

Niko Tapani Suokas

Jakeluverkon kuntotarkastuksen kehittäminen ja kuntotarkistusohjeen päivitys

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinööri (AMK)

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Niko Suokas
Työn nimi	Jakeluverkon kuntotarkastuksen kehittäminen ja kuntotarkistusohjeen päivitys
Toimeksiantaja	Enerva Oy
Vuosi	2021
Sivut	48 sivua
Työn ohjaaja(t)	Juha Korpijärvi

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä JSE:n (Järvi-Suomen Energian) jakeluverkon kunnossapitoon, kuntotarkastuksen kehittämiseen sekä kuntotarkastusohjeen päivittämiseen urakoitsijalle.

Työn lähtökohtana oli kehittää sähköjakeluverkon kunnossapitoon liittyviä tarkastuskäytäntöjä ja löytää kuntotarkastuksissa sekä kuntotarkastuksissa käytettävässä sovelluksessa ilmenneitä ongelmakohtia.

Opinnäytetyössä käsitellään jakeluverkon 20–0,4kV:n laitteita sekä niille suoritettavia kuntotarkastuksia. Työstä rajattiin suurjänniteverkko, sähköasemat sekä suojaukseen liittyvät komponentit. Opinnäytetyössä selvitettiin suomen sähköjakeluverkon kokonaisuutta, kunnossapidon strategioita sekä jakeluverkon kunnossapitoon liittyviä lakeja ja määräyksiä. Lisäksi työssä kuvattiin jakeluverkolle suoritettavia kuntotarkastuksia.

Opinnäytetyön aikana haastateltiin kuntotarkastusten pääurakoitsijaa Elveran henkilöstöä sekä sähköverkkoyhtiön Järvi-Suomen energian edustajaa ja selvitettiin kuntotarkastusten toimintatapoja sekä tarpeita tarkastusten kehittämistä varten.

Lopputuloksena syntyi luettelo tarkastuskäytännöissä ja kuntotarkastusjärjestelmässä ilmenneistä puutteista sekä kehityskohteista. Epäkohdista tiedotettiin verkkoyhtiötä ja ideoitiin parannusehdotuksia. Kuntotarkastuksien osalta luotiin muuntamon kuntotarkastukselle päivitetty kuntotarkastusohje sekä käyttökarttasovellukseen liittyviä ohjeita tarkennettiin. Uuden käyttökarttasovelluksen myötä voidaan opinnäytetyön aikana ilmenneiden puutteiden ja kehityskohteiden asioita parantaa jo heti käyttöönottoaiheessa.

Asiasanat: sähköjakeluverkko, kunnossapito, kuntotarkastus, sähköjakeluverkkojen tarkastukset.

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Niko Suokas
Thesis title	Improving the inspection of a distribution network's condition and updating the instructions for checking the condition
Commissioned by	Enerva Oy
Time	2021
Pages	48 pages
Supervisor	Juha Korpijärvi

ABSTRACT

The objective of this thesis was to improve the inspection of a distribution network's condition and to update the instructions for checking the condition. This thesis was commissioned by Enerva Oy. The company administers electricity distribution networks in the Finnish Lake District.

A distribution network is a broad research topic, and therefore the main point of the thesis is a distribution network with devices between 20 and 0.4 kV. High voltage devices, electrical stations and electrical protection devices were left out of the thesis.

The research started with studying the Finnish electricity distribution network, related laws and regulations as well as maintenance and maintenance strategies. During the research, representatives from a power grid company and a general contractor were interviewed, and they examined which parts of the models for condition checking could be improved.

The result of this thesis was a list of errors, and it can be used in improving instructions for condition checking and in the optimization of the new ground design program when it is introduced.

Keywords: electricity distribution network, maintenance, condition inspection,

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENERVA OY.....	7
3	JÄRVI-SUOMEN ENERGIA	7
4	SUOMEN SÄHKÖNJAKELUVERKKO	8
4.1	Kantaverkko.....	9
4.2	Jakeluverkot.....	10
4.3	1000V:n jakelujärjestelmä.....	10
5	JAKELUVERKON KUNNOSSAPITO.....	11
5.1	Kunnossapitolajit.....	11
5.1.1	Ehkäisevä kunnossapito	12
5.1.2	Parantava kunnossapito	13
5.1.3	Korjaava kunnossapito.....	13
5.1.4	Aikaperusteinen kunnossapito	13
5.1.5	Kunterusteinen kunnossapito.....	14
5.1.6	Luotettavuusperusteinen kunnossapito.....	14
5.2	Lait ja määräykset.....	15
5.3	Jakeluverkon toimintavarmuutta koskevat vaatimukset	16
6	PGFIELD-KÄYTTÖKARTTASOVELLUS.....	16
6.1	Tarkastukset PGField-ohjelmalla	17
7	KUNTOTARKASTUSTEN SELVITYS	18
7.1	Kuntotarkastusten aikavälit.....	18
8	KUNTOTARKASTUKSIEN KEHITYSTYÖ.....	19
8.1	Haastattelututkimus	20
8.2	Tulosten analysointi	21
9	JAKELUVERKON 20/0,4KV KUNTOTARKASTUKSET	21
9.1	Ilmajohdoverkon tarkastukset	22
9.2	20 kV:n ilmajohdon ja johtoalueen tarkastaminen.....	22

9.3	PJ-Ilmajohto.....	26
9.4	Erottimet	27
9.5	Pylväät.....	28
9.6	Pylvään kuntotarkastus.....	29
9.6.1	Harukset	30
9.7	Pylvään lahotarkastus.....	31
10	PUISTOMUUNTAMO	35
10.1	Puistomuuntamon kuntotarkastus.....	35
10.1.1	Muuntamorakennus ja ympäristö.....	35
10.1.2	Muuntajatilaa ja muuntaja	36
10.1.3	Keskijännitetila ja laitteet.....	37
10.1.4	Pienjännitetila ja laitteet	38
10.1.5	Turvavälineet	39
10.1.6	Maadoitukset	40
10.1.7	Mittaukset	40
11	PYLVÄSMUUNTAMO.....	40
11.1	Pylväsmuuntamon kuntotarkastus	41
11.1.1	Pylväsmuuntamo ja ympäristö	41
11.1.2	Muuntaja	42
11.1.3	Keskijännitelaitteet.....	42
11.1.4	Pienjännitelaitteet	42
11.1.5	Maadoitukset	42
11.2	Jakokaapit	43
12	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET.....	46

1 JOHDANTO

Sähköntuotanto, siirto- ja jakelujärjestelmät ovat osa kriittistä infrastruktuuria, josta nykypäivänä yhteiskunta on riippuvainen. Modernin yhteiskunnan toiminnan turvaamiseksi hyvänlaatuisen sähkön tuottaminen ja -jakelu vaatii hyvin suunniteltua sekä toteutettua kunnossapitoa. Suomessa sähkönjakelun turvaamiseksi on asetettu useita lakeja sekä vaatimuksia. 2013 Sähkömarkkinalain uudistuksen myötä verkkoyhtiöiden toimintavarmuuskriteereitä tiukennettiin ja kunnossapidon rooli sähkönjakelun turvaamisen kannalta korostuu entistään.

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää jakeluverkkoyhtiön Järvi-Suomen energian sähkönjakeluverkolle tehtävien kuntotarkastuksien ongelmia ja puutteita. Uusien kuntotarkastuksia tekevien asentajien työhön perehdyttämiseen on vaikeuttanut kuntotarkastusohjeiden puute. Työssä tarkastellaan nykyisiä kuntotarkastuksessa käytettäviä pöytäkirjoja ja pohditaan pöytäkirjojen sisällön puutteita ja kehittämistarpeita.

Opinnäytetyö aloitetaan perehtymällä opinnäytetyön toimeksiantajaan, Suomen sähkönjakeluverkkoon, sähkönjakeluverkon kunnossapitoon sekä siihen liittyviin lakeihin ja määräyksiin sekä kunnossapitostrategioihin. Oman työkokemuksen, alan kirjallisuuden, yleisten verkostosuosittelujen, yhtiön ohjeiden ja suunnitelmien sekä yhtiön tarpeiden perusteella tuotetaan kuntotarkastuksiin liittyvä työhohje sekä ohjeistus kuntotarkastuksien toteutusta varten.

Kehittämistyönä tehtävän opinnäytetyön tavoitteena on luoda sähkönjakeluverkon kuntotarkastuksiin liittyvä ohjeistus, jolla voidaan kehittää kuntotarkastuskäytäntöjä sekä parantaa työnlaatua selkeillä ohjeilla. Selkeä ohjeistus sekä yhtenäiset työtavat luovat mahdollisuuden kustannustehokkuuden parantamiseen ja toimintavarmun sekä laadukkaan sähkönjakelun jatkumisen. Lisäksi työssä kehitetään kuntotarkastuksien pöytäkirjojen sisältöä jo tulevaa käyttöohjelmaa varten.

2 ENERVA OY

Enerva Oy on vuonna 2019 perustettu valvomoyhtiö, jonka liiketoimintaan kuuluu käyttö-, kunnossapito- ja rakennuspalvelut. Enerva tarjoaa palvelujaan omistajayhtiölleen mutta pyrkii laajentamaan palvelujaan myös muille sektoreille sekä omistajayhtiöiden ulkopuolelle. Perustajina ovat Järvi-Suomen energia, Kymenlaakson Sähköverkko Oy, Lappeenrannan Energiaverkot Oy sekä infrarakentaja Elvera Oy. Myöhemmin omistussuhteeseen on tullut Verkko Korpela Oy. Henkilöstöä yrityksessä on tällä hetkellä 12 henkilöä. Enervan käyttökeskus sijaitsee Mikkelissä, josta valvotaan sekä operoidaan omistajayhtiöiden sähköjakeluverkkoja. Liikevaihto yritystoiminnan alussa on n. 2 miljoonaa euroa. (Nummenpää 2020.)

3 JÄRVI-SUOMEN ENERGIA

Järvi-Suomen energia (JSE) on Järvi-Suomen jakeluverkkoa hallitseva Suur-Savon sähkökonserniin kuuluva sähköverkkoyhtiö, joka on perustettu vuonna 1995 sähkömarkkinalain edellytyksestä, joka vaati sähköverkkoliiketoiminnan irrottamista omaksi liiketoiminnaksi (SSS 2016).

Järvi-Suomen energian jakelupiiriin kuuluu yli 100 000 asiakasta. Sen toimialueena on Järvi-Suomen alue, jonka maiseman peruselementteihin kuuluvat useat järvet, saaret, niemet ja notkot sekä pinnanmuodoltaan tasaisista alueista aina kivikkoisiin mäkimaihin ja paikoittain vuoriin. Jakelualue sijaitsee Etelä- ja Itä-Savossa järvisuomen alueella, joka näkyy kuvassa 1. (JSE 2020.)

Järvi-Suomen energialla on omistuksessa jakeluverkkoa yli 27 000 kilometriä, ja keskimääräinen johdon pituus asiakasta kohden on yksi Suomen pisimpiä 260 metriä yhtä asiakasta kohden, kaupungeissa luku on noin 30 metriä. Yhtiö investoi vuosittain yli 50 miljoonaa verkon kehitystyöhön toimitusvarmuuden parantamiseksi. Vuonna 2020 sähköjakelun toimitusvarmuutta parannetaan maa- ja vesikaapeloimalla keski- ja pienjänniteverkossa yhteensä yli 1000 km. (JSE 2020.)



