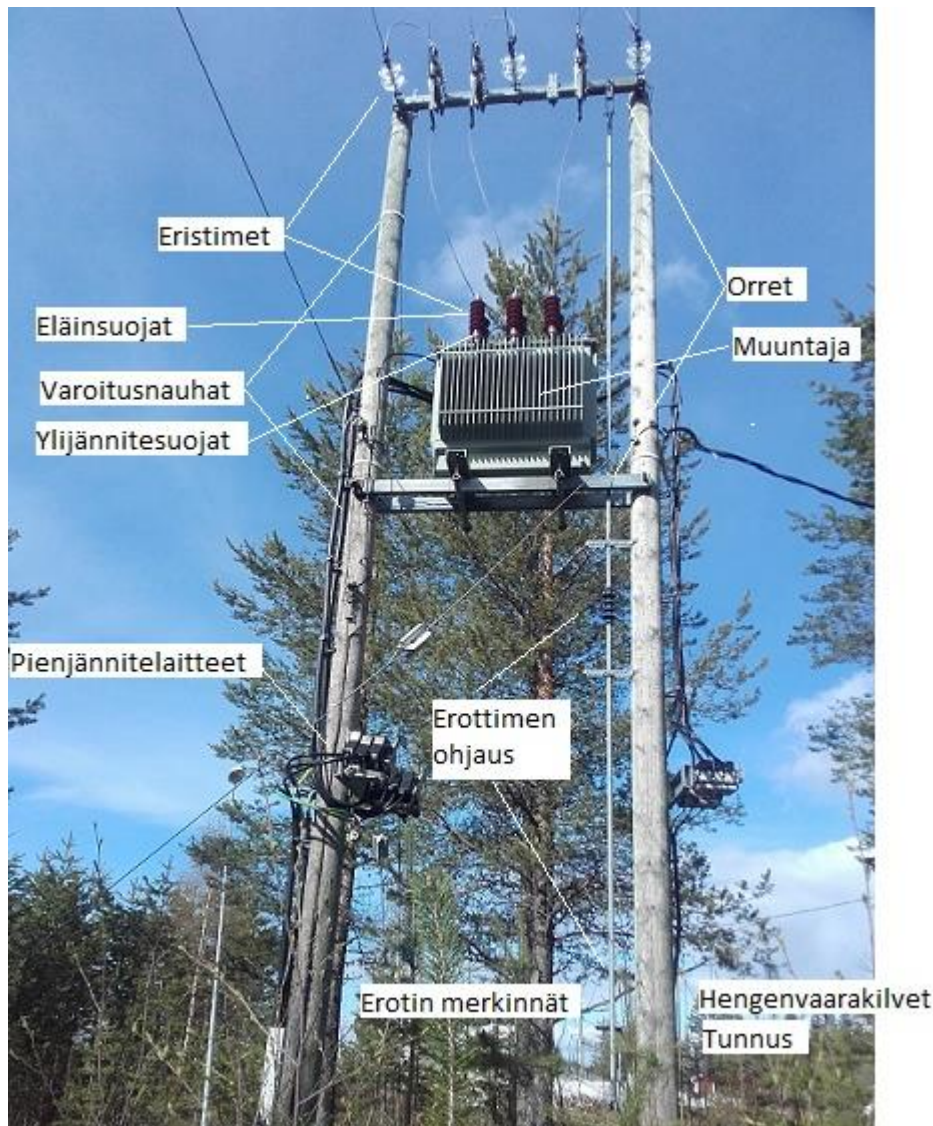
Kaapeliverkolla varmistetaan, että maadoitukset ovat kunnossa. Tarkastetaan niiden eheys ja jatkuvuus maahan asti.

### 7. Kaapelimerkinnot

Tarkastetaan kaapelimerkintöjen olemassaolo ja niiden riittävyys.

## 5 20 KV PYLVÄSMUUNTAMON KUNTOTARKASTUKSET

Pylväsmuuntamoiden tarkastaminen vaatiikin hieman enemmän keskittymistä tarkastusta suorittavalta henkilöltä. Pylväsmuuntamoissa on monta eri kohtaa jotka tarkastajan tulee huomioida. Tarkastaminen on jaettu kuuteen eri osaan, jotta tarkastuksia tehtäessä on helpompi keskittyä yhteen osaan kerralla. Pylväsmuuntamon tarkastaminen on jaettu yleisen osan, keskijännitelaitteiden, muuntajan, pienjännitelaitteiden, maadoitusten ja muun osan tarkastamiseen. Kuvassa 10 on esitetty eri pylväsmuuntamon rakenne. Edellä mainitut eri osat alueet on lueteltu alla:



Kuva 10. Pylväsmuuntamon tarkastuksen osat.

