

Janne Lehtosaari

**SÄHKÖNJAKELUVERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMAN
SUUNNITTELUKRITEERIEIN TARKENTAMINEN**

SÄHKÖNJAKELUVERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMAN SUUNNITTELUKRITEERIEIN TARKENTAMINEN

Janne Lehtosaari
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Energiatekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Janne Lehtosaari

Opinnäytetyön nimi: Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelman suunnittelukriteerien tarkentaminen

Työn ohjaajat: Esa Pakonen ja Hannu Hietala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 52+1

Sähkömarkkinalaki edellyttää, että vuoden 2028 loppuun mennessä myrskyn tai lumikuorman aiheuttaman vian sattuessa sähköt tulisi saada palautettua kuudessa tunnissa kaikilla asemakaava-alueilla ja 36 tunnissa muilla alueilla. Sähkönjakeluverkkoyhtiöiden on toimitettava Energiavirastolle sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelma kahden vuoden välein. Työn tavoitteena oli tarkentaa Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelman suunnittelukriteereitä ja niiden toteutumista jakeluverkon eri osissa. Kehittämissuunnitelmien oleelliset tiedot oli tarkoitus yhtenäistää kokonaisuudeksi, jota pystyttäisiin hyödyntämään tehokkaasti toiminnassa. Työn tilaajana oli Haukiputaan Sähköosuuskunta.

Työssä hyödynnettiin aiemmin tehtyjä kehittämissuunnitelmia sekä verkkotietojärjestelmästä saatuja raportteja. Työhön liittyvät Energiaviraston ja Haukiputaan Sähköosuuskunnan kehittämissuunnitelmille asettamat vaatimukset kartoitettiin ja selvitettiin toimitusvarmuuden kannalta oleelliset tiedot jakeluverkon nykytilasta. Lisäksi tutkittiin, miltä osin suunnittelukriteerien tavoitteet on saavutettu sekä millä osa-alueilla tarvitaan toimenpiteitä.

Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähkönjakeluverkon toimitusvarmuuden havaittiin olevan hyvällä tasolla. Haukiputaan suurimmille asemakaava-alueille saatiin selville vaadittavat toimenpiteet, joilla saavutetaan säävarma sähkötoimitus. Lisäksi määritettiin kaikille alueille Energiaviraston määräaikojen mukainen toteutusjärjestys. Työn sisältöä voidaan hyödyntää uusia kehittämissuunnitelmia laadittaessa.

Asiasanat: sähkönjakeluverkon kehittäminen, sähkön toimitusvarmuus, sähkömarkkinalaki, energiaviraston vaatimukset

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Energy Technology

Author: Janne Lehtosaari

Title of thesis: Specifying Electricity Distribution Network's Planning Criteria

Supervisors: Esa Pakonen and Hannu Hietala

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017 Pages: 52 + 1

The electricity market act demands that by the end of 2028 in the situation of a fault caused by a storm or snow load electricity should be restored in six hours in all zoned areas and in 36 hours in other areas. Electricity distribution network companies have to supply electricity distribution network development plan to the Energy authority every two years. The aim of this project was to define planning criteria for development plan for Haukiputaan Sähkösuuskunta. Development plan's relevant information was standardized so it could be utilized effectively. The commissioner was Haukiputaan Sähkösuuskunta.

Earlier development plans as well as reports from the network database were utilized in this project. Relevant information of the current state of the distribution network was examined. It was also examined on what extend the planning criteria have been achieved and what actions are still needed.

The delivery reability in Haukiputaan Sähkösuuskunta power grid was found to be at a good level. The required actions in the largest zone areas in Haukipudas were found out in order to achieve weatherproof supply of electricity. In addition to this the order of implementation in accordance with the time limits were defined for all areas. Haukiputaan Sähkösuuskunta can use the content of this work for drawing up new development plans.

Keywords: electricity reliability of delivery, electricity market law, energy authority demands

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Haukiputaan Sähköosuuskunnan toimeksi antamasta aiheesta. Työn ohjaajina ovat toimineet lehtori Esa Pakonen ja toimitusjohtaja Hannu Hietala. Haluan kiittää heitä molempia työni ohjauksesta ja saamastani palautteesta opinnäytetyöni aikana. Haluan myös osoittaa kiitokseni Juha Sipolalle ja Matti Hannukselle HSO:n verkkotietojärjestelmän raportointiominaisuuksiin saamastani opastuksesta.

Oulussa 22.3.2017

Janne Lehtosaari

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYSLUETTELO	6
1 JOHDANTO	9
2 HAUKIPUTAAN SÄHKÖOSUUSKUNNAN SÄHKÖNJAKELUVERKKO 2015	11
3 SÄHKÖNJAKELUN HÄIRIÖTILANTEET	14
3.1 Toimintatapa häiriötilanteessa	14
3.2 ”Asta-myrsky” kesällä 2012	15
4 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VAATIMUKSET	16
4.1 Sähkömarkkinalaki	16
4.2 Energiaviraston määräys kehittämissuunnitelmasta	17
4.3 Vakiokorvaukset keskeytyksistä	19
5 SÄHKÖNJAKELUVERKON TOIMITUSVARMUUS	21
5.1 Säävarma sähköjakeluverkko	22
5.2 Toimitusvarmuuden parantaminen	23
5.3 Toimitusvarmuuskriteeristön tavoitetasot	27
6 KESKEYTYKSET SÄHKÖNJAKELUVERKOSSA	28
6.1 Keskeytysten luokittelu	28
6.2 Keskeytyksistä aiheutuva haitta (KAH)	28
6.3 Jakeluverkkojen keskeytysten tilastointi	29
7 HAUKIPUTAAN SÄHKÖOSUUSKUNNAN SÄHKÖNJAKELUVERKON TOIMITUSVARMUUDEN NYKYTILA	31
7.1 Haukiputaan asuinalueet	33
7.2 Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähköasemat	35
7.2.1 Haukiputaan sähköasema	36
7.2.2 Kellon sähköasema	37
7.2.3 Häyryseniemen sähköasema	37
8 SUUNNITTELUKRITEERIEEN TARKENTAMINEN	39
8.1 Suunnittelukriteerien tarkentamisen lähtökohdat	39
8.2 Suunnittelukriteerien toteutuminen asemakaava-alueilla	40

8.2.1 Asemakaava-alue 1: Kellon Kiviniemi	40
8.2.2 Asemakaava-alue 2: Haukiputaan keskusta	41
8.2.3 Asemakaava-alue 3: Martinniemi	43
8.3 Suunnittelukriteerien toteutuminen asemakaavan ulkopuolisilla alueilla	44
8.4 Toimenpiteet suunnittelukriteerien toteuttamiseen	45
9 KEHITTÄMISSUUNNITELMIEN RAPORTOINNIN HALLINTA	47
9.1 Verkkotietojärjestelmä DMS 600	47
9.2 Raportoinnin kehittäminen	47
10 POHDINTA	49
LÄHTEET	50

Liite 1 Rakennukset ja asunnot 2015

SANASTO

AJK	Aikajälleenkytkentä
AMKA	Riippukierrekaapeli pienjänniteverkossa (ilmajohto)
AXMK	Maakaapeli pienjänniteverkossa
DMS	Distribution Management System
EV	Energiavirasto
HSO	Haukiputaan Sähköosuuskunta
KAH	Keskeytyksestä aiheutunut haitta
KJ	Keskijännite
PAS	Päällystetty keskijänniteilmajohto
PJ	Pienjännite
PJK	Pikajälleenkytkentä
SML	Sähkömarkkinalaki
SQL	Structured Query Language
VTJ	Verkkotietojärjestelmä

1 JOHDANTO

Jakeluverkkoyhtiöiden tulee toimittaa kahden vuoden välein Energiavirastolle sähköjakeluverkon kehittämissuunnitelma. Suunnitelman tulee sisältää sekä strategiset valinnat että yksityiskohtaiset toimenpiteet, joilla jakeluverkon haltija parantaa jakeluverkkonsa toimitusvarmuutta ja luotettavuutta. Sähkömarkkina-lain mukaan vuoden 2028 loppuun mennessä sähkökäyttäjän kokema sähkön-jakelun keskeytys, joka aiheutuu myrskystä tai lumikuormasta, ei saa kestää yli kuutta tuntia asemakaava-alueilla eikä 36 tuntia muilla alueilla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkentaa Haukiputaan Sähköosuuskunnan säh-könjakeluverkon kehittämissuunnitelman suunnittelukriteereitä ja toiminnallista-misen periaatteita. Työn tarkoituksena on laatia perusta toimintamenetelmälle, jolla helpotetaan tulevaisuuden kehittämissuunnitelmien hallinnointia sekä niiden aiheuttamia toimenpiteitä. Jatkossa toimeksiantajan verkostosuunnittelijat voivat hyödyntää opinnäytetyön tuloksia laatiessaan uusia kehittämissuunnitelmia.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Haukiputaan Sähköosuuskunta (HSO). Hauki-putaan Sähköosuuskunta harjoittaa sähkönjakeluverkkoliiketoimintaa Oulussa Haukiputaan ja Kellon kaupunginosissa. HSO on ollut vuodesta 2003 lähtien osakkaana Oulun Sähkönmyynti Oy:ssä. Oulun Sähkönmyynti Oy on toimitusvel-vollinen sähkönmyyjä osakasyhtiöidensä toimialueilla. (Haukiputaan Säh-köosuuskunta 2015, 4.)

Haukiputaan Sähköosuuskunnan liikevaihto vuonna 2015 oli 4,1 miljoonaa eu-roa. Samana vuonna HSO sijoittui sähkönsiirtohinnoissa Suomen 15 edullisim-man jakeluverkkoyhtiön joukkoon sekä saavutti samalla ylijäämäisen tuloksen. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 5.)

Haukiputaan Sähköosuuskunnan toimialueella on noin 19 000 asukasta. Osuus-kunta työllistää päätoimisesti 22 henkilöä. Kohta likimain 100 vuotta toimineen Haukiputaan Sähköosuuskunnan nykyinen toimialue saatiin käyttöön vuonna 1980, kun Kellon Sähköosuuskunta yhdistyi Haukiputaan Sähköosuuskunnan kanssa. Osuuskunnassa on jäseniä noin 5900. HSO edustaa niin sanottua en-simmäisen asteen osuuskuntaa, jonka muodostavat asiakkaat eli henkilöjäsenet.

Ylin päätävävalta on osuuskuntakokouksella. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 4.)

Kuluttajaosuuskunnan perustarkoituksena on tuottaa jäsenilleen edullisia palveluita sekä tehdä kannattavaa liiketoimintaa. Kertyneillä voitoilla kehitetään liiketoimintoja eikä niitä tulouteta osuuskunnan ulkopuolelle. Viime vuosina etu on näkynyt asiakkaille suoraan edullisena siirtohintana. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 4.)

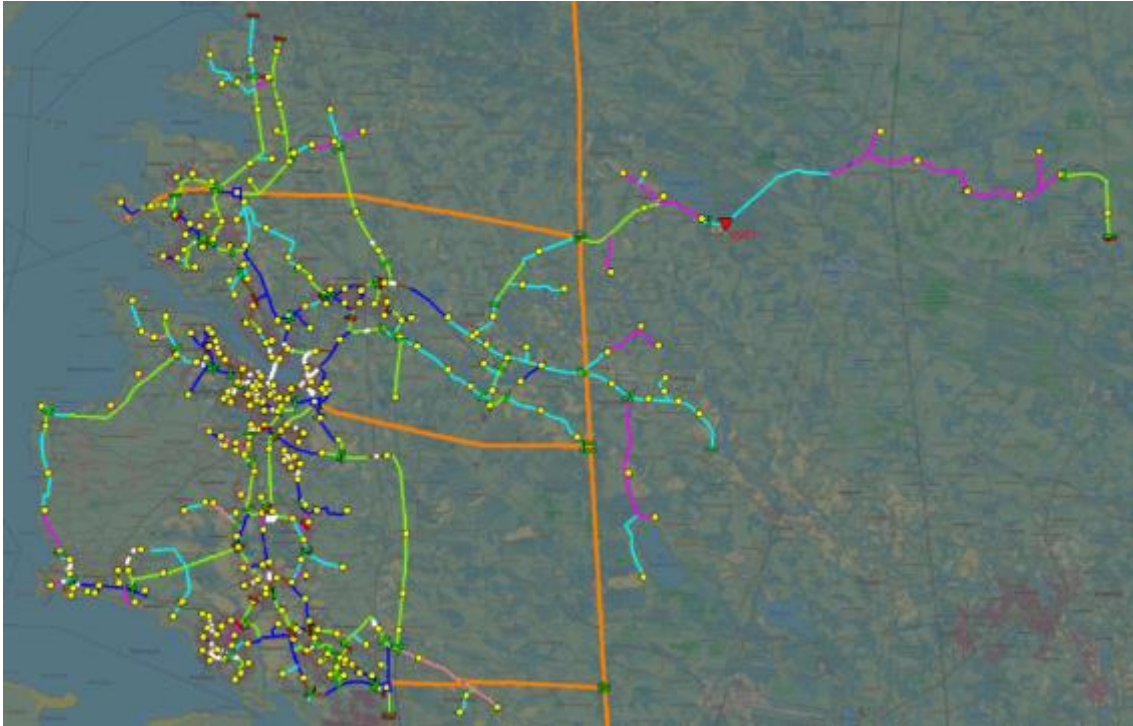
2 HAUKIPUTAAN SÄHKÖOSUUSKUNNAN SÄHKÖNJAKELU- VERKKO 2015

Suomen voimajärjestelmän muodostavat voimalaitokset, kantaverkko, suurjännitteiset jakeluverkot, jakeluverkot sekä sähkön kuluttajat (Fingrid 2016). Tällä hetkellä jakelusiirrosta vastaa Suomessa 90 verkonhaltijaa (Elovaara – Haarla 2011, 61). Sähkönjakelujärjestelmä koostuu alueverkoista (110 kV ja 45 kV), sähköasemista (110/20 kV, 45/20 kV), keskijänniteverkosta (KJ, 20 kV), jakelumuuntamoista (20/0,4 kV) ja pienjänniteverkosta (PJ, 0,4 kV). Tässä työssä keskitytään pääosin KJ- ja PJ-verkkojen suunnittelukriteerien parantamiseen. Valtaosa jakeluverkoista on ilmajohtoverkkoa. Keskijänniteverkon ilmajohtoista suurin osa on rakennettu avojohtoina. Pienjänniteverkoissa käytetään AMKA-rakennetta ilmajohtoissa tai AXMK-maakaapelia maakaapeliverkossa. (Lakervi – Partanen 2008, 11.)