Kuva 1. Järvi-Suomen energian toimialue, joka on kuvassa tumman sinisellä (JSE:n verkko-alue kartalla 2020a)

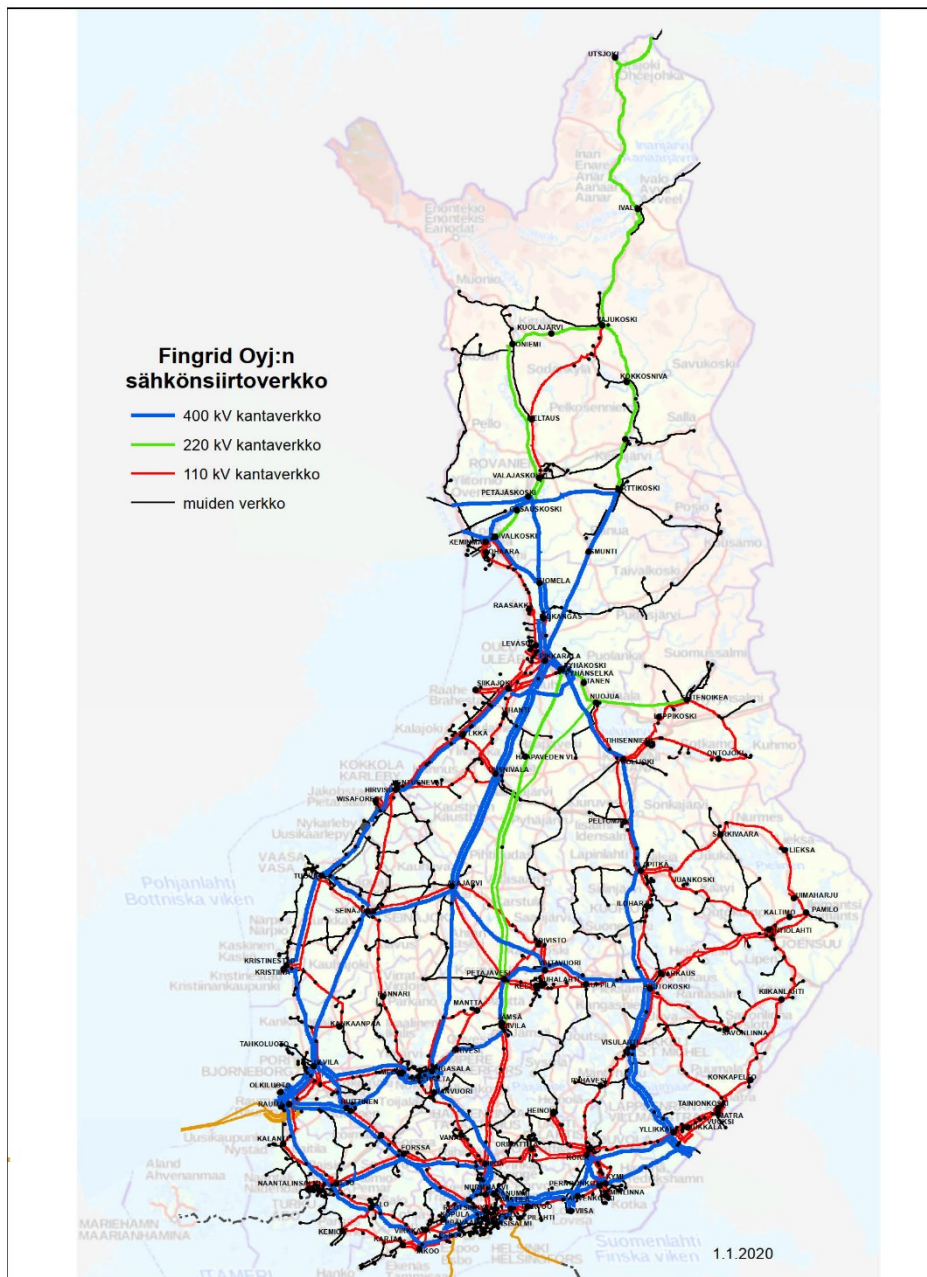
4 SUOMEN SÄHKÖNJAKELUVERKKO

Suomessa sähkönjakeluverkosto muodostuu 400-110kV kantaverkosta, tuotanto- ja voimalaitoksista, alueverkoista sekä 110kV-0,4kV alueellisista jakeluverkoista ja viimeisenä kuluttajista. Suomen sähkönjakeluverkko on osa yhteispohjoismaista sähköjärjestelmää, johon kuuluvat Ruotsi, Norja, ja Itä-Tanskan sähköjärjestelmät. Lisäksi Venäjältä ja Virosta on Suomeen tasasähköyhteydet, joiden kautta pohjoismainen voimajärjestelmä on yhdistetty Venäjän ja Baltian voimajärjestelmiin. Yhteispohjoismainen järjestelmä on kytketty tasasähköyhteyksillä myös Keski-Euroopan järjestelmään. (Fingrid Oyj 2020b).

Suomessa sähköverkkoliiketoiminta on tiukasti säännösteltyä ja luvanvaraista toimintaa. Sähkömarkkinalakien valvonnan toteutumisesta, markkinoiden toiminnan edistämisestä sekä sähköverkkoluvista vastaa energiavirasto. Sääntelyn tavoitteena on kohtuullinen, toimitusvarma sekä hyvälaatuinen sähkönsaanti. (Energiavirasto 2017).

4.1 Kantaverkko

Suomen kantaverkko on sähkönsiirron runkoverkko, jota hallitsee Fingrid Oyj. Fingrid toimii kantaverkon järjestelmävastaavana sekä vastaa kantaverkon valvonnasta, suunnittelusta, ylläpidosta, rakentamisesta ja kehittämisestä. Kantaverkkoon kuuluu noin 14 400 kilometriä voimajohtoja, joista on merikaa- pelia 320 kilometriä ja pääasiassa ulos rakennettuja sähköasemia on lähes 120. Kantaverkko tarkemmin kartalla kuvattuna kuvassa 2. (Fingrid Oyj 2020).



Kuva 2. Fingrid Oyj:n hallinnoima kantaverkko (Fingrid Oyj 2020a)

Kantaverkon siirtojohdot koostuvat pääasiassa ilmaeristeisistä avojohdoista. Maakaapelointi on noin kymmenen kertaa avojohtoa kalliimpi vaihtoehto ja lisäksi maakaapelin käyttöikä on lyhyempi. Vikatilanteissa maakaapelin viianpaikannus ja korjaaminen on huomattavasti hitaampi ja enemmän kalustoa vaativa toimenpide kuin avojohtovikojen korjaaminen. (Fingrid Oyj 2016.)

4.2 Jakeluverkot

Suomessa jakeluverkko toimii luonnollisena monopolina, jolloin maatiieteellisesti alueittain toimii oma sähkönjakeluyhtiö. Rinnakkaisten jakeluverkkojen rakentaminen ei ole taloudellisesti eikä myöskään ympäristön kannalta kannattava vaihtoehto. Sähköverkkojen sijoittamiseen tarvitaan suuria maa-alueita eikä niiden sijoittaminen ole aina ongelmaton. Suomessa jakeluverkon sähköliiketoimintaa harjoittavia yhtiöitä on 77 kappaletta. (Energiavirasto 2017, 2020.)

Keskijänniteverkko, jonka yhteenlaskettu pituus on noin 150 000 km on suurimmilta osin rakennettu silmukkaverkoksi, mutta verkko on jakorajoja käytettäessä säteittäistä. Pienjänniteverkko, jonka yhteenlaskettu pituus on noin 200 000 km on rakennettu lähes aina säteittäin. Säteittäin rakennettujen verkkojen jakorajoina ovat käsin ohjattavat tai kauko-ohjattavat erottimet. Verkon rakentaminen säteittäiseksi helpottaa häiriöiden rajoittamista, oikosulkuvirrat saadaan pienemmiksi sekä jännitteensäätö ja suojausten toteutus on helpompaa. Silmukoitu verkko on käyttövarmempi vika- ja huoltotilanteissa, sillä johtovian vaikutukset voidaan rajata yhteen erotinväliin. (Lakervi & Partanen 2008, 11–13.)

4.3 1000V:n jakelujärjestelmä

Haja-asutusalueilla suositaan nykyisin 20/1/0,4 kV:n jakelujärjestelmää. Jakeluhaarojen toteuttaminen käyttämällä 1000 V:n runkojännitettä vähentää vikojen määrää ja niiden aiheuttamaa käyttökatkoaluetta. Vikojen määrä ja niiden vaikutusalue on huomattavasti pienempi kuin keskijännitteellä toteutettu jakeluverkko, sillä jokainen 1000 V:n jakeluhaara muodostaa oman suojausalueensa. 1000 V:n järjestelmä mahdollistaa pienemmän maankäytön, kun leiveitä 20 kV:n vaatimaa johtoaluetta ei vaadita. Sähkönjakelun toimintavarmuu-

den parantamiseksi pienjänniteverkko voidaan maakaapeloida. Keski- ja maajännitteisten kaapeleiden maakaapeloiminen haja-asutusalueilla on usein kustannuksiltaan kallista eikä siten taloudellisesti tai hyötysuhteeltaan kannattavaa. (Lakervi & Partanen 2008, 168–170.)

5 JAKELUVERKON KUNNOSSAPITO

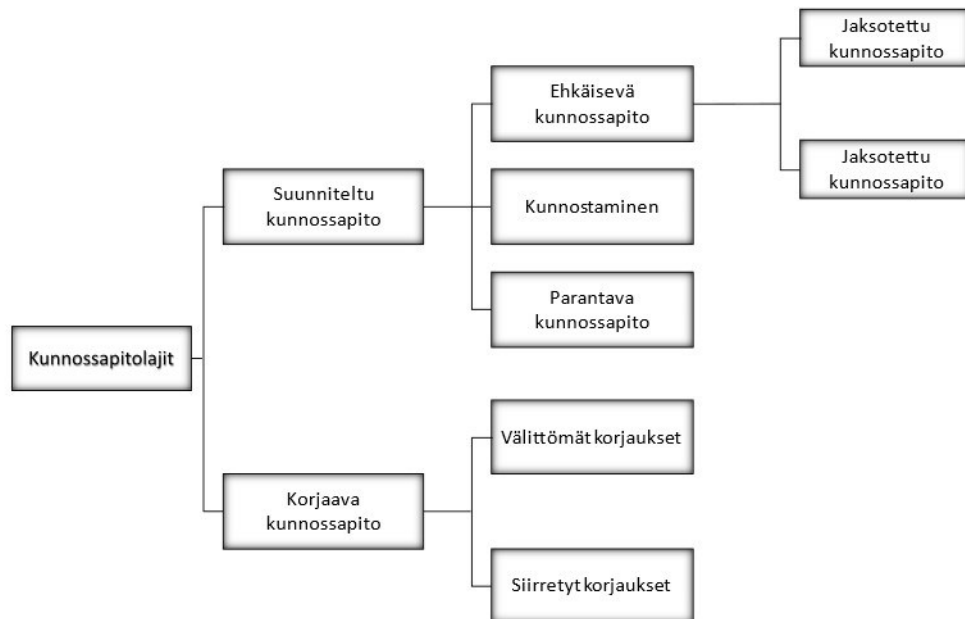
Sähkönjakelunverkkoyhtiöiden omaisuudenhallinnan kannalta kunnossapito on yksi tärkeimmistä osa-alueista. Verkkojen ylläpidon kulmakivenä ovat kuntotarkastukset, joita tehdään koko verkolle koko sen elinkaaren aikana. Sähköverkon huolto ja kunnossapito on keskeisessä asemassa pyrittäessä häiriötörmään ja turvalliseen sähköjakeluun. Ennakoiva verkoston raivaus yksi tärkeimmistä huoltotoimenpiteistä. (JSE 2020b.)

Kunnossapito on SFS-EN-standardin mukaan määritelty seuraavasti:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”. (SFS-EN 13306:2017, 5.)

5.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapitostrategioita jaetaan useassa eri standardissa sekä määräyksessä moniin eri osa-alueeseen, kuitenkin kokonaisuudessaan sisällöt vastaavat toisiaan. PSK 6201:2011-standardissa määritellään kunnossapito ”suunniteltuun kunnossapitoon” sekä ”korjaavaan kunnossapitoon” Standardi jakaa kunnossapitolajit vikojen ilmaantumisen mukaan tarkemmin kuvassa 3. (PSK 6201:2011.)



Kuva 3. Kunnossapitolajit PSK 6201:2011 mukaan

5.1.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapidon (Preventive Maintenance) tavoitteena on vikaantumisen ennaltaehkäiseminen. Ehkäisevässä kunnossapidossa laitteille suoritetaan käyttöseurantaa, jaksotettuja huoltoja sekä kunnonvalvontaa. Pää tavoitteena on laitteen toimintakyvyn ja prosessin ylläpitäminen sekä vikaantumisen todennäköisyyden pienentäminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 50.)