## 5.1 Yleistä

Pylväsmuuntamon tarkastuksessa yleiseen osaan kuuluu hengenvaarakilpien, tunnuksien, erotinmerkintöjen, pääkeskuksen tunnuksen, varoitusnauhojen, etäisyysvaatimusten, sijainnin, turvallisuuden, raivaustarpeen ja dokumentoinnin tarkastaminen. Näiden eri osa-alueiden tarkastaminen on eritelty alla olevassa luettelossa.

### 1. Hengenvaarakilvet

Pylväsmuuntamoilla tulee tarkistaa hengenvaarakylttien olemassaolo ja niiden kunto. Tarvittaessa hengenvaarakyltit olisi hyvä uusida tarkastuksen yhteydessä.

Kaikki sähkötilojen ulkopuolella olevat suurjännitelaitteet, kuten pylväsmuuntamot on varustettava sähkönvaarallisuudesta ilmoittavalla kilvellä (Sesko ry 2009).

### 2. Muuntoaseman tunnus

Muuntoaseman tunnus on oltava nähtävillä muuntamon välittömässä yhteydessä ja se on oltava helposti luettavissa.

### 3. Erotinmerkinnät

Erotinmerkinnöillä tarkoitetaan muuntajaerottimen kiinni- ja auki-asennon merkkäamista. Näitä merkintöjä ei vanhoissa asennuksissa ole olemassa, mutta uudemmissa muuntamoista nämä ovat löydettävissä erotinohjaimesta tai kiinnitettynä pylväaseen ohjaimen välittömään läheisyyteen.

#### 4. Pääkeskuksen tunnus

Mikäli muuntamolla on olemassa oma pääkeskus, josta jaetaan sähköä eteenpäin 0,4 kV jännitteellä, tulee pääkeskuksesta löytyä keskuksen tunnus.

#### 5. Varoitusnauhat

Yläpuolisesta sähköstä varoittavien nauhojen on löydyttävä muuntamopylväistä.

#### 6. Etäisyysvaatimukset

Varmistetaan muuntamon jännitteellisten osien etäisyydet muuhun rakenteeseen ja riittävyys.

#### 7. Sijainti ja turvallisuus

Tarkastellaan muuntajan sijaintia ja turvallisuutta ympäristöön. Mietitään, pystytäänkö tietyillä toimenpiteillä parantamaan muuntamon turvallisuutta.

#### 8. Raivaustarve

Tarkastellaan, onko muuntamon ympäristössä raivaustarvetta.

#### 9. Dokumentit

Pylväsmuuntamoiden dokumentit tulee löytyä verkonhaltijalta.

### 5.2 Keskijännitelaitteet

Pylväsmuuntamon keskijännitelaitteiden tarkastamiseen kuuluu kaikkien keskijänniterakenteiden tarkastaminen, näitä ovat kj- orret, eristimet, pitimet, siteet,

erottimet, kytkentäjohtimet, työmaadoituksen liitäntä ja ylijännitesuojat. Näiden eri osien tarkastaminen on lueteltu alla olevassa luettelossa:

1. Kj- orret, eristimet, pitimet ja siteet

Tarkastellaan muuntamon rakenteiden kuntoa, varmistetaan orsien, eristimien, pitimien ja siteiden eheys. Eristimiä tarkastettaessa tulee kiinnittää huomiota läpilyöntijälkiin, ja että eristimen ulkokuori on ehjä.

2. Erottimet, ohjain, lukitus

Tarkastellaan erottimen kuntoa, varmistetaan elementtien kunto (koskettimet, katkaisupiiskat, eristimet), ohjaimen kiinnitys ja ohjaimen lukitus.

3. Kytkentäjohtimet

Tarkastetaan kytkentäjohtimien eheys.

4. Työmaadoituksen liitäntäkohta

Uudemmissa muuntamoissa on erikseen rakennettu liitäntäkohta työmaadoituslaitteille.

5. Ylijännitesuojat

Tarkastellaan ylijännitesuojien eheys. Vanhemmissa muuntamoissa on ollut myös käytössä kipinävälisuojaus ilman venttiilisuoja. Kipinäväli voi olla toteutettuna muuntajan kannelle tai muuntamon latvaan eristinketjujen yhteyteen.

### 5.3 Muuntaja

Muuntajan tarkastuksessa keskitytään itse muuntajakoneen kunnan tarkastamiseen. Muuntajakoneen tarkastamiseen kuuluu muuntajan kiinnityksen, muuntajan rungon, öljysäiliön, öljymäärän, muuntajan väliottokytkimen asennon, eristimien ja eläinsuojausten tarkastaminen. Nämä muuntajaan liittyvät tarkastukset on lueteltu alla:

#### 1. Muuntajan kiinnitys

Tarkastellaan muuntajan kiinnitys orsirakenteisiin.

#### 2. Muuntajan runko, öljysäiliö, öljymäärä

Tarkastellaan muuntajan rungon kuntoa ja sitä, näkyykö rungossa öljyvuodosta merkkejä. Öljymäärä tulee tarkastaa muuntajassa olevasta lasisilmästä.