Keskijänniteverkko on rakennettu pääosiltaan silmukoiduksi kokonaisuudeksi, mutta sitä käytetään säteittäisenä. Jakorajoina käytetään tyypillisesti joko käsin tai kauko-ohjattavia erottimia. Silmukoinnin merkitys korostuu verkon käyttövarmuudessa erilaisissa vika- ja huoltotilanteissa. Silmukoidussa rakenteessa voidaan vikaantunut johto-osa rajoittaa yhteen erotinväliin. Haukiputaan Sähköosuuskunnan jakeluverkossa on hyvä tilanne rengasrakenteisessa verkossa ja erottimien määrässä. Erityisesti taajamissa, kun rakennetaan KJ-kaapeliverkkoa jakelumuuntamoille, pyritään siihen, että jokaista jakelumuuntajaa syöttäisi vähintään kaksi keskijännitesyöttöä. Maakaapeliverkon viankorjaus on luonnollisesti hidasta, jolloin rengassyöttöjen rakentaminen on usein kannattavampaa tehdä maakaapeliverkkoon kuin ilmajohtoverkkoon. (Lakervi – Partanen 2008, 13.)

Pienen tehotiheyden haja-asutusseuduilla, kuten asumattomien seutujen reunoilla, johdot rakennetaan yleensä säteittäiseksi. Tällaisten olosuhteiden vallitessa sähkönsyötön varmistavien rengasyhteyksien rakentamisen kustannukset tulisivat useassa tapauksessa suuremmiksi kuin sähkönjakelun keskeytyskustannusten vähenemisestä saatava hyöty. (Lakervi – Partanen 2008, 13.)

Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähkönjakeluverkko koostuu 110 kV:n, 20 kV:n ja 0,4 kV:n verkoista. Kuvassa 1 jakeluverkkoalueen 110 kV:n verkko on paksulla oranssilla värityksellä ja muut ovat 20 kV:n verkkoa.



KUVA 1. Haukiputaan Sähköosuuskunnan jakeluverkkoalue (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2016b)

Numeerisia verkkotietoja on esitetty tarkemmin taulukoissa 1 ja 2. Sähköasemia on 3 kappaletta. Siirretty energiamäärä oli 140,5 GWh (taulukko 3). Jakeluverkkoalueen huipputeho oli 36,5 MW. Maakaapelointiaste 20 kV:n verkossa oli 18 % ja 0,4 kV:n verkossa liittymisjohdot pois lukien 50 %. Keskustan itäpuolella Kii-minkijoen eteläpuolella Ukonkaivoksen alueella saatiin maakaapelointityöt valmiiksi, jonka seurauksena yli 1000 käyttöpaikkaa saatiin toimitusvarmuusvaatimusten mukaisiksi. Haukiputaan Sähköosuuskunnalle sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelma tarkoittaa noin 12 miljoonan euron investointitarvetta sähköverkon perusparannukseen vuosina 2014–2028. Keski-jänniteverkosta aiheutuneiden keskeytysten määrä oli 20 minuuttia asiakasta kohden. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 5.)

TAULUKKO 1. Alueverkko (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 20)

Johtoväli	Pituus [km]
Onkamo - Martinniemi	11,9
Kortesuo - Haapasuo	7,2
Nurmesoja - Kello	5,7
Yhteensä	24,8

TAULUKKO 2. Jakeluverkko 2015 (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 20)

Johtotyyppi	Pituus [km]
20 kV avojohdo	159,06
20 kV PAS-johdo	50,72
20 kV ilmakaapeli	0,09
20 kV maakaapeli	44,53
20 kV johdo yhteensä	254,40
0,4 kV johdo yhteensä *	692,88
Yhteensä	947,28

* Liittymiskaapelit mukana

TAULUKKO 3. Sähkön siirto 2015 (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 20)

Sähkön siirto [MWh]	140 472
Asiakkaat [kpl]	9 615
110 kV ilmajohdot [km]	24,8
20 kV ilmajohdot [km]	210,5
20 kV kaapelit [km]	44,6
0,4 kV johdot [km] *	472,7
Jakelumuuntamot [kpl]	308
Sähköasemat [kpl]	3

* Liittymiskaapelit ei mukana

3 SÄHKÖNJAKELUN HÄIRIÖTILANTEET

Yhteiskunnan turvallisuusstrategiassa määritellään häiriöttömän voimanhuollon merkitys:

”Voimahuollon häiriötön tuotanto ja jakelu ovat koko yhteiskunnan toiminnan ja myös kaiken yhteiskunnan kriittisen toiminnan perusedellytys. Lyhyet toimituskatkokset aiheuttavat häiriöitä ja vahinkoja, mutta ne eivät uhkaa laajasti kriittisiä toimintoja tai väestön hyvinvointia. Laajat ja pitkäaikaiset tuotannon ja jakelun katkot sen sijaan pahimmillaan heikentävät vakavasti yhteiskunnan toimintakykyä.”
(Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta 2016, 18.)

Miltei kaikissa tapauksissa sähkökäyttäjän kokema sähkökatko aiheutuu sähkönjakeluverkossa olevasta häiriöstä. Kanta- ja alueverkoissa esiintyy myös vikatilanteita, mutta valtaosa niistä saadaan rajattua silmukoidussa verkossa sähkökäyttäjän vikaa tiedostamatta. Täten sähkökäyttäjille aiheutuvista keskeytystilanteista yli 90 % on jakeluverkon vikojen seurausta. (Lakervi – Partanen 2008, 17.)

Sähkönjakelun katkoksista on aiheutunut toimintahäiriöitä yhteiskunnan monelle tasolle aina yhteiskunnan kriittisistä järjestelmistä kotitalouksien toimintaan vaikuttaviin häiriöihin. Laajalle ulottuvat häiriötilanteet aiheutuvat useimmiten sähkölinjojen päälle kaatuneista puista tai sähkölinjojen katkeamisesta esimerkiksi niiden päälle kertyneen lumen painon vaikutuksesta. Energiavirasto ja Huoltovarmuuskeskus ohjaavat jakeluverkkoyhtiöiden toimintaa. Energiaviraston tehtävänä on valvoa verkon kehittämissuunnitelmien laadintaa, kun taas Huoltovarmuuskeskus valvoo varautumissuunnitelmien tekoa. Jakeluverkkoyhtiö on itse vastuussa häiriötilanteisiin varautumisesta sekä siitä, että asiakkaat ovat varautuneet niihin. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta 2016, 18.)

3.1 Toimintatapa häiriötilanteessa

Todennäköisimpinä häiriönaiheuttajina jakeluverkon katkoksissa pidetään myrskyjä ja lumikuormia. Niiden yleisyyden takia esimerkiksi sähkömarkkina-alueilla (SML 588/2013) on varautumista ohjaavia sähkönjakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksia. Niissä määrätään jakeluverkon vioittumiselle myrskyn tai lumikuorman takia taajama-alueilla kuuden tunnin ja taajama-alueiden ulkopuolisilla alueilla

36 tunnin sähkönjakelun keskeytyksen kestopajat. Jakeluverkoissa on jo aiemmin harjoitettu paljon katkostilanteiden hoitamista voimakkaiden myrskyjen takia. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta 2016, 19.)

3.2 ”Asta-myrsky” kesällä 2012

Asta-myrskyssä koettiin Haukiputaalla hyvin paikallinen trombi, joka kaatoi noin 2000 m³ puita Kiiminkijoen varressa Jokelantiellä. Kaatuneet puut rikkoivat sekä keskijännite- että pienjännitejohtoja. Myrskyn tuhot aiheuttivat jopa yli 12 tuntia kestäviä sähkönjakelun keskeytyksiä ja noin 30 asiakkaalle maksettiin vakiokorvauksia. Kaiken kaikkiaan aineelliset vahingot jäivät suhteellisen pieniksi. Korjaustyöt saatiin tehtyä HSO:n omalla henkilöstöllä, vaikka tapahtumisajankohta ajoittui lomakauden keskelle. Tästä tapahtumasta on otettu opiksi verkon kehittämissuunnitelmiin, jotta osataan huomioida riskin mahdollisuus kaikkialla jakeluverkossa. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2012, 18.)

4 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VAATIMUKSET

4.1 Sähkömarkkinalaki

Sähkönjakeluverkko tulee suunnitella, rakentaa ja ylläpitää ottaen huomioon järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan asettamat vaatimukset käyttövarmuudesta ja luotettavuudesta. Jakeluverkko ei saa vioituessaan myrskyn tai lumi-kuorman takia aiheuttaa yli kuuden tunnin kestäväää sähkönjakelun keskeytystä verkon käyttäjille asemakaava-alueilla. Sen sijaan muulla kuin asemakaava-alueilla vastaavan vioittumisen takia aiheutuvan verkon käyttäjien sähkönjakelukeskeytyksen ei tule ylittää 36:ta tuntia. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 51. §.)

Jakeluverkonhaltijalla on oikeus määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan sähkönjakelukeskeytyksen enimmäiskesto tietyissä tapauksissa. Tällä tavalla voidaan menetellä, jos käyttöpaikka sijaitsee saarella, jonne ei ole rakennettu siltaa eikä vastaavanlaista muuta kiinteää kulkuyhteyttä tai säännöllisin välein liikennöivää maantielauttayhteyttä. Mikäli käyttöpaikan vuositason sähkönkulutus pysyy enintään 2500 kilowattitunnissa kolmen edellisen kalenterivuoden aikana, voi jakeluverkonhaltija määrittää käyttöpaikkaan sovellettavan tavoitetason. Lisäehtona tähän on, että investointikustannusten täytyy olla poikkeuksellisen suuret enintään 36 tunnin keskeytysajan saavuttamiseksi. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 51. §.)

Jakeluverkonhaltijan velvoitteisiin kuuluu jakeluverkon kehittämissuunnitelma, jossa mainitaan vaadittavat toimenpiteet jakeluverkon toiminnan laatuvaatimuksesta ja toimintavarmuutta koskevasta siirtymäsäännöksestä. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 52. §.)

Toimitusvarmuuden siirtymissäännöksen mukaan jakeluverkonhaltijan tulee täyttää edellä mainitut 51. §:n vaatimukset vastuualueellaan viimeistään 31.12.2028. Vaatimusten tulee täytyä vähintään puolella jakeluverkon kaikista käyttöpaikoista viimeistään 31.12.2019 ja 75 prosentilla kaikista jakeluverkon käyttöpaikoista viimeistään 31.12.2023. 50 %:n ja 75 %:n väliaikatavoitteet eivät koske vapaa-ajan asuntoja. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 119. §.)

Kehittämissuunnitelmassa täytyy olla kahden kalenterivuoden jaksoissa eriteltynä yksityiskohtaiset toimenpiteet, joiden avulla parannetaan systemaattisesti ja pitkäjänteisesti jakeluverkkoa luotettavuuden ja käyttövarmuuden kannalta. Nämä toimenpiteet toteuttamalla jakeluverkko on toiminnan laatuvaatimusten ja toimintavarmuutta koskevan siirtymäsäännösten mukaisessa kunnossa. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 52. §.)

Sähkösaannin varmistuksessa on otettava huomioon verkon käyttäjien kohtuulliset tarpeet sellaisissa sähkönkäyttöpaikoissa, joissa on sijoitettuna yhteiskunnalle tärkeitä toimintoja ja palveluita. Tällaisia ovat esimerkiksi sairaalat ja terveyskeskukset. Kehittämissuunnitelman piiriin kuuluvien sähköjohtojen sijoittelussa on hyödynnettävä yhteisiä reittejä muiden yhdyskuntateknisten verkkojen kanssa mahdollisuuksien mukaan. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 52. §.)

