

Tuomas Lahti

Jakeluverkon kunnossapidon ja sen dokumentoinnin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

19.11.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Tuomas Lahti Jakeluverkon kunnossapidon ja sen dokumentoinnin kehittäminen 31 sivua + 2 liitettä 19.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Opinnäytetyön aiheena tarkastellaan pien- ja keskijännitteisen jakeluverkon kunnossapitotietojen ylläpitoon ja kehittämiseen liittyviä tekijöitä. Aihetta käsitellään yleisesti suomalaisten jakeluverkkoyhtiöiden näkökulmasta, tutkien erilaisia keinoja ja mahdollisuuksia tehokkaan ja tarkan kunnossapitodokumentaation ylläpidon varmistamiseksi. Lisäksi pyritään löytämään kehitysideoita dokumentointiin ja sen korjausten suorittamiseen.</p> <p>Työssä tutkittiin kunnossapitoa ja sen dokumentointia jakeluverkon kaapelijakokaappien ja muuntamoiden osalta, uppoutuen myös niille tehtäviin erilaisiin kunnossapitotoimenpiteisiin, kuten määräaikaistarkastuksiin ja -huoltoihin. Pohjustukseksi selvitettiin myös sähköverkon yleistä rakennetta, verkkoyhtiöiden toimintaa sekä luotiin tarkempi katsaus muuntamoiden ja jakokaappien käyttötarkoitukseen ja toimintaan. Lisäksi tarkasteltiin kunnossapidon muita erinäisiä osa-alueita sekä dokumentointia ja siinä käytössä olevia tekniikoita, toimintatapoja ja ohjelmistoratkaisuja.</p> <p>Opinnäytetyön aihealue käsittelee osittain eräässä suomalaisessa verkkoyhtiössä suoritetua dokumentoinnin korjausprojektia. Tuloksena syntyi työtehtävässä tehtyjen havaintojen perusteella parannusehdotuksia kunnossapidon ja dokumentaation kokonaisuuden kehittämiseksi. Nämä havainnot voivat osoittautua hyödyllisiksi verkkoyhtiöiden käytössä oman dokumentaation tason ja korjaustarpeen tiedostamisessa.</p>	
Avainsanat	kaapelijakokaappi, muuntamo, dokumentointi, kunnossapito

Author Title Number of Pages Date	Tuomas Lahti Improving of the Documentation of Distribution Networks Maintenance 31 pages + 2 appendices 19 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>The subject of this thesis is the documentation of low voltage and middle voltage networks maintenance data. The subject is handled from the point of view of electrical distribution companies. Study includes different ways to ensure the quality and accuracy of the documented data, and reveals ways to fix the problems found within the documentation.</p> <p>This thesis includes research about the maintenance of electrical networks and the ways of documenting the data gained from maintenance work. The main focus is on distribution networks cable cabinets, secondary substations and inspections that are made for these components for ensuring their operation and safety. Besides these there is also introduction to the basics of distribution networks, to operation of distribution companies, information about some techniques and software used in documentation.</p> <p>The subject comes partly from a documentation fixing project made in a Finnish distribution company. As the result, there are some notices and suggestions about the current state of documentation and the ways to fix the problems. These results could be found useful by any distribution company when inspecting the state of the documentation.</p>	
Keywords	cable cabinet, substation, documentation, maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Jakeluverkot	2
2.1	Verkkoyhtiöt	2
2.2	Jakeluverkon rakenne	4
3	Kunnossapito	11
3.1	Verkon kunnossapito ja kehittäminen	12
3.2	Kunnossapidon määräaikaistarkastukset	16
4	Verkon dokumentointi	19
4.1	Dokumentointi jakeluverkkoyhtiössä	19
4.2	Dokumentoinnin korjaus	21
4.3	Kunnossapidon dokumentointi	25
5	Kehitysehdotuksia	27
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
Liite 1.	Muuntajat, määräaikaistarkastus	
Liite 2.	110 kV...400 kV Transformer Inspections and Maintenance Activities	

Lyhenteet

GPS	Global Positioning System. Yhdysvaltalaislähtöinen yleisesti käytössä oleva satelliittipaikannusjärjestelmä.
NIS	Network Information System. Verkkotietojärjestelmä.
PEN	Protective Earth Neutral. Yhdistetty suojamaa- ja nollajohdin.
XML	Extensible Markup Language. Järjestelmienväliseen tiedonsiirtoon käytettävä metakieli.

1 Johdanto

Opinnäytetyö on saanut aiheensa eräässä suomalaisessa verkkoyhtiössä suorittamastani kunnossapitotietojen ja dokumentoinnin korjausprojektista, jonka aikana tekemäni havainnot dokumentaation tilasta antoivat minulle innoitteen lähteä tutkimaan aihetta tarkemmin. Havaintojen perusteella pyrin luomaan erinäisiä kehitysehdotuksia verkkoyhtiötoiminnan kunnossapidon ja dokumentoinnin käyttöön. Kunnossapitoa ja sen dokumentointia käsitellään varsinkin jakeluverkon kaapelijakokaappien ja muuntamoiden osalta, jonka vuoksi perehdyn työn aikana tarkemmin myös niiden käyttötarkoitukseen ja toimintaan verkon osina. Tämän lisäksi käsittelen myös verkkoyhtiön yleistä kunnossapitotoimintaa, sen tavoitteita ja siihen liittyviä tulevaisuuden näkymiä. Keskeisenä lähdeaineistona kunnossapitoon liittyvän sisällön tarkastelussa käytän aihealuetta koskevia lakitekstejä ja standardeja, sekä muita julkaisuja ja ohjeita.

Toimivalla kunnossapito-ohjelmalla on suuri merkitys verkkoyhtiölle niin omaisuudenhallinnan kannalta kuin myös luotettavan ja laadukkaan sähkönjakelun takaamiseksi asiakkaille. Keräämällä ajantasaista tietoa verkoston tilasta voidaan ennakoida sen komponenttien huolto- ja uusimistarvetta ja näin ennaltaehkäistä ja välttää viallisten komponenttien aiheuttamilta häiriöiltä sähköverkon toiminnassa. Kunnossapito pyrkiikin huolehtimaan siitä, että määräaikaisesti tehtävillä tarkastuksilla ja huoltotöillä taataan jakeluverkon entistäkin korkeampi toimintavarmuus ja sähköturvallisuus sekä pidetään yllä sen verkostoarvoa. Näin lasketaan myös vikatilanteiden aiheuttamia ylimääräisiä kustannuksia mahdollisten kalustovaurioiden ja jakelun keskeytysten osalta.

Suomalainen sähköverkko elää mittavan muutospaineen alla ikääntymisen ja toimitusvarmuuden takaamisen parantamispaineen vuoksi. Häiriöiden vähentämisen tarve kasvattaa oleellisesti myös kunnossapidon tehtävien määrää ja kustannuksia ja täten vaikuttaa myös dokumentoinnin ylläpidon kehittämistarpeeseen. Kunnossapitotietojen dokumentoinnilla pyritään luomaan tietokanta kerätyistä tarkastustuloksista ja tehdyistä huoltotoimenpiteistä, josta tietojen tulee olla vaivattomasti saatavissa myös verkkokohteille tulevaisuudessa toteutettavien töiden käyttöön. Tietoja hyödynnetään toiminnan suunnittelussa ja optimoinnissa, ja niiden avulla tähdätään säästöihin kunnossapitokustannuksissa sekä työturvallisuuden kehittämiseen huoltotöiden yhteydessä. Tietojen ylläpidon toteuttamiseen on erilaisia tapoja, joista yksi on integroida ne verkkoyhtiön käyttämään verkkotietojärjestelmään. Tämän rinnalla voi toki olla käytössä muitakin

järjestelmiä tietojen kirjaamista varten, kuten projektinhallintaohjelmistoja. Dokumentaation ajanmukaisuutta ylläpidetään tekemällä sille säännöllisesti tarkastuksia, ja tarvittaessa korjauksia.

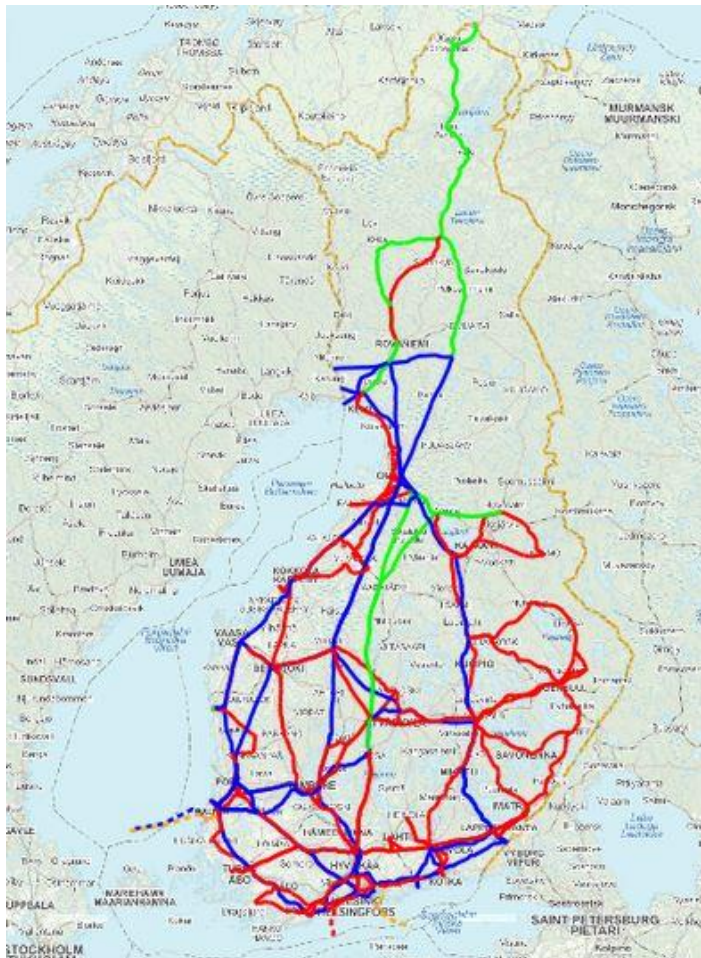
2 Jakeluverkot

2.1 Verkkoyhtiöt

Suomessa sähkönjakelu on luvanvaraista ja paikallista monopolitoimintaa. Alan yritysten toimiluvat myöntää Energiavirasto, joka valvoo jakelun hinnoittelun tasoa ja sen kohtuullisuutta. Tämän ohella valvonnan piiriin kuuluu myös muun muassa verkkoyhtiöiden jakelun toimitusvarmuuden toteutuminen [1]. Seuraavassa käsitellään pohjustukseksi tarkemmin sähköverkkoyhtiöiden toimintaan liittyviä käytäntöjä Suomessa sekä niiden välisen alueellisen ja toimialan mukaisen vastuun jakautumisen perusteita.

