



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MIKKO REUNANEN  
KOLMANNEN OSAPUOLEN AIHEUTTAMAT KAAPELIVAURIOT -  
NIIDEN OPERATIIVINEN JA TALOUDELLINEN VAIKUTUS JAKE-  
LUVERKKOYHTIÖSSÄ

Diplomityö

Tarkastaja: Professori Pertti Järventausta  
Tarkastaja ja aihe hyväksytty Tieto- ja  
sähkötekniikan tiedekuntaneuvoston ko-  
kouksessa 27.9.2017.

## TIIVISTELMÄ

**REUNANEN, MIKKO:** Kolmannen osapuolen aiheuttamat kaapelivauriot – niiden operatiivinen ja taloudellinen vaikutus jakeluverkkoyhtiössä

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 74 sivua, 14 liitesivua

Lokakuu 2017

Sähkötekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Sähköverkot ja -markkinat

Tarkastaja: professori Pertti Järventausta

Avainsanat: kaapelivaurio, vaurion ehkäisy, toimitusvarmuusinvestointi, vikatiheys, sähkönjakeluverkkoyhtiö, ulkopuoliset katkon aiheuttajat

Sähköverkkojen toimitusvarmuuteen on 2000-luvun suurhäiriöiden jälkeen investoitu yhä kiihtyvällä tahdilla. Vuonna 2013 muutettu sähkömarkkinalaki onkin määritellyt sähköverkkojen toimitusvarmuuden parantamisen ehdot vuodelle 2028 asti. Investoinnit vievät ilmajohtoverkkoa säältä suojaan maan alle kaapeliverkoksi, mutta kaapelointi tuo mukanaan omat haasteensa. Siinä missä ilmajohtoverkko on ollut helposti nähtävillä ja varottavissa, kaapeliverkon havaitsemiseen tarvitaan sijaintikartat ja mahdollisesti kaapelipeilaukset. Sähkömarkkinalaista seuranneet toimitusvarmuusinvestoinnit ovat asettaneet verkkoyhtiöille ja investointeja tekeville urakoitsijoille tiukkoja aikataulupaineita, mikä on ajoittain heijastunut verkoston dokumentoinnin tarkkuuteen.

Tämän diplomityön tarkoituksena on analysoida kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden taloudellista ja operatiivista vaikutusta jakeluverkkoyhtiöön. Kolmannella osapuolella tarkoitetaan tässä työssä niitä maanrakentajia ja toimijoita, jotka eivät liity työn tilaajaorganisaation Caruna Oy:n verkostotöihin. Kolmannen osapuolen työt ovat siis lähtökohtaisesti muita infrarakennustöitä, kuten kadunrakentamista tai viemäriverkostotöitä.

Työn teoriaosuudessa tarkastellaan sähkönjakelun liiketoimintaan liittyvää lainsäädäntöä ja säätelyä, sähköverkkoyhtiön ostopalveluja ja asiakaskokemusta sekä kaapeleiden teknisiä ominaisuuksia. Empiria kerättiin erilaisten haastattelujen, kenttätutkimuksen ja havainnoinnin avulla. Tutkimustyö rajattiin koskemaan Caruna Espoo Oy:n sekä Caruna Oy:n Lounais-Suomen ja Keski-Uudenmaan verkkoalueita.

Työssä luotiin haastattelujen ja havaintojen pohjalta Carunan nykyisille vika- ja reklamaatioprosesseille kosketuspistekartat. Haastatteluissa selvitettiin tyypillisimpiä ulkopuolisen aiheuttamia kaapelivauriotapauksia ja tilanteita, joissa niitä syntyy. Sijaintipalveluihin ja kaapelinäyttöihin liittyviin haasteisiin etsittiin ratkaisuja haastatteleamalla sekä kunnallista että yksityistä sijaintipalveluntarjoajaa. Mallinnettujen kosketuspistekarttojen pohjalta luotiin uusi toimintamalli vikatehtävien laskutusreklamaatioiden ehkäisemiseksi ja ostopalveluna toteutetun sijaintipalvelutoiminnan kehittämiseksi. Työnoleellisimpana tuloksena havaittiin kaapelivaurioiden riippumattomuus suojaustavasta. Lisäksi työn tuloksena voidaan sanoa kouluttamisella ja tietoisuudella olevan merkitystä kaapelivaurioiden ennaltaehkäisyssä.

## ABSTRACT

**REUNANEN, MIKKO:** Underground cable faults caused by external factor – their operative and financial influence in a distribution company

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 74 pages, 14 Appendix pages

October 2017

Master's Degree Programme in Electrical Engineering

Major: Power Systems and Market

Examiner: Professor Pertti Järventausta

**Keywords:** underground cable fault, fault prevention, external factor causing faults, failure rate, DSO, reliability investment

After the major disturbances in the 21<sup>st</sup> century, DSOs have started to invest in reliability of electricity distribution at accelerated pace. In 2013, the amended electricity market act has defined the conditions for improving the security of electricity distribution to 2028. By reliability investments the overhead lines are secured from weather conditions as underground cables but cabling causes challenges as well. Where overhead lines has been easily cautious, the cable network needs to be detected by location maps and cable mirroring. The reliability investments followed by the electricity market act have set tight scheduling pressures for DSOs and investment contractors, which has been partly reflected in the accuracy of cable asset documentation.

The purpose of the Master's thesis is to analyze the financial and operational influence of cable damaging in DSO caused by an external factor known as third party. In this research, the external factor stands for constructors and other operators who are not involved in the client company Caruna's network projects. Hence, operations by external factor denote other construction projects like building infrastructure or sewage systems.

From the theoretical point of view, the thesis reviews the legislation and regulation related to electricity distribution business, purchasing services in electricity DSO and customer experience as well as the technical characteristics of cables. Various interviews, field research and observation were conducted when studying empiricism. The research was delimited to the network asset areas of Caruna Espoo Ltd and Caruna Ltd's networks in Southwest Finland and Central Uusimaa.

In this research, contact point maps for Caruna's current fault and reclamation processes were created on the basis of the interviews and observations. The most common cases of cable damages caused by external factors, as well as the conditions damages occurred, were determined in the interviews. Solutions were sought for the challenges of location services and cable screening by interviewing both public and private location service providers. Based on the modeled contact point maps, a new operating model was proposed for the prevention of invoice reclamations and for the development of location service activities as a purchase service. The most important observation in the research was the independence of cable damages from the protection method. In addition, training and awareness were found to be crucial in preventing cable damaging.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö oli minulle poikkitieteellisyydessään erittäin mieleinen ja työn mahdollistamisesta haluan osoittaa kiitokseni Carunalla Jaana Varikselle, Kaj Storåsille ja Kimmo Vainiolalle. Työn aikana sain hyviä kehitysideoita, joista haluan osoittaa kiitoksen myös kollegoille, urakoitsijoille, sijaintipalvelun yhteyshenkilöille ja Helen Sähköverkkojen edustajille. Erittäin lämpimän kiitoksen haluan osoittaa työni tarkastajalle professori Pertti Järventaustalle hienosta yhteistyöstä kommentoinnin, ideoinnin ja aikataulujen osalta.

Matkaani yliopistoon ja sen läpi ovat tukeneet perheeni ja läheiset ystäväni, joita haluan kiittää moninaisesta tuesta niin hauskoina kuin työläämpinäkin aikoina. Teekkarielämästä Tampereen Hervannassa jäi käteen runsaasti kadunteekkarien viisauksia ja haluankin lausua kiitosjuliustuksen erälle matkalle osallistuneille: Det är dags att Stig om bord, you all highest Aces! Diplomityönkin aikana viitoitte kohti oikeaa tietä ja muistuttitte ravitsemisen tärkeydestä.

Suurimmasta ja ympärivuorokautisesta tuesta kiitän läheistä ystävääni Jarnoa, joka vekkulina trubaduurina työnsi eteenpäin koulutehtävissä ja tarvittaessa jakoi sohvapaikan rankan harkkatyön jälkeen. Mukana oli usein myös eräät Karhulinnan kasvatit, tunnistatte itsenne varmasti edellä mainituista esimerkeistä.

Viimeisenä haluan osoittaa kunnioitukseni ja syvimmät lämpöni rakkaalle puolisololleni Elinalle, ketä pysyi tukenani kiukutteluista ja riemuitsemisistä riippumatta. Arvostan erityisesti antamaasi kannustusta vaihto-opintoihini ja antamaasi tilaa kasvaa ihmisenä. Ilman pitkää pinnaasi ja neuvojasi niin oikolukujen kuin kehitysideoidenkin pohjalta diplomityöni tuskin olisi valmistunut näin sutjakkaasti.

Åååå, sääää...

Espoossa, 19.10.2017

Mikko Reunanen

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
1.1	Carunan yritysesittely.....	2
1.2	Tutkimuksen lähtökohdat.....	3
1.2.1	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus .....	5
1.2.2	Tutkimuskysymykset .....	6
2.	SÄHKÖVERKKOYHTIÖN LIIKETOIMINTA.....	7
2.1	Sähköverkkoyhtiön liiketoiminnan taustat.....	7
2.1.1	Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta.....	8
2.1.2	Regulaation vaikutus liiketoimintaan.....	9
2.2	Keskeytyksestä aiheutunut haitta .....	14
2.3	Ostopalvelut sähköverkkoyhtiössä.....	16
2.4	Asiakaskokemus monopolisoidussa liiketoiminnassa.....	16
3.	MAAKAAPELIJAKELUVERKON TOIMINTAYMPÄRISTÖ.....	17
3.1	Carunan investointiohjelmat ja verkostotyöt.....	17
3.1.1	Liiketoiminnan organisointi .....	18
3.1.2	Keskijänniteverkon investointiohjelmat .....	18
3.1.3	Pienjänniteverkon investointiohjelmat.....	19
3.2	Kaapeleiden tekniset toimintaperiaatteet .....	20
3.2.1	Maakaapeleiden rakenteet.....	20
3.2.2	Kaapeleiden vikaantumismekanismit ja vauriot .....	23
3.3	Kaapelinäytön merkitys.....	25
3.4	Kaapelinäytön toimintaperiaate.....	26
3.4.1	Kaapelinäyttö jännitteiselle kaapelille .....	27
3.4.2	Kaapelinäyttö jännitteettömälle kaapelille.....	27
3.4.3	Haasteet kaapelinäytössä.....	28
3.5	Kaapelinäyttöjen palveluntarjoajat.....	28
3.5.1	Kuntien omat kaapelinäytöt .....	28
3.5.2	Kaapelinäyttöpalvelu yksityiseltä yritykseltä .....	29
4.	KAAPELIVAURIOISTA AIHEUTUNEISIIN VIKOIHIN LIITTYVÄ OPERATIIVINEN TOIMINTA .....	31
4.1	Tutkimusmenetelmien esittely .....	31
4.1.1	Sidosryhmähaastattelut .....	32
4.1.2	Havainnointi ja kenttätutkimus .....	33
4.2	Kolmannen osapuolen aiheuttamat kaapelivauriot .....	34
4.2.1	Tyypillisimmät aiheuttajaosapuolet kaapelivaurioissa .....	34
4.2.2	Tyypillisimmät syyt vikatehtävälle ja kaapelivauriolle .....	35
4.2.3	Kaapelointiasteen vaikutus vikatilastoihin KJ-kaapeliverkossa ....	36
4.2.4	Vikatapahtumien taloudellinen vaikutus.....	41
4.3	Kaapelivauriot ja niiden laskutuksen nykytila Carunalla.....	46

4.3.1	Viankorjauksen laskutusprosessin kuvaus .....	47
4.3.2	Viankorjauksen jälkeinen reklamaatioprosessi .....	49
4.4	Reklamaatiolaskutusprosessin nykytilan haasteet.....	52
4.5	Kehitystarpeet reklamaatiolaskutusprosessille.....	52
5.	KAAPELIVAURIOIHIN LIITTYVIEN TOIMINTOJEN KEHITTÄMISTOIMENPITEET CARUNALLA.....	54
5.1	Kehitystoimenpiteet tarpeiden pohjalta.....	54
5.1.1	Kaapelivaurioihin liittyvät kehitystoimet.....	54
5.1.2	Reklamaatiolaskutuksen kehitystoimet.....	55
5.2	Kehitystoimien vaikutukset jakeluverkkoyhtiössä.....	57
5.2.1	Vaikutukset asiakaskokemukseen.....	58
5.2.2	Vaikutukset kustannuksiin .....	58
5.2.3	Vaikutukset kaapelivaurioiden määrään .....	60
5.2.4	Verkkotiedon paraneminen .....	61
5.2.5	Vauriotietojen tilastointi .....	62
5.2.6	Urakoitsijoiden työn laadun seuranta.....	63
5.2.7	Vaikutus reklamaatioiden määrään.....	63
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	64
6.1	Tutkimuskysymyksien vastaukset.....	64
6.2	Tutkimustyön päätelmät .....	66
6.3	Ratkaisuehdotuksia operatiiviseen toimintaan .....	66
6.4	Työn tulosten arviointi ja jatkotutkimusaiheet.....	67
6.5	Yhteenveto .....	68
	LÄHTEET.....	70

LIITE A: HAASTATTELURUNKO

LIITE B: KOSKETUSPISTEKARTTA VIKAPROSESSISTA

LIITE C: KOSKETUSPISTEKARTTA REKLAMAATIOLASKUTUKSEN NYKY-  
TILASTA

LIITE D: KOSKETUSPISTEKARTTA REKLAMAATIOLASKUTUKSEN UUDES-  
TA TOIMINTAMALLISTA

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

AJK	Aikajälleenkytkentä suoritetaan ilmajohto- tai sekaverkon vikaantumisessa pikajälleenkytkennän jälkeen ja sen kesto on noin 60 sekuntia
AHXAMK-WP	Keskijännitetasolla käytetty alumiinijohtiminen PEX-eristeinen vesitiivis Wiski Plain –maakaapeli.
AXMK	Pienjännitetasolla käytetty alumiinijohtiminen PEX-eristeinen halogeeniton voimakaapeli
CAP	Capital Asset Pricing kuvaa oman pääoman kustannusta
CITY	Suuret kaupunkikeskustat toimintaympäristönä
DMS	Käytöntukijärjestelmä ( <i>Distribution Management System</i> )
EV	Energiavirasto on Suomessa toimiva sääntelyviranomaisen
ET	Energiateollisuus ry on energia-alojen elinkeino- ja työmarkkinapoliittinen etujärjestö
HSE	Health, Security and Environment eli terveyteen, turvallisuuteen ja ympäristöön liittyvät tarkastelut
HSV	Helen Sähköverkko Oy, Helsingissä operoiva sähköverkkoyhtiö
KAH-kustannus	Keskeytyksestä aiheutunut haitta on sähkönjakelun keskeytyksen laskennallista haittakustannusta kuvaava mittari, jossa keskiössä on asiakkaille aiheutunut haitta
KJ	Keskijännite (jännitetaso $\leq 70$ kV)
Näyttöorganisaatio	Näyttöorganisaatio sisältää sijaintitietopalvelun ja kaapelinäyttöjen toimittamisen ja ne voivat tulla eri yrityksiltä
PJ	Pienjännite (jännitetaso $\leq 1$ kV)
PJK	Pikajälleenkytkentä suoritetaan ilmajohto- tai sekaverkon vikaantumisessa ja sen kesto on noin 0,4 sekuntia
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
WACC	Weighted Average Cost of Capital eli painotettu oman pääoman kustannus

# 1. JOHDANTO

Yhteiskunnan tullessa yhä riippuvaisemmaksi toimitusvarmasta sähköstä jokainen suunnittelematon katko tarkoittaa verkkoyhtiöille sanktiota keskeytyksestä aiheutuneesta haitasta ja vaikuttaa etenkin asiakastyytyväisyyteen. Asiakastyytyväisyydellä on huomattu olevan kasvavaa merkitystä monissa niin kilpailluissa kuin myös monopolisoiduissa liiketoiminnoissa. Asiakaskokemuksella on erityisen suuri vaikutus nykyisessä digitalisoituneessa ja vahvassa sosiaalisen median yhteiskunnassa päätöksentekijöihin ja sitä kautta myös regulaatioon. Monissa verkkoyhtiöissä kaapelointiaste kasvaa vuonna 2013 asetetun sähkömarkkinalain (588/2013) toimitusvarmuuskriteerien seurauksena, jolloin jakeluverkon potentiaaliset vikapaikat siirtyvät ilmajohdoilta maan alle kaapeliverkkoon. (Jaakkola 2017; Energiavirasto 2016)

Digitaalisen yhteiskunnan mukanaan tuomien teknologioiden ja valvottujen rakentamistöiden aikakautena voisi kuvitella työtapojen olevan turvallisia ja huoliteltuja. Vastavasti paine kustannustehokkuuteen ja toimintojen maksimointiin ovat ajaneet rakennustyömailla aikataulupaineet tiukalle, jolloin kiireessä saatetaan vahingoittaa sähkökaapeleita. Projektityöskentelyssä alueella toimivat maanrakentajat voivat vaihtaa tiheästi työmaita, jolloin perimätietoa ei pääse siirtymään ja tietoisuus sähköverkon vaaroista ja varoetäisyyksistä voi jäädä omaksumatta. Tässä työssä on tavoitteena analysoida kolmannen osapuolen aiheuttamia kaapelivaurioita operatiivisten ja taloudellisten näkökulmien osalta.

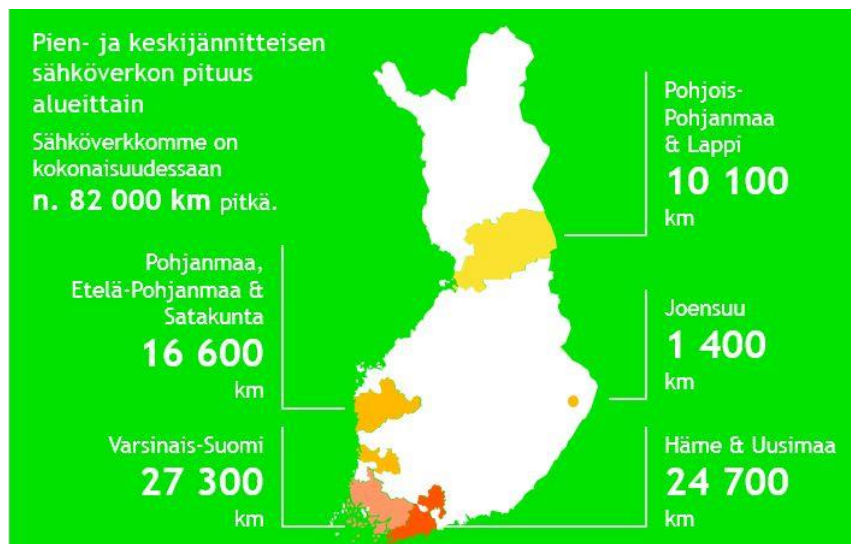
Tämä työn toimeksiantaja on Caruna Oy. Työn tavoitteena on tunnistaa kriittisimmät vika-alueet ja analysoida vikojen korjauskustannus- ja KAH-vaikutuksia sekä operatiivista vaikutusta jakeluverkkoyhtiöön. Vaurioiden syitä ja ehkäisemistä pohditaan tarkastelemalla ja vertailemalla niin Helen Sähköverkko Oy:n kuin Carunan Oy:n eri verkkoalueiden toimintatapoja. Kaapelivaurioiden vikaprosessista tehdään kosketuspistekartat ja pohditaan mahdollisia kehityskohteita niihin liittyen. Lopuksi esitellään toimenpidesuunnitelma vaurioiden ehkäisemiseksi, raportoimiseksi ja viankorjauskulujen läpilaskutusprosessin selkeyttämiseksi eri verkkoalueilla. Työssä esitetyt kuvat maastosta on otettu itse tai niiden julkaisemista on saatu lupa kuvanneelta urakoitsijalta.



## 1.1 Carunan yritysesittely

Carunan historia ulottuu vuoteen 1912, jolloin Karuna-Sauvo Sähkö perustettiin. 1990-luvulle siirryttäessä yrityksen nimenä toimi hetkellisesti Länsivoima Oy, ennen kuin se siirtyi Fortumin omistukseen. 2000-luvulla sähköverkot irtaannutettiin Fortum Oyj:stä Fortum Sähkönsiirto Oy:ksi ja vuonna 2006 mukaan liittyi E.ONin yrityskaupan myötä Fortum Espoo Distribution. Nykyiseen nimeen päädyttiin vuonna 2014 Suomi Power Networksin ostaessa Fortumin sähkönsiirtoliiketoiminnan Suomessa, ja yrityksen nimi päätettiin yhdistää alkuperäiseen sähköverkkoyhtiön kotipaikkakuntaan Karunaan. (Caruna 2017a) Tässä työssä Carunalla tarkoitetaan sekä Caruna Oy:n että Caruna Espoo Oy:n liiketoimintoja yhdessä tarkasteltuna.

Caruna on Suomen suurin sähkönsiirtoon keskittynyt yhtiö 21 prosentin markkinaosuudellaan Suomen paikallisessa sähkönsiirrosta. Caruna vastaa 664 000 yritys- ja yksityisasiakkaan sähkönjakelusta koko Suomen alueella. Sähkönjakelualueet sijaitsevat Pohjois-, Etelä-, Länsi- ja Lounais-Suomessa sekä Joensuussa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoon Leppävaarassa. Sähköverkon pituus on nykyisellään 82 000 kilometriä. (Caruna 2016a) Yhtiössä keskitytään neljään osa-alueeseen, joita ovat asiakkaat, verkko-omaisuus, toimintaympäristö ja yrityskulttuuri. Näitä osa-alueita hoidetaan yhteistyökumppaneiden kanssa sekä olemalla aktiivisesti vuoropuhelussa niin viranomaisten, kuntien, järjestöjen kuin maanomistajienkin kanssa. (Caruna 2016b; Caruna 2017a) Alla olevassa kuvassa 1 on esiteltyä Carunan verkkoalueet Suomessa. Carunan oma pääoma ja velat olivat vuonna 2016 yhteensä 3896 miljoonaa euroa sekä liikevaihto 384 miljoonaa euroa. (Caruna 2016b)



**Kuva 1.** Carunan verkkoalueet Suomessa (muokattu lähteestä Caruna 2017a)

Sähköverkon rakentamista Carunalla ohjaa sähkömarkkinalain lisäksi myös verkon ikärakenne ja kasvu uusien liittymien sekä yhteiskunnan perusinfrastruktuurin kehittymisen myötä. Kehitystyön on oltava pitkäjänteistä, sillä sähköverkon pitoaika on 40–50

vuotta ja tulevaisuudennäkymät liittyen liikenteen sähköistämiseen sekä hajautetun pientuotannon lisääntymiseen on otettava huomioon. (Caruna 2016b)

Laajojen ja kokonaisvaltaisten investointien taustalla on sähkömarkkinalain edellyttämän säävarmuuden lisäämisen lisäksi nykyisen verkon pitoajan lopun lähestyminen. Verkon toimitusvarmuusinvestoinnit tehdään järjestyksessä asiakasvaikutuksen mukaan, jolloin järjestys määräytyy asiakkaiden kokeman hyödyn suhteen. Verkon parannusinvestoinnit toteutetaan laajoina kokonaisuuksina, jolloin voidaan optimoida materiaalihankintojen ympäristölliset sekä tekniset puitteet.

Vuonna 2016 Caruna rakensi pien- ja keskijänniteverkkoa (0,4 kV ja 20 kV) kokonaisuudessaan noin 4566 kilometriä ja saman vuoden lopussa koko verkon kaapelointiaste oli 40 prosenttia. Pääpainona verkonparannushankkeissa oli keskijänniteilmajohtoverkon saneeraus ja niiden myötä siirrettiin noin 30 000 Carunan asiakasta luotettavamman sähköjakelun piiriin. Sähköverkon investointeihin vuonna 2016 käytettiin 238 miljoonaa euroa ja tavoitteena on vuoteen 2028 mennessä saattaa 100 prosenttia asiakkaista sähkömarkkinoiden velvoittaman toimitusvarmuuden piiriin. (Caruna 2016b; Caruna 2017a) Velvoitettuun toimitusvarmuuteen kuuluu säävarma verkko, jossa sähköverkon keskeytyksien maksimipituus on rajattu asemakaava-alueella 6 tuntiin ja muilla alueilla 36 tuntiin (588/2013). Uudesta sähkömarkkinalaista kerrotaan tarkemmin luvussa 2.1.1.

Carunan tavoitteena on kehittää palveluitaan yhteiskunnan ja asiakkaiden vaatimien tarpeiden mukaan. Vuoden 2014 loppuun mennessä asiakkaille asennettiin etäluettavat sähkömittarit, mikä mahdollisti asiakkaille sähkönkulutuksen seurannan sekä tuntikohtaisen sähköenergian hankkimisen. Lisäksi Caruna on teknisenä asiantuntijana mukana älyverkkotyöryhmässä, jonka tavoitteena on esittää tulevaisuuden suuntaviivat koko Suomen sähkövoimajärjestelmälle syksyllä 2018. Caruna pyrkii mahdollistamaan nykyisen verkonrakentamismallinsa avulla uusiutuvan energian liittämisen sähköverkoonsa kattavasti ja kustannustehokkaasti. (Caruna 2016b) Monopolisesta liiketoiminnastaan huolimatta Caruna haluaa panostaa asiakaskokemuksen kehittämiseen, mistä konkreettisia esimerkkejä ovat verkkosivuilleen hankitut ja lanseeratut asiakaspalveluchat-toiminto sekä verkonparannushankkeiden seurantapalvelukartta. (Caruna 2016b) Tässä diplomityössä yksi tutkimuksen näkökulman painopisteistä on asiakaspalvelukokemus selvittäessä kaapelivaurioiden ehkäisemistä ja reklamaatiolaskutuksen kehittämistä.

## 1.2 Tutkimuksen lähtökohdat

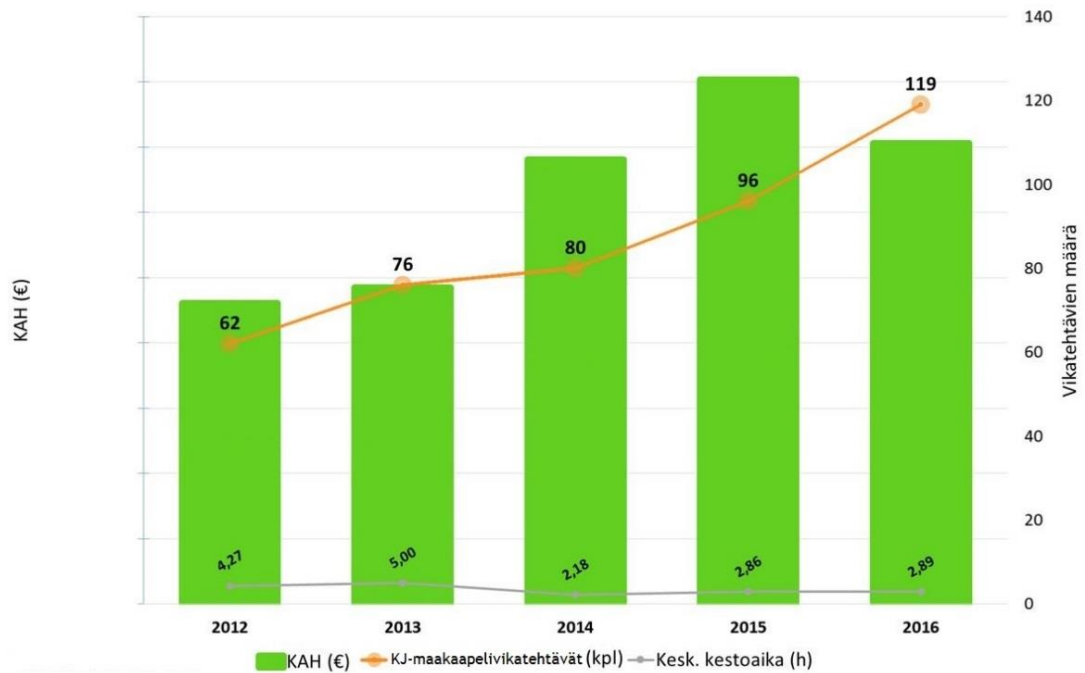
Tämä diplomityö on tehty Carunan Customer Relations-yksikössä ja työn aihepiiri liittyy olennaisesti myös Network Operation sekä Asset Management -yksikköihin. Yhteiskunnan laajentaessa infrastruktuuriaan samaan aikaan kun jakeluverkkoyhtiöiden kaapelointiaste kasvaa on kolmansien osapuolien aiheuttamien kaapelivaurioiden syntyminen yhä todennäköisempää (Caruna 2017c). Työn tarkoitus on selvittää kolmansien

osapuolien aiheuttamien kaapelivaurioiden syntymiseen liittyviä tekijöitä sekä etsiä keinoja niiden ennaltaehkäisemiseen ja vikatilanteen jälkeisen reklamaatioprosessin kehittämiseen.

