

Tomi Muurainen

Sähkönjakeluverkon rakennuttamisen kehittä- missuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

15.5.2017

Tekijä Otsikko	Tomi Muurainen Sähkönjakeluverkon rakennuttamisen kehittämissuunnitelma
Sivumäärä Aika	36 sivua 15.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Sampsa Kupari, Metropolia Ammattikorkeakoulu Käyttöpäällikkö Jarno Virtanen, Nivos Energia
<p>Sähkömarkkinalaki edellyttää, että vuoden 2028 loppuun mennessä myrskystä tai lumi-kuormasta aiheutuva sähkönjakelun keskeytys ei saa kestää yli 6 tuntia asemakaava-alueilla eikä 36 tuntia muilla alueilla. Keski-jänniteverkon ilmajohtolinjat ovat nykyisen sähköverkon riskialttein osuus ja tehokkain tapa toimitusvarmuuden parantamiseksi on korvata linjat maakaapelilla. Sähkönjakeluverkkoon on tehtävä suuria korvausinvestointeja, jotta saadaan rakennettua toimitusvarma säävarma sähköverkko. Työn tavoitteena oli selvittää Nivos Energia Oy:n sähkönjakeluverkon rakennuttamisen kehittämissuunnitelmaa.</p> <p>Teoriaosuuden apuna käytettiin Sähköinfon verkostourakoitsijakansiota ja yrityksen työmenetelmiä. Työssä tarkastellaan sähkönjakeluverkon rakennuttamisen nykytilaa, yrityksen toimintatapoja, rakennuttamismalleja, rakentamisen kustannustehokkuutta ja yleisesti sähkönjakeluverkon rakennuttamisen tulevaisuuden kehittämismahdollisuuksia.</p> <p>Työn tuloksena syntyi jakeluverkon rakennuttamisen kehitysmahdollisuuksia ja asioita mitä on otettava huomioon tulevaisuudessa, kuten rakentamisen laadun tärkeys. Sisältöä voidaan hyödyntää jakeluverkon rakennuttamisessa ja kehittämissuunnitelmien laatimisessa.</p>	
Avainsanat	sähkönjakeluverkko, jakeluverkkoyhtiö, sähkönjakeluverkon rakentaminen

Author(s) Title Number of Pages Date	Tomi Muurainen Development Plan for Construction of the Electricity Distribution Network 36 pages 15 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Sampsa Kupari, Senior Lecturer Jarno Virtanen, Operations Manager
<p>The electricity market act demands that by end of the 2028, in the situation of a fault caused by a storm or snow load, electricity outage shouldn't take more time than 6 hours in zoned area or 36 hours outside zoned area. Medium voltage networks aerial lines are the riskiest part in the current distribution network and an effective way to get better electric distribution reliability is to replace aerial lines with buried cable. The aim of the study was to define Nivos Energia Ltd. development plan for construction of the electricity distribution network.</p> <p>In the theoretical part Sähköinfo material and company's working methods were used as source of information. The study looks at the current state of building the electricity distribution network, the ways of acting in the company, construction models, construction cost efficiency and the possibilities for future development of construction of the electricity distribution network in general.</p> <p>The result of this work is clarification of development possibilities of the electricity distribution network and what is needed to take into consideration in the future, like importance of construction quality. The content of the work can be utilized in constructing distribution network and in the development plans.</p>	
Keywords	electricity distribution network, distribution network company, electricity distribution network construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähkönjakeluverkon rakennuttaminen	2
2.1	Sähkönjakeluverkon rakenne	2
2.2	Sähkönjakeluverkon rakentaminen	5
2.3	Sähköverkkotoiminnan valvonta	5
2.4	Investointien jaottelu	6
2.5	Säävarma sähköverkko	6
2.6	Verkostoautomaatio	7
2.7	Sähkönjakeluverkon standardit ja määräykset	9
2.8	HeadPower	10
2.9	Yleiset sopimusehdot 1998	11
3	Sähkönjakeluverkon rakennuttamisen vaiheet	12
3.1	Yleissuunnitelma	12
3.2	Verkostotyön tilaus	14
3.3	Urakkamuodot	15
3.4	Suunnitteluprosessi	18
3.5	Rakentaminen	21
3.6	Valvonta	23
3.7	Verkon dokumentointi	24
3.8	Käyttöönotto	24
3.9	Takuu aika	25
4	Verkon nykytila ja kehitystoimenpiteet	26
4.1	Verkon kehitys	26
4.2	Palvelut	31
4.3	Digitalisaatio	32
5	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Lyhenteet

KAH Keskeytyksestä aiheutuva haitta.

YSE Rakennusurakan yleiset sopimusehdot.

1 Johdanto

Sähkönjakeluverkot ovat osa yhteiskunnan infrastruktuuria. Vuonna 2013 voimaan astunut Sähkömarkkinalaki velvoittaa verkkoyhtiötä parantamaan merkittävästi sähkön jakelun toimitusvarmuutta. Lain mukaan vuoden 2028 loppuun mennessä sähkönkäyttäjän sähkönjakelun keskeytys, joka aiheutuu myrskystä tai lumikuormasta ei saa kestää yli 6 tuntia asemakaava-alueilla eikä 36 tuntia muilla alueilla. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ympäristöolosuhteisiin, kyllästysaineiden käyttöön tulleet rajoitukset, asiakkaiden kasvavat odotukset, yhteiskunnan sähköriippuvuuden lisääntyminen hankaloittavat erityisesti metsiin sijoitettujen ilmajohtojen asemaa, lisäksi suuri osa olemassa olevista ilmajohtoverkoista on myös ikääntymisen takia uusittava. Säävarmaksi jakeluverkoksi on todettu maakaapelointi.

Jakeluverkkoyhtiöiden on tehtävä kalliita investointeja seuraavan 12 vuoden aikana. Vuonna 2016 jakeluverkkoihin investoitiin Suomessa 850 miljoonaa euroa. Investoinnit työllistävät tuhansia ihmisiä ympäri Suomea usean vuoden ajan. Kuluvan vuosikymmenen alkuun verrattuna verkonrakentamisen vuosittainen työmäärä on kasvussa. Suomessa toimii noin 80 verkkoyhtiötä, joiden toimintaympäristö ja -tavat vaihtelevat.

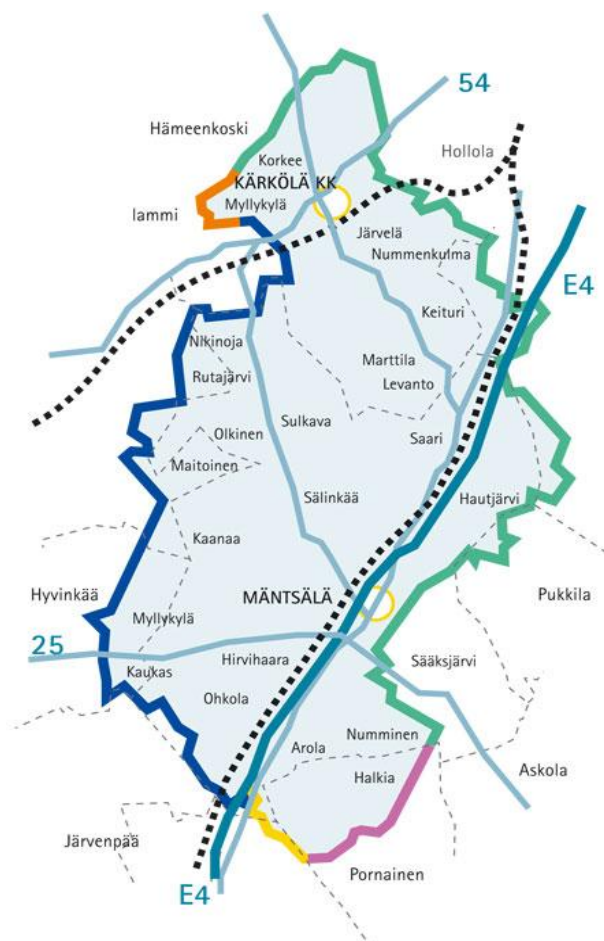
Opinnäytetyön tavoitteena on laatia Nivos Energia Oy:n sähkönjakeluverkon rakennuttamisen kehittämissuunnitelmaa. Työssä käydään läpi jakeluverkon rakennuttamista yleisesti, rakennuttamisen ehtoja, nykytilaa, urakointia, kustannustehokkuutta, yrityksen toimintatapoja ja mitä laadukkaaseen jakeluverkon rakennuttamiseen sisältyy tulevaisuudessa.

Nivos Energia Oy

Nivos Energia Oy on osa Mäntsälän Kuntayhtiöt Oy:n Nivos-konsernia, joka koostuu tytäryhtiöistä Nivos Energia ja Nivos Vesi. Nivos Energia Oy jakautuu verkko- ja palveluyksikköön. Verkkoyksikköön kuuluu sähkönsiirto-, kaukolämpö-, maakaasu- ja tietoliikenneliiketoiminta. Lisäksi yksikössä toimii verkkotieto-, käyttö-, suunnittelu- ja rakennuttamistiimit

Sähkönjakeluverkko sijaitsee maaseutuvaltaisessa ympäristössä Uudellamaalla ja sen jakelualue ulottuu kymmenen kunnan alueelle, joista suurimmat ovat Mäntsälä ja Kär-

kölä (kuva 1). Tällä hetkellä sähköä jaetaan noin 15 000 asiakkaalle ja sähköverkkoa alueella on yhteensä yli 2 200 km, josta suurjänniteverkkoa (SJ) 50 km, keskijänniteverkkoa (KJ) 900 km ja pienjänniteverkkoa (PJ) 1 250 km. Jakelualueella on käytössä viisi sähköasemaa. Jakeluverkko on vielä ilmajohto painotteinen, mutta maakaapelia kaivetaan jatkuvasti maahan.



Kuva 1. Nivos Energia Oy:n jakelualue

2 Sähkönjakeluverkon rakennuttaminen

2.1 Sähkönjakeluverkon rakenne

Sähkönjakelujärjestelmän teknisenä tehtävänä on siirtää sähkövoimansiirtojärjestelmän kautta tuleva tai jakeluverkkoon liitettyjen voimalaitosten tuottama sähkö sähkön loppukäyttäjille. Suomen sähkönjakelujärjestelmän osia ovat alueverkko jännitteiltään 110 kV

ja 45 kV, keskijänniteverkko jännitteeltään 20 kV sekä pienjänniteverkko 0,4 kV. Sähköjakeluverkko koostuu monista yksittäisistä komponenteista ja johdoista, joista suurimmat komponentit löytyvät sähköasemilta. Jakeluverkon komponentit jaetaan primäärikomponentteihin ja sekundäärikomponentteihin. Jakeluverkon primäärikomponentteja ovat mm. muuntamot, muuntajat, jakokaapit, erottimet ja niiden teknistaloudelliset pitoajat ovat tyypillisesti 30–50 vuotta. Sekundäärilaitteita ja -järjestelmiä ovat sähköasemilla suojareleet ja apujännite-järjestelmät, käyttökeskuksissa käytössä olevat käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, tiedonsiirto- ja radiopuhelinjärjestelmät sekä useat muut laajat tietojärjestelmät verkonlaadulle ja sen asiakkaille, näiden pitoajat tyypillisesti ovat 10–20 vuotta. [1, s. 11; 13.]

Jakeluverkko rakennetaan joko säteittäiseksi tai silmukoiduksi, mutta sitä käytetään lähes aina säteittäisenä. Asemakaava-alueet rakennetaan aina silmukoiduksi ja asemakaavan ulkopuoliset alueet rakennetaan säteittäiseksi pienjännitepuolelta ja jakelualueen rajoilla keskijännitepuolelta. Säteittäinen verkko on yksinkertaisempi rakenteeltaan ja siinä oikosulkuvirrat ovat pienemmät. Silmukkaverkko maksaa enemmän, mutta rengaskäytön avulla sähkön reittiä pystytään muuttamaan ja tällöin saadaan verkon käyttövarmuutta parannettua vika- ja huoltotilanteissa. Jakorajoina jakeluverkossa toimivat käsin ohjattavat tai kauko-ohjattavat erottimet. Erottimien avulla silmukoidussa verkossa johtovian vaikutukset voidaan rajoittaa yhteen erotinväliin. [1, s. 13.]