Kantaverkkoyhtiö

Suomen sähköverkoston kantaverkon omistajana ja ylläpitäjänä toimii Fingrid Oyj, jonka hallinnoimaan verkkoon paikalliset jakelutoimijat liittyvät. Kantaverkko koostuu Fingridin omista sähköasemista ja suuruusluokaltaan 110 kilovoltista 400 kilovolttiin asti ulottuvasta suurjännitesähkölinjastosta, jota syöttävät siihen liittyvät voimalaitokset. Fingridin verkkosivuilta löytyvästä verkostokartasta (kuva 1) voidaan tarkastella Suomen kantaverkon tarkempaa rakennetta ja maantieteellistä sijaintia. [2.]



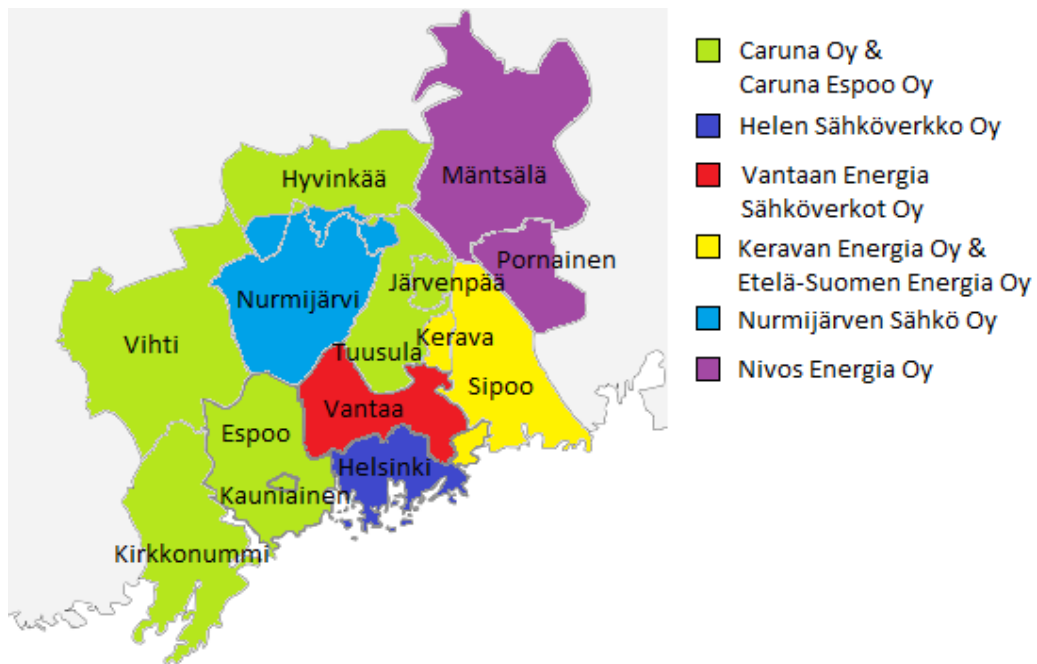
Kuva 1. Fingridin kantaverkon rakenne. Sinisellä värillä on merkitty 400 kV:n, vihreällä 220 kV:n ja punaisella 110 kV:n johdot ja kaapelit. [2.]

Kantaverkko on yhteydessä myös Suomen naapurimaihin eli Ruotsiin, Norjaan, Viroon ja Venäjälle. Suomen ja Ruotsin välillä on voimalinjayhteyksiä sekä pohjoisessa Tornionjoen ylitse, että merikaapelilla Rauman seudulla. Myös Viron ja Suomen väliset tasavirtayhteydet on toteutettu merikaapelilla Suomenlahden alitse. Maiden välisten linkkien avulla hankitaan ja siirretään tarvittaessa sähköenergiaa eri markkinoiden kesken. [2.]

Jakeluverkkoyhtiöt

Jakeluverkot ovat paikallisten sähköyhtiöiden monopoliasemalla hallitsemia sähköverkkoja, joilla sähkö tuodaan yhtiön vastualueen kuluttajille. Tavallisimmin paikallinen jakelu toteutetaan pien- ja keskijännitteisellä verkolla, joka on suuruusluokaltaan 0,4–70 kilovoltia. Verkkoyhtiöllä voi olla hallussaan myös suurjännitteistä alueverkkoa, jonka yleisin jännitetaso on 110 kilovoltia. [1.]

Suomen suurimman jakeluverkkoyhtiön muodostavat Caruna Networks -konserniin kuuluva Espoon, Kirkkonummen ja Joensuun alueilla toimiva Caruna Espoo Oy ja yhtiön muilla verkkoalueilla toimiva Caruna Oy [3]. Verkkoalueet ovat usein jakautuneet lähes kuntarajojen mukaisesti, kuten kuvassa 2 näkyvästä pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien kartastakin huomataan. Tämä juontaa juurensa kunnallisiin sähkölaitoksiin, joita on myöhemmin ajan myötä osakeyhtiötetty. Caruna Espoon lisäksi muita pääkaupunkiseudulla vaikuttavia verkkoyhtiöitä ovat muun muassa Helen Sähköverkko Oy Helsingissä ja Vantaan Energia Sähköverkot Oy Vantaalla.



Kuva 2. Verkkoalueiden suuntaa antava jakautuminen pääkaupunkiseudulla ja sen lähialueilla toimivien jakeluverkkoyhtiöiden kesken alkuvuonna 2017. [3; 4; 5; 6.]

Jakeluverkkoyhtiöitä toimii koko Suomessa yhteensä noin 80 kappaletta [1].

2.2 Jakeluverkon rakenne

Siirrettäessä sähköä pitkiä matkoja käytetään suurjännitteistä kanta- ja alueverkkoa, jolloin verkossa tapahtuvat häviöt saadaan pysymään pieninä. Suurjännite muunnetaan sähköaseman päämuuntajalla useimmiten 10–20 kilovoltin keskijännitteeksi, joka toimii paikallisen jakelun runkona. Keskijännite muunnetaan edelleen jakelumuuntajalla pien-

jänniteasiakkaiden käyttöön. Seuraavassa perehdytään tarkemmin jakeluverkon muuntamoihin ja kaapelijakokaappeihin, jonka avulla päästään käsiksi myös kunnossapidon ja dokumentoinnin toimintaan kyseisten verkon osien kohdalla.

Muuntamot

Muuntamo on jakeluverkon kokonaisuuden kannalta oleellinen osa, jonka keskeinen komponentti on jakelumuuntaja. Jakelumuuntajalla suoritetaan keskijännitteisen sähkön muunto pienjännitteiseksi. Muita tavallisimpia komponentteja ovat esimerkiksi keskijännitepuolen kuorma-, maadoitus- ja muuntajaerottimet, sekä suojauksessa käytettävät sulakkeet. Erilaisia muuntamotyyppisiä ovat muun muassa pylväsmuuntamot ja niin kutsutut puistomuuntamot, joita on erilaisia eri käyttöympäristöjä varten. Muuntaja voidaan sijoittaa myös rakennuksen sisällä olevaan tekniseen tilaan, jolloin kyseessä on kiinteistömuuntamo.

Puistomuuntamo on yleinen tapa sijoittaa muuntaja ulkoalueille. Ne ovat usein pinta-alaltaan pienehköjä, rakenteensa mukaan joko ulkoa tai sisältä huollettavia ja lukittavissa olevia kiinteitä rakennelmia, joiden sisälle jakelumuuntaja ja muut tarvittavat sähkökalusteet asennetaan. Tämä lisää turvallisuutta ja toimintavarmuutta ehkäisemällä ulkopuolisten pääsyn jännitteisten osien välittömään läheisyyteen ja vähentämällä laitteistoon kohdistuvaa rasitusta esimerkiksi sään tai ilkvallan toimesta. Muuntamon ulkokuoren materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi peltiä tai erilaisia komposiittisekoitteita. Myös tiilestä muuratut ja betoniset muuntamokopit ovat yleisiä. Edellä mainittujen julkisivua voidaan lisäksi muokata halutun laiseksi esimerkiksi erilaisilla puuverhoiluilla tai kuvioituilla teräsverkoilla. Joissakin kunnissa esitetäänkin vaatimuksia muuntamoiden ulkonäöstä, jotta ne saadaan istumaan paremmin kaava-alueen rakennuskantaan.

Muuntamokoppeja valmistavat muun muassa monikansallinen ABB, virolainen Harju Elekter sekä kotimaiset Elkamo ja Finnkumu, jonka tuote on käytössä kuvan 3 Vantaalle rakenteilla olevan puistomuuntamon tapauksessa.



Kuva 3. Uuden puistomuuntamon asennustyömaa Vantaalla maaliskuussa 2017.

Pylväsmuuntamo on toinen jakeluverkossa laajalti käytössä oleva muuntamotyyppi, jossa muuntaja on asennettu joko omaan tai keskijänniteverkon pylvääseen kuvan 4 tapaan. Muuntaja on sijoitettu korkealle maanpinnasta nähden, joka rajoittaa asiatonta kosketusetäisyydelle pääsyä ilman apuvälineitä. Pylväsmuuntamon etuna on rakenteen yksinkertaisuus, mutta haittapuolena ovat kuitenkin huoltotöiden vaikeutuminen sekä erityinen alttius sään vaihteluille, kuten lumikuormille, jäälle ja koville tuulille. Näistä voi seurata vahinkoa muuntajalle ja samalla häiriöitä jakeluverkkoon. Sähkökatkoja voivat aiheuttaa aika-ajoin myös eläimet, kuten muuntajapylvääseen eksyneet linnut tai oravat. Pylväsmuuntajilla ei ole myöskään öljyn valuma-allasta, toisin kun puistomuuntamoissa useimmiten, jolloin öljyjäähdytteiseen muuntajaan tulleesta vuodosta valuva jäähdytysöljy saattaa päästä imeytymään suoraa maaperään. Tästä muodostuukin

mittava ympäristöuhka erityisesti pohjavesialueilla ja kustannuksia maaperän puhdistamistarpeen takia. Jakeluvarmuuden ja mahdollisten ympäristöhaittojen vuoksi pylväsmuuntamoiden sijaan rakennetaankin nykyään useammin puistomuuntamoja, niin uudiskohteissa kuin vanhojen muuntamoiden saneerauksen yhteydessäkin.



Kuva 4. 20000/400 V:n muuntosuhteella toimiva 100 kVA:n pylväsmuuntaja Kirkkonummella.