Kehittämissuunnitelma muutoksineen tulee toimittaa Energiavirastolle. Energiavirasto voi kuuden kuukauden kuluessa suunnitelman vastaanottamisesta vaatia jakeluverkonhaltijaa muuttamaan kehittämissuunnitelmaa. Näin voidaan menettellä Energiaviraston epäillessä, etteivät kehittämissuunnitelmaan sisältyvät toimenpiteet johda jakeluverkon toiminnan laatuvaatimusten täyttämiseen määräaikoihin mennessä. Energiavirastolla on oikeus antaa tarkempia määräyksiä kehittämissuunnitelman sisältämistä tiedoista ja suunnitelman toimittamisesta Energiavirastolle. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 52. §.)

4.2 Energiaviraston määräys kehittämissuunnitelmasta

Kehittämissuunnitelmaan tulee sisällyttää sekä strategiset valinnat että yksityiskohtaiset toimenpiteet, joita sähkönjakeluverkon haltija käyttää parantaakseen järjestelmällisesti ja pitkäjänteisesti sähkönjakeluverkkonsa toimitusvarmuutta ja luotettavuutta sekä täyttää samalla sähkömarkkinalain 51. ja 119. §:ssä määrätyt vaatimukset. Toimenpiteet tulee olla jaoteltu kehittämissuunnitelmassa määräyksen liitteiden kysymysten mukaisesti. (Energiavirasto 2016, 1–2.)

Kehittämissuunnitelmasta täytyy olla selkeästi erotettavissa sähkösaannin varmistamiseksi kriittiset sähkönkäyttöpaikat, joihin on sijoitettuna yhteiskunnalle

tärkeitä toimintoja. Niitä ovat yhteiskunnan turvallisuuteen, elinkeinoelämän toimintakykyyn tai väestön toimeentuloon liittyvät tärkeät toiminnot ja palvelut. Lisäksi yhteiskunnalle tärkeisiin kohteisiin voidaan katsoa sisältyvän talouselämään liittyvät keskeiset toiminnot sekä muun muassa terveydenhuollon laitokset kuten sairaalat, terveysasemat, vanhainkodit ja kehitysvammaisten hoitolaitokset. Elinkeinoelämän toimintakyvyn takaamiseksi tärkeitä sähkönkäyttöpaikkoja ovat muun muassa viestintäverkkojen kriittiset tukiasemat. Energiavirasto on katsonut salassa pidettäväksi kehittämissuunnitelman liitteen 1 kohdan 10, jossa huomioidaan yhteiskunnalle tärkeät kohteet sähköjakeluverkon kehittämisessä. (Energiavirasto 2016, 1–4.)

Jakeluverkonhaltijat ovat toimittaneet ensimmäisen kehittämissuunnitelman Energiavirastolle 30.6.2014 mennessä. Päivitetty sähköjakeluverkon kehittämissuunnitelma täytyi toimittaa viimeistään 30.6.2016, jonka jälkeen se tulee toimittaa kahden kalenterivuoden määräväleinä samana päivämääränä. (Energiavirasto 2016, 1–2.)

Sähkömarkkinalaissa käytetään sääilmiöitä myrsky ja lumikuorma mitoituspereiteina 51. §:n 1. momentin 2. ja 3. kohdan mukaisesti. Näitä sääilmiöitä ei ole sähkömarkkinalaissa rajattu esiintymistodennäköisyyksien tai ylivoimaisuuden mukaan. Täten sähköjakeluverkon haltijan on huomioitava kehittämissuunnitelmassaan 51. §:n mukaisesti jakeluverkon vioittuminen kaikenlaisissa myrskyissä ja lumikuormissa. Verkon rakenteen täytyy olla sellainen, että ehdotetut vaatimukset täyttyvät normaaliin korjaushenkilöstön määrään perustuvalla mitoituksella. (Energiavirasto 2016, 1–2.)

Asemakaava-alueina pidetään kaikkia asemakaava-alueita lukuun ottamatta ranta-asemakaavoja tai vanhan rakennuslain mukaisia rantakaavoja. Toimitusvarmuuden siirtymäaika säännöksen mukaisien 50 %:n ja 75 %:n väliaikatavoitteiden määräykset eivät koske vapaa-ajan asuntoja. (Energiavirasto 2016, 3.)

Jotta käyttöpaikka voidaan lukea kuuluvaksi toimitusvarmuusvaatimusten piiriin, täytyy koko käyttöpaikkaa syöttävän verkon olla toimitusvarmaa tai käyttöpaikan sähkönsyöttö tulee voida varmistaa viankorjauksella, verkostoautomaation avulla tai muilla tavoilla. (Energiavirasto 2016, 12.)

Verkon katsotaan täyttävän toimitusvarmuusvaatimukset vain sellaisissa verkon osissa, jotka ovat rakenteellisesti toimitusvarmuusvaatimusten mukaisia. Viankorjauksen vaikutusta ei oteta huomioon toimitusvarmuuden laatuvaatimusten täyttämiseen. Vaatimuksena sille, että verkon osa voidaan merkitä laatuvaatimukset täyttäväksi, on että kaikkien syöttävän verkon rakenteiden on oltava toimitusvarmuusvaatimukset täyttäviä. Kun mitoitetaan viankorjausresursseja, täytyy niiden toteutua normaalilla viankorjaushenkilöstön määrällä. (Energiavirasto 2016, 11.)

Sähkönjakeluverkonhaltijoiden tulee toimittaa keskijänniteverkoistaan kartta EV:lle. Kartassa täytyy olla korostettuna sähkömarkkinalain vaatimat toiminnan laatuvaatimukset täyttävät jakeluverkonosat. Jos sähkönjakeluverkon haltijan sähkönjakeluverkko täyttää toiminnalta edellytetyt laatuvaatimukset valtaosassa jakeluverkkoaluetta, on mahdollista toimittaa vaihtoehtoisesti sellainen kartta keskijänniteverkosta, jossa sähkönjakeluverkolle asetetut toiminnan laatuvaatimukset eivät täyty. Edellä mainittu keskijänniteverkon kartta täytyy toimittaa Energiavirastolle vuonna 2020 ensimmäistä kertaa sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelman yhteydessä. Kartasta tulee käydä ilmi 1.1.2020 vallinneen tilanteen mukaiset asiat. (Energiavirasto 2016, 12.)

Energiaviraston julkistamassa raportissa kerrotaan jakeluverkkojen nykytilanteesta verkonhaltijoiden toimittamien kehittämissuunnitelmien perusteella. Vuoden 2016 kehittämissuunnitelmien mukaan sähkönkäyttöpaikoista 81 % on laatuvaatimusten piirissä asemakaava-alueilla. Tilanne on parantunut 9 %-yksikköä vuoden 2014 kehittämissuunnitelmiin nähden. Asemakaava-alueiden ulkopuolella laatuvaatimukset täyttäviä käyttöpaikkoja on 31 % vuoden 2016 kehittämissuunnitelmien mukaan. Siellä on tullut parannusta 5 %-yksikköä, kun verrataan vuoden 2014 kehittämissuunnitelmiin. (Energiavirasto 2017, 42.)

4.3 Vakiokorvaukset keskeytyksistä

Sähkön loppukäyttäjät ovat oikeutettuja vakiokorvaukseen ilman eri vaatimusta sähkönjakelun tai -toimituksen yhtäjaksoisen keskeytymisen perusteella. Vakioravauksen suuruus prosentteina määritellään loppukäyttäjän siirtopalvelumaksusta seuraavasti:

- 10 % keskeytysajan ollessa vähintään 12 h mutta vähemmän kuin 24 h
- 25 % keskeytysajan ollessa vähintään 24 h mutta vähemmän kuin 72 h
- 50 % keskeytysajan ollessa vähintään 72 h mutta vähemmän kuin 120 h
- 100 % keskeytysajan ollessa vähintään 120 h mutta vähemmän kuin 192 h
- 150 % keskeytysajan ollessa vähintään 192 h mutta vähemmän kuin 288 h
- 200 % keskeytysajan ollessa vähintään 288 h.

Kalenterivuodessa loppukäyttäjälle maksetaan kuitenkin enintään 200 % vuotuisesta siirtopalvelumaksusta tai 2000 €. Loppukäyttäjä ei ole oikeutettu hinnanalennukseen saman keskeytyksen johdosta, jos hän saa vakiokorvauksen. (Sähkömarkkinalaki 588/2013 100. §.)

5 SÄHKÖNJAKELUVERKON TOIMITUSVARMUUS

Tämänhetkinen rakenne Suomen sähkönjakeluverkossa on ilmajohtovaltainen. Ilmajohdoista suurin osa on avojohtoja. Keskijänniteverkon vuoden 2012 maakaapelointiaste oli 13 %. Pienjänniteverkossa sen sijaan on parempi tilanne kaapelointiasteen ollessa 39 % vuonna 2012. Maakaapelointia tehdään jakeluverkkoyhtiöissä jatkuvasti kiihtyvässä tahdissa. Kaikkien Suomen jakeluverkkojen keskimääräinen kaapelointiaste oli 29 % vuonna 2014. Energiategollisuus on tehnyt selvityksen, jonka mukaan kaikkien Suomen jakeluverkkojen yhteisen kaapelointiasteen odotusarvo on 44 % vuoden 2019 loppuun mennessä. (Energiategollisuus 2016.)

Vuoden 2016 jakeluverkonhaltijoiden kehittämissuunnitelmien mukaan maakaapelointiaste keskijänniteverkossa on 18,8 %. Jakeluverkonhaltijoiden vuosina 2014 ja 2016 Energiavirastolle toimittamien kehittämissuunnitelmien perusteella keskijänniteverkon maakaapelointiaste vuonna 2028 on noin 47 % ja pienjänniteverkon noin 65 %. Maakaapelointi parantaa toimitusvarmuutta, mutta se ei ole kaikissa olosuhteissa kustannustehokkain tapa toimitusvarmuuden parantamiseen. Verkonhaltijan toimintaympäristö ja olosuhteet vaikuttavat huomattavasti maakaapeloinnin kannattavuuteen ja tarpeeseen. Erityisesti useissa maaseutumaisissa ympäristöissä jakeluverkonhaltijat aikovat täyttää laatuvaatimukset merkittävältä osin muilla keinoilla kuin maakaapeloimalla, kuten siirtämällä ilmajohtot teiden varsille. Maaseutumaisien jakeluverkonhaltijoiden keskijänniteverkon maakaapelointiaste nousee kehittämissuunnitelmien perusteella vain 26 prosenttiin. (Energiavirasto 2017, 44.)

Suomessa jakeluverkkoyhtiöitä toimii huomattavan erilaisissa toimintaympäristöissä. Kasvavissa taajamissa verkon kuormitukset kasvavat voimakkaasti, kun taas iso osa jakeluverkkoalueista sijaitsee alueilla, joissa kuormitusten kasvu on todella pientä tai pahimmillaan negatiivista. Kyseisissä olosuhteissa korostuu verkoston kehittämisessä käyttövarmuuden ylläpito ja kasvattaminen sekä verkoston ikääntymisestä aiheutuvat korvausinvestoinnit. (Lakervi – Partanen 2008, 13.)

Sähkömarkkinalaissa edellytetään jatkuvaa jakeluverkon toimitusvarmuuden kehittämistä. Kehittämisen pääkohteina ovat haja-asutusalueet ja maaseudut, joissa verkosta täytyy tehdä säävarempia kestäväksi myrskyjä ja lumikuormia. Varmuutta voidaan käytännössä parantaa puuvarmoilla johtokaduilla ja maakaapeloinnilla. Asiantuntijat ovat sitä mieltä, että on myös muita uusia teknisiä ratkaisuja toimitusvarmuuden parantamiseksi. Niiden seurauksena pystyisi maaseutu- ja teollisuusalueita rakentamaan saarekkeiksi, joissa voitaisiin sähkönjakelun keskeytystilanteissa ylläpitää tärkeät infran toiminnot alueellisesti. Tähän pystyttäisiin pääsemään paikallisten sähköntuotantoratkaisujen, kuten pienten vesi-, tuuli- ja aurinkovoimaloiden yhdistelmillä, jotka liitettäisiin esimerkiksi tehtaiden sähköntuotantojärjestelmiin. Siten saavutettaisiin nykyistä halvemmalla verkonrakennuskustannukset ja samalla tietoverkot, vesilaitokset, sairaalat ym. yhdyskuntateknisen toiminnan kannalta tärkeiden kohteiden toiminnot jatkuisivat häiriötilanteissa. (Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta 2016, 21–22.)