Sähköistämisen huippuvuosina 1950- ja 1960-luvulla verkstorakentamisen tavoitteena oli investointien materiaalikustannusten minimointi. Tämän takia jakeluverkko on suurimmaksi osaksi ilmajohtoa ja johtokadut ovat rakennettu suoraviivaisesti metsien ja peltojen halki johtopituuden minimoimiseksi. Tällöin ei sähköjakelun luotettavuus ollut keskeisimpiä huolenaiheita. Nykyään sähköjakelun luotettavuus on verkostosuunnittelun keskeinen reunaehto. Ilmajohtolinjoja jatkuvasti korvausinvestoidaan maakaapeliksi linjoilta joiden pylväiden käyttöiät ovat tulleet täyteen. Keskijänniteverkossa saatetaan käyttää vielä jonkin verran päällystettyjä avojohtoja eli PAS-johtoja. Korvaavaa ja uutta jakeluverkkoa pyritään kaivamaan teiden varsille käyttövarmuuden parantamiseksi, kaivutöiden ja huoltotoiminnan helpottamiseksi. [1, s. 143.]

Maakaapelien käyttäen saavutetaan yleensä ilmajohtoja parempi käyttövarmuus, mutta vikojen tarkka paikallistaminen ja korjaaminen kaapelivaihtoehdossa on kuitenkin hitaampaa. Kaapeliverkko on myös kalliimpaa komponentteineen ja tämän lisäksi on otettava huomioon maasulkuvirtoja kasvattava vaikutus ja pitkien korjausaikojen takia

tarvittavat varayhteydet. Kaapeliverkon muunneltavuus on myös hankalampaa ja kalliimpaa kuin ilmajohtoverkossa. Kuitenkin muuntamoita käyttämällä saadaan kojeistot suojaan ja rakenteissa on otettu huomioon muuntajia koskevia ympäristöhaittoja. [1, s. 147.]

Sähkönjakeluverkon rakentamiseen vaaditaan pitkän aikavälin suunnittelua. Sitä suunniteltaessa pyritään määrittelemään, millainen verkko tulee olemaan suunnittelujakson lopussa ja millaisia investointeja ajanjaksoihin tarvitaan, jotta saadaan täytettyä asetetut vaatimukset. Jakeluverkon laatuun investointi on jokaisella verkkoyhtiöllä erilaista. Laitteita ja ohjelmistoja tulee jatkuvasti lisää ja teknologia kehittyy. Investointien kannattavuutta ja riskejä joutuu miettimään, sillä osalle uutuuksista ei välttämättä millään yhtiöllä ole pitkän ajan kokemusta. [2, s.1; 3, s. 4.]

Sähkönjakeluverkon investoinneille asetettaviin tavoitteisiin saattavat vaikuttaa esimerkiksi

- kustannukset koko verkon elinkaaren ajalta
- tuottovaatimukset
- luotettavuusvaatimukset
- käytettävyys
- turvallisuus
- kuormitusennusteet
- siirtokyky
- sallitut jännitteenalenemat
- ympäristönäkökohdat.

Tärkeä suunnittelun lähtökohta on verkoston nykytila. Erilaiset verkkotietojärjestelmillä ja verkoston suunnittelulaskentaohjelmilla tehdyt seurantalaskelmat ja kartoitukset toimivat lähtötietojen tuottajina. [2, s.1.]

2.2 Sähkönjakeluverkon rakentaminen

Sähkönjakeluverkon rakentamista ohjaa Suomessa vuonna 2013 voimaan astunut sähkömarkkinalaki. Laki velvoittaa verkkoyhtiöt parantamaan sähkönjakelun toimitusvarmuutta merkittävästi. Jakeluverkko on suunniteltava, rakennettava ja ylläpidettävä, siten että se täyttää järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat verkon käyttövarmuutta ja luotettavuutta koskevat vaatimukset ja jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei aiheuta asemakaava-alueella verkon käyttäjälle yli 6 tuntia ja muilla alueilla yli 36 tuntia kestävä sähkönjakelun keskeytystä. Verkkoyhtiöille kuitenkin on investointien kustannus syistä annettu aikaa, jonka mukaan toimintavarmuusvaatimukset on täyttyvä viimeistään 31.12.2019 vähintään 50 %:lla, 31.12.2023 vähintään 75 %:lla jakeluverkon kaikista käyttäjistä vapaa-ajan asunnot pois lukien ja kaikilla käyttäjillä viimeistään 31.12.2028. Verkkoyhtiöille on myös käytössä vakiokorvausmenettely. Kun sähkökäyttäjän kokeman käyttökeskeytyksen pituus on yli 12 tuntia, verkkoyhtiö on velvollinen maksamaan korvauksen, jonka suuruus riippuu keskeytyksen pituudesta ja sähkön käyttäjän vuotuisesta siirtomaksusta. [4, 51 §, 109 §.]

2.3 Sähköverkkotoiminnan valvonta

Suomen verkkoyhtiöiden toimintaa valvoo ja ohjaa Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalaan kuuluva Energiavirasto. Energiavirasto on määritellyt verkkoyhtiöiden valvontaa varten valvontamenetelmiä, joiden avulla saavutetaan sähkömarkkinalain vaatimukset. Ensimmäinen valvontamenetelmä otettiin käyttöön vuosille 2005–2007. Nykyinen valvontamenetelmä ajoittuu ajalle 2016–2023, missä 2016–2019 on viides valvontajakso. Energiavirasto kerää verkkonhaltijoilta vuosittain verkonrakennetiedot, tilinpäätöstiedot sekä tekniset tunnusluvut. Verkon rakennetiedot sisältävät tiedon komponenttien määristä, niiden keski-iat ja investointien sijoittelut. Tekniset tunnusluvut kertovat verkon laajuutta ja luonnetta kuvaavia tietoja pääpiirteittäin. Lisäksi Energiavirasto on laatinut verkkonhaltijoille kannustimia, jotka tähtäävät sähkönjakelun laadun kehittymiseen, verkkotoiminnan tehostamiseen, investointien toteutumiseen, innovatiivisuuteen ja toimitusvarmuuden parantamiseen. Esimerkiksi laatukannustimen tarkoituksena on palkita verkkonhaltijoita, jotka ovat parantaneet sähköverkkonsa toimitusvarmuutta ja asettaa myös sanktion, jos toimitusvarmuuden on annettu heikentyä. Laatukannustin perustuu keskeytyksestä aiheutuneen haitan (KAH-kustannus) vuosittaiseen lasken-

taan ja tämän tavoitteena on määrittää sähköjakelun erityyppisten keskeytyksistä aiheutunut taloudellinen haitta mahdollisimman tarkasti. [5; 1, s. 19; 6 s. 8, 10.]

2.4 Investointien jaottelu

Jakeluverkon investoinnit jaotellaan kahteen investointiryhmään: laajennusinvestointeihin ja korvausinvestointeihin. Energiavirasto alkoi kerätä sähköverkkotoiminnan tunnuslukuja investoinneista verkkoyhtiöiltä kolmannella valvontajaksolla vuosina 2012–2015. [7, s. 1.]

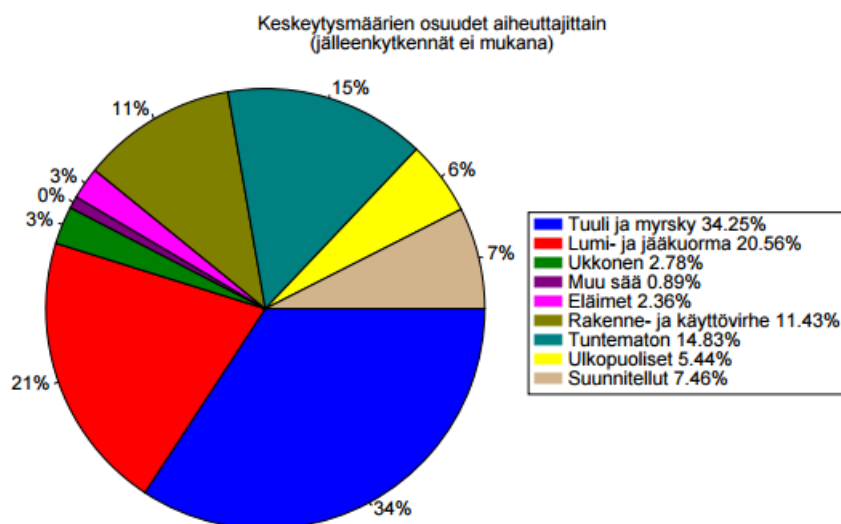
Laajennusinvestointeja ovat kokonaan uuden sähköverkon rakentaminen, jos tarkoituksena on liittää ja palvella uusia liittymät sähköverkkoon. Esimerkiksi jakelualueelle tulee uutta asuinalueita ja alueelle asennetaan jakokaappi. Syöttö jakokaapille otetaan käytössä olevalta muuntajalta. Kaikki muuntajalta lähtevästä syöttökaapelista liittymäpisteille on laajennusinvestointia. [7, s.1–2.]

Muissa tapauksissa investoinnit jaotellaan korvausinvestoinneiksi. Korvausinvestointien tarkoituksena on ylläpitää ja kehittää sähköverkkoa. Näitä ovat investoinnit, jotka korvaavat vanhoja sähköverkon komponentteja, tai jotka parantavat sähköverkon toimintaa. Perustana voi olla komponenttien käyttöiän päätyminen, verkon kapasiteetin muutostarve, toimitusvarmuuden parantaminen, sähköturvallisuuden parantaminen taikka sähköverkon energiatehokkuuden parantaminen. [7, s. 2.]

2.5 Säävarma sähköverkko

Sähköjakelun laatuun vaikuttava yleisin häiriötyyppi on sähköjakelun keskeytys. Eniten keskeytyksiä esiintyy keskijänniteverkon avojohtolinjoilla ja suurin syy keskeytyksille on epävakait sääolosuhteet, kuten ukkonen ja myrskyt. Vikoja voi myös aiheuttaa lumikuormat, puut, eläimet ja rakenne- ja materiaaliviat (kuva 2). Näitä vika-aiheuttajia pystytään kuitenkin ennaltaehkäisemään ajoittaisilla kunnossapitotöillä ja aluetarkastuksilla. Säävarmaksi sähköverkoksi luokitellaan maakaapeli ja puuvarma peltoalueille sijoitettu jakeluverkko. Kaivamalla sähköverkko maahan päästään eroon pääsääntöisesti sääolosuhteiden vaikutuksista. Kaivettu kaapelikaan ei kuitenkaan ole suojassa kaikilta ilmaston vaikutuksilta. Sateet pehmentävät maaperää ja talviajan routa rasittaa kaapeleita liikuttelamalla maaperää. Vaikutuksia pystytään ehkäisemään kaapelireitin

suunnittelulla, suojaputkilla, kaivulla ja tämän täyttömateriaalilla. [8, s. 4; 9, s. 50, 57–58.]



Kuva 2. Kuvaajassa 48 jakeluverkonhaltijan keskeytysten aiheuttajat [8 s. 4.]

2.6 Verkostoautomaatio

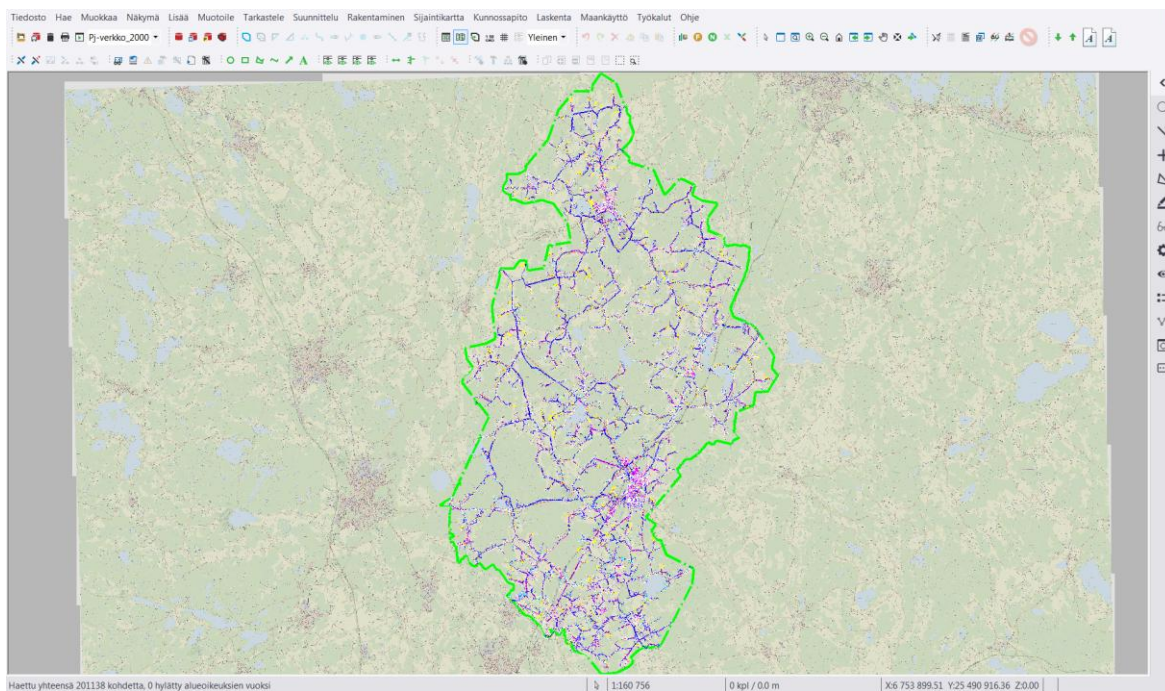
Verkostoautomaation avulla avustetaan jakeluverkon käyttöä, hallintaa ja valvontaa. Toimivalla verkkoyhteydellä tai radioverkolla saadaan automaation avulla toteutettua langattomasti esimerkiksi ohjauksia, mittauksia, välitetään tilatietoja ja hälytyksiä. Verkostoautomaatiota on käytössä jokaisella jännitealueella SJ, KJ ja PJ ja sitä pystyy käyttämään hyödyksi myös sähkökäyttäjät. Kaukokäyttöerottimia asennetaan verkoon useita kappaleita vuodessa, tällä hetkellä yhtiöllä on käytössä 174 kaukokäyttöerotinta jakelualueellaan. Uusiin puistomuuntamoissa sijaitseviin erotinasemiin on alettu lisäämään vianilmaisimia, joiden avulla vian paikallistaminen ja havaitseminen ovat nopeampaa.