#### 3. Muuntajan väliottokytkimen asento

Väliottokytkimen asento olisi hyvä varmentaa sen vuoksi, että verkkoyhtiön laskenta ohjelmassa olisi oikea väliottokytkimen arvo, koska tämä vaikuttaa muuten virheellisesti laskentaan. Tulee kuitenkin muistaa, että jännitteellisen muuntajan väliottokytkimen asentoa ei voida turvallisesti tarkastaa.

#### 4. Muuntajan eristimet

Muuntajan eristimet tarkastetaan silmämääräisesti ja varmistetaan niiden eheydestä.

#### 5. Eläinsuojaukset

Vanhemmissa muuntajissa on harvemmin käytetty eläinsuojauksia. Ne olisi kuitenkin hyvä lisätä jälkikäteen, jolloin vältetään eläinten

aiheuttamilta katkoilta ja muuntajan rikkoontumisilta. Muuntajan jännitteelliset keskijännite- ja pienjännitenavat suojataan muovikoteloilla.

#### 5.4 Pienjännitelaitteet

Pienjännitelaitteiden tarkastamisessa keskitytään muuntajan 0,4 kV rakenneosien tarkastamiseen. Muuntajan pienjännitepuolen rakenteisiin kuuluu pj-keskuksen, -kaapin, pylväskytkimien, pj-keskuksen syöttö, -lähtöjohtojen ja sulakemerkintöjen tarkastaminen. Nämä eri osat on lueteltu alla:

1. Pj- keskus, -kaappi ja pylväskytkimet

Tarkastetaan pienjännitelaitteiden kunto ja varmistetaan niiden eheydestä ja toimintakunnosta.

2. Pj- keskuksset, syöttö ja lähtöjohdot

Muuntajalta lähtevien johtojen kunto tarkastetaan ja varmistetaan niiden eheydestä.

3. Pj- johtojen lähtö- ja sulakemerkinnät

Pienjännitejohdoista tulee löytyä sulakekokojen merkinnät ja lähtönumerot. Sulakekokomerkinnät sijoitetaan pylväsvarokekytkimeen, josta nähdään myös lähtönumero. Lähtöjohtojen numerot merkitään myös muuntamosta lähtevään johtoon.

## 5.5 Maadoitukset

Pylväsmuuntamon maadoitusten tarkastamisessa keskitytään maadoitusjohtimien, niiden kiinnitysten ja liitosten sekä maadoitussuojaputkien tarkastamiseen. Maadoitusten eri osat on lueteltu alla:

### 1. Maadoitusjohtimet ja elektrodit

Varmistetaan muuntamon maadoitusjohtimien kunto ja se, että ne ovat ehyet ja että niillä on jatkuvuus maahan asti.

### 2. Maadoitusjohtimien kiinnitykset ja liitokset

Varmistetaan maadoitusjohtimien kiinnitys ja liitosten eheys.

### 3. Maadoitussuojaputket

Varmistetaan maadoitussuojaputkien eheys. On syytä kiinnittää huomiota suojaputkeen ja sen riittävyteen maahan saakka.

## 5.6 Muut

Muiden osien tarkastamiseen kuuluu pylväsmuuntamon pylväsrakenteiden, tukirakenteiden ja harusrakenteidentarkastaminen. Tarkastuksia tehdessä tulee keskittyä pylväiden ja harusrakenteiden kunnon tarkastamiseen. Alla on lueteltu näiden osien tarkastaminen:

### 1. Pylväs- ja tukirakenteet

Tarkastetaan pylväiden kunto, eli ovatko pylväät ehyet vai esimerkiksi tikan hakkaamat, tai onko havaittavissa lahoamista tyvessä tai latvassa. Harusrakenteet voivat myös useimmin haurastuttaa pylvästä pureutumalla puuhun.



## 2. Harusrakenteet

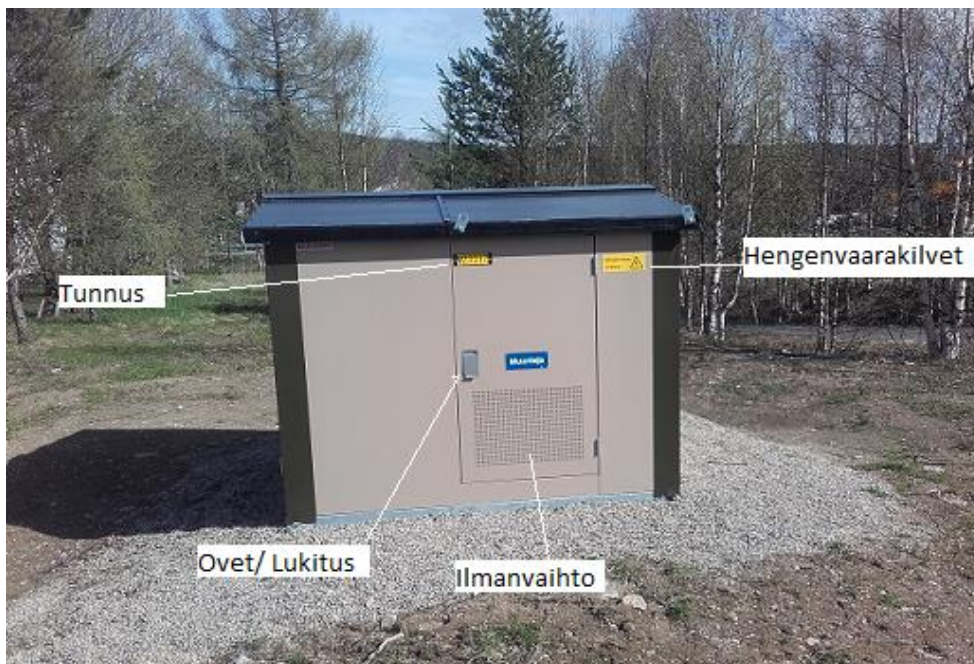
Tarkastetaan harusrakenteiden kunto ja kaikki harukseen liittyvä, kuten kiinnitys, vaijeri, silmus ja ankkurointi.