5.1 Säävarma sähkönjakeluverkko

Kun kyseessä on sähkönjakeluverkko, keskeisin merkitys keskeytyshaittojen aiheuttajana on keskijänniteverkon vikatilanteet. Kun KJ-verkkoon tulee vika, sähköasemalla johtolähtöä suojaava suojarole toimii ja avaa katkaisijan. Tällöin jopa useat sadat sähkönkäyttöpaikat kokevat keskeytyksen siihen asti, kunnes vika-alue on paikallistettu ja korjattu tai varayhteydet saatu käyttöön. Pienjänniteverkon merkitys ei ole yhtä keskeinen, sillä PJ-verkossa yksittäinen vika saa aikaan sähkönjakelun keskeytyksen yleensä vain muutamille sähkönkäyttöpaikoille. (Lakervi – Partanen 2008, 18.)

Säävarman verkon rooli verkoston yleissuunnittelussa on korostunut verkkoyhtiöille asetettujen vaatimusten vuoksi. Käytännössä säävarmalla verkolla tarkoitetaan sähköverkkoa, joka on maakaapeloitu, tai ilmajohtoverkkoa aukealla paikalla. Näin voidaan välttää myrskyn tai lumikuorman seurauksena aiheutuvia keskeytyksiä.

Osa säävarmasta verkosta on puuvarmaa, jolloin metsässä tai tien laidassa kulkevien sähkölinjojen lähialueiden puuston kaatumisen riski linjan päälle eliminoidaan täysin. Tärkeimmät suunnittelukriteerit ovat sähkömarkkinalaissa säädetyt

sallitut enimmäiseskeytysaika-vaatimukset, kuusi tuntia asemakaava-alueilla ja 36 tuntia asemakaava-alueen ulkopuolisilla alueilla. Asemakaava-alueilla toteutetaan lähes täysimääräiset maakaapelointiratkaisut keskijännite- ja pienjänniteverkossa. Suunniteltaessa säävarmaa sähkönjakeluverkkoa saatetaan yksittäistapauksissa päätyä tilanteeseen, jossa jotkin keski- tai pienjänniteverkon osat ovat sääilmiöille alttiita asemakaavan ulkopuolisilla alueilla. Tällöin käytetään tapauskohtaisesti soveltuvaa HSO:n suunnittelukriteerien mukaista toimenpidettä verkoston toimitusvarmuuden laatuvaatimusten täyttämiseksi. (Haukiputaan sähkösuuskunta 2016a.)

5.2 Toimitusvarmuuden parantaminen

Sähköverkkojen toimitusvarmuudessa on kyse siitä, miten häiriöttömästi sähköverkot toimivat. Näin ollen tarkoitetaan sitä, kuinka vähin häiriöin sähkönsiirto voidaan toteuttaa verkkojen kautta. Sähköverkon tarkoituksena on toimia niin hyvin kuin mahdollista vaurioitta tai ilman muita yllättäviä seuraamuksia vikojen ja häiriöiden aikana. Sähkön laadun on myös oltava tarpeeksi hyvää. Sähkön toimitusvarmuuden merkitystä on korostettu viime vuosikymmeninä. Sähkö on yhteiskunnalle välttämätön hyödyke, joten pitkät toimituskeskeytykset mielletään haitallisiksi. (Elovaara – Haarla 2011, 73.)

Verkoston suunnittelussa on tärkeää saada aikaiseksi luotettava sähkönsiirto ja -jakelu. Tyypillisimmät verkon viat eivät saa aiheuttaa toimituksen keskeytymistä. Verkossa käytettävät komponentit on suunniteltava siten, että ne kestävät pitkään luotettavasti vahingoittumatta sähköisistä tai mekaanisista rasituksista. Lisäksi verkon suunnittelussa on otettava huomioon, ettei verkon käytöstä aiheudu vaaraa ihmisille, omaisuudelle tai ympäristölle. (Elovaara – Haarla 2011, 73.)

Kun puhutaan verkon käyttövarmuudesta, ollaan osittain ristiriidassa verkon taloudellisuuden kanssa. Välttämättömillä investoinneilla ei saada aikaan verkolle parasta käyttövarmuutta. (Elovaara – Haarla 2011, 74.)

Verkon suunnittelu jaotellaan karkeasti pitkän ja lyhyen aikavälin suunnitteluun. Lyhyestä aikavälistä on kyse silloin, kun laaditaan suunnitelmia noin viiden vuo-

den ajalle. Pitkän aikavälin suunnittelussa luodaan pääsuuntaviivat ja yleissuunnitelma yleensä 5–15 vuoden tarkastelujaksoille. Useassa tapauksessa on hyödyllistä tarkastella ylipitkän aikavälin vaihtoehtoja, jolloin tarkastelu-aika on 15–30 vuotta. (Elovaara – Haarla 2011, 73.)

Sähkönjakeluverkon toimitusvarmuutta voidaan parantaa sijoittamalla ilmajohtotien varsille, käyttämällä PAS-johtoja, maakaapelia tai kauko-ohjattavia kytkinlaitteita tai muuta automaatiota. (Lakervi – Partanen 2008, 143–153.)

Iso osa haja-asutusalueelle olevista johdoista sijaitsee metsässä. Toimintatapa on peräisin vuosikymmenien takaa, jolloin pyrittiin minimoimaan materiaalikustannukset ja rakennettiin johdot suoraviivaisesti metsien halki. Investointikustannusten lisäksi metsään sijoittamista perusteltiin johtojen näkymättömyydellä asutusseuduilla. Sähkönjakelun luotettavuus ei ollut tuolloin yhtä keskeinen asia kuin nykyään. Tienlaitoihin sijoittamisen haasteena on yhä tienpitäjien vastustus tien läheisiä johtoja kohtaan. Jos johto rakennetaan liian lähelle tietä, se voi vaikuttaa tien kunnossapitoon negatiivisesti. (Lakervi – Partanen 2008, 143.)

Nykyään sähkönjakelun luotettavuus on saanut aseman keskeisenä verkostosuunnittelun reunaehtona. Uudet johdot pyritään sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan teiden varsille, jotta helpotetaan huoltotoimintaa ja parannetaan toimitusvarmuutta. Tien varteen sijoittamisella saadaan vähennettyä vikoja lähes puolella. Kuvassa 2 näkyvä johto sijaitsee hyvin luokse päästävissä paikassa tien varressa. Kun sähköjohto siirretään tien laitaan, johto sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan sille puolelle tietä, mihin päin yleensä tuulee. (Lakervi – Partanen 2008, 143–144.)



KUVA 2. KJ-avojohto tien varressa (Lehtosaari 2016)

Keskijänniteverkossa on käytössä jonkin verran päällystettyjä avojohtoja eli PAS-johtoja. Johtorakenteella saavutetaan avojohtoa parempi käyttövarmuus, kun johdolle lentävät risut eivät aiheuta vikaa. Oksista ja puista ei aiheudu välitöntä keskeytystä, mutta hiljalleen eristysrakenteen vaurioituessa aiheutuu pysyvä katkos. Myrskyn jälkeen tulee aina tarkastaa, ettei puita ole jäänyt nojaamaan PAS-johtoja vasten. (Lakervi – Partanen 2008, 145.)

Käytettäessä maakaapelointia saavutetaan ilmajohtoja parempi käyttövarmuus. Tällöin vikataajuus on vain 10–50 % verrattuna avojohtojen vikataajuuteen. Maakaapeliverkossa vikoja on kuitenkin hankalampaa paikallistaa ja hitaampaa korjata. Kaapeloinnin haittana on kallis rakentamiskustannus, mutta hyvässä maastossa esimerkiksi PJ-kaapelointi auraustekniikalla voi tulla halvemmaksi kuin

AMKA-ilmajohtoverkon rakentaminen. Varayhteyksien merkitys korostuu maakaapeliverkkoa suunniteltaessa. Kaapeleilla saavutettava hyvä käyttövarmuus tulee esille suurhäiriötilanteissa. Maakaapeliverkoissa käytetään puistomuuntamoita (kuva 3), jossa muuntaja ja kojeistot ovat suojassa metallisen rakenteen sisällä. Näin saavutetaan parempi käyttövarmuus kuin pylväsmuuntamoilla ja suojellaan myös eläimiä. Kaapelointi on lähestulkoon ainoa keino varmuudella ehkäistä pahojen myrskyjen ilmajohtoverkossa aiheuttamia laajoja ja pitkään kestäviä keskeytyksiä. (Lakervi – Partanen 2008, 146–149.)



KUVA 3. Puistomuuntamo aukealla paikalla (Lehtosaari 2017)

Pääasiassa keskijänniteverkossa käytetään kauko-ohjattavina kytkinlaitteina erottimia. Niiden avulla voidaan lyhentää asiakkaiden kokemia keskeytyksien pituuksia, mutta keskeytyksien määrään ne eivät vaikuta. Kauko-ohjauksella saavutetaan lyhyemmät vikapaikan erotusajat kuin käsin ohjattavilla erottimilla. Kun vikapaikka on saatu erotettua, on sähköttömien asiakkaiden määrä yleensä pienentynyt merkittävästi alkutilanteeseen nähden, jolloin kaikki kyseisen keskijännitelähdön sähkönkäyttöpaikat olivat ilman sähköä. Häiriötilanteessa voidaan

kauko-ohjattavilla erotinasemilla toteuttaa nopeasti mutkikkaitakin varayhteysjärjestelyjä. Tällä tavalla mahdollistetaan verkon kapasiteetin täysimääräinen hyödyntäminen.

On myös mahdollista käyttää suojarelleillä varustettuja kauko-ohjattuja pylväskatkaisijoita. Kyseisiä katkaisijoita on hyödyllistä käyttää esimerkiksi omien suojausvyöhykkeiden toteuttamiseen kaapeliverkon ja ilmajohtoverkon raja-alueille. Tällöin ennen katkaisijaa oleville sähkökäyttöpaikoille ei aiheudu keskeytystä katkaisijan takana aiheutuneista vikatilanteista. (Lakervi – Partanen 2008, 151–152.)

5.3 Toimitusvarmuuskriteeristön tavoitetasot

Jakeluverkkoalue voidaan luokitella maaseutu-, taajama- ja cityalueisiin johtolähdöttäisen kaapelointiasteen mukaan. Maaseudulla on alle 30 %:n kaapelointiaste. Taajamassa kaapelointiaste on vähintään 30 % mutta alle 75 %. Cityluokituksessa on vähintään 75 %:n kaapelointiaste. (Energiateollisuus 2014, 2.)

Energiateollisuus ry on määritellyt keskeytysaikojen tavoitetasot, jotka suositellaan täyttyvän vuoteen 2030 mennessä. Cityalueella kokonaiskeskeytysajaksi sallittaisiin enintään yksi tunti vuodessa ja lyhyitä alle kolmen minuutin keskeytyksiä ei saisi olla lainkaan. Taajama-alueilla kokonaiskeskeytysaika olisi enintään kolme tuntia vuodessa ja lyhyitä enintään 3 min keskeytyksiä 10 kertaa vuodessa. Maaseutualueilla sen sijaan sallittaisiin kokonaiskeskeytysajaksi vuositasolla enintään kuusi tuntia ja lyhyitä maksimissaan 3 min keskeytyksiä 60 kertaa. (Energiateollisuus 2010, 1.)

6 KESKEYTYKSET SÄHKÖNJAKELUVERKOSSA

6.1 Keskeytysten luokittelu

Standardissa SFS-EN 50160 määritellään keskeytyksiksi tilanteet, joissa jännite liittymispisteessä on alle 5 % vertailujännitteestä. Keskeytykset voidaan luokitella suunniteltuihin keskeytyksiin ja vikakeskeytyksiin. Suunnitelluissa keskeytyksissä on usein kyse esimerkiksi verkoston käyttö- tai huoltotoimenpiteisiin liittyvistä keskeytyksistä. Vikakeskeytykset johtuvat joko pysyvistä tai ohimenevistä vikatilanteista. Lisäksi ne voidaan jaotella karkeasti pitkiin ja lyhyisiin keskeytyksiin. Jos vika kestää yli kolme minuuttia, katsotaan se pitkäksi keskeytykseksi. Vastaavasti enintään kolme minuuttia kestävät viat luokitellaan lyhyiksi keskeytyksiksi. Jännitekuopissa verkon jännite on 5–90 % nimellisjännitteestä. (Suomen standardisoimisliitto 2010, 14–16.)

KJ-avojohtoverkon ohimenevistä vikatilanteista suurin osa poistuu pikajälleenkytkennän (PJK) tai aikajälleenkytkennän (AJK) avulla. Niitä käytetään yleisesti KJ-avojohtoverkkoa sisältävissä johtolähdöissä. PJK:ssa sähköasemalla oleva johtolähdön katkaisija ohjataan auki hyvin lyhyeksi ajaksi, jolloin vian toivotaan poistuvan. Jos PJK:n avulla ei saada vikaa poistumaan, AJK:lla yritetään saada palautettua sähkö muutaman minuutin kuluessa. Puhtaissa maakaapeliverkoissa sen sijaan jälleenkytkentöjä ei katsota tarpeelliseksi, koska niissä viat eivät yleensä poistu valokaaren sammuttua. (Sähköenergialiitto 1994, 18.)