Nivos Energia Oy:llä on käytössä verkkotietojärjestelmänä Tekla Trimble NIS, käyttökijärjestelmä Trimble DMS ja käytönvalvontajärjestelmänä Netcon 3000.

Verkkotietojärjestelmät

Verkkotietojärjestelmä Tekla Trimble NIS on sähköjakeluverkon ominaisuudenhallintasovellus, joka mahdollistaa sähköverkkojen monipuolisen analysoinnin ja on apuna

verkon dokumentoinnissa. Järjestelmään on digitoitu verkkoyhtiön koko alueen jakeluverkko 110 kV:n sähköasemilta liittymäpisteisiin asti verkkokomponenttineen (kuva 3). Ominaisuustietoja löytyy mm. tilalle, kunnolle, määrille, pituuksille, sijainnille, iälle, alueellisia kulutuksille ja kehitystrendejä voidaan analysoida. Järjestelmä on käytössä ja apuna jakeluverkon verkostolaskennoissa, suunnittelussa, rakentamisessa, omaisuudenhallinnassa, verkostoinvestointien hallinnassa ja kunnossapidossa. [10.]



Kuva 3. Nivos Energia Oy:n jakeluverkko kokonaisuudessaan Trimble NIS-sovelluksessa.

Tekla Trimble DMS näyttää verkon reaaliaikaisen tilan NIS:iin digitoitulle jakeluverkolle ja toimii työkaluna koko sähköjakeluverkon kytkentätilanteiden hallintaan syöttöpis-teistä älykkäille mittareille asti. Käytöntukijärjestelmällä voidaan hallita erilaisia häiriötilanteita sekä suunniteltuja kytkentätöitä ja keskeytyksiä kaikilla jännitetasoilla. Kaikki tämä pystytään tekemään verkonhaltijan valvomosta langattomasti, sillä se on integroitu SCADA käytönvalvontajärjestelmään. Jakeluverkkoyhtiön verkostoasentajille on käytössä selaimella toimiva reaaliaikainen näkymä jakeluverkosta Trimble Utility To Go-palvelu. [10.]

SCADA ja FLIR

Netcon 3000 on sähköjakeluverkon valvonta-, ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmä eli SCADA (Supervisory control and data acquisition). SCADA seuraa, kerää, tallentaa ja

prosessoi tietoa jatkuvasti koko jakeluverkosta. SCADA:n ohjelmoidut laitteet sisältävät sensoreita ja PLC:n (programmable logic control) tai RTU:n (remote terminal units), jonka avulla tilatietoa kerätään ja saadaan langattomasti toimiva verkonohjaus esim. sähköasemille ja erottimille. Netcon 3000 on myös asennettu ohjelmistoversio FLIR (Fault Location Isolation and Restoration), jonka avulla käyttötukijärjestelmä pystyy automaattisesti erottamaan vikaantuneen verkon osan ja palauttamaan sähköt verkon terveille osille. FLIR:n avulla voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä KAH-kustannuksissa sekä parannetaan sähkön toimitusvarmuutta. Osa tapahtuneista sähkövikoista korjaantuu automaattisesti tämän avulla ilman operaattorin jakeluverkon ohjauksia. [11; 12.]



Kuva 4. Valvomon SCADA-näkymä kaukokäytettävistä erotinasemista ja sähköasemasta.

2.7 Sähköjakeluverkon standardit ja määräykset

Standardi on toistuvaan käyttöön tarkoitettu määrätyllä tavalla valmisteltu ja hyväksytty yhdenmukainen ratkaisu, jolla pyritään varmistamaan laitteen tai toiminnan turvallisuus ja yhteensopivuus. Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan standardijärjestö SESKO ry

hoitaa standardisoinnin, joista lähes kaikki perustuvat Euroopan CENELECin tai maailmanlaajuisen IEC:n standardeihin. SESKO:n valmistelemat standardit julkaisee Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Jakeluverkon rakentamiseen liittyviä standardeja on useita. [1, s. 104–105.]

Sähköturvallisuusasiat kuuluvat kauppaja- ja teollisuusministeriön hallintoalaan. Sähköturvallisuuslakia valvova viranomainen Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) voi antaa ministeriön päätöksiä täydentäviä teknillisiä ja hallinnollisia ohjeita. [1, s. 109.]

Sähkönjakeluverkkoihin liittyviä lakeja, standardeja ja määräyksiä ovat

- Sähköturvallisuuslaki
- Sähkömarkkinalaki
- KTMp 516/1996
- KTMp 517/1996
- KTMp 1193/1999
- KTMp 335/2004
- SFS-EN 50160:2010
- SFS-EN 50341-1
- SFS-EN 50341-2-7
- SFS 6002:2015
- SFS 6001:2015.

2.8 HeadPower

HeadPower Oy on vuonna 2001 perustettu puolueeton ja riippumaton toimija, joka toimittaa suomalaisia pilvipalveluita infraverkkoyhtiöille. Yrityksen digitaaliset tuotekokonaisuudet koostuvat sovelluksista ja ohjeistoista, jotka helpottavat ja tehostavat verkohaltijoiden, suunnittelijoiden, urakoitsijoiden ja tarviketoimittajien jokapäiväistä työkentelyä. Sovelluksia löytyy rakennuttamisen ja urakoinnin ammattilaisille työnsä suunnitteluun, kilpailuttamiseen, tilaamiseen sekä sisäisten ja ulkoisten töiden ohjaukseen. Palvelut mahdollistavat tilaajan ja toimittajan saumattoman yhteistyön. [13.]

Sähköverkkostoihin tuotteet mahdollistavat turvallisen, luotettavan ja tehokkaan verkoston rakennuttamisen. Tuotteet pitävät rakennusketjun yhtenäisenä ja osapuolet ajan tasalla projektien ajan. Työnohjaussovellustuote on käytössä verkkoyhtiölle sekä urakoitsijalle. Työnohjaus sovellukseen kirjataan verkoston rakentamiseen ja hallintaan liittyvät projektit tietoineen (kuva 5) ja työkohtaisien liitteineen, kuten suunnitelmat ja mittaustulokset. Sovellus mahdollistaa töiden resurssien ja materiaalien kustannuksien hinnoittelut ja auttaa hallinnoimaan projektien työvaiheita. [13.]

Työnohjaus, verkkoyhtiö Verkostotöt (1-30/306)

Tekijä Kiireysluokka Toimittaja Aikaväli Alityyppi Tila

Yhtiön tehtävät <Ei rajausta> <Valitse> <Valitse> Sähköverkon rakentaminen Kaikki

Lisää hakuvalintoja

1 2 3 4 5 6 ... 11 30 / sivu Hae Näytä laskutus% Arkistoi

ID	Alityyppi	Tunnus	Nimi	Kiireysluokka	Tila	Toimittaja	Oltava k. otettu	Oltava valmis
1640565	Sähköverkon rakentaminen	9420	Valäkantie - Heinisuontie 20kV maakaapelointi	Normaali	Perustiedot valmit		28.2.2018	
1640223	Sähköverkon rakentaminen	9420	Vaasankulmantie - Majjalantie 20kV maakaapelointi	Normaali	Rakentaminen aloitettu	Nivos Energia Oy	29.9.2017	
1578007	Sähköverkon rakentaminen	9420	Heinaron-Puikan-Viljamaantien 20kV kaapelointi	Normaali	Rakentaminen aloitettu	Lahden Linjarakennus Oy	29.9.2017	
1475382	Sähköverkon rakentaminen	9420	Taruman alueen kaapelointi KJ	Normaali	Hyväksytty	Nivos Energia Oy	9.6.2017	
1668796	Sähköverkon rakentaminen	9420	M0011 OHKOLA2 pot. ohjausrenkas	Normaali	Rakentaminen aloitettu	Nivos Energia Oy	28.4.2017	
1669172	Sähköverkon rakentaminen	9450	M1026 ETELÄINEN PIKATIE Louhintahiekka Oy	Normaali	Rakentaminen aloitettu	Nivos Energia Oy	24.4.2017	
1594823	Sähköverkon rakentaminen	9420	Henna Huhdanojantie 20kV	Normaali	Käyttöön otettu	Nivos Energia Oy	31.3.2017	
1516161	Sähköverkon rakentaminen	9440	M0857 HÖRKKÄ purkutyöt	Normaali	Rakentaminen aloitettu	Nivos Energia Oy	31.3.2017	
1648832	Sähköverkon rakentaminen	9450	M0146 OSUUSPANKKI As Oy Mlän K2	Normaali	Hyväksytty	Nivos Energia Oy	24.3.2017	

Kuva 5. Nivos Energia Oy:n rakennutettavien verkostotöiden näkymää Headpowerin palvelusta

2.9 Yleiset sopimusehdot 1998

Suomessa ei ole olemassa lakia rakennus- tai verkostorukkasopimuksista. Urakointia varten Suomessa on sopimus käytäntö, joka perustuu sopimusvapauteen. Tilaaja voi sopia urakoitsijan kanssa mitä tahansa, kunhan se ei loukkaa Suomen lakeja. Oikeus-toimilaisissa on säännöksiä muun muassa sopimuksen solmimisesta, valtuutuksesta ja sopimuksen pätemättömyydestä. Tämä laki on yleislaki, joka soveltuu kaiken tyyppisiin sopimuksiin, eikä siitä useinkaan löydy suoraan ratkaisua verkostourakoinnissa syntyvien ongelmatilanteiden selvittämiseen. Verkostourakoinnissa käytetään tämän vuoksi yleisesti YSE 1998:aa tai muita vakioehtoja. Vakioehdot ovat valmiita mallisopimuksia ja mallipohjia, joita täydentämällä ja muokkaamalla tehdään urakasta sopimus. Vakioehdot voidaan laatia yksipuolisesti tai yhteisesti. [14, s. 11.]

Yleisissä sopimusehdoissa on mahdotonta yksityiskohtaisesti luetella kaikkia urakoitsijan yksittäisiä velvollisuuksia. Suoritusvelvollisuus on tärkeää määritellä urakkasopimuksessa selkeästi ja sitoa mahdollisimman yksityiskohtaisesti suunnitelmasiasiakirjoihin, tarjoukseen, urakkaneuvottelussa sovittuihin seikkoihin. Erityisesti silloin, kun hyväksytyksi tulleessa tarjouksessa on ollut jokin tarjouspyynnöstä poikkeava seikka tai jos urakkaneuvottelussa on vielä muutettu urakan sisältöä, on asia tarkkaan kirjaamiseen kiinnitettävä huomiota. [14, s. 108.]