## 6 20 KV PUISTOMUUNTAMON KUNTOTARKASTUKSET

Puistomuuntamo on maakaapeliverkossa sijaitseva muuntamo. Puistomuuntamo on rakennus, johon ei ole ulkopuolista pääsyä. Puistomuuntamoita tarkastessa on hyvä kiinnittää huomiota niiden sisäpuoliseen kuntoon. Puistomuuntamoiden tarkastaminen on jaettu osiin kuten pylväsmuuntamoiden tarkastaminenkin. Osat on jaettu yleisiin, keskijännitelaitteisiin, pienjännitelaitteisiin ja maadoituksiin.

### 6.1 Yleistä

Puistomuuntamon yleisen osan tarkastamiseen kuuluu muuntoaseman tunnuksen, hengenvaarakilpien, ovien, ovien lukitus, etäisyysvaatimusten, sijainnin, muuntamon kunnan, likaisuuden, ilmanvaihdon, dokumentoinnin, raivaustarpeen, sulakkeiden vaihtovälineiden, työskentelysuojien, erottimien ohjaussauvojen ja ensiapuhjeiden tarkastamiseen. Kuvassa 11 on esitetty kuvan avulla puistomuuntamon ulkopuolinen tarkastus. Edellä mainittujen osien tarkastaminen on lueteltu alla:



Kuva 11. Puistomuuntamon ulkopuolinen tarkastus.

### 1. Muuntoaseman tunnus

Muuntoaseman tunnuksen on oltava nähtävillä muuntamon välittömässä yhteydessä ja sen on oltava helposti luettavissa.

### 2. Hengenvaarakilvet

Puistomuuntamon ulkopuolella on oltava hengenvaarasta varoittavat kilvet, joiden on oltava helposti nähtävillä muuntamon sivulla, josta sinne on mahdollisuus päästä sisälle.

### 3. Ovet ja ovien lukitus

Muuntamon ovien on oltava lukossa ja niiden on oltava toimivassa kunnossa sekä ehyet.

### 4. Etäisyysvaatimukset, sijainti

Tarkastellaan muuntajan sijaintia ja turvallisuutta ympäristöön. Mietitään, pystytäänkö tietyillä toimenpiteillä parantamaan muuntamon turvallisuutta.

### 5. Muuntamon kunto

Tarkastellaan muuntamon ulkoista kuntoa ja varmistetaan, että muuntamo on turvallisessa kunnossa.

### 6. Likaisuus

Puistomuuntamot keräävät hyvinkin paljon pölyä riippuen sijainnista. Puistomuuntamoita olisi hyvä siivota silloin tällöin, ja tarkastajan tulee kiinnittää tähän huomiota sekä merkitä tarkastuspöytäkirjaan, jos muuntamo vaatii puhdistusta.

## 7. Ilmanvaihto

Puistomuuntamon ilmanvaihdosta on tärkeää huolehtia, jotta maasta nouseva kosteus pääsee haihtumaan pois puistomuuntajan sisältä. Lisäksi ilmanvaihdolla jäähdytetään rakennuksen sisäilmaa ja näin muuntajan tuottama lämpö pääsee haihtumaan pois rakennuksen sisältä.

## 8. Kaaviot, dokumentit

Tarkastetaan, että muuntamosta löytyy kaikki tarvittavat dokumentit ja kaaviot liittyen muuntamon sulakekokoihin, kaapeleihin ja lähtöihin. Dokumentit helpottavat muun muassa vian paikantamista.

## 9. Raivaustarve

Tarkastaja havainnoi, onko muuntamon ympäristössä tarpeellista raivata.

## 10. Sulakkeiden vaihtovälineet

Muuntamoissa käytetään yleisesti keskijännitesulakkeita muuntajan suojaukseen ja kahvasulakkeita pienjännitepuolella. Näiden vaihtoon on muuntamossa oltava tarvittava välineistö.