Ehkäisevän kunnossapito on tehokasta, jos se voidaan suunnitella sekä ajoittaa etukäteen. Ehkäisevä kunnossapitostrategia on kannattavaa, jos sen kustannukset ovat pienemmät kuin sen puuttumisen aiheuttamat vahingot ja kustannukset sekä jos kohteelle ja sen ehkäistävälle vikaantumiselle on olemassa tehokas ennakointi menetelmä. (Järviö & Lehtiö 2012, 72.)

Moybrayn mukaan 40–70 % ehkäisevästä kunnossapidosta on tarpeetonta työtä. Ehkäiseviä kunnossapitotöitä suoritetaan liian useasti, liikaa ja väärillä menetelmillä. (Moybray 1997, 4.)

5.1.2 Parantava kunnossapito

Parantavassa kunnossapidossa laitteiden suorituskyvyille, käytettävyydelle, luotettavuudelle ja turvallisuudelle suoritetaan kasvattavia toimenpiteitä. Parantavan kunnossapidossa pyritään löytämään laitteen vikaantumisen aiheuttaja. Vian aiheuttajan selvittämiseen käytetään juurisyyanalyysiä, jossa käytetään hyödyksi laitteen vika ja mittaushistoriaa. Onnistuneen analyysin tuloksena laitteelle voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla voidaan estää vian toistuminen tai sen aiheuttamat seuraukset. (ABB TTT-käsikirja 2000.)

5.1.3 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantunut laitteen osa tai komponentti korjataan alkuperäistä vastaavaan käyttökuuntoon, vaihdetaan uuteen tai saatetaan väliaikaisesti tilaan, jossa laite pystyy suorittamaan oman tehtävän. Korjaava kunnossapito voi olla häiriökorjausta tai suunniteltu kunnostustyö. Vian korjaaminen alkaa vian määrittämisellä, tunnistamisella ja paikallistamisella. Korjaavan kunnossapidon huono puoli on se, että vikojen tai vikaantumisen syytä ei selvitetä. Vian syntyminen voi olla väärä käytötapa tai huonosti suunniteltu komponentti. (Järviö ym. 2011, 49.)

Suunnitellut korjaustyöt toteutetaan huomioiden sähköjakelun sekä yhteiskunnan toimivuuden kannalta kriittisimmät kohteet. Ensisijalla ovat hengen- tai terveydenvaaraa aiheuttavat vikatyöt. Korjaava kunnossapito on jatkuvasti suurimmat tuotannolliset menetykset ja kustannukset aiheuttava kunnossapitostrategia. (ABB 2000; JSE 2020b.)

5.1.4 Aikaperusteinen kunnossapito

Aikaperusteinen kunnossapito TBM (time-based maintenance) perustuu valmistajan antamiin arvioihin komponenttien sekä laitteiden käyttöiästä ja huollontarpeesta. TBM-strategiassa kaikille laitteille noudatetaan samaa huoltoväliä. Sähköjakeluverkossa aikaperusteisen kunnossapidon strategia ei ole aina taloudellisin ja järkevin vaihtoehto, sillä komponenttien ja laitteiden eliniän sekä huollontarpeen ennustaminen on hankalaa erilaisten olosuhteiden takia. Valmistajien antamat käyttöiät sekä huollontarpeen ennusteet ovat yleisiä ja

voivat tästä syystä aiheuttaa tarpeettoman useita huoltotoimenpiteitä. (Aro ym. 2003.)

5.1.5 Kunterusteinen kunnossapito

Kunterusteisessa kunnossapidossa CBM (condition-based maintenance) laitteille suoritetaan kunnan valvontaa ja niiden toimintaa tarkistetaan sekä testaan säännöllisesti. Kunnanvalvonta on osa ennakoivaa kunnossapitoa, jolla määritellään laitteen toimintakunto ja arvioidaan sen kehittyminen. Toimintakunnan kehittymisen myötä voidaan määritellä laitteille suoritettavat huolto- ja korjausajankohdat. (Aro ym. 2003.)

5.1.6 Luotettavuusperusteinen kunnossapito

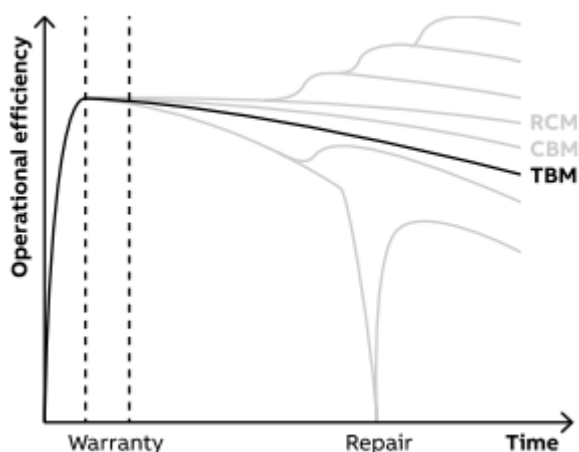
Luotettavuusperusteisessa kunnossapidossa eli RCM (reliability centered maintenance). RCM-menetelmässä määritellään kunnossapitotoimien tarpeellisuus, jotta laite pystyy suorittamaan sille asetetun prosessin. Menetelmän päämääränä on varmistaa laitteiden tuotannon jatkuminen, vaikka vikaantumista ei voisi aina välttää. (Järviö & Lehtiö 2012, 164.)

RCM-analyysi määritellään seuraavien seitsemän kysymyksen mukaan.

(Moubray 1997, 7.):

1. Mikä on laitteen toimintojen sekä suorituskyvynvaatimukset nykyisessä toimintaympäristössä?
2. Mitkä ovat laitteen rikkoutumisen aiheuttamat vahingot vikatilanteessa?
3. Mitkä syyt voivat aiheuttaa laitteen toiminnallisen vian?
4. Mitkä ovat vaikutukset laitteen vikaantumisen yhteydessä?
5. Mitä vahinkoja vikojen seuraukset voivat aiheuttaa?
6. Mitä ennakoivia kunnossa toimenpiteitä laitteelle voidaan tehdä, jotta vika voidaan havaita tai estää riittävän ajoissa?
7. Mitä tehdään, jos vikaantumista ei voida välttää?

Kysymysten perusteella voidaan luoda tarkasti toimiva RCM-menetelmään perustuva kunnossapito-ohjelma.



Kuva 4. Kunnossapitomenetelmien vaikutus laitteiston toiminnan tehokkuuteen ajan funktiona (ABB 2019)

Kuvasta 4 voidaan huomata, miten luotettavuusperusteinen kunnossapito (RCM) ylläpitää laitteen tehokkuuden tasaista toimintakuntoa laitteen vanhe- tessa. Kohdennettu kunnossapito lisää laitteen luotettavuutta ja toimintavar- muutta sekä vähentää vian aiheuttamia kustannuksia. (ABB 2019.)

5.2 Lait ja määräykset

Jakeluverkon kunnossapitoon liittyviä määräyksiä säädetty sähkömarkkina- laissa (588/2013) sekä sähköturvallisuuslaissa (1135/2016).

Jakeluverkko määrittää sähköturvallisuuslain mukaan 3. luokan sähkölait- teistoihin, joille vaaditaan ennalta laadittu kunnossapito-ohjelma.

Sähkölaitteistojen huolto ja kunnossapito-ohjelma määrittää 3. luvun sähkö- laitteistoja koskevissa vaatimuksissa 48§ sähköturvallisuuslaissa seuraavasti:

” Sähkölaitteiston huolto ja kunnossapito-ohjelma

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölait- teistoille laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Säh- kölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet.”

(Sähköturvallisuuslaki 1135 2016.)

5.3 Jakeluverkon toimintavarmuutta koskevat vaatimukset

Jakeluverkon toimintavarmuuteen asetettiin 2013 uudistuneessa sähkömarkkinalaissa useita vaatimuksia, jotka pakottivat verkkoyhtiöt suunnittelemaan ja rakentamaan sekä ylläpitämään jakeluverkkoa, niin että sään aiheuttamat keskeytykset kuluttajat saataisiin vähenemään. Sähkömarkkinalaki asettaa laatuvaatimukset jakeluverkon toiminnalle siten, että sääolosuhteiden aiheuttamat keskeytykset asemakaava-alueella verkonkäyttäjälle ei saa aiheuttaa yli 6 tuntia kestävästä sähköjakelun keskeytystä ja muualla enintään 36 tunnin keskeytystä. Vaatimus ei koske saaria ja käyttöpaikkoja, joiden kolmen edellisen kalenterivuoden aikana sähkönkulutus on enintään 2500 kWh. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 51§.)

Jakeluverkon toimintavarmuutta koskevien vaatimuksien on täytyttävä 2019 vuoteen mennessä vähintään 50 % kaikista jakeluverkon asiakkaista ja viimeistään vuoden 2023 loppuun mennessä 75 % kaikista jakeluverkon asiakkaista lukuun ottamatta vapaa-ajan asuntoja. Vaatimuksien on täytyttävä kaikkien jakeluverkon asiakkaiden kohdalla viimeistään vuoden 2028 loppuun mennessä. (Sähkömarkkinalaki 588/2013, 119 §.)

Energiateollisuus ry:n verkkovaliokunta on laatinut suosituksen sähköntoimituksen kriteeristön sekä jakeluverkon kehittämisen tavoitetasot vuoteen 2030 mennessä: Kaupunkienkeskustoissa kokonaiskeskeytysaika enintään 1 tunti vuodessa. Lyhyiden alle 3 minuutin keskeytyksiä ei saa syntyä. Taajamien osalta tavoitteet kokonaiskeskeytysajalle ovat enintään 3 tuntia vuodessa ja lyhyiden keskeytysten osalta enintään 10 kappaletta vuodessa. Maaseudulla sallitaan kokonaiskeskeytysajaksi enintään 6 tuntia vuodessa sekä alle 3 minuutin keskeytyksiä sallitaan enintään 60 kappaletta vuodessa. (Energiateollisuus Ry 2010.)

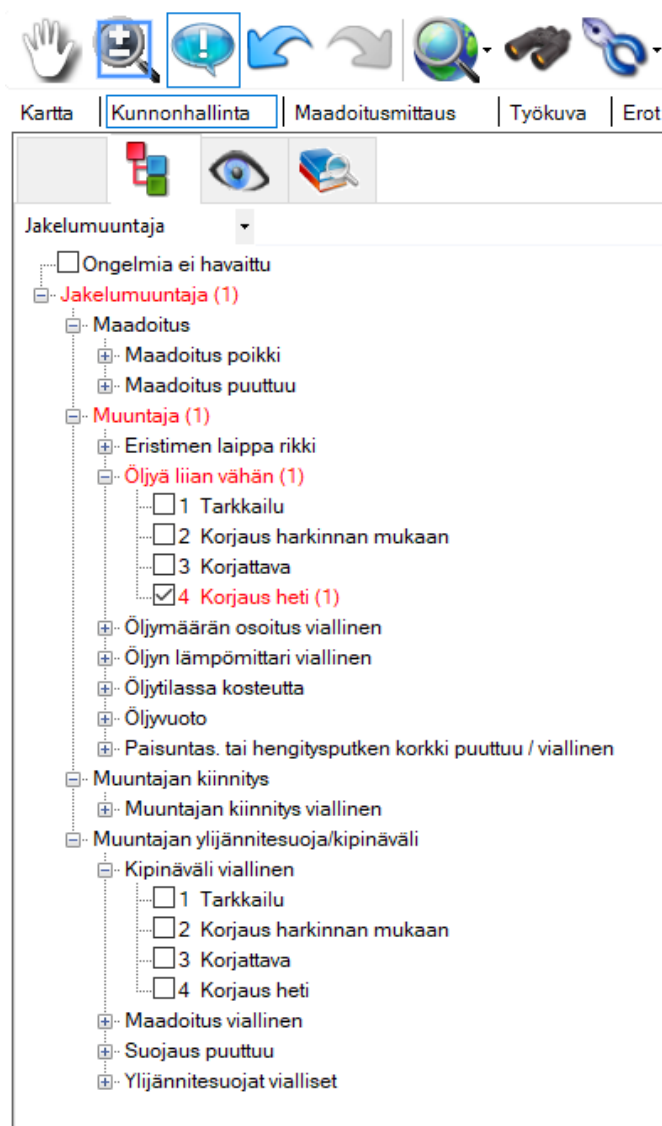
6 PGFIELD-KÄYTTÖKARTTASOVELLUS

PGField on maastokäyttöön tarkoitettu käyttökarttasovellus, jolla käsitellään sähköverkon investointeihin, kunnonhallintaan ja käyttöön liittyviä tehtäviä kentällä. PGField mahdollistaa paperikarttojen sekä tarkastuspöytäkirjojen käsittelyn sähköisenä erillisellä käyttölaitteella. PGFieldillä voidaan käsitellä sähköverkkoa ja siihen liittyviä tehtäviä kentällä myös offline-tilassa. Ohjelmaan

on myös mahdollista saada paikkatiedot, mikäli päätelaitteessa on GPS-paikannus. (Huikari 2020.)