6.2 Keskeytyksistä aiheutuva haitta (KAH)

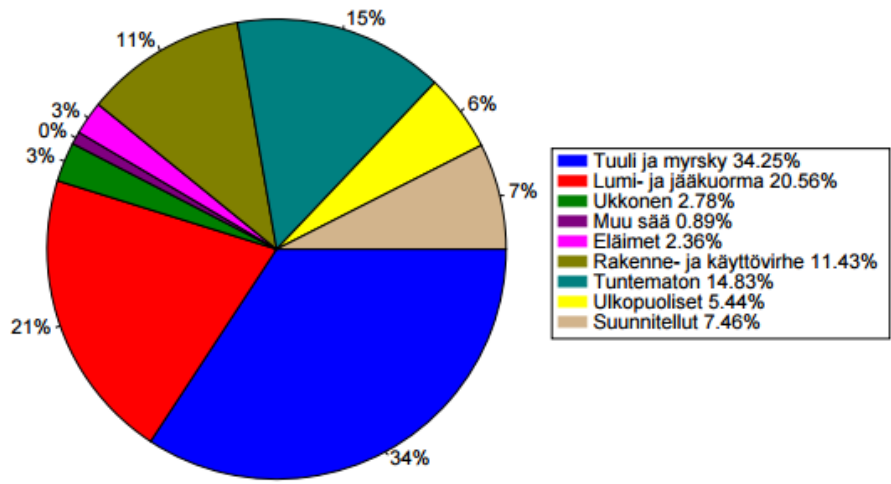
Asiakkaiden kokemat sähkökatkosten aiheuttamat haitat ovat erilaisia riippuen sähkökäyttäjän tyypistä. KAH-arvoilla arvioidaan keskeytyksen aiheuttamaa rahallista arvoa eri kuluttajaryhmille. Rahallisen arvon avulla kyetään seuraamaan sähköntoimituksen varmuutta ja käyttämään haitta-arvoa tiettyjen verkonosien investointitarpeiden kohdentamiseen. Keskeytyksestä aiheutuneita haittoja voidaan kuvata yksiköillä €/kW, €/keskeytys ja €/kWh. (Elovaara – Haarla 2011, 428.)

6.3 Jakeluverkkojen keskeytysten tilastointi

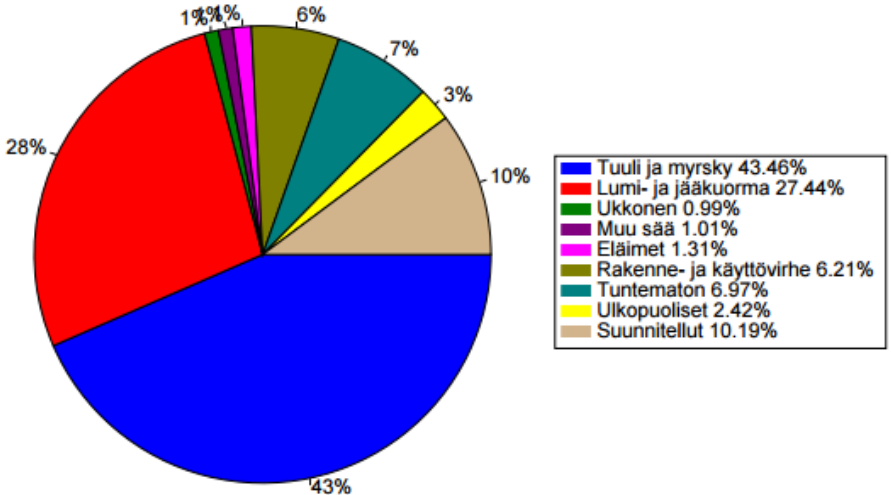
Energiateollisuus ry julkaisee vuosittain sähkönjakeluverkkojen keskeytystilaston. Tilastointia uudistettiin vuoden 2015 alussa. Nykyään tietojen keruu toteutetaan käyttöpaikkakohtaisesti, ja aluejako tapahtuu toimitusvarmuusluokitusten mukaisesti asemakaava-alueeseen ja asemakaava-alueen ulkopuolisiin alueisiin. Muutokset ovat vaatineet sähköyhtiöiltä merkittävää kehitystä tietojärjestelmiin muun muassa tietojen keräämisessä, raportoinnissa ja keskeytystilastojen kokoamisessa. Muutoksesta aiheutuneet haasteet vaikuttivat merkittävästi vuoden 2015 keskeytystilastoinnin otantaan. Tilasto perustui 48 jakeluverkonhaltijan keskeytystietoihin kattaen kuitenkin vain 43 % Suomen jakeluverkkojen johtopi-tuudesta. Vuoden 2014 keskeytystilastossa oli mukana 69 jakeluverkonhaltijan keskeytystiedot. Silloin tilasto kattoi 96,7 % Suomen jakeluverkkotoiminnan vo-lyymistä. (Energiateollisuus 2014, 2; 2015, 2.)

Keskeytystietoja kerätään sekä keskeytyskohtaisesti että käyttöpaikkakohtaisesti jakeluverkoista. Keskeytyskohtaisesti kerättäviä tietoja ovat muun muassa keskeytyksen aiheuttaja, vikapaikka, vikatyyppe, ajankohta ja laajuus. Käyttöpaikka-kohtaisesti ilmoitetaan käyttöpaikkojen vuotuiset keskeytysajat ja -määrät jaoteltuina vika- ja suunniteltuihin keskeytyksiin. (Energiateollisuus 2015, 2.)

Vuonna 2014 reilu puolet kaikista jakeluverkon keskeytyksistä johtui tuulesta ja myrskystä tai lumi- ja jääkuormasta. Vastaava luku vuonna 2015 oli noin 71 %. Kuvissa 4 ja 5 on kyseisten vuosien kaikkien keskeytysmäärien osuudet aiheut-tajittain. Jälleenkytkentöjä ei ole huomioitu. (Energiateollisuus 2014, 3; 2015, 4.)



KUVA 4. Keskeytysmäärien osuudet aiheuttajittain 2014 (Energieoteollisuus 2014, 4)



KUVA 5. Keskeytysmäärien osuudet aiheuttajittain 2015 (Energieoteollisuus 2015, 3)

7 HAUKIPUTAAN SÄHKÖOSUUSKUNNAN SÄHKÖNJAKELUVERKON TOIMITUSVARMUUDEN NYKYTILA

Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähköjakeluverkon toimitusvarmuus on hyvällä tasolla. Asiakkaan keskimääräiset vuotuiset keskeytysajat selvitettiin vuosilta 2011–2015. Keskeytysajoissa on huomioitu keskijänniteverkossa tapahtuneet keskeytykset. Asiakkaan kokemat vuotuiset keskimääräiset keskeytysajat ovat olleet enintään noin puolen tunnin pituisia viime vuosina. Asiakkaat ovat viimeksi kärsineet pidemmistä sähkökatkoista 2012 kesällä, jolloin Asta-myrsky riippotteli myös Haukipudasta. Vuonna 2015 asiakkaan keskimääräinen häiriöaika oli 20 min/asiakas, joka on HSO:n kaikkien aikojen paras taso. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 5.) (taulukko 4)

TAULUKKO 4. Asiakkaan vuotuiset keskimääräiset keskeytysajat ja siirretyt energiat 2011–2015

Vuosi	Siirretty energia [GWh]	Keskimääräinen keskeytysaika [min/asiakas]
2011	143,7	43
2012	150,5	136
2013	144,2	39
2014	142,5	26
2015	140,5	20

Jakeluverkon sähköisten ominaisuuksien nykytilaa on tarkasteltu vuonna 2011 tehdyssä kehittämissuunnitelmassa, jossa selvitettiin tehoennusteet ja investointitarpeet seuraavalle 10 vuodelle. Kehittämissuunnitelmaan sisältyi myös korvaustarkastelua sähköasemien vikaantumistilanteissa. Varasyöttöyhteydet muihin sähköasemiin ovat erittäin käyttökelpoisia mahdollisissa laajemmissa häiriötilanteissa. Selvityksen mukaan sähköverkko on hyvässä sähköteknisessä tilassa eikä näköpiirissä ole lähiaikoina merkittäviä investointeja kuten päämuuntajainvestointeja. Tämä mahdollistaa tehokkaan panostamisen säävarman verkon suunnitteluun ja rakentamiseen. (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2011.)

Työssä otettiin tarkasteluun mukaan KJ- ja PJ-verkot. 110 kV:n alueverkko on säävarmaa, joten sitä ei katsottu aiheelliseksi tarkastella tässä työssä. Lähtötietojen perusteella laskettiin kaapelointiasteet asemakaava- ja muille alueille. HSO:n jakeluverkon kaapelointiaste vuonna 2015 oli keskijänniteverkossa 18 % ja pienjänniteverkossa 50 % ilman liittymiskaapeleita. KJ-verkon kaapelointiasteen kehitys on nähtävissä kuvassa 6.



KUVA 6. HSO:n keskijänniteverkon kaapelointiasteen kehitys 2011–2015

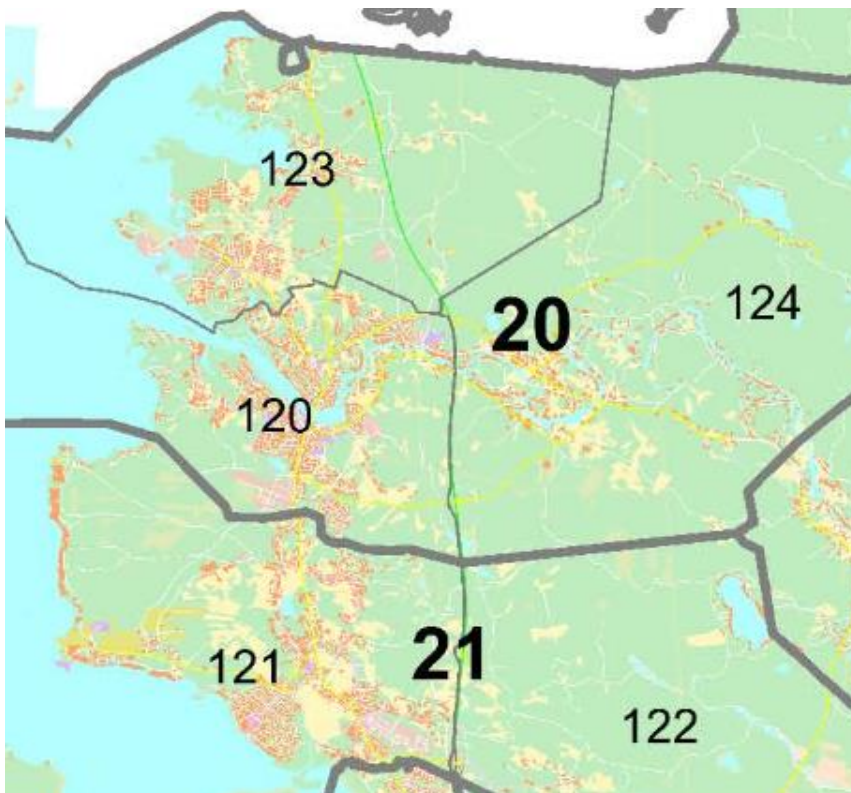
Keski- ja pienjänniteverkon ilmajohtojen puuvarmuuden selvittämiseksi kartoitettiin sijaintitietojen hyödyntämismahdollisuuksia. Ensin selvitettiin asemakaava-alueilla sijaitsevat muuntamot sekä muuntopiirikohtaiset kaapelointiasteet. Sitten voitiin siirtyä asemakaavan ulkopuolisten alueiden käsittelyyn. Samassa yhteydessä olisi ollut myös kannattavaa selvittää muuntamoiden ja jakokaappien säävarmuus. Vaikka koko pienjänniteverkko olisi maakaapeloitu, on otettava huomioon uusien puistomuuntamoiden ja jakokaappien vaurioitumismahdollisuudet. Sähkömarkkinalaki edellyttää, että vuoden 2028 loppuun mennessä myrskyn tai lumikuorman aiheuttaman vian sattuessa sähköt tulisi saada palautettua kuudessa tunnissa kaikilla asemakaava-alueilla.

Tulevaisuudessa olisi tärkeää pitää tietokannassa yllä johtojen säävarmuustietojen lisäksi muidenkin verkostokomponenttien säävarmuustietoja. Oleellista on

myös, että muuntamot on rakennettu sellaisille paikoille, joihin ei vesi pääse tulvimaan sääilmiöiden ollessa rajuja.

7.1 Haukiputaan asuinalueet

Kuvassa 7 on esitelty Oulun seudun asuinalueita. Haukipudas (kuvassa 7 alue 20) ja Kello (21) kuuluvat Oulun suuralueeseen. Suuralueet on jaettu edelleen kaupunginosiin. HSO:n jakeluverkkoalueelle ulottuu Haukipudas (120), Kello (121), Kalimenkylä (122), Martinniemi (123) ja Jokikylä (124).