YSE 1998 sisältää useita velvollisuuksia urakoitsijalle ja rakennuttajalle. Suoritusvelvollisuus velvoittaa urakoitsijaa tekemään kaikki urakkasopimuksen ja sopimusasiakirjojen edellyttämät työt, toimenpiteet ja hankinnat sovittua urakkahintaa vastaan. Sopimusasiakirjoissa määritellään urakoitsijan kaikki suoritukset työtuloksen aikaansaamiseksi. Työ on tehtävä ammattitaitoisesti, voimassa olevien säädösten ja hyvän rakentamistavan mukaan. Sopimusehtoja käytettäessä urakoitsijan urakkaan kuuluvat myös omaa suoritustaan koskevia sivuvelvollisuuksia, ellei näistä ole toisin sovittu. Muita sivuvelvollisuuksia voi olla lisäksi urakoitsijalle urakkahintaan kuuluvissa sopimusasiakirjoissa. Työmaan johtovelvollisuuksista vastaa pääurakoitsija, mutta jos tätä ei ole kaupallisissa asiakirjoissa nimetty, velvollisuuksista vastaa tilaaja. Molemmat urakan osapuolista vastaavat myötävaikutusvelvollisuudesta, joka perustuu urakan aikataulun sujuvuuteen. Kun urakoitsija havaitsee rakennussuorituksessa määrätyissä materiaaleissa tai tilaajan antamissa määräyksissä, jotka saattavat vaarantaa rakennustyön sopimuksen täyttymyksen, hänen on tehtävä tästä viipymättä todistettavasti ilmoitus tilaajalle. Maksuvelvollisuudessa on määritelty sopimuksen mukaisen urakkahinnan maksaminen, urakan viivästyskorko ja pidätykset. Urakoitsija on velvollinen toteuttamaan tilaajan vaatiman urakkasuoritukseen kuuluvan muutostyön. [15.]

3 Sähkönjakeluverkon rakennuttamisen vaiheet

3.1 Yleissuunnitelma

Sähköverkon saneerauskohteita alettiin suunnitella vuonna 2013 sähkömarkkinalain laatuvaatimusten astuttua voimaan. Jakelualueelta selvitettiin vanhimpien KJ-pylväiden sijainnit verkkotietokannasta. 1960-luvulla asennetut pylväät korostettiin Trimble NIS-suunnitelmaan. Korostettujen pylväiden ja ilmalinjan avulla saatiin esisuunnitelma purettavista jakeluverkon aluekokonaisuuksista. Alueista tehtiin Excel-taulukko, johon

kerättiin tietoja linjojen iästä, kunnosta, sähköisistä arvoista, asiakas kriittisyydestä, keskeytysten määrästä ja alueen sijainnin turvallisuudesta. Näille kaikille tiedoille annettiin luokitukset, joiden avulla saneerauskohteet saatiin kannattavuus järjestykseen. [16.]

Uuden maakaapeloinnin suunnittelu esisuunnitelmaan alkoi sijoittamalla alueille käytännölliset muuntamot kohtiin mihin ne saattaisi saada asennettua tiealueiden lähistölle. Tämän jälkeen suunniteltiin muuntamoiden väleille maakaapeli käyttämällä tiealueiden reunustoja, tarkoituksena saada tarvittavan kaapelin pituus kustannuslaskentaa varten (kuva 6). Suurimmat saneerauskohteet jaettiin pienempiin kokonaisuuksiin, sallittava pituus kaapeloitavalle alueelle oli maksimissaan 5 km. Suuret kohteet vaativat paljon resursseja verkostourakoitsijoilta. Kaapeloitavat alueet ovat yleisesti 1–3 km:n pituisia. KJ-verkon suunnittelun jälkeen esisuunnitelmaa jatkettiin PJ-verkon osuudella lisäämällä jakokaappien sijainnit ja kaapeloinnit. Kohteen PJ-verkko jätettiin ennalleen, jos sen komponenttien ikä ei ollut 10 vuotta enempää. [16.]



Kuva 6. Esimerkki jakeluverkon esisuunnitelman kohteesta, sinisellä on korostettu purettavan ilmajohdon osuus ja punaisella on korostettu kaapeloitavan verkon osuus.

Esisuunnitelman valmistuttua jokaiselle saneerauskohteelle avattiin oma työkohte HeadPowerin verkkoyhtiön yleissuunnitelmaosioon. Verkostotöille listattiin työkohtaiset määräluettelot suunnitelman verkostokomponenteista, kaivukustannuksista, asennus-

töistä ja työkustannuksista purettavalle verkolle. Näin saatiin saneerattavan kohteen budjetoitu kokonaishinta. Jakeluverkkoyhtiöllä on määritelty vuosittainen kokonaisbudjetti jakeluverkon saneerauksiin ja uuden verkon rakentamiseen. Verkostotöitä tehdään vuodessa keskimäärin 12 alueelle. Laajennusinvestoitua jakeluverkkoa rakennetaan 5–10 % vuodessa, josta suurin osa on uusien liittymien rakentamista. Saneerattava verkko kasvattaa verkon kokonaispituutta tienvarsia käyttämällä. Yleissuunnitelmaa on suunniteltu HeadPoweriin vuodelle 2023 asti. [16.]

3.2 Verkostotyön tilaus

Suurin osa jakeluverkon rakennus- ja kunnossapitotöistä teetetään urakoitsijoilla. Yleisesti ensivaiheena urakkasopimuksessa on tilaajan tekemä tarjouspyyntö, mistä urakoitsija saa tarvittavat tiedot tarjouksen tekemistä varten. Suomen oikeuden mukaan sopimus syntyy tarjouksesta ja siihen annetusta myöntävästä vastauksesta. Tarjous ja vastaus voivat olla suullisia tai kirjallisia. Tarjouksen tekeminen ei kuitenkaan velvoita tilaajaa sopimuksen solmimiseen, mutta on velvollinen vastaamaan tarjouspyyntöä koskeviin kyselyihin ja antamaan sitä koskevia lisätietoja tarjouslaskenta-aikana. [18, s. 1.]

Oikean ja hankkeeseen sopivan sopimuslomakkeen ja -ehdot valitsee yleisesti tilaaja. Verkstourakoitsijan on syytä perehtyä jo urakkatarjousta laskiessaan huolellisesti sopimusehtoihin. Hyväksytyin tarjouspyynnön jälkeen on neuvottelut, jossa täytetään työkohtainen sopimuslomake. Energiateollisuuden nettisivustoilta löytyy valmiita toimintamallipohjia. Mallipohjat helpottavat ja nopeuttavat urakan asiakirjojen laatimista ja toimivat myös muistilistana siitä, mitä kaikkea missäkin asiakirjassa ja pöytäkirjassa tulee käsitellä. Täyttömalleista saa konkreettisia ohjeita ja mallilausekkeita avuksi asiakirjojen laadintaan. Yleisimmät mallipohjat ovat Urakkasopimus YSE 1998 (RT 8260), Pie-nurakkasopimus (RT 80265) ja KVR-urakkasopimus (RT 80278). Perusedellytyksenä sille, että urakka sujuu hyvin molempien sopijapuolten kannalta katsottuna, on se, että urakka-asiakirjat on laadittu huolellisesti ja sovellettavien sopimusehtojen mukaisesti. Verkstourakoinnissa jatkuvaa kilpailuttamista pyritään usein välttämään solmimalla vuosisopimuksia. Vuosisopimuskäytäntö on yleinen sekä kunnossapitopuolella että rakentamisessa. Vallitseva urakkamuoto on tällöin yksikköhintaurakka. Vuosisopimusmenettelyllä on tarkoitus välttää urakkakilpailutusta ja jatkuvaa paperien täyttöä. [17, s. 1, 20; 18, s. 2.]

Rakennuttajan on nimettävä jokaiseen rakennushankkeeseen hankkeen vaatavuutta vastaava pätevä turvallisuuskoordinaattori eli luonnollinen henkilö, joka huolehtii asetuksen VNa 205/2009 5–9 §:ssä tarkoitetuista turvallisuutta ja terveellisyyttä koskevista toimenpiteistä. [19, s.13.]

Kun urakkatilaus on saatu, nimetään hankkeelle vastuuhenkilö. Tarjouslaskijat, urakoitsija, suunnittelijat, vastuuhenkilö ja mahdolliset aliurakoitsijat pitävät työn aloituspalaverin, jotta vastuuhenkilö saisi kaikki tarvitsemansa tiedot tarjouslaskenta- ja urakkaneuvotteluvaiheissa esille tulleista asioista. Aloituspalaverissa käydään läpi suunnitelma-katselmus, työmaan turvallisuusasiat, mahdolliset riskit, laadunvalvonta ja työn aikataulu. Aloituspalaverista on kannattavaa pitää pöytäkirjaa sovitusta asioista ja liittää ne työkohteen sopimukseen. Palaverin jälkeen vastuuhenkilö avaa työlle työnumeron HeadPoweriin. Tämä työnnumero toimii työn tunnisteena kaikissa työhön liittyvissä asioissa tilaajalla ja toimittajalla. [20, s. 1–2.]

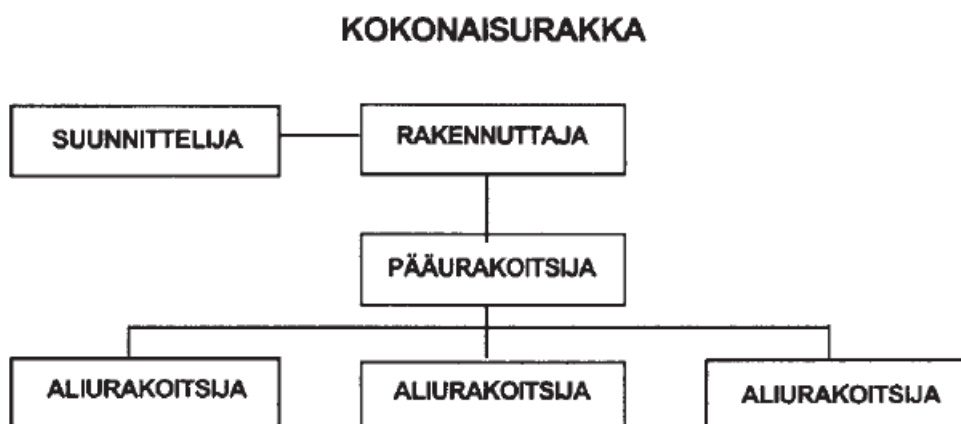
3.3 Urakkamuodot

Verkostourakoille urakkamuodon valinta on tärkeää, jotta sille saadaan oikeanlainen ja toimiva toteutustapa. Verkostourakointi on tyypillistä tilauspalvelutuotantoa, jossa tulot kerätään laskuttamalla materiaaleja, työtunteja ja konetunteja. Toteutustapaan vaikuttavat yrityksen koko, toimintatapa, urakan laajuus ja vaatavuus. Pienillä yrityksillä ei välttämättä riitä resurssit kuin pieniin aliurakoihin ja taas suuret yritykset pystyvät toteuttamaan laajempiakin kokonaisuuksia. Sopivalla urakkamuodolla säästetään kustannuksissa ja toteutuksesta saadaan mahdollisimman kokonaistaloudellinen. Verkostourakoitsijan on syytä tuntea oma paikkansa hankkeen sopimuskuviossa, koska urakkamuodon valinta vaikuttaa muun muassa velvoitteisiin ja vastuisiin. Sopimuskuviot ja vastuut ovat melko hankalia, mikäli samalla kohteella toimii useita pää- ja aliurakoitsijoita. [22, s. 16; 14, s. 40.]

Kokonaisurakka

Kokonaisurakka on perinteisin urakointimuoto. Käytettäessä kokonaisurakkaa rakennuttajalla on sopimus koko työstä yhden urakoitsijan kanssa. Rakennuttaja sitoutuu maksamaan työstä sovitun kokonaishinnan. Kokonaisurakka soveltuu käytettäväksi, jos

työ on suoritusyksiköiltään ja laajuudeltaan määritelty. Verkstourakoitsija on usein itse pääurakoitsijana (kuva 7). [14, s. 40.]



Kuva 7. Kokonaisurakan osapuolet [14, s. 41].

KVR-urakointi

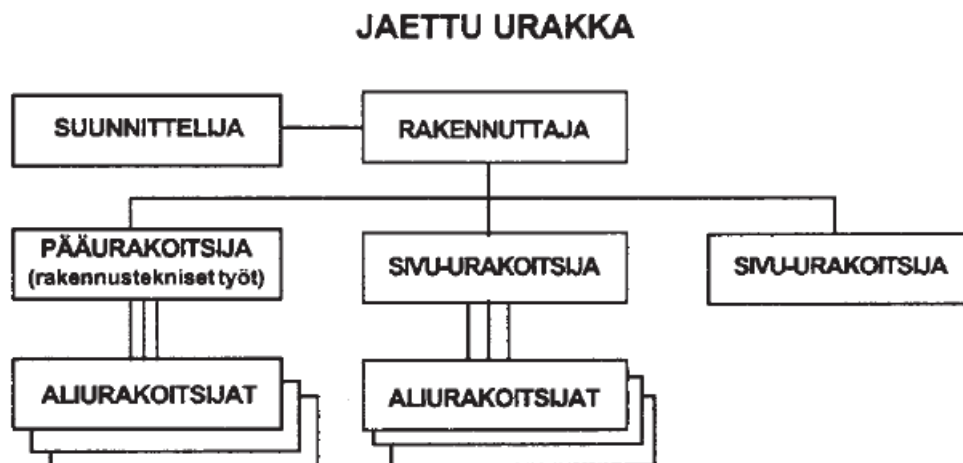
Kokonaisvastuurakentamisessa tilaaja tekee sopimuksen valitun pääurakoitsijan jakeluverkon rakennuttamisen kohteelle. Urakoitsija ottaa vastuun verkon rakentamisesta kokonaisuudessaan (kuva 8), mukaan lukien hankkeen suunnittelu ja kokonaiskoordinointi. Sopimuksen jälkeen pääurakoitsijalla on vapaat kädet työn rakennuttamiseen. Jos kyseessä on verkstourakka, kohteen suunnitelmat yleensä tehdään tilaajan johdolla jakeluverkon yleissuunnitelman mukaisesti. [14, s. 40.]