6.1 Tarkastukset PGField-ohjelmalla

Kuntotarkastettavat kohteet luodaan PowerGrid-verkonhallintaohjelmalla. Tieto kuntotarkastettavista kohteista siirretään PowerGridissä XML-tiedostoon, joka siirretään päätelaitteeseen pakattuna työmääräimenä. Työmääräimessä näytetään jakeluverkon kuntotarkastettavat kohteet, etäisyys päätelaitteen GPS-sijainnista sekä kohteen tiedot, kuten kohteelle aikaisemmin tehtyjen kuntohavainnoiden lukumäärä ja kohteelle määritelty tarkastuksen tyyppi.



Kuva 5. Jakelumuuntajan kuntotarkastuspöytäkirja PGField-sovelluksessa

Jakeluverkolle tehtävät kuntotarkastukset suoritetaan verkkoyhtiön ohjeiden mukaisesti. Kuntotarkastuspöytäkirjaan tehdään merkintöjä kuntotarkastuksen

edetessä. Kuntotarkastaja voi kirjata tarkastuslomakkeeseen kohteelle havain-
toja, lisätietoja tai korjausehdotuksia. Tarkastettavan kohteen viat ja puutteet
merkitään kuntoluokilla. Kuntoluokat määritellään seuraavasti:

1. Tarkkailu – Ei korjaustarvetta, Kiinnitetään erityistä huomiota seuraavissa tarkastuksissa.
2. Korjaus harkinnan mukaan – Vika tai puute on vähäinen. Korjaustoimenpiteet tehdään verkkoyhtiön ohjeiden mukaan.
3. Korjattava – Vika tai puute on korjattava. Korjaus tehdään verkkoyhtiön ohjeiden mukaan.
4. Korjaus heti – Vika tai puute on vakava. Korjaus tehdään välittömästi verkkoyhtiön ohjeiden mukaan.

Kuntotarkastajan on merkittävä myöhemmin korjattaville kohteille täsmällisesti vian tai puutteen laatu.

7 KUNTOTARKASTUSTEN SELVITYS

Jakeluverkossa suoritetaan säännöllisesti kuntotarkastuksia kunnossapitosuunnitelman sekä ennalta määritetyn tarkastusohjelman mukaan. Tarkastuksessa komponentissa havaitut viat tai puutteet korjataan riippuen vian laadusta, laitteen tärkeyden tai kiireellisyyden mukaan. Tarkastukset määräävät verkon komponenteille on määritelty erikseen ja määrittelyssä on otettu komponenttien yleiset piilevät viat, turvallisuus, tuotannollinen tärkeys, sähkötoimituksen olemassa oleva varmennus tai varalaite, mahdollisten vauriokustannusten suuruus tai arvio laitteiston eliniästä. (JSE 2018.)

Jakeluverkolle tehtävät huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet on määritelty verkkoyhtiön kunnossapitosuunnitelmassa. Jokaiselle sähkönjakeluverkon komponentille on määritelty oma tarkastusohjelma. Huolto- ja kunnossapito-ohjelmalla valvotaan ilmajohtojen etäisyyksiä, johtoalueiden ja pylväiden sekä jakelu muuntamoiden kuntoa, komponenttien määräysten mukaisuutta sekä dokumentoinnin oikeellisuutta.

7.1 Kuntotarkastusten aikavälit

Sähköverkon määräaikaistarkastusten aikavälit pohjautuvat laitevalmistajien suositukseen sekä laitteen sähkönsyötön tärkeyden priorisointiin. Jakeluverkkoyhtiöt soveltavat myös omia kokemuksia aikaväleistä. Tästä syystä huoltovälit

ja tehtävät toimenpiteet voivat poiketa valmistaja- ja tyyppikohtaisesti. Sähköverkko kuuluu sähköturvallisuuslain 1135/2016 mukaan luokan 3 sähkölaitteistoihin, jolle määräaikaistarkastus on tehtävä viiden vuoden välein.

SENER:n Verkostosuositus TA1:97 on asettanut sähköverkon tarkastuksille seuraavat aikavälit:

- ”1. Suurjänniteajohto 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.” (Vanha 2015, 6.)*

8 KUNTOTARKASTUKSIEN KEHITYSTYÖ

Kuntotarkastuksien kehitystyön toteutus aloitettiin esisuunnitteluvaiheella, jossa kartoitettiin kuntotarkastuksien nykytilaa. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa selvisi, että Järvi-Suomen energia on uusimassa kunnossapidossa käytettävää järjestelmää, joten kuntotarkastuksen ohjeistuksen sekä kuntotarkastussovelluksen kehityskohteita kerätään ja raportoidaan verkkoyhtiölle.

Työn keskeisimmät tavoitteet määriteltiin seuraavasti:

1. Kuntotarkastuskäytäntöjen nykytilan selvittäminen
2. Kuntotarkastuksissa käytettävän käyttökarttasovelluksen puutteiden ja kehityskohteiden löytäminen
3. Kuntotarkastusohjeen päivittäminen

4. Havaittujen puutteiden sekä kehitysideoiden erittely

Työn toteutus aloitettiin nykyisen käyttökarttasovelluksessa olevia kuntotarkastuspöytäkirjojen tarkistuksella. Jakeluverkon kuntotarkastettavat kohteet eriteltiin ja pohdittiin asiakirjoissa esiintyviä puutteita ja kehityskohteita. Kuntotarkastuspöytäkirjoja oli saatavilla sähköisessä muodossa mutta jakelumuuntamolle tehtävä kuntotarkastuspöytäkirja oli osittain tehtävä paperiversiona.

Lähtökohtana tarkastuspöytäkirjojen sisällölle oli yksinkertaisuus sekä kaikkien tarkastettavien kohtien olemassaolo. Havaintojen ja lisätietojen kirjaaminen olisi mahdollista ja ne olisivat nähtävissä myös korjausten tilaajalla. Kuntotarkastustehtäviä käsiteltiin jakeluverkon osalta KJ-verkon ilmajohtoille, PJ-verkon ilmajohtoille, puistomuuntamoille, pylväsmuuntamoille sekä jakokaapeille.

Kuntotarkastuksissa käytettävälle PGField-ohjelmalle luotiin testiaineisto, johon kerättiin kaikki jakeluverkon kuntotarkastettavat kohteet. Testiaineiston kuntotarkastuksessa käytettäviä asiakirjoja verrattiin nykyisiin jo olemassa oleviin kuntotarkastuspöytäkirjoihin, verkostosuositukseen sekä kuntotarkastusohjeisiin.

Kuntotarkastuksia tekevän urakointiyhtiön henkilöstöä haastateltiin ja kerättiin kehitysideoita sekä kartoitettiin kuntotarkastusohjeiden tarvetta.

8.1 Haastattelututkimus

Opinnäytetyön aikana haastateltiin kuntotarkastuksia tekeviä asentajia sekä tilaajaan edustajia. Haastattelun tavoitteena oli luoda laaja yleiskuva jakeluverkon kuntotarkastuksen nykytilasta, mitä kehitettävää tarkastuskäytännöissä, tarkastuksessa käytettävän sovelluksen ongelmakohtia ja yksittäisiä kuntotarkastuksissa esiintyviä ongelmia. Haastattelu mahdollisti kuntotarkastusten määrittelyn urakoitsijan, tilaajan ja valvojan näkökulmasta.

8.2 Tulosten analysointi

Haastattelujen perusteella saatiin laaja kuva kuntotarkastuksien nykytilasta. Esiintyneet ongelmakohdat liittyivät suurimmaksi osaksi käyttökarttasovelluksen kunnonhallinnan pöytäkirjoihin sekä verkkoyhtiön epäselvään ohjeistukseen.

PGField-käyttökarttasovelluksessa olevat kuntotarkastuspöytäkirjat sisälsivät osittain puutteellista tai tarpeetonta tietoa. Kuntotarkastettujen kohteiden korjattavat toimenpide-ehdotukset tai lisätiedot eivät aina välittyneet valvojalle, joka oli kriittinen puute. Esimerkkitapauksessa kuntotarkistettavalle pylväälle luodut kuntohavainnot, jotka määriteltiin vioiksi muodostivat pöytäkirjaan jokaiselle kuntohavainnolle oman rivin, kun käytännössä riittäisi yksi pylvään vaihto.

Testiaineiston kuntotarkastuksien perusteella pystyttiin keräämään tietoja, joita verkkoyhtiö voi käyttää uuden käyttökarttasovelluksen tullessa. Kuntotarkastettavien kohteiden toimenpiteillä ja havainnoilla on oltava toimiva ja looginen kuntohierarkia joka määrittelee kohteet tärkeysjärjestykseen. Toimiva kuntohierarkia mahdollistaa tehokkaan kunnossapitotöiden suunnittelun verkoston laitteille.

Haastattelujen perusteella kuntotarkastuksia tekeville asentajille olisi hyvä luoda yhtenäinen ohjeistus kuntotarkastettavista kohteista sekä pöytäkirjaan vaadituista tiedoista.

Seuraavassa kappaleessa käsitellään jakeluverkon kuntotarkastuksia, joita voidaan hyödyntää päivitetystä kuntotarkastusohjeesta.

9 JAKELUVERKON 20/0,4KV KUNTOTARKASTUKSET

Jakeluverkolle tehtävien määräaikaistarkastuksien aikavälit ovat määritelty verkkoyhtiön kunnossapitosuunnitelman mukaan. Jakeluverkolle tehtävät tarkastukset sisältävät pylväs- ja jakelumuuntamoiden, ilmajohtoverkon komponenttien sekä maakaapeliverkon komponenttien tarkastuksia. Tarkastuksissa havaitut käyttövarmuuteen tai turvallisuuteen vaikuttavat viat tai puutteet on korjattava välittömästi.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään yksityiskohtaisesti jakeluverkon komponentteja sekä niille tehtäviä kuntotarkastuksia. Tietolähteenä on pääosin käytetty Headpower Oy:n kuntotarkastusohjeita, Adato Oy:n sähköverkkosuosituksia sekä Järvi-Suomen energian kuntotarkastuspöytäkirjoja.

9.1 Ilmajohtoverkon tarkastukset

Seuraavissa kappaleissa käsitellään ilmajohtoverkon 20/0,4 kilovoltin komponenteille tehtäviä kuntotarkastuksia. KJ- ja PJ-ilmajohdoille suoritettavat kuntotarkastukset sisältävät pääasiassa samat tarkastuskohteet. Keskijännitteellä (KJ) tarkoitetaan jännitettä, jonka nimellinen tehollisarvo on alle 36 kV. Pienjännitteellä (PJ) tarkoitetaan jännitettä, joka on nimelliseltä tehollisarvoltaan alle 1 kV.

Johtoalueiden raivaukset ovat tärkeimpiä huoltotoimenpiteitä pyrittäessä häiriöttömään ja turvalliseen sähkönjakeluun. Raivaukset jaetaan aluekasvillisuuden raivaukseen, johtoalueen levitykseen sopimusalueen mukaiseen leveyteen, reunapuiden oksimiseen, vierimetsänhoitoon sekä latvasahaukseen. (JSE 2018.)

9.2 20 kV:n ilmajohdon ja johtoalueen tarkastaminen

Keskijänniteverkossa kuntotarkastuksia voidaan suorittaa lentotarkastuksilla ilmasta ja maasta. Maastossa havainnoivaa kuntotarkastusta suoritetaan järjestelmällisesti linjan mukaan liikuttaessa kiinnittäen huomiota linjan johtoalueeseen ja johtimien kuntoon. Pylväiden tarkastukset suoritetaan joka kerta, kun pylväitä tulee vastaan.