Muuntamot syöttävät lähialueen kaapelijakokaappeja muodostaen näin muuntopiirejä. Muuntopiirien sisällä ja niiden välille pyritään takaamaan rengasyhteyksiä varsinkin tiheästi asutuilla alueilla, joilla on paljon asiakkaita ja näin myös useita jakokaappeja. Rengasyhteydellä varmistutaan siitä, että huollon tai vikatilanteen yhteydessä piiriä ei tarvitse erottaa kokonaan irti verkosta, vaan sen syöttöä voidaan jatkaa toisen kaapin

tai muuntamon kautta tulevalla kaapelilla. Keskijänniteverkossa käytetään myös erotinasemia, joiden avulla tiettyjen verkon osien ja muuntopiirien syöttö voidaan tarvittaessa katkaista.

Kaapelijakokaapit

Muuntamoiden pienjännitelähdöt syöttävät kaapelijakokaappeja, joista käytetään yleisesti myös lyhyempää termiä jakokaappi. Jakokaapit ovat nimensä mukaisesti pellistä tai komposiittimateriaaleista valmistettuja kaappeja, joissa pienjännitekaapelisyötöt jaetaan useammiksi eri kohteita syöttäviksi nousuiksi. Jakokaappeja kytketään suuremmissa muuntopiireissä peräkkäin, jolloin jokainen kaappi ei välttämättä saa syöttöään suoraan muuntamolta tulevasta kaapelista vaan alueen muilta kaapeilta. Syöttökaapelit ja liittymäpisteisiin vietävät pienjänniteasiakkaiden nousukaapelit toteutetaan varsinkin taajama-alueilla pääsääntöisesti maakaapeleina, kuten kuvan 5 Vantaalla sijaitsevan jakokaapin asennustyömaastakin huomataan. Yksittäinen jakokaapin nousukaapeli voi myös olla myöhemmin jaettu useammalle asiakkaalle niin kutsutussa haaroituskaapissa, joka ei välttämättä sisällä erillistä sulakesuojausta. Näitä käytetään varsinkin harvaan asutuilla alueilla, joilla etäisyydet asiakkaiden ja kaapelijakokaappien välillä ovat pitkiä [7] sekä ilmajohtolinjojen haaroitukseen asiakkaiden liittymäpisteille.



Kuva 5. ABB Kabeldon -kaapelijakokaapin asennustyömaa Vantaalla maaliskuussa 2017.

Kiskostollisissa kaapelijakokaapeissa on kisko jokaiselle kolmelle vaiheelle sekä maadoitus- tai PEN-kisko. Kiskoja syöttävät kaapelit kytketään kiskoliittimillä, tai vaihtoehtoisesti sulakkeilla tai oikosulkuveitsillä varustetuilla jonovarokeytkimillä. Asiakkaiden liittymiä syöttävät nousukaapelit asennetaan yleensä niin ikään jonovarokeytkimien taakse, mutta varsinkin iäkkäämmissä jakokaapeissa on usein käytössä myös suoraa varokealustaan kytkettäviä kahvasulakkeita tai tulppasulakkeita, joita on esitetty kuvassa 6. Käytössä voi olla myös vanhemman mallisia varokeykimiä, kuten niin sanottuja uuniluukkukykimiä. Jonovarokeytkimet toimivat kaapelijakokaapeissa lähtöjen pääkytkiminä ja runkoverkon suojakomponentteina [8]. Niillä saadaan irrotettua kahvasulakkeet jokaisesta vaiheesta samanaikaisesti ja näin erotettua kytkimistä lähtevät nousukaapelit niitä syöttävistä kiskoista. Yhdestä kytkimestä voi lähteä myös useamman asiakkaan kaapelit, jolloin kyseisiä lähtöjä kutsutaan alilähdöiksi.



Kuva 6. Jakokaappien ohella kotitalouksien sähkökeskuksissakin yleisesti käytössä olevia tulppasulakkeita sekä niitä varten käytettäviä varokepesiä.

Esimerkkinä tunnetuista jakokaappivalmistajista voidaan mainita vaikkapa ABB, jonka mallistosta varsinkin ABB Kabeldon -tuotteet (kuva 5, s. 9) ovat laajalti käytettyjä, sekä Porvoosta lähtöisin oleva Ensto Rapid-kaapelijakokaappeineen. Kyseisten valmistajien valikoimiin kuuluvat itse kaappien lisäksi myös niihin asennettavat sähkökalusteet, kuten jonovarokeytkimet ja kiskoliittimet. Kytkimet ja sulakkeet mitoitetaan syötettävän käyttöpaikan liittymäkoon mukaan. Kuvassa 7 on esitettyinä erikokoisia jonovarokeytkimiä, varokealustoja ja kahvasulake, jollaisia edellä mainituissa käytetään.



Kuva 7. Kahvasulake, kahvasulakkeen varokealustoja ja erisuuruisille nimellisvirroille mitoitettuja jonovarokeytkimiä. [8.]

Myös muuntamoissa on jakokaappia vastaava pienjännitekeskus, josta voi lähteä nousuja niin jakokaapeille kuin suoraan asiakkaillekin. Keskus saa syöttönsä suoraan muuntajan toisiopuolelta, jossa keskijännite on muunnettu pienjännitteeksi. Muuntamon pienjännitekeskusten lähdeissä käytetään jakokaappien tapaan jonovarokeytkimiä.

3 Kunnossapito

Kunnossapito on verkkoyhtiön omaisuudenhallintaorganisaation oleellinen osa, jonka päätehtävä on nimensä mukaisesti huolehtia verkko-omaisuuden kunnosta, toimivarmuudesta ja turvallisuudesta. Kunnossapidon vastuulla on kuntotietojen hallinta ja verkon käyttövarmuuden ylläpitäminen, jota kartoitetaan muun muassa verkon eri komponenteille ja osa-alueille tehtävillä määräaika- ja kunnossapitotarkastuksilla. Varsinkin suurempien suomalaisten verkkoyhtiöiden keskuudessa on yleistynyt toimintamalli, jossa oman huolto- ja asennushenkilöstön sijaan käytetään ulkopuolisten urakoitsijoiden tarjoamia palveluja. Näissä tapauksissa myös kunnossapidon tarkastukset ja huoltotyöt teetetään usein urakoitsijoilla, jolloin verkkoyhtiön kunnossapitohenkilöstön päätehtäviksi voi jäädä esimerkiksi töiden määrittelyä ja tarpeellisuusasteen kartoittamista, valvontaa, aikataulutusta, tilausten valmistelua, kilpailutusta, joitakin suunnittelutehtäviä sekä yhteydenpitoa urakoitsijoiden edustajien, maanomistajien ja muiden sidosryhmien välillä.

Sähkölaitteistojen kunnossapidosta annetaan määräyksiä ja ohjeita niin standardeissa kuin lakisäätöissäkin. Jakeluverkko kuuluu sähköturvallisuuslain 1135/2016 sähkölaitteistoa koskevia vaatimuksia käsittelevän luvun 3 pykälän 44 mukaan luokan 3 sähkölaitteistoihin, joilta edellytetään laitteistolle ennalta laadittavaa sähköturvallisuuden ylläpitävää kunnossapito-ohjelmaa [9]. Luvun 3 pykälä 48 määrää sähkölaitteistojen käytössä vaadittavasta huollosta ja kunnossapidosta seuraavasti:

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistoille laaditaan sähköturvallisuuden ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että kunnossapito-ohjelmaa noudatetaan. Kunnossapito-ohjelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon sähkölaitteiston käyttöympäristöstä aiheutuvat tarpeet. [9.]

Kunnossapidosta mainitaan myös esimerkiksi suurjännitesähköasennuksia koskevassa standardissa SFS 6001, jota sovelletaan jakeluverkon osalta sen keskijännitteisiin komponentteihin. Standardi velvoittaa tekemään kaikille suurjännitelaitteistoille kunnossapitomenettelyt sisältävän käyttöohjeistuksen [10, s. 103].

Laitteiston käyttövarmuuden ja -turvallisuuden ohella kunnossapitohenkilöstö voi pitää yllä myös työturvallisuuden valvontaa. Tätä tehdään esimerkiksi säännöllisillä työmaakerroksilla, joiden aikana havainnoidaan puutteita turvavarusteiden käytössä sekä työmaan yleisen turvallisuuden ja siisteyden toteutumisessa. Tällä tavoin pyritään varmistamaan niin työntekijöiden ja sivullisten henkilöiden turvallisuudesta, kuin ympäristön puhtaana pysymisestäkin.

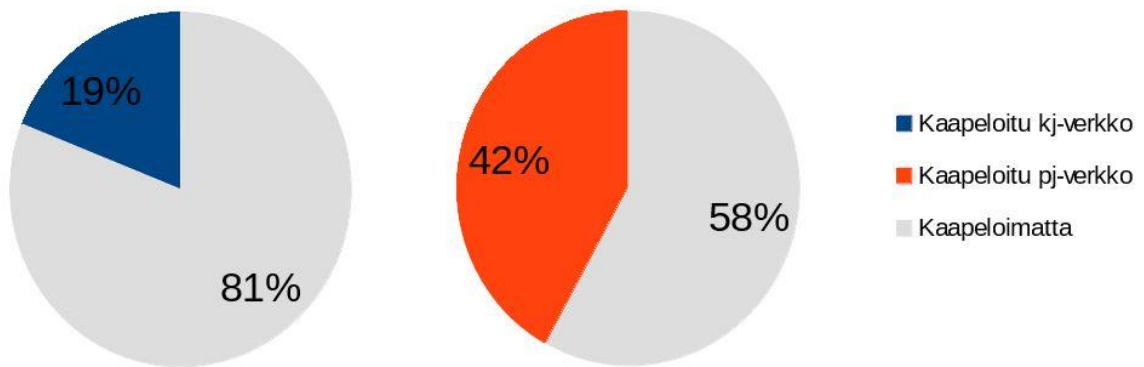
3.1 Verkon kunnossapito ja kehittäminen

Sähkönjakelun toimitusvarmuus ja myrskyjen jäljiltä pitkiksi ajoiksi sähköttömiksi jääneet asiakkaat ovat herättäneet laajalti keskustelua ja saaneet osakseen paljon näkyvyyttä viime vuosina. Vuoden 2011 tapaninpäivän myrskyn aiheuttamat laajat sähkökatkot ympäri maata nostivatkin esiin tarpeen toimenpiteiden aloittamiselle verkon säävarmuuden kehittämiseksi. Tästä seurasi syyskuussa 2013 voimaan astunut uusi sähkömarkkinalaki [6]. Uuden lain asettamat vaatimukset jakeluverkon toimitusvarmuudelle vaikuttavat suoraan myös kunnossapidon työhön, kun verkoston toimintahäiriöiden ja sään aiheuttamien uhkien poisto astuvat yhä suurempaan rooliin verkkoyhtiön päivittäisessä toiminnassa. Samalla on luonnollisesti kiinnitettävä huomiota myös dokumentaation päivittämiseen verkolle tehtävien muutostöiden etenemisen mukaan.