KUVA 7. Oulun suuralue- ja kaupunginosajakoa (Oulun kaupunki 2013)

Haukiputaan Sähköosuuskunnan asiakkaista yli 90 % on yksityisiä sähkönkäyttäjiä asuinhuoneistoissa ja asuinkiinteistöissä (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2015, 25). Niinpä suurin osa kaikesta kulutuksesta tapahtuu asuinrakennuksissa sekä asemakaava-alueilla että asemakaava-alueiden ulkopuolella. Oulun suuralueilta saatiin haettua erilaisia tilastoja huoneistoista ja rakennuksista suuralu-

eittäin Oulun kaupungin raporteista. Saatuja tilastoja verrattiin HSO:n tietokannoista laskettuihin käyttöpaikkojen määrätietoihin, jotta voitiin varmistua tietojen oikeellisuudesta. Vuoden 2015 lopun tilastot ovat nähtävissä taulukoissa 5 ja 6.

TAULUKKO 5. Haukiputaan asuntokanta 1.1.2016 (Oulun kaupunki 2016, 40–41)

Talotyyppi	Huoneistoja [kpl]
Omakotitalot	3636
Ketju- ja rivitalot	1201
Kerrostalot	707
Muut talot	178
Yhteensä	5722

TAULUKKO 6. Kellon asuntokanta 1.1.2016 (Oulun kaupunki 2016, 40–41)

Talotyyppi	Huoneistoja [kpl]
Omakotitalot	1917
Ketju- ja rivitalot	350
Kerrostalot	95
Muut talot	56
Yhteensä	2418

Tilastokeskukselta haettiin postinnumeroalueittain tietoa rakennuksista ja asunnoista. Iso osa postinnumeroalueiden asunnoista sijaitsee asemakaava-alueilla. HSO:n sisäinen alueluokittelu poikkeaa luonnollisesti postinnumeroalueista ja kuvaa paljon tarkemmin käyttöpaikka- ja johtotietoja eri alueilla. Tilastokeskuksen tiedoista koottiin taulukko rakennuksien, asuntojen ja kesämökkien määristä postinnumeroalueittain, taulukko on liitteessä 1. (Tilastokeskus 2015.)

Haukiputaalla voimassa olevat asemakaava-alueet on esitelty kuvassa 8. Tässä työssä tarkasteltiin Kellon, keskusta-alueen ja Martinniemen asemakaava-alueita. Valituille asemakaava-alueelle määritettiin kaapelointiasteet keski- ja pienjänniteverkoille. SQL-tietokantakyselyillä löydettiin pienjänniteverkosta tarvittavat tiedot asemakaava-alueille ja muille alueille. PJ-johtomäärät ja asiakastiedot haet-

tiin muuntopiirikohtaisesti myös tietokantakyselyillä sekä laskettiin niistä kaapelointiaste kullekin alueelle. Tällä tavalla saatiin kohdennettua verkon saneeraustarpeet oikeisiin osiin jakeluverkkoa, jotta saavutettaisiin sähkömarkkinalain asettamat vaatimukset.



KUVA 8. Haukiputaan seudulla voimassa olevat asemakaava-alueet (Karttatie 2017)

7.2 Haukiputaan Sähköosuuskunnan sähköasemat

HSO:n jakeluverkkoalueella on kolme 110/20 kV:n sähköasemaa. Niistä eteläisin eli Kellon sähköasema sijaitsee Holstinmäen teollisuusalueen ja moottoritien välissä. Haukiputaan sähköasema on likimain puolivälissä jakeluverkkoaluetta Haukiputaan keskustan itäpuolella. Häyryseniemen sähköasema sijaitsee pohjoisimpana Martinniemen pohjoispuolella. Päämuuntajia on yhteensä neljä, joista

kaksi sijaitsee Haukiputaan sähköasemalla. Kello ja Häyryseniemi ovat yhden päämuuntajan sähköasemia. Noin puolet asiakkaista saa sähkönsä Haukiputaan sähköaseman syöttämästä verkosta. Asiakkaiden ja KJ-johtolajien jakautuminen sähköasemittain on esitetty taulukossa 7. Maakaapelointiasteet jakautuvat aika tasaisesti Haukiputaan ja Kellon sähköaseman välillä. Kellon ja Haukiputaan sähköasemilta syötetään myös suurinta osaa Haukiputaan asemakaava-alueista. Pienin maakaapelointiaste on Häyryseniemen sähköaseman syöttävässä KJ-verkossa. Muuntamotiheys vaihtelee HSO:n sähköverkossa 1,1–1,4 kpl/km.

TAULUKKO 7. Asiakkaiden ja KJ-johtojen jakautuminen sähköasemittain

Sähköasema	Asiakkaiden jakautuminen [%]	Avojohtoa [%]	PAS- johtoa [%]	Maakaapelia [%]	Muuntamo- tiheys [kpl/km]
Haukipudas	54 %	59 %	19 %	22 %	1,4
Kello	22 %	53 %	25 %	21 %	1,3
Häyryseniemi	23 %	78 %	15 %	6 %	1,1

7.2.1 Haukiputaan sähköasema

Haukiputaan sähköasemalta syötetään Haukiputaan keskustan ja Asemakylän asemakaava-alueita. City-luokituksen johtolähtöjä on keskustan asemakaava-alueita ja teollisuusaluetta syöttävissä verkoissa. Haukiputaan sähköasemalta lähtevistä johdoista puolet on maaseutulähtöjä. Johtotyypit lähdeittäin on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Haukiputaan sähköaseman johtolähdöt

Lähtö	Lähdön tyyppi	Avojohtoa [%]	PAS-johtoa [%]	Maakaapelia [%]
J04	City	0 %	0 %	100 %
J05	Maaseutu	93 %	5 %	2 %
J06	Maaseutu	36 %	51 %	14 %
J08	Maaseutu	69 %	15 %	16 %
J09	Maaseutu	75 %	14 %	11 %
J10	Taajama	21 %	45 %	34 %
J12	Taajama	23 %	42 %	35 %
J13	Maaseutu	0 %	86 %	14 %
J23	City	2 %	0 %	98 %
J24	City	8 %	9 %	83 %
J29	Maaseutu	76 %	0 %	24 %
J31	Taajama	1 %	45 %	54 %

7.2.2 Kellon sähköasema

Eteläisimmältä Kellon sähköasemalta syötettävä suurin asemakaava-alue on Kellon Kiviniemi. Johtolähdöt luokitellaan suurimmaksi osaksi maaseutu johtolähdöiksi. Taajamaluokituksen saavat Kiviniemeä ja Holstinmäkeä syöttävät johtolähdöt. Johtotyypit lähdöittäin näkyvät taulukossa 9.

TAULUKKO 9. Kellon sähköaseman johtolähdöt

Lähtö	Lähdön tyyppi	Avojohtoa [%]	PAS-johtoa [%]	Maakaapelia [%]
J03	Maaseutu	94 %	0 %	6 %
J07	Maaseutu	31 %	41 %	28 %
J08	Maaseutu	86 %	9 %	5 %
J09	Taajama	47 %	22 %	31 %
J10	Maaseutu	58 %	32 %	10 %
J11	Taajama	0 %	62 %	37 %

7.2.3 Häyrysenniemen sähköasema

Häyrysenniemen sähköasema on pohjoisin HSO:n sähköasemista ja sieltä syötetään Martinniemen asemakaava-aluetta. Lähdöittäiset kaapelointiasteet ovat

jakeluverkkoalueen pienimmät Häyrysenniemen sähköaseman syöttämässä verkossa. Johtotyypit lähdöittäin on esitetty taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Häyrysenniemen sähköaseman johtolähdöt

Lähtö	Lähdön tyyppi	Avojohtoa [%]	PAS-johtoa [%]	Maakaapelia [%]
J04	Maaseutu	85 %	14 %	1 %
J06	Maaseutu	51 %	33 %	16 %
J07	Maaseutu	93 %	3 %	4 %
J08	Maaseutu	35 %	64 %	1 %
J09	Maaseutu	57 %	29 %	14 %

8 SUUNNITTELUKRITEERIEN TARKENTAMINEN

Tällä hetkellä verkkosaneerauksia tehdään pääosin asemakaava-alueiden saatamiseksi toiminnan laatuvaatimusten mukaisiksi. Tässä työssä selvitettiin valituille alueille toimenpiteet, joiden avulla saavutetaan sähkömarkkinalain mukaiset vaatimukset. Verkkotietojärjestelmällä saadaan eroteltua asemakaava-alueilla olevat asiakkaat kullekin alueelle. Jakelumuuntajan sijainti määrittää yleensä sen, kuuluuko muuntopiiri asemakaavaluokitukseen vai ei. Jakeluverkkoalueella olevien muuntopiirien tiedot koottiin yhtenäiseksi Excel-tiedostoksi, jossa on esitettyä muun muassa alueluokitukset, asiakasmäärät, PJ-johtopituudet, PJ-kaapelointiasteet ja ikätiedot. Energiavirasto on määrännyt osan kehittämissuunnitelmien tiedoista salaisiksi (Energiavirasto 2016, 3). Tässä työssä ei julkaista esimerkiksi investointikustannuksia eikä käyttöpaikkojen tai johtojen määrätietoja, jotka saatetaan laatuvaatimusten mukaisiksi eri ajanjaksoina.

8.1 Suunnittelukriteerien tarkentamisen lähtökohdat

Keskijännite- ja pienjänniteverkkoa sekä muuntamoita on aiheellista tarkastella sopivina kokonaisuuksina suunnittelualueittain. Suunnittelualueet on määriteltävä ennen ensimmäisen kehittämissuunnitelman tekoa ja suunnittelukriteerit tarkennettiin samoille alueille. Tällä tavalla alueittain määritetyt suureet ovat hyvin vertailukelpoisia. Investoinnit on kohdistettava oikeisiin osiin jakeluverkkoalueella. Jatkuvasti on huomioitava se, ettei jotain osa-aluetta korosteta liikaa vaan pysytellään HSO:n laatimassa strategiassa. Näin saavutetaan vahva luottamus sähköverkkoon tulevaisuuden koettelemuksia varten.

Jakeluverkon kehittämisessä noudatettavat tärkeimmät strategiat on määriteltävä ensimmäisessä EV:lle 2014 toimitetussa kehittämissuunnitelmassa. Lähtökohdanna suunnittelukriteerien tarkentamiseen käytettiin EV:lle jo toimitettuja käyttöpaikkojen ja johtomäärien tietoja. Rakenteellisesti laatuvaatimukset täyttävää verkkoa on maakaapeliverkko tai ilmajohtoverkko aukealla paikalla. Haukiputaan Sähköosuuskunnan jakeluverkosta laatuvaatimukset täyttävän verkon osuus vuonna 2016 oli 77 % keskijänniteverkossa ja 79 % pienjänniteverkossa.

Sähkömarkkinalain 119. §:n 50 %:n ja 75 %:n väliaikatavoitteiden mukaan vapaa-ajan asunnoille ei tarvitsisi soveltaa 36 tunnin maksimikeskeytysaikaa. HSO:lla määritellään silti suunnittelukriteereihin myös osalle vapaa-ajan kohteista samanlainen 36 tunnin enimmäiskeskeytysaika kuin muualla asemakaava-alueen ulkopuolella. Tällä tavalla, kun huolehditaan väliaikatavoitteiden toteutumisesta erotelematta vapaa-ajanasuntoja, päästään helpommin lopulliseen tavoitteeseen 31.12.2028 mennessä. Tilastokeskuksen (2015) mukaan vuonna 2015 Haukiputaan alueilla oli kesämökkejä yhteensä noin 800 (liite 1). Uusissa suunnitelmissa säävarmoina verkkorakenteina pidetään pääasiassa maakaapeleita ja joissakin tapauksissa avoimilla paikoilla sijaitsevia ilmajohtoja.

8.2 Suunnittelukriteerien toteutuminen asemakaava-alueilla

Voimassa olevilla asemakaava-alueilla toteutuu tietyiltä osin jakeluverkon toiminnalle asetetut laatuvaatimukset. Haukiputaalla on parhaillaan käynnissä asemakaava-alueilla verkonrakennustyömaita, joiden seurauksena saadaan loputkin asemakaava-alueiden sähkönkäyttöpaikat vaatimusten mukaisiksi määräaikoihin mennessä. Kun asemakaava-alueet on saatu maakaapeloitua laatuvaatimusten mukaisiksi, saadaan helpommin uudetkin asiakkaat heti liittymisvaiheessa säävarman verkon piiriin, kunhan suunnittelu on toteutunut huolellisesti aikataulussa. Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin Kellon Kiviniemen, Haukiputaan keskustan ja Martinniemen jakeluverkkoalueita.