Ilmajohtoja tarkastellessa on kiinnitettävä huomiota johtoalueen raivaustarpeeseen ja johtokadun puuston lajiin sekä sen kasvunopeuteen. Verkostosuosituksen RJ 21-92 mukaan avojohdon johtoalue metsässä on oltava leveydeltään 10 metriä. PAS-johdoille käytetään yleisesti samoja etäisyysmittoja kuin avojohdoilla. PAS-johtojen päällystyksen ansiosta johtimien satunnainen yhteen lyönti ei aiheuta oikosulkua, tämän takia PAS-johdon etäisyys muista kuin hedelmäpuista saa olla 0,52 m, kun paljaalla avojohdolla se saa olla 1,22 m. PAS-johdolle suositeltu johtoalueen leveys on 6 metriä. Ks. kuva 6.

(RJ 21:92.)

Johtoalueen leveys tarkastetaan sopimuksen ja määräysten mukaan. Merkitään mahdolliset johtimille kallistuneet, lahonneet tai johtoihin ulottuvat oksat. Johtoalueen tarkastuksessa luokitellaan johtoalueen raivaustarve. Raivausluokat määritellään seuraavasti:

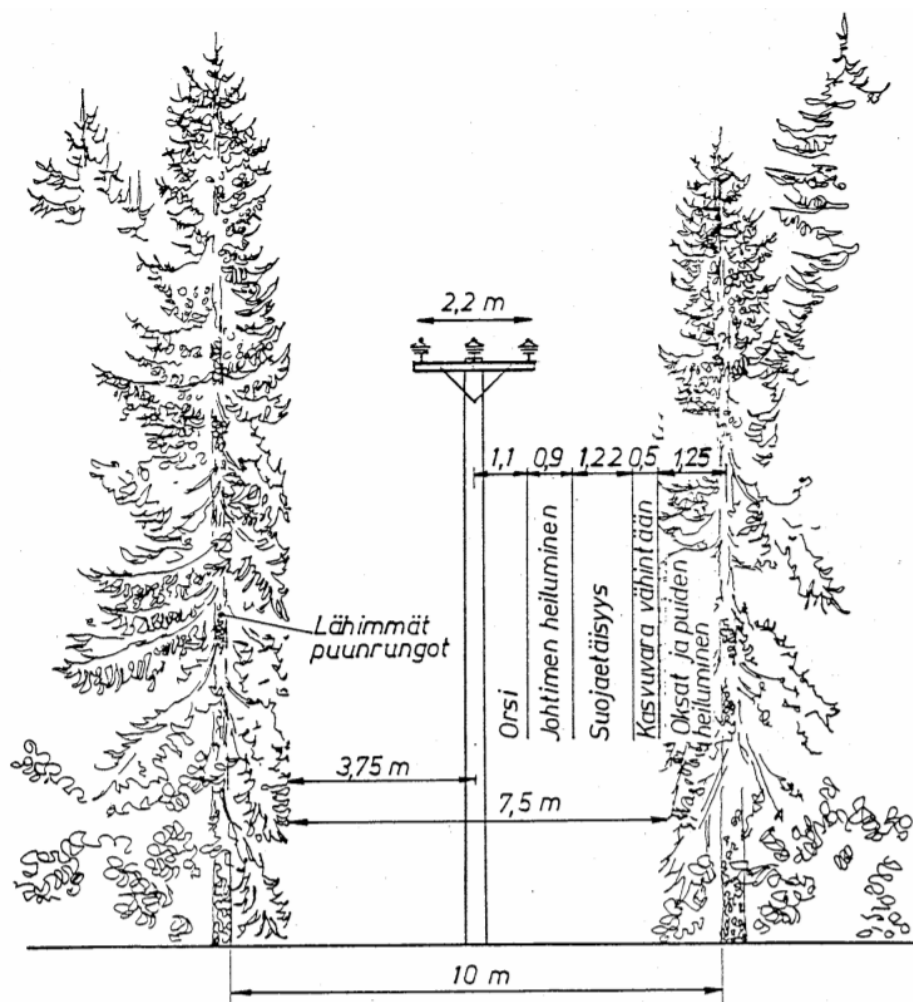
0 = Peltoa tai avoin metsäalue

1 = Johtoalue on kunnossa

2 = Johtoalue on raivattava kolmen vuoden kuluessa

3 = Johtoalue on raivattava välittömästi

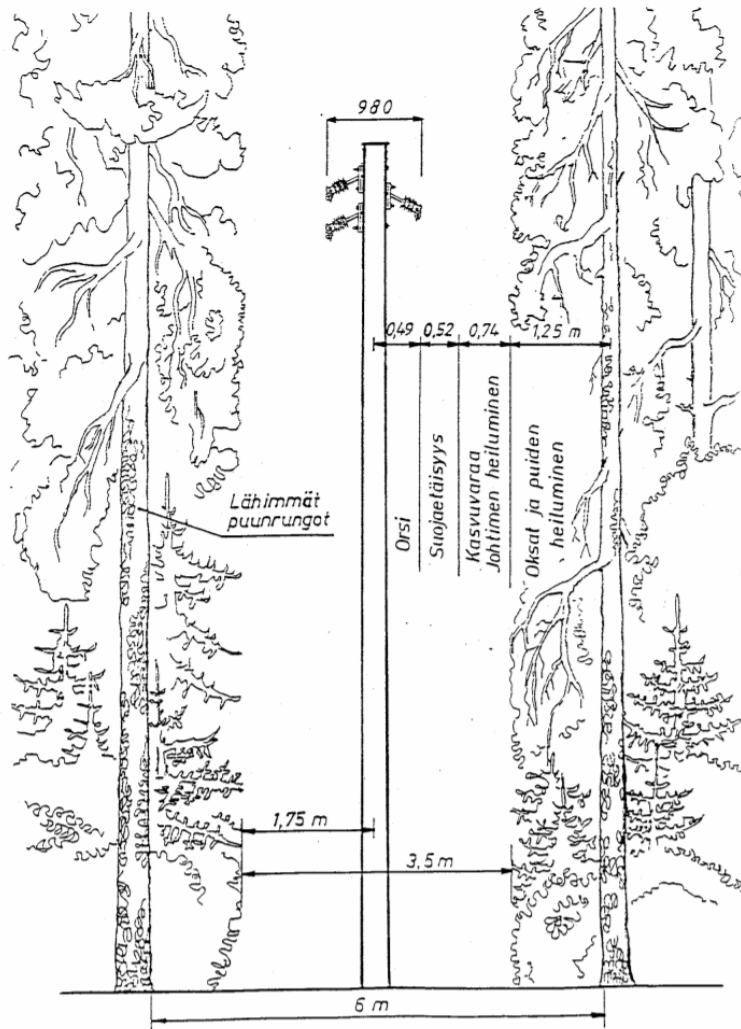
(Monni 2002.)



Kuva 6. 20 kV avojohtoalue metsässä (RJ 21:92)

Ilmajohdojen tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota johdon kuntoon. Avojohtimissa tarkistetaan säikeiden kunto ja mahdolliset paloarvet tai esim. ruosteisuus. PAS-johdon tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota johtimen

päällysteen kuntoon. Mahdolliset vieraat esineet johdoilla on merkittävä tarkastuspöytäkirjaan. Tarkastetaan kannatinrakenteiden kiinnitys ja mekaaninen kunto. Tarkastetaan johtimien kireys ja riippumat jänneväleillä. Johdinten jatkokset jänneväleillä sekä johdinliitokset on tarkastettava. (Monni 2002; Headpower 2017.)



Kuva 7. 20 kV PAS-johdon johtoalue metsässä (RJ 21:92)

SFS-EN 50341-1 määrittelee ilmajohdoille vaaka- ja pystysuorat etäisyysvaatimukset, jotka riippuvat ilmajohdon sijainnista. Kaavoissa D_{el} tarkoittaa pienintä tarvittavaa ilmapäliä, jolla estetään vahingollinen ylilyönti vaihejohtimien ja maan potentiaalisissa olevien kohteiden välillä jyrkillä tai loivilla transienttiylijännitteillä.

Pienjänniteriippukaapeli, ukkosjohtimen tai mekaanisen johdon etäisyys maasta on oltava vähintään 4,0 m. Seinään päättyvä johto saa olla maasta 3,5

m korkeudella. Yksityistien, tontin alueella sijaitsevan ajoneuvolla liikennöitävän tien tai yleiseen tiehen liittyvän jalkakäytävän tai muun kevyen liikenteen väylän kohdalla sekä pelloilla, joilla liikutaan isoilla työkoneilla, on etäisyys maan pinnasta oltava vähintään $5,0 \text{ m} + D_{el}$. (SFS 50341-1.)

Ilmajohdon etäisyys tavallisiin puihin on oltava vähintään $1,0 \text{ m} + D_{el}$ ja heidelmä puihin $4,0 \text{ m} + D_{el}$. Ilmajohdo ei saa ulottua minkään lämmitetyn rakennuksen ylle. Jos avojohtimen tai päällystetyn johtimen vaakasuora etäisyys lämmitettyyn rakennukseen on alle $3,0 \text{ m} + D_{el}$, sen pystysuoran etäisyyden on oltava vähintään $4,0 \text{ m} + D_{el}$. Vaakasuora etäisyys parvekkeeseen ja ikkunaan on oltava vähintään $5,0 + D_{el}$. (SFS-EN 50341-1.)

Lämmitettäväksi rakennukseksi luokitellaan myös lämmittämätön rakennus, jos se sijaitsee samassa rakennusryhmässä lämmitetyn rakennuksen kanssa. Avokatosta ei kuitenkaan pidetä tässä tarkoitettuna rakennuksena. Lämmitättömän rakennuksen etäisyysvaatimuksena noudatetaan ilmajohdostandardin 1. osan vaatimuksia. Ilmajohdon vaakasuora etäisyys avovarastoon, jossa säilytetään pitkiä ja helposti siirrettäviä tavaroita on oltava vähintään $3,0 \text{ m} + D_{el}$. (SFS-EN 50341-1.)

Valta-, kanta- ja seututiellä sekä erikoiskuljetusten tie- ja katuverkon alueella $\leq 1 \text{ kV}$ nimellijännitteeltään olevalle ilmajohdolle vähimmäisetäisyys tien pinnasta on oltava 7,8 metriä ja $\leq 45 \text{ kV}$ ilmajohdolle 8,3 metriä. Muille yleisille teille ja kaduille vähimmäisetäisyys $\leq 45 \text{ kV}$ ilmajohdolle tien pinnasta on 7,0 metriä. (SFS-EN 50341-1.)

Kuvassa 8 nähdään KJ-ilmajohdo ja etäisyysvaatimukset täyttävä johtoalue.



Kuva 8. 20 kV-avojohdon johtoalue

9.3 PJ-Ilmajohdo

Keski- ja pienjänniteverkon ilmajohdon tarkastuksen ero on pääasiassa käytettävien johtimien ja johtoalueille vaaditut etäisyydet. Yleisesti pienjänniteverkossa käytetään AMKA-kaapelia, joka on muovieristeinen alumiinijohdin, jonka vaihejohtimet on kierretty metallisen kannatusvaijerin ympärille.

AMKA-johdin ei vaadi varsinaista johtokatua, kuitenkin ylimääräisten oksien ja puiden poistaminen 0,5–1,5 m päähän johdosta on suositeltavaa. PJ-Ilmajohdon tarkastuksessa on huomioitava lumikuorman aiheuttama puiden oksien taipuminen johdon päälle sekä tuulen aiheuttama puiden heiluminen. Johdon alla kasvavat puut on raivattava vähintään 1,0–0,3 metrin päähän johdosta. Avoimella paikalla sijaitsevan johdon heiluminen on otettava huomioon vähintään 1,0–0,5 metrin etäisyydellä. (RJ 21:92.)

Pienjänniteavojohdon vähimmäisetäisyys on oltava rakennuksista vähintään 3,0 metriä ja puista vähintään 1,0 metriä. Pienjännitteisen avojohdon etäisyys rakennuksista saa olla 22 cm pienempi kuin 20 kV avojohdon etäisyys rakennuksista. (RJ 21:92.)