Nykyaikainen yhteiskunta on yhä riippuvaisempi sähkön käytöstä [3], joten kuluttajille katkoista aiheutuvan haitan kohtuullistamiseksi on ryhdytty toimenpiteisiin sähkömarkkinalaki 588/2013:n myötä. Laki velvoittaa verkkoyhtiöt rajaamaan katkojen kestoajaa ja kehittämään verkon säävarmuutta portaittain määrääjäksi asetettuun vuoteen 2028 mennessä. Lain kuudennen luvun pykälässä 51 määritetään jakeluverkon toiminnan laatuvaatimukset. Verkonhaltijan tulee palauttaa myrskyn tai lumikuorman seurauksena katkennut sähkönjakelu kuuden tunnin sisällä katkon alkamisajankohdasta asemakaava-alueilla. Haja-asutusalueilla keskeytys ei saa puolestaan olla kestoaltaan yli 36 tuntia. Näihin vaatimuksiin hyväksytään poikkeus vain tietyissä tapauksissa. Tällaisia tapauksia ovat käyttöalueet, jotka ovat kiinteiden kulkuyhteyksien saavuttamattomissa, kuten saaristossa, tai alueet joiden asiakkaiden vuotuinen sähkönkulutus on pysynyt viimeisen kolmen vuoden ajan enintään 2500 kilowattitunnin tasolla [11]. Sähkömarkkinalain luvun 17 pykälässä 119 säädetään jakeluverkon toimitusvarmuutta koskevan siirtymäajan voimaantulosta seuraavasti:

Jakeluverkonhaltijan on täytettävä 51 §:n 1 momentin 2 ja 3 kohdassa säädetyt vaatimukset vastuualueellaan viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2028. Vaatimusten on täytyttävä viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2019 vähintään 50 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien ja viimeistään 31 päivänä joulukuuta 2023 vähintään 75 prosentilla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien. [11.]

Suhteellisen tiukka aikataulu on saanut verkkoyhtiöt ympäri maata aloittamaan toimenpiteet säävarmuuden parantamiseksi. Kehitys tapahtuu käytännössä kaapeloimalla uudet ja jo olemassa olevat pien- ja keskijännitteiset ilmajohtot maan alle, tai siirtämällä ne pois metsäisiltä osuuksilta esimerkiksi teiden varsiin tai peltoaukeille. Lisäksi kasvuston harvennuksella voidaan pitää huolta siitä, ettei johtokatuja vierimetsäalueilta pääse kaatumaan puita tai putoamaan oksia sähkölinjoille. Maanlaajuisesti jakeluverkon maakaapelointi on edennyt melko hitaasti, vain noin yhden prosenttiyksikön vuosinopeudella [12]. Kuvassa 8 on havainnollistettuna pien- ja keskijänniteverkon maakaapeloinnin valtakunnallinen kokonaistilanne huhtikuun 2017 alussa. Pienjännitepuolella kaapelointiaste on yli 40 prosenttia kaikesta verkosta, kun taas keskijännitepuolella päästään vain noin 20 prosentin lukemaan. Tätä selittää osaksi se, että pitkät keskijännitteiset ilmajohtolinjat sijoitetaan usein avoimille paikoille, kuten teiden varsiin, jolloin etenkin puuston aiheuttamat häiriöuhat saadaan eliminoitua tehokkaasti ja vähennettyä kaapeloimistarvetta.



Kuva 8. Keski- ja pienjänniteverkon maakaapelointiaste huhtikuun 2017 alussa [12].

Maakaapeloinnin avulla johtimet saadaan tehokkaasti sään ja muiden luonnonilmiöiden aiheuttamien haitallisten vaikutusten ulottumattomiin. Eniten häiriöihin johtavia tekijöitä jakeluverkossa ovat myrskytuulet, lumi- ja jääkuormat sekä ukkoset [6], joiden vaikutukset kyetäänkin torjumaan suurilta osin maan alle kaivetuilla kaapeleilla. Toisaalta maakaapeleja voivat uhata kaivaustyöt, mikäli niiden suorittaja ei ole selvittänyt tarkkaa tietoa johtimien sijainneista eikä noudata tarvittavaa huolellisuutta. Tästä tuleekin olla tarkkana myös dokumentoinnin kannalta, jottei kaapelien reittejä piirretä menemään esimerkiksi väärällä puolella tietä ja näin aiheuteta turhia vahinkoriskejä. Lisäksi alueilla joiden maaperässä on runsaasti routivaa maa-ainesta voi ilmetä haasteita kaapelien liitoskohtien pitävyydessä. Maakaapeliin kohdistuvia rasitustekijöitä vähennetään asentamalla se suojausputkeen, kuten kuvan 9 kaapelointityömaallakin on tehty. Tarvittaessa kaapeliojaan voidaan tehdä vielä lisäsuojauksia esimerkiksi erillisillä betoni- tai kivilaatatrakenteilla.



Kuva 9. Pienjännitemaakaapeli asennettuna suojaputkeen.

Sähkömarkkinalain edellyttämien toimien ohella toinen merkittävä tekijä sähköverkon parannustarpeeseen on sen ikä. Suomalainen sähköverkko koostuu suurilta osin 1960–1970-luvuilla rakennetuista ilmajohdoista, jotka alkavat olemaan käyttöikänsä loppupuolella [3]. Vanhojen verkosto-osien kunnossapito on haastavaa, sillä komponenttien kulumisen myötä mahdollisuudet vikaantumiselle kasvavat huomattavasti. Tästä johtuen myös komponenttien tarkastuksiin ja havaintojen dokumentointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Vanha verkko voi myös olla alimitoitettu tai muuten epäsopiva nykyisiin sähkönkäytön tarpeisiin nähden, jolloin viimeistään voi olla syytä selvittää investointien tekemisen tarve sähkönjakelun laadun parantamiseksi alueella. Myös jatkuvasti kasvavan jakeluverkkoon kytkeytyvän sähkön pientuotannon, kuten asiakkaiden omilla aurinkopaneelilyksiköillään tuottaman energian, vaikutukset on aiheellista huomioida uutta verkkoa suunnitellessa ja rakentaessa.

Säävarman verkon rakentaminen on mittavistakin investoinneista huolimatta useimmiten pidemmän päälle taloudellisesti kannattavaa, varsinkin kriittisten verkon osien kanalta, jos sen avulla vältetään häiriöitä seuraavilta korvaushakemuksilta. Nurmijärven

Sähkö esittää verkkosivuillaan sähkömarkkinalain myötä jakeluverkkoyhtiöille sähkökatkoista kertyvän sanktion muodostumisen seuraavasti:

Sähkökatkoista maksettavat korvaukset nousevat siten, että jos katko kestää yli 12 tuntia, vähennetään vuotuisesta sähkönsiirtomaksusta 10 %. Korvaus nousee portaittain aina 200 % asti, enimmäiskorvauksen ollessa 2000 euroa. [6.]

Korkeat korvausmaksut ajavat verkkoyhtiöt toteuttamaan lain edellyttämän sähkönjakelun varmistamisen sille myönnetyn määräajan puitteissa. Ilmajohdon maakaapelointi pyritään aloittamaan tyypillisesti ensimmäisenä alueilta, joilla esiintyy herkästi sähkökatkoja, sijaitsee paljon asiakkaita tai on erityisen kalliit korjauskustannukset esimerkiksi hankalan maaston vuoksi. Maakaapelointi tulee tavallisesti noin 2–3 kertaa kalliimmaksi kuin ilmajohdon rakentaminen [6]. Tämä saattaakin johtaa useilla verkkoalueilla siirtohintojen korotuspaineeseen, jotta verkostoon tehtävät parannukset ja investoinnit saadaan katettua.

3.2 Kunnossapidon määräaikaistarkastukset

Sähköturvallisuuslain 1135/2016 kolmannen luvun pykälässä 49 määritetään sähkölaitteiston määräaikaistarkastusten suorittamisesta. Luokan 3 laitteille, kuten jakeluverkolle, on tehtävä määräaikaistarkastus viiden vuoden välein. Tarkastukset liittyvät vahvasti verkon kunnossapitoon ja ovat jakeluverkkoyhtiön kunnossapitohenkilöstön organisointia toimintaa, jolla varmistutaan laitteiston käyttöturvallisuudesta. Sähköturvallisuuslain luvun 3 pykälässä 50 edellytetään, että tarkastuksessa tulee selvittää ainakin tehtyjen huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaisten toimenpiteiden paikkansapitävyys ja laitteiston vaatiman käyttövälineistön olemassaolo. Luvun 4 pykälässä 75 todetaan, että määräaikaistarkastusten suorittajana saa toimia valtuutettu laitos tai tarkastaja, jonka tulee pykälien 77 ja 78 mukaan olla toimeensa riippumaton ja puolueeton sekä omata riittävä pätevyys. Tarkastajan tai laitoksen tarkastuksista vastaavan henkilöstön pätevyys voidaan määrittää riittävällä kokemuksella, ammattitaidolla sekä oikeudella toimia sähkötöiden johtajana kyseisen sähkölaitteiston rakennuttamisessa. Lisäksi pätevyysvaatimukset täyttävän valtuutetun laitoksen tai tarkastajan tulee pykälän 76 mukaan tehdä rekisteri-ilmoitus ja hakea toiminnalleen hyväksyntä sähköturvallisuusviranomaiselta. [9.]

Verkkoyhtiöt voivat sisällyttää määräaikaistarkastuksiin myös oman kunnossapito-ohjelmansa mukaisia kohtia, jotka voidaan määrittää laitteistokohtaisesti. Esimerkiksi

muuntajien määräaikaistarkastuksissa voidaan kiinnittää huomiota erinäisiin silmämääräisesti tehtäviin havaintoihin, varsinkin jos laite pidetään jännitteisenä toimenpiteen ajan. Suoritettavia havaintoja voivat olla muun muassa laitteen käyntiäänien kuuntelu sekä liitos- ja kiinnityskohtien, maadoitusten, öljynmäärän, kosteudenpoistajan ja kytkin- ja laitekoteloiden ulkoinen tarkastelu. Tarkempia toimenpiteitä voi tarkastella liitteenä 1 ja 2 olevista erään sähköverkkoyhtiön laatimista muuntajien määräaikaistarkastusohjeista. Ohjeista liitteen 2 sisältö on suunnattu varsinaisesti suurjännitemuuntajille tehtävien tarkastusten käyttöön, mutta samoja menetelmiä pystytään soveltamaan jossain määrin myös jakeluverkon muuntajien tarkastuksissa. Tarkastustuloksista laaditaan laitteen haltijalle pöytäkirja [9; 13, s. 14], jonka perusteella tehdyt havainnot ja toimenpiteet kirjataan ylös ja dokumentoidaan kunnossapito- ja verkkotietojärjestelmiin.