## 11. Erottimien ohjaussauvat

Puistomuuntamoissa erottimia ohjataan erillisillä kammilla. Tarkastajan tulee varmistua, että tarvittavat kammet löytyvät muuntamosta.

## 12. Siirrettävät varoituskilvet

Muuntamossa voidaan käyttää siirrettäviä varoituskilpiä varoittamaan esimerkiksi työn ajaksi aukaistusta erottimesta, jonka ohjaaminen on kielletty ilman kilven asettajan lupaa.

### 13. Työskentelysuojat

Puistomuuntamoissa käytetään työskentelysuojia, kun työ kohdistuu muuntamon kennoon. Työskentelysuojalla suojataan kennon yläpuolella olevat kiskot ja näin turvataan kennossa työskentely. Kennossa tehtäviä töitä on esimerkiksi maakaapelipäänteen huolto. Työskentelysuojien olemassaolo ja hyvä kunto tulee varmistaa.

### 14. Ensiapuohjeet

Puistomuuntamoista tulee löytyä ensiapuohjeet hätätilanteiden varalta.

## 6.2 Keskijännitelaitteet

Puistomuuntamon keskijännitelaitteiden tarkastamiseen kuuluu kojeiston, kaapeli päänteiden, kiinnitysten, merkintöjen, erottimien, ylijännitesuojien, sulakkeiden, muuntajan ja suojaetöisyyksien tarkastamiseen. Nämä eri osat on lueteltu alla:

#### 1. Kj- kojeiston kunto

Keskijännitekojeisto tarkastetaan aistinvaraisesti.

#### 2. Kj- kaapelin päätteet, kiinnitykset ja liitokset

Kaapelin tarkastaminen suoritetaan samoin kuin maakaapeliverkon tarkastusohjeessa.

#### 3. Kj- kojeistojen ja lähtöjen merkinnät

Keskijännitekojeistot on kaikki merkittävä erikseen virheellisten toimintojen välttämiseksi. Kaapelilähdöt tulee olla merkittyinä, jotta käyttäjä voi päätellä kaapelin osoitteen.

#### 4. Erottimet

Erottimista tarkastetaan eristimien kunto, koskettimet sekä katkaisukammioiden eheys.

#### 5. Ylijännitesuojat

Yleisesti 20 kV maakaapelipäätteet on suojattu ylijännitesuojilla, joiden kunto tulee tarkastaa.

#### 6. Kj- sulakkeet

Keskijännitesulakkeiden eheys ja kiinnitys tarkastetaan.

#### 7. Muuntajan runko, öljysäiliö ja öljymäärä

Tarkastellaan muuntajan rungon kuntoa ja sitä, näkyykö rungossa öljyvuodosta merkkejä. Öljymäärä tulee tarkastaa muuntajassa olevasta lasisilmästä.

#### 8. Muuntajan väliottokytkimen asento

Väliottokytkimen asento on hyvä varmentaa sen vuoksi, että verkkoyhtiön laskentaohjelmassa olisi oikea väliottokytkimen arvo. Väärin näyttävä arvo voi vaikuttaa virheellisesti laskentaan. Tulee kuitenkin muistaa, että jännitteellisen muuntajan väliottokytkimen asentoa ei voida turvallisesti tarkastaa.

#### 9. Muuntajan eristimet

Muuntajan eristimet tarkastetaan silmämääräisesti ja varmistetaan niiden eheydestä.

## 10. Suojaetäisyydet

Varmistetaan riittävä etäisyys jännitteellisistä osista muuntamon rakenteellisiin osiin.

### 6.3 Pienjännitelaitteet

Pienjännitelaitteet tarkastetaan samalla tavalla kuin 20 kV pylväsmuuntamolla. Puistomuuntamoissa tulee kiinnittää kuitenkin enemmän huomiota laitteiden likaisuuteen.

### 6.4 Maadoitukset

Puistomuuntamon maadoitusten kunto on tärkeää tarkastaa huolella. Muuntamon ympärillä voi liikkua paljonkin ihmisiä ja tämän vuoksi vikatilanteessa on vikavirta ohjautettava maahan oikealla tavalla. Maadoitusten tarkastamiseen kuuluu johtimien, kiinnitysten, liitosten, ja merkintöjen tarkastaminen. Alla on lueteltu eri osien tarkastaminen:

#### 1. Maadoitusjohtimet, kiinnitykset, liitokset

Varmistetaan maadoitusjohtimien eheys, kiinnitykset ja liitokset. Liitosten ja kiinnitysten hapettumiseen on syytä kiinnittää huomiota.

#### 2. Maadoitusmerkinnät

Joillakin puistomuuntamoilla maadoitukset on merkitty, mutta vanhemmissa muuntamoissa on harvoin merkitty yhtään maadoitusta eikä näitä yleensä aleta jälkeinpäin merkitsemään. Merkinnät tulee tarkistaa oikeanmukaisiksi.