9.4 Erottimet

Johtoerottimet ovat tärkeä ja olennainen osa jakeluverkostoa. Erottimilla voidaan jakeluverkon johtolähtöjen johtoja jakaa osiin vika- ja käyttötoiminnan perusteella. Kauko-ohjatuilla erottimilla voidaan etäohjauksella ja verkostoautomaation avulla rajata ja paikantaa vika-alueita sekä vähentää paikan päällä tehtävää vianetsintää. (Monni 2010, 225.)

Pylväserottimen kuntotarkastus aloitetaan tarkastamalla erotinlaitteen tunnuskilpi ja osoite sekä ohjauskahvan merkintöjen olemassaolo ja oikeellisuus. Tarkastetaan erottimen lukituksen toimintakunto ja tarvittaessa öljytään tai vaihdetaan. Erottimen ohjauslaitteistosta tarkastetaan ohjauskahvan sekä ohjainputkien kunto ja kiinnitys sekä ohjainputken eristimen kunto. Tarkastetaan katkaisupiiskojen- ja kammioiden toiminta ja mekaaninen kunto, havainnot kuten piiska poikki tai vääntynyt kirjataan pöytäkirjaan. Tarkistetaan katkaisupiiskojen oikea asento. Katkaisupiiskojen tulee olla koukuissa suljettuna. Tarkistetaan katkaisukammioiden ohjainviiksien oikea asento ja suoritetaan toiminnallinen tai visuaalinen toimintakoe. (Headpower 2017.)

Tarkastetaan kytkentäjohtimien kunto, säieviat, eristeiden ja liitoksien sekä liittimien kunto. Maadoitusjohtimien tarkastuksessa huomioidaan maadoitusjohtimien etäisyysvaatimus, jonka on oltava vähintään 50 mm ilmaa tai 100 mm puuta ohjainputken eristimen alapuolella. Tarkastetaan johtimien liitokset sekä kiinnitykset. Kauko-ohjattavien erottimista tarkastetaan ohjauskaapin kiinnitys ja kunto sekä tarkistetaan kaapin lämmitys sekä akuston eheys. (Headpower 2017.)



Kuva 9. Pylväsmuuntamon johtoerotin

9.5 Pylväät

Puupylväiden lahotarkastukset suoritetaan pylvään sijainnista ja olosuhteista riippuen 20–30 vuoden ikäisille pylväille. Seuraavat tarkastukset jaotellaan pylvään lahomäärän perusteella. Kustannustehokkuuden vuoksi pylväiden lahotarkastuksia on järkevä suorittaa määräaikaistarkastuksien yhteydessä. (TA 1:97.)

Pylvään käyttöikä riippuu pylvään kyllästysaineesta sekä pylvään sijainnin olosuhteista. Pylvään käyttöikä on mahdollista pidentää jälkikyllästyksellä tai pylvästä tukevilla ja vahvistavilla juurituilla. Nykyisin jälkikyllästyksiä ei kuitenkaan tehdä mutta jakeluverkossa niitä on vielä useita jäljellä. Suomessa noin 90 % käytössä olevista pylväistä on suolakyllästeisiä, joissa valtaosassa kylästysaineen on käytetty CCA-kyllästeitä. CCA-kylläste takasi pylväälle erityisen pitkän käyttöiän, joka oli jopa 55 vuotta. Vuoden 2006 syksyn jälkeen CCA-kyllästeiset pylväät Suomessa kiellettiin, sillä sen sisältämät aineet on luokiteltu myrkyllisiksi ja haitallisiksi kemikaaleiksi. 10 % Suomessa käytettävistä pylväistä on kreosoottikyllästeisiä. (Monni 2010.)

Nykyisin sähköverkkoyhtiöt suomessa käyttävät kreosootti- ja C-kyllästeisiä (kupariyhdiste) pylväitä. Kreosoottikyllästetyn pylvään käyttöikä on lähes sama kuin aikaisemmin käytetyn CCA-ylvään, mutta kreosootin hajun, tahraavuuden sekä terveysvaikutusten takia niiden käyttö on verkkoyhtiöillä vähäistä. C-

kyllästetyn puupylvään käyttöikä alhaisempi kuin CCA- tai kreosoottikyllästyllä pylväällä kuparin nopeamman liukenevuuden takia. C-kyllästetyn pylvään käyttöikä on näin noin 40 vuotta riippuen pylvään sijainnin olosuhteista sekä kyllästeen tasaisuuden onnistumisesta.

(Energiateollisuus Ry 2010.)

9.6 Pylvään kuntotarkastus

Pylväs- ja tukirakenteiden on tarkoitus kannatella ilmajohtoja ja säilyttää johtimien riittävä etäisyys maasta ja muista rakenteista. Pylväitä on erityyppisiä, ja ne luokitellaan latvahalkaisijan, tyvihalkaisijan sekä pituuden mukaan. Pylväiden kuntotarkastuksessa kiinnitetään huomiota pylvään perustukseen.

Tarkastetaan pylvään kallistuma. Pylvään oikaisutarpeen kiireellisyys määritellään pylvään sijainnin, perustuksen kunnon sekä etäisyysvaatimusten perusteella. Tärkeää on myös selvittää pylvään kallistuman syy. Tarkastetaan pylvään upotussyvyys. Upotussyvyys on oltava vähintään 1/7 pylvään pituudesta tai vähintään 1,4 m. Upotussyvyys voidaan varmistaa vertaamalla upotuksen syvyyttä kyllästysmerkistä, joka on SFS 2662-standardin mukaan oltava 3 metriä pylvään tyvestä. Tarkastetaan pylvään tukirakenteet kuten kalliorautojen kunto ja kiinnitykset. Tarkastetaan pylvään latvasuojuksen olemassaolo, puute kirjataan tarkastuspöytäkirjaan. (Headpower 2017.)

Kuvassa 10 on kalliolle rakennettu pylväs, jonka kiinnitykseen on käytetty kalliorautoja.



Kuva 10. Kalliolle asennettu pylväs

9.6.1 Harukset

Pylväiden harusrakenteista tarkastetaan harusköyden kireys sekä haruksen kiinnitykset pylvääseen ja haruskiristimeen. Haruseristimien kunto ja kiinnitykset. Harusmerkkien on oltava ehjiä, sekä niiden on yletyttävä ulkopuolisten näkyville. Harusmerkkejä on yleensä 6 kpl keltaista ja 6kpl mustaa harusköyttä kohden. Harussilmu on oltava näkyvässä, ja tarvittaessa se on kaivettava esiin. Harussilmu on kuitenkin oltava asennussyvyudessa. Harusvaijereiden harusseristimet on oltava kunnossa, sillä mahdollisessa vikatilanteessa ne estävät

jännitteen siirtymisen vaijerista maahan. Silmämääräisesti tarkastellaan mekaaninen kunto, kuten ruostuminen. Kuvassa 11 näkyy uuteen pylvääseen asennetun haruksen alapää.



Kuva 11. Uuden pylvään haruksen alapää

9.7 Pylvään lahotarkastus

Puupylväiden lahotarkastuksessa luotettavimpia menetelmiä lahoisuuden toteamiseen ovat piikkikoe, lastun veisto, koputtelu sekä kairaus. Joissain verkko-yhtiöissä lahotarkastuksiin on käytössä erilaisiin mittaustekniikoihin perustuvia laitteita sekä erityisesti lahotarkastuksiin koulutettuja koiria. Pylväiden lahotarkastuksessa on tärkeää tietää pylvään lahoamistyyplejä eri tavoin kyllästettyjä pylväitä tarkastaessa. Sisälahoa esiintyy pääasiassa kreosottikyllästeisissä pylväissä. Pintalahoa, joita ovat katkolaho ja ruskolaho, esiintyy pääasiassa suolakyllästeisissä pylväissä. Latvassa lahoaminen on harvinaisempaa ja hitaampaa, sillä latvaa suojaa usein latvahattu. Puupylväissä voidaan

havaita myös harvinaista valkolahoa, jolle tunnusomainen piirre on pylvään muuttuminen vaaleaksi ja halkeilu vuosirenkaita pitkin. (RJ 33:09.)

Pylvään lahotarkastusmenetelmään vaikuttaa pylvään kyllästeaine. Pylvästä tarkastellessa kiinnitetään huomiota pylvään latvan ja varsiosan kuntoon. Tikankolot, halkeamat orsien, koukkujen tai harusten kiinnityskohdissa ovat kriittisiä kohtia pylväälle. Seuraavaksi suoritetaan pylväälle koputuskoee noin kahden metrin korkeuteen maarajasta. Mikäli pylväs kuulostaa ontolta, otetaan pylvään koputuskohdasta poralastunäyte kasvukairalla. Näytteestä määritellään lahonneen pylvään seinämän vahvuus. Koputuskokeen perusteella voidaan paikantaa pylvään pehmein puoli. Pylvään pehmeämmästä puolesta otetaan piikkokoe. Piikki työnnetään maarajakohdassa sekä sen alapuolella kohtisuoraan pylvääseen ja taivuttamalla lohkaistaan pylväästä paloja. Jos pylväästä irtoaa puuta sileinä pyramidin muotoisina palasina, on pylväässä katkolahoa. Piikkikoetta jatketaan myös vastapuolelle ja tarvittaessa puun ympäri niin kauan ennen kuin saavutetaan terveeseen puun osaan. Piikin käytössä on huomioitava se, että jäätynyttä puuta ei voida tutkia. Märkä puu on pehmeää eikä välttämättä tarkoita lahoa. Kuiva puu on kovaa eikä välttämättä tervettä. Tarpeetonta kaivamista on vältettävä. (RJ 33:09.)

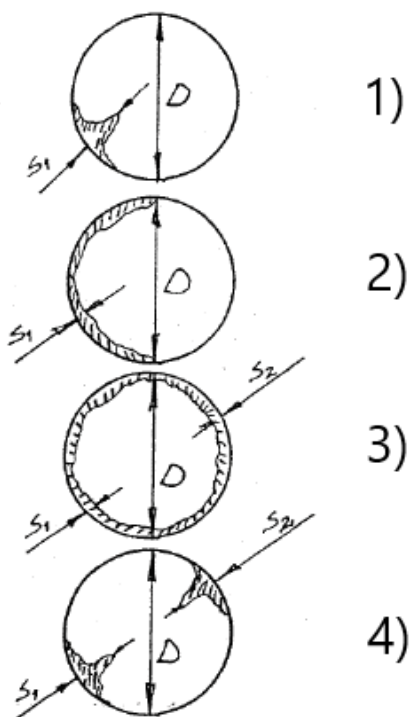
Pylvään lahoisuuden määrittelemisen jälkeen asennetaan tarvittaessa kiipeämisrajoitusmerkit keltaisilla varoitusnauhoilla. Pylvääseen asennetaan yksi varoitusnauha tarkoittaa, että pylvääseen ei saa nousta ilman asianmukaista tuenta. Kaksi varoitusnauha kieltää pylvääseen nousemisen ja pylväs on vaihdettava kiireellisesti. Varoitusnauhat asennetaan noin kahden metrin korkeuteen (RJ 33:09.) Pylvääseen asennettavien varoitusnauhojen määrä voidaan määrittellä taulukosta 1.

L = Pylvään maanpäällisen osan pituus (koko pituus - 2 m)
O = Terve tyvihalkaisijamitta, jolla asennetaan yksi keltainen nauha
OO = Terve tyvihalkaisijamitta, jolla asennetaan kaksi keltaista nauhaa

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

Ja niin edelleen, terveen tyvihalkaisijan mitat kasvavat aina 1 cm pylväspituuden metriä kohti.

Kuva 12. Varoituskeltaisten nauhojen määrittely (RJ 33:09)



Kuva 13. Pintalahoisen pylvään terveen tyvihalkaisijan osan määrittely. Kuvaan sovelletaan kaavoja 1–4. (RJ 33:09)

Kuvassa 12 havainnollistetaan tyven lahomalleja, joiden perusteella voidaan laskea pylvään terveen osan tyvihalkaisija. Terveen tyvihalkaisijan laskemiseen käytetään alla olevia kaavoja.