Kuva 8. Kokonaisvastuurakentamisen osapuolet [14, s. 41].

Jaettu urakka ja sivu-urakat

Jaetussa urakassa rakennuttaja tekee erillisiksi osiksi jaetuista urakoista erilliset urakkasopimukset. Jaetussa urakassa urakoitsijoiden välillä ei ole lainkaan sopimussuhdetta. Urakoitsijat ovat sopimussuhteessa ainoastaan rakennuttajaan (kuva 9). Monen eri urakoitsijoiden töiden yhteensovittamisesta rakennuttajalle aiheutuu huomattavia velvollisuuksia. [14, s. 40.]



Kuva 9. Jaetun urakan osapuolet [14, s. 41].

Sivu-urakka voi olla alistettu pääurakkaan. Sivurakkan alistaminen tarkoittaa menettelyä, jossa rakennuttaja tekee urakkasopimukset eri urakoitsijoiden kanssa ja tämän jälkeen alistaa sivu-urakat pääurakoitsijalle. Osa rakennuttajan velvoitteista siirtyy alistamissopimuksen allekirjoittamiselle pääurakoitsijalle. Alistamissopimusta varten on laadittu oma sopimus ja tämä muuttaa merkittävästi verkostourakan sopimussuhteita ja vastuukuvia. Kaikki urakoitsijat tulevat keskenään sopimussuhteeseen ja alistamissopimuksen ehdot määrittelevät heidän vastuunsa ja velvoitteensa. Pää- ja sivu-urakkasopimusten määräykset eivät muutu alistamissopimuksella, vaan ne pysyvät sellaisinaan voimassa lukuun ottamatta alistamisesta johtuvia seikkoja. [14, s. 47.]

Yksikköhinta urakointi

Yksikköhinta-urakassa rakennuttaja jakaa työn mahdollisimman tarkoin määriteltyihin osiin, jolle urakoitsija antaa osahinnat. Jotta urakoitsija voisi hinnoitella työn oikein, rakennuttajan tulisi ilmoittaa arvioitu yksikköjen määrä työn suuruusluokan selvittä-

miseksi. Yksikköhintaurakka soveltuu käytettäväksi, jos suoritusyksiköitä on määritelty etukäteen, niiden määrä kuitenkin saattaa muuttua rakennettaessa. [14, s. 43.]

Tavoitehintaurakka

Urakan hinta muodostuu pääasiassa syntyvien todellisten kustannusten perusteella. Tavoitehintaurakassa hankkeelle määritetään tavoitehintaa ja kattohintaa syntyvistä kustannuksista ja urakoitsijalle maksettavasta palkkiosta. Tavoitehinnan alituksesta urakoitsijan palkkio lisääntyy ja ylityksestä vastaavasti pienenee. Sopimusasiakirjoissa on määriteltävä selkeät menetelmät kustannustavoitteiden seuraamiseksi. [14, s. 42.]

Yhteinen työmaa

Työmaa, jolla samanaikaisesti tai peräkkäin toimii useampi kuin yksi työnantaja tai itsenäinen työnsuorittaja luokitellaan yhteiseksi työmaaksi. Rakennustyö alkaa silloin, kun työmaalla tehdään ensimmäistä työtehtävää, vaikka lupia tai ilmoituksia ei olisi vielä tehty. Muodostumisessa oleellista on tieto siitä, että kyseinen työmaa on suunniteltu tehtäväksi monen työnantajan toimesta, vaikka vain yksi työnantaja aloittaisi työt ja seuraavat työnantajat tai itsenäiset työnsuorittajat tulisivat vasta myöhemmin. Jos työmaa on suunniteltu tehtäväksi yhden työnantajan toimesta, mutta työn aikana siellä on usean työnantajan palveluksessa olevia työntekijöitä tai itsenäinen työnsuorittaja, se muuttuu yhteiseksi työmaaksi. [23.]

3.4 Suunnitteluprosessi

Kutakin jakeluverkon osaa suunniteltaessa on pidettävä mielessä myös sen vaikutus koko verkostokokonaisuuteen ja otettava huomioon standardit. Olemassa oleva verkko voi myös asettaa joitakin reunaehtoja ja vaatimuksia siihen liittyvälle uudelle kohteelle. Tämä on otettava huomioon erityisesti eri jänniteportaiden yhteydessä, sillä KJ-verkko vaikuttaa PJ-verkkoon ja sen suunnitteluun, ja päinvastoin. Saneerauskohteissa vaikuttavia seikkoja voivat olla esimerkiksi:

- suuri jännitteenalenema
- pieni jännitejäykkyys
- suuret häviöt

- rakenteiden heikko mekaaninen kunto
- alhainen luotettavuus
- alhainen oikosulkukestoisuus
- oikosulkusuojauksen toteutumattomuus
- kuormituksen kasvu.

Verkostokokonaisuuden suunnittelussa on otettava huomioon myös koko yhtiön toiminta, tavoitteet ja resurssit. Yhteistyötä on kannattavaa tehdä kaavoittajien ja muun infrastruktuurin kanssa, sillä näin saadaan jaettava kohteiden kokonaiskustannuksia teialueiden vierustoissa tapahtuvissa maarakennustöissä. Esimerkiksi televerkkoa on mahdollista asentaa samaan kaivantoon, muita verkkoja rakentaessa on kuitenkin otettava huomioon turvallisuusmääräykset. Verkkoinfrastruktuurin eli viestintäverkkojen, energia-, liikenne- ja vesihuoltoverkkojen yhteisrakentamisesta ja -käytöstä tuli voimaan laki heinäkuussa 2016 (276/2016). Laissa määritellään yhteisrakentamisesta seuraavasti:

4 §

Yhteisrakentaminen

Verkkotoimijan on suostuttava toisen verkkotoimijan fyysisen infrastruktuurin yhteisrakentamista ja verkkojen yhteisrakentamista koskevaan pyyntöön oikeudenmukaisin ja kohtuullisin ehdoin. Pyyntö on esitettävä kirjallisena ja yksilöitynä. Kohtuulliseen pyyntöön on suostuttava, jollei yhteisrakentaminen:

- 1) lisää verkkotoimijoiden kustannuksia erillISRakentamiseen verrattuna;
- 2) koske vähäistä rakennushanketta; tai
- 3) vaaranna verkon turvallisuutta tai verkon käyttöä aiottuun tarkoitukseen.

Yhteisrakentamista koskeva pyyntö on jätettävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja viimeistään kuukautta ennen kuin hankkeeseen haetaan lupaa toimivaltaiselta viranomaiselta.

Jollei toisin sovita, yhteisrakentamisesta aiheutuvat kustannukset jaetaan verkkotoimijoiden kesken erillISRakentamisesta aiheutuvien arvioitujen kustannusten suhteessa.

Jos verkkotoimija kieltäytyy täyttämästä toisen verkkotoimijan yhteisrakentamista koskevaa pyyntöä tai jos ehdoista ei päästä sopimukseen kuukauden kuluessa yhteisrakentamista koskevan pyynnön vastaanottamisesta, verkkotoimija voi saattaa asian Viestintäviraston ratkaistavaksi. [276/2016, 4 §.]

Tiealueiden viereen sijoitettavan kaapelin reittiä kannattaa miettiä tarkasti, sillä tien alituksen tekeminen tunkkaamalla tai poraamalla on kallista. Tiealueille sijoitetussa verkossa pitää ottaa huomioon tulevaisuudessa tarvittavat kaivutyöt, sillä tien varressa oleviin alueisiin kohdistuu paljon kaivutoimintaa. Linjaa pyritään rakentamaan siten, että siitä on vähiten haittaa maanomistajille. [24, s. 3; 25, s. 11.]

Verkostourakan suunnitelmat tehdään Trimble NIS-ominaisuudenhallintasovelluksella. Sovellukseen on helppo suunnitella uutta jakeluverkkoa, kun käytössä on koko verkostoyhtiön ajan tasalla oleva jakeluverkko, vanhojen komponenttien ominaisuustietoja ja karttapohjia. Apuna käytetään sovelluksen laskentatyökaluja ja simulointeja. Verkonrakentamiseen liittyviä teknisiä ohjeita avuksi löytyy HeadPowerin palveluista. Rakentamisen määräluettelot, rakentamisyksiköt, työturvallisuusohjeisto, verkoston vakiorakenteet täytetään HeadPoweriin. Kaikki työkohtaiset kuvat, kaaviot, mittapöytäkirjapohjat ja luvat liitetään myös palveluun urakoitsijan nähtäväksi. Urakan suunnitelmakuviin tulee myös korostaa purettava linjaosuus. [24, s. 4.]

Sähköisen suunnitteluvaiheen lisäksi suunnitelma on sovitettava maastoon. Suunnitelmat muuttuvat jonkin verran, kun nähdään tarkemmin tulevan linjan sijoitus ja asennusmahdollisuudet. Tällöin tulee huolehtia siitä, että kaikki hankkeessa tarvittavat luvat on haettu ja saatu ennen kaapelointityön aloittamista. Uutta jakeluverkkoa ei voida sijoittaa kaikkialle, sillä reitit sijaitsevat maanomistajien, kuntien ja tieosuuskuntien omistamilla tonteilla tai teillä. Tällöin on haettava maankäyttölupia ja sijoittamissopimuksia. Näitä hankitaan, jos kyseessä on

- maantiealueet
- vesistöt
- rautatiealue
- muinaismuistoalue
- luonnonsuojelualue
- kuntien alueet
- yksityistie
- yksityisten omistamat alueet.

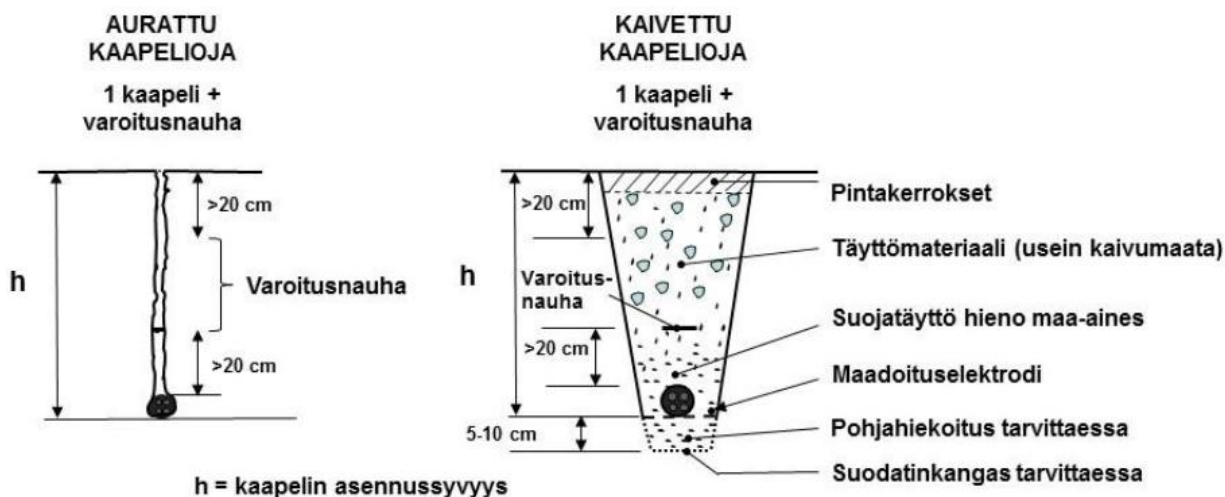
Luvista maksetaan kertakorvaus haitasta ja vahingosta maanomistajille jakeluverkon sijoittamisesta. Pinnoitteiden poisto kaapeliojan päältä ja uudelleenpinnoittaminen otetaan huomioon suunnitteluvaiheessa. Alueen maanomistajien tiedot ja tonttien rajat saa haettua maanmittaushallituksen tietokannoista. Suunnitellusta alueesta pitää tehdä myös selvityksiä, sillä alueella saattaa myös olla muun infra-alan kaivettua omaisuutta. Näissä tapauksissa haetaan risteämä- ja pitkittäisasennuslupia, syitä näille voivat olla vesistöt, rautatiet, kaasu- ja vesiputket ja valokuitukaapelit. [26, s.12–15, 17.]