Silmämääräisten havaintojen ohella verkkokohteiden tarkastuksissa voidaan käyttää apuna lämpökuvaustekniikkaa, jolla saadaan paljastettua tehokkaasti laitteiston lämpötilaa liiaksi nostavia tekijöitä, kuten toimintahäiriöitä tai löystyneitä sähköisiä liitoksia. Lämpökuvaukset voidaan yhdistää esimerkiksi jakokaappien kunnossapito-ohjelmaan ja -tarkastuksiin, joiden suunnittelussa voidaan soveltaa pienjännitesähköasennusten standardin SFS 6000 osaa 6, joka käsittelee tarkastuksia. Kunnossapitotarkastusten suoritusiheyttä määritetään laitteen ja sen käytön mukaan, kuten standardissakin mainitaan:

Kunnossapitotarkastusten väli pitää määritellä kaikille sähköasennuksille ottaen huomioon asennuksen ja laitteiden tyypit, asennuksen käyttö, kunnossapidon tiheys ja laatu sekä ulkoiset olosuhteet, joille asennus on alttiina. [13, s. 14.]

Jakokaappien ja muuntamoiden tapauksessa varsinkin ulkoisten olosuhteiden vaikutukseen on syytä kiinnittää huomiota, sillä ulos sijoitettuina ne altistuvat sään ja lämpötilan vaihteluille. Kotelointi estää luonnollisesti suurimmat rasitukset, mutta varsinkin pakkasen ja kosteuden tiivistyminen pääsevät vaikuttamaan sen sisälläkin. Sähköisten osien ohella itse kotelointikin voi olla osa, joka vaatii kunnossapitotoimia. Esimerkiksi jakokaappeihin vaikuttava korroosio ja ruostuminen voi heikentää niiden materiaalia ajan myötä. Kuvassa 10 näkyy alareunastaan läpiruostunut metallinen jakokaappi, jonka tapauksessa suositeltavaksi kunnossapitotoimeksi voi hyvinkin jäädä koko kaapin uusiminen.



Kuva 10. Alaosastaan puhki ruostunut jakokaappi, joka vaatii kunnossapitotoimia niin sähköturvallisuuden takaamisen vuoksi, kuin toimivarmuuden ylläpidon kannaltakin.

Maaperän muotoutuminen sateiden ja routimisen seurauksena voi puolestaan aiheuttaa kaapin kallistumisen ja pahimmissa tapauksessa jännitteisten osien esille tulemisen. Niinpä kunnossapitotietojen ajantasainen päivittäminen ja dokumentointi nousevat tärkeään osaan myös turvallisuustekijöiden kannalta. Vastaavia kunnossapitohavaintoja ja -toimia vaativat myös ilmajohtojen pylväät ja harukset. Esimerkiksi haruksen löystymisen, maaperän muutoksen tai lahoamisen vuoksi kallistunut pylväs voi aiheuttaa johtojen irtoamisen liitoskohdistaan. Tästä voi seurata häiriö verkon toiminnassa ja pahimmillaan vaaratilanne sivullisille. Verkon käyttöturvallisuuden ohella tulee valvoa myös urakoitsijoiden työturvallisuutta ja työmaista ulkopuolisille henkilöille mahdollisesti aiheutuvia vaaratekijöitä. Puutteet, kuten käyttämättömät turvavarusteet, huonot tilapäiset liikennejärjestelyt, esille jääneet jännitteiset kaapelit tai suojaamattomat ja merkitsemättömät kaivannot, tulee kirjata ylös ja saattaa vastuullisen urakoitsijan tietoon. Tarvittaessa vaaratekijät voidaan myös dokumentoida kiireellisinä kunnossapitohavaintoina verkkotietojärjestelmään.

4 Verkon dokumentointi

4.1 Dokumentointi jakeluverkkoyhtiössä

Jakeluverkkoyhtiöt pitävät yllä tietokantaa verkko-omaisuudestaan. Useat yhtiöt käyttävät tietojen koottuun keräämiseen verkkotietojärjestelmää, joka toimii omaisuudenhallinnan kannalta oleellisena taustamateriaalina. Verkkotietojärjestelmään on koottuna kaikki sähköverkon tiedot asiakkaiden liittymäpisteistä lähtien aina sähköasemien tarkoihin pääkaaviokuvaan. Jokaiselle komponentille on järjestelmässä oma laitekorttinsa, johon syötetään muun muassa sen tekniset tiedot, osoite, asennus- ja huoltopäivät, kunnossapitotiedot ja mahdollisesti myös kentällä otettuja kuvia. Lisäksi ohjelma näyttää verkon osien maantieteellisen sijainnin taustakartalle kohdistettuna.

Verkkotietojärjestelmää voidaan käyttää perustyökaluna lähes kaikkien verkkoyhtiön sisällä toimivien organisaatioiden päivittäisessä työssä, esimerkiksi omaisuudenhallinta pystyy verkoston kokonaisarvon ohella selvittämään sieltä tarvittavia komponenttitietoja sekä investointi- ja kunnossapitotarpeita. Asiakaspalvelu taas pystyy hyödyntämään järjestelmää pien- ja keskijänniteasiakkaiden liittymätietojen ja niiden sijaintien tarkasteluun, oli kyseessä sitten yksityishenkilölle, yritykselle tai kunnalliselle taholle tapahtuva sähköjakelu. Verkon käytöstä ja reaaliaikaisen tilan valvonnasta vastaavan opeointikeskuksen työvälineenä voi niin ikään olla verkkotietojärjestelmään linkittyvä käyttöjärjestelmä, jonka avulla tehdään muun muassa kytkinlaitteiden kaukokäyttöohjauksia ja verkon osien erotuksia huoltokatkoja varten. Käyttöjärjestelmästä saadaan myös reaaliaikainen ilmoitus varsinkin keski- ja suurjännitteisten verkon osien jakelun keskeytykseen johtavista häiriöistä.

Sähköverkon dokumentoinnin suorittaminen on verkkoyhtiön oman tarpeen ohella myös veloitettua toimintaa. Esimerkiksi suurjänniteasennuksia koskevassa standardissa SFS 6001 ohjeistetaan dokumentoinnista seuraavasti:

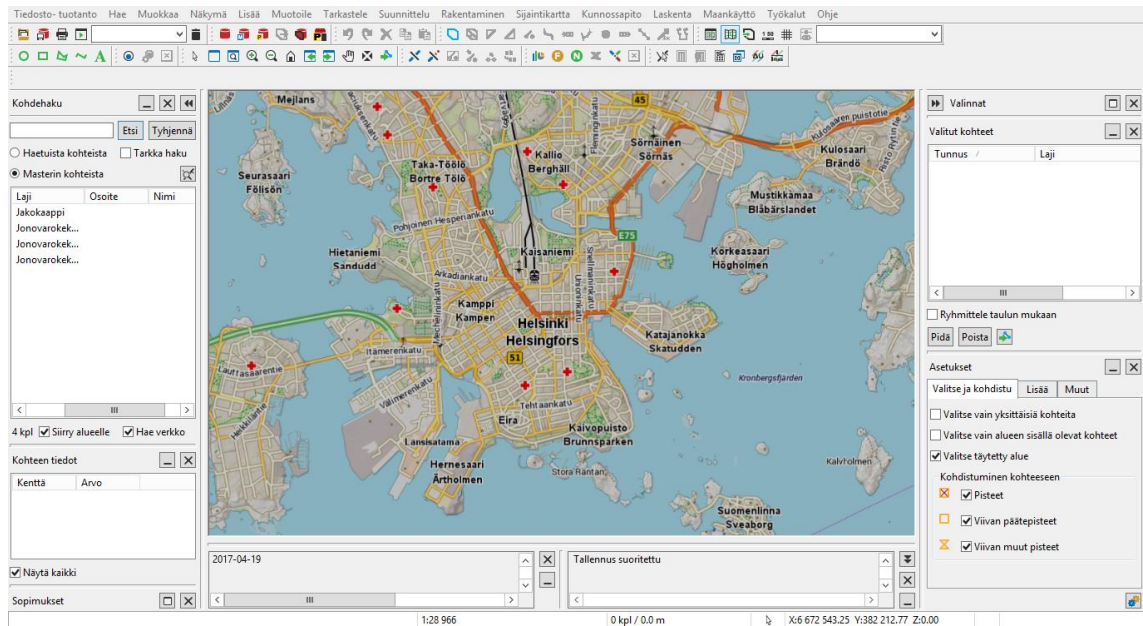
Kaikista laitteistoista on soveltuvin osin oltava asennusta, käyttöönottoa, käyttöä, kunnossapitoa ja ympäristöasioita koskeva dokumentaatio. [10, s. 52.]

Dokumentaation paikkansapitävyys on tärkeää, jotta yhtiöillä on mahdollisimman tarkka kuva verkko-omaisuudestaan ja sen kunnosta. Tietokannan pohjalta tehdään myös säännöllisesti Energiaviraston vaatimia ilmoituksia eri verkostokomponenttien tiedoista ja lukumääristä. Näiden ilmoitusten perusteella lasketaan myös verkko-omaisuuden

kokonaisarvo Energiaviraston määrittämien komponenttien hintataulukoiden mukaisesti. Näistä syistä dokumentaation tulisikin olla aina ajanmukaista.

Dokumentaatio halutaan nykyään yleisesti sähköiseen muotoon sen helpomman ylläpidon, saatavuuden ja päivittämisen vuoksi. Sähköisestä tietokannasta onkin mahdollista saada mobiililaitteiden avulla ajantasaiset dokumentit jopa kentällä työskennellessä. Esimerkiksi vanhempien sähköasemien ja muuntamoiden pääkaaviot ja muut dokumentit ovat usein alun perin olleet paperiversioita, jotka on muunnettu sähköisiksi tietotekniikan käytön yleistyessä. Tämä on tehty yleensä skannaamalla vanhat kaaviokuvat, joista tiedot on myöhemmin verkkotietojärjestelmien käyttöön siirryttäessä syötetty joko käsin tai käyttämällä erilaisia konversio-ohjelmia. Tällaiset toimenpiteet ovat luonnollisesti alttiita aiheuttamaan virheitä, joten myöhemmin voikin ilmetä tarve tehdä tarkastuksia ja korjauksia dokumentaatiolle.