Vertailun vuoksi voidaan heijastaa ongelmat kolmansien osapuolien aiheuttamista sähkökaapelivaurioista teleyhtiöiden kokemiin vikatilanteisiin omissa telekaapeliverkoissaan. Liikenne- ja viestintäministeriön 31.8.2010 julkaisemassa mietinnössä on pohdittu kaapelitietojen hallinnan kehittämistä ja sijaintipalvelun merkitystä kaapelivaurioiden ennaltaehkäisyssä. Mietinnössä oli mukana edustajia niin ministeriöstä, kolmesta jakeluverkkoyhtiöstä, maanmittauslaitoksesta, kaapelinäyttöpäalveluntarjoajasta, kunnasta, yliopistosta, urakoitsijoista sekä teleoperaattoreista. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010)

Kaupallisten teleyhtiöiden merkittävistä vikatilanteista noin neljänneksessä syynä ovat katkenneet telekaapelit. Vikatilanteesta aiheutunut haitta voi yhtäaikaaisesti koskettaa niin kotitalouksia, pelastuspalveluja kuin elinkeinoelämääkin. Vikojen korjaamisesta voi syntyä korkeitakin kuluja, mutta sähköverkkojen tapauksessa suurimmat kulut tulevat pääsääntöisesti keskeytyksestä aiheutuneesta haitasta (KAH) sekä toimittamattomasta energiasta. (Caruna 2017c) Kahden suurimman valtakunnallisen teleyrityksen osalta vahingoista aiheutuneiden kustannuksien suuruus oli ministeriön julkaisun mukaan noin kaksi miljoonaa euroa vuodessa. Vikatilanteiden aiheuttamissa kustannusarvoissa ei ole huomioitu välillisten kustannusten vaikutuksia niiden laaja-alaisuudesta johtuvan vaikean arvioinnin takia. Todennäköisesti katkosten välilliset kustannukset ovat moninkertaisia verrattuna välittömiin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010)

Kuvassa 2 on esitetty KAH-kustannusten ja KJ-maakaapelivikojen välistä kehitystä vuosina 2012–2017 Carunalla. KAH-kustannuksissa on huomioitu pelkästään välillisiä KAH-kustannuksia. Välittömiin kustannuksiin paneudutaan luvussa 3.6 tarkemmin.



**Kuva 2.** Puhtaan keskijännitemaakaapeliverkon vikamäärien ja KAH:in kehitys 2012-2017 Carunan koko verkkoalueella (Caruna 2017c).

Honkapuron et al. (2010a) Energiavirastolle (EV) tehdyn tutkimuksen mukaan vuonna 2008 jakeluverkkojen yhteenlaskettu KAH-kustannus ylsi noin 119 miljoonaan euroon, joka vastasi arviolta kolmannelta sähköjakeluverkkoyhtiöiden sallitun tuoton yhteenlasketusta määrästä. Energiaviraston (13.2.2017) julkaiseman raportin sähköverkon toimitusvarmuudesta ja valvonnan vaikuttavuudesta vuonna 2016 mukaan KAH-kustannus Suomessa on ollut jakeluverkkoyhtiöillä keskiarvoltaan noin 250 miljoonaa euroa ja vaihdellut vuoden 2011 473 miljoonasta eurosta vuoden 2014 130 miljoonaan euroon (Energiavirasto 2017). Vaikka KAH-kustannuksella ei ole suoranaisesti rahallista arvoa, vaikuttaa se laatukannustimen kautta sallittuun tuottoon.

### 1.2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tämän työn tavoitteena on analysoida kolmannen osapuolten aiheuttamien kaapelivaurioiden taloudellista ja operatiivista vaikutusta sähköjakeluverkkoyhtiöön. Tarkoituksena on myös tarkastella kaapelivaurioiden nykytilaa ja arvioida tulevaisuuden suuntaa vaurioiden määrissä. Tällä hetkellä Carunan verkossa toteutetaan keskijänniteverkon investointiohjelmaa, joissa maakaapeloidaan olemassa olevaa ilmajohtoverkkoa. Keski-jänniteverkon jälkeen investointiohjelmat siirtyvät pienjänniteverkkoon, joten on tärkeää tunnistaa mahdolliset ongelmatilanteet kaapelointiin liittyen ennen laajempaan pienjänniteverkkoon siirtymistä. Tutkimuksessa keskitytään niin työturvallisuuteen ja vaaratilanteiden ehkäisyyn kuin operatiivisen toiminnan tehostamiseen kaapelivaurion ilmenemisen jälkeen.

Tutkimuksessa käsiteltävä alue rajataan koskemaan Uudenmaan sekä Lounais-Suomen verkkoalueita. Palveluiden osalta keskitytään tarkastelemaan Keypro:n kaapelinäyttöpalvelua sekä Espoon kaupungin omaa kunnallista näyttöpalvelua Espoon alueella.

## 1.2.2 Tutkimuskysymykset

Tämän työn tarve syntyi impulssina kaapelivaurion reklamaatiotapauksesta. Tarpeen pohjalta tunnistettiin tutkimusongelma ja ongelman ympärille luotiin tutkimuskysymykset. Tutkimuskysymysten tarkoituksena on löytää kriittisimmät ongelmakohdat kaapelivaurioiden ympärillä ja sen perusteella kehittää ratkaisut sekä ennaltaehkäisevään työhön kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi että reklamaatioprosessin työtaakan keventämiseksi. Työssä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- ❖ *Mitkä ovat tyypillisimmät syyt kolmannen osapuolen aiheuttamissa kaapelivaurioissa?*
- ❖ *Miten voitaisiin ennaltaehkäistä kaapelivaurioiden syntymistä?*
- ❖ *Kuinka toimitaan kaapelivaurion syntymisen jälkeen, jotta reklamaatiotilanteet saataisiin selvitettyä ennen aiheuttajaosapuolen laskutusta viankorjauksista?*
- ❖ *Miten toimitaan, jos kyseessä on kaapelin sijaintitietojen puute tai rakentamisen laatuvirhe?*

Näiden tutkimuskysymysten avulla on tarkoitus tunnistaa kaapelivikojen aiheuttajaryhmät sekä yleisimmät vikatyypit, jotta osataan lisätä tietoisuutta kaapelinäyttöjen mahdollisuuksista tunnistettujen sidosryhmien keskuudessa. Saatujen tulosten perusteella Carunalla pyritään kehittämään reklamaatioprosessia paremman asiakaskokemuksen lähtökohdista ja vähentää asiakkaiden kokemien vikojen määriä. Kaapelivaurioutilanteiden ennaltaehkäisemisellä pyritään myös lisäämään Carunan kaapeleiden läheisyydessä työskentelevien henkilöiden turvallisuutta.

## 2. SÄHKÖVERKKOYHTIÖN LIKETOIMINTA

Tässä luvussa tarkastellaan sähköverkkoyhtiön liiketoiminnan taustalla olevia kysymyksiä ja kuvataan toimintaa ohjaavia tekijöitä. Luvun tarkoituksena on selventää liiketoiminnan reunaehtoja ja monopoliyhtiön toimintaympäristöä sekä luoda seuraavan luvun kanssa teoriapohjaa ennen diplomityön empiiriseen osioon siirtymistä. Seuraavaksi esitellään liiketoimintaan liittyvien taustojen lisäksi liiketoimintaa säätelevää lainsäädäntöä, toimitusvarmuuden mittarina toimivaa keskeytyksestä aiheutunutta haittaa (KAH) sekä verkkoyhtiön tukitoimintojen toteuttamista toisen palveluntuottajan kautta.

### 2.1 Sähköverkkoyhtiön liiketoiminnan taustat

Sähköstä on tullut välttämätön yleishyödyke ja koko yhteiskunta rakentuu toimivan sähköjakelun ympärille. Sähkölle on asetettu myös korkeat laatuvaatimukset ja hinnoittelun pitää olla kohtuuhintaista. (Energiavirasto 2016) Sähköverkkoinfra vaatii kuitenkin huomattavat resurssit luotettavan ja korkealaatuisen sähkönsiirron takaamiseksi niin taloudellisesta kuin kaapelireittien ja materiaalien, kuten sähköasemien, muuntamoiden ja jakokaappien, näkökulmasta. Sähköverkot ovat luonnollisia monopoleja, eikä rinnakkaisten verkkojen rakentaminen ole järkevää kansantalouden tai tilavarausten puolesta (Energiavirasto 2016). Verkkoyhtiöillä on siis käytännössä yksinoikeus verkon rakentamiseen omalla Energiaviraston vahvistamalla maantieteellisellä alueellaan.

Suomessa jakeluverkkotasolla sähköverkkoliiketoimintaa harjoittaa tällä hetkellä 77 yritystä, joista osan omistus pohja on täysin yhden omistajan, kuten kunnan, hallinnassa. Kuntaomisteisten verkkoyhtiöiden tavoite luotettavan sähkönsiirron lisäksi ei välttämättä ole suurimman sallitun tuoton kerääminen, vaan sähkön siirtohinnan pitäminen matalana asiakkaille. Verkkoyhtiön omistajina voi olla myös kotimaisia tai kansainvälisiä yhtiöitä, kuten eläkevakuutusyhtiöitä. Yksityisomisteisten verkkoyhtiöiden liiketoiminnan tavoitteena on tuottaa voittoa omistajilleen, mutta hyvin toteutettuna verkkoliiketoiminta voi tarjota sekä edullista siirtohintaa asiakkaille että valvonnan rajoissa sallittua hyvätasoista tuottoa yhtiön omistajille (Lakervi & Partanen 2008). Sähköverkkoliiketoiminta eroaa monesta liiketoiminnoista sääntelynsä vuoksi.

Verkonhaltijan hallitsemaan alueelliseen monopoliin sisältyy SML (588/2013) mukaan liittämismahdollisuus, jonka mukaan asiakkaalle on järjestettävä liittymispisteen sijainnista huolimatta mahdollisuus liittyä sähköverkkoon hallinnoimallaan alueella. Pistehinnoittelu tarkoittaa sitä, että sähkön siirtohintaa on sama kaikille samankaltaisille asiakkaille verkkoalueella sijainnista riippumatta. Pistehinnoittelusta seuraa, että jokainen sähkökäyttäjä verkkoyhtiön verkkoalueella osallistuu sähköverkon rakentamiseen,

kunnossapidon ja käytön kustannuksiin. (Heikkilä 2013) Liittymismaksut voivat kuitenkin vaihdella verkkoalueen sisällä ja niihin vaikuttavat tehontarve sekä tarvittavat palvelut (Lindén 2016). Jotkut sähköverkkoyhtiöt käyttävät liittymismaksujen kohtuullistamiseen vyöhykehinnointia, jotta sähköverkon liittymismaksut eivät kasva kohtuullisen suuriksi. Vyöhykkeet määräytyvät verkkoyhtiöstä riippuen joko etäisyydestä muuntamoon tai keskijännitelinjaan. Siirtomaksuja ja liittymismaksuja ei kuitenkaan saa sekoittaa keskenään.

### 2.1.1 Lainsäädäntö ja viranomaisvalvonta

Sähkömarkkinat kokivat Suomessa suuren muutoksen vuonna 1995 sähkön tuotannon sekä myynnin vapautuessa kilpailulle siirron ja jakelun pysyessä kuitenkin edelleen alueellisina monopoleina. Pian tämän jälkeen alkoi verkkoliiketoiminnan taloudellisen valvonnan kehittäminen ja ensimmäinen valvontapäätös tehtiin vuonna 1999 Sähkömarkkinakeskuksen toimesta. (Honkapuro et al. 2010a) Sähkömarkkinakeskuksen nimi vaihtui myöhemmin Energiamarkkinavirastoksi ja tällä hetkellä se toimii nimellä Energiavirasto. Energiavirasto toimii valvontaviranomaisen ohjauksessa, joka tässä tapauksessa on työ- ja elinkeinoministeriö. (Lakervi & Partanen 2008) Siirtoverkkotoiminnan valvonta perustuu nykyisin Suomen sähkömarkkinalakiin (SML, 588/2013) sekä EU:n direktiiveihin. (Honkapuro et al. 2010b)

Vuonna 2013 asetettu uusi sähkömarkkinalaki (19§) velvoittaa verkonhaltijan kehittämään verkkoaan riittävän hyvänlaatuisen sähkön saannin turvaamiseksi verkkonsa käyttäjille. Pykälään liittyy myös velvoite sähköverkon ylläpidosta sekä kehityksestä toiminnalle säädettyjen vaatimusten ja verkon käyttäjien kohtuullisten tarpeiden mukaisesti. Sähkönjakelun keskeytyksiin ottaa kantaa SML 51§, jossa määritellään sähköverkon suunnittelusta ja rakentamisesta niin, ettei asemakaava-alueella ole yli 6 tunnin eikä muilla alueilla yli 36 tunnin sähkökatkoja 31. joulukuuta 2028 mennessä. Siirtymäaika- ja ovat loppuvuodet 2019 sekä 2023, jolloin ensin 50 ja sitten 75 prosenttia jakeluverkon asiakkaista, pois lukien vapaa-ajan asunnot, on uuden SML vaatimusten mukaisessa verkossa. (588/2013)

Valvontaviranomaisen eli ”regulaattorin” tehtävänä on valvoa verkkoyhtiöiden teknistä ja taloudellista toimintaa. Tekninen valvonta liittyy verkkojen kehittämisveloitteen toteuttamiseen sekä verkkoyhtiöiden verkonrakentamistapoihin etenkin standardien noudattamisen osalta. Mikäli verkkoyhtiö epäonnistuu toistuvasti sähkömarkkinalaissa määriteltyjen verkonkehittämistoimenpiteiden suorittamisessa, EV voi velvoittaa verkkoyhtiön suorittamaan kehitystoimenpiteet lain vaatimusten mukaiseksi. (Lakervi & Partanen 2008) Uuden SML myötä verkon kehittämistoimenpiteet liittyvät pääsääntöisesti käyttövarmuuden parantamiseen säävarman kaapeloinnin kautta sekä verkostoautomaation lisäämiseen. Verkkoon sitoutuneella pääomalla on myös taloudellisesti positiiviset ja merkittävät vaikutukset sallitun voiton laskennalliseen määrään.

Suomessa regulaattorin suorittama taloudellinen valvonta kohdistuu välittömästi toimintojen tehostamiseen sekä syntyvän voiton tarkkailemiseen. Jokaiselle verkkoyhtiölle on määritelty maksimituottoraja, jonka ylittäminen johtaa sähkökuluttajille annettaviin palautuksiin. Mahdollinen yli- tai alijäämä tasoitetaan asiakkaalle seuraavan valvontajakson aikana joko siirtohintoja muuttamalla tai ylijäämän tapauksessa investoimalla ylijäämä sähköverkkoihin. (Energiavirasto 2015b) Toisaalta asiakastyytyväisyyden näkökulmasta maksimituottorajan jatkuva ylittäminen ei ole suotuisin toimintavaihtoehto. Välillisesti regulaattori toteuttaa taloudellista tarkkailua myös huomioimalla sähkön laadun yhtiöiden tehokkuusmittauksessa ja käyttövarmuusinvestoinneissa sekä toiminoissa (Lakervi & Partanen 2008). Tehokkuusmittauksen tulos ja sähkön laatu korreloivat sähkönjakeluyhtiölle sallittujen kustannusten ja tuottojen suuruuksiin.

Lakervin & Partasen (2008) mukaan valvontajaksolla 2008–2011 otettiin sähkön laatu ensi kerran mukaan osaksi taloudellista valvontaa. Norjassa ja Suomessa on käytössä menetelmä, jonka mukaan verkkoyhtiö voi kasvattaa investointejaan tai voittojaan vähentämällä keskeytyskustannuksia. Keskeytyskustannukset ovat siis osana verkkoyhtiöiden liikevaihdon määrittämistä siten, että sähkön laadun huonontuminen johtaa sallitun ja toteutuvan liiketaloudelliseen tuloksen pienenemiseen. Valvontamallissa sähkön laadun tarkastelu ei pidä sisällään jännitteen laatuun, kuten välkyntään tai jännitekuoppiin, liittyvää tarkastelua. Verkkoyhtiöiden on vaadittu noudatettavan uuden verkon rakentamisessa käytettävän vallitsevia standardeja. Tällä hetkellä kyseinen standardi on SFS-EN 50160. (HE20/2013; Heikkilä 2013)

## 2.1.2 Regulaation vaikutus liiketoimintaan

Sähkömarkkinalailla ja regulaatiolla on omat vaikutuksensa verkkoyhtiöön. Siinä missä SML velvoittaa yhtiöitä verkon kehittämiseen ja asettaa vaatimuksia sähkön laadulle, regulaation tarkoituksena on ohjata ja valvoa investointitasoa sekä sallitun tuoton keräämistä velvoitteita toteutettaessa. Regulaatio pitää sisällään myös hyvään toimintaan ohjaavia kannustimia, joilla on oma merkityksensä liikevaihtoon.

Energiaviraston suorittama valvonta kohdistuu sekä verkkoyhtiön että asiakkaan tarpeisiin. Pää tavoitteina on tasapuolisuuden varmistaminen asiakkaille sekä tehokkuus saada haluttu palvelu mahdollisimman alhaisin kustannuksin. Verkkoyhtiön kannalta luodaan mahdollisuus verkkoyhtiön liiketoiminnan pitkän aikavälin toiminnalle niin jatkuvuuden, tehokkuudenkin kuin kannattavuudenkin osalta. (Energiavirasto 2015b).

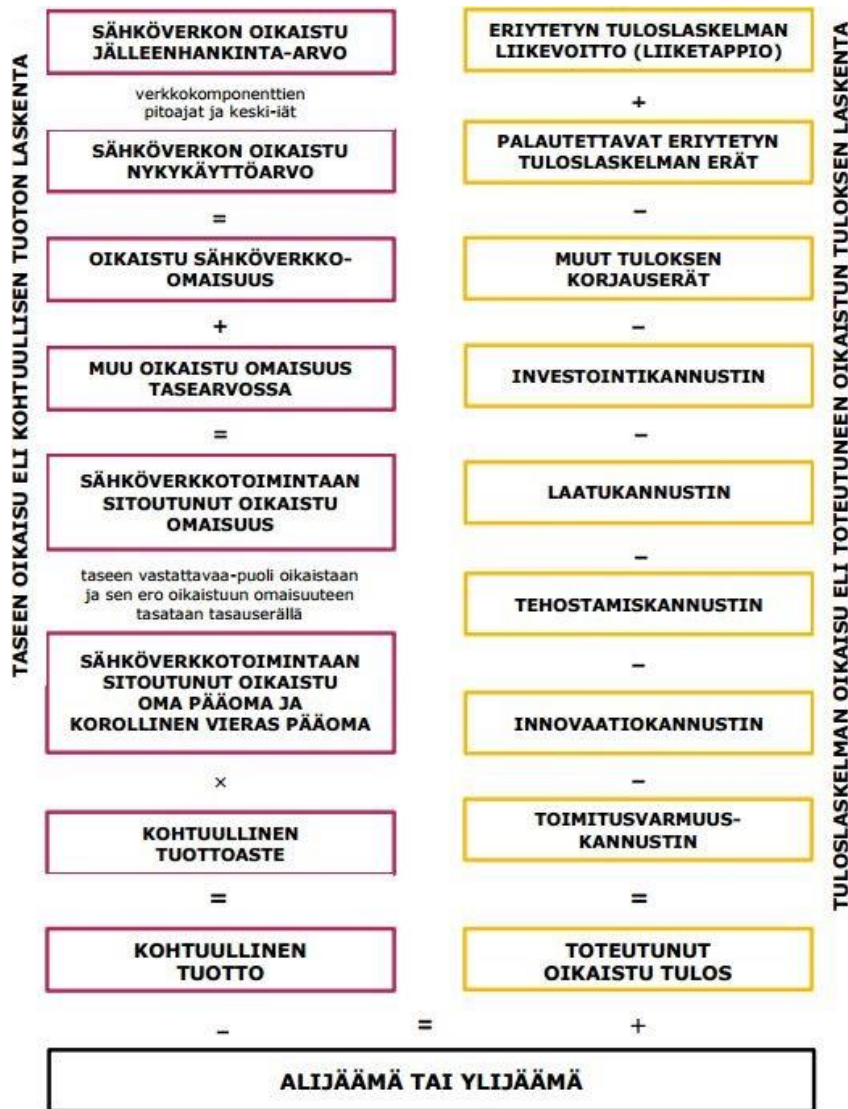
Nykyisin siirtohintojen valvontaa suoritetaan systemaattisesti osin etukäteisenä valvontana aiemmin käytetyn tapauskohtaisen hinta- ja toimintatarkastelun sekä jälkikäteisen valvonnan sijaan. Valvontamenetelmiä kehitetään siis yhtä lailla kuin verkkoyhtiöiden toimintoja. (Heikkilä 2013) Kehitystyö ei kuitenkaan ole yksipuolista vaan verkkoyhtiöt voivat antaa lausuntoja vahvistuspäätösluonnoksista, joilla haetaan tarkempia selvityksiä päätöksistä tai haetaan kohtuullisempia ratkaisuja esimerkiksi yksikköhintoihin ta-



pauskohtaisesti kohti oikeita hintatasoja tai osa-alueita. Valvonta koskee järjestelmällisesti kaikkia verkonhaltijoita sekä on säännöllistä ja oma-aloitteista (Heikkilä 2013).

Siirtopalveluista perittävien maksujen ja tuoton valvonnasta sähköverkkoyhtiöissä annettiin ensimmäinen lainvoimainen vahvistettu päätös jo 2000-luvun alussa ja valvontaa suoritettiin kolme vuotta vuosina 2005–2007. Vahvistuspäätös perustui sähkömarkkinalain 386/1995 korvanneeseen uuteen 1172/2004 lakiin sähkömarkkinalain muuttamisesta (SML, 1172/2004). Valvontajaksot pidentyivät nykyiseen nelivuotiseen malliin jo seuraavalla valvontakaudella vuonna 2008, josta käynnistyi kausien laskenta. Tällä hetkellä on menossa neljäs valvontajakso, jonka sisällön suuntaviivojen on vahvistettu jatkuvan vuodesta 2016 vuoteen 2023 asti. (Energiavirasto 2015c)

Valvontakauden aikana Energiaviraston tehtävänä on kerätä verkkoyhtiöiltä vuosittain liiketoiminnan tietoja, kuten verkonrakennetiedot, tekniset tunnusluvut ja tilinpäätöstiedot. Verkonrakennetiedoilla tarkoitetaan muun muassa komponenttien määriä, keskiikää sekä perusteluja määrien muutoksille. Teknisissä tunnusluvuissa esitetyt tiedot taas kuvaavat pääpiirteittäin verkon laajuutta, luonnetta ja toimitusvarmuutta. Verkon luonteella tarkoitetaan toimintaympäristöä eli onko kyseessä esimerkiksi kaupunkiverkkoyhtiö. Edellä mainittujen kolmen liiketoimintatiedon keräämisen jälkeen EV tarkistaa tietojen paikkansapitävyyden, jonka perusteella se laskee vuosittain toteutuneen sekä kohdullisen tuoton edelliseltä vuodelta. EV laskee taseen ja tuloslaskelman oikaisun kuvan 3 mukaisesti.



*Kuva 3. Regulaatiomalli neljännelle valvontajaksoille (muokattu lähteestä Energiavirasto 2015b).*

Valvontajakson yli- tai alijäämä saadaan siis vertailemalla tuloslaskelman sekä taseen oikaisuja keskenään. Kohtuullinen tuotto saadaan liiketoimintaan sitoutuneen oman ja korollisen vieraan pääoman sekä kohtuullisen tuottoasteen tulona. Kohtuullisen tuottoasteen (Weighted Average Cost of Capital, WACC-%) määrittämisessä käytetään pääoman painotetun keskikustannuksen mallia. Mallissa ilmaistaan yrityksen käyttämän pääoman keskimääräinen kustannus, jossa painoina ovat oman sekä vieraan pääoman suhteelliset arvot. Kustannukset omalle pääomalle arvioidaan CAP-mallin (Capital Asset Pricing Model) mukaan. Korollisen vieraan pääoman kustannukset taas koostuvat riskittömän koron ja vieraan pääoman riskipreemion summasta. (Energiavirasto 2015b)

Tuloslaskelman oikaisussa on mainittuna verkkoyhtiön toimintaa tukevia kannustimia. Neljännelle ja viidennelle valvontajaksoille on valittu omat kannustimet investoinneille, laadulle, tehostamiselle, innovaatioille sekä toimitusvarmuudelle. Seuraaville valvontajaksoille EV:n suunnittelemaa asiakaspalvelun laatukannustinta ei otettu käyttöön, sillä

verkkoyhtiöiden esittämät mittarit tukivat vain yritysten omia käytäntöjä eikä vaikuttavuutta voitu arvioida nykyisen datan perusteella (Energiavirasto 2015a). Kannustimien tarkoituksena ei ole suoranaisesti johtaa liiketoimintaa vaan kannustaa tekemään toimintoja paremman sähkönsiirron toteuttamiseksi.

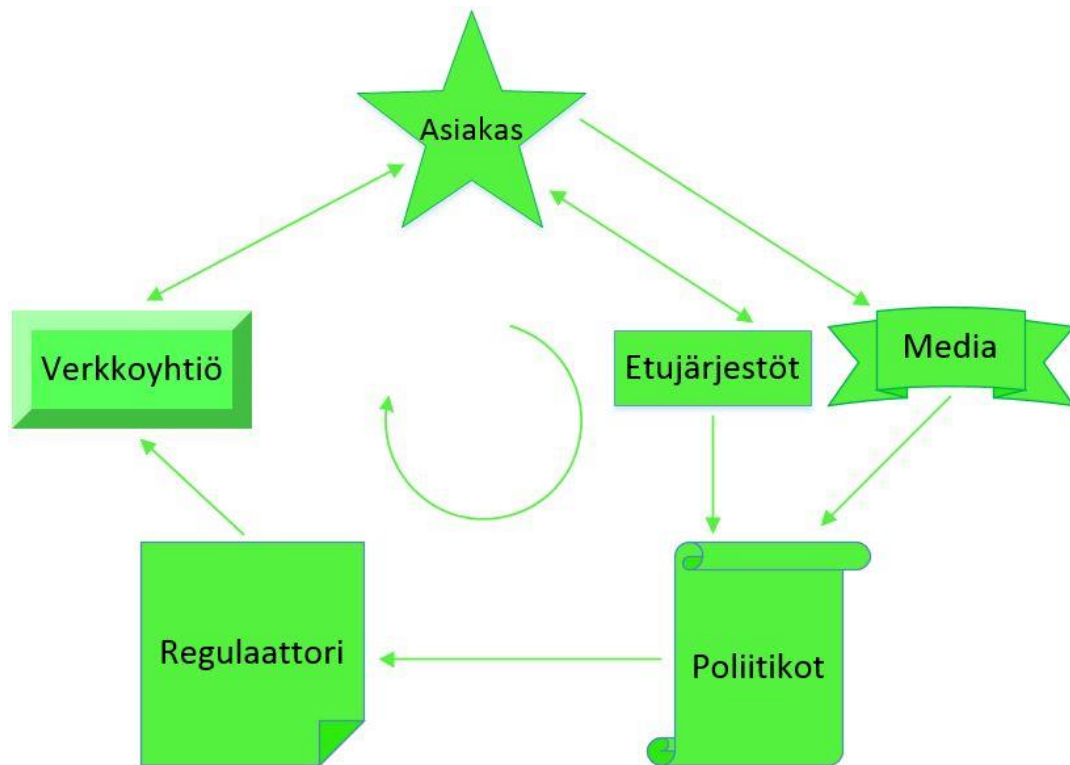
Investointikannustin kannustaa laajennusinvestointeihin, jotka pitävät sisällään liittämiselvöllisyydet eli uusien liittymien liittäminen sähköverkkoon. Investointeihin luettaan verkonrakentaminen uusien sähköverkon liittymien palvelemisen osalta. Investointikannustimessa huomioidaan myös korvausinvestoinnit eli tapaukset, jossa vanha verkon komponentti korvataan uudella vastaavalla ja näin parannetaan verkon toimintaa. (Energiavirasto 2012) Laatukannustimen tarkoituksena on sähkönsiirron ja -jakelun laadun tukeminen. Siinä palkitaan keskeytyksestä aiheutuneiden haittojen (KAH) kustannuksien pienentämisestä ja toimitusvarmuutta tukevia toimenpiteiden suorittamisesta. (Energiavirasto 2015b; Energiavirasto 2015a) Tehostamiskannustimella halutaan palkita verkkoyhtiöiden toiminnan kustannustehokkuutta. Kannustimen vaikutus on positiivinen, mikäli toteutuneet tehostamiskustannukset ovat verkonhaltijalle määritellyjä kohtuullisia tehostamiskustannuksia pienemmät. (Heikkilä 2013)

Innovaatiokannustin otettiin käyttöön kolmannella tarkastelujaksolla ja tarkoituksena on luoda insentiivi uusien teknologioiden tutkimus- ja kehitysohjelmiin sekä käyttöönottoihin. Nykyisin tutkimus- ja kehitysohjelmiin on liittynyt älykkäiden sähköverkkojen ja tuotantoliittymien liittämiseen sähköverkkoon. (Heikkilä 2013) Toimitusvarmuuskannustimen tarkoituksena on tukea käyttövarmuuden lisäämiseen ja keskeytyskustannusten vähentymiseen liittyviä investointeja. Kannustimella pyritään myös kompensoimaan ennenaikaisia ilmajohtoverkon korvausinvestointeja. Toisaalta keskeytyskustannukset vaikuttavat salittuun tuottoon, joka myös tukee toimitusvarmuuteen panostamista. (Honkapuro et al. 2010b) Alla olevassa taulukossa 1 on tiivistetty kannustimien merkityksiä.