## 7 0,4 KV JOHDON KUNTOTARKASTUKSET

Pienjännitteellä tarkastukset kohdistuvat kuluttajille jaettavan 0,4 kV verkon tarkastamiseen. Tähän verkkoon kuuluu ilmajohdon, pylväsrakenteiden, harusrakenteiden, kaapelin ja jakokaapin tarkastaminen.

### 7.1 Ilmajohto

Ilmajohdon tarkastaminen on periaatteeltaan samankaltainen kuin 20 kV johdon tarkastaminen. Ilmajohdon tarkastamiseen kuuluu johdon, kannatinrakenteen, kiristysten, liitosten, jatkojen, välisulakkeiden, koteloiden, merkintöjen, varoitusnauhojen, maadoitusten ja etäisyysvaatimusten tarkastaminen. Alla on eritelty näiden eri osien tarkastaminen:

#### 1. Johto

Tarkastetaan johdon kunto ja etsitään johdosta mahdollisia säievikoja sekä varmistetaan, ettei riippukierrekaapelin (amka) eristys ole vioittunut.

#### 2. Kannatinrakenne

Tarkastetaan johdon kannatinrakenteiden kunto.

#### 3. Kiristykset

Kiristys voi löystyä johdolla esimerkiksi pylväiden kallistuessa. Tämä on hyvä huomioida tarkastuksia tehdessä ja tarkastella, ettei johto roiku liian matalalla aiheuttaen vaaraa esimerkiksi alla liikkuville koneille.

#### 4. Johdinliitokset, jatkot

Johdinliitokset ja jatkot tarkastetaan sekä etsitään jatkojen luistamisesta merkkejä.



## 5. Välisulakkeet, sulakekotelot

Tietyillä johto-osilla voi olla välisulakkeita, jossa esimerkiksi johdon poikkipinta muuttuu. Tarkastajan tulee huomioida sulakekoteloiden eheys ja koteloiden olemassaolo.

## 6. Merkinnät, varoitusnauhat

Pienjännitejohdoilla käytetään merkintöjä varoittamaan muun muassa takajännitteestä, rinnakkaissyötöstä tai sähkön tuotantolaitoksesta. Näiden merkintöjen on oltava kunnossa, jotta turvataan johdolla työskentelevän henkilön työturvallisuus. Varoitusnauhoja käytetään yleisesti yhteiskäyttöpylväissä, joista merkintöjen on löydyttävä.

## 7. Maadoitukset

Pienjännitteellä osassa pylväistä on maadoitus, joka on kytketty PEN-johtimeen. Näiden maadoitusten eheys on tarkastettava ja todettava ehyeksi. Lisäksi maadoitusten suojausputkien on oltava kunnossa.

## 8. Etäisyysvaatimukset

Tarkastetaan ilmajohdon etäisyys muuhun ympäristöön.

### 7.2 Pylväsrakenteet

Pylväsrakenteiden tarkastaminen tehdään samalla tavalla kuten 20 kV pylväsrakenteiden tarkastukset. Pylväsrakenteita tarkastettaessa tulee kiinnittää huomiota pylväiden kuntoon, lahoisuuteen ja ikään.

### 7.3 Harusrakenteet

Harusrakenteiden tarkastaminen tehdään samalla tavalla kuten 20 kV harusrakenteiden tarkastukset. Harusrakenteiden tarkastuksissa keskitytään harusankkurin, vaijerin ja vaijerin kiinnityksen kuntoon.

### 7.4 Kaapeli

Kaapelin tarkastamisessa keskitytään päällysteen, päätteen, kiinnityksen, suo-  
jauksen, ja merkintöjen tarkastamiseen. Alla on eritelty näiden eri osien tarkas-  
taminen:

#### 1. Kaapelin päällyste

Tarkastetaan, että kaapelin kuori on ehjä ja siinä ei näy halkeamia, reikiä tai painaumia.

#### 2. Kaapelipääte

Pienjännitekaapeleiden päätteenä käytetään joko haaroitussuojaa tai kaapelin päähän asennettavaa kuppia, joka suojaa veden kulkeutumisen kaapelin sisään. Eteenkin vanhoissa asennuksissa tulee kiinnittää huomiota kaapelipäätteisiin, koska ne ovat monesti auringon haurastuttamia, eivätkä ole enää vedenpitäviä. Kaapeliin tunkeutunut vesi voi aiheuttaa kaapelin vioittumisen ajan kuluessa.

#### 3. Kaapelin kiinnitys

Kaapelin kiinnitys rakenteisiin tulee tarkastaa ja tarkastusta tehdessä kannattaa kiinnittää huomiota kaapelikiinnikkeiden alla olevan kaapelivaipan eheyteen.

#### 4. Kaapelin suojaus

Kaapelin mekaanista suojausta käytetään yleisimmin kaapelin nousussa pylvääseen, jolloin käytössä on kaapelin päälle asetettava suojakouru. Suojakourut ovat yleisimmin raudasta valmistettuja, mutta nykyisin on yleistymässä muoviset suojakourut. Tarkastuksissa varmistetaan suojan olemassaolo.