Pylväässä on yksittäinen lahopesäke, se lasketaan kaavalla (1):

$$d = D - \frac{s_1}{4} \quad (1)$$

Pylvään toinen puoli on kokonaan laho, se lasketaan kaavalla (2):

$$d = D - s_1 \quad (2)$$

Pylväässä on tasaisesti lahoa pylvään ympärillä (3):

$$d = D - (s_1 + s_2) \quad (3)$$

Pylväässä on kaksi erillistä lahopesäkettä (4):

$$d = D - \frac{s_1 + s_2}{2} \quad (4)$$

Jossa	D	Pylvään alkuperäinen halkaisija
	d	Pylvään terve tyvihalkaisija
	s_x	Lahon osan syvyys pylväässä

Lahotarkastustuloksen perusteella voidaan määritellä pylvään laholuokka, seuraavilla kriteereillä.

Taulukko 1. Pylvään lahoisuuden luokitus (Monni 2002)

Laholuokka	Tunnusmerkit
0 = Terve	Pylvään pinta on terve ja kirkas, ei sisälahoa.
1= Alkavaa lahoa	Pehmennyttä tai tummunutta puuta enintään 2 mm pylvään ympäri
2 = Näkyvää lahoa	Lahoa puuta ympäri pylvään 3–10 mm, tai vastaava osuus poikkipinnasta
3 = Melkoista lahoa	Lahoa puuta ympäri pylvään 11–20 mm, tai vastaava osuus poikkipinnasta
4 = Pahoin lahoutunut	Lahoa puuta ympäri pylvään yli 20 mm, tai vastaava osuus poikkipinnasta

10 PUISTOMUUNTAMO

Puistomuuntamo on jänniteverkkoon liittyvä komponentti, jolla muunnetaan yleensä suurempi jännite pienemmäksi. Haja-asutusalueilla puistomuuntamo on usein osana keskijänniteverkon rengasverkkoa. Suomessa puistomuuntamot muuntavat yleensä 20kV:n jännitteen kuluttajalle sopivaksi 400 V:n jännitetasolle. Nykyisin haja-asutusalueilla käytössä olevan 1000 V:n jakelujärjestelmän myötä käytetään usein 20/1/0,4k V kolmikäämimuuntajia, jotka muuntavat keskijännitteen suoraan 400 V pienjännitteeksi sekä kauempana oleville asiakkaille 1000 V jännitteeksi. Jakelumuuntamorakennus sisältää jakelumuuntajan, keskijännitekojeiston, pienjännitetilan sekä mahdollisesti 1kV keskuksen tai kuitutilan pienjännitetilan yhteydessä. (Lakervi & Partanen 2008, 157–158.)

Puistomuuntamon keskijännitetila sisältää kuormaerottimia, katkaisijoita, mitauskennoja ja varokekuormakytкимиä. Muuntamotila sisältää yhden tai useamman jakelumuuntajan, jolla jännite muutetaan halutulle tasolle. Muuntamolta tuleva pienjännitesyöttö jaetaan muuntamon pienjännitetilassa. Pienjännitetila sisältää jonovarokkeita, jotka suojaavat lähtöjen johtimia oikosulku- ja ylikuormituksilta sekä mahdollisen apujännitejärjestelmän. (Lakervi & Partanen 2008, 157.)

10.1 Puistomuuntamon kuntotarkastus

Muuntamoiden kuntotarkastuksessa tarkastellaan muuntamon ympäristöä, muuntamotila, muuntajakone, keskijännitelaitteet, pienjännitelaitteet, turvavälit ja maadoitukset. Puistomuuntamon sekä kiinteistömuuntamon kuntotarkastuksessa voidaan soveltaa samaa alla olevaa kuntotarkistusohjetta.

10.1.1 Muuntamorakennus ja ympäristö

Muuntamolle on oltava pääsy kaikkina vuorokauden aikoina. Muuntamorakennuksen ympäristöstä tarkastetaan puuston ja kasvillisuuden raivaustarve. Muuntamonrakennuksen seinillä on oltava muuntamon tunnus sekä ehjät ja näkyvät hengenvaara kilvet.

Muuntamorakennuksen katon ja seinien on oltava ehjiä ja tiiviitä sekä asianmukaisesti kiinnitettynä. Tarkastetaan muuntamon ja perustuksien kunto sekä maantäytön riittävyys. Tarkastetaan ovien toimivuus

sekä lukitukset. Muuntamon ilmanvaihdon toimivuus kuten suodattimien, tuuletusventtiilien ja luukkujen kunto, mikäli muuntamo sisältää koneellisen ilmanvaihdon tarkastetaan puhaltimien toiminta. Tarkastetaan valaistuksen riittävyys sekä toiminta.

Tarkastetaan kaapelien läpivientien puhtaus, tiiveys sekä mahdolliset kosteusvuodot. Tarkistetaan muuntamon puhtaus sekä ajankohtaisen dokumentoinnin oikeellisuus. (Headpower 2017; TA 3:38.)



Kuva 14. Muuntamorakennus

10.1.2 Muuntajatila ja muuntaja

Muuntajatilasta tulee tarkastaa muuntajan kunto. Muuntajan runko on oltava ehjä eikä öljyvuotoja ole nähtävissä. Tarkastetaan muuntajan kiinnitys, väliottokytkimen asento, muuntajan öljymäärä ja öljytason soittimen kunto sekä lämpömittarin kunto ja öljyn lämpötila. Kiinnitetään huomiota muuntajatilan pölyisyyteen ja yleiseen siisteyteen.

Tarkistetaan eristimien eheys ja puhtaus sekä kannen tiivisteiden kunto. Tarkastetaan kaapeleiden sekä suojamaadoituksen kunto, kiinnitys sekä tuenta.

Tarkistetaan, että öljynkeräyskaukalo on muuntajalle oikein mitoitettu ja kunnossa, eikä kaukalossa ole öljyvuotoja. Varmistetaan, että muuntajatila ja muuntaja ovat puhtaat ja asianmukaisessa kunnossa. Suojaetäisyydet täyttyvät ja suojapuomit ovat paikoillaan. Tarkastetaan muuntajan dokumentoinnin vastaavuus tyyppikilpeen. (Headpower 2017; TA 3:38.)



Kuva 15. Muuntajatila ja muuntajakone

10.1.3 Keskijännitetila ja laitteet

Keskijännitekojeistosta tarkastellaan kaapeleiden asianmukainen kiinnitys sekä päätteiden mekaaninen kunto ja eristimien eheys. Kiinnitetään huomiota eristimien puhtauteen sekä siihen, onko johtimien kiinnitys eristimiin kunnollinen. Kaapelilähtöjen, maadoitusten, sulakkeiden sekä erottimien tunnukset ja merkinnät on täsmättävä dokumentointiin. Kaapeleissa on oltava lähtö- ja vaiheisuusmerkinnät.

Tarkastetaan ja testataan erottimien ja katkaisijoiden mekaaninen kunto sekä ohjaimien toiminta ja öljymäärä, mikäli mahdollista.

Erotinta käytettäessä erotinveitsien on oltava ehjiä ja keskenään samanlaisessa asennossa. Erotinveitsien on avauduttava yhtäaikaaisesti. Avausväli on oltava riittävä, ja ohjaimessa on oltava auki/kiinni merkinnät. Ohjain sekä ohjainputki on kokonaisuudessaan ehjä ja asiallisesti kiinnitetty ja tuettu. Varmistetaan, että erottimen ja maadoituserottimen välinen mekaaninen lukitus toimii. Jos kyseessä on kuormaerotin, on tarkastettava sammutuskammion kunto.

Jännitteisenä katkaisijan tarkastuksessa voidaan tarkastaa vain öljymäärä- ja vuodot. Mikäli katkaisija on SF6-eristeinen, tarkastetaan kaasun paine. Jännitteisenä suoritettussa tarkastuksessa tarkistetaan jännitteenilmaisimen toiminta ja visuaalisesti releiden puhtaus ja kunto sekä tarkastetaan releiden virta- ja aika-asetteluarvot.

Tarkastetaan ylijännitesuojien kunto, kiinnitys sekä kaapelien ja maadoitusten liitokset.

Kokonaisuudessaan kiinnitetään huomiota, että kennojen sisä- ja ulkopuolella ei ole vaurioita eikä sisälle ole jäänyt vieraita esineitä. Kenno on puhdas, ja kaikki kojeistoon kuuluvat osat on asennettu oikein. Varmistetaan, että suojaetäisyydet täyttyvät ja puomit ovat paikoillaan. (Headpower 2017; TA 3:38.)



Kuva 16. ABB:n kuormanerotin

10.1.4 Pienjännitetila ja laitteet

Pienjännitelaitteistosta tarkastetaan keskuksien ja kojeiden kunto, kiinnitykset sekä kansien saranat ja lukitukset. Kiinnitetään huomiota ulko- ja sisäpuoliseen siisteyteen. Tarkastetaan varokkeiden mekaaninen sekä sähköinen kunto, johtimien kunto sekä liitännät kiskoihin ja varokkeisiin.

Mikäli keskuksessa on pääerotin, tarkastetaan sen erottimen ja ohjainlaitteen mekaaninen sekä sähköinen kunto. Varmistetaan, että erottimen asennonosoitusmerkit ovat kunnossa. Pääkytkimen tarkastus suoritetaan samalla tavoin kuin pääerottimien tarkastus. Virtamuuntajien

mekaaninen kunto sekä muuntosuhde tarkistetaan, sekä varmistetaan virtamuuntajien sähköinen kunto.

Tarkastetaan syöttökaapeleiden ja varokekytkimien merkintöjen oikeellisuus dokumentointiin verrattuna. Sulakekoot, lähtönumerot, kaapelityyppi, poikkipinnat sekä kaapeleiden osoitetiedot on täsmättävä kaavioidiin sekä dokumentteihin.

Varokekytkimistä lähtevien kaapeleiden kunto, kiinnitys ja tuenta sekä varokkeiden suojat ja kiinnitys tarkistetaan. (Headpower 2017; TA 3:38.)



Kuva 17. Puistomuuntamon pienjännitetila

10.1.5 Turvavälineet

Muuntamosta tulee löytyä erottimien ohjaussauvat, joiden tulee olla määräysten mukaiset sekä mekaanisesti ja sähköisesti kunnossa. Sulakkeiden vaihtolaitteet, kuten pihdit tai vaihtokahvat tulee löytyä ja niiden on oltava kunnossa. Muuntamossa on oltava työmaadoituslaitteet, ja niiden on oltava kunnossa sekä asianmukaisesti säilytyspaikassaan. Muuntamossa on oltava siirrettäviä varoituskilpiä sekä mahdolliset työmaadoitusohjeet. Ajantasaiset ensiapuohjeet on oltava helposti nähtävissä. Jokaiselle erottimelle on oltava oma työskentelysuoja. (TA 3:38.)

10.1.6 Maadoitukset

Suoja- ja käyttömaadoitukset tarkastetaan, ja ne on oltava sijoituksiltaan sekä merkinnöiltään määräysten mukaiset. Kaikkien suoja- ja käyttömaadoitusta edellyttävien laitteiden maadoitusjohtimien sekä maadoituskiskojen kunto, kiinnitykset sekä liitokset tarkastetaan. Varmistetaan johtimien ja kiskojen merkintöjen sekä maadoitusjohtimien poikkipintojen vastaavuus dokumentointiin ja maadoitusjohtimen materiaalin oikeellisuus. (Headpower 2017.)

10.1.7 Mittaukset

Mikäli muuntamossa ei ole valmiita huippuvirtamittareita, voidaan hetkellinen huippuvirta mitata. Pienjännitetilasta mitataan vaiheiden sekä vaiheiden ja nollan välinen jännite. Kaapeleille suoritetaan eristysvastusmittaus. Sulakkeiden toimintaa testataan koestussulaketta käyttäen. Katkaisijoille suoritetaan toisiokoestus sekä ylimenovastuksen mittaus. Erottimelle tehdään mekaaninen kokeilu sekä varokekuormaerottimen testaus. (TA 3:38.)

11 PYLVÄSMUUNTAMO

Maaseudun ilmajohtoverkossa käytetään pylväsmuuntamoita, joissa keskijännitejohto on kytketty erottimen kautta muuntajan ensiöliittimiin. Tavallinen nimellisteho pylväsmuuntamolle on 50 tai 100kVA. Pylväsmuuntamoiden ylijännitesuojaus toteutetaan perinteisesti suojakipinävälillä. (Lakervi & Partanen 2008, 157–158.)