*Taulukko 1. EV:n verkkoyhtiöille määrittelemät kannustimet.*

<b>Kannustin</b>	<b>Kannustimen sisältö</b>	<b>Vaikutus verkkoyhtiöön</b>	<b>Vaikutus asiakkaalle</b>
<b>Investointikannustin</b>	Verkon kehittäminen ja riittävät investointiin.	Kannustaa laajentamaan verkko-omaisuutta ja korvausinvestoinneilla uusimaan käyttöikänsä loppussa olevia komponentteja	Laajennusinvestoinnit tuovat toimitusvarmuutta ja korvausinvestoinnit parantavat sähkön laatua.
<b>Laatukannustin</b>	Luotettavamman sähkönsiirron ja –jakelun tukeminen.	Mahdollistaa lisätuoton keskeytyskustannuksia pienentävälle investioinneille.	Vähemmän keskeytyksiä ja niistä aiheutuvia haittoja.
<b>Tehostamiskannustin</b>	Palkitaan liiketoiminnan kustannustehokasta kehittämistä.	Taloudellinen hyötyminen toiminnan tehostamisesta.	Verkkoyhtiö toimii tehokkaasti.
<b>Innovaatiokannustin</b>	Tukee mm. älykkäiden sähköverkkojen käyttöönottoa.	Kehitystoimenpiteissä huomioidaan teknologian kehitys.	Mahdollisuus älykkäiden sähköverkkojen käyttöön.
<b>Toimitusvarmuuskannustin</b>	Käyttövarmuuden lisääminen ja suunnittelemtomien keskeytysten minimointi. Kompensoi ennenaikaisia korvausinvestointeja.	Potentiaalia kerätä suurempaa sallittua tuottoa.	Vähemmän sähkökatkojen määriä ja kestoja.

Sähkömarkkinalakia sekä regulaatiota kehitettäessä taustalla vaikuttavat voimakkaasti loppukäyttäjät eli asiakkaat. Etenkin 2010-luvulla sähkömarkkinalakiin ja regulaatioon on tehty isoja muutoksia nopealla aikavälillä asiakasvaikutuksen seurauksena. Kehitystoimiin on kuitenkin herätty vasta ongelmalähtöisten keskustelujen kautta, oli kyseessä sitten myrskyistä alkaneet suurihäiriötilanteet tai vuoden 2016 huomattavat siirtohintojen korotukset. (Energiavirasto 2016) Siirtohintojen vuoden 2016 korotuksen seurauksena asiakkaat tyrmistyivät ja mediassa nousi valtava kohu. Kohun seurauksena sähkömarkkinalakiin tehtiin uusi lakiesitys, jossa hinnankorotuksille luotiin 15 prosentin korotuskatto. (Jaakkola 2017) Seuraavaksi kuvassa 4 on havainnollistettu asiakkaan merkitystä sähköverkon monopolisoidussa liiketoiminnassa.



*Kuva 4. Asiakkaan suhde verkkoyhtiöön ja regulaatioon. Täydennetty Lindénin (2016) mallinnuksen pohjalta.*

Nopeasti valmisteltu lakiesitys on malliesimerkki asiakkaiden vaikutusmahdollisuuksista regulaatioon. Lindénin (2016) mukaan asiakas voi vaikuttaa verkkoyhtiön toimintaan joko suoraan tai välillisesti median, poliitikkojen ja lopulta regulaattorin kautta. Toisaalta osa asiakkaista käy vuoropuhelua myös keskusliittojen kanssa, joilta haetaan neuvoja maa-alueisiin liittyviin sijoituslupiin ja muiden maa-alueiden käyttöoikeuksien myöntämiseen. Täten asiakkaan huomioimisen merkitys nykyisessä tietoyhteiskunnassa on kasvanut merkittävästi.

## 2.2 Keskeytyksestä aiheutunut haitta

Jakeluverkossa tapahtuvat keskeytykset vaikuttavat eri asiakasryhmiin eri tavoin. Kotitalouksissa ei välttämättä huomata hetkellistä keskeytystä, mutta teollisuusasiakkailla pienikin katko voi aiheuttaa tuotantoerän turmeltumisen. Silvast et al. (2005) määrittelee keskeytyksestä aiheutuneiden haittojen (KAH) kuvaavan katkoksen aikana teoreettisesti menetettyä hyötyä.

Nykyisellä neljännellä valvontajaksolla jakeluverkonhaltijan keskijännitejakeluverkossa otetaan huomioon suunniteltujen ja odottamattomien keskeytysten lukumäärä ja keskeytysaika sekä pikajälleenkytkentöjen (PJK) ja aikajälleenkytkentöjen (AJK) lukumäärä. Vuodesta 2013 lähtien EV on kerännyt verkonhaltijoilta tietoja myös suurjännitteisen jakeluverkon keskeytyksistä. KAHin tarkoituksena on kuvata asiakkaiden kokemaa haittaa mahdollisimman hyvin. (Energiavirasto 2015b) Taulukossa 2 on kuvattu verkko-

liiketoiminnan valvontamallissa käytettävät yksikkökustannukset KAH-parametrille vuoden 2005 rahanarvossa.

**Taulukko 2.** EV:n määrittelemät yksikköhinnat keskeytyksistä aiheutuneille haitoille vuoden 2005 rahanarvossa (Energiavirasto 2015b).

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		Aikajälleenytkentä	Pikajälleenytkentä
$h_{E,odott}$	$h_{W,odott}$	$h_{E,suunn}$	$h_{W,suunn}$	$h_{AJK}$	$h_{PJK}$
€/ kWh	€/ kW	€/ kWh	€/ kW	€/ kW	€/ kW
<b>11,0</b>	<b>1,1</b>	<b>6,8</b>	<b>0,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,55</b>

KAH-arvot ovat kaikille samat riippumatta asiakasryhmästä. Taulukon 2 arvot on määritetty Silvastin et al. (2005) Energiavirastolle tekemän ”Sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuva haitta”-tutkimuksen pohjalta. Tutkimuksen arvot perustuvat asiakkailta tiedusteltuihin keskeytyshaittoihin. Myöhemmin Honkapuro et al. (2010a) suorittamassa valvontamallin toimivuuden arvioinnissa huomattiin KAH-laskennassa suuritehoisten palvelu- ja teollisuussektorin asiakkaiden kokeman haitan olevan todellisuudessa korkeampi kuin EV:lle vuonna 2005 määritellyillä yksikköhinnoina laskettaessa.

Sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuvia haittoja syntyy suuritehoisilla teollisuusasiakkailla pilaantuneen materiaalin lisäksi prosessin ylösajoista ja työvoimakustannuksista. Todellinen kokonaishaitta odottamattomasta keskeytyksestä teollisuudelle voi olla pituudesta riippuen 25–100% korkeampi kuin KAH-mallilla laskettu. Ennalta ilmoitettu keskeytys taas voi pienentää asiakkaan keskeytyshaittoja jopa 34 %. (Silvast et al. 2005) Kotitalouksien tapauksessa asiakkaan kokema haitta taas on pienempi kuin yksikköhinnoina laskettaessa. Koska yksikköhinnat on määritelty kohtelevaan kaikkia osapuolia tasavertaisesti, se ei ohjaa suosimaan suuria sähkönkäyttäjiä. Suuritehoisten asiakkaiden painoarvo huomioituu toisaalta energiapainotuksen kautta. Lisäksi yksikköhinnat on laskettu tutkimukseen osallistuneiden sähkönkäyttäjien vastausten pohjalta, joten jokaisella haastattelun saaneella on ollut mahdollisuus vaikuttaa muodostuneiden hintojen vastaavuuksiin.

KAH-kustannukset kuuluvat operatiivisiin kustannuksiin (OPEX) eli niillä ei ole tuottavaa odotusarvoa. KAH-kustannusta ei voida suoranaisesti rinnastaa rahalliseen arvoon vaan se vaikuttaa tuottopohjaan tehostamiskannustimen ja laatukannustimen muodossa. Laatukannustimella on korkeintaan 20 % vaikutus kohtuulliseen tuottoon. EV on tuoreimmassa suuntaviivojen tilannekatsauksessa (2015a) maininnut KAH-kustannusten laskennassa käytettäväksi kokonaista KAH-kustannusta aikaisemman puolikkaan sijasta

ja se on nykyisin käytössä. Näin kannustimen maksimitasoa lähestytään kaksi kertaa nopeammin, jolloin kannustimen tehokkuus kasvaa (Energiavirasto 2014).

### **2.3 Ostopalvelut sähköverkkoyhtiössä**

Verkkoyhtiöt ovat muuttuneet vuosien varrella ja monet ovat ulkoistaneet toimintojaan keskittyäkseen ydinprosesseihinsa. Toimintoalueiden supistuessa saadaan tehostettua toimintaa etenkin verkosto-omaisuuden hallinnassa sekä käyttötoiminnoissa. (Aminoff et al. 2009) Kuten Lakervi & Partanen (2008) tuovat kirjassaan ilmi, on trendi ulkoistamiselle ollut yli vuosikymmenen käytössä ja sen on koettu olevan toimintoja tehostava tekijä. Palveluja tuottavien yritysten vastuulle jää toimintojen erikoisosaamisen sekä kaluston keskitetty kehittäminen ja käyttö, kun ne saattaisivat jäädä verkkoyhtiöissä huomattavasti pienemmälle käyttöasteelle. Ulkoistaminen mahdollistaa kilpailutuksen ja siten edistää markkinoiden kehittymistä. Palvelutoimintoja voivat olla esimerkiksi verkon rakentaminen ja kunnossapitotyöt sekä kaapelisijaintipalvelut tai taseselvitykset. (Lakervi & Partanen 2008)

Tutkimuksessa (Aminoff et al. 2009) on todettu ostopalveluiden parantavan tehokkuutta. Tutkimuksessa mainitaan onnistuneen palvelunoston muodostuvan seuraavista tekijöistä: ostotarpeen tiedostamisesta ja tuotteistamisesta, ostettavan palvelun mittarien määrityksistä ja niiden seurannan huolehtimisesta sekä palvelun kustannusten selvittämisestä. Oleellista on myös varmistaa, ettei palvelunosto katkaise tärkeitä informaatiovirtoja. (Aminoff et al. 2009)

### **2.4 Asiakaskokemus monopolisoidussa liiketoiminnassa**

Nykyään panostetaan yhä kasvavassa määrin asiakaskokemukseen niin asiakaspalvelutoiminnassa kuin verkostonrakentamisessakin. Hyvä asiakaskokemus voi vaikuttaa muun muassa reklamaatioiden määrään. (Lindén 2016) Toivakainen (2014) taas kirjoittaa tutkimustyössään asiakaskokemuksen vaikuttavan mahdollisesti sääntelyn muuttamiseen. Myös Jaakkolan (2017) artikkelissa on mainittu asiakkaiden kokemusten vaikuttavan sääntelyyn; artikkelissa käsitellyssä tapauksessa asiakkaiden tuntemaan mielihapahan perusteella asetettiin pikavalmistelulla siirtohintojen korotuskatto. Euroopan tasolla asiakaskokemuksen valvomiseen ohjeistetaan sähkön sisämarkkinadirektiivissä (2009/72/EY 51). Siinä painotetaan palvelun laadun merkitystä liiketoiminnassa ja suositellaan sääntelyviranomaisen huolehtivan kuluttajien oikeuksien toteutumisesta.

### **3. MAAKAPELIJAKELUVERKON TOIMINTAYMPÄRISTÖ**

Tässä luvussa käsitellään Carunan verkkoinvestointiprojektien taustoja ja laajuuksia, joiden tarkoitus on valottaa kaapelinäyttöjen merkitystä nyt ja tulevaisuudessa. Pääpaino on isoissa investoinneissa, mutta luvussa sivutaan myös pienempiä verkostorakentamistöitä sekä keskikokoisia erilliskilpailutettuja investointeja. Käsittelyssä on myös verkkoalueella toteutettavien kaapelinäyttöjen toimintaperiaatteita sekä käytössä olevien kaapeleiden tekniikkaa, rakenteita ja vikaantumismekanismeja. Luvun sisältö painottuu kentällä tapahtuvaan operatiivisen toiminnan taustoihin, mikä puolestaan toimii pohjatuksena seuraavan luvun reklamaatioprosessille.

#### **3.1 Carunan investointiohjelmat ja verkostotyöt**

Kuten työn alussa mainittiin, Carunan isojen verkonparannusinvestointien taustalla ovat ikärakenteesta johtuva verkon uusiminen, lakiin perustuva toimitusvarmuuden parantaminen sekä yhteiskunnan infrastruktuurin kehityksestä juontuva luonnollinen kasvu. Isot investoinnit eli niin sanotut raamityöt ovat pääsääntöisesti korvausinvestointeja, joissa parannetaan toimitusvarmuutta kaapeloidamalla vanha ilmajohtoverkko maan alle. Toimitusvarmuusinvestointien toteutusajaksi on arvioitu 10–15 vuotta ja työt käynnistettiin vuoden 2011 myrskyjen jälkeen (Caruna 2017d). Luonnollisesta kasvusta kumpuavat investoinnit ovat yleensä yksittäisiä asiakaslähtöisiä erilliskilpailutettuja investointiprojekteja ja kooltaan keskikokoisia.

Syitä aggressiivisille korvausinvestoinneille ovat 2010-luvun alkupuolen myrskyjen aiheuttamat suurhäiriötilanteet. Esimerkiksi vuoden 2011 Tapani-myrskyssä sähköttä oli pahimmillaan yhtäaikaisesti noin 216 000 asiakasta ja kokonaismäärä kipusi jopa 316 400 asiakkaaseen. Runkoverkon vikaantuneita johtolähtöjä oli 1 054 kappaletta ja pienjänniteverkon vikailmoituksia 15 600 kappaletta sekä arviolta 6 000 – 8 000 puuta poistettiin linjoilta. Suurhäiriöiden taloudelliset ja operatiiviset vaikutukset ovat mittavia sekä sähkönjakelijan että asiakkaan tai muun yhteiskunnan näkökulmasta, jolloin niiden ennaltaehkäiseminen tulee kannattavammaksi niin asiakastyytyväisyyden kuin resursienkin kannalta. (Caruna 2017d)

Raamityöt ovat kilpailutettuja 50 - 100 miljoonan euron investointikokonaisuuksia, jotka kestävät kahdesta kolmeen vuotta. Erilliskilpailutettujen töiden arvot vaihtelevat noin 0,1 miljoonan ja miljoonan euron välissä, ovat luonteeltaan yksittäisprojekteja sekä kestävät arviolta puolesta vuodesta vuoteen. Pienemmille verkonrakentamis- sekä palvelu-



töille on kilpailutettu alueelliset sopimusurakoitsijat useaksi vuodeksi kerrallaan. Carunan verkkoalue on jaettu maantieteellisesti viiteen alueeseen, joiden työtehtävät jakautuivat kilpailutuksen seurauksena kahdelle pääurakoitsijalle. Verkostonrakentamismateriaalin lisäksi Carunalla on sopimuskumppaneita materiaalin hankintoihin ja kiertäykseen sekä projektinvalvontaan. (Caruna 2017d)

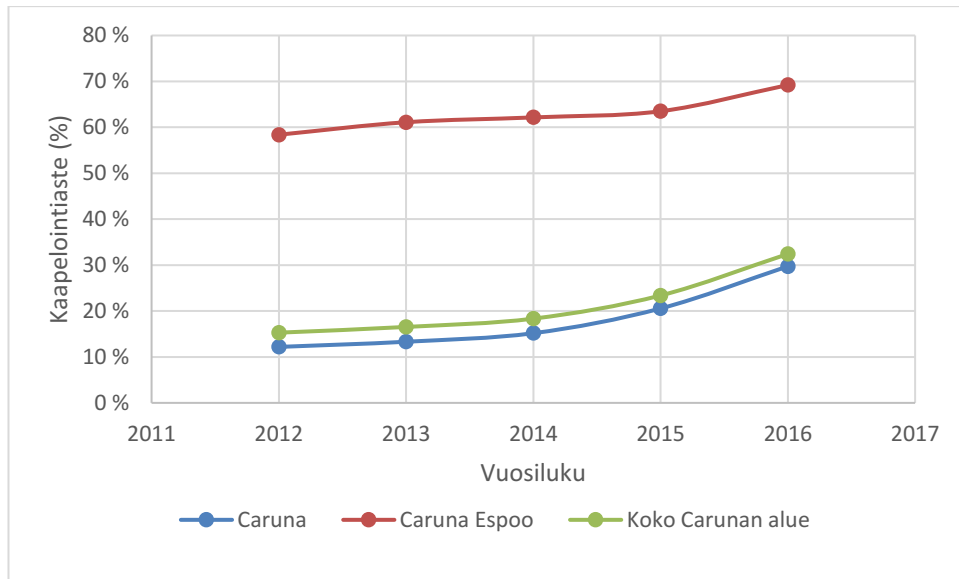
### **3.1.1 Liiketoiminnan organisointi**

Liiketoiminnan organisointia on toteutettu tässä tapauksessa Carunalla siten, että verkostojen suunnittelu- ja rakennustyöt sekä rakentamisen aikaiset valvonnat tapahtuvat urakoitsijoiden toimesta ostopalveluna. Kuitenkin ennen suunnitelmien hyväksymistä ja rakentamisen aloittamista työt hyväksytään Carunalla projekti-insinöörien toimesta, jolloin tarkastetaan investointien teknistaloudellisuus sekä verkonrakentamisperiaatteiden toteutuminen. Myös pitkäntähtäimen suunnittelu ja verkostonrakentamistapojen kehittäminen kuuluvat edelleen Carunalla päätoimintoihin, vaikka niiden jalkauttaminen ja suorittaminen verkostoinvestoinneissa toteutetaan urakoitsijoiden kautta.

### **3.1.2 Keskijänniteverkon investointiohjelmat**

Toimitusvarmuusinvestointien toteutusjärjestys määräytyy asiakasvaikutuksen eli asiastiheyksien sekä siirretyn sähkön määrän suuruuksien mukaan. Vuoden 2016 jälkeen raamitöissä on alettu yhä enemmän maakaapeloimaan verkkoa taajamien ulkopuolella. Investoinneissa keskijänniteverkko siirretään maahan maantieteellisinä kokonaisuuksina KVR-urakoina. (Caruna 2016b) KVR on kokonaisvastuurakentamisen sopimusmalli, jossa pääurakoitsija vastaa saneerausurakan kaikista vaiheista ja vastuista "avaimet käteen"-mallilla. Vastuuseen sisältyy suunnittelu ja toteutus myös aliurakoitsijan osuudelta.

Kuvaajassa 1 on esitettyä Carunan KJ-verkon kaapelointiasteet viimeisiltä viideltä vuodelta sekä mallinnettu trendin kehitystä. Kuvaajista voidaan havaita koko verkkoalueen kaapelointiasteen olevan eksponentiaalisessa kasvussa. Trendin kehitykseen on todennäköisesti vaikuttanut verkonrakentamisen kiihtyminen, toimintatapojen vakiintuminen ja Carunan verkonrakentamistapojen omaksuminen urakoitsijapuolella. Kaapeloinnin lisäksi KJ-verkon saneerauksissa lisätään rengasyhteyksiä, verkostoautomaatiota sekä siirretään erotinkohteita puistomuuntamoihin, jolloin vikapaikkojen rajaaminen nopeutuu ja komponentit siirtyvät säältä suojaan (Caruna 2016b).



**Kuvaaja 1.** KJ-verkon kaapelointiasteen trendikehitys Carunalla 2012-2016.

Maakaapeloinnin tuomana haasteena on sijaintitietojen paikkansapitävyys, kun verkkoa siirretään maahan kerralla suurena verkstomassana. Sijaintipoikkeamia on huomattu jatkoskohdissa ja joissain tapauksissa verkkoa on merkitty väärälle puolelle tietä. Syvyys- ja etenkin sijaintipoikkeamat ovat kaapelivaurion riskikohtia, sillä kenttäkäynnillä ilmeni kaivu-urakoitsijoiden kaivavan sijaintikartan mukaan ja olettaen kaapelin olevan syvyydeltään noin 0,7 metrissä eli standardin asettamassa asennussyvyyydessä. KJ-verkon investointiohjelmissa on ilmennyt haasteita, joissa suunnitellulta reitiltä tehdyt poikkeamat eivät ole välittyneet lopulliseen dokumentointisuunnitelmaan ja näin jääneet kartalle riskikohdiksi. Sijaintitietojen parantamiseksi raamitöissä kaapeleita on alettu kartoittamaan työn valmistumisen jälkeen, jolloin mahdolliset syvyys ja sijaintipoikkeamat saadaan havaittua ja korjattua verkkokartalle. Kaapelikartoitus tehdään pisteittäin ennalta määritettyjen pistevälimatkojen mukaan, jonka perusteella sijaintitiedon tarkkuus määrittyy.

### 3.1.3 Pienjänniteverkon investointiohjelmat

Asiakkaita fyysisesti lähempänä tehtävä pienjänniteverkon saneeraustyö suoritetaan keskijänniteverkon investointiohjelmien jälkeen. Vuonna 2016 Carunan tilastojen mukaan pienjänniteverkkoa oli kaapeloimatta noin 284 00 kilometriä eli suuruudeltaan koko keskijänniteverkon verran (Caruna 2016b). Laajuuksiltaan PJ-verkon investointiprojektit ovat luultavasti siis samaa kokoluokkaa kuin KJ-verkon raamityöt. Vaikka uuden verkonrakentamistavan vaikutuksena pienjänniteverkossa ilmajohtoverkkoa korvaavan kaapelimäärän on arvioitu vähenevän, kaapelivaurioiden riski on edelleen olemassa. Pienempää kaapelimäärää selittävät yksinkertaisemmat liityntäpisteet asiakkaille yhdistelmäkaappien myötä, jolloin liittymiskaapeleita ei tarvitse viedä pitkiä matkoja kaukaa jakokaapeilta. (Caruna 2017d)

Yhdistelmäkaapilla tarkoitetaan asiakkaan tontille asennettavaa kaappia, jossa sijaitsee asiakkaan liittymiskaapeli ja kulutusmittari, ja siihen on mahdollisuus liittää myös asiakkaan telekaapelit. Lähtökohtaisesti yhdistelmäkaappien välillä kulkee ainoastaan runkoverkkoa eli tällöin liittymiskaapelit kulkisivat ainoastaan asiakkaiden tonteilla. Toisaalta asiakkaan ja verkkoyhtiön raja on selkeämpi PJ-saneerauksissa käytettävien uusien yhdistelmäkaappien myötä, jolloin asiakkaan tontilla tapahtuvissa kaapelivaurioissa asiakkaan vastuukysymyksen määrittelykin helpottuu. (Caruna 2016b; Caruna 2017d) Tällöin jo vikapalvelussa voidaan selvittää kaapelin omistussuhteet ja välttää vääriä tilastomerkitöjä sekä väärin tilattuja korjaustöitä.

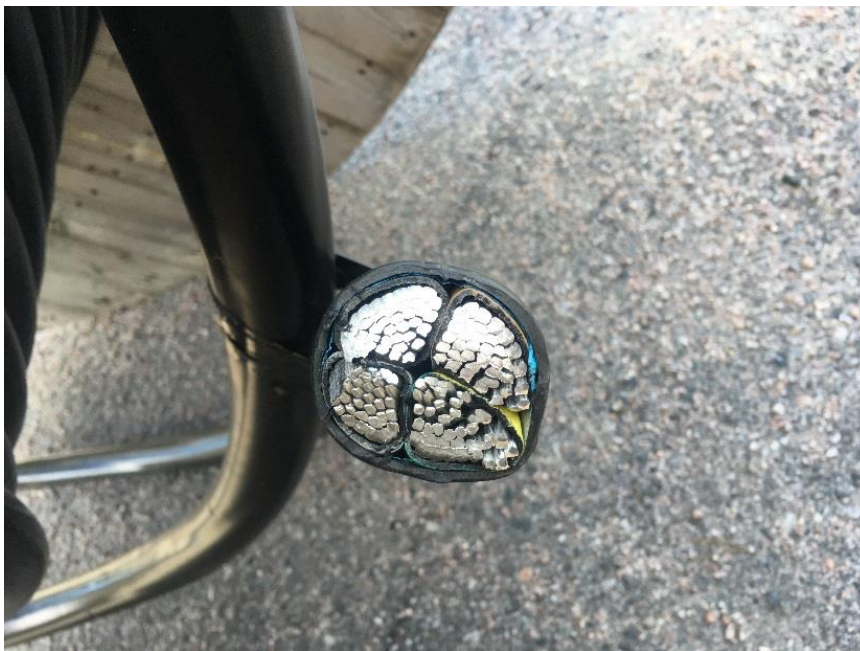
## **3.2 Kaapeleiden tekniset toimintaperiaatteet**

Tämän luvun tarkoituksena on kuvailla Carunan verkoston kaapeliratkaisuja. Lisäksi käsitellään vikaantumismekanismia ja mainitaan esimerkkejä vikaantumiseen johtavista tilanteista.

### **3.2.1 Maakaapeleiden rakenteet**

Maakaapeleita valmistetaan niin pien-, keski- kuin suurjännitetasoille ja niitä on saatavilla eri johdin- ja eristemateriaaleilla. Pienjännitekaapelit on suunniteltu 1 kV asti, keskijännitteellä jännitetasot ovat 10, 20, 33 ja 45 kV sekä suurjännitteellä 110 ja 400 kV välillä. Suomessa verkko-omaisuutta kaapeloidaan pääsääntöisesti pien- ja keskijänniteverkon osalta, mutta kaupunkiolosuhteissa myös 110 kV verkkoa on asennettu maan alle. Maakaapeleissa on pääsääntöisesti käytetty johdinmateriaalina alumiinia, sillä se on kuparia edullisempaa ja huomattavasti kevyempää. Seuraavaksi esitellään Carunan investoinneissa käytettyjen PJ- ja KJ-maakaapeleiden rakenteellisia ominaisuuksia sekä esitellään kaapelit kuvissa 4 ja 5.

Pienjännitekaapelien (kuva 5) osalta käytössä on ristosilloitettu alumiinijohtiminen PEX-eristeinen halogeeniton 1 kV nelijohtiminen voimakaapeli (AXMK), jonka poikkipinnan määrittelevät verkon tekniset ominaisuudet sekä sille asetettu käyttötarkoitus. Verkon teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavat verkkoa syöttävä muuntaja sekä solmupisteiden etäisyydet ja siten oikosulkuvirtojen suuruudet sekä jännitteen arvot. Käyttötarkoituksella tarkoitetaan sitä, onko kyseessä asiakkaan liittymispisteelle menevä liittymiskaapeli vai haarapisteiden välinen runkokaapeli.



*Kuva 5. AXMK 240mm<sup>2</sup> poikkipinnalla.*

PJ-maakaapelin rakenne koostuu neljästä alumiinijohtimesta, eristyksestä, kertauksesta ja ulkovaipasta. Johtimet on koottu pienemmistä alumiinijohtonipuista vaihtojännitteen aiheuttamien pyörrevirtojen minimoimiseksi ja ne ovat eristettyjä UV-kestoisella polyeteenillä eli PEX-muovilla. Merkintä ”X” PE:n perässä tarkoittaa polyeteenin ristosilloitusta eli muovin rakenteen makromolekyyliketjut ovat kemiallisesti sidottu toisiinsa (Aro et al 2003). Ristosilloitus parantaa muovin kemiallisia ominaisuuksia, heikentää eristeen johtavuutta sekä nostaa polyeteenin sulamispistettä ja täten mahdollistaa korkeamman kuormituslämpötilan kaapelin käytössä (Aro et al. 2003; Kolev M. 2008).

Valmistusvaiheessa pyöreiden johdinten väliin jäävä ilma valssataan pois, jolloin johtimet saadaan tiiviisti yhteen. Johdinten poikkipinta-alalla tarkoitetaan sähköistä poikkipintaa geometrisen sijasta. (Monni 1998) Johtimet on värikoodattu standardien HD 30852 mukaisesti harmaaksi, mustaksi, ruskeaksi ja kelta-vihreäksi värien kuvatussa kolme vaihejohdinta L1, L2, L3 sekä suojamaajohdinta. Vaihejohtimien tehtävänä on toimia sähkövirran kulkureittinä ja keltavihreän suojamaajohdinten tarkoitus on toimia sähkövirran reittinä vikatilanteessa. Normaalitylanteessa suojamaajohdin on siis virraton pieniä sähkölaitteiden aiheuttamia vuotovirtoja lukuun ottamatta. Eristimen tehtävä on estää sähkövirran kulkeutuminen muuhun kaapelirakenteeseen. Kertauksen tehtävä on nitoa eristetyt johtimet nippuun. Rakenteen viimeisen osan eli ulkovaipan tehtävänä on toimia päällimmäisenä suojana kosteutta ja mekaanista rasitusta vastaan. (Prysmian 2013; Reka 2004)

Keskijännitekaapeleina (kuva 6) käytetään alumiinijohtimista, PEX-eristeistä vesitiivistä Wiski Plain -maakaapelia (AHXAMK-WP). Nimen perässä oleva ”Wiski” kuvastaa kaapelin tuotemerkkiä ja vesitiiveyttä, kun taas Plain ilmaisee, ettei kaapelin mukana

ole maadoituskuparia. Myös KJ-kaapelin poikkipinnan määrittelevät verkon tekniset ominaisuudet ja käyttötarkoitus PJ-kaapelin tavoin.



**Kuva 6.** AHXAMK-W muutettuna AHXAMK Wiski Plainiksi.

Keskijännitekaapelissa vaihejohtimet on erotettu toisistaan toisin kuin pienjännitekaapelissa. KJ-kaapelin rakenne sisältää johtimen, johdinsuojan, eristyksen, hohtosuojan, puolijohtavan vesitiiveysnauhan, kosketussuojan, vaihevaipan ja kertaoksen. Jokaisen vaihejohdon keskusta koostuu PJ-johtimen tavoin nipusta pyöreitä alumiinijohtimia. Johdinsuoja on valmistettu puolijohtavasta muovista ja sen tarkoitus on nimensä mukaisesti suojata johtimia sekä pienentää johdinlangoista aiheutuvia sähkökentän voimakkuushuippuja. KJ-vaihejohtimien sisältämiin puolijohdekerroksiin on lisätty hiiltä sähköjohtavuuden parantamiseksi. Hohtosuojan tarkoituksena on puolestaan rajata johtimen sähkökenttä kahden sylinteripinnan väliin. (Monni 1998). Puolijohtava vesitiiveysnauha paisuu ollessaan kosketuksissa veden kanssa ja estää kosteusvaurion syntymisen sekä veden etenemisen. Kosketussuoja on valmistettu alumiini-muovilaminaatista ja sen tarkoitus on toimia vika- ja varausvirtojen kulkureittinä. Turvallisuuden takaamiseksi kosketussuojan on oltava kytkettynä maadoitukseen vähintään toisesta päästä. Se toimii myös poikittaissuuntaisena vesitiivistyksenä sijaiten vaihevaipan ja eristyksen välissä. Kosketussuoja on käytössä ainoastaan suurjännitekaapeleilla. Vaihevaippa toimii ulkovaippana kuten PJ-kaapeleissakin ja kertaus sitoo kaikki kolme vaihetta yhteen. (Prysmian 2013; Reka 2004)

Eroja PJ- ja KJ-kaapeleissa on sekä rakenteessa että ulkomuodossa. PJ-kaapelissa vaihejohtimet ovat asetettuina sektorinmuotoisina saman ulkovaipan alle, kun taas KJ-kaapelissa jokainen vaihejohdin on pyöreä ja oman ulkovaippansa alla. Yleisesti maa-

kaapelit eroavat toisistaan esimerkiksi käytettyjen materiaalien suhteen. Nykyisin eristemateriaalina on käytetty pääsääntöisesti muovia aiemmin käytetyn öljyllä imeytetyn paperin sijaan.

### 3.2.2 Kaapeleiden vikaantumismekanismit ja vauriot

Kaapeleiden vikaantuminen voi tapahtua joko välittömästi johtimen katkaisun seurauksena tai pikkuhiljaa eristyksen vauriosta osittaispurkausten johdosta. Vaarallisimpia ovat tapaukset, joissa kaivetaan vaihejohtimen paljaat johdinosat näkyviin. Suojavaipan ja eristysten puuttuminen tekee kaapelin vikaympäristöstä hengenvaarallisen, sillä johtimien paljastuminen ei välttämättä aiheuta välitöntä sulakkeen palamista tai lähdön laukeamista sähköasemalla. Useimmiten välittömästi johtimen katkaisemisesta syntyy KJ-kaapelissa maasulku. KJ-kaapelissa oikosulut ovat kolmannen osapuolen aiheuttamissa vaurioilanteissa harvinaisempia. PJ-kaapelissa oikosulkuja ilmenee KJ-kaapelia enemmän johtuen johtimien asettelusta saman suojavaipan sisässä. Vikavirran suuruus riippuu katkenneiden vaiheiden lukumäärästä sekä etäisyydestä syöttöpisteeltä. Kaapelivaurion kehittyminen vaatii suojavaipan rakenteen vaurioittamisen, oli kyseessä sitten välitön tai viivästynyt kaapelivika. Seuraavaksi käsitellään pitkällä aikavälillä syntyviä vikatilanteita.

Yhtenä vauriotekijänä kaapeleille on taiputussäteen ylittäminen. Liian suuren taipumissäteen ylittäminen vaurioittaa kaapeleiden rakenteita ja voi muodostaa vikapaikkoja viiveellä. Ulkoisesti kaapeli voi kuitenkin näyttää erehdyttävästi ehyeltä. Sallitun taipumissäteen ylittäminen voi tapahtua kaapeleita siirrettäessä tai laiminlyömällä kaapelien vaadittava tuenta, jolloin kaapelit riippuvat oman painonsa varassa.

Kuvassa 7 on esiteltyä virheellinen kaapelin käsittelytapa. KJ-kaapelista puuttuu asianmukainen tuenta ja sidontaliina kohdistaa mekaanista räsitusta kaapelin vaihejohtoihin sidontakohdasta. Oikeaoppisesti KJ-kaapelille olisi tehty joko johtosiirto asennettavien putkien tieltä tai kaapeli olisi tuettu metrin välein, jolloin mekaaninen räsitus jakautuu tasaisemmin vaihejohtojen pituudelle.





***Kuva 7. Virheellinen kaapelinkäsittely.***

Vesistöön sijoitetuilla kaapeleilla suojavaippaan aiheutuneet rakennevauriot voivat edesauttaa vesipuun syntymistä. Vauriokohtaan kehittyy ajan mittaan vikapaikka veden tunkeutuessa johtimiin. Vesipuussa eristeen sisälle kulkeutunut kosteus etenee sähkökentän mukaisesti puumaisena muodostelmana kohti johtimia, jolloin eristeen läpilyöntilujuus pienenee ja läpilyönnin todennäköisyys kasvaa. Kosteuden päästessä riittävän lähelle johtimia tapahtuu läpilyönti. (Aro et al. 2003) Läpilyönnit voivat saada aikaan valokaaren, jonka seurauksena kaapeli kokee vaurioita. Kuvassa 8 on esitetty vesistössä vikaantunut kaapeli.



*Kuva 8. Pitkällä aikavälillä vaurioitunut vesistöissä käytetty AXMK.*

Kuvassa 8 oleva kaapelivaurio oli saanut todennäköisesti alkunsa suojavaipassa olleesta vauriosta, johon oli ajan mittaan kehittynyt vesipuu ja lopulta läpilyönti sekä valokaari. Valokaari oli polttanut yhden johtimen noin 30 sentin matkalta sekä vaurioittanut toista johdinta. Johtimen puuttumisesta huolimatta kaapeli oli kuitenkin toiminut ja aiheuttanut toistuvia vikoja ennen vikapaikan löytymistä. Suolavesi ja vaipan sisälle jäänyt alumiinioksidipöly olivat edesauttaneet virran kulkua ja näin pitäneet kaapelin toiminnassa.

Viallisen kaapelin ympäristö on aina vaarallinen, sillä kaapeli voi toimia vikaantuneenakin, kuten todettiin kuvan 8 esimerkissä. Jos kaapelivauriossa syntyy valokaari eli jatkuva sähköpurkaus ja ihminen joutuu sen seurauksena osaksi virtapiiriä, eivät suojalaitteet välttämättä havahdu vikatilaa. Syynä havaitsemattomuuteen on ihmisen suurehko ominaisimpedanssi, jolloin suojalaitteet eivät tunnista vikatilannetta. (Tukes 2006) Samoin käy tyypillisimmin maasulkutapauksissa, joissa vikavirtojen suuruudet voivat jäädä vain muutaman kymmenen ampeerin suuruuteen, kun taas oikosulussa vikavirrat voivat olla useita kiloampeereita.

### **3.3 Kaapelinäytön merkitys**

Maakaapeleiden määrät vaihtelevat maantieteellisen sijainnin mukaan ja maakaapeleita esiintyy runsaimmin kaupunkien keskustoissa sekä taajama-alueilla. Kaapelinäytön merkitys korostuu etenkin tällaisilla alueilla, joissa maanalaisessa johtoverkossa voi kulkea siirtoverkon rinnalla sähköverkon ohjauskaapeleita, useamman eri operaattorin telekaapeleita, kunnallistekniikkaa, vesijohtoja sekä kaukolämpöä tai kaukokylmää.



(Tukes 2016a) Sähkömarkkinalain 110 § määrittelee työn suorittajan selvittämään ennen metsä-, maanrakennus-, vesirakennus-, verkonrakennus- tai muuhun työhön ryhtymistä työalueen sähkökaapeleiden mahdolliset sijainnit. Vastaavasti verkonhaltijan on annettava kohteen läheisyydessä olevien sähkökaapeleiden sijaintitiedot maksutta työn suorittajalle. (588/2013)

Verkonrakennustyössä rakennetun verkon dokumentointi tehdään manuaalisesti työntehtäjän toimesta, jolloin on mahdollisuus inhimilliseen virheeseen tai epätarkkaan dokumentointiin. Suunniteltu verkko ja maastoon toteutunut verkostotyö voivat siis syystä tai toisesta poiketa toisistaan. Työturvallisuudenkin kannalta on tärkeää kiinnittää huomiota kaapelikartan ajantasaisuuteen (Tukes 2016b). Pieninkin johtoverkon vaurioittaminen voi johtaa useamman tunnin viankorjaustehtävään ja kalliisiin korjaustoimenpiteisiin.

Sijaintitietojen epätarkkuudet kasvattavat kaapelivaurion riskiä kaivutöitä tehdessä. Verkostonrakennusvolyymin ollessa Carunalla suurta on kaivu-urakoitsijan varauduttava myös haja-asutusalueilla maakaapelien olemassa oloon. (Caruna 2017a; Liikenne- ja viestintäministeriö 2010) Vikatilanteiden estämiseksi kaivajalta edellytetään oikeiden työmenetelmien noudattamista ja huolellisuutta. Näillä yhteistoimilla sekä riittävän tarkkoilla sijaintitiedoilla voidaan yhdessä vaikuttaa kaapelivaurioiden vähenemiseen ja siten myös minimoida sähkötapaturman riskiä. (Liikenne ja viestintäministeriö 2010)

Maakaapeleiden sijainnit ilmoitetaan alueittain tapauskohtaisesti joko karttanäyttönä tai maastonäyttönä. Näyttötapa riippuu karttatiedon laadusta, kaapeleiden määrästä ja jännitetasoista. Sijaintiselvityksistä varmempi on maastonäyttö, jossa kaapelinäyttöpalvelun edustaja toimittaa kaapelinäyttäjän kuvantamaan verkon sijaintia. Maastonäyttö on suositeltavaa, mikäli karttatiedoissa havaitaan puutteita, kaivualueella on runsaasti kaapeleita tai alueen kaapelit ovat merkittäviä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010) Kaapeleiden sijainnit toimitetaan verkkoyhtiön toimesta sijaintipalveluntarjoajalle sähköisesti aina kerran päivässä, jolloin kaapelitiedot ovat verkkotietojärjestelmän kanssa synkronisoituina. Asiakas voi halutessaan tilata myös johtosijaintikartan toiminta-alueestaan. (Kaivulupa 2017)

### **3.4 Kaapelinäytön toimintaperiaate**

Kaapeleiden sijaintiselvitykseen liittyvät karttakyselyn lisäksi myös maastonäytöt. Maastonäytöissä kaapelit tai putket paikannetaan joko aktiivisella tai passiivisella haulalla. Näistä hakutavoista ainoastaan passiivista hakua voidaan käyttää jännitteisille kaapeleille niiden itsensä tuottaman magneettikentän vuoksi. (Monni M. 1998; Keypro 2016) Seuraavaksi esitellään näyttötavat sekä jännitteiselle että jännitteettömälle kaapelille.

### 3.4.1 Kaapelinäyttö jännitteiselle kaapelille

Jännitteisen kaapelin mittaamisessa hyödynnetään kaapelin kuormituksesta syntyvän induktion havaitsemista vastaanottimessa. Vastaanottimella voidaan havaita 50 Hz ja 60 Hz taajuiset signaalit. (Johtokartoitus 2017) Vastaanottimen sisältämään käämiin indusoituu jännite vaihtovirran synnyttämän muuttuvan magneettikentän ansiosta vastaanottimen ollessa lähellä näytettävää kaapelia. Indusoitunut jännite näkyy vastaanottimessa olevassa mittarissa sitä selvemmin, mitä lähempänä mitattavaa kaapelia ollaan, eli mitä suurempi magneettivuo lävistää käämitystä. Jos kyseessä on huippuvastemittaus, vastaanottimen näytön viuhka kasvaa kaapelin kohdalla. (Keypro 2016) Kuvassa 9 on havainnointikuva kaapelitutkaamisesta maastossa.



*Kuva 9. Kaapelien etsimistä RD4000-kaapelitutkalla huippuvastemenetelmällä.*

Mittaustavan ollessa nollavasteella vastaanottimen käämitys on kohtisuoraan kaapelin etenemissuuntaa vasten. Tällöin kaapelin kohdalla magneettikenttä ei kulje käämisilmukan läpi eli viuhkanäytön lukema pienenee. Nollavasteista mittaustapaa ei suositella ympäristössä, jossa on mitattavan kaapelin lisäksi muita kaapeleita. (Keypro 2016)

### 3.4.2 Kaapelinäyttö jännitteettömälle kaapelille

Jännitteettömän kaapelin tai putken mittaukseen tarvitaan joko galvaaninen kytkentä, lähetinpihtien kiinnitys etsittävään kohteeseen tai maan läpi kohteeseen syötetty induktiivinen signaali. Lähettimen syöttämä vaihtovirtasignaali luo mitattavan kohteen ympärille sähkömagneettisen kentän, johon vastaanottimen käämi reagoi aiheuttaen mittarin havaitseman jännitteen muutoksen. Tämän jälkeen kaapelin tai putken seuraaminen tapahtuu vastaanottimen avulla kuten jännitteisissäkin kaapelissa. Kaapeleita peilattaessa

on syytä huomioda, että etsintäkelassa havaitun jännitteen suuruus riippuu vastaanottimen asennosta kaapeliin nähden. (Monni M. 1998; Keypro 2016)

### 3.4.3 Haasteet kaapelinäytössä

Kaapelinäytössä haasteita voivat aiheuttaa sijaintikartan virheet sekä kaapeliheijastukset tai signaalin hyppääminen toiseen kaapeliin. Espoon kaapelinäytöissä töitä hidastavat useimmiten epäselvyydet kaapeleissa eli kaapeleita ei ole ilmoitettu puretuksi tai käytöstä poistetuksi. Lisäksi poikkeamia syntyy konsulttien lähettämissä tarkkeissa epäselvien mittaustarkkuuksien takia. Tarkkeella tarkoitetaan infrakohteelle, kuten maakaapeleille, rakennusvaiheen lopussa tehtyä sijaintimittausta (Rakennustieto 2012). Kaapelinäytöissä muu maanalainen infra voi häiritä signaalin kulkua. (Keypro 2016)

## 3.5 Kaapelinäyttöjen palveluntarjoajat

Kaapeleiden sijaintitieto- sekä kaapelinäyttöpalveluiden ympärille on kasvanut entistä enemmän liiketoimintaa. Tällaisia palveluita tarjoavia yrityksiä ovat muun muassa Johtotieto Oy sekä Keypro Oy. Johtotieto Oy kuuluu Suomen Erillisverkot -konserniin ja on täysin Suomen valtion omistama. (Johtotieto 2017) Keypro Oy on myös suomalainen mutta yksityinen toimija, joka tuottaa palveluja muun muassa Kaivulupa.fi-nimisen sivuston kautta. (Keypro 2017) Yritysten tehtävänä on antaa kaapeleiden ja muun infrastruktuurin sijaintitietoja kaivu-urakoitsijoiden niitä pyytäessä ennen kaivun aloittamista. Näyttötoiminnan voi toteuttaa myös muu osapuoli kuin sijaintipalveluiden tarjoaja, kuten esimerkiksi sähköverkkourakoitsija. Palvelusopimuksista riippuen näytön tilaa joko palveluntarjoaja tai kaapelin omistaja. Vastineena sijaintitietojen pitämisestä tietokannassaan sekä niiden informoinnista kaivavalle asiakkaalle sijaintipalveluita tuottavat yritykset saavat tuloa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2010) Palvelun ostamisella Caruna tähtää siihen, että heidän kaapelinsa tulevat huomioiduiksi kaivualueilla työskennellessä. Palvelu on osaltaan vakuus sijaintitietojen saatavuudesta kaikille sitä tarvitseville.

### 3.5.1 Kuntien omat kaapelinäytöt

Kaupunkiympäristössä kaapelinäyttöpalvelut saatetaan järjestää kuntien omien toimintojen kautta. Carunan verkkoalueella kaupunkiverkkoja on muun muassa Espoon, Kauniaisten sekä Joensuun alueilla, joissa jokaisessa kaupungissa toimii omat kaapelinäyttöpalveluntarjoajansa. (Caruna 2017b) Seuraavaksi tarkastellaan esimerkkinä Espoon kaupungin kaapelinäyttöpalvelua.

Espoon johtoselvitykset hoitaa johtotietopalvelun asiakaspalvelu, joka kuuluu kaupunkitekniikkakeskuksen infrapalveluiden alueiden käytön hallintaan. Johtotietopalvelu toimii samassa paikassa kuin muut asiakaspalvelut. Sijaintiselvitykset voidaan pyytää

paperisena asiakaspalvelusta paikan päältä tai tilata sähköisen käyttöliittymän kautta. Kaivuluvan ja sijaintiselvityksen läpimenoaika virastossa on muutama arkityöpäivä. Tarvittaessa maastonäyttö voidaan tilata jo sijaintiselvityksen kanssa samaan aikaan. Maastonäyttö on asiakkaalle maksuton ja siinä näytetään vain alueelle dokumentoidut kaapelit. Etenkin urakoitsijaosapuolet ovat kokeneet sähköisen sijaintiselvitykset käteviksi ja nopeiksi, jolloin luvattomien kaivuiden lukumääriä on todennäköisesti saatu hillittyä. (Espoo 2017; Lehtola 2017) Vertailukelpoista tilastodataa luvattomista kaivuista on kuitenkin hyvin haastavaa saada, joten kehityssuunnan määrittelyä ei tässä työssä voida todentaa.

Johtotietopalvelu tekee yhteistyötä johdonomistajien kanssa vuosittain muun muassa aineistovertailun muodossa. Yhteistyön tavoitteena on saada johtokartat ajan tasalle. Sijaintimuutoksista tietoa tulee myös maastokäyntejä tekevien maastoryhmien puolelta, jotka pyrkivät ilmoittamaan kaapelien tai putkien muutoksista maastossa. (Lehtola 2017)

### **3.5.2 Kaapelinäyttöpalvelu yksityiseltä yritykseltä**

Kaapelinäyttöpalvelua voidaan tilata kaupunkien ulkopuolisilla alueilla ulkoiselta toimijalta. Caruna on valinnut palveluntuottajakseen kaapelinäytöissä Keypron, joka vastaa kaapelinäyttöpalvelun tuottamisesta Carunalle muilla kuin Espoon, Kauniaisten tai Joensuun kuntien alueilla. Keypro tuottaa palvelua Kaivulupa.fi-sivustolla, jossa voi kaivupaikan osoitteella haettaessa määrittellä onko hakemassa kaivulupaa kaupungilta vai haluaako tehdä johtoselvityksen tai näyttötilauksen. Seuraavaksi tarkastellaan yksityisen yrityksen esimerkkinä Kaivulupa.fi-sijaintitietopalvelua sekä kaapelinäytön tilaamista.

Kaivaja voi tilata Kaivulupa.fi-palvelusta kaivupaikan johtoselvitykset joko puhelimitse tai sähköisesti internetistä. Tiedustelun voi tehdä rekisteröimättömänä tai rekisteröitynä käyttäjänä. Rekisteröitynä käyttäjänä järjestelmässä on jo tallennettuna tarvittavat yhteystiedot, jolloin palvelun käyttö on nopeampaa. Johtoselvityksessä merkitään osoitteen mukaan työskentelyalue, kaivun ajankohta ja kesto sekä työn laatu ja syvyys metreinä maanpinnasta. Lähtötietojen perusteella palvelu ilmoittaa selvityksen tekijälle alueen risteävät johdot sekä niiden lukumäärän. Huomionarvoista kuitenkin on, ettei palvelu ilmoita sellaisten johdonomistajien johtoja, jotka eivät käytä Kaivulupa.fi-palvelua eivätkä tällöin ole luovuttanut johtotietojaan johtotietopalvelun järjestelmään. Johtoselvitystulosteessa näkyvät ainoastaan kultatason palvelun ostaneiden johdonomistajien johdot. Seuraavat tasot ovat hopea ja pronssi, jotka ilmoittavat näiden johdonomistajien johtojen mahdollisuudesta alueella. Alempien tasojen käyttäjät ovat toteuttaneet johtonäyttönsä joko itse tai oman sidosryhmänsä kautta. Johtotietotulosteen voi tilata myös sähköpostiin ja siirtyä kaapelinäyttötilaukseen. (Kaivulupa 2017)

Kaapelinäytön voi tilata joko suoraan johtosijaintiselvityksen jälkeen tai Kaivulupa.fi-palveluun tallentuneen kaivu ilmoituksen perusteella. Johtosijaintiselvityksen jälkeen

palvelusta on mahdollista tilata kaapelinäyttö, jos johdonomistajan asettamat näyttösäännöt toteutuvat. Esimerkiksi suurjännitteisten johtojen alueella kaapelinäyttö on määritetty pakolliseksi. Näyttöä tilattaessa pitää ilmoittaa toivottu näyttöajankohta. Tilaus on tehtävä vähintään kolme työpäivää ennen kaivutyön aloittamista. Tilauksen lähettämisen jälkeen näyttöpyyntö välittyy alueella toimivalle näyttöurakoitsijalle, joka vastaanottaa tilauksen. Näyttöurakoitsija voi kuitenkin muokata näyttöajankohtaa ennen työn hyväksymistä. Näyttöurakoitsija voi myös poistaa työn, jos se osoittautuu aiheettomaksi. Johtonäytön jälkeen näyttöjä kuittaa työn tehdyksi. (Kaivulupa 2017)

## 4. KAAPELIVAURIOISTA AIHEUTUNEISIIN VI- Koihin liittyvä operatiivinen toiminta

Tässä luvussa kuvaillaan työn empiriatietojen keräämiseen käytettyjä menetelmiä ja kerrotaan työhön osallistuneiden sidosryhmien taustoista ja merkityksistä. Tämän lisäksi luvussa käsitellään operatiivista toimintaa kaapelivaurioiden ympärillä ja havainnollistetaan kolmannen osapuolen kaapelivaurioiden löydöksiä tilastojen kautta. Empiirialla pyritään hakemaan vastauksia kaapelivaurioiden syntymiseen liittyvistä tekijöistä, segmentoimaan aiheuttajaosapuolia ja pohtimaan vaikutusmahdollisuuksia vaurioiden ennaltaehkäisyyn. Näistä saatujen tietojen perusteella selvitetään kriittisimmät kehityskohdet ja niiden vaikutuksia vikatöidenkäsittelyihin.

### 4.1 Tutkimusmenetelmien esittely

Työn empiriadata on kerätty sidosryhmähaastatteluilla, seurannalla sekä havainnointia hyödyntämällä. Sidoryhmähaastattelut toteutettiin puolistrukturoituna teemahaastatteluna, jolloin jokainen haastateltu kohderyhmä pystyi vastaamaan omasta näkökulmastaan itseään eniten koskettaviin tutkimuskysymyksiin. Haastattelurunko on esitetty liitteessä A.

Lähtötiedot tutkimukselle saatiin Carunalta tutkimustyön ohjausryhmän pitämän tutkimusongelmaperehdytyksen kautta sekä havainnoimalla ja haastatteleamalla verkonkorjaus- sekä reklamointiprosesseissa mukana olevia toimijoita. Lisäksi osallistuttiin sidoryhmille suunnattuun kaivutyö- ja sähköturvallisuuskoulutukseen, jossa kaivutöihin osallistuvat henkilöt esittivät omia havaintoja sekä kysymyksiä tutkimuksen aihepiiristä.

Kaapelinäyttöjen haasteita ja toimintaympäristöä seurattiin kenttätutkimuksen kautta, jolloin auditoitiin sekä kunnallisen kaapelinäyttöryhmän että yksityisen kaapelinäyttökumppanin sijaintipalvelu- ja kaapelipeilaustoimintoja. Prosesseihin liittyviin haasteisiin saatiin näkemystä tilaus- ja käytöntukijärjestelmästä tulostettujen vikatehtävien läpikäynnin sekä prosesseihin liittyviin dokumentteihin perehtymisen kautta. Kattavan taustatyön ja tutkimusmenetelmien valinnan perusteella voidaan olettaa tutkimuksessa käytettyjen ja saatujen tietojen olevan luotettavia ja vertailukelpoisia. Jokainen haastateltu osapuoli täydensi tosiaan tutkimuskysymyksiin liittyen, jolloin alkuongelmia on tutkittu kokonaisvaltaisesti useammalta eri näkökulmalta.

### 4.1.1 Sidosryhmähaastattelut

Tutkimuskysymysten perusteella haastateltaviksi valittiin sidosryhmiä, joilla on kokemusta kaupunkimaisesta verkkoliiketoiminnasta, kaapelinäytöistä ja kaivutöistä tai jotka ovat olleet mukana vikapartion työnohjauksessa ja toiminnassa. Tutkimukseen osallistui kolme urakoitsijayritystä, joilla on kokemusta Carunan verkonrakennustöistä sekä vikapartion toiminnasta. Näiden lisäksi kokemuksia ja näkökulmia saatiin kuntatoimijoilta, joista toisen liiketoiminta kohdistuu sähkönjakeluun ja toisen työtehtävät johtotietojen ylläpitoon ja selvityksiin. Haastateltavien valinnalla pyrittiin saamaan riittävän monipuolista ja luotettavaa tietoa tutkimuskysymysten ympäriltä eri näkökulmista. Seuraavassa taulukossa 3 on esiteltyä haastatellut yritykset, niiden taustat ja edustajat.

*Taulukko 3. Tutkimukseen osallistuneet yritykset ja niiden edustajat.*

Yritys	Selite	Haastateltavat
Relacom (Espoo)	Relacom on toinen Carunan alueellisista sopimusurakoitsijoista. Sen tehtävänä on pieninvestointien lisäksi huolehtia mm. vikapartion toiminnasta. Relacomin Veikkolan tulosityksikkö vastaa Caruna Espoo Oy:n verkkoalueen pienistöistä.	Päällikkö (työnjohto, vikapalvelu) ja tiimipäällikkö (verkonrakentamistyöt)
Eltel Networks Oy (Salo)	Eltel on toinen Carunan alueellista sopimusurakoitsijoista. Sen tehtävänä ovat pieninvestoinnit sekä palvelutyöt kuten vikapartiotoiminta. Eltel huolehtii Lounais-Suomessa Caruna Oy:n verkkoalueen pienistöistä.	Työpäällikkö ja tiimipäällikkö (mukana vikapartioissa)
Relacom (Keski-Uusimaa)	Relacomin Keski-Uudenmaan toimipiste Hyvinkäällä huolehtii Caruna Oy:n verkkoalueen Uudenmaan alueen pienistä verkko- töistä sekä palvelutöistä.	Työpäällikkö
Helen Sähköverkko Oy (HSV)	HSV toimii Helsingin kaupungin jakeluverkkoyhtiönä. HSV:tä käytettiin vertailukohteena korkean kaapelointiasteen sekä samankaltaisen vikakokemusten puolesta.	Kunnossapitopäällikkö ja käyttöinsinööri
Espoon kaupunki	Caruna Espoo Oy:n alueella Espoon kaupunki suorittaa itse omat sijaintipalvelut ja kaapelinäytöt.	Jaospäällikkö

Haastatteluun osallistuneet urakoitsijat olivat eri puolilta Suomea ja heidän toimintaympäristönsä vaihtelivat kaupungin, taajaman sekä haja-asutusalueen välillä. Jokaisessa urakoitsijahaastattelussa oli yksi tai kaksi haastateltavaa vastaamassa haastattelukysymyksiin. Myös toisen jakeluverkkoyhtiön sekä kunnan puolelta haastateltiin yhtä tai useampaa henkilöä. Haastattelut toteutettiin vuoden 2017 toukokuun ja syyskuun välisenä aikana sekä paikanpäällä että etänä Skypen kautta. Lisäksi tutkimustuloksiin saatiin myöhemmin täsmennyksiä urakoitsijoiden kanssa käydyillä keskusteluilla puhelimitse ja sähköpostitse.

#### **4.1.2 Havainnointi ja kenttätutkimus**

Työn alussa tutkimuskysymyksiin perehdyttiin keskustelemassa Carunan eri toiminoissa työskentelevien henkilöiden kanssa. Henkilöitä pyydettiin kuvailemaan kolmannelta osapuolelta johtuvien kaapelivaurioiden aiheuttamia haasteita heidän työtehtäviinsä liittyen. Valitut henkilöt työskentelevät vikapalvelun, käyttötoimintojen ja reklamaatioiden sekä reklamaatiolaskutuksen parissa. Sijaintipalvelutoimintaan perehtyminen tapahtui Carunalla työskentelevän sijaintipalveluyhteyshenkilön sekä Espoon johtotietojakseen ja KeyProle tehtyjen auditointien kautta. KeyPron sijaintipalvelun järjestelmäauditointi suoritettiin etänä Skypen kautta ja Espoon kaupungin sijaintipalveluauditointi suoritettiin haastattelun yhteydessä Espoon virastotalolla.

Lisäksi tutkimuksen edetessä suoritettiin tasaisin väliajoin havainnointia liittyen Carunan kaapelivaurioihin liittyvien keskeisiin prosesseihin. Havainnoinnin suorituspaikka oli pääsääntöisesti Carunan päätoimipisteellä Espoon Leppävaarassa. Havainnoinnissa kartoitettiin työntekijöiden kokemia haasteita kaapelivaurioihin tai reklamaatioihin liittyen ja etsittiin yhdessä mahdollisia ratkaisuehdotuksia. Erityisesti käyttöoperaattoreiden parissa suoritettu havainnointi osoittautui hyödylliseksi. Tässä havainnoinnissa saatiin kattavaa näkemystä urakoitsijayhteistyöhön vikatilanteissa ja kaapelivaurioiden raportointiin liittyviin tilanteisiin sekä hyviä kehitysideoita, joita lähdettiin jatkojalostamaan osana tätä tutkimustyötä.

Työssä suoritettiin myös kenttätutkimusta. Kenttätutkimuksen tarkoituksena oli saada tietoa kentällä toimivien kaapelinäyttäjien ja maanrakennusurakoitsijoiden kokemista maanalaisen infran haasteista. Maastokäynnillä keskityttiin kaapelinäyttäjien ja maanrakennusurakoitsijan väliseen tiedonvaihtoon, näytön laatuun ja arvioitiin kaivutyön sekä sähköverkon turvallisuuteen liittyviä asenteita. Kenttätutkimus toteutettiin Espoon kaupungin kaapelinäyttäjien mukana Espoossa kaupunki- ja taajamaympäristössä sekä KeyPron sijaintimittaustyöntekijän mukana haja-asutusalueella Kirkkonummella. Espoossa kaapelipeilauksen liittyi kunnan infranrakentamistyöhön, kun taas Kirkkonummen kaapelisijaintimittaus oli osa Carunan laajemman toimitusvarmuusinvestoinnin laatutarkastusta. Kenttätutkimukset toteutettiin kesäkuussa 2017. Myös kenttätutkimukset osoit-



tautuivat hyvin hyödyllisiksi, sillä niiden avulla selvisi kehityskohteita kaapeleiden läheisyydessä suoritettavien kaivutöiden informoimisessa sekä kaapelipeilauksen tarkkuuteen liittyvissä tekijöissä. Havaintoihin pohdittiin ratkaisuehdotuksia kentällä ja myös näitä tunnistettuja kehityskohteita lähdettiin jatkojalostamaan osana tätä tutkimustyötä.

Havainnoinnin ja kenttätutkimuksen tuloksien sekä keskustelujen perusteella lähdettiin luomaan kosketuspistekarttoja vikaprosessille sekä reklamaatioprosessille. Kosketuspistekarttoja analysoitiin yhdessä diplomityön ohjausryhmän kanssa ja tarvittaessa myös täydennettiin prosessien avainhenkilöiden kanssa.

## **4.2 Kolmannen osapuolen aiheuttamat kaapelivauriot**

Kuten SML:n (588/2013) pykälässä 110§ on mainittu, ennen kaivamisen aloittamista tulisi selvittää tontilla sijaitsevien kaapeleiden määrä ja sijainti. Tontinhaltijan vastuulla on selvittää omalla tontilla kulkevat johdot ja yleisellä alueella tiedot pyydetään sijaintipalvelusta. Seuraavaksi käydään läpi yleisimmät kaapelivaurioiden aiheuttajaryhmät sekä tyypillisimmät syyt maakaapelivaurioiden vikatehtäville. Tarkastelussa käytetty materiaali on koottu urakoitsijahaastatteluista sekä yhteen Carunan tilausjärjestelmään tallennetuista vuoden 2016 vikailmoituksista.

### **4.2.1 Tyypillisimmät aiheuttajaosapuolet kaapelivaurioissa**

Toteutetuissa urakoitsijahaastatteluissa nousi esiin samoja kaapelivaurioiden aiheuttajaosapuolia riippumatta maantieteellisestä sijainnista. Ainoastaan asutuskeskittymällä eli sillä, oliko kyseessä suuri kaupunkikeskusta (niin sanottu City), kaupunki, taajama vai haja-asutusalue, näytti olevan merkitystä. Pääsääntöisesti kaapelivaurioita ei syntynyt sähköverkkourakoitsijoiden työmailla vaan vauriot syntyivät muiden infran rakentajien tai yksityisten henkilöiden työmailla.

Haastattelujen mukaan kaupunki- ja taajamaympäristössä kaapelivaurioita sattui kunnallisilla katutyömailla, kaukolämpö- ja vesijohtoverkon toimijoiden työmailla sekä asutusinfranrakentajien kuten kerrostalojen rakennustyömailla. Haja-asutusalueella vikatehtävät johtuivat yleensä maataloustöistä sekä salaojakaivuista. Tutkimuksessa selvisi myös, että yksityiset henkilöt aiheuttivat kaapelivaurioita pääsääntöisesti omille tai naapureiden liittymiskaapeleille omilla tonteillaan.

Espoon jaospäällikön mukaan haastavimpia kohderyhmiä ovat yksittäiset kaivajat, jotka työskentelevät pääkaupunkiseudulla vain harvoin. Kaivajia ohjeistetaan jo asiakaspalvelutilanteessa johdonomistajien määrittelemillä ohjeistuksilla ja kaivutyön työturvallisuusasioiden yleisillä ohjeistuksilla. Kasvaneen kaivutyökysynnän sekä kilpailutuksen vaikutuksesta kaivajia saapuu yhä kauempaa suorittamaan kaivuita. Pääkaupunkiseudulla kaivutöitä tekeviltä vaaditaan kuitenkin erillinen PKS-koulutus, jonka pääpaino on pääkaupunkiseudun kaivutöiden haasteiden informoinnilla.

#### 4.2.2 Tyypillisimmät syyt vikatehtävälle ja kaapelivauriolle

Edellisen kappaleen aiheuttajaryhmien segmentoinnin jälkeen esitellään tutkimuksessa ilmenneitä tyypillisimpiä kohteita, joissa kolmas osapuoli oli aiheuttanut kaapelivaurion. Esiintymisalueet voidaan karkeasti jaotella kolmeen kohteeseen: kaupunki ja taajama, haja-asutusalue sekä yksityiset tontit.

Haastattelujen ja havainnoinnin perusteella voidaan sanoa, että yksityisillä henkilöillä pihatyöt, viemäroinnit ja salaojitukset sekä muut pihamaalla tapahtuvat rakennustyöt olivat riskitekijöinä kaapelivaurioiden synnyssä. Vikatehtävissä kaapeli oli ollut joko liian pinnassa, sijaintitieto oli poikennut kartalle merkitystä tai kaapelista ei ollut tietoa eikä kaapelisijaintiselvitystä ollut tehtynä. Pihatöissä yksi riskialteimmista toimenpiteistä on usein puskien poistaminen, jolloin kaapeliin osutaan joko lapiolla tai kangella. Esimerkiksi tontin rajalla sijaitsevien puska-aitojen poistamisessa tulisi huomioida mahdollisuus kaapelireitin kulkemiseen tontin rajaa pitkin. Varsinkin tapauksissa, joissa tontteja yhdistetään toisiinsa, on hyvä varmistua onko aikaisempaa rajaa pitkin kulkenut kaapeleita, ja huolehtia omien kiinteistöön liittyvien putkitus- ja kaapelikarttojen paikkansapitävyydestä sekä ajantasaisuudesta.

Haastatteluja tehtäessä ja vikailmoituksia läpikäydessä nousi esiin myös erityisesti yksityisiin tontteihin liittyvä haaste koskien maanmuokkausta ja eroosiota. Vaikka kaapeli asennettaisiin yli 0,7 metrin syvyyteen, voivat eroosio, routa, pihalla tehtävät maanmuokkaukset tai -rakennustyöt kuluttaa kaapelin päällä olevaa maakerrosta muuttaen kaapeleiden upotussyvyyttä. Tämä taas nostaa riskiä vaurioittaa kaapelia jopa pienimilläkin pihatöillä tai kukkapenkkikaivuilla.

Tutkimustulosten perusteella asutusrakentajilla kaapelivaurioita aiheuttavat erityisesti tonttialueen ulkopuoliset kaivut. Rakennuspinta-alaa pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti, jolloin perustuksia tehdessä avataan maata myös katualueen puolelta. Laajennetusta kaivualueesta seuraa mahdollisia luvattomia kaivuja eikä kaapelinäyttöä ole välttämättä suoritettu kadun puolelle asti. Vanhoilta kaapeleilta on huomattu puuttuvan putkisuojauksia sekä varoitusnauhoja, jolloin kaapelikolhujen aiheutumisen todennäköisyys on suuri. Huomattavan monessa kohteessa eteen tulleita kaapeleita oli siirretty luvatta ja jännitteisinä pois rakennuskohteiden, kuten esimerkiksi kaivojen, tieltä. Johtosiirroissa jatkokohtia ja kaapeleita on vaurioitettu tuentamenetelmien puuttumisella.

Kerätyn datan perusteella voidaan todeta, että kaukolämpö- ja vesijohtoverkkojen läheisyys on haastava ympäristö sähköverkolle. Kaukolämpöputken vahingoittumisen seurauksena paineistettu vesihöyry voi suuntautua kaapelia kohti polttaen sen puhki aiheuttaen samalla vikapaikan myös sähköverkon osalta. Sekä vesijohto- että kaukolämpötyömailta ovat urakoitsijat ilmoittaneet kaapeleiden tuentapuutteita, luvattomia siirtoja sekä kaapelirakenteen ulkoisia vaurioita. Ylipäätään viemäreiden läheisyydessä on olta-

va hyvin huolellinen, sillä vetinen ympäristö sähkökaapeleiden yhteydessä on hengen-vaarallinen. Kaapelia vaurioitettaessa kaivaja voi pahimmillaan olla kosketuksissa veden kanssa, jolloin hengen menetyksen riski on ilmeinen.

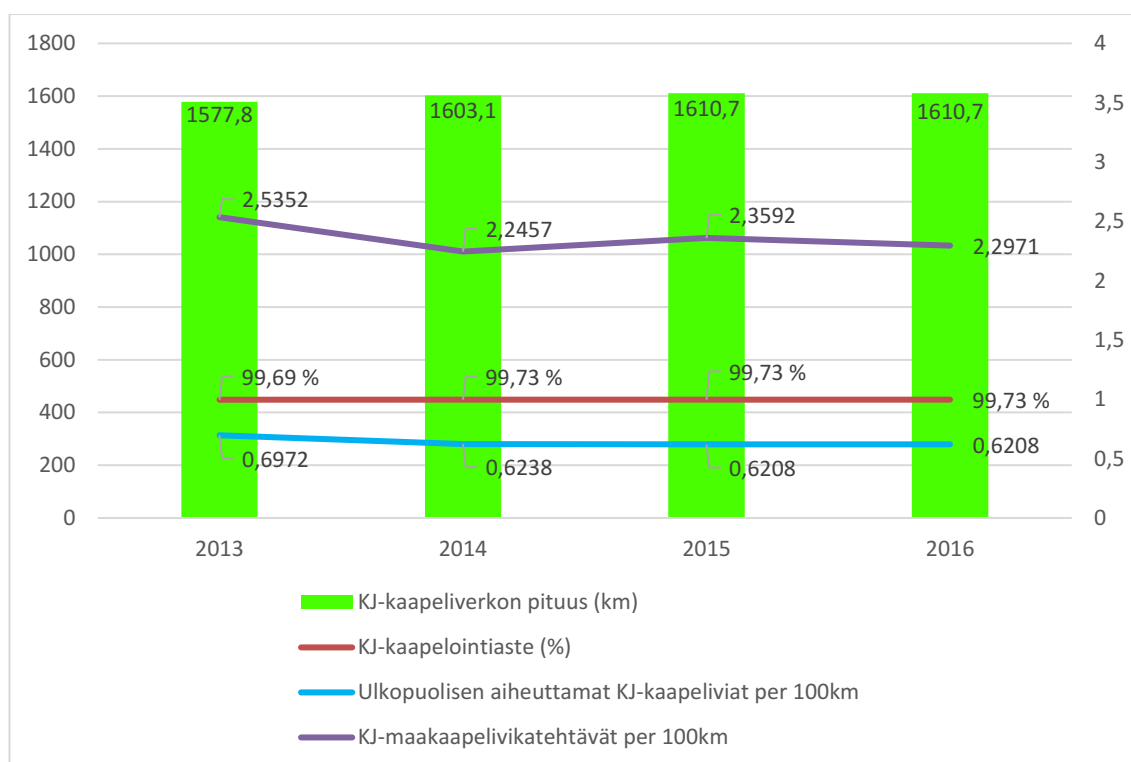
Haastatteluista ja vikailmoitusten läpikäynnistä selvisi, että erityisesti vanhan kaapeliverkon alueella vahingot ovat johtuneet kaapelivaroituskauhan puuttumisesta ja kaapelit ovat olleet todennäköisesti alle 0,7 metrin syvyydessä. Olettamusten seurauksena kaapelia on voitu lähestyä koneellisesti liian lähelle, jolloin kaivaja on osunut kaapeliin tai katkaissut sen. Tukes ohjeistaa kaivamaan kaapelit aina käsin näkyviin, jolloin kaapelia lähestyttäisiin varovaisemmin. Osissa tapauksista myös virheellinen kaapelinäyttö on ollut osallisena vian ilmenemiseen. Varsinkin aktiivisesti maanmuokkauksen kohteena olevilla alueilla olisi syytä kiinnittää erityistä huomiota jo verkonrakennuksen aikana kaapeleiden asennussyvyyskäsitteisiin kaapelivaurioiden ennaltaehkäisemiseksi. Yleisesti ottaen kaivajan huolimattomuus, vanhentunut tai virheellinen johtokartta sekä dokumentoimattomat kaapelit koettiin suurimmiksi riskitekijöiksi kaapelivaurioiden syntymiseen.

#### **4.2.3 Kaapelointiasteen vaikutus vikatilastoihin KJ-kaapeliverkossa**

Seuraavassa tarkastellaan ensin koko Carunan verkkoaluetta kaapelointiasteen ja vikatilastojen suhteen. Verratessa luvun 1.2 kuvaa 2 KJ-maakaapelivikatilastoista sekä luvun 3.1.2 kuvaajaa 1 kaapelointiasteen kehityksestä KJ-puolella voidaan huomata yhteys käyrien kehityksissä. Vaikka KJ-maakaapeliverkossa keskimääräinen vian kesto-aika on tippunut lähes kaksi tuntia vuodesta 2012 vuoteen 2016, vikamäärien kasvukehitys on noudattanut samaa linjaa kuin kaapelointiaste. Kenttätutkimusten ja HSV:n tutkimusraportin (Siirto et al. 2017) perusteella voidaan olettaa, että vikojen nousevaan määrään on vaikuttanut todennäköisesti kaapeleiden ja jatkosten vikaantumiset. Kiihtyvässä rakentamistahdissa kaapeleiden asennustavoissa on voinut olla puutteita, jolloin esimerkiksi kivien kolhimat kaapelit muodostavat vika-aikaa vasta jonkin ajan kuluttua riippuen kolhun koosta ja syvyydestä.

Kaapelointiasteen vaikutusta vikatilastoihin arvioidessa verrattiin KJ-maakaapeliverkon keskeytystilastoja maakaapeliverkon pituuteen sekä kaapelointiasteeseen alueittain. Keskeytystilastoista huomio kiinnittyy kaapelivikatehtävien sekä ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivikojen esiintymistiheyksiin. Vikatilastojen tarkasteluun otettiin vikojen kannalta kaksi merkityksellisintä verkkoaluetta, jotka tässä tapauksessa olivat Caruna Espoon sekä Carunan Keski-Uudenmaan alueet. Caruna Espoo sisältää Espoon, Kauniaisen ja Kirkkonummen alueet ja Caruna Keski-Uusimaa sisältää Tuusulan, Järvenpään, Hyvinkään, Riihimäen, Lopin sekä Hausjärven alueet. Näillä alueilla KAH-kustannukset sekä vikamäärät olivat suurimmat.

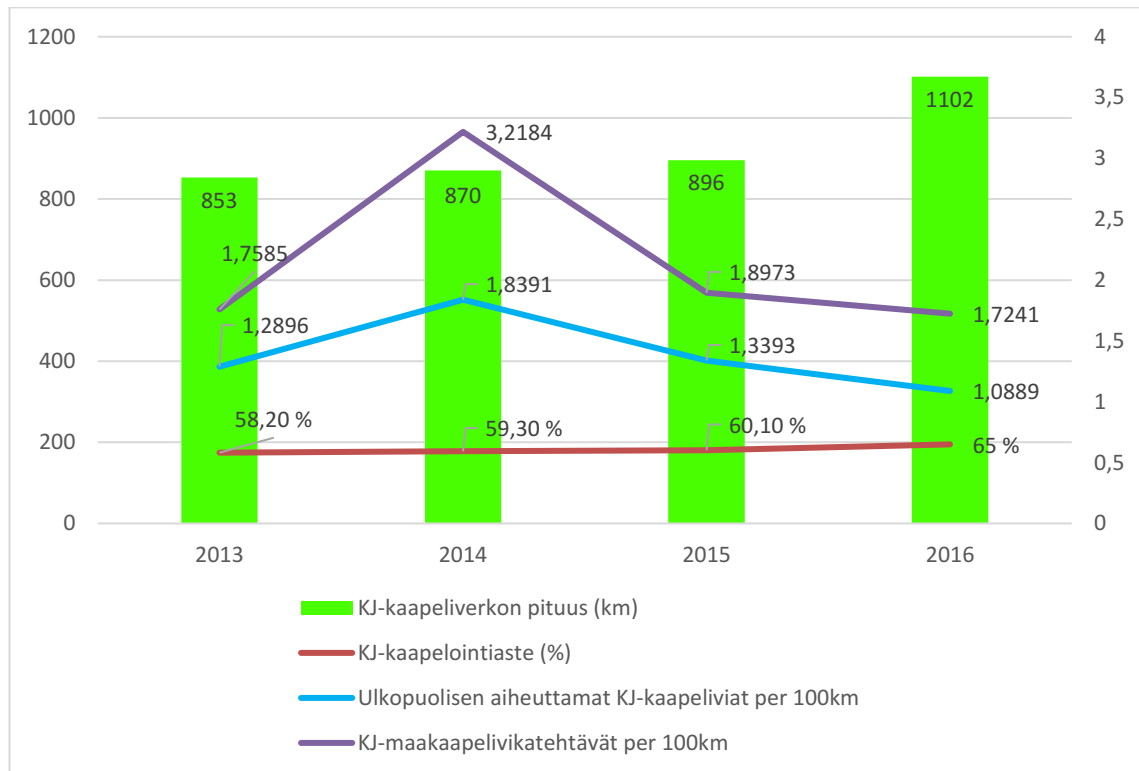
Vikatilastojen tuloksia verrattiin Helen Sähköverkko Oy:ltä (HSV) saatuihin materiaaleihin, julkaisussa (Siirto 2017) esiteltyyn aineistoon ja HSV:n vikatilastointiin vuosina 2013–2016. Vertailukohteeksi HSV sopi sekä suuren kaapelointiasteensa että HSV:n ja Caruna Espoon toimintaympäristöjen yhtäläisyyksien vuoksi. Seuraavaksi esitellään vikatilastoinnit jokaiselta kolmelta vertailualueelta. Tilastoissa on huomioitu myös vuosi 2013, vaikka Caruna oli silloin osana Fortum -konsernia. Syynä tähän on vuoden 2014 vikojen huippuvuosi, jolloin poikkeuksellisesti kaapelivikojen määrä lähes tuplaantui ja ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivikojen määrä kasvoi lähes 50 %. Vuoden 2013 lisääminen tilastoon antaa realistisemmän kuvan verkon mittarien kehityssuunnille. Seuraavaksi esitellään ensin vertailukohteena toiminut HSV:n verkkoalue Helsingissä ja verkkoyhtiön vertailut tekniset tunnusluvut kuvan 10 kuvaajassa.



**Kuva 10.** Kaapelointiasteen vaikutus ulkopuolisiin kaapelivaurioihin HSV:n Helsingin verkkoalueella.

Hyvin korkean kaapelointiasteen vuoksi voidaan olettaa sekä HSV:n KJ-maakaapelivikojen että ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivikojen määrän asettuneen saturaatiopisteeseensä. Oletuksena myös on, ettei HSV:n KJ-kaapeliverkon koko enää kasva merkittävästi. Vikojen määrä on vuoden 2013 jälkeen asettunut keskiarvollisesti arvoon 37 vikaa vuodessa yhden vian varianssilla. Vikatiheys pienenee tilastojen mukaan ainoastaan kaapelimäärän kasvaessa tai kaapeloimalla loput olemassa olevat KJ-verkot maan alle. Toisaalta kaapelimäärän kasvattaminen voi lisätä riskipotentiaalia uusien vikapaikkojen synnylle. HSV:n avojohdot ovat myös pääosin saaristossa, jolloin kaapelointi ei välttämättä ole tarpeellista tai taloudellisesti järkevää.

Vikamäärien vakiintumiseen on HSV:ltä arvioitu vaikuttaneen tiukka lupapolitiikka kaivutöihin, johtosiirtojen valvonta sekä vakiintunut tietoisuus kaapeliverkon olemassaolosta. Voidaan siis todeta, että vaaditut kaapeliselvitykset ja peilaukset ennen kaivutyöhön ryhtymistä, valvonnassa suoritettavat johtosiirrot sekä tietoisuuden lisääminen esimerkiksi koulutusten kautta näyttävät vähentävän ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden syntymistä. Vertailukohteen tarkastelun perusteella voidaan siis olettaa, että Carunan verkkoalueilla kaapeliviat sekä ulkopuolisten aiheuttamat kaapelivauriot haakeutuvat kohti omia saturaatiopisteitään, jolloin niiden määrä vakiintuu. Huomionarvoista myös on, että ulkopuolisten aiheuttamia kaapelivaurioita esiintyy silti, vaikka HSV:n KJ-kaapeliverkko on suojattu putkittamalla. Aina kun kaapeliverkon läheisyydessä tehdään infrarakentamista tai huoltotöitä, kaapelivaurion riski näyttää siis olevan olemassa. Seuraavaksi esitellään vertailtua Caruna Espoon verkkoaluetta ja sen teknisiä tunnuslukuja kuvassa 11.

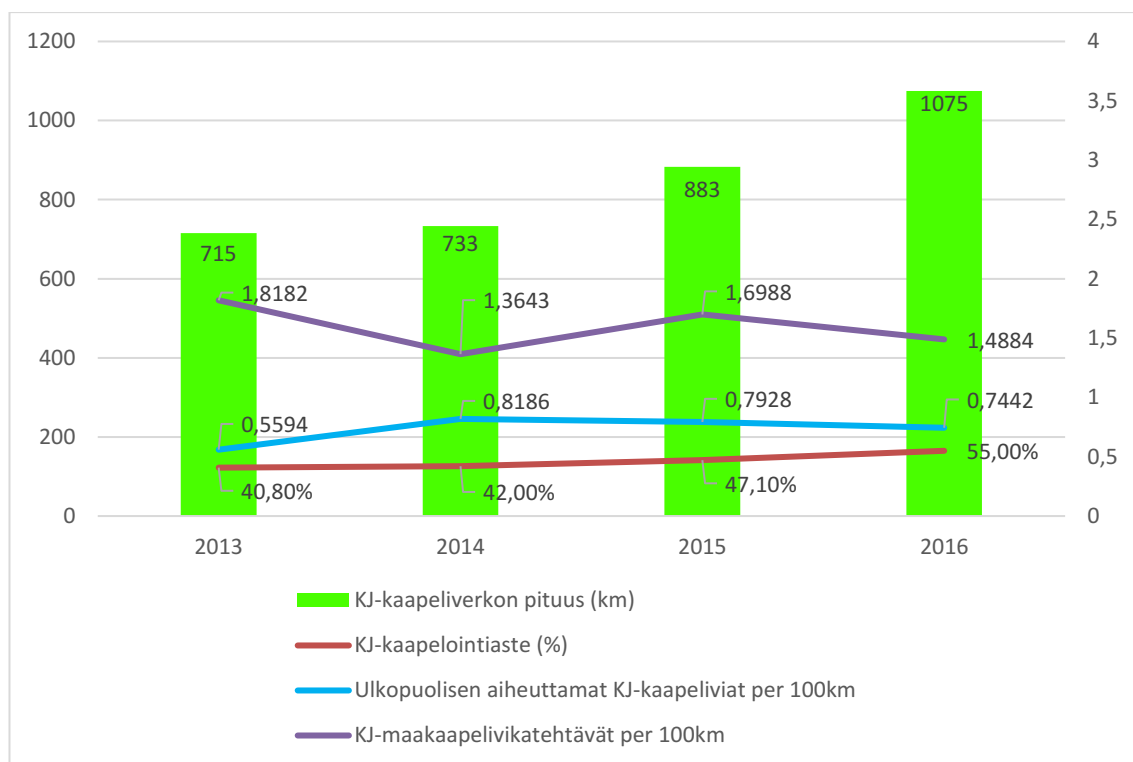


**Kuva 11.** Kaapelointiasteen vaikutus ulkopuolisiin kaapelivaurioihin Caruna Espoon verkkoalueella.

Kuvan 11 kuvaajassa on esitelty Caruna Espoon alueen tilastointia kaapelointiasteen sekä vikakeskeytyستیheyksien osalta. KJ-kaapeliverkon pituus on lähtenyt vuosien 2013–2015 maltillisen kasvun jälkeen jyrkkään nousuun. KJ-verkon kaapelointiaste noudattaa samoja kasvutrendejä kuin kaapeliverkon pituuden muutos. Vaikka kaapelivaurioiden määrä on kasvanut kaapelipituuden rinnalla, on ulkopuolisten kaapelivaurioiden määrä pysynyt vuoden 2013 jälkeen lähes samana. Poikkeavuuden muodostaa vuosi 2014, jolloin kaapelivaurioiden määrä kasvoi poikkeuksellisesti 86,67 prosenttia. Tällöin myös ulkopuolisten aiheuttamat kaapelivauriot kasvoivat 45,45 prosenttia. Caruna Espoon ul-

kopuolisten aiheuttamat kaapelivauriot hakevat oletettua saturaatiopistettä arvosta 12 yhden kappaleen varianssilla. Ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden vikatiheys on kuitenkin laskusuuntainen.

Kuvasta 11 selviää myös, että kaapelivikojen määrä on ollut pienessä nousussa, vaikka kaapelivikatiheys onkin ollut laskussa. Tätä vikamäärien nousua selittänee lisääntyneiden toimitusvarmuusinvestointien volyyymi sekä toteutustavat. Kaapelien vikaantumisiin on voinut vaikuttaa myös se, että maakaapelin asennusta saa nykyisin suorittaa myös maanrakennusurakoitsijat. Vaikka sähköalan ammattilaisen on todettava työn asianmukaisesti suoritetuksi ennen ojan sulkemista, voi kaapeli olla vaurioitunut jo laskuvaiheessa tai se voi kolhiintua täytön yhteydessä. Myös kaapelijatkosten lisääntyminen on todennäköisesti vaikuttanut vikapaikkojen lisääntymiseen. Kaapelijatkos voi aiheuttaa vikapaikan jopa kuukausia käytön jälkeen, kun osittaispurkaukset syövät tietään kohti kaapelin ulkopintaa muodostaen lopulta läpilyönnin. Kaapeleiden vikaantumiseen on vaikuttanut myös luvattomasti suoritettujen kaapeleiden siirtämiset sekä puutteellinen kaapelituenta kaivannoissa. Caruna Espoon alueella KJ-kaapeliverkko on pääsääntöisesti putkitettu asemakaava-alueilla. Lopuksi kuvassa 12 esitellään Carunan Keski-Uudenmaan verkkoalue ja sen vertailut tekniset tunnusluvut.



**Kuva 12.** Kaapelointiasteen vaikutus ulkopuolisiin kaapelivaurioihin Carunan Keski-Uudenmaan verkkoalueella.

Viimeisenä arvioinnin kohteena on Carunan Keski-Uudenmaan verkkoalue. Ympäristönä Keski-Uusimaa on enemmän haja-aluepainotteinen verrattuna taajamapainotteiseen Espooseen. Toimitusvarmuusinvestoinnit ovat käynnistyneet Keski-Uudenmaan alueel-

la vuonna 2014, mitä kuvastaa kaapelimäärän sekä kaapelointiasteen eksponentiaalinen kasvu. Kaapelimäärän kasvun myötä myös KJ-kaapelivikatehtävien määrä on ollut tasisessa kasvussa kuten myös ulkopuolisten aiheuttamat kaapelivauriotkin. Vaikka KJ-verkon vikatehtävien tiheys on kaapeloinnin myötä ollut laskusuunnassa, ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden vikatiheys on kasvanut kolmanneksella vuodesta 2013. Todennäköisesti molemmat vikatiheydet hakevat omaa oletettua saturaatiopistettään, joten lopullista vikatiheyttä on tässä vaiheessa mahdotonta arvioida. Keski-Uudenmaan KJ-kaapeliverkko on putkitettu osittain tiheimmillä kaava-alueilla. Seuraavaksi käydään läpi kuvassa 13 esitettyä Energiateollisuuden keräämää KJ-verkon vikatilastointia jälleenkytkentöjä sisältämättömästä verkosta.



**Kuva 13.** Energiateollisuuden (ET) keräämät vikakeskeytystaajuudet KJ-verkoissa aikakausittain ilman jälleenkytkentöjä. Muokattu lähteestä (Energiateollisuus 2017)

Verrattaessa kolmea edellä mainittua aluetta keskenään voidaan todeta HSV:n ja Caruna Espoon alueiden olevan lähes tasaantuneilla tilastoillaan keskenään vertailukelpoiset. Caruna Keski-Uudenmaan verkkoalue on vielä muutosvaiheessa, joten tältä osin tilasto ei ole täysin vertailukelpoinen. Kuvassa 13 on esitetty Suomen kaikkien ilman jälleenkytkentöjä olevien KJ-verkkojen keskeytystiheyksien keskiarvot. Verrattaessa kuvien 11 ja 12 Carunan verkkoalueiden vikatiheyksiä ET:n teettämään tutkimukseen voidaan todeta Carunan arvojen olevan huomattavasti valtakunnallisten keskiarvojen alapuolella vuosina 2013 ja 2014. On kuitenkin huomioitava, että vertauskohteena ollut City-käyrä saattaa sisältää sekaverkko-osuuksia ja tämän työn tilastot ovat puhtailta kaapelilähdöiltä. Energiateollisuus ry:n Esa Niemelältä sekä tutkimuksen tuottajan Enease Oy:n Anssi Seppälältä vahvistettuna kuvaajan City-verkkoa voidaan pitää vertailukelpoisena tämän tutkimuksen puhtaisiin kaapelilähtöihin, sillä City-osuuden määritelmä on jälleenkytkentöjä sisältämätön yli 75 prosenttisesti kaapeloitu johtolähtö, jossa sekaverkkojen osuus on marginaalinen. Seuraavaksi esitetään kootusti tutkimustyössä vertailtujen verkkoalueiden vikatehtävien tunnusluvut.

**Taulukko 4.** Keskiarvot KJ-kaapelivikatehtävistä vuosilta 2013–2016.

	HSV (Helsinki)	Caruna Espoo	Caruna Keski-Uusimaa
KJ-maakaapelivikatehtävä (per 100km)	2,3593	2,1496	1,5924
Ulkopuolisen aiheuttamat KJ-kaapeliviat per 100km	0,6406	1,3892	0,7288

Taulukkoon 4 on laskettu keskiarvot tarkastelluille KJ-vikatiheyksille alueittain. Huomionarvoista on HSV:n ja Caruna Keski-Uudenmaan alueiden lähes yhtä suuri vikatiheys ulkopuolisten aiheuttamiin kaapelivaurioihin sekä Caruna Espoon ja HSV:n yhtäläisyys yleisten kaapelivikatehtävien osalta. Tilastoja tarkasteltaessa kaapelivaurioiden määrä ei ole riippuvainen tyypillisimmistä suojaustavoista kuten putkituksista. Esimerkiksi Caruna Espoon ja Keski-Uudenmaan KJ-kaapeliverkkopituudet ovat lähes yhtä suuret. Silti vikatiheyksissä ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden osalta Espoossa näitä vikatapahtumia on 91 prosenttia enemmän, vaikka Espoon alueilla kaapelit ovat laajemmin putkitettu verrattuna Keski-Uudenmaan alueisiin. Mikäli kehityssuunta Caruna Keski-Uudenmaan alueen vikatilastoissa pysyy samalla tasolla kuin vuosina 2013–2016, sen vikatiheydet ovat lähes samoissa lukemissa HSV:n sähköverkkojen kanssa.

#### 4.2.4 Vikatapahtumien taloudellinen vaikutus

Tutkimuksessa vikatapahtumien taloudellista vaikutusta pohdittiin urakoitsijahaastattelujen, havainnoinnin ja toiminnanohjausjärjestelmästä saatujen tietojen perusteella. Suoraan toiminnanohjausjärjestelmän datan perusteella ei voitu tehdä vikatehtävien kustannustarkasteluja. Syynä tähän oli yksikkömäärien virheellisyydet, KJ-vika oli tilattu PJ-vikana tai tehtävien selityksissä ei ollut kerrottu riittävän tarkasti vaurioituneiden kaapelien määriä.

Osissa yksikkömäärien virhetapauksista vikatehtävien yksikkömäärät oli merkitty virheellisesti arvoksi 0 tai 1, jolloin työn sisältö selvisi, mutta kokonaiskustannus jäi alle 5 euroon, mikä ei voi pitää paikkaansa. KJ-vian tilaaminen aluksi PJ-vikana tai päinvastoin johtunee alussa vikapalveluun saapuneesta virheellisestä ilmoituksesta. Osissa tehtävistä taas saattoi olla useampia kaapelivaurioita, mutta yksiköitä ei ollut eritelty selkeästi tai lisätiedoissa ollut niistä mainintaa. Uuden toiminnanohjausjärjestelmän seurauksena näiden haasteiden uskotaan vähentyvän. Seuraavaksi taulukossa 5 esitetään arvioitujen kustannukset sellaiselle keskimääräiselle yksinkertaiselle KJ-vialle, joka tapahtuu helppossa ympäristössä ja oletettavasti toimistoajojen (klo 08–16) sisällä.



*Taulukko 5. Keskimääräiset kustannukset yksinkertaisessa KJ-vikatehtävässä.*

KJ-viankorjauksen kustannukset	Määrä	Hinta	Kokonaiskustannus
Korjausmateriaalit	1,33	1 350 €	1 729 €
Asentajatunnit	12,00 h	50 €/h	600,00 €
Ajoneuvon käyttökorvaukset	85,00 km	1,00 €/km	85,00 €
Kustannukset yhteensä			2 414 €

KJ-vian kustannuslaskentaa suorittaessa ei käytetty Carunan omia sopimushintoja vaan laskentojen pohjana käytettiin julkisia hinnastoja, kuten Carunan julkista palveluhinnastoa ja SLO:n oman verkkokaupan hinnastoja verkostokomponenteille. Kaapelikustannuksia laskettaessa pohjana toimivat Energiaviraston määrittelemät yksikkökomponenttihinnot vuosille 2017–2023 (Caruna 2017e; Energiavirasto 2015d; SLO 2017). Viankorjauksen kustannuksissa on huomioitu se, että vikatehtävää suorittaa usein kaksi asentajaa, jolloin veloitetujen asentajatuntien määrä kaksinkertaistuu. Ajoneuvon käyttökorvaukset ovat korvaus vikatehtävän aikana käytössä olleesta ajoneuvosta, joka usein on pakettiauto. Korjausmateriaalien hinta sisältää kaapelijatkoksen, pätkän keskijännitekaapelia ja tarvikkeet kaapelin korjausta varten. Korjausmateriaalin määrässä on huomioitu skenaariot, joissa vahingoitetaan enemmän kuin yhtä KJ-kaapelia kerrallaan.

Laajemman ja kriittisemmän KJ-työn tapauksessa kustannukset voivat nousta jopa muutamiaan kymmeneen tuhanteen euroon riippuen vian laajuudesta. Vikapaikalle saatetaan tarvita sähköjen palauttamiseksi väliaikaisesti varavoimakonetta, jos terveille verkon osille ei saada syöttöä rengassyötön kautta. Pienjänniteviassa korjauskustannukset ovat huomattavasti pienemmät, mutta PJ-vikoja tapahtuu useammin, jolloin kokonaiskustannukset nousevat kumulatiivisesti korkeammalle. Seuraavaksi taulukossa 6 on esitetty PJ-verkon viankorjauskustannuksia.

*Taulukko 6. Keskimääräiset kustannukset yksinkertaisella PJ-vikatehtävällä.*

PJ-viankorjauksen kustannukset	Määrä	Hinta	Kokonaiskustannus
Korjausmateriaalit	1,75	150 €	263 €
Asentajatunnit	7 h	50 €/h	350,00 €
Ajoneuvon käyttökorvaukset	85,00 km	1,00 €/km	85,00 €
Kustannukset yhteensä			698 €

PJ-verkon viankorjauskustannuksia laskettaessa ei käytetty Carunan omia sopimushintoja vaan laskentojen pohjana käytettiin julkisia hinnastoja, kuten Carunan julkista pal-

veluhinnastoa, SLO:n oman verkkokaupan hinnastoja verkostokomponenteille ja kaapelikustannuksia laskettaessa pohjana toimivat Energiaviraston määrittelemät yksikkökomponenttihinnat vuosille 2017–2023 (Caruna 2017e; Energiavirasto 2015d; SLO 2017). Ulkopuolisten aiheuttamissa PJ-verkon vikatapauksissa vaurioitetaan useasti kahta kaapelia, jos kyseessä on taajama tai keskustan alue. Haja-asutusalueella tapahtuvissa vaurioissa vahingoitetaan yleensä vain yhtä kaapelia. Näiden tietojen perusteella määritettiin määräärä korjausmateriaaleille. Kuten KJ-viassa, merkittyyyn yksikköön on sisällytetty PJ-jatkos, pätkä kaapelia sekä muut tarvittavat tarvikkeet. PJ-verkon tapauksissa viankorjaustyö on huomattavasti pienempi kuin KJ-verkossa, mutta urakoitsijoiden mukaan suurin aika kuluu vian etsimiseen ja työn aloittamiseen. Seuraavaksi taulukoissa 7 ja 8 tarkastellaan viankorjauksen jälkeen syntyviä kustannuksia raportointiin, dokumentointiin ja selvitystöihin liittyen. Ensin käsitellään KJ-vikatapauksessa syntyvät kustannukset.

**Taulukko 7.** Keskimääräiset selvityskustannukset ulkopuolisen aiheuttamassa KJ-viassa.

KJ-vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi	Määrä	Hinta [€/h]	Kokonaiskustannus
Käytön operaattori	2,50 h	50,00	125,00 €
Vikalaskuttaja	2,00 h	50,00	100,00 €
Vikapartion dokumentointi & raportointi	2,00 h	50,00	100,00 €
<b>Reklamaatiotapausten käsittely</b>			
Asiakaspalvelija	1,00 h	50,00	50,00 €
Reklamaatiokäsittelijä	1,50 h	50,00	75,00 €
Sijaintipalvelutyöntekijä	1,00 h	50,00	50,00 €
Vikapartion työntekijä	0,50 h	50,00	25,00 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>			<b>525 €</b>

Taulukossa 7 "KJ-vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi" esitettyjä kustannuksia laskettaessa ei käytetty Carunan omia sopimushintoja vaan laskelmien pohjana käytettiin julkisia hinnastoja, kuten Carunan julkista palveluhinnastoa (Caruna 2017e). Vauriotapahtuman käsittelyyn on laskettu yhteen sekä Carunalle aiheutuneet kustannukset että urakoitsijalle aiheutuneet kustannukset. Vähentämällä taulukosta urakoitsijan osuudet ja sijaintipalvelun konsultaatiot, yhteensä 175 euroa, saadaan Carunalle aiheutuviksi kokonaiskustannuksiksi 350 euroa. Nämä ovat keskimääräisiä arvoja ja monissa tapauksissa vikalaskuttaja joutuu tekemään useita yhteydenottoja ja selvittämään aiheuttajan laskutustietoja, jolloin kustannukset nousevat korkeammiksi. Reklamaatiokäsittelijä voi joutua myös toistuvasti perustelemaan aiheuttajaosapuolelle laskujen suuruuksia ja laskutusyksiköitä, jolloin toistuvat yhteydenotot ja selvitystyöt vievät työaikaa. Reklamaatiokäsittelijän päätehtäviin ei kuulu laskutukseen liittyvien reklamaatioiden hoitaminen, vaan kyse on lisätyöstä muiden tehtävien ohella. Tällöin reklamaatioihin perehtyminen voi vaatia usein enemmän kuin yhden tunnin työaikaa. Vertailun vuoksi käsitellään seuraavaksi vielä PJ-vikaan liittyvät selvityskustannukset taulukossa 8.

**Taulukko 8.** Keskimääräiset selvityskustannukset ulkopuolisen aiheuttamassa PJ-viassa.

PJ-vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi	Määrä	Hinta [€/h]	Kokonaiskustannus
Käytön operaattori	1,00 h	50,00	50,00 €
Vikalaskuttaja	2,50 h	50,00	125,00 €
Vikapartion dokumentointi & raportointi	3,00 h	50,00	150,00 €
<b>Reklamaatiotapausten käsittely</b>			
Asiakaspalvelija	1,00 h	50,00	50,00 €
Reklamaatiokäsittelijä	2,00 h	50,00	100,00 €
Sijaintipalvelutyöntekijä	1,00 h	50,00	50,00 €
Vikapartion työntekijä	0,50 h	50,00	25,00 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>			<b>550 €</b>

Taulukossa 8 "PJ-vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi" esitettyjä kustannuksia laskettaessa ei käytetty Carunan omia sopimushintoja vaan laskelmien pohjana käytettiin julkisia hinnastoja, kuten Carunan julkista palveluhinnastoa (Caruna 2017e). PJ-vikatehtävissä Käyttökeskuksen operaattori ei ole niin suuressa roolissa kuin KJ-verkon vikatehtävissä. KJ-töissä operaattori huolehtii tarkemmasta vikatehtävän raportoinnista, mikä nostattaa kustannuksia Carunan puolella. PJ-vikatehtävissä taas urakoitsijalla on suurempi vastuu dokumentaatioon ja raportointiin liittyvissä tehtävissä. Toisaalta PJ-vioissa selvitystyö on monesti haasteellisempaa kuin KJ-vioissa, sillä PJ-vikoja ei nähdä välttämättä heti järjestelmissä, vaan ollaan enemmän kaivajan ja asiakkaiden vikailmoitusten varassa. Kun vauriotapahtuman käsittelykuluista vähennetään edelleen urakoitsijan ja sijaintipalvelun kustannukset 225 euroa, jää Carunan kustannuksiksi 325 euroa. Sijaintipalvelun kontaktoiminen reklamaatiotilanteissa on yhtä lailla KJ- ja PJ-tapauksissa olennaista, sillä vika on voinut olla myös kaapelinäytössä ja näyttöorganisaation kuuleminen on siksi välttämätöntä.

On hyvä muistaa, että tässä luvussa on keskitytty vain jakeluverkkoyhtiötä koskeviin vikatehtävien kustannuksiin. Vikatehtävän lisäksi jakeluverkkoyhtiölle syntyy kustannuksia KAH:sta, joka kannustimena vaikuttaa sallitun tuoton määrään. Kustannuksia voi syntyä myös asiakkaille etenkin herkässä prosessiteollisuudessa, mikäli sähköjen katkeaminen keskeyttää esimerkiksi tuotteen valmistusprosessin. Tutkimustyön haastatteluissa nousi esiin asiakastapaus, jossa asiakkaalle aiheutui kolmannen osapuolen aiheuttamasta kaapelivauriosta yli 10 000 euron haitta tuotantoprosessin keskeytymisestä. Asiakas oli vuosikulutukseltaan 14 GWh:n suurasiakas, jonka tuotannossa on sähkönjakelun keskeytyksille herkkiä prosesseja.

### 4.3 Kaapelivauriot ja niiden laskutuksen nykytila Carunalla

Vastausta kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden vaikutukseen verkko-yhtiön operatiivisessa toiminnassa haettiin luomalla kosketuspistekartta, jossa alkupis-teenä toimi kaapelin vaurioittaminen ja loppupisteinä laskun tarkastaminen sekä ohjaa-minen aiheuttajaosapuolelle. Kosketuspistekartta luotiin sekä nykyisen toimintatapojen pohjalta että haastatteleamalla prosessin parissa työskenteleviä henkilöitä. Laskun oh-jauksen jälkeisiin toimenpiteisiin sekä niiden skenaarioihin on paneuduttu seuraavassa luvussa. Esitellään ensin kosketuspisteiden sisältämät haasteet ja sitten tavoitteellinen tapaus vian sattuessa.

Urakoitsijat, käyttöoperaattorit ja vikalaskutuskesittelijät kokivat vikaprosessia hidasta-viksi tekijöiksi vikapaikan sijaintitietojen niukkuuden, vaurion tietojen niukkuuden kos-kien taustoja ja laajuutta sekä vikapaikan dokumentoinnin ja raportoinnin laadun. Näistä korjaustyötä hidastaviksi tekijöiksi koettiin vikapaikan sijainti sekä vaurion taustat ja laajuus. Vaurion aiheuttajan ja dokumentoinnin tai raportoinnin puutteellisuuden koet-tiin aiheuttavan lisätyötä ja näin vievän resursseja työntekijöiden muista työpanoksista. Vaurion aiheuttajan epäselvyys sekä niukka raportointi aiheuttivat eniten lisätöitä ja ruuhkauttivat manuaalisesti tehtävää laskutuspuolta. Kuvassa 14 on esitettyä nykytilan kosketuspistekartta kaapelivaurioihin liittyen.



**Kuva 14.** Nykyisen vikaprosessin kosketuspistekartta (Liite B).

Kaapelivauriotapauksia voi olla kahdenlaisia: välittömästi keskeytyksen aiheuttava kaa-pelivaurio tai keskeytyksettömässä kaapelivauriossa keskeytys ei aiheudu vauriosta heti, vaan kaapeli jää jännitteiseksi. Sekä korjauksen että paikkaustyön suorittamiseksi kaapeli pitää ottaa jännitteettömäksi, eli kaapelin vaurioi-tumistapa ei vaikuta vikaprosessin etenemisjärjestykseen. Molemmista tapauksissa on tärkeää ilmoittaa Carunan vikapalveluun mahdollisimman tarkka sijainti kartalta, jotta

vikapaikka saadaan rajatuksi, jännitteet palautettua terveiden johto-osien kautta mahdollisimman monelle asiakkaalle sekä vikapartio ohjattua paikalle. Näin sekä asiakkaiden että verkkoyhtiön kokema haitta sähkökatkosta jää mahdollisimman pieneksi.

Vian laadun tiedot ovat tärkeässä roolissa, kun käyttökeskuksen operaattori suorittaa työtilauksen urakoitsijan vikapartiolle. Urakoitsijoiden mukaan vikatehtävälle lähdettäessä olisi hyvä tietää onko kyseessä PJ- vai KJ-vika sekä vaurioituneen kaapelin tekniset tiedot, kuten poikkipinta ja materiaali. Näiden tietojen puuttuessa epäsuotuisimmas-  
sa tapauksessa urakoitsija joutuu palaamaan varastolle puuttuvien komponenttien vuoksi ja korjaustyön valmistuminen viivästyy. Vian jännitetason epäselvyydet ovat johtuneet lähinnä vikapalvelun kautta tulleissa asiakkaan ilmoituksen perusteella tehdyistä vikatilauksista. Lisäksi erityyppiset kaapelit, kuten esimerkiksi AHXAMK-WP sekä APYAKMM vaativat erilaiset jatkosmateriaalit. Mikäli vaurio on sattunut erityyppisten kaapeleiden jatkoskohtaan, vian korjaukseen saatetaan tarvita lisäpätkä jompaakumpaa kaapelityyppiä sekä sekajatkos. Haastavammissa kohteissa kuten isoilla tai myllätyillä työmailla viankorjausta helpottaisi, jos kaivaja saataisiin näyttämään mahdolliset vika-  
paikat asentajan suorittaman syöksyvirtamittauksella etsimisen sijaan.

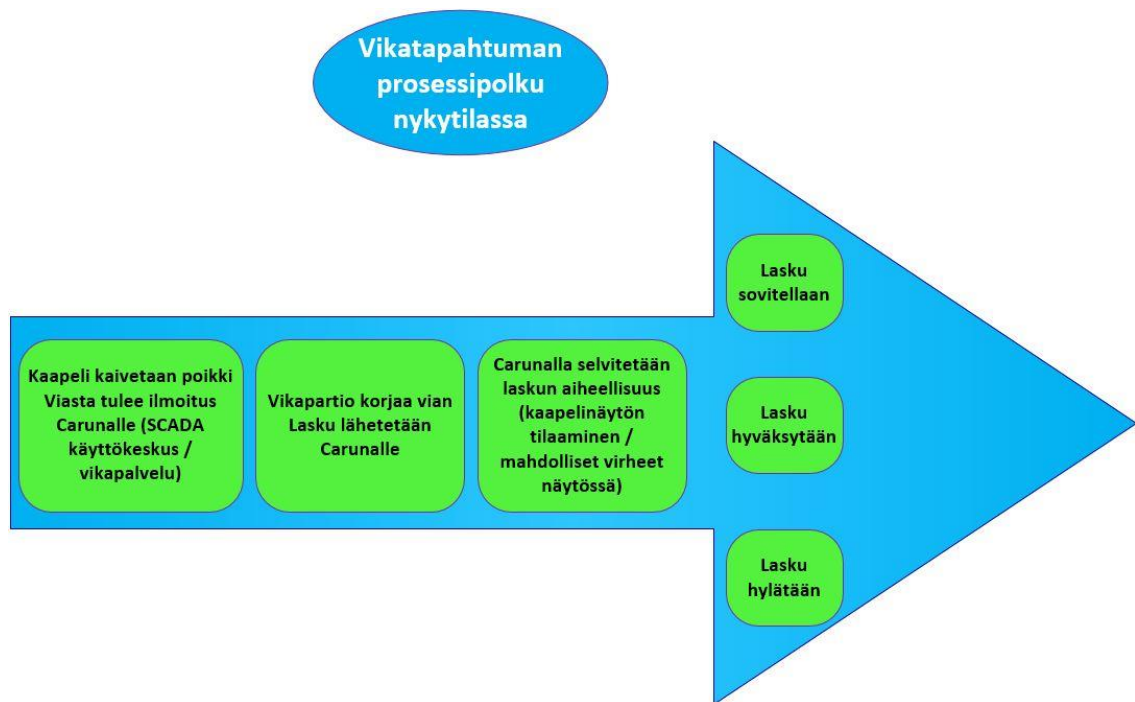
Viankorjauksen jälkeinen urakoitsijan suorittama dokumentointi on tärkeää mahdollisten reklamaatiotapausten selvittämisessä. Dokumentoinnin toteuttaa korjauksesta vastannut urakoitsija. Mikäli maastosta saadaan aikaisessa vaiheessa taltioitua ympäristön tiedot, kuten vian mahdollisimman tarkka sijainti sekä mahdolliset maastomerkinnät kaivauksen ympäriltä, on helpompaa perustella jälkeinpäin kiistatilanteissa vian korvausvelvollisuutta. Mitä pidempi aika on vikatapahtuman ja laskutuksen välissä, sitä haasteellisempaa on perustella osapuolille korvausvelvollisuutta ilman asianmukaista dokumentointia. Tällöin resurssija kuluu niin aiheuttajan, verkkoyhtiön sekä mahdollisesti keskeytyksen kokeneen asiakkaan puolelta turhaan selvittäessä korvausvelvollis-  
ta osapuolta sekä perusteita sille. Parhaimmillaan vikaprosessi etenee täysin kosketus-  
pistekartan mukaisesti, jolloin työn sekä laskutuksen läpimenoaika pysyy kohtuullisena ja työpanokset saadaan keskitettyä niille varattuihin tehtäviin.

### **4.3.1 Viankorjauksen laskutusprosessin kuvaus**

Seuraavaksi esitellään viankorjauksen laskutusprosessi. Käytännössä prosessi alkaa vi-  
kailmoituksen saapumisesta Carunalle. Jo vikapalvelulle tulevassa ilmoituksessa pyri-  
tään saamaan kattavat tiedot vikatapahtumasta, jotta vikapartiolle saadaan mahdolli-  
simman tarkka kuvaus vikatyypistä ja -kohteesta. Ilmoituksessa pyritään saamaan myös  
aiheuttajan laskutustiedot, jotta vikatyö saadaan laskutettua mahdollisimman sujuvasti  
ja ajallaan eikä tietojen keräämiseen jälkikäteen tarvitse käyttää uudelleen vikalaskutta-  
jan työpanoksia. Mikäli ilmoitus kaapelivikapaikasta tulee ilmi muutoin kuin aiheutta-  
jalta, pyrkii vikapartio keräämään laskutustiedot paikan päällä maastossa. Urakoitsijoi-  
den mukaan vikapaikan lähistöltä voi usein löytää kaivinkoneen, jonka kyljestä otetaan  
ylös yhteystiedot laskutusta tai jatkoselvitystä varten. Laskutustietojen keräämisen jäl-

kikäteen on huomattu olevan myös huomattavasti haastavampaa ja työläämpää, sillä työmaa on voinut loppua ja aiheuttaja siirtyä toiselle työmaalle eikä tekijää saada tavoitettua. Lisäksi jos tiedetään vian aiheutuneen kolmannelta osapuolelta, vian korjauksesta vastaava urakoitsija voi suoraan tehdä eritellyn edelleen laskutettavan laskun toteutuneiden tuotteiden mukaan omilla yksikköhinnoillaan. Muussa tapauksessa urakoitsija joutuu jälkikäteen selvittämään käytettyjen resurssien määrää sekä laskuttamaan Carunaa uudelleen eriteltyillä kustannuksilla, jotta lasku voidaan ohjata edelleen aiheuttajalle.

Carunan verkkoon kohdistuvissa vikatoissa viankorjauksille on omat palvelusopimuksessa sovitut laskutusyksikkönsä, mutta ulkopuolisten aiheuttamat korjaustyöt ovat edelleen laskutettavia eli työn toimenpiteet on eriteltävä. Aiheuttajalle osoitetulle laskulle on kolme skenaariota: lasku sovitellaan, lasku hyväksytään tai lasku hylätään. Seuraavaksi kuvassa 15 esitellään vikatapahtuman kulku karkealla tasolla.



**Kuva 15.** Karkeasti jaotellut vikatapahtuman resursseja sitovat osakokonaisuudet.

Kaapelivaurion korjauksen laskua sovitellaan tilanteissa, joissa laskutettavien yksikköjen määrät eivät asiakkaan mukaan ole jostain syystä suhteessa suoritettujen työn määrään. Sovittelutilanteet ovat aina tapauskohtaisia ja melko epätavallisia. Sovittelun kohteena on yleensä työhön käytetty aika tai kilometriveloitukset. Vikapartion työn laskutus alkaa hälytyksen saamisen jälkeen vikakohteelle lähdettyä. Etenkin haja-asutusalueilla tai saaristossa vikakohteelle voi sijaita hyvinkin kaukana ja hankalien kulkuyhteyksien päässä. Jos kyseessä on helppo korjauskohde vaikeissa olosuhteissa, voi suurimmat kulut tehtävälle tulla juurikin asentajan siirtymisestä vikakohteelle. Työn suorittamisen viivästyessä aiheuttajasta johtumattomasta syystä, esimerkiksi tehdyn kaapelijatkoksen ollessa vi-

allinen, jolloin työ joudutaan tekemään uudestaan, on tilanteen mukaan soviteltu aiheutuneen uuden korjaustyön kustannuksissa aiheuttaja huomioiden. Laskun sovittelusta huolimatta aiheuttaja on edelleen korvausvelvollinen ja lasku maksettava. Sovitelluissa laskuissa täytyy tehdä vastalasku alkuperäiselle laskulle ja luoda uusi lasku uusilla yksikkömäärillä. Carunalle jäävään hyvityslaskukappaleeseen on hyvä kirjata sovittelun taustat ja muut lisätiedot ylös, jos tilintarkastajat haluavat selvittää hyvityslaskujen syitä jälkeensä.

Pääsääntöisesti aiheuttajaosapuoli on korvannut korjaustyöstä aiheutuneet kustannukset ilman lisäselvityksiä. Esimerkkinä mainittakoon kenttätutkimuksessa ilmennyt kaapelivaurio, jossa kaivuvaurion syytä kysyttäessä kaivaja totesi kyseessä olleen inhimillinen erehdys. Kaivaja myönsi olevansa korvausvelvollinen vaurion korjauksiin ja hyväksyi laskun laskutusyksiköt ja suuruudet ilman jatkoselvityksiä. Joissakin tapauksissa korvausvelvollisuus saatetaan aiheuttajan puolelta kyseenalaistaa ja kustannuksista vaaditaan jatkoselvitystä. Jatkoselvityspyynnöt tulevat yleensä asiakaspalvelun kautta. Suurin osa jatkoselvityksistä selviää jo asiakaspalvelussa, mutta kuukausittain ilmenee muutamia tapauksia, joissa lasku joudutaan palauttamaan reklamaatiokäsittelijöille. Yleisimpiä syitä yhteydenottoihin laskutusasioissa ovat laskutusyksiköiden muodostuminen, sillä esimerkiksi asentajatunteja laskuttaessa tuntimäärä määritetään käytetyn ajan ja asentajien lukumäärän mukaan. Tällöin siis esimerkiksi kolmen tunnin korjaustyö kahden asentajan toimesta tuo laskutusyksikön suuruudeksi kuusi tuntia. Varsinkin jos aiheuttaja on ollut paikanpäällä ja mukana seuraamassa korjaustilannetta, saattaa korjaustuntien lukumäärä näyttää suurelta.

Laskun hylkäämisperusteina ovat tilanteet, joissa vikatilanne on aiheutunut osittain kaivajasta riippumattomista syistä. Esimerkki tällaisesta on väärin dokumentoitu kaapeli, jolloin kaapelireitti on saattanut kulkea poikkeuksellisesti väärällä puolella tietä tai muutoin huomattavasti poikennut verkkokarttaan dokumentoituun kaapeliin. Muita syitä korvausvelvollisuuden poistamiseen ovat virheelliset ohjeistukset kaivutyöhön joko kaapelinäyttäjältä tai verkkoyhtiön puolesta sekä huomattavat syvyystietojen puutteet, kuten kaapelin sijaitseminen aivan maanpinnan tuntumassa ilman standardien vaatimaa suojausta. Mikäli kaapelinäyttö on ollut todistetusti puutteellinen, vahingonkorvausvelvollisuus on kaapelinäytön palveluntarjoajalla.

### **4.3.2 Viankorjauksen jälkeinen reklamaatioprosessi**

Tässä luvussa viankorjauksen jälkeinen reklamaatioprosessi tarkoittaa vian aiheuttajaosapuolen suorittamaa reklamointia viankorjauksen laskutusyksiköihin tai niiden määrään liittyen. Viankorjauksissa reklamointeja voi tulla myös keskeytyksen kokeneilta asiakkailta työalueen ympäristöön liittyen tai vastaavasti suoraan katkon aiheuttamista haitoista, mutta nämä tapaukset on rajattu tämän diplomityön ulkopuolelle.



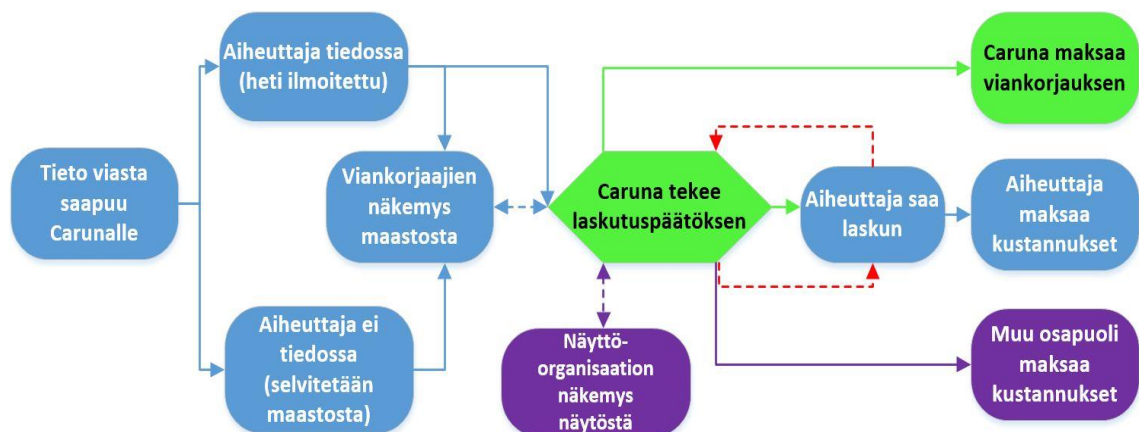
Reklamaatiokäsittelijät hoitavat haastavimmat tapaukset, joissa asiakaspalvelija ei ole pystynyt ratkomaan laskun mahdollisia epäselvyyksiä laskun saajan kanssa. Tämä ei välttämättä vielä tarkoita reklamaatiota vaan reklamaatio syntyy usein tilanteissa, joissa ei reklamaatiokäsittelijänkään kanssa ole päästy yhteisymmärrykseen laskutusyksiköistä tai vikaan johtaneista syistä. Joskus asiakas saattaa jopa yllättyä laskun saapumisesta. Tällaisissa tilanteissa kaapelia on yleensä vaurioitettu ja oja on laitettu kiinni kolhaisuisista huolimatta. Maallikko voi yllättyä tilanteesta, jossa vika ei synny heti tapahtumahetkellä vaan viiveellä osittaispurkausten seurauksena. Ympäristön kannalta tällaiset piilevien vikojen tapaukset ovat vaarallisia, sillä vaurioitunut kaapeli voi aiheuttaa rikkoutuessaan vahinkoja vikapaikan läheisyydessä.

Verkko-omaisuudelle aiheutuneista vaurioista laskutetaan vuositasolla keskimäärin 1250 kappaletta vikatöitä sisältäen sekä KJ- että PJ-verkon ilmajohto- ja maakaapeli-osuudet. Määrät on saatu arvioina reklamaatiokäsittelijöiltä ja vertaamalla saatuja arvoja toiminnanohjausjärjestelmästä tehtyihin vikatöiden kyselyihin. Näistä ulkopuolisten aiheuttamia kaapelivaurioita on arviolta KJ-verkossa 50 kappaletta ja PJ-verkossa 200 kappaletta. Taulukossa 9 on eritelty viankorjaustöiden arvioidut laskutusmäärät.

**Taulukko 9.** Keskimääräiset reklamaatio- ja vikamäärät vuosittain.

Viankorjaustyöt	Määrät
Hyväksytyt reklamaatiot	5
Sovitellut reklamaatiot	85
Hylätyt reklamaatiot	90
Hylkäämättömät reklamaatiot yhteensä	180
Vikatyöt yhteensä	1250

Hyväksytyissä reklamaatioissa kaivajan aiheellisuutta vikaan ei voida todistaa, sillä merkit ovat hävinneet maastosta tai muistista tai kohde on mahdollisesti asfaltoitu. Usein tämä johtuu reklamaatioiden käsittelyjen viiveistä. Hyväksytty reklamaatio voi seurata myös luvussa 4.3.1 mainituista kaivajasta riippumattomista syistä. Reklamaatiot kohdistuvat pääsääntöisesti kaapelinäyttöihin, kaapeleiden asennustapoihin sekä sijainteihin. Mikäli kaapelivaurion syynä on tilaamaton kaapelisijaintiselvitys, on asiakas lähes poikkeuksetta korvausvelvollinen. Tämä perustuu SML (588/2013) 110 § vaatimukseen sijaintiselvityksistä ennen työn aloittamista sähkökaapeleiden läheisyydessä. Seuraavaksi käsitellään nykyisen reklamaatioprosessin kulkua alla olevassa kuvan 16 kosketuspistekartassa.



**Kuva 16.** Kuvaus nykyisestä reklamaatioprosessista (liite C).

Kuvassa 16 on havainnollistettu tarkemmin laskutuksen eteneminen ja eritelty värikoodein prosessiin osallistuvat osapuolet. Kuvassa näkyy myös mahdollisten reklamaatioprosessien kulku. Prosessikaaviossa käyttökeskuksen operaattorin suorittamat työtoimenpiteet sisältyvät laatikkoon "Caruna tekee laskutuspäätöksen", sillä operaattori ei toiminnallisesti vaikuta laskutuksen sisältöön. Operaattori toimii ainoastaan viankorjauksen tilaajana ja suorittaa KJ-vikatapauksissa raportointitoimenpiteet viankorjaajien suorittaman korjaustyön ja maastonäkemyksen jälkeen. Operaattorin tehtävä on enemminkin huolehtia KJ-vikojen raportoinnista viankorjauksen tilaamisen jälkeen, kuin selvittää laskujen laskutusyksiköitä. Samaan prosessilaatikkoon on sisällytetty Käyttötoimintojen vikatoiden edelleenlaskuttajan rooli, sillä edelleenlaskuttaja toimii myös reklamaatiokäsittelijänä.

Prosessikaaviossa on painotettu tiedonkulun merkitystä ja mahdollisesti toistuvia yhteydenottoja katkoviivoilla. Caruna voi ohjata eritellyn korjauslaskun suoraan aiheuttajalle, mikäli jo ilmoitusvaiheessa kaivaja on todennut vaurion johtuneen omasta inhimillisestä virheestä. Tilanteesta riippumatta viankorjaaja raportoi kentältä näkemyksensä vikapaikasta ja ottaa kantaa esimerkiksi asennussyvyyksiin tai muihin sijaintietoihin. Tarvittaessa Caruna pyytää lisätietoja viankorjaajalta jälkikäteen. Etenkin tässä tilanteessa korostuu vikalaskutuksen nopeuden merkitys, sillä muutamassa kuukaudessa samalla

asentajalla on voinut olla useita muitakin viankorjaus- tai rakennuskohteita, jolloin tarkat yksityiskohdat eivät välttämättä ole enää muistissa.

Suurin ja kriittisin haaste on merkitty kaavioon punaisella: laskua voidaan näkemyseroista johtuen joutua käsittelemään useampaan kertaan Carunan ja vian aiheuttajan välillä. Siksi on tärkeää saada vikapaikalta kattava kuva jo tapahtumavaiheessa, minkä lisäksi tarvitaan myös muut selvitykset sijaintitiedusteluista ja kaapelinäytöstä. Selvitystyöt vievät tällaisissa iteratiivisissa tapauksissa huomattavan paljon aikaa ja tuovat täten myös kustannuksia. Prosessikuvassa muu osapuoli tarkoittaa sijaintipalveluorganisaatiota eikä siitä ole eritelty sijaintitietojen ylläpitäjiä ja kaapelinäyttäjiä erikseen, sillä molempien tahojen epähuomio lisää kolmannen osapuolen aiheuttaman kaapelivaurion riskiä.

#### **4.4 Reklamaatiolaskutusprosessin nykytilan haasteet**

Edellisessä luvussa kuvatussa nykyisessä reklamaatioprosessissa voidaan tunnistaa useita haasteita. Esimerkiksi reklamaatiolaskutus on tällä hetkellä pullonkaula vikatöiden prosessin läpimenoa tarkastellessa. Laskujen käsittely on ruuhkautunut, sillä se tehdään täysin manuaalisesti ja etenkin reklamaatiotapauksissa laskutus tapahtuu viankorjaukseen nähden paljon myöhemmin. Syitä ruuhkautumiseen ovat reklamaatiotapausten lisääntynyt haasteellisuus sekä vikaan liittyvien osapuolten määrän kasvu sijaintipalvelun ja kaapelinäyttäjien myötä.

Maanrakennusurakoitsijoiden vakuutusten korkeiden omavastuuosuuksien vuoksi kaisvat tekevät herkästi reklamaatioita vahinkotapauksissa. Perättömät reklamaatiot taas kuormittavat turhaan asiakaspalvelua ja reklamaatiokäsittelijöitä. Lisäksi viiveellä syntyvissä vioissa aiheuttajaa on hyvin haastavaa todistaa. Samoin isoilla yhteistyömailla aiheuttajan selvittäminen on lähes mahdotonta ja tällöin lasku kohdistetaan työmaan pääurakoitsijalle tai tilaajaosapuolelle, jolloin reklamaation todennäköisyys on suuri.

Huonoimmassa tapauksessa asiakasta saatetaan laskuttaa aiheuttomasti ja vian tapaus- tutkinta on tekemättä. Reklamaatiovaiheessa lasku saattaa olla jo perinnässä. Mikäli reklamaatio johtaa laskun hylkäämiseen, perintäkulut tulevat Carunalle. Aiheettomilla laskuilla saattaa myös olla vaikutusta ulkoisten sidosryhmien kokemaan yrityskuvaan ja asiakaskokemukseen Carunasta.

#### **4.5 Kehitystarpeet reklamaatiolaskutusprosessille**

Seuraavaksi tutkitaan mahdollisuuksia vaikuttaa vikalaskutuksen sujuvuuteen luvuissa 4.3.2 ja 4.4 esiin nousseiden haasteiden pohjalta. Sisäisten haastatteluiden ja urakoitsijahaastattelujen sekä kenttätutkimuksen perusteella laskutukseen kohdistuvat vaikutusalueet voidaan jaotella kahteen eri ryhmään: potentiaalsiin ja haasteellisiin kehityskoh-teisiin.

Potentiaalisilla kehityskohteilla tarkoitetaan ajallisesti kohtuuaikeista tai suhteellisen vaivatonta vaikutuskohdetta. Potentiaalisia kehitystoimia voidaan kohdistaa vikailmoituksia vastaanottavaan vikapalveluun ja vikapartioon, joka suorittaa viankorjauksen ja saa parhaimman kuvan vikapaikasta kentällä. Vian aiheuttaja on vahingon aiheutuessa todennäköisesti yhteydessä suoraan vikapalveluun, jolloin asiakaspalvelijan pitäisi saada vikapaikasta mahdollisimman tarkka sijainti ja laskutustiedot mahdollista vahinkolaskutusta varten. Nämä tiedot kuuluvat ilmoitusvaiheessa kerättäviin pakollisiin tietoihin, mutta valitettavasti niitä ei aina syystä tai toisesta ensimmäisessä kontaktissa saada.

Toisena potentiaalisena kehityskohteena tunnistetaan vikapartion tehokkaampi hyödyntäminen. Vikakohteelta olisi tarpeellista saada sekä vauriopaikasta että ympäristöstä valokuvat, joiden avulla voidaan perustella vahingonaiheuttajan aiheellisuutta korjauskustannusten korvaamiseen. Vikapartion tehtävä on lähtökohtaisesti vian korjaaminen, mutta loppudokumentaation suorittaminen vikapaikasta vähentää reklamaatiokäsittelijän ja viankorjaajan välisen yhteydenpidon tarvetta reklamaatiotilanteissa. Etenkin urakoitsijat toivoivat vikakohteen sijaintitiedon ilmoittamisen kehittämistä mahdollisimman tarkaksi, jolloin etsimiseen käytetty aika voitaisiin kohdentaa suoraan korjaustehtävään.

Lisäksi Carunalla koettiin tarpeelliseksi kehittää vikatyöstä lähtevää laskua. Samalla tulisi selkeyttää viankorjauskustannusten aiheutumisperusteita laskun saajalle. Myös nämä kehitystoimenpiteet voidaan luokitella potentiaalisiksi kehityskohteiksi.

Lisäksi tunnistettiin yksi potentiaalinen kehityskohde, joka kuitenkin rajautuu sähköverkkoon liittyvän operatiivisen toiminnan ulkopuolelle: sijaintipalveluntarjoajan yhteistyö. Reklamaatioissa nousi toistuvasti esiin kaapelinäyttöön liittyvät kysymykset ja parhaiten niihin koettiin löytyvän vastaus suoraan näyttöorganisaation puolelta. Carunalla nousi esiin ajatus, jossa sijaintiselvitykseen liittyvät kysymykset voisi ratkaista jo ennen laskun lähettämistä ja näin ennakoida reklamaatioissa esitettäviä kysymyksiä tai väitteitä. KeyProta haastatellessa tällainen menettelytapa koettiin käyttökelpoiseksi ja kokeilemisen arvoiseksi.

Haasteellisella kehityskohteella tarkoitetaan ajallisesti pitkäaikaista tai muutoin erittäin haastavaa vaikutuskohdetta. Näitä ovat esimerkiksi maanrakentajien asenteisiin ja kaapeliverkkoon sekä sen vaaroihin liittyvään tietoisuuteen vaikuttaminen. Etenkin aktiivisimmille korvausinvestointien hankealueille koettiin tarpeelliseksi lisätä tietoisuutta kaapeliverkon läheisyydessä toimimisesta erityisesti sähköturvallisuuden näkökulmasta. Ajallisesti kyseessä on kuitenkin pitkä prosessi, kun pyritään vaikuttamaan työturvallisuuteen ja toimintatapoihin koskeviin kehityksiin.

## **5. KAAPELIVAURIOIHIN LIITTYVIEN TOIMINTOJEN KEHITTÄMISTOIMENPITEET CARUNALLA**

Tässä luvussa keskitytään ratkaisuiden hakemiseen tutkimuksessa havaittuihin ongelma-kohtiin ja esitellään niin myöhemmin toimeenpantavia kuin jo työn aikana käyttöön otettuja menetelmiä kaapelivaurioiden ja vauriolaskutukseen ennaltaehkäisyyn. Luvussa käydään läpi operatiivisen toiminnan kehittämistä ja toimenpiteiden vaikutusten arviointia niin operatiivisen kuin taloudellisenkin näkökulman osalta. Lisäksi luvussa esitellään diplomityössä kehitetty kolmansien osapuolten aiheuttamien kaapelivaurioiden selvitysraportti, jonka pilotointi aloitetaan syksyn 2017 lopussa.

### **5.1 Kehitystoimenpiteet tarpeiden pohjalta**

Luvussa 4 esiin nousseiden tarpeiden perusteella tutkimustyössä lähdettiin etsimään ratkaisuja laskutusprosessin sujuvoittamiseksi ja reklamaatioiden ehkäisemiseksi. Näiden lisäksi pohdittiin toimenpiteitä myös kaapelivaurioiden ennaltaehkäisemiseen. Kehitystoimet on esitetty seuraavaksi omina alalukuinaan.

#### **5.1.1 Kaapelivaurioihin liittyvät kehitystoimet**

Osa kaapelivaurioista voitaisiin ehkäistä muuttamalla kaapeliverkon läheisyydessä työskentelevien toimintatapoja ja asenteita. Kaapelivaurioiden ennaltaehkäisemiseksi ratkaisua voidaankin hakea asennekasvatuksen ja turvallisuuskoulutusten kautta. Ensimmäiset koulutukset pidettiin osana tätä diplomityötä jo toukokuun puolivälissä kohderyhmänä kaapeliverkon läheisyydessä työskentelevät kunnan työntekijät. Koulutettavista kuntahenkilöistä kukaan ei ollut sähköalan ammattilainen, mutta heidän työnsuoritusalueensa sisällä sähköverkon läheisyydessä tehtäviä töitä.

Vaikka järjestetty tilaisuus ei ollut virallinen sähkötyöturvallisuuskoulutus, käytiin siinä läpi samoja aihepiirejä kuin SFS 6002 SÄTKY -koulutuksessakin. Tavoitteena oli kiittää osallistujille sähköverkon läheisyydessä toimimisen vakavuutta ja opastaa sähköverkon komponenttien oikeaoppiseen käsittelyyn jännitteettömänä. Koulutuksen painopisteinä olivat muun muassa jännitekatkon tilaaminen, kaapeleiden lähestyminen kaivutöissä ja varoetäisyydet sekä maakaapeleiden oikeaoppinen tuenta.

Kuntatoimijoiden kouluttamisen lisäksi Carunalla suunnitellaan osallistumista pääkaupunkiseudulla toimivien maanrakennusurakoitsijoille suunnatun PKS-korttikoulutuksen

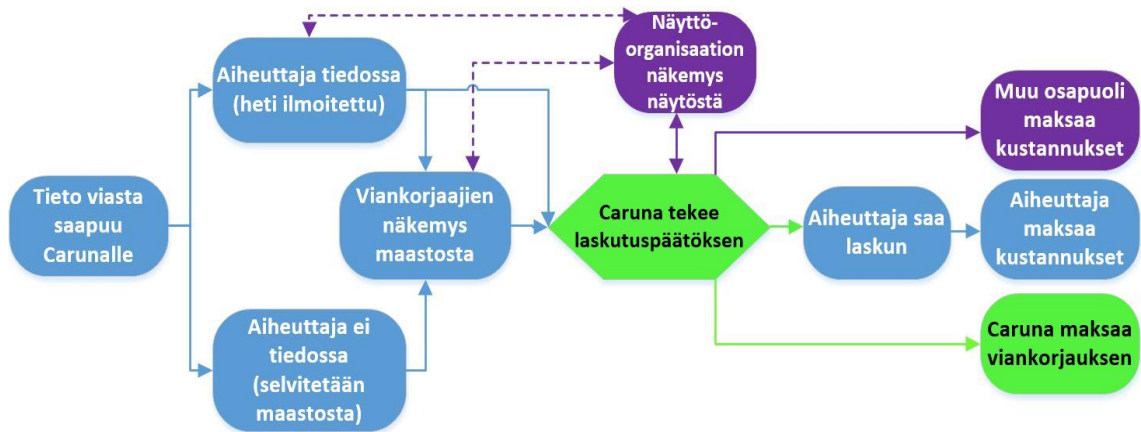
suunnitteluun ja järjestämiseen. Tarkoituksena on tuoda tähän koulutukseen omaa esitysmateriaalia Caruna Espoo Oy:n verkkoalueen haasteista ja toimintaympäristöistä. Aiemmin HSV on esittänyt PKS-koulutuksissa omaa kaapeleiden käsittelyyn liittyvää ohjeistustaan. Tulevissa koulutuksissa on tarkoitus täydentää kaapeleiden käsittelyyn liittyvää ohjeistusta myös Carunan näkökulmasta.

Diplomityössä tehdyssä tutkimuksessa kävi ilmi, että urakoitsijapuoli koki joidenkin kuntien kaivulupien käsittelyhitauden ongelmalliseksi ja arvioi niiden vaikuttavan luvattomiin kaivuihin. Luvattomissa kaivuissa on suuri riski selvittämättömille kaapelivaurioille, sillä alueella toimineesta osapuolesta ei jää merkintää viranomaisen tai muunkaan osapuolen järjestelmiin. Luvattomien kaivujen riskiin on tunnistettu vaikuttavan kaivuluvan saamisen nopeus. Esimerkiksi Espoossa kaivuluvan saa nopeasti ja kaapelinäytöt on koettu toimiviksi. Sen sijaan tutkimuksessa tunnistettiin Keski-Uudellamaalla eräs kunta, jossa kaivulupiin liittyviin yhteydenottoihin ei koskaan vastata. Tällöin riski luvattomille kaivuilla on erittäin korkea. Kuntayhteistyöllä tulisikin jatkossa pyrkiä vaikuttamaan yhä suuremmassa määrin kaivulupien käsittelyn nopeuksien huomioimiseen ja prosessin tehokkuuden kehittämiseen. Näin työmaiden toiminta nopeutuisi ja luvattomien kaivujen riskiä saataisiin pienennettyä.

### **5.1.2 Reklamaatiolaskutuksen kehitystoimet**

Seuraavassa esitellään osana diplomityötä hahmoteltu uusi reklamaatiolaskutukseen liittyvä toimintamalli, joka luotiin tunnistettujen haasteiden ratkaisemiseksi. Mallissa keskiössä ovat näyttöorganisaatioon ja verkko-omaisuuteen liittyvät reklamaatiotapaukset. Tarkoituksena on muokata toimintaa ennaltaehkäiseväksi siten, että selvitystyö tehtäisiin jo ennen reklamaation syntymistä. Uudessa prosessissa selvitystyö tehtäisiin näyttöorganisaatiossa KeyPron toimesta, jolloin selvitys myös tehtäisiin lähempänä operatiivista porrasta ja tieto pysyisi mahdollisimman muuttumattomana, sillä prosessista poistuisi välikäden roolista Carunan asiakaspalvelija tai reklamaatiokäsittelijä.

Uuden toimintamallin tavoitteena on karsia ylimääräistä tehtävien edestakaisin siirtämistä ja kohdistaa selvitystyöt oikeille toimintaportailleen. Tällöin näyttöorganisaatiolla on mahdollisuus saada palaute suoraan alkuperäiseltä palvelun tilaajalta, jolloin näyttöorganisaatiolla on myös parempi mahdollisuus kehittää toimintatapojaan palautteen kannalta. Kuvassa 17 uusi toimintamalli esitellään kosketuspistekartan muodossa.



**Kuva 17.** Uuden reklamaatiolaskutuksen kosketuspistekartta (liite D).

Aikaisemmassa mallissa Carunan vikalaskuttaja kontaktoi kolmea eri sidosryhmää ja toimi eräänlaisena välikätenä tiedonsiirrossa toimijoiden välillä. Esimerkiksi kun maanrakentaja reklamoi kaapelinäytöstä, tuli tästä tieto Carunalle vasta urakoitsijan reklamoidessa laskusta. Tällöin Caruna vei tiedon eteenpäin KeyProlelle, joka taas toimitti tiedon näyttötehtäviä tekeväälle aliurakoitsijalleen. Selvitys kulki samaa reittiä takaisinpäin, jolloin oli jälleen suuri mahdollisuus tiedon muuttumiseen matkan varrella. Nopein ja tehokkain tapa olisi ohjata jo keskenään toimineet osapuolet keskustelemaan vikaan johtaneista syistä, jolloin laskun lähetysvaiheessa aiheuttaja olisi tietoinen mahdollisesta korvausvelvollisuudestaan. Selvitys tulisi tehdä ennen laskun lähettämistä niin sanottuna esiselvityksenä. Tämän selvitysprosessin keskiössä olleet kysymykset ja niiden vastaukset esitellään seuraavaksi.

- Mitä tehdään?
- Kuka tekee?
- Milloin tehdään?

Uudessa pilotointiin siirtyvässä toimintatavassa on tarkoituksena keskittyä vikatietojen laatuun selvitystyötä hajauttamalla ja näin ehkäistä reklamaatioita sekä toistuvia epäselvyyksistä johtuvia yhteydenottoja. Pilotissa Carunan operaattori täyttää kolmannen osapuolen aiheuttamien KJ-kaapelivaurioiden raporttipohjan vikatehtävällä olleen asentajan antamien tietojen mukaan. Tärkeimmät tiedot ovat vikakohteen tarkka sijainti, vian ajankohta ja tiedot aiheuttajaosapuolesta. Raportti lähtee sijaintipalveluntarjoajalle KeyProlelle, joka tarkastaa vikapaikkaan liittyvät sijaintiselvitykset. Sijaintiselvitykset pitävät sisällään selvitykset sijaintitietojen hakemisesta, kaapelinäytön tilaamisesta ja näytön voimassaolosta. Tarvittaessa selvitetään myös näytön suoritusaste eli oliko suoritettu kaapelinäyttö riittävä vai johtiko vikaan kaapelin sijaintiin liittyvät tekijät. Seuraavaksi esitellään selvityksestä saatujen tietojen käsittelyyn liittyneet avainkysymykset.

- Mitä tilastoidaan?
- Minne tilastoidaan?
- Kuka on yhteyshenkilö ja informaation välittäjä?

Selvitystyön jälkeen raportti palaa Carunan vikatöiden edelleenlaskuttajalle, joka välittää vikatyöstä aiheutuneet kustannukset aiheuttajalle. Raportissa aiheuttajaosapuolen tiedoilla tarkoitetaan alueella kaivutöitä suorittavaa henkilöä ja työmaan tarkoituserää. Kaivajan tiedoista KeyPro tarkistaa onko kaivaja selvittänyt SML (588/2013) 110 § mukaan maanalaisten rakenteiden sisällön. Työmaatoimijan tarkoituserän selvityksen avulla segmentoidaan ulkopuolisten kaapelivaurioiden eri työmaatoimijoita, ja näin voidaan arvioida vikojen esiintymistiheyttä kyseisellä foorumilla. Työmaatoimijoiden foorumeille pyritään lisäämään tietoisuutta sähköverkon turvallisuudesta ja kaapeliverkoon liittyvistä menettelytoimenpiteistä.

Selvityskohteiden tilastointi tapahtuu samalla, kun KeyPro toimittaa tarkastetun kaapelivaurioselvityksen Carunalle. Kyseistä raporttia voidaan hyödyntää myös poikkeamatietojen hallinnassa ja kriittisimpien verkkoalueiden analysoinnissa. Vikalaskutukseen liittyen pääyhteyshenkilöitä ovat vikatöiden edelleenlaskuttaja ja reklamaatiokäsittelijät. Turvallisuuteen liittyvissä näkökulmissa informaation välittäjä on aina Carunan EHS-päällikkö (Environment, Health, Security -päällikkö) ja koulutustarpeen arviointiin osallistuvat Carunan kuntayhteistyövastaavat.

Uuden toimenpidemallin tarkoituksena on kohdistaa informatiivirta uudelleen oikeille osapuolille, jolloin reklamaatiotilanteet saadaan selvitettyä jo etukäteen ennen laskun lähtemistä. Laskutusvaiheessa laskuttamista pyritään kehittämään siten, että vikatyön laskutusyksiköiden muodostuminen olisi selkeämmin ilmaistuna laskulla. Laskun ohkeen suunnitellaan liitettävän selvitys laskun muodostumisesta ja yhteystiedot Carunan henkilöistä kaapeliverkon ympäristössä tehtäviin töihin liittyen. Toimijakohtaisesti pyrki- myksenä on kiinnittää huomiota toistuvasti kaapelivaurioita aiheuttaviin osapuoliin ja tarvittaessa puuttua työturvallisuutta laiminlyövien toimijoiden työskentelyyn.

## **5.2 Kehitystoimien vaikutukset jakeluverkkoyhtiössä**

Tämän luvun tarkoituksena on avata tarkemmin tunnistettujen kehitystoimien tavoitteita ja arvioida niiden toteutumisen todennäköisyyttä. Luvussa myös tarkastellaan sitä, mihin osa-alueisiin kehityskohteet vaikuttavat.

Yhdeksi kehitystoimeksi ulkopuolisten kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi oli jo ennen tutkimuksen aloittamista tunnistettu sähköturvallisuutta edistävien koulutusten lisääminen toimijafoorumeilla. Koulutusten järjestäminen alkoikin jo toukokuun puolivälissä tutkimustyön ollessa vielä käynnissä. Tutkimuksessa toteutetuissa haastatteluissa nousi kuitenkin esiin myös tarve PKS-koulutuksen suunnitteluun ja järjestämiseen osallistumisesta. Työn tuloksena tämän toiminnan onkin suunniteltu alkavan syksyn 2017 loppupuolella.

Tutkimuksen perusteella toiseksi kehitystoimeksi tunnistettiin kaapelivaurioselvitysten uusi toimintamalli. Uuden toimintamallin pilotointiin liittyvät opastukset ja jalkauttami-



nen aloitettiin diplomityön loppuvaiheessa ja tarkoituksena on viedä se käytäntöön loppusyksystä 2017. Kehitystyön tarkoituksena on selkeyttää toimintaa eri verkkoalueilla.

Kolmantena kehitystoimena tutkimuksessa tunnistettiin viestinnän ja yhteistyön lisääminen asiakkaiden ja heidän etujärjestöjensä kanssa. Konkreettisenä esimerkkinä asiakaskäyttöön liittyvästä yhteistyöstä on kaapelipaikkausten maksuton suorittaminen. Tämä tarkoittaa, että mikäli kaivaja nirhaisee maakaapelia aiheuttaen suojavaippaan kutisteella paikattavan loven, korjataan se maksutta. Näin pyritään madaltamaan ilmoituskynnystä pienissä kolhaisutilanteissa, joista voisi myöhemmin kehittyä vikapaikka.

Asiakkaiden etujärjestöjen, kuten MTK:n (Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliiton), kautta pyritään lisäämään viestintää etenkin haja-asutusalueella toimivien maatalousyrittäjien suuntaan. Viestinnän lisääminen kulkee limittäin sähköturvallisuutta edistävien koulutusten kanssa, ja samalla lisätään maanomistajille kaapeliverkko-tietoisuutta. Tavoitteena on paitsi saada ehkäistyä salaojitusten yhteydessä syntyviä kaapelivaurioita ja -nirhaumia, erityisesti hoitaa jo-syntyneet vauriot ennen kuin niistä syntyy vikapaikka.

### **5.2.1 Vaikutukset asiakaskokemukseen**

Koulutuksen tarjoamisella ja viestinnän lisäämisellä on tarkoituksena sähköturvallisuudesta neuvomisen lisäksi tuoda Carunaa lähemmäs sidosryhmärajapintoja. Yhteisellä infrakentällä toimiessa tähdätään sujuvaan yhteistyöhön ja vaivattomaan yhteydenpitoon. Maksuttomalla kaapelipaikkauksella tavoitellaan erityisesti vikatilanteissa ilmoituskynnyksen madaltamista, mutta siinä pyritään olemaan myös reilu toimija pienissä vahinkotapauksissa muita rakentamisen ammattilaisia kohtaan. Toistuviin vahinkotapauksiin tullaan kuitenkin puuttumaan.

Kattavalla selvityksellä ja nopealla reagoinnilla tavoitellaan operatiivisen toiminnan tehostamista. Tällöin lasku ei tule asiakkaalle yllätyksenä ja laskun sisällöstä informoidaan selkeämmin. Koulutuksissa tullaan myös painottamaan viankorjauksen sisältöä, jotta laskun suuruuteen osataan paremmin varautua. Vikalaskutusprosessin läpimenoaika pienentämällä saavutetaan niin kustannussäästöjä kuin parempaa asiakaskokemustakin, kun asiat hoidetaan kerralla kuntoon.

### **5.2.2 Vaikutukset kustannuksiin**

Luvussa 4.2.4 käytiin läpi vikatehtävien kustannuksia sekä korjaustöiden että selvitystöiden osalta. Vikatehtävien korjaustöiden kustannuksiin on lähes mahdotonta vaikuttaa, sillä vaurioitettujen kaapeleiden määrä ja vikatapahtuman sijainti määrittävät pääosan kustannuksista. Ainoastaan koulutuksella ja sitä kautta mahdollisesti saavutettavalla ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden määrän laskemisella voidaan kokonaiskustannuksiin vaikuttaa.

Tutkimustyötä tehtäessä havaittiin mahdollisuus tehostaa vikatöiden reklamaatioprosessia suorittamalla selvitystyöt ennen laskutuksen toimeenpanoa. Työsuoritusten järjestämisellä saavutetaan henkilötyötuntien tehostamista, kun selvitystyöt tehdään oikeilla suorituspaikoillaan. Toisin sanoen näyttöorganisaatio selvittää sijaintipalveluihin ja kaapelinäyttöön liittyvät tekijät ja vikapaikkaan liittyvät tekijät.

Seuraavaksi esitettävissä uuden selvitysmallin kustannusvaikutuksissa on laskettu pelkästään KJ-vikaselvitysten kustannusvaikutukset, koska sitä lähdetään pilotoimaan tutkimustyön loppuvaiheessa. PJ-vikatöissä raportointi ja selvitysprosessi ovat hieman erilaisia KJ-vikatöihin verrattuna, jolloin työtuntien jakaantuminen ja kustannusvaikutusten arvioiminen vaatisi lisäselvitystä. Tämä on kuitenkin rajattu diplomityön ulkopuolelle, joten siihen ei tässä oteta tarkemmin kantaa. Toimintamallin käyttöönottoon PJ-vikaselvityksissä lähdettäneen myöhemmin tulevaisuudessa, kun selvitystyöprosessi on saatu toimimaan vaaditulla tasolla KJ-selvityksissä ja käytännöt ovat selkeytyneet niin Carunan, näyttöorganisaation kuin urakoitsijankin puolella. Seuraavaksi käydään läpi KJ-vian käsittelyyn ja reklamaatioihin liittyviä kustannuksia.

**Taulukko 10.** *Arvioidut kustannukset uudessa pilotoitavassa selvitysmallissa ulkopuolisten aiheuttamissa KJ-vioissa.*

Vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi	Määrä	Hinta [€/h]	Kokonaiskustannus
Käytön operaattori	2,50 h	50,00 €/h	125,00 €
Vikalaskuttaja	1,00 h	50,00 €/h	50,00 €
Vikapartion dokumentointi & raportointi	2,00 h	50,00 €/h	100,00 €
<b>Reklamaatiotapausten käsittely</b>			
Asiakaspalvelija	0,25 h	50,00 €/h	12,50 €
Reklamaatiokäsittelijä	0,5 h	50,00 €/h	25,00 €
Sijaintipalvelutyöntekijä	1,25 h	50,00 €/h	62,50 €
Vikapartion työntekijä	0,50 h	50,00 €/h	25,00 €
<b>Kustannukset yhteensä</b>			<b>400 €</b>

Taulukossa 10 "Vauriotapahtuman käsittely ja reklamointi" esitettyjä kustannuksia laskettaessa ei ole käytetty Carunan omia sopimushintoja, vaan laskentojen pohjana käytettiin julkisia hinnastoja, kuten Carunan julkista palveluhinnastoa (Caruna 2017e). Uuden toimintamallin arvioidut kokonaiskustannukset laskevat 125 euroa aiemmasta keskimääräisestä hinnasta 525 euroa uuteen alempaan hintaan 400 euroa. Prosentuaalisesti tämä vastaa lähes neljänneksen kustannussäästöä. Kustannukset jakaantuivat aiemmassa mallissa 175 euroa sopimuskumppaneille ja 350 euroa Carunalle, kun taas uudessa mallissa kustannukset jakaantuvat 187,5 euroa sopimuskumppaneille ja 212,5 euroa Carunalle. Laskelmissa ei ole otettu huomioon selvitystyöpalvelun aiheuttamia kuluja Ca-

runalle. Kokonaiskustannusten voidaan kuitenkin olettaa olevan alle 500 eurossa, jolloin säästöä alkuperäiseen malliin verrattuna on tullut vähintään 4,5 prosenttia.

Kustannusvaikutuksissa on myös huomioitava, että KJ-vikaselvityksien selvityskustannuksia tullaan laskuttamaan vian edelleenlaskutuksen yhteydessä. Keskimääräinen vakiohintaa tulee olemaan neljä toimistotuntia eli 200 euroa, jolloin työkustannukset veloitetaan aiheutumisperiaatteen mukaisesti. PJ-vaurioissa työkustannusten veloitus tulee olemaan yksi tai kaksi toimistotyötuntia eli 50 – 100 euroa.

Kustannussäästöä on arvioitu saavutettavan myös ilmoitetuista kaapelinirhaumista, jolloin piilevien vikojen korjaamisella säästytään KAH-kustannuksilta. Kaapelipaikkauksen on arvioitu maksavan Carunalle noin 170 euroa per vika, joka on alle 10 prosenttia keskimääräisestä syntyneen vian korjauskustannuksesta. Hinta-arviossa ei ole käytetty Carunan omia sopimushintoja, vaan se perustuu Carunan julkisen palveluhinnaston yksiköihin olettaen, että korjaukseen sisältyy yksi toimistotyötunti ja yksi asentajan asiakaskäyntiveloitus (Caruna 2017e).

### **5.2.3 Vaikutukset kaapelivaurioiden määrään**

Kolmansien osapuolten aiheuttamien kaapelivaurioiden ilmoitusmäärän on oletettu aluksi kasvavan maltillisesti kehitystoimien myötä. Tämä johtuu ilmoituskynnyksen madaltamisen tuomista mahdollisista lisäilmoituksista kolmannen osapuolen aiheuttamiin kaapelivaurioihin liittyen. Tosin keskeytyksiin johtaneiden kaapelivaurioiden määrän oletetaan pysyvän vakiona stabiloituneilla, kuten Caruna Espoo Oy:n, alueilla. Piileviä vikapaikkoja seulomalla kasvussa olleiden kaapelivaurioiden määrän oletetaan hidastavan kasvuaan kehitystoimien myötä. Koska Carunan sähköverkoissa suoritetaan laajamittaisia toimitusvarmuusinvestointeja, ei kaapelivikojen määrä tule lähivuosina kasvavan kaapelipituuden takia laskemaan. Tosin vikatiheyden odotetaan tippuvan muun muassa ennaltaehkäisevien kehitystoimien kautta.

Luvussa 3.1.2. mainittiin maakaapeloinnin tuomana haasteena sijaintitietoihin liittyvät poikkeamat, joita jatkoskohdissa ovat niin sanotut jatkoslenkit. Jatkoslenkit syntyvät, kun jatkos tehdään kaapeleiden väliin myöhemmässä vaiheessa ja maasta nousseet kaapelien päät käännetään lenkkinä takaisin maahan. Kuvassa 18 esitetty jatkoskohta on etenkin kaapelinäytöissä haastava tapaus.



*Kuva 18. Jatkoskohdan KJ-kaapelilenkki.*

Jännitteisestä kaapelista vastaanottimeen saapuneen signaalin voimakkuus riippuu suuresti myös kaapelin syvyydestä: mitä lähempänä pintaa kaapeli on, sitä voimakkaampi on signaali. Verkkokarttaan merkitty suora kaapelireitti voi tukea näyttäjän käsitystä kaapelin kulkemisesta syvemmällä ja näin kaapelilenkki jää merkitsemättä. Tällöin kaapelivaurioriskin todennäköisyys kasvaa. Tutkimustyön aikana tietoa kaapelilenkkeihin liittyvistä haasteista on välitetty eteenpäin toimitusvarmuusinvestointien suorittajille ja niiden dokumentointeihin tullaan jatkossa kiinnittämään erityistä huomiota. Haastekoh- tien huomioimisella aikaisin nähdään olevan kaapelivaurioita vähentäviä vaikutuksia.

#### **5.2.4 Verkkotiedon paraneminen**

Diplomityössä luodun uuden selvitysmallin tarkoituksena on osaksi myös selvittää onko kolmannen osapuolen aiheuttamassa kaapelivauriopaikassa ollut verkko-omaisuuden dokumentointipointkeama. Tällöin suoritetaan tarvittaessa verkkokarttaan dokumentoinnin korjaus ja Carunalle jää merkintä verkkopoikkeamasta aiheutuneesta kaapelivaurios- ta. Kaivulupaselvityksen lisäksi pyritään siis selvittämään, onko verkossa esiintynyt poikkeamia erityisesti asennussyvyyksissä tai kaapelireittien dokumentaatioissa. Mah- dollisissa asennussyvyyksien poikkeamissa varmistetaan urakoitsijatoiden takuun voi- massaolo ja joko kaivetaan kaapelit syvemmälle tai lisätään standardin edellyttämä suo- jaus. Mikäli ilmenee huomattavia sijaintivirheitä, kuten kaapelien sijaitsemista tien toi- sella puolella tai muita useiden metrien reittipointkeamia, tullaan korjaavat toimenpiteet suorittamaan viankorjaustöiden jälkeen.

Tutkimustyön aikana Carunalla käynnistettiin myös toimitusvarmuusinvestoinneissa asennettujen kaapeleiden sijaintimittaukset osana verkonrakennustöiden laadun seuran- taan. Sijaintimittauksissa varmennetaan kaapeleiden asennussyvyys ja tarkistetaan kaape-

lireitti. Työt suoritetaan investointiprojektien loppuvaiheessa ja urakoitsijan asettaman takuuajan puitteissa. Sijaintimittausten vaikutukset nähtäneen vasta 2020-luvun alkupuolelta alkaen.

Osana Carunan ja sijaintipalveluntarjoajan yhteistyötä on käyty kolme kvartaalipalaveria, joissa on käsitelty palvelun laadun lisäksi kentältä esiin nousseita asioita. Näihin palaverihin kerättiin kaapelivaurioihin ja kaapelinäyttöihin liittyviä havaintoja ja maanrakentajien näkemyksiä sekä pohdittiin yhdessä kehitystoimenpiteitä niiden pohjalta. Lisäksi ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä kaapelinäyttäjiä pyydettiin lisäämään tietoisuutta niukasti merkityistä kaivualueista ja tarpeen tullen korjaamaan sijaintiselvityksen alue paikanpäällä oikeaksi. Lisäksi kaapelinäyttäjiä ja maanrakentajia on ohjeistettu tarvittaessa ottamaan yhteyttä Carunaan mahdollisten sijaintipoikkeamien tullessa ilmi. Tutkimustyön aikana pohdittiin kaapelisijaintimittausten tekemistä koko Carunan maakaapeliverkon alueella, mutta siihen ei nähty aihetta.

Verkkotietojen tiheämpään päivityskiertoon kehitettiin parannuksia verkkotiedon ja sijaintipalvelun parantamiseksi yhteistyökumppaneille, erityisesti koko näyttöorganisaatiota itsenäisesti toteuttaville kuntatoimijoille. Verkkotietojen tiheämpi päivittyminen sijaintipalveluiden ylläpitäjille vaikuttaa karttatietojen parempaan tarkkuuteen kaapelinäyttäjille ja siten vähentäen riskitekijöitä kaapelivaurioille. Lisäksi ajantasaisella verkkokartalla vähennetään ylimääräisiä asiakasyhteydenottoja tuoreilla toimitusvarmuusinvestointialueilla sijaintitietoihin liittyen.

### **5.2.5 Vauriotietojen tilastointi**

Tutkimustyötä tehtäessä käytiin läpi kaikki vuonna 2016 tapahtuneet kolmansien osapuolten aiheuttamat KJ-kaapelivauriotapaukset ja Carunan sopimusurakoitsijoiden raportoimat PJ-kaapelivauriotapaukset. Raportoinnin laadussa oli parantamisen varaa, minkä takia osaksi selvitysmallia luotiin sähköinen raportointityökalu. Raportointityökalun avulla voidaan tilastoida segmentoituja kaapelivaurioiden aiheuttajaosapuolia ja parantaa vauriotietojen laatua, jotta ongelmakohtiin voidaan puuttua tehokkaammin. Raportointityökaluun lisättiin verkosto-omaisuuden raportointiosio, sillä niihinkin liittyen Carunalla koettiin tilastointitarvetta.

Kehitetty raportointityökalu on osa Carunan poikkeamienhallintajärjestelmää, johon kaapelivaurioiden tiedot tallennetaan. Myös sijaintipalveluntarjoajalta palautuneet selvitykset tallennetaan samaan järjestelmään. Raporttien sisältämien tietojen perusteella kolmansien osapuolien aiheuttamia kaapelivaurioita voidaan tarkastella monella eri tavalla. Tärkeimpänä on alueellisten vikatiheyksien tarkkaileminen ja työmaatoimijoiden segmentointi tietoisuuden lisäämiseksi. Kun käytöntukijärjestelmä tallentaa viat johtolähdöittäin, voidaan raportointityökalun osoitekentän toimittamien tietojen tai GPS-koordinaatit sisältävän kuvan perusteella osoittaa vikapaikat suoraan kartalle. Näin saa-

daan kattava kuva vikapaikkojen keskittymistä verkkoalueittain, kunnittain tai jopa kuntien alueittain.

Toinen mahdollinen vaihtoehto olisi ollut lisätä vauriopaikat KeyPron tarjoamaan järjestelmään. Carunalla järjestelmien lisäys ei kuitenkaan ollut kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden käsittely- ja raportointiratkaisuihin liittyvissä intresseissä. Sen sijaan pyrkimyksenä oli kehittää ratkaisu Carunan nykyisiä tietojärjestelmiä hyödyntäen.

### **5.2.6 Urakoitsijoiden työn laadun seuranta**

Urakoitsijoiden työn laatua seurataan sekä Carunalähtöisillä kenttä- ja turvallisuuskäynteillä että ulkopuolisen projektinvalvojen suorittaman kenttävalvonnan kautta. Sen jälkeen kun verkonrakentamistyöt ulkoistettiin urakoitsijoille, valvonnan merkitys on kasvanut entisestään. Ja kuten luvussa 5.2.4 todettiin, toimitusvarmuusinvestointien laadunvalvontaa on lisätty suorittamalla kaapeleiden sijaintimittausta valmiille investointiprojekteille.

Koulutuksen lisäämisen kautta saavutettaneen avoimempaa yhteydenpitoa infratoimijoiden keskuudessa ja näin saataneen myös enemmän palautetta kentältä Carunalle etenkin kaapelien sijaintitietoihin ja asennussyvyyskiin liittyen. Avoimen palautteen kautta voidaan seurata alueellisesti toimineiden urakoitsijoiden työnjälkiä ja tarvittaessa tehostaa työnvalvontaa. Samoin uudella raportointityökalulla voidaan seurata työn laatua alueittain raportoitujen poikkeamamerkintöjen kautta. Kehitetty raportointityökalu tosin tarkoittaa työn laatua koskevien tarkastelujen johtuneen aiheutuneesta kaapelivauriosta, mikä itsessään ei ole toivottu tapaus. Kaapelivaurioselvitys voi toimia apuna muun muassa sijaintipoikkeamien havaitsemisessa.

### **5.2.7 Vaikutus reklamaatioiden määrään**

Tutkimustyössä kehitetyn uuden kaapelivaurioselvitysten toimintamallin on arvioitu vähentävän reklamaatioita, koska vikatehtävien taustatiedot selvitetään ennen laskun lähettämistä. Lisäksi etenkin koulutuksen kautta voidaan lisätä tietoisuutta eri verkkoalueiden kaapeliverkon ympäristöistä. Kun kunta- ja maanrakennustoimijat ovat paremmin informoitu kaapeliverkon sijainneista ja asennustavoista, oletuksena on toimijoiden varovaisempi lähestymistapa kaapeleihin kolmannen osapuolen työmailla. Myös etujärjestöjen kautta jaetun informaation on tarkoitus muistuttaa etenkin haja-asutusalueilla kaapeleiden sijainnista peltojen salaojareittien läheisyydessä. Viestinnässä painotuksen kohteena on myös Carunan tarjoama ilmainen sijaintiselvitys ja kaapelinäyttö verkkoalueellaan, tarkoituksena kannustaa yhtä paremmin tarjotun palvelun käyttöön.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tässä luvussa vastataan tutkimuskysymyksiin ja esitellään työn johtopäätökset. Lisäksi pohditaan jatkotoimenpide-ehdotuksia ja muita huomiota vaativia osa-alueita sekä koostetaan operatiiviseen toimintaan kohdistuvat ratkaisuehdotukset. Luvussa myös arvioidaan tehdyn tutkimuksen luotettavuutta ja tunnistetaan aiheita jatkotutkimukselle. Luku loppuu työn yhteenvetoon.

### 6.1 Tutkimuskysymyksien vastaukset

Luvussa 1.2.2 esiteltiin tutkimukselle asetetut tutkimuskysymykset. Seuraavaksi esitellään vastaukset tutkimuskysymyksiin kysymys kerrallaan.

- ❖ *Mitkä ovat tyypillisimmät syyt kolmannen osapuolen aiheuttamissa kaapelivaurioissa?*

Kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden taustatekijöitä etsittäessä tuloksia saatiin erityisesti urakoitsijahaastatteluista ja niitä tukivat löydökset vikatöiden raportoinneista. Tulokset on koostettu luvuissa 4.2.1 ja 4.2.2 esitettyjen havaintojen perusteella ja jaoteltu tyypillisimpien esiintymisalueiden mukaan. Esiintymisalueet voidaan jaotella ympäristön perusteella kolmeen kohteeseen: kaupunki- ja taajamaympäristö, haja-asutusalue sekä yksityiset tontit.

Tehdyn tutkimuksen mukaan kaupunki- ja taajamaympäristössä kaapelivaurioiden ympäristöinä ovat tyypillisimmin kunnalliset katutyömaat, kaukolämpö- ja vesijohtotyömaat sekä asutusinfranrakentajien työkohteet. Näissä kohteissa kaapelia usein nirhataan tai aiheutetaan vaihejohtimiin vaurioita. Näissä kohteissa myös kaapelin väärä käsittelytapa voi johtaa kaapelien vikaantumisiin. Haja-alueella kaapelivauriot syntyvät yleensä maataloustöistä ja salaojakaivuista. Vikatyypit ovat näissäkin tapauksissa joko suojavaipan vaurioitumisia tai johdinten katkeamisia. Jokaisessa edellä mainitussa ympäristössä esiintyy myös yksityisten henkilöiden aiheuttamia kaapelivaurioita pihatöiden tai omaan kiinteistöön liittyvien töiden yhteydessä. Tällöin vahingoitetaan pääsääntöisesti vain omaa tai naapurin PJ-liittymiskaapelia, joka ei pääsääntöisesti kuulu verkkoyhtiön omistukseen eikä tällöin myöskään verkkoyhtiön huoltovastuulle.

Yleisesti ottaen voidaan sanoa, että kaivajan huolimattomuus, vanhentunut tai virheellinen johtokartta ja dokumentoimattomat kaapelit koetaan suurimmiksi riskitekijöiksi kaapelivaurioiden syntymiseen. Tutkimuksen mukaan yleisimpiä kaapelien vikatyyppejä ovat suojavaipan vauriot, johdinten katkaisemiset tai hohtosuojan vahingoittamiset.

❖ *Miten voitaisiin ennaltaehkäistä kaapelivaurioiden syntymistä?*

Luvussa 4.2.3 esitettyjen tilastojen ja HSV:n edustajien kanssa käytyjen keskustelujen perusteella työssä tehtiin johtopäätös kaapelivaurioiden syntymiseen johtavista tekijöistä. Kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi tietoisuuden ja koulutuksen lisääminen ovat avainasemassa. Lisäksi sijaintiselvitysten ja kaapelinäytöjen laatuun panostamalla voidaan vähentää ulkopuolisten aiheuttamien vaurioiden riskiä.

Samoilla toimenpiteillä voidaan ennaltaehkäistä myös kaapelivaurioita yleisellä tasolla. Kaapelinirhaumissa ilmoituskynnyksen pienentämisellä ehkäistään piileviä vikoja ja koulutuksella sekä tietoisuuden lisäämisellä varmistetaan suojavaippojen asianmukainen paikkaus sähkötöiden ammattilaisen toimesta. Kyseisillä toimilla on suuri merkitys myös työturvallisuuden kannalta, mikä oli yksi syy ennaltaehkäisevien toimintatapojen valintoihin.

❖ *Kuinka toimitaan kaapelivaurion syntymisen jälkeen, jotta reklamaatioilanteet saataisiin selvitettyä ennen aiheuttajaosapuolen laskuttamista viankorjauksista?*

Carunan sisäisten toimijoiden esiintuomien haasteiden ja havaittujen reklamaatiohaasteiden pohjalta työssä mallinnettiin nykyistä toimintatapaa kuvaavat vikatöiden kosketuspistekartat, jotka esitettiin luvuissa 4.3 ja 4.3.2. Tämän jälkeen kosketuspistekarttoja vertailtiin sopimuskumppanin toimittamaan ratkaisumalliin ja yhtäläisyyksien pohjalta kehitettiin uudistettu toimintamalli vikatöiden laskutukseen liittyen. Uusi malli sisältää myös kaapelivaurioiden selvitystyössä käytetyn raportointityökalun. Uusi malli otettiin pilotointiin diplomityön loppuvaiheessa.

Reklamaatioilanteiden selvittämiseksi uudessa mallissa siirrytään proaktiivisiin toimiin aikaisempien reaktiivisten toimien sijaan. Luvussa 4 esitettyjen kehitystarpeiden pohjalta reklamaatiolaskutusprosessia on muutettu esiselvityspainotteiseksi ja sidosryhmille lisätään informaatiota veloitusettomasta kaapelipaikkauspalvelusta. Ruuhkautuneiden vikakäsittelyjen välttämiseksi esiselvitystyö jalkautetaan ulkopuoliselle sijaintipalveluja tarjoavalle yhteistyökumppanille. Kehitystoimenpiteet on esitetty tarkemmin luvuissa 5.1.1 ja 5.1.2. Diplomityön lopulla käynnistyneen raportointityökalun pilotin aikana kiinnitetään huomiota informaation kulkemiseen ja selvitystyön tehokkuuteen. Mikäli työkalu saadaan toimimaan sujuvasti, voitaneen harkita työkalun käytön laajentamista myös PJ-puolelle.

❖ *Miten toimitaan, jos kyseessä on kaapelin sijaintitietojen puute tai rakentamisen laatuvirhe?*

Tutkimuksessa rakentamisen laatuvirheisiin ja sijaintitietojen puutteisiin vastausta haettiin Carunan Omaisuudenhallinta -yksiköstä. Tutkimuksen päätelmien pohjalta valittiin toimintamalli, jossa pienimpiin dokumentaatiovirheisiin ei puututa vaan keskitytään



kriittisimpien dokumentaatiopoikkeamien korjaamiseen. Kriittisimmiksi poikkeamiksi määriteltiin kaapelireitin kulkeminen tien toisella puolella, kaapelilenkin olemassaolo tai kaapelista kokonaan puuttuva dokumentaatio.

Uudessa toimintamallissa raportin tekijä selvittää perusteellisemmin maastossa ilmenneet sijaintipoikkeamat ja niistä ilmoitetaan Carunalle. Tapauksesta riippuen suoritetaan mahdollinen dokumentaatiokorjaus havaintojen perusteella. Rakentamisen laatuvirheissä suoritetaan korjaavat toimenpiteet standardien täyttämiseksi ja viedään tieto edelleen verkkorakennuksesta vastaaville vastaavanlaisten tapausten ehkäisemiseksi. Lisäksi toimitusvarmuusinvestointien laaduntarkkailemiseksi suoritetaan kaapelien sijaintimitauksia. Aihealuetta käsiteltiin tarkemmin luvussa 5.2.4.

## 6.2 Tutkimustyön päätelmät

Seuraavaksi käydään läpi tutkimustyön ja -kysymysten perusteella tehtyjä päätelmiä. Huolellisesta työskentelystä huolimatta vahinkoja voi sattua ja kaapeleita vikaantua. Kuitenkin kaapelin suojavaipan pintavaurioissa laajemmat vauriot voidaan ehkäistä aiheuttajan ajoissa tekemän ilmoituksen avulla. Tämä on veloittamattoman kaapelipaikkauksen tavoite. Luvun 4.2.3 tilastojen perusteella voidaan olettaa kaapelivikojen ja ulkopuolisten aiheuttamien kaapelivaurioiden määrän asettuvan vakioarvoon ajan myötä. Kolmannen osapuolen aiheuttamien kaapelivaurioiden puuttuminen kokonaan on mahdollista, mikäli kaapeliverkon alueella ei rakenneta infraa tai työskennellään erittäin huolellisesti tiedostaen kaapeliverkkoa koskevat työskentelytavat. Kuitenkin nykyisellä infrarakennuksen vauhdilla ja volyymeillä sekä jatkuvasti vaihtuvan työvoiman toimintaympäristössä ylihuolellinen työskentelytapa ei ole kustannustehokkuuden kannalta mahdollista. Tällöin kaapelivaurion riski on käytännössä aina olemassa.

## 6.3 Ratkaisuehdotuksia operatiiviseen toimintaan

Tässä luvussa kootaan työssä havaitut kehityskohteet ja esitetään niille toteutumistavoitteet tutkimustyön jälkeiselle ajalle. Kehityskohteet voidaan jaotella vaikuttamismahdollisuuksien mukaan kolmeen ryhmään: sisäiset, ulkoiset ja sidosryhmiä koskevat kehitystoimet. Kehitystoimet on listattu ja esitelty ennen kohderyhmien esittelyä.

Seuraavaksi käsitellään Carunan sisäisen operatiivisen toiminnan tehostamiseen vaikuttavat sisäiset kehitystoimenpiteet:

- KJ-kaapelivaurioiden selvitystyökalun pilotointi
- Dokumentaation laadunvalvonta isoissa verkostotöissä

Selvitystyökalun pilotointi aloitettiin diplomityön loppuvaiheessa. Tarkoituksena on opastaa työkalun käyttöä käyttökeskuksen operaattoreille ja sijaintipalvelukumppanille loppusyksyn 2017 aikana. Toimenpiteitä dokumentaation laadunvalvontaan isoissa ver-

kostotöissä on jo aloitettu sijaintimittausten muodossa, mutta yhtä lailla tietoisuutta riskikohteista lisätään sisäisesti edelleen. Riskikohteita ovat erityisesti kaapelilenkit, koska ne ovat haasteellisia havaita kaapelinäytöissä.

Seuraavaksi käydään läpi ulkoiset kehitystoimet ja esitellään niihin liittyvät ulkoiset kohderyhmät:

- Viestinnän lisääminen etujärjestöille
- Viestinnän lisääminen kuntatoimijoille

Viestinnän lisääminen luokitellaan ulkoisiksi kehityskohteiksi, sillä etujärjestöt ja kuntatoimijat ovat vain ajoittain mukana sähkönsiirtoon liittyvissä työtehtävissä, vaikka muutoin kuuluvatkin Carunan sidosryhmiin. Tavoitteena on jatkaa kuntatoimijoiden kouluttamista ja lisätä tietoisuutta esimerkiksi MTK:n suuntaan syksyn 2017 loppupuolelta alkaen.

Lopuksi alla on listattuna sidosryhmiä koskevat kehitystoimet, minkä jälkeen niihin liittyvät kohderyhmät esitellään tarkemmin:

- Kaapelinäyttöjen kuittaaminen paikan päällä
- Kaapelinäyttöjen kehittäminen
- Veloituksettomien kaapelipaikkausten ilmoittaminen

Sidosryhmiä koskevat kehitystoimet tarkoittavat lähinnä operatiivisiin sopimuskumppaneihin liittyviä kehityskohteita