Verkkotietojärjestelmät tarjotaan usein palvelukokonaisuuksina, joita voidaan jatkokehittää ja muokata asiakkaan, eli verkkoyhtiön, tarpeiden mukaisesti. Palveluja tarjoavat muun muassa suomalainen HeadPower, jonka valikoima kattaa infraverkkoyhtiöiden tarpeet sähkön-, veden- ja kaukolämmönjakelun sekä tietoliikenteen toimialoilta [14]. Toinen energia- ja vesialan toimijoille ratkaisuja tarjoava yritys on yhdysvaltalaislähtöinen Trimble, jonka osana toimii nykyään myös Suomessa vaikuttanut alan ohjelmistoja kehittänyt Tekla. Trimblen jakeluverkkoalalle suunnattu verkkotietojärjestelmä on nimeltään Trimble NIS. Sen käyttöliittymänäkymä on esitettyinä kuvassa 11. Trimble NIS on käytössä monissa suurissa suomalaisissa sähköyhtiöissä, muun muassa Carunalla ja Elenialla [15].



Kuva 11. Näkymä Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän käyttöliittymästä.

Trimble NIS -ohjelmiston ohella Trimble tarjoaa ratkaisuja myös muihin sähköverkkoyhtiöiden tarpeisiin, kuten esimerkiksi Trimble DMS -käyttötulkijärjestelmän, verkon etäkytkentöjen suorittamista, häiriöiden ratkaisua ja muita käytön valvontatoimenpiteitä varten. [15.]

4.2 Dokumentoinnin korjaus

Dokumentoinnin ajantasaisuudesta pyritään pitämään mahdollisimman hyvää huolta, mutta aina ei kuitenkaan pystytä täysin välttymään dokumentaatioon pääseviltä virheiltiltä tai sinne jääneiltä vanhentuneilta tiedoilta. Varsinkin muuntamot ja kaapelijakokaapit ovat komponentteja, joita isojen jakeluyhtiöiden verkoista löytyy lukuisia kappaleita. Tällöin myös todennäköisyyttä virheisiin jonkin näistä kohdalla voidaan pitää jossain määrin todennäköisenä. Vanhentunutta tietoa järjestelmiin voi jäädä esimerkiksi uuden kohteen asennuksen myötä, jos järjestelmään jää tällöin päivittämättä uuden komponentin tiedot tai poistamatta vanhat asennukset. Tällaisia unohduksia voi käydä myös vaikkapa poistettaessa tai lisättäessä jonovarokeytkimiä jakokaappeihin esimerkiksi uusien liittymäpisteiden avaamisen tai vanhojen verkosta poistamisen myötä. Yksi edellisen tilanteen tapainen virhe dokumentaatioissa ei vielä vaikuta päällepäin suurelta ongelmalta, mutta vastaavien tapausten yleistyessä ne voivat vaikuttaa verkostoarvon

oikeellisuuteen jopa merkittävillä summilla. Lisäksi virheet ja puutteet voivat vaikuttaa suunniteltujen huoltotöiden aikatauluihin, kustannuksiin ja työturvallisuuteen.

Monien verkkoyhtiöiden kohdalla yksi suurimmista sähköisen dokumentaation epätarkkuuden aiheuttajista on varmastikin syntynyt jo ajalla, jolloin yhtiöt ovat ottaneet uusia järjestelmiä käyttöönsä. Esimerkiksi uuteen verkkotietojärjestelmään siirryttäessä vanhoista tietokannoista ajetut konversiot eivät aina pysty saamaan aikaan täydellistä jälkeä, vaan virheitä voi jäädä puuttuvien komponenttien tai tietojen osalta. Näistä ongelmista päästään lopullisesti eroon yleensä vain käsin suoritettavalla dokumentoinnin tarkastus- ja korjaustyöllä.

Jos verkkotiedoissa havaitaan suuri määrä samankaltaisia virheitä, kannattaa työn nopeuttamiseksi ja yksinkertaistamiseksi harkita mahdollisuuksia tietojen joukkopäivittämiseen teknisten ratkaisujen näin salliessa. Tämän seurauksena kaikki tehdyt muutokset voidaan ajaa kerralla yhtenä suurena massana verkkotietojärjestelmään, jossa ne masteroidaan edelleen eli tallennetaan tietokannan viralliseksi aineistoksi. Tällainen joukkopäivitys voidaan ottaa työkaluksi esimerkiksi jakokaappien, muuntamoiden sekä niiden kytkinlaitteiden ominaisuuksien ja teknisten tietojen ollessa puutteellisia. Suurelta osalta laitteita voi puuttua vaikkapa nimellisvirran tiedot, sulakekoot, oleelliset päivämäärät, valmistajatiedot ja mallimerkinnot. Näitä tietoja voidaan siirtää käytössä olevan verkkotietojärjestelmän ominaisuuksien puitteissa esimerkiksi XML-tiedostoina, joita voidaan käsitellä muun muassa Notepad++ ohjelmalla. Sen käyttönäkymästä on otettu kuvakaappaus kuvassa 12.

```

2709 <asset="cablecabinet">
2710 <id>12054</id>
2711 <date>01.07.2001</date>
2712 <ncurrent>400</ncurrent>
2713 <manufacturer>ABB</manufacturer>
2714 <type>CDC460</type>
2715 <connectors>
2716 <connector>
2717 <id>12054N0</id>
2718 <date>01.07.2001</date>
2719 <ncurrent>400</ncurrent>
2720 <manufacturer>ABB</manufacturer>
2721 <type>0</type>
2722 </connector>
2723 </connectors>
2724 <switches>
2725 <switch>
2726 <id>12054N1</id>
2727 <date>01.07.2001</date>
2728 <ncurrent>400</ncurrent>
2729 <ifuse>315</ifuse>
2730 <manufacturer>ABB</manufacturer>
2731 <type>XLBM2</type>
2732 </switch>
2733 <switch>
2734 <id>12054N2</id>
2735 <date>01.07.2001</date>
2736 <ncurrent>160</ncurrent>
2737 <ifuse>125</ifuse>
2738 <manufacturer>ABB</manufacturer>
2739 <type>XLBM00</type>
2740 </switch>
2741 <switch>
2742 <id>12054N3</id>
2743 <date>01.07.2001</date>
2744 <ncurrent>160</ncurrent>
2745 <ifuse>125</ifuse>
2746 <manufacturer>ABB</manufacturer>
2747 <type>XLBM00</type>
2748 </switch>
2749 </switches>
2750 </asset>

```

Find result - 1 hit

eTextensible Markup Language file length : 121 988 lines : 2 905 Ln : 2 712 Col : 35 Sel : 0 | 0 Windows (CR LF) UTF-8 INS

Kuva 12. Notepad++:n käyttöliittymä, jota hallitsee tekstikenttä johon XML-koodi syötetään.

Notepad++ on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmisto Windows-alustalle, jonka ansiosta se on helposti hankittavissa ja käytettävissä. Sillä voidaan editoida XML-kielen lisäksi lukuisia muita ohjelmointikieliä. Esimerkkikoodiin 1 on kirjoitettu näyteosa siitä, miltä jakokaapin ja sen kytkinten tietojen päivitykseen käytettävä XML-koodi voisi suunnilleen näyttää. Siinä on eriteltynä komponenttien ominaisuudet ja tekniset tiedot, jotka kaipaavat päivitystä, sekä mahdollisuus täyttää nämä tiedot tekstikenttiin kunkin ominaisuuden tai suureen kohdalle. Kohteiden erittelyyn ja tunnistamiseen käytetään tässä tapauksessa niiden tunnusmerkinnän tietoa, jonka tulisi aina olla sama niin verkotietojärjestelmässä kuin maastossakin. Tämän koodin toimiminen joukkopäivityksen kannalta edellyttää siis lähtökohtaisesti sitä, että kyseisten verkon komponenttien tunnistietojen on oltava kirjattuna verkkotietojärjestelmään samalla tavoin kuin XML-koodiin.

```

<asset ="cablecabinet">
  <id>JK12054</id>
  <date>01.07.2001</date>
  <ncurrent>400</ncurrent>
  <manufacturer>ABB</manufacturer>
  <type>CDC460</type>
  <connectors>
    <connector>
      <id>JK12054N0</id>
      <date>01.07.2001</date>
      <ncurrent>400</ncurrent>
      <manufacturer>ABB</manufacturer>
      <type>0</type>
    </connector>
  </connectors>
  <switches>
    <switch>
      <id>JK12054N1</id>
      <date>01.07.2001</date>
      <ncurrent>400</ncurrent>
      <fuse>315</fuse>
      <manufacturer>ABB</manufacturer>
      <type>XLBM2</type>
    </switch>
    <switch>
      <id>JK12054N2</id>
      <date>01.07.2001</date>
      <ncurrent>160</ncurrent>
      <fuse>125</fuse>
      <manufacturer>ABB</manufacturer>
      <type>XLBM00</type>
    </switch>
    <switch>
      <id>JK12054N3</id>
      <date>01.07.2001</date>
      <ncurrent>160</ncurrent>
      <fuse>0</fuse>
      <manufacturer>ABB</manufacturer>
      <type>XLBM00</type>
    </switch>
  </switches>
</asset>

```

Esimerkkikoodi 1. Ote mahdollisesta jakokaapin tietojen päivittämiseen käytettävästä XML-kielestä.

Esimerkkikoodin 1 alussa on eriteltyä jakokaapin tietokenttä. Sen alle kytkeytyvät kiskoliitinten ja jonovarokeytkinten tiedot, joihin voi päivittää esimerkiksi kunkin komponentin valmistaja-, nimellisvirta- ja sulaketietoja. Tällaisen koodin kirjoittamista voidaan jatkaa usean kohteen tietojen muokkaamista varten. Valmis koodi ajetaan verkko-tietojärjestelmään, jossa päivitys tapahtuu oikeille komponenteille niiden tunnus- eli ID-tietojen vertailun avulla.

4.3 Kunnossapidon dokumentointi

Kunnossapitotiedot sisältävät runsaasti dataa, jonka vuoksi niiden ylläpito vaatii jatkuvaa huomiota. Tiedot päivitetään verkkotietojärjestelmään kunkin komponentin laitekorjauksille, johon kirjataan havaitut huomiot kiireysluokkineen ja tehdyt toimenpiteet. Kiireellisyysluokkien perusteella laaditaan kunnossapito-ohjelman mukainen prioriteettilista, jonka pohjalta aletaan valmistelemaan töiden suunnittelua ja tilauksia. Töiden kiireellisyysasteet voidaan luokitella vaikkapa siten, että eniten huomiota vaativat työt pyritään suorittamaan kuluvan vuoden aikana, kun taas hieman alemmalla prioriteetilla suoritettavat kohteet jätetään seuraavan vuoden investointeihin. Viat jotka eivät vaadi akuuttia reagoitua voidaan puolestaan jättää tarkkailun piiriin. Verkkotietojärjestelmissä on usein kunnossapitoa varten räätälöityjä ominaisuuksia, joihin voidaan tallentaa esimerkiksi projektien tietoja ja etenemisaikatauluja. Tämä huomataan kuvan 11 Trimble NIS:n käyttöliittymästäkin, sillä siinä on yläpalkin vetovalikoista valittavissa kunnossapidon toimintoja sisältäviä työkaluja.