8.2.1 Asemakaava-alue 1: Kellon Kiviniemi

Kiviniemen alueesta saatiin oleelliset tiedot DMS:n tietokannasta, jossa on eroteltuna kaikki siellä sijaitsevat muuntopiirit, johto- ja asiakastiedot. Laskennassa käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa hyödyntäen muun muassa SUMMA.JOS.JOUKKO- ja LASKE.JOS.JOUKKO-funktioita. Näin saatiin lasketua asiakas- ja johtomäärät tyypeittäin. Ilmajohtoverkon maakaapeloinnin suunnitteluun haettiin PJ-verkosta kaikkien ilmajohtojen tyypit ja määrät eriteltyinä. Asemakaava-alueilla tästä on paljon hyötyä, koska siellä lähes kaikki ilmajohtot korvataan maakaapeleilla. Kiviniemi on asukasmäärältään suurin Haukiputaan asuinalueista heti Haukiputaan keskustan jälkeen. Kiviniemen postinumeroalueella sijaitsee yhteensä noin 1200 asuntoa (Tilastokeskus 2015). Muuntopiirejä

on yhteensä noin kaksikymmentä. Yli puolet Kiviniemen alueen KJ-verkosta on maakaapeloitu. Kiviniemen alueen keskijänniteverkkokartta näkyy kuvassa 9. Pienjänniteverkossa kaapelointitilanne on parempi. Kaikista pienjännitejohdoista noin 87 % on maakaapeloitu.

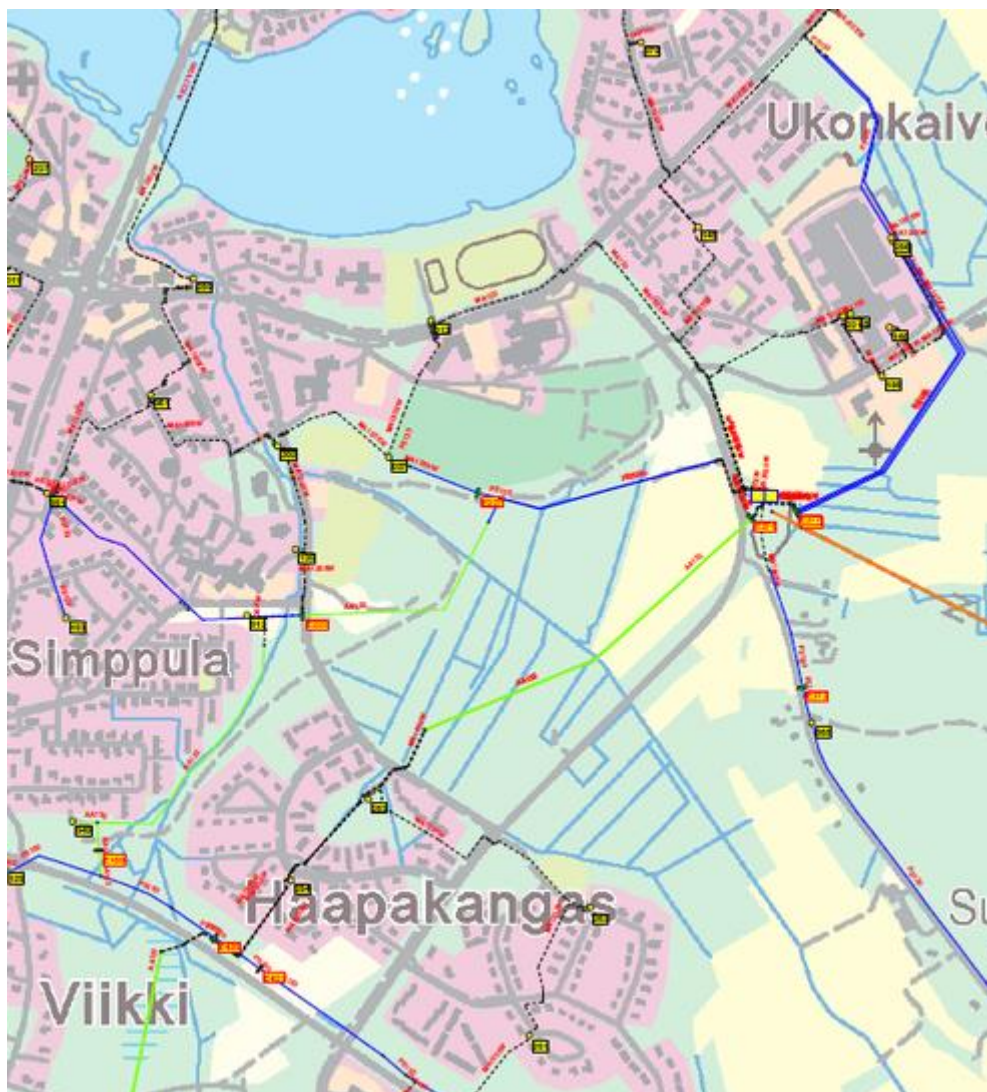


KUVA 9. Kellon Kiviniemen keskijänniteverkkoa

8.2.2 Asemakaava-alue 2: Haukiputaan keskusta

Haukiputaan keskusta jaotellaan HSO:n suunnittelualueissa itäiseen (kuva 10) ja läntiseen (kuva 11) alueeseen. Keskustan alueilta eriteltiin siellä sijaitsevat muuntopiirit, johto- ja asiakastiedot. Excelin laskentafunktioita hyödyntämällä saatiin vastaavasti laskettua asiakas- ja johtomäärät tyypeittäin. PJ-verkosta selvitetiin ilmajohtoverkon maakaapeloinnin suunnitteluun kaikkien ilmajohtojen tyypit ja määrät. Keskustan alueella KJ-verkkoa on jo maakaapeloituna paljon

sähköasemalta saakka. Haukiputaan keskusta on asukasmäärältään suurin Haukiputaan asuinalueista. Siellä sijaitsee yhteensä noin 3500 asuntoa (Tilastokeskus 2015). Muuntopiirejä on yhteensä noin viisikymmentä. Keskusta-alueen KJ-verkosta on maakaapeloitu reilusti yli puolet. Keskustan itäisen alueen keskijänniteverkkokartta näkyy kuvassa 10 ja keskustan läntisen alueen kuvassa 11. Pienjänniteverkossa maakaapelointitarve on huomattavasti vähäisempi. Kaikista pienjännitejohdoista noin 94 % on maakaapeloitu.



KUVA 10. Haukiputaan keskustan itäpuolen keskijänniteverkkoa

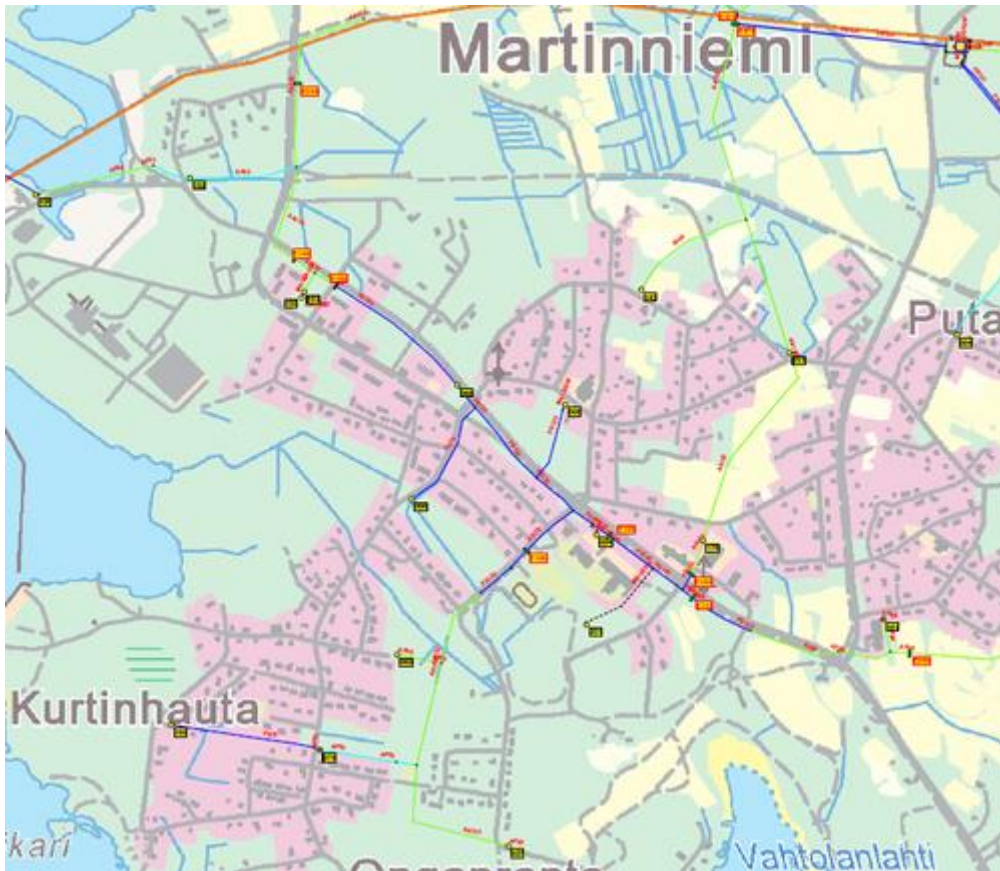


KUVA 11. Haukiputaan keskustan länsipuolen keskijänniteverkkoa

8.2.3 Asemakaava-alue 3: Martinniemi

Viimeisenä tarkasteltiin jakeluverkkoalueen pohjoisinta Martinniemen asemakaava-alueita. Asiakas- ja johtomäärät koottiin Exceliin tietokannasta saadusta datasta. PJ-verkosta haettiin ilmajohtoverkon maakaapeloinnin suunnittelua varten kaikkien ilmajohtojen määrätiedot kaikille johtotyypeille. Martinniemen alue on asukasmäärältään merkittävä asuinalue Haukiputaalla. Alueella on yhteensä noin 1000 asuntoa (Tilastokeskus 2015). Muuntopiirejä alueella on noin kaksikymmentä. Keskijänniteverkkokartta Martinniemen alueelta näkyy kuvassa 12. Martinniemessä KJ-verkon rakenne on ilmajohtovaltaisissa työssä tarkastelluista

asemakaava-alueista. PJ-verkon maakaapelointitarve on oleellisesti vähäisempi. Maakaapelointiaste pienjänniteverkossa on noin 68 %.



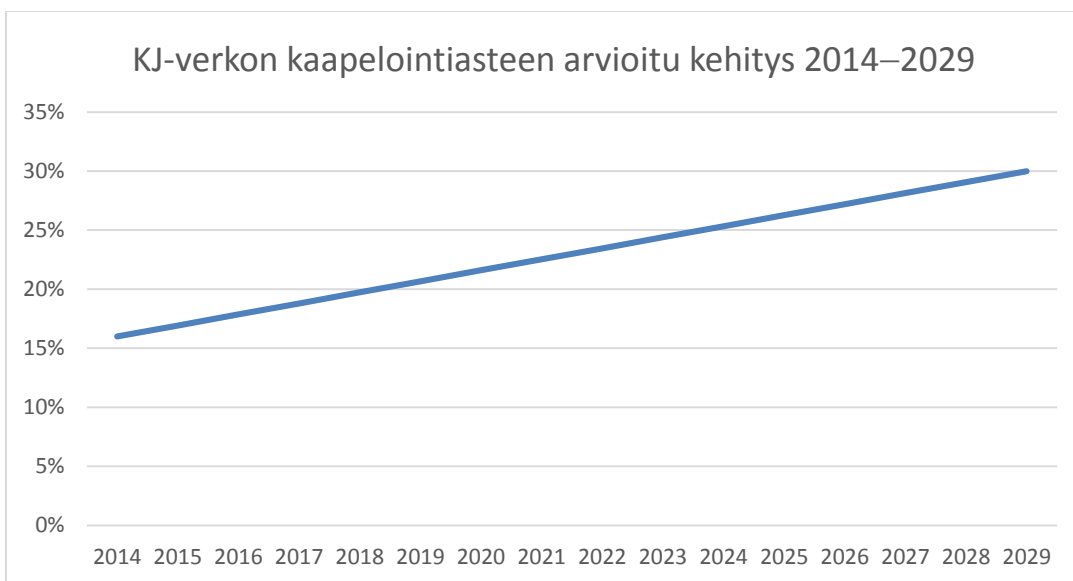
KUVA 12. Martinniemen keskijänniteverkkoa

8.3 Suunnittelukriteerien toteutuminen asemakaavan ulkopuolisilla alueilla

Pienjänniteavolinjojen saneeraustarpeet korostuivat tärkeimpänä osa-alueena. Niiden määrä- ja sijaintitiedot saatiin haettua tietokantakyselyillä verkkotietojärjestelmästä. Näin voitiin priorisoida investointitarpeet oikeisiin muuntopiireihin ja saatiin tarkennettua niiden merkitys jakeluverkkoalueella. Keskijänniteverkossa tilanne on hyvä, koska lähes kaikki ilmajohtot ovat rengasverkossa ja erottimia on sijoitettu kattavasti tarvittaviin paikkoihin. Asemakaavan ulkopuolisten alueiden saneerausaikataulu on määritelty siten, että toiminnan laatuvaatimukset saavutetaan määräaikaan mennessä.