Kuva 18. 20/0,4 kV pylväsmuuntamo

11.1 Pylväsmuuntamon kuntotarkastus

Pylväsmuuntamon kuntotarkastuksessa tarkastellaan muuntamon ympäristöä, muuntamopylvästä ja sen rakenteita, muuntamon merkintöjä, muuntajakonetta, keskijännitelaitteita, pienjännitelaitteita sekä maadoituksia.

11.1.1 Pylväsmuuntamo ja ympäristö

Pylväsmuuntamon ympäristöstä tarkastellaan ilmajohtojen etäisyysvaatimusten täytyminen. Etäisyysvaatimukset tarkistetaan muista johtimista, rakennuksista, maan ja vedenpinnasta, kulkuväylistä sekä muista rakenteista, joita etäisyysvaatimukset koskevat.

Pylväsmuuntamon ympäristöä tarkastellessa on huomioitava tulevat olosuhdemuutokset kuten johdon alla olevan puuston raivaustarpeen ennakointi. Tarkastetaan muuntamon turvallinen sijoitus ja varmistetaan ettei muuntamon läheisyydessä olevat rakenteet muodosta helposti kii-
vettävää reittiä jännitteisiin osiin. (Headpower 2017.)

Pylväsmuuntamossa on oltava hengenvaarakilvet, muuntamon sekä mahdollisen pääkeskuksen tunnus sekä erottimien auki/kiinni merkin­nät. Tarkastetaan varoitusnauhojen vaadittu määrä ja olemassaolo sekä dokumentoinnin oikeellisuus. (Headpower 2017.)

11.1.2 Muuntaja

Tarkastetaan muuntajan asianmukainen kiinnitys, Tarkastetaan muun­tajakoneen rungon eheys ja pinnoitteet. Tarkistetaan ettei muuntajassa tai eristimissä ole öljyvuotoja ja kannen ja läpivientien tiivisteet sekä saumat ovat ehjät. Tarkastetaan muuntajan väliottokytkimen asento ja merkitään asento dokumentointiin.

Tarkistetaan muuntajan öljysäiliön kunto ja öljynmäärä. Varmistetaan muuntamon eläinsuojauksien olemassaolo, kunto ja kiinnitykset. (Headpower 2017.)

11.1.3 Keskijännitelaitteet

Keskijännitelaitteista tarkastetaan orsien, eristimien, pitimien ja johdinsi­teiden kunto ja kiinnitykset. Tarkastetaan erottimen ohjainlaitteen kiinni­tyt, tuenta sekä ohjaustangon eristimen asennuskorkeus. Tarkastetaan moottorihjaimen asennuskorkeus ja lukitus.

Tarkastetaan kytkentäjohtimien kunto, etäisyydet rakenteisiin ja toimin­tavara sekä johdinliitoksien kunto. Tarkastetaan työmaadoituksen liitän­täkohtien kunto ja kiinnitys. Tarkastetaan ylijännitesuojien kunto, kiinni­tyt sekä kipinävälien ilmaväli. (Headpower 2017.)

11.1.4 Pienjännitelaitteet

Pienjännitelaitteiden tarkastuksessa kiinnitetään huomiota muuntamon 0,4kV laitteiden tarkastukseen. Tarkastetaan pienjännitekeskuksen- tai kaapin kunto ja kiinnitys. Varmistetaan sulakemerkintöjen oikeellisuus dokumentointiin verrattuna. Tarkastetaan johtolähtöjen sekä johtoliitok­sien kunto sekä niiden kiinnitykset ja suojaukset. Varmistetaan kaapin mekaaninen kunto, kosketussuojauksen toteutuminen sekä kaapin tiiveys. (Headpower 2017.)

11.1.5 Maadoitukset

Tarkastetaan maadoitusjohtimien kiinnitykset ja liitokset sekä niiden jat­kuvuus tilaajan ohjeiden mukaisesti. Tarkastetaan maadoitusjohtimien kunto, asennuskorkeus ja kiinnitykset. (Headpower 2017.)

11.2 Jakokaapit

Jakokaappi eli kaapelinjakokaappi ovat osa pienjännitteistä sähkönjakelua. Jakokaapit ovat metallisia tai komposiittivalmisteisia. Muuntamoilta tulevat syöttökaapelit jaetaan jakokaapeissa kuluttajille. Jakokaappeja voi olla yhden muuntopiirin takana useita peräkkäin. Sulakesuojaus asiakkaan kaapelilähdölle toteutetaan jonovarokkeilla.

Jakokaappien tarkastukset suoritetaan pääasiassa silmämääräisesti. Jakokaapista tarkistetaan keskuksen rakenteellinen kunto, kuten lukkojen, saranoiden ja salpojen toimivuus sekä kaapin sisätilojen puhtaus. Jakokaapin perustus on suorassa ja perustan täyttö on riittävä. Jakokaapin mekaaninen kunto tarkistetaan mahdollisten kosteus- ja ruostevaurioiden varalta ja varmistetaan kosketussuojauksen olemassaolo sekä kaapin tiiveys. Jakokaapin ulkopuolinen varoitusmerkintä sekä tunnus on oltava selkeästi näkyvässä. Kaapin ympäristö on oltava raivattua, ja pääsy kaapille on oltava esteetöntä ympäri vuoden.

Jakokaapin kaapelit on oltava kiinnitettynä, eristeiden on oltava kunnossa ja kaapeleiden poikkipinnat sekä kaapeleissa olevat merkinnät sopivat dokumentointiin. Keskus on oltava asiallisesti maadoitettu, ja sisällä olevat sulakkeet, varokeytimet ja niiden merkinnät on täsmäyttävä dokumentaatioon.



Kuva 19. Jakokaappi

12 YHTEENVETO

Sähkönjakelunverkon säännölliset kuntotarkastukset parantavat jakeluverkon laitteistojen käyttöluotettavuutta ja sähköturvallisuutta. Tässä työssä selvitettiin Järvi-Suomen energian sähkönjakeluverkon kuntotarkastuskäytäntöjä ja kuntotarkastuksiin käytettävän sovelluksen puutteita ja ongelmakohtia. Käyttökarttasovelluksen pöytäkirjoissa löydetyt ongelmakohdat ja kehitysehdotukset mahdollistavat uuden korvaavaan käyttökarttajärjestelmän optimoinnin jo heti käyttöönottovaiheessa.

Työhön asetetut tavoitteet saavutettiin ja opinnäytetyötä voidaan jatkossa hyödyntää sähkönjakeluverkon kuntotarkastuksia sekä tarkastuksiin liittyviä ohjeita varten. Työssä käsiteltiin Suomen sähkönjakeluverkkoa, jakeluverkolle sovellettavia kunnossapidon strategioita, jakeluverkkoon liittyviä lakeja ja määräyksiä sekä käytiin perusteellisesti läpi jakeluverkolle suoritettavien kuntotarkastuksien sisältöä.

Työ vaati itsenäistä työskentelyä tarkastuskäytäntöjen ja kuntotarkastuksissa käytettävän sovelluksen puutteiden ja ongelmakohteiden löytämisessä. Kokonaisuutena työn tekeminen oli itselleni erittäin opettavaista ja hyödyllistä nykyisen työnkuvani puolesta sähkönjakeluverkon suunnittelijana.

LÄHTEET

- ABB. 2019. Service Solution - RelCare™. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/jornadas-tecnicas-chile-2019/pgtr-y-pggi/relcare.pdf?sfvrsn=fb57416_2 [viitattu 6.1.2021].
- Aro, M, Elovaara, J, Karttunen, M, Nousiainen, K & Palva, V. 2003. Suurjännitetekniikka. Helsinki: Otatieto.
- Energiateollisuus Ry. 2009. Verkostosuositus RJ 33:09 Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuuden määrittäminen. Helsinki.
- Energiateollisuus Ry. 2010. Sähkön toimitusvarmuus 2030. PDF-dokumentti. Päivitetty 27.8.2010. Saatavissa: https://energia.fi/files/733/Sahkon_toimitusvarmuus_2030_Suositus_20100827.pdf [viitattu 18.11.2020]
- Energiateollisuus Ry. 2010. Tulevaisuuden sähköpylväs. PDF-dokumentti. Päivitetty 12.2.2010. Saatavissa: http://energia.fi/files/1043/Tulevaisuuden_sahkopylvaat_loppuraportti.pdf [viitattu 3.1.2021]
- Energiateollisuus Ry. 2020. Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot/lainsaadanto_ja_viranomaisvalvonta [viitattu 10.1.2021]
- Energiaviraston selvitys työ- ja elinkeinoministeriölle energiayhteisöjen oikeudellisista edellytyksistä EU:n ja kansallisen verkkosäätelyn kannalta. Julkaistu 05.09.2017, 1646/403/2017. Saatavissa: <https://bit.ly/3tSOtG5> [viitattu 20.11.2020]
- Fingrid Oyj. 2016. Miksi Fingrid ei kaapeloi? WWW-dokumentti. Julkaistu 23.11.2016. Saatavissa: <https://www.fingridlehti.fi/miksi-fingrid-ei-kaapeloi/> [viitattu 15.11.2020]
- Fingrid Oyj. 2020a. Fingridin sähkönsiirtoverkko. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.11.2020. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/fingridin-sahkonsiirtoverkko/> [viitattu 13.11.2020]
- Fingrid Oyj. 2020b. Suomen sähköjärjestelmä 2020. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/suomen-sahkojarjestelma/> [viitattu 15.11.2020]
- HeadPower Oy. Kuntotarkastuspöytäkirjat, Sähköverkko 2017. www.headpower.fi [viitattu 28.01.2021]
- Huikari, J. 2020. Tuotepäälikkö. Sähköpostikeskustelu. TietoEVERY Oy. [12.11.2020]
- JSE Oy. 2015. Kunnossapitosuunnitelma. Yrityksen sisäinen dokumentti
- JSE Oy. 2018. Jakeluverkon raivauksien menettelyohje. Yrityksen sisäinen dokumentti

JSE Oy. 2020a. Järvi-Suomen energian verkkoalue kartalla. Kuva. Saatavissa: <https://www.jseoy.fi/wp-content/uploads/2020/04/verkkoalue-jarvisuomenenergia-kartta-e1589279282453.jpg> [viitattu 3.11.2020]

JSE Oy. 2020b. Sähköverkon turvallinen käyttö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jseoy.fi/wp-content/uploads/2020/04/sahkoverkon-turvallisen-kaytto.pdf> [viitattu 26.11.2020]

JSE Oy. Faktoja sähköverkostamme. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.jseoy.fi/tietoa-meista/sahkoverkko/#fea07f91> [viitattu 3.11.2020]

Järviö, J & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähköjakelutekniikka. 3. painos. Helsinki: Otatieto.

Monni, M. 2002. Sähkölaitosasetajan ammattioppi 4, Jakeluverkon käyttötehtävät, 4. uudistettu painos. Helsinki: Adato Energia Oy.

Monni, M. 2010. Ilmajohdoverkostotyöt. 5. kokonaan uusittu painos. Helsinki: Adato Energia Oy.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered Maintenance. Butterworth-Heinemann Ltd. Oxford.

Nummenpää, H. 2020. Toimitusjohtaja. Enerva Oy. Sähköpostikeskustelu [17.11.2020]

Suur-Savon Sähkö Oy. Vuosikertomus 2016. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sssoy.fi/wp-content/uploads/2019/05/vuosikertomus-2016.pdf> [viitattu 4.11.2020]

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS [viitattu 25.11.2020].

SFS-EN 50341-1. Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV jännitteillä. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Yhteiset määrittelyt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS [viitattu 14.02.2021]

Sähköenergialiitto ry. 1998. Verkostosuositus RJ 21:92 Ilmajohdosten johtoalueet, Sener.

Sähköenergialiitto ry. 1998. Verkostosuositus TA 3:98 Kuntotarkastus ja lomakkeen täyttö, Sener.

Sähkömarkkinalaki. 9.08.2013/588.

Sähköturvallisuuslaki. 16.12.2016/1135.

Vanha, H. 2012. Sähköverkon tarkastukset. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42163/opinnayte.henri-vanha.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 6.1.2021].