Maankäyttö- ja sijoittamissopimuksista saattaa aiheutua ongelmia rakennusvaiheessa, jos omistaja hylkää sijoittamisluvan. Ellei kiinteistön omistajan kanssa päästä johdon sijoittamisesta vapaaehtoiseen ratkaisuun ja vaihtoehtoista reittiä ei ole, voidaan hakea sijoituslupa viranomaisilta, mikä voi johtaa korvaustoimitukseen. Nämä skenaariot voivat aiheuttaa viivästyksiä ja lisäkustannuksia työkohteelle.

3.5 Rakentaminen

Ennen rakentamisen aloittamista on tehtävä työhön kuuluvien rakennusmateriaalien tilaukset hyvissä ajoin. Osa jakeluverkon komponenteista teetetään ulkomailla vasta tilauksen jälkeen, joten komponentin saapumiseen saattaa tarvita pitkänkin ajan. Uusien liittymien kytkentä verkkoon on tehtävä sovituksi päiväksi, saneerauskohteilla rakentamisen aikataulutusta voidaan joustaa tarvittaessa. [21.]

Työmenetelmän valinta on tehtävä työkohteessa vallitsevien olosuhteiden, kuten maaperän, puuston, pinnoitteen ja maassa jo olemassa olevien kaapelien, putkien ym. mukaan. Lisäksi työmenetelmiä toteuttaessa on otettava huomioon suunnittelun tuomat rajaukset ja ohjeet. Kaapelia käsiteltäessä on noudatettava varovaisuutta ja huolellisuutta niin, ettei kaapeli tai sen ulkovaippa vaurioidu. Maakaapeloinnissa pyritään aina vähintään standardinmukaiseen $H = 0,7$ m asennussyvyyteen (kuva 10). Perusmäärittäytymisenä ja mittausperusteena asennussyvyydelle pidetään sitä tasoa, jonka päälle kaapeli on välittömästi laskettu. Lupaehdot, tilaaja tai asennusolosuhteet voivat edellyttää suurempaa asennussyvyyttä. Kaapelin asennusmenetelminä toimii kaapelin veto (työntö) ja auraus. [26, s. 8–9, 18.]



Kuva 10. Kaapelikaivannon periaatepoikkileikkaus, 1 kaapeli ja varoituss nauha [26 s.9].

Kaivannon leveys määräytyy asennettavien kaapeleiden tai suojaputkien määrän mukaan. On otettava huomioon, että kaapelien väliin on jätettävä minimissään kaapelin halkaisijan verran tilaa ja putkien väliin 5 cm. Kaivannon pohjan on oltava mahdollisimman tasainen ja sieltä on poistettava kivet sekä muut mahdolliset kaapelia vaurioittavat esineet. Tarvittaessa kaivannon pohjalle levitetään kivetöntä täytemaata ja mahdollisesti suodatinkangas. Kaivantoa täytettäessä kaapelien päälle levitetään alkutäyttö siten, että siinä on vähintään 20 cm maa-ainesta, jossa ei ole kaapelia vaurioittavia kiviä tai muita esineitä. Kaapelin varoituss nauha, -levy tai -verkko asennetaan 20–40 cm kaapelikaivannon pinnan alapuolelle. Lopputäyttöä tehtäessä on varmistettava, että varoituss nauha jää kaapelin yläpuolelle eikä kaivantoon jää suuria kiviä. [26, s. 8–11.]

Jakeluverkon rakentamiseen vaikuttavat vuodenajat. Talvella roudan aikaan ei kaivuutöitä tehdä, koska se on hidasta ja työkustannukset ovat tällöin suuria. Peltoalueilla maanviljelijöillä on omat ajoitetut tarpeet kylvö-, kasvu- ja sadonkorjuun aikoina, milloin ei pellolle pysty menemään tekemään töitä. Kaivuutöiden ja purkutöiden ajoitus on otettava mukaan työkohtaisia suunnitelmia tehdessä. [21.]

Jokaisesta työstä on tehtävä purkutyösuunnitelma. Työ on suunniteltava niin, että se voidaan suorittaa turvallisesti. Suunnitelmaan tulee sisältyä purkutyöselostus, joka sisältää kaikki tiedot turvallisen työsuunnitelman tekemiseen. Työsuunnitelmassa arvioidaan myös työmenetelmät, jotka parhaiten soveltuvat kohteeseen. Tie-, vesi- ja rata-alueilla siirtojohtojen linjakaduilla tapahtuvissa purkutöissä haetaan asianmukaiset lu-

vat. Maanomistajille haetaan tarvittavat luvat ja heitä informoidaan työn suorittamisesta. Tiealueille liikennejärjestelyt ja varoitusmerkinnät suoritetaan tien koosta riippumatta. Alueella olevia ulkopuolisia henkilöitä varoitetaan työn aiheuttamista vaaroista. Purkutyö tehdään erotustyönä standardin SFS-6002 määräysten mukaan ja aina työsuunnitelman mukaisesti. Jos on olemassa ilmastollisen tai indusoituneen jännitteen aiheuttama vaara, on purettava johto maadoitettava. Lähtökohtana purkutyön suunnittelussa ja toteutuksena on, ettei purettavaan pylvääseen nousta muulloin kuin poikkeustilanteissa ja silloinkin varmistetaan eri keinoin pylvään pystyssä pysyminen. Purkutöiden ja rakentamisen jäljiltä ei maastoon saa jäädä mitään rakennustarvikkeita tai -jätteitä. [28, s. 3–4.]

3.6 Valvonta

Rakentamisen aikana työmaakokouksia on tarkoitus pitää säännöllisesti ja niiden tarkoituksena on selvittää urakan aikataulullisia- ja työnaikaisia-asioita. Kokouksen puheenjohtajana toimii rakennuttaja tai rakennuttajan edustaja ja muina osallistujina urakoitsijat ja suunnittelijat tai heidän edustajat sekä lisäksi tarpeen mukaan tärkeimmät alihankkijat ja muut asiantuntijat. Pienissä hankkeissa työmaakokouksia ei välttämättä pidetä, kun taas isommissa urakoissa saattaa olla useita kokouksia. [19, s. 13; 27, s. 20.]

Jakeluverkon toimintaympäristössä on myös tapana pitää erilaisia työmaakatselmuksia, jotka tapahtuvat yleensä urakan työkohteessa. Näissä käydään läpi ennalta sovitut asiat paikan päällä. Työmaakatselmuksia pidetään tarpeen mukaan työvaiheiden edistyttyä. [21.]

Kaapeliasennukset on tarkastettava asennuksien edetessä ja niiden valmistuttua ennen käyttöönottoa. Kaapeliojaan asennetusta kaapelista tarkistetaan soveltuvuus asennustapaan, asennussyvyys, -etäisyydet ja -alusta, suojaputket, asennuskourut ja noususuojat, kaapelin taivutussäde, kiinnitykset, läpiviennit, kaivujäljet ja pinnoitteet, lisäksi kytkentäasennuksia koskevat kaapelipäätteet, -jatkokset, liitokset, kosketussuojaus ja kaapelin merkinnät. [26, s. 27.]

3.7 Verkon dokumentointi

Uuden jakeluverkon dokumentointi tapahtuu Trimble NIS:in suunnitelmatietokantaan. Sovellukseen täytetään rakennetun verkon ominaisuustiedot mahdollisimman tarkasti. Ominaisuustiedot asennusvuosista, yksiköistä ja investointityypistä helpottaa vuosittaisessa Energiaviraston sähköverkon rakennetietoraportin täyttämässä. Digitointi tehdään työkohtaisten suunnitelmakuvien mukaisesti ja aloitetaan rakennusvaiheen loppupuolella. Huomioon on otettava suunnitelmiin mahdolliset muutokset mitä on jouduttu tekemään rakentamisen aikana. Digitoitu suunnitelma ajetaan Trimblen Master-tietokantaan, kun uuden verkon toimivuus suunnitelmassa on tarkastettu ja rakennusosuus on paikan päällä kohteessa. Toimivuuden tarkastaminen on tärkeää, sillä pienetkin virheet voivat vaikuttaa sovelluksessa tehtäviin kytkentöihin. Master-tietokanta on jakeluverkon päivitetyn verkkonäkymä kaikilla sovelluksen käyttäjillä, ja käytöntuki-järjestelmä Trimble DMS käyttää sitä reaaliaikaisesti. Tarkoituksena on pitää jakeluverkon näkymä järjestelmissä reaaliaikaisena KJ-verkon osalta yllättävien verkon vikatilanteiden takia.

3.8 Käyttöönotto

Saneeratun verkon käyttöönotto aiheuttaa yleensä katkoja, ellei käytettävissä ole varasyöttömahdollisuuksia. Varavoimalaitteita voidaan käyttää varasyöttömahdollisuutena katkoissa jotka kohdistuvat vain muutamalle sähkönkäyttäjälle. Tämänlaiset katkot ovat valmiiksi suunniteltuja katkoja ja ne suoritetaan Trimble DMS järjestelmän avulla (kuva 11). Kytchentilanteessa operaattori on valvomosta yhteydessä paikalliskytkentöjä suorittaviin sähköverkkoasentajiin. Katkojen ajankohdasta ja kestosta on lähetetty hyvissä ajoin ilmoitus siitä kohdistuville sähkönkäyttäjille.

Järjestys	ID	Aika	Tunnus	Toimenpide	Osoite	Huomautus	Toimenn
1	72922	28.02.2017 09:30:00	ME0956	AVAA	Huhdanojantie		
2	72923	28.02.2017 09:31:00	1~ EROTIN	AVAA (1-vaiheinen)			
3	72924	28.02.2017 09:32:00	Työmaadoitus2	KYTKE			
4	72925	28.02.2017 11:28:00	Työmaadoitus2	POISTA			
5	72926	28.02.2017 11:29:00	1~ EROTIN	SULJE (1-vaiheinen)			
6	72927	28.02.2017 11:30:00	ME0956	SULJE	Huhdanojantie		

Kuva 11. KytKentäohjelma suunnitelmalle katkole Trimble DMS järjestelmässä.

Sähköasennusten turvallisuus varmistetaan ennen käyttöönottoa tekemällä KTMp 517/96:n mukainen käyttöönottotarkastus, joka muodostuu silmämääräisestä tarkastuksesta ja mittauksista. Tarkastuksessa selvitetään riittävässä laajuudessa, että asennukset täyttävät sähköturvallisuuslain edellyttämän turvallisuustason. Suurimmalle osalle verkostoasennuksia ei tehdä muita tarkastuksia käyttöönottotarkastuksen lisäksi. Tarkastuksen tekeminen kuuluu asennuksen toteuttaneelle verkosto-urakoitsijalle, joten urakoitsijan tulee tuntea käyttöönottotarkastuksen sisältö ja laatia suorittamistaan tarkastuksista pöytäkirja sähkölaitteiston haltijan käyttöön. Sähkölaitteistoa ei saa ottaa käyttöön ennen kuin käyttöönottotarkastuksessa on selvitetty, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslaissa tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Sähkölaitteisto on otettu virallisesti käyttöön kun laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Mittauksiin liittyvät pöytäkirjat liitetään HeadPoweriin. [26, s. 28; 29, s.1.]