#### 5. Kaapelin merkinnät

Tarkastetaan kaapelimerkintöjen olemassaolo ja niiden riittävyys.

### 7.5 Jakokaapit

Pienjännitteellä jakokaappien tarkastuksissa keskitytään jakokaappien tarkastuksissa kaapin asennuksen, huonokuntoisuuden, lukituksen, ovien, likaisuuden, tunnusten, merkintöjen, liitosten, maadoitusten ja raivaus tarpeen tarkastamiseen. Alla on eritelty näiden osien tarkastaminen:

#### 1. Kaapin asennus

Jakokaapin asennus on tarkastettu jo käyttöönottotarkastuksessa. Tarkastajan on kiinnitettävä huomiota kaapin asennukseen, koska maan painuminen ja routiminen voivat liikuttaa kaappia ja tämän vuoksi esimerkiksi liian tiukka johdotus voi repiä kiskoja tai aiheuttaa muuta asennuksen muuttumista.

#### 2. Huonokuntoisuus

Huomioidaan kaapin kunto ja arvioidaan, onko jakokaappi jo niin huonossa kunnossa, että se tulisi vaihtaa.

### 3. Lukitus ja ovet

Jakokaapin ovet on oltava lukittuina ja ovien/luukkujen aukaisuun on käytettävä erikoisavainta. Näin estetään jakokaappiin asiaton pääsy.

### 4. Likaisuus

Huomioidaan jakokaapin likaisuus. Tarkastaja arvioi, tarvitseeko jakokaappi puhdistusta.

### 5. Tunnus, merkinnät

Jakokaapeista tulee löytyä kaapin tunnus ja jakokaapista lähtevien kaapelien tulee olla merkittyjä.

### 6. Kaapeliliitokset

Tarkastajan tulee tarkastaa jakokaapissa olevien kaapeleiden liitokset jakokaapin virtakiskoihin. Liitokset voivat löystyä ja niissä alkaa esiintyä lämpenemistä ja kipinöintiä. Liitokset voivat myös pettää, kun maa liikuttelee kaapeleita ja kaappia.

### 7. Maadoitukset

Jakokaapin maadoitusten tulee olla ehyet sekä niiden liitokset ja kiinnitykset tulee tarkastaa.

### 8. Raivaustarve

Arvioidaan, tarvitseeko jakokaapin ympäristää raivata.

## 8 KUNTOTARKASTUKSEN TEKEMINEN

### 8.1 Jakeluverkon 20 ja 0,4 kV osan tarkastaminen maastossa

Tarkastuksia tekevän henkilön on kyettävä tunnistamaan verkossa esiintyvät komponentit ja hänen on kyettävä arvioimaan rakenteiden kuntoa ja niiden jäljellä oleva käyttöikä. Tarkastajan on kyettävä tekemään mahdollisimman johdonmukaisia päätöksiä, jotta sähköverkon huolto saataisiin mahdollisimman tehokkaaksi. (Vanha 2012).

Jakeluverkon tarkastamiseen on monia variaatioita. Pääsääntöisesti kuntotarkastuksissa tarkastaja liikkuu sähkölinjalla joko kävellen, moottorikelkalla tai mönkijällä. Siten tehtävä tarkastus on kaikkein perustavanlaatuisin ja tarkastaja pystyy havaitsemaan kaikki linjan osat ja niiden ympäristö. Yleisesti ottaen ilma-johtoille tehtävät tarkastukset ovat perusteeltaan samankaltaisia 20 ja 0,4 kV jännitteillä. (Vanha 2012).

Tämän työn tarkastukset tehtiin pääsääntöisesti 20 kV linjojen osalta moottorikelkalla liikkuen kevätkelillä, jolloin liikkuminen kelkalla oli nopeaa ja helppoa. Näin tarkastaminen oli tehokasta ja linjalla liikkuminen oli nopeaa. Muuntamoiden tarkastaminen tehtiin autolla käymällä muuntamot erikseen läpi. 0,4 kV verkko tarkastettiin jalan käymällä läpi erikseen. Pienjännitelinjojen läpi käyminen moottoriajoneuvolla on lähes mahdotonta, koska linjat kulkevat piholla ja tietyissä paikoissa linja-aukko on niin kapea, ettei sillä pysty liikkumaan moottoriajoneuvolla. Tarkastettavien kohteiden jakaminen omiin osiin helpottaa tarkastamista. On helpompaa tarkastaa yksi osa sähköverkosta kerrallaan kuin yrittää saada kaikki tarkastettua kerralla.