Kunnossapitohavaintoja voidaan kerätä erikseen suoritettavilla fyysisillä tarkastuksilla ja kentällä tehtävillä kierroksilla. Tietoja voidaan saada myös esimerkiksi asiakshavaintoina tai urakoitsijoiden töiden yhteydessä. Tarkastuskäynteihin voidaan sisällyttää valokuvien ottamista kohteista, joiden perusteella luodaan tietokanta komponenttien tilan myöhempää tarkastelua varten. Kuvien avulla voidaan myös vertailla verkkotietojärjestelmän dataa vastaavaan kentältä saatuun tietoon, jonka pohjalta pystytään havaitsemaan ja korjaamaan dokumentointivirheitä. Tarkastuskierroksilla ja kuvamateriaalin avulla voidaan havaita useita huomiota ja dokumentointia vaativia kunnossapitotietoja. Tällaisia voivat olla esimerkiksi jakokaappien tapauksessa rakenteen pettämiset, kuten ruostuminen, kallistumat tai kiskojen ja kaapeleiden liitosten löystymiset.

Tarkastuskierroksilla pystytään todentamaan myös ikääntyneiden verkon osien kunto ja tekemään arvioita niiden huolto- ja vaihtotarpeista. Maastokäynnillä tai kuvamateriaalin avulla voidaan myös huomata, jos jakokaappiin tai muuntamoon on päässyt esimerkiksi kertymään liiaksi kosteutta tai vaikkapa kasvustoa, joka voi kohteen sisäpuolella aiheuttaa häiriöitä sähköjakeluun. Ulkopuolella kasvusto taas aiheuttaa usein raivaustarvetta esteettömän työskentelyn takaamiseksi. Puistomuuntamot ja jakokaapit sijaitsevat usein asutuksen lähellä, joten näillä alueilla raivaustöitä tehdessä on hyvä olla tarkkana istutetun kasvillisuuden kanssa poistamalla vain välttämättömät puut ja pensaat. Näin pyritään välttämään ylimääräiseltä kritiikiltä asiakkaiden suunnalta. Tällais-

ta erityistarpeista työn suorittamisen kannalta onkin hyvä tehdä maininta kunnossapidon dokumentaatioon, jolloin työn suorittajatkin saavat asian varmasti tietoonsa. Myös sivullisten aiheuttamiin kunnossapitotarpeisiin joudutaan puuttumaan säännöllisesti. Kuvassa 13 on muuntamo, jota on sotkettu graffiteilla. Tällaisten töherrysten tapauksessa arvioidaan pesun tai uudelleenmaalaamisen tarve ja kiireellisyys esimerkiksi pinnan kunnon, graffitin sisällön, näkyvyyden, koon tai seudun asukkailta tulleen palautteen mukaan.



Kuva 13. Espoossa sijaitseva vanhanmallinen muuntamo, jonka syöttö on tullut alun perin ilmajohdoista. Muuntamorakennuksessa on havaittavissa graffiteja ja töherryksiä.

Graffitien, sotkemisen ja muun ilkivallan ohella muuntamo tai jakokaappi voi tulla esimerkiksi kolaroiduksi. Tämä on suhteellisen yleistä, sillä varsinkin jakokaapit sijoitetaan

usein katujen ja teiden varsiin. Talvisin ne ovat erityisessä vaarassa lumikinosten ja auraustöiden vuoksi. Tästä syystä jakokaappeihin lisätäänkin usein niiden sijainnin merkiksi auraskeppi, jotta ne näkyvät paremmin aurasajoneuvon kuljettajalle.

5 Kehitysehdotuksia

Kunnossapidon tehtäviin kuuluu myös ilmajohtolinjojen vierimetsän hoitotarpeen kartoitus. Sen selvittämiseen käytetään usein helikopterilentoja, joihin voidaan yhdistää myös linjan kuvaus. Samalla saadaan materiaalia muistakin ilmajohtoverkon laitteista ja komponenteista, kuten pylväsmuuntajista, erottimista ja eristeistä, sekä niiden mahdollisista kunnossapitotarpeista. Tulevaisuudessa hintavissa helikopterivuokrissa ja polttoainekustannuksissa voidaan mahdollisesti säästää harkitsemalla korvaavaksi vaihtoehdoksi kovaa vauhtia yleistyvien kauko-ohjattavien kopterikameroiden käyttöä. Niiden avulla onnistuu myös, kuten nykyään monien muidenkin kameraratkaisuiden tavoin, GPS-sijainnin tallennus, joka helpottaa kuvamateriaalin paikallistamista oikeaan verkon kohtaan jälkikäteen tehtävässä tarkastelussa.

Helikopteritarkastuslentoja tehdään usein varsinkin kovien myrskyjen tai lumipyryjen jälkeen, jolloin etsitään verkossa ilmenneen vian aiheuttajia. Myös havaituista tuulen tai lumikuorman aiheuttamista riskeistä linjalle putoavista tai taittuvista oksista on samalla syytä tehdä tarvittavat kunnossapitohavainnot, jotta paikalle saadaan tilattua ajoissa raivaus. Kuvassa 14 on ilmajohtojen tarkastuslentoa suorittava helikopteri kesäkuussa 2017. Helikoptereilla suoritetaan nykyään yleistyvää tahtia myös johtokatuja vierimetsän raivauksia. Kopterilla leikkuutyö on jalkaisin tehtyä nopeampaa ja sillä saavutetaan helpommin haastavat kohteet, kuten syrjäiset metsäseudut ja saaristot. Toki tarkkaa työnjälkeä vaadittaessa, esimerkiksi taajama-alueilla, on hyvä tehdä raivaukset käsin, jolloin jälki on siistimpää ja työ turvallisempaa sivullisille.



Kuva 14. Sähkölinjan tarkastuslennolla oleva helikopteri laskeutuneena huoltotauolle.

Kopterikameroiden käyttö sähkölinjaston tarkkailussa ja kuvaamisessa voi kehittyä tulevaisuudessa kustannustehokkuuden lisäksi yhä hyödyllisemmäksi käytännöksi myös sen pienen operointikynnyksen ansiosta. Kun maakaapelointiase kasvaa entisestään ja ilmalinjat vähenevät, niin helikopterin käyttö lyhyille yksittäisille linjapätkille ei välttämättä ole yhtä kannattavaa ja ripeää, kuin kauko-ohjattavan laitteen. Toisaalta pitkät suurjännitteiset voimalinjat tulevat todennäköisesti kulkemaan pääosin ilmajohtoina lähitulevaisuudessakin. Kuvauskopterin etuna perinteiseen helikopteriin nähden on myös lähes olematon melusaaste, jolloin tarkastuslentojen yhteydessä ei häiritä linjojen lähistön asukkaita tai esimerkiksi maatilojen karjankasvatusta. Kauko-ohjattavien kuvauskoptereiden haasteena on kuitenkin vielä muun muassa niiden akkujen suhteellisen heikko kapasiteetti lentoaikaan nähden, jolloin pitkille lennoille tulee varata mukaan runsaasti vara-akkuja. Myös laitteen lennättäjän kulku haastavissa ja syrjäisissä sijainneissa voi osoittautua haasteeksi kauko-ohjauksen rajallisen kantaman vuoksi. Säätekijät, kuten tuuli ja sade rajoittavat myös kopterikameroiden käyttöä

enemmän kuin perinteisiä helikoptereita, tosin yleensä kuvamateriaalia tuotettaessa halutaan joka tapauksessa optimaaliset kuvausolosuhteet parhaan mahdollisen materiaalin takaamiseksi asiakkaan käyttöä varten. Muita ilmakuvauksesta hyötyviä tarkastuskohteita sähkölinjojen ohella voivat olla esimerkiksi sähköasemien ulkokentät sekä muut infrastruktuurin ja teollisuuden rakenteet.

Työtehtävissäni olen havainnut jakokaappien ja muuntamoiden pienjännitekeskusten dokumentoinnissa esiintyvän yleisesti muutamaa samankaltaista virhettä. Niissä toistuvat esimerkiksi jonovarokeytkinten tunnustietojen epätarkkuus, jolloin jakokaappiin saattaa olla dokumentoitu toisen kaapin tunnuksella olevia tai jopa täysin tunnuksettomia kytkimiä. Tämä vaikeuttaa komponenttien tunnistamista esimerkiksi kunnossapitotöiden yhteydessä. Toinen yleinen tapaus on vapaiden ja sulakkeettomien kytkinten ja varokealustojen jättäminen kokonaan dokumentoimatta. Näissä tapauksissa kytkimet sijaitsevat fyysisesti jakokeskuksessa, mutta eivät ole dokumentaatiossa eivätkä täten myöskään laskettuna verkoston kokonaisarvoon. Toisaalta voi olla tilanteita, joissa todellisuudessa samasta kytkimestä lähtevät alilähdöt ovat dokumentoituna omina lähtöinä, jolloin dokumentaatiossa on kytkimiä joita ei oikeasti ole kentällä. Myös rinnakkaislähdöt, joissa on tuplasyöttö yhteen kohteeseen kahdelta kytkimeltä, voivat olla dokumentoituna joko vain yhdellä kytkimellä ja kaapelilla, tai yhden jonovarokeytkimen alilähtöinä kahden sijaan. Lisäksi hyvin yleisenä virheenä olen törmännyt kytkinten sulakekokojen ja nimellisvirtojen virheelliseen dokumentointiin. Joskus myös kiskoliitin voi olla dokumentoituna jonovarokeytkimeksi, tai päinvastoin.

Yksi huomattavan tärkeä tekijä dokumentaation ja huoltotöiden sujuvuuden parantamiseksi on myös lähtöjen ja asiakkaiden nousukaapelien asianmukainen merkintä, jonka avulla tiedetään kunkin kaapelin tarkka suunta. Näissä merkinnöissä olisi hyvä vakiinnuttaa käytäntö merkkämisestä esimerkiksi liittymän osoitetiedon tai kiinteistön numeron mukaan. Joissakin tapauksissa, varsinkin vanhemmissa kohteissa, merkkäamiseen voi olla käytetty vain liittymäpisteen omistajan nimeä, joka vuosien saatossa saattaa vaihtua useita kertoja. Tämä voi johtaa siihen, että ajan kuluessa etenkin liittymät, joita syöttävät samankokoiset sulakkeet ja kaapelit, voivat olla hankala erottaa toisistaan silmämääräisesti kaapelijakokaapilla, kun lähtöjen tietona lukee vain vanhan asukkaan nimi. Korjaamalla näitä ja vastaavia tietovirheitä saadaan helpotettua työskentelyä kohteilla, lisättyä turvallisuutta ja päivitettyä yhtiön verkko-omaisuuden arvoastetta lähemmäksi todellista lukemaa.