3.9 Takuu aika

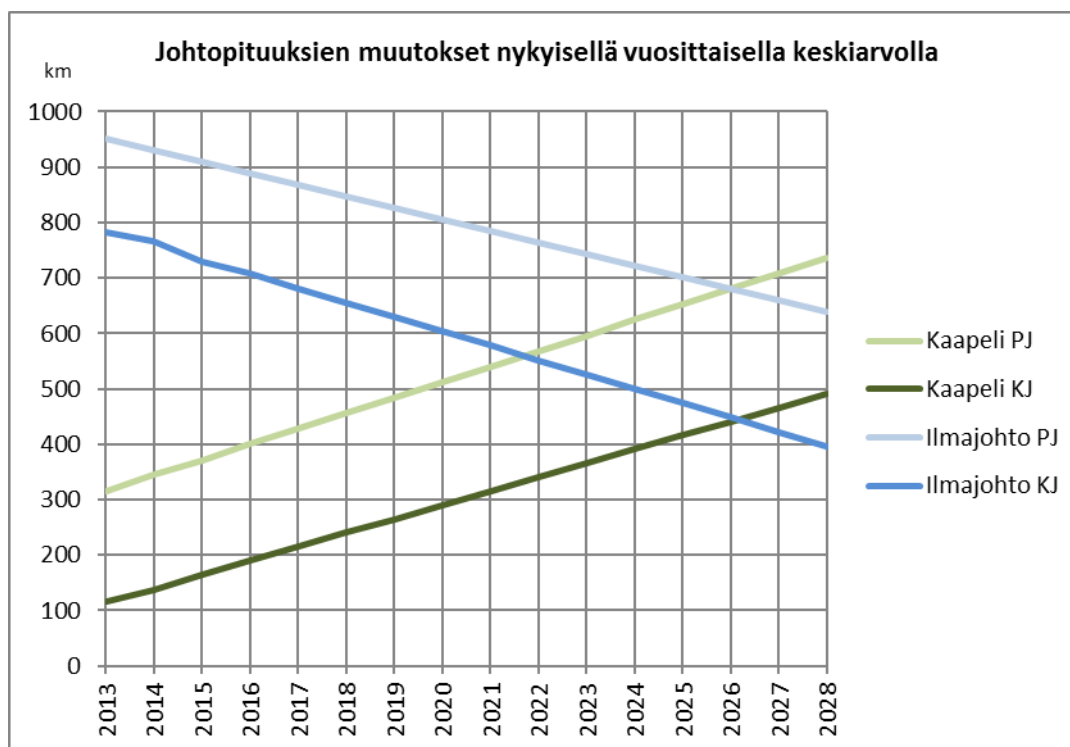
Takuu aikana urakoitsija vastaa sopimuksen mukaisuudesta työntuloksessa ilmenneiden virheiden korjauksesta. Ellei urakkasopimuksessa ole muuta määrätty, takuu aika on kaksi vuotta. Takuu aika koskee myös lisä- ja muutostöitä. Urakoitsija on velvollinen kustannuksellaan korjaamaan ne urakkasuorituksessaan takuu aikana ilmenneet virheet, joita urakoitsija ei näytä hänestä riippumattomasta syystä aiheutuneiksi esimerkiksi osoittamalla, että kyseessä on normaali kuluminen tai virheellisen käytön taikka tilaajan vastuulle kuuluvien huoltotoimenpiteiden laiminlyönnin aiheuttama vaurio. Virheet, jotka vaikuttavat käyttöön tai turvallisuuteen, on urakoitsijan viipymättä korjattava

tai poistettava. Takuu-aika alkaa päivänä, jolloin rakennuskohde otetaan käyttöön tai sen erikseen vastaanotettavaksi sovittu osa vastaanottotarkastuksessa hyväksytään vastaanotetuksi. Urakoitsija vastaa takuuajan jälkeenkin virheistä, jos kyseessä on törkeä laiminlyönti, täyttämättä jäänyt suoritus tai seurausta sovitun laadunvarmistuksen olennainen laiminlyönti. [15, s. 8.]

4 Verkon nykytila ja kehitystoimenpiteet

4.1 Verkon kehitys

Jakeluverkon sähkökäyttäjien energiantarve on kasvavaa ja siten riippuvaisempaa sähkön saannista. Säävarma jakeluverkko saadaan tehtyä tehokkaaksi korvaamalla nykyistä ilmajohtoverkkoa maakaapeloinnilla. KJ-kaapelia Nivos Energia Oy:n jakeluverkkoon kaivetaan keskimäärin vuodessa noin 25 km (kuva 12). Nykyinen maakaapeloinnin prosentuaalinen osuus jakeluverkossa on 27 %. Kaapeloinnin lisäksi tarkoituksena on saada nykyisen verkon keskeytysten kestot mahdollisimman lyhyiksi ja vähennettyä keskeytyksestä kärsivien sähkökäyttäjien määrää. Keskeytysten vika-alueet on saatava rajattua pienille alueille käyttämällä varasyöttömahdollisuuksia. Näihin ongelmiin apuna on verkostoautomaatiota. Keskeytysten määrään pystytään vaikuttamaan komponenttien kunnossapitotarkastuksilla ja raivaamalla kasvillisuutta ilmajohtoverkko-osuuksien johtokaduilta ja vierustoilta.



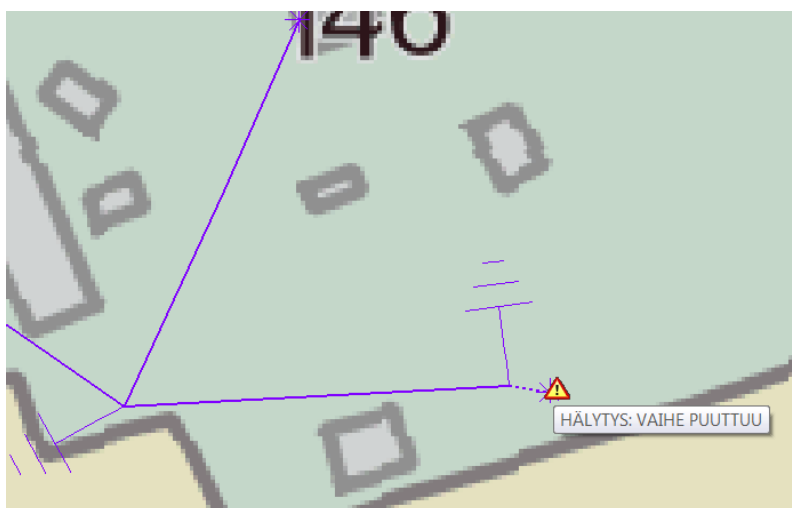
Kuva 12. Kuvaaja nykyisen vuosittaisen keskiarvon mukaisesti vuodelle 2028 asti maakaapeli-verkon kasvusta ja ilmajohtoverkon vähenemisestä.

Jakeluverkon kehityksessä on otettu kantaa kestävään kehitykseen, kyllästysainetta sisältävien jakelupylväiden määrä vähenee, puistomuuntamoiden rakenteet suojaavat muuntajien öljyhaitoilta, verkostoautomaatio vähentää autoilun tarvetta, johtoteiden tarkistuksia on suoritettu dronella helikopterin sijasta, nykyisten sähkömittarien avulla sähkökäyttäjät saavat monipuolisempaa tietoa sähkön kulutuksesta ja asiakkaita tiedotetaan jakeluverkon keskeytyksistä sähköisesti ennakoivasti ja niiden tapahtuessa.

Älykkäät verkot

Verkostoautomaatio on lisääntynyt voimakkaasti jakeluverkossa. Automaatio on toimivaa ja tehokasta vika-alueiden rajaamisessa keskijänniteverkon häiriötilanteissa. FLIR pystyy rajaamaan ja hoitamaan väliaikaiset jakeluverkon viat itsenäisesti. Kauko-ohjattavia erotinasemia ja näihin kuuluvia vianilmaisimia lisätään jatkuvasti. Jakelu-alue-eräjä saadaan näin lyhkäisemmiksi, vahvistetaan varasyöttömahdollisuuksia ja ennakoidaan häiriötilanteiden syntymistä. Eräälle teollisuuskohteelle on tulossa 20 kV kojeistoon automaattinen syötönvaihto, mikä jakeluverkon häiriötilanteen sattuessa osaa vaihtaa syötön muutamassa sekunnissa toiseen syöttöön.

Jokaisen sähkökäyttäjän sähkömittari on etäluettava. Etäluettavia mittarit ovat yhteydessä Trimble DMS käytöntukijärjestelmään. AMR (Automatic meter reading) avulla sähkökäyttäjälle sattuneesta jakeluverkon viasta saadaan vikailmoitus Trimble DMS:ään (kuva 13), josta tietynlaiset viat ehditään korjata ennen kuin sähkökäyttäjä huomaakaan sitä. Päivystyspalveluun ilmoitetut häiriötilanteet listataan myös sovellukseen, vikailmoituksesta saadaan näkyviin sijainti ja siihen kuvailtu häiriö.



Kuva 13. Sähkömittarin vikailmoitus Trimble DMS sovelluksessa.

Maasulkuvirran kasvu

Maakaapeli aiheuttaa ilmajohtoja enemmän maasulkuvirtaa, loistehon kasvua ja tällöin vaikuttaa myös jakeluverkkoon syötettyyn jännitteeseen. Avojohtoverkon tapauksessa maasulkuvirran suuruus on keskimäärin 0,067 A / km, kun taas maakaapelin tyypistä riippuen se on 2,7 – 4 A / km [1, s. 186]. Jakeluverkon kaapeloinnin lisääntyessä kapasitiivista maasulkuvirtaa ja loistehoa on kompensoitava käyttäen keskitettyä ja hajautettua kompensointia. Hajautettu kompensointi on otettava erityisesti huomioon maaseutujen kaapeloinnissa, sillä johtolähtöjen KJ-puolen kokonaispituudet ovat pitkiä.

Keskitetty kompensointi toteutetaan sähköasemalle ja vaikutetaan sen syötettäviin johtolähtöihin. Kompensoidussa verkossa verkon maasulkuvirtaa kompensoidaan verkon tähtipisteeseen kytketyn kuristimen avulla. Kompensointikuristin on kytketty sähköasemalla sijaitsevaan maadoitusmuuntajaan. Jakeluverkkoa ei saa käyttää ylikompensoituna taikka alikompensoituna. Alikompensoidussa verkossa kompensointikuristimen virran kapasiteetti on ylitetty, jolloin suojalaitteet havaitsevat verkossa maasulkuvirran

ylitystä ja aiheuttavat pikajälleenkytkentöjä ja aikajälleenkytkentöjä. Vuonna 2016 uusimmalle sähköasemalle Kapuliin investoitiin 3 Mvar:n kompensointireaktori, ja kahdella muulla sähköasemalla on kompensointireaktorin suunnitelmat käynnissä. Kompensointireaktorin tarkoituksena on kuluttaa sähköasemalta syötettävän verkon loistehoa, rajoittamaan oikosulkuvirtoja ja pienentämään kompensointiyksiköiden kytkennästä seuraavia ylijännitteitä. [30, s. 7.]

Hajautettu kompensointi toteutetaan eri johtolähtöjen johto-osuuksille sijoitettavilla kompensointikuristimilla. Kompensointikuristimet mitoitetaan ja sijoitetaan siten, että kuristimen virta vastaa enintään edeltävän johto-osuuden kompensoimatonta maasulkuvirtaa. Puistomuuntamoissa sijaitsevia sammutusmuuntajan ja 5 A:n kompensointikuristimen yhdistelmiä on asennettu jakelualueelle kahden vuoden sisällä kuusi kappaletta (kuva 14). Tyypillisesti hajautetun kompensoinnin yhteydessä vain osa verkon maasulkuvirrasta kompensoidaan. Hajautetun kompensoinnin lisääntyessä on erityistä huomiota kiinnitettävä tilanteisiin, jossa kytkentämuutoksissa tai muista syistä johtuen verkko tulee ylikompensoiduksi. Tällöin normaali releistys ei toimi oikein. [30, s. 7.]



Kuva 14. Sammutusmuuntaja on rakenteeltaan samanlainen kuin jakelumuuntaja.

Kustannukset verkostourakoissa

Kaapelointien lisääntyminen muuttaa verkonrakennuksen painopistettä enemmän maarakennusvoittoiseksi. Maarakennusurakoitsijan osuus koko kaapelointityömaan kustannuksista on noin 80 % ilman tarvikkeita. Verkostotöiden kokonaiskustannukset vaihtelevat 100 000–300 000 € välillä. Kustannuksiin suurimpia vaikuttavia tekijöitä on sen alueen asutuskeskittyminen, maantiede ja maaperä. Haja-asutusalueelle on osin vaivampi rakentaa verkkoa kuin taajama-alueelle ja mahdollista asentaa kevyempi rakenteisia pikkukoppimuuntamoita. Vilkasliikenteisen tiealueen vierustaan rakentamiseen vaaditaan selvityksiä ja lisäksi tarvitaan tien ohjaussuunnitelmia rakentamisen ajaksi.

Verkostourakan kustannustehokkuutta voidaan verrata siten, että urakan kokonaiskustannuksia verrataan Energiaviraston määrittämien verkostokomponenttien yksikköhintojen kokonaissummaan. Energiavirasto on määritellyt yksikköhintaluettelon verkostokomponenteille Suomen keskimääräisten kustannuksien perusteella yksittäiselle komponentille, mihin sisältyvät sen työsuorite, työkohtainen suunnittelu, asennustarvikkeet, varusteet, korvaukset ja mahdolliset lisä- ja suojalaitteista. Jakeluverkkoyhtiöiden verkon jälleenhankinta-arvot ja nykykäyttöarvot määritellään myös näiden yksikköhintojen avulla.