### 8.2 Raportointi

Kuntotarkastuksista täytetään pöytäkirjat, jotka toimitetaan verkonhaltijalle. Pöytäkirjat ovat paperiversioita, jotka tarkastaja täyttää tarkastuksia tehdessään. Paperiset pöytäkirjat siirretään myöhemmässä vaiheessa verkonhaltijan omaan sähköiseen järjestelmään. Pöytäkirjoihin on merkitty kaikki tarkastuksien aikana

havaitut puutteet. Pöytäkirjoista löytyy kohta erikseen jokaiselle vialle. Pöytäkirjoja täytettäessä on tarkastajan pystyttävä arvioimaan vian kiireellisyysluokka, joka merkitään pöytäkirjaan. Lisäksi pöytäkirjoista tulee verkonhaltijalle selvitä, tarvitaanko kyseisen kohteen korjaamiseen keskeytystä sähkönjakelussa vai pystytäänkö korjaus suorittamaan sähkön ollessa päällä tai tehdäänkö se jännitetyönä. Pöytäkirjoihin voidaan myös kertoa lisätietoa kohteesta. Pöytäkirjoista tulee selvitä paikka, joka on tarkastettu ja milloin tarkastus on tehty. Kun vika on korjattu tarkastettavasta kohteesta, löytyy pöytäkirjasta kohta, johon kuitataan korjauksen ajankohta ja merkitään, kuka on korjauksen tehnyt.

## 9 POHDINTA

Jakeluverkkoon tehtävät kuntotarkastukset ovat tehokas keino pitää verkkoa kunnossa ja saada sähköverkon huolto ja kunnossapito keskitettyä tehokkaasti niille alueille, jossa sitä eniten tarvitaan. Tällä tavoin saadaan sähköverkon huollosta ja kunnossapidosta tehokasta ja kunnossapitoon liittyvät kustannukset pysymään mahdollisimman pieninä. Kuntotarkastuksilla pystytään huomattavasti parantamaan sähkönjakelun varmuutta asiakkaille, koska pystytään välttämään useimmilta sähkökatkoilta. Sähkökatkoilta vältetään ennakoimalla sähköverkon vian aiheuttajia ja poistamalla sekä korjaamalla vian aiheuttajat hyvissä ajoin.

Tämän opinnäytetyön tekeminen onnistui hyvin, vaikka opinnäytetyön aiheen vuoksi oli melko vaikeaa löytää aiheeseen sopivia luotettavia lähteitä. Omat käytännön kokemukset tukivat hyvin opinnäytetyön kirjoittamista. Kokemuksia kertyi paljon kuntotarkastuksia tehdessä sähköverkkoon. Kuntotarkastusten tekemiseen sain hyvin ohjausta toimeksiantajalta sekä ohjaajiltani, mikä helpotti paljon niin kuntotarkastuksien tekemistä kuin tämän opinnäytetyön kirjoittamista. Näiden kokemusten pohjalta jakeluverkon kuntotarkastuksien tekeminen onnistuu myös tulevaisuuden työtehtävissä.

Opinnäytetyötä voidaan käyttää myöhemminkin kuntotarkastuksia tekevän tarkastajan kouluttamiseen. Opinnäytetyön avulla voidaan antaa tarkastajalle hie- man pohjatietoa asiasta. Tietenkin kaikilla verkonhaltijoilla on oma tapansa kou- luttaa tarkastuksia tekevät henkilöt. Opinnäytetyö pyrittiinkin rajamaan ainoas- taan kuntotarkastuksien tekemiseen ja kertomaan kyseisestä asiasta pääkoh- dat, jotta saataisiin yksinkertainen kokonaisuus kuntotarkastuksien tekemiseen.

## LÄHTEET

Ahonen, P. 2010. Keskijänniteverkkojen ylijännitesuojaus- ja jälleenkytkentätarkastelut ylijännitelaskentaohjelmiston avulla. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkövoimatekniikka. Diplomityö.

Ensto Finland Oy. 2016. Sähkönjakeluverkkojen ilmajohtoratkaisut. Viitattu 15.5.2016.

[http://www.ensto.com/download/21070\\_sahkonjakeluverkkojen\\_ilmajohtoratkaisut.pdf](http://www.ensto.com/download/21070_sahkonjakeluverkkojen_ilmajohtoratkaisut.pdf)

Heikkilä, P. 2010. Sähköverkon kunnossapitojärjestelmän kehitys. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähkövoimatekniikka. Diplomityö.

Kaarlela, M. 2002. Keskijänniteverkon mitoitus- ja rakentamisperusteet. Fortum sähkönsiirto Oy. Sähkövoimatekniikka. Diplomityö.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 1:2.3 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:13 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:12 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 1:2.3 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:15 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:10 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 3:11 §.

Sesko ry. 2009. SFS-käsikirja 601, Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohtot. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 2:5 §.

Tornionlaakson Sähkö Oy. 2011. Viitattu 6.5.2016.  
<http://www.tornionlaaksonsahko.fi/index.php?id=8>

Vanha, H. 2012. Sähköverkon tarkastukset. Lapin Ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka. Opinnäytetyö.



## LIITTEET

- Liite 1. Ohjeistus kuntotarkastuksien tekemisestä toimeksiantajan käyttöön. (Luottamuksellinen)