8.4 Toimenpiteet suunnittelukriteerien toteuttamiseen

Käyttöpaikkojen lukumääristä, jotka siirretään laatuvaatimusten mukaisiksi määräaikoina, laadittiin kehittämissuunnitelmaa täydentävä taulukko. Taulukosta selviää lisäksi edelletyt kaapelointitarpeet ja muuntamoiden keski-iat alueittain. Ku-
vissa 13 ja 14 on esitetty keskijännite- ja pienjänniteverkon arvioitu kaapelointi-
asteen kehitys aikavälillä 1.1.2014–1.1.2029. Aiempien kehittämissuunnitelmien
tietoihin perustuen tehtiin kootut raportointitaulukot, joita tullaan pitämään ajan-
tasalla.



KUVA 13. Keskijänniteverkon kaapelointiasteen arvioitu kehitys 2014–2029



KUVA 14. Pienjänniteverkon kaapelointiasteen arvioitu kehitys 2014–2029

Etenkin asemakaava-alueita syöttävien lähtöjen ilmajohtojen tarkoilla sijaintiluokituksilla (pelto, tienvierusta, metsä) saataisiin suunnittelukriteeriksi sallittu ilmajohtomäärä kaikilla sijaintiluokilla, joilla säävarmuuskriteerit vielä täytetään. KAH-arvojen tarkastelu tehtiin käyttöpaikkakohtaisen laskentasovelluksen tuloksia analysoimalla. Suunniteltujen keskeytysten määrä on saatu pysymään hyvin alhaisena asemakaava-alueilla. Tähän on päästy hyödyntämällä varayhteyksiä ja erottimia tehokkaasti. Syöttävän verkon ilmajohtovaltaisuuden takia vikakeskeytyksistä ja jälleenkytkennöistä aiheutuva haitta vaikuttaa silti vielä osaan asemakaava-alueista.

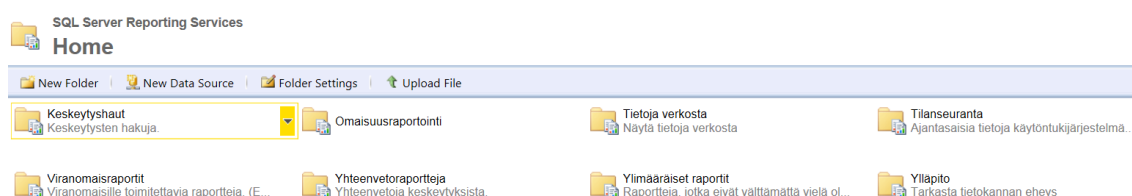
Asemakaava-alueilla, jotka kuuluvat kuuden tunnin keskeytysaikavaatimukseen, toteutetaan lähes täydellinen maakaapelointi. Loputkin PJ-avojohtot korvataan maakaapeleilla tai AMKA-rakenteilla. Asemakaava-alueilta löytyi vain yksi lyhyt osuus PJ-avojohtoa, joka saneerataan lähitulevaisuudessa. Uudet asemakaavan ulkopuolelle rakennettavat ilmajohtorakenteet sijoitetaan hyvin luokse päästäviin paikkoihin sekä mahdollisuuksien mukaan teiden varsille.

9 KEHITTÄMISSUUNNITELMIEN RAPORTOINNIN HALLINTA

9.1 Verkkotietojärjestelmä DMS 600

Verkoston suunnittelussa hyödynnetään erilaisia verkkotietojärjestelmiä. Nykyisin ne perustuvat karttapohjaisiin ratkaisuihin, joissa verkon komponentit on esitetty karttapohjan päällä. Verkkotiedot muodostavat yhtenäisen tietokannan, jota voidaan hyödyntää monilla eri sovelluksilla. Verkkotietojärjestelmissä on arvokasta tietoa muun muassa johto- ja asiakasmääristä sekä energiankäytöstä. (Lakervi – Partanen 2008, 265–268.)

Haukiputaan Sähköosuuskunnalla on käytössä ABB:n Integra DMS600 verkkotietojärjestelmä (VTJ). Verkkotietojen hallintaa tehdään DMS600NE-ohjelmalla ja jakeluverkon käyttöä valvotaan DMS600WS:lla. Tässä työssä havaittiin merkityksille, miten kattavasti raportteja on saatavissa verkkotietojärjestelmästä. Nykyisten kehityssuunnitelmien mukaisia vaatimuksia ei ole osattu huomioida kaikilta osin vanhemmissa verkkotietojärjestelmissä. Työn yhteydessä oli välttämätöntä selvittää tarpeelliset tiedot jakeluverkosta SQL-tietokantakyselyillä (kuva 15). Niiden avulla saatiin selville riittävällä tarkkuudella suunnittelukriteerien tarkentamiseen vaaditut verkkotiedot.



KUVA 15. SQL-tietokantakyselysovellus (Haukiputaan Sähköosuuskunta 2016b)

9.2 Raportoinnin kehittäminen

HSO:n tavoitteena on ylläpitää jatkuvasti ajan tasalla olevaa raportointijärjestelmää, josta saadaan tulevaisuuden tarpeet huomioivat raportoinnit laadittua. Nykyisellään DMS600:sta voidaan hakea tietokantakyselyillä asiakas- ja PJ-johtotiedot kaikille asemakaava-alueille. Tällä hetkellä kehittämissuunnitelmiin ei saada automatisoidusti DMS600:sta johtomäärätietoja keskijänniteverkosta asemakaava-alueilta. Erilaisten määritysten kuten tarkkojen asemakaava-alueiden

rajojen tarkentaminen verkkotietojärjestelmään olisi tärkeää, jotta helpotettaisiin tulevaisuuden kehittämissuunnitelmien raportointia. Tällöin järjestelmässä olisi koko ajan päivitetty tiedot eriteltynä kaikista jakeluverkonhaltijan määrittämistä asemakaava-alueista ja muista alueista. Jatkossa kun saadaan käyttöön yhä älykkäämpiä verkkotietojärjestelmiä, helpotetaan ajan tasalla olevaa raportointia huomattavasti.

10 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli koota kehittämissuunnitelmaan liittyvät oleelliset tiedot jakeluverkosta yhdeksi kokonaisuudeksi, jonka avulla voidaan jatkossa helpottaa uusien kehittämissuunnitelmien laatimista. Taustamateriaaleina hyödynnettiin jo tehtyjä kehittämissuunnitelmia sekä sähköverkostosuunnittelijoiden laatimia dokumentteja. Opinnäytetyön tekoa ohjasivat Haukiputaan Sähköosuuskunnan aiemmin asettamat suunnittelukriteerit sekä Energiaviraston määräykset. Ensin selvitettiin toimitusvarmuuden kannalta oleelliset tiedot jakeluverkon nykytilasta. Tämän jälkeen tutkittiin, miltä osin suunnittelukriteerien tavoitteet on saavutettu sekä millä osa-alueilla vaaditaan toimenpiteitä.

Nyky suunnittelussa kiinnitetään aina huomiota sähkömarkkinalain edellyttämiin asioihin, koska kaikkien jakeluverkkoyhtiöiden on varauduttava kaikenlaisiin ennalta-arvaamattomiin sääolosuhteisiin. Työssä havaittiin merkitys sille, kuinka tärkeää on huomioida toimitusvarmuuskriteerit jakeluverkon suunnittelussa. Merkitys korostuu niin sähkönkäyttäjän kuin sähkömarkkinalainkin kannalta. Tulevaisuudessa Haukiputaan Sähköosuuskunnan asiakkaat voivat nauttia yhä häiriötömämmästä sähkön siirrosta.

Työn aikana saatiin hyvin selville suunnittelualueittain vaadittavat toimenpiteet. Lisäksi määritettiin kaikille alueille toteutusjärjestys ja kriittiset kehityskohteet. Vähemmälle huomiolle työssä jäivät johtojen ympäristötietoihin liittyvät kehitysnäkökohdat. Jatkokehitysideana olisi raportointisovelluksen hyödyntäminen johtojen ympäristöluokitusten ajan tasalla pitämiseksi.

LÄHTEET

- Elovaara, Jarmo – Haarla, Liisa 2011. Sähköverkot 1. Järjestelmätekniikka ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Otatiето
- Haukiputaan Sähköosuuskunta. 2011. Sähköverkon kehittämissuunnitelma. Salainen.
- Haukiputaan Sähköosuuskunta. 2016a. Säävarman sähkönjakeluverkon suunnitteluperusteet. Salainen.
- Haukiputaan Sähköosuuskunta. 2016b. Verkkotietojärjestelmä DMS 600. Salainen.
- Karttatie. Oulun seudun karttapalvelu. 2017. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Saatavissa: <https://kartta.ouka.fi/IMS/?layers=Asema-kaava%20Oulu&cp=7230272,467680&z=16>. Hakupäivä 7.3.2017.
- Keskeytystilasto 2014. 2014. Energiateollisuus. Saatavissa: http://energia.fi/files/607/Keskeytystilasto_2014.pdf. Hakupäivä 16.1.2017.
- Keskeytystilasto 2015. 2015. Energiateollisuus. Saatavissa: http://energia.fi/files/1334/Keskeytystilasto_2015.pdf. Hakupäivä 16.1.2017.
- Lakervi, Erkki – Partanen, Jarmo 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatiето.
- Määräys sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelmasta. 2013. Energiavirasto. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/Energiaviraston+m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys+s%C3%A4hk%C3%B6njakeluverkon+kehitt%C3%A4missuunnitelmasta2.pdf/6e6e4d2b-863d-4fc5-bb73-ab55d2594918>. Hakupäivä 16.6.2016.
- Oulun kaupungin tilastollinen vuosikirja 2015. 2016. Oulun kaupunki. Saatavissa: http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=61423a5e-5089-4d84-9a74-b7d60786f3cf&groupId=50085. Hakupäivä 6.2.2017.

Oulun suuralue- ja kaupunginosajako 1.1.2013 alkaen. 2013. Oulun kaupunki. Saatavissa: http://www.ouka.fi/image/image_gallery?uuid=2b0eb971-6cf5-42bb-a528-23ecd48c4f72&groupId=50085&t=1357733689556. Hakupäivä 27.1.2017.

Rakennukset ja asunnot 2015. 2015. Tilastokeskus. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto/Postinumeroalueittainen_avoin_tieto__2017/paavo_6_ra_2017.px/?rxid=ef2b625e-05ce-4fa8-bed5-23c99af7d8c3. Hakupäivä 6.2.2017.

SA 5:94.1994. Keskijänniteverkon sähköinen mitoittaminen. Verkostosuositus. Sähköenergialiitto ry.

SFS-EN 50160. 2010. Yleisestä jakeluverkosta syötetyn sähkön jänniteominaisuudet. Oppilaitoslisenssi. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Suomen sähkövoimajärjestelmä. 2016. Fingrid. Saatavissa: <http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx>. Hakupäivä 6.1.2017.

Sähkömarkkinalaki 588/2013.

Sähkön toimitusvarmuus 2030. Jakeluverkon suunnitteluperusteet. Suositus 2010. 2010. Energiateollisuus. Saatavissa: http://energia.fi/files/733/Sahkon_toimitusvarmuus_2030_Suositus_20100827.pdf. Hakupäivä 16.1.2017.

Sähkönjakeluverkon kehittämissuunnitelmasta annetun määräyksen ja tähän liittyvien sähkömarkkinalain säännösten tulkintaohje. 2016. Energiavirasto. Saatavissa: https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Tulkintaohje+2016_05_02.pdf/e13c8be5-bd39-4e0b-89eb-fd8667087e0e. Hakupäivä 17.8.2016.

Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys, sähköverkon toimitusvarmuus ja valvonnan vaikuttavuus 2016. 2017. Energiavirasto. Saatavissa: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/S%C3%A4hk%C3%B6verkkoliiketoiminnan+kehi>

tys+s%C3%A4hk%C3%B6verkon+toimitusvarmuus+ja+valvonnan+vaikuttavuus+2016.pdf/7a6c1c7a-219e-48b0-bf57-e4bc550e98ea. Hakupäivä 16.2.2017.

Varautumisen kehitystarpeet turvallisessa yhteiskunnassa. 2016. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Saatavissa: http://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/12_Varautumisen+kehitystarpeet+turvallisessa+yhteiskunnassa.pdf/bb4b6c20-173a-451e-8cfa-73c657fc2b70?version=1.0. Hakupäivä 3.8.2016.

Verkon rakenne. 2016. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkoverkko/verkon-rakenne>. Hakupäivä 16.1.2017.

Vuosikertomus 2015. 2015. Haukiputaan Sähköosuuskunta. Saatavissa: http://www.hso.fi/tiedostot/HS_vuosikertomus2015.pdf. Hakupäivä 6.1.2017.

Postinumeroalue	Rakennukset yhteensä	Asuinrakennukset yhteensä	Kesämökityhteensä	Asunnot	Pientaloasunnot	Kerrostaloasunnot
90810 Kiviniemi	949	876	172	1169	1090	79
90820 Kello	1364	1166	138	1248	1232	16
90830 Haukipudas	2348	2095	130	3564	2972	592
90840 Haukipudas	677	616	296	693	689	4
90850 Martinniemi	847	801	31	962	855	107
90860 Halosenniemi	254	235	55	226	226	0