Pien- ja mikrotuotanto

Pientuotanto on kehittyvää ja sen käyttö on yleistymässä. Pienimuotoiseksi sähköntuotannoksi määritellään sähkömarkkinalaissa (588/2013) nimellisteholtaan alle 2 MVA:n kokoiset tuotantolaitokset. Sähköä tuotetaan pienimuotoisesti yleisimmin aurinkoenergialla, tuulivoimalla ja pienvesivoimalla. Mikrotuotannolla tarkoitetaan pienjänniteverkkoon kulutuskohteen yhteyteen kytkettyä sähköntuotantolaitosta, jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa sähköä kulutuskohteeseen. Tehorajana mikrotuotantolaitoksille pidetään yleisesti 100 kVA:a, mutta tyyppillisesti laitteistojen teho on muutamista kilowatteista muutama kymmeniin kilowatteihin. Mikrotuotantolaitoksista aurinkopaneelien hankinta jakelualueella on kasvussa.

4.2 Palvelut

Nivos Energian Oy:n jakeluverkkotoiminta muodostuu urakointikohteista, vikatöistä, suunnittelusta, tonttikeskuksien ja liittymiskaapeleiden asennuksista sekä tievalojen rakentamisesta. Ulkopuolisilta yrityksiltä hankitaan urakointi-, suunnittelu-, kunnossapito-, maarakennuspalveluita ja kaukokäyttölaitteisiin liittyvä ohjelmointi. Vikapalveluja hankitaan myös ulkopuolisilta, jos kyseessä on useita myrskyn aiheuttamia vikoja. Maakaapeleihin liittyviä vikoja ei toistaiseksi ole havaittu ja tapahtuessa niihin on otettava mukaan urakoitsija, jolla on oikeanlaiset laitteet vianpaikantamiseen.

Rakentamisen laadulla on tärkeä osuus uuden jakeluverkon rakennuttamisessa. Jotta saavutetaan verkon komponenttien halutut pitkät käyttöiät, pitää niiden asennusvaihe tehdä oikein ja noudattaen määräyksiä. Maakaapeliverkkoon liittyvien vikojen korjaaminen ovat ilmajohtoverkon vikoihin verrattuna hitaampaa ja kalliimpaa. Lisäämällä kustannuksia rakentamisen laadunvalvontaan voidaan ennaltaehkäistä vianaiheuttajia tulevaisuudessa. Laadunvalvonnan avulla rakentamisen aikaiset tarkastukset lisääntyvät ja varmistetaan kaapelireiitit. Laadunvalvontaa hankitaan ulkopuolisesti. Jakeluverkon rakennuttamisen laadunvalvontapalvelut ovat kokeilussa muutamalla vuoden 2017 verkostourakkakohteella. Sähkö tarkastajan työaikaiselle laadunvalvonnalle löytyy omat digitaaliset pöytäkirjat työkohteen liitteistä Headpowerin palveluissa.

Yhteistyö urakoitsijoiden ja muiden verkostoalojen kanssa on kannattavaa. Nivos konserni on tässä hyvässä asemassa, koska yritykselle kuuluu jakelualueen sähkö-, energia-, vesi-, osittain televerkot sekä Mäntsälän kunnan tievalaistuksen ylläpito. Jakeluverkkourakoitsijoiden kanssa on tehty vuosisopimuksia rakentamisesta. Tämä johtaa pitkiin kumppanuuksiin ja näin saavutetaan kustannussäästöjä, laadukasta rakentamista ja vältetään rakentamisen riskejä.

Verkkoinfrastruktuurin yhteisrakentamista ja -käyttöä (276/2016) koskevan lain tultua Viestintävirasto kehitti hankkeen yhteisrakentamista edistävästä palvelusta. Verkkotietopiste palvelu on otettu käyttöön tänä vuonna. Palvelun tavoitteena on vähentää verkkoinfrastruktuurin rakennuskustannuksia ja ennaltaehkäistä vika- ja häiriötilanteita. Verkkosivuston kautta verkkotoimijat saavat tietoa nykyisestä verkosta ja tulevista rakennushankkeista ja rakennuslupa menettelyistä alueella. Tietojen jakamisella tehostetaan verkkotoimijoiden yhteiskäyttöä ja tuetaan hankkeiden yhdistämistä.

4.3 Digitalisaatio

Trimble Utility To Go-palvelu mahdollistaa verkonhaltijan jakeluverkon reaaliaikaisen näkyvyyden selainsovelluksessa mobiililaitteessa tai kannettavassa laitteessa. Palvelu otettiin käyttöön vuoden 2016 loppupuolella ja siitä on ollut jo apua myrskyn aiheuttamissa keskeytyksissä. Sovellus on kätevä asentajille verkkojen vikojen hoidossa, verkon rakennus- ja purkutöissä. Mobiililaite korvaa paperikartan kenttätyössä, minkä avulla vähennetään valmistelutöitä ja saadaan parempi työryhmien koordinointi. Sovelluksesta pystyy myös jakamaan GPS-sijainnin asennusryhmästä, minkä avulla esimerkiksi saadaan nopeasti tieto jakeluverkon vian sijainnista.

Sähkönkäyttäjien sähköntarpeen lisääntyessä vaatimukset sähkönjakelun toimitusvarmuudesta ja energiapalveluista kasvavat. Asiakkaita varten on lisätty parempaa ja monipuolisempaa tiedottamista. Jakeluverkon reaaliaikainen tilannekartta löytyy verkkoyhtiön nettisivuilta, sieltä saa selville häiriön laajuuden ja verkonhaltijan suunniteltujen katkojen ajankohdat. KJ-verkon keskeytyksistä ja suunnitelluista keskeytyksistä lähtee automaattisesti asiakkaille ilmoitus puhelinumeroon tai sähköpostiin. Asiakkailta on käytettävissä palvelu, josta he saavat tietoa oman liittymän sähkönkäytöstä.

5 Yhteenveto

Tulevaisuuden sähkönjakeluverkolta odotetaan nykyverkkoja parempaa toimintavarmuutta. Verkkojen toimintavarmuuden parantamiseen tarvitaan investointeja. Investointien lisääntyminen vaikuttaa sähkön siirtohintoihin ja verkkoliiketoiminnan kustannustehokkuusvaatimuksiin. Verkostotöiden tarve lisää rakennuttamisen laatuvaatimuksia ja kilpailutusta urakointiyriyten välillä.

Keskijänniteverkko on tällä hetkellä jakeluverkon haavoittuvin osa. Kaikki ilmajohtorakenteet ovat alttiita säästä aiheutuville häiriöille, kuten myrskyille ja ukkosille. Ilmastomuutoksen vaikutuksena ilmastollisten rasitusten kasvun ennustetaan lisääntyvän. Ilmaston säävaikutuksia on seurattava ja yllättäviin sään muutostilanteisiin on varauduttava. Lämpötilan noustessa komponenttien jäähdytystarve nousee. Mitä jakeluverkoautomaation toiminnalle tapahtuu, kun myrskystä aiheutuu useita keskeytyksiä samanaikaisesti eri puolilla jakelualueita? Nykyisen älykkään jakeluverkon varsinaista luotettavuutta ei voida todeta vasta kuin keskeytystilanteissa.

Säävarman jakeluverkon rakentamisen investointitarpeiden odotetaan vaikuttavan kaapelien ja kaapelointitekniikan kehittymiseen ja siten myös niiden kustannusten laskuun. Maakaapeleille ominaisten pitkien viankorjausaikojen takia kaapeliosuuksille tulisi varmentaa rengasyhteyksiä. Maakaapeliverkon rakentamisen laatu on varmistettava, sillä maakaapeleille ei ole mahdollista suorittaa jälkitarkastuksia kaivun täyttämisen jälkeen. Keskijänniteverkon kaapelointi kasvattaa huomattavasti maasulkuvirtoja ja loistehoa, mikä lisää keskitetyn ja hajautetun kompensoinnin uusia menetelmiä. Hajautettu kompensoinnin lisääntyminen on otettava huomioon jakeluverkon rakentamisen suunnitteluvaiheissa ja verkolle tehtävissä ohjaustilanteissa.

Tulevaisuuteen liittyy uusia epävarmuustekijöitä, kuten hajautetun sähköntuotannon mahdollinen voimakas yleistyminen tai sähköautojen yleistyessä latauspisteiden lisääntyminen.

Lähteet

- 1 Lakervi, Erkki & Partanen, Jarmo. 2009. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudamus Helsinki / Otatieto.
- 2 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 4 Verkoston suunnittelu ja rakentamisohjeet.
- 3 Gaia Consulting Oy. 2016. Uudet teknologiat ja toimintatavat –KV11 tutkimus- ja kehityshanke. Julkinen loppuraportti. Helsinki.
- 4 Sähkömarkkinalaki. 2013. Verkkodokumentti. Finlex.
<<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>> Luettu 20.2.2017.
- 5 Sähköverkot. 2017. Verkkodokumentti. Energiavirasto Oy.
<<http://www.energiavirasto.fi/sahkoverkot>> Luettu 20.2.2017.
- 6 Heikkilä, Tuukka. 2014. Sähköverkon toimitusvarmuuteen liittyvien valvontamenetelmien kehittäminen. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.
- 7 Ohje investointien jaottelu 2012. Verkkodokumentti. Energiavirasto Oy.
<https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Ohje_Investointien+jaottelu_2012.pdf/e90bc810-221e-45f6-9147-b4a5cf18053d> Luettu 22.2.2017.
- 8 Keskeytystilasto 2015. 2016. Verkkodokumentti. Energiateollisuus Ry.
<http://energia.fi/files/1334/Keskeytystilasto_2015.pdf > Luettu 13.3.2017.
- 9 Martikainen, Antti. 2006. Ilmastonmuutoksen vaikutus sähköverkkoliiketoimintaan. VTT. Espoo.
- 10 Trimble NIS sähköverkoille. 2017. Verkkodokumentti. Trimble.
<<http://utilities.trimble.fi/trimble-nis-sahkoverkoille.html>> Luettu 22.2.2017
- 11 Netcon 3000. 2017. Verkkodokumentti. Netcontrol.
<<https://www.netcontrol.com/fin/tuotteet/valvomot/netcon-3000/>> Luettu 23.2.2017
- 12 What is SCADA. 2017. Verkkodokumentti. Inductive Automation.
<<https://inductiveautomation.com/what-is-scada>> Luettu 23.2.2017
- 13 Ratkaisumallit sähköverkostoihin. 2017. Verkkodokumentti. HeadPower.
<<http://www.headpower.fi/ratkaisumallit/sahkoverkostoihin/>> Luettu 1.3.2017
- 14 Sähkötieto Ry. 2014. ST-KÄSIKIRJA 38. Espoo.

- 15 Rakennustieto Oy. 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. YSE 1998. RT-ohjekortti, RT 16-10660.
- 16 Friman, Pasi. Suunnittelupäällikkö, Nivos Energia Oy. Mäntsälä. Haastattelu. 18.3.2017.
- 17 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 5.1 Tarjouspyyntö ja tarjousvaihe.
- 18 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 5.2 Urakkasopimusvaihe.
- 19 Verkstosuositus. RU käyttöohje 12. 2012. Helsinki. Verkkodokumentti. Energia-teollisuus Ry.
<http://www.adata.fi/portals/2/attachments/Sahkoverkosto/RU_kayttoohje_12.pdf> Luettu 1.3.2017
- 20 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 5.3 Työn aloitusvaihe.
- 21 Kareinen, Jouni. Rakentamispäällikkö, Nivos Energia Oy. Mäntsälä. Haastattelu 22.3.2017.
- 22 Rajala, Markus. 2012. Kokonaisvastuurakentaminen sähköverkkoliiketoiminnassa. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 23 Rakennustyö ja yhteinen rakennustyömaa. 2014. Verkkodokumentti. Työsuojeluhallinto.
<<https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/478411/Rakennusty%C3%B6+ja+yhteinen+rakennusty%C3%B6maa+-muistio/fa759677-b231-4398-b5f6-6866e194a2ac>> Luettu 28.2.2017.
- 24 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 4 Verkoston suunnittelu ja rakentamishjeet.
- 25 Liikenneviraston ohjeita. Sähkö- ja telejohdot ja maantiet 2015. Verkkodokumentti. Liikennevirasto.
<http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_22_2015_sahko_ja_telejohdot_ja_maantiet_080715_web.pdf> Luettu 13.3.2017.
- 26 Energiateollisuus Ry, Verkstosuositus. RK 1:14. Maakaapeliverkon rakentamisen vaatimukset 0,4 – 45 kV.
- 27 Huupponen, Mikko. 2012. Maastosuunnittelun tilaaja-tuottajamalli. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 28 Energiateollisuus Ry. Verkstosuositus TJ 4:05. Toiminta ilmajohdon purkutöissä.
- 29 Sähköinfo Oy. 2012. Verkstourakointikansio. 12.2 Käyttöönottotarkastukset.

- 30 ABB Oy. TTT-käsikirja 2000-07. Verkkodokumentti.
<http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/08_0_Maasulkusuojaus.pdf>
Luettu 19.4.2017.