Dokumentoinnin tarkkuuden kehittämiskeinona voidaan suositella myös sen yhdenmu-kaistamista. Sähköyhtiön dokumentointihenkilöstön käytössä voi olla erillinen doku-mentoinnin käsikirja, joka määrittää kunkin verkon osan tarkat dokumentointiohjeet. Tämä käsikirja on hyvä olla myös ulkopuolisten urakoitsijoiden henkilöstön saatavilla, mikäli verkon saneeraus ja rakentamistöiden suorittajan kanssa on sovittu myös ky-seisten toimenpiteiden aiheuttamien muutosten tai lisäysten kirjaamisesta tilaajan verk-otietojärjestelmään. Lisäksi ohjelmistossa on hyvä olla olemassa suunnitelmatöitä varten työkalu, jolla voidaan varmentua verkon ristiriidattomuudesta ja tarkastaa tehdyt muutokset ennen tietojen viemistä yhtiön viralliseen master-tietokantaan.

6 Yhteenveto

Työn aikana tutustuttiin kunnossapitoon ja sen olennaiseen osaan sähköverkkoyhtiön omaisuudenhallinnassa. Kunnossapidon avulla pidetään yllä verkoston arvoa ja teh-dään sen käytöstä varmatoimista, kustannustehokasta ja turvallista. Verkon tarkastus-ten ja töiden aikana nousseet kunnossapitohavainnot kirjataan verkkotietojärjestelmään komponenttien laitekorteille, jossa ne ovat tarkasteltavissa ja siirrettävissä eteenpäin työtilauksiksi kiireysluokan vaatimusten mukaisesti. Dokumentoinnilla taas varmistu-taan siitä, että koko verkko-omaisuuden tiedot ovat jokaisen komponentin osalta mut-kattomasti sekä säädösten edellyttämällä tavalla koko yhtiön käytössä ja päivittäisen toiminnan taustalla.

Työssä tehtiin huomioita niin verkon kehittämisestä kuin dokumentoinnin yleisiin virhei-siin puuttumisestakin. Näiden huomioiden avulla sähköverkkoyhtiöt voivat tehdä pää-telmiä omasta tilanteestaan, ja tarvittaessa aloittaa havaittujen puutteiden korjaamisen. Työn tuloksena esitettiin ratkaisuehdotuksia havaituille kunnossapitotyöskentelyn ja dokumentaation ongelmille. Päälimmäisiä tekijöinä nousi muun muassa työn huolelli-suuteen liittyvien tekijöiden huomioiminen koko toimitusketjussa. Huolellisten tarkastus-ten suorittaminen niin kentällä kuin dokumentaatiossa ehkäisee tulevia ylimääräisiä korjaustarpeita ja edistää sähköturvallisuutta. Tähän tulee kiinnittää huomiota varsinkin verkon muutostöiden yhteydessä, jotta päivitetty tilanne saadaan oikein verkkotietojär-jestelmään. Myös tiedonkulkuun niin yhtiön sisällä kuin urakoitsijoiden kesken voi jois-sain tapauksissa olla syytä panostaa entisestään.

Lähteet

- 1 Sähköverkon haltijat. 2017. Verkkoaineisto. Energiavirasto.
<https://www.energiavirasto.fi/sahkoverkon-haltijat>. Luettu 30.3.2017.
- 2 Voimajärjestelmän yleinen kuvaus. 2017. Verkkoaineisto. Fingrid Oyj.
<http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimajarjestelma/Sivut/default.aspx>. Luettu 1.4.2017.
- 3 Caruna – Hyvää energiaa. 2017. Yritysesite. Caruna Networks Oy.
- 4 Trimble Keskeytyskartta. 2017. Verkkoaineisto. Keravan Energia Oy.
<http://keskeytykset.keoy.fi/OutageMap/outagemap.html>. Luettu 5.4.2017.
- 5 Nivos Keskeytyskartta. 2017. Verkkoaineisto. Nivos Energia Oy.
<https://kartta.nivos.fi/OutageMap/>. Luettu 5.4.2017.
- 6 Säävarma jakeluverkko. 2017. Verkkoaineisto. Nurmijärven Sähkö Oy.
<http://www.nurmijarvensahko.fi/sahkonsiirto/saavarma-jakeluverkko/>. Luettu 14.4.2017.
- 7 NHK haaroituskaapit. 2017. Verkkoaineisto. Norelco Oy.
<http://www.norelco.fi/tuotteet/nhk-haaroituskaapit/>. Luettu 10.4.2017.
- 8 Sippola V. 2015. Pienjännitesuojalaitteet. Luentomateriaali.
- 9 Sähköturvallisuuslaki 1135/2016. 2016. Verkkoaineisto. Finlex.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>. Laadittu 16.12.2016. Luettu 19.11.2017.
- 10 SFS 6001 Suurjännitesähköasennukset. 2015. Standarditeksti. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 11 Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588. 2013. Verkkoaineisto. Finlex.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>. Laadittu 9.8.2013. Luettu 14.4.2017.
- 12 Yle Uutiset. 2017. Kello 8.00 uutislähetys, 1.4.2017. Yleisradio Oy.
- 13 SFS 6000-6 Pienjännitesähköasennukset, osa 6: Tarkastukset. 2012. Standarditeksti. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 14 HeadPower – Yritysinfo. 2017. Verkkoaineisto. HeadPower Oy.
<http://www.headpower.fi/yritysinfo/>. Luettu 21.4.2017.
- 15 Tuotteita sähköyhtiöille. 2017. Verkkoaineisto. Trimble Inc.
<http://utilities.trimble.fi/tuotteet.html>. Luettu 21.4.2017.

MUUNTAJAT, MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS

1 TURVALLISUUS

Sähköurakoitsijalla pitää olla riittävä sähköpätevyys kts. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös nro 516/96

Työ- ja sähkötyöturvallisuudesta on huolehdittava

(Noudatetaan SFS-standardia: Sähkötyöturvallisuus SFS 6002)

Sähköerotukset on tehtävä tarvittaessa SFS 6002:en ja paikallisten määräysten mukaisesti

Työluvat ja ilmoitukset paikallisten ohjeiden ja määräysten mukaisesti

2 TOIMENPITEET

1. Kuuntelu: muuntajan, jäähdytyspuhaltimien ja käämikytkimen käynti/toimintaäänit

2. Muuntajan ulkopuolinen silmämääräinen (visuaalinen) tarkastus mm. laitteiden kiinnitykset, öljyvuodot ja läpivientieristimien kunto (Huom! etäisyydet jännitteisiin osiin kts. SFS 6002)

3. Ilmankuivaimen tarkastus mm. ilmalukon öljyn määrä ja silikageelin kosteus

4. Maadoitusten silmämääräinen tarkastus

5. Kytkin- ja laitekoteloiden tarkastus

6. Koteloiden ja kaappien lämmitys ja kuivausvastusten toiminta

7. Käämikytkimen toimintakertalaskurin lukema

8. Käämikytkimen asennon näyttö esim. valvomossa

9. Havaittujen vikojen korjaus, jos mahdollista

10. Ilmoitetaan työnvalmistumisesta paikallisen käytännön mukaisesti

3 DOKUMENTOINTI

Kirjataan tehdyt toimenpiteet kunnossapidon tietojärjestelmään

Arvioidaan huoltovälin riittävyys kyseisten laitteiden kohdalla ja tarvittaessa muutetaan huoltoväliä ja/tai huollon laajuutta

- Vioista ja ongelmista, joita ei voida korjata tarkastuksen yhteydessä tehdään vika/häiriöilmoitus kunnossapidon tietojärjestelmään sekä huolehdittava että havaitut puutteet ja viat korjataan riittävän nopeasti

**110 KV...400 KV TRANSFORMER INSPECTIONS AND
MAINTENANCE ACTIVITIES (A GENERAL DESCRIPTION)**

1 DAILY INSPECTIONS

Not normally needed except faulty suspected transformers which need special care and monitoring

2 WEEKLY ACTIVITIES

Not normally needed except faulty suspected transformers which need special care and monitoring

3 MONTHLY ACTIVITIES (TRANSFORMER ENERGIZED)

Visual inspection: Oil levels and leaks, oil and winding temperatures, air dry element, abnormal noise etc.

**4 ACTIVITIES BETWEEN 6 MONTHS INTERVALL (TRANSFORMER
ENERGIZED)**

Oil sampling of 200 kV and higher voltage transformers (dissolved gases and break through strength)

**5 ACTIVITIES BETWEEN 12 MONTHS INTERVALL (TRANSFORMER
DISENERGIZED)**

Inspections and cleaning which are not possible to perform transformer energized such as inspection of transformer cover, cleaning of bushing porcellines, checking of tightness of joints etc.

**6 ACTIVITIES BETWEEN 36 MONTHS INTERVALL (TRANSFORMER
DISENERGIZED)**

Testing of protective relays such as gas relay, temperature images, oil level indicators as well as overcurrent and differential relay and other relays and inspection of oil level of bushings.

When transformers are in operation with high load thermovisioning (thermocamera) is performed every 3th year to detect faulty joints etc.

7 ACTIVITIES EVERY 5TH YEAR (TRANSFORMER DISENERGIZED)

On-load tap-changer (OLTC) revision (according to manufacturers instructions, 4...6 years intervall, depending of type and amount of operations of OLTC

8 ACTIVITIES EVERY 10TH YEAR (TRANSFORMER DISENERGIZED)

Paper sampling and moisture and DP-measurement of paper sample.

Power factor (tan d) measurement of high-voltage oil-impregnated paper insulated bushings.

Oil filtering and degassing, if oil analysis results support this.

9 ACTIVITIES EVERY 20TH YEAR (TRANSFORMER DISENERGIZED)

Untanking of transformer: Tightening of windings, filtering and degassing of oil, drying of paper insulation, testing of high-voltage bushings (PD-measurement, voltage test etc.) etc.

10 OTHER INSPECTIONS AND ACTIVITIES

"Fingerprint" measurement with Frequency Response Analysis (FRA) method (FRA measurement

is sensitive to mechanical deformations of windings). The measurement

will be repeated after high fault current has affected a transformer and information is needed if windings has damaged. FRA measurement will be performed for a new transformer during factory tests or in the field before energizing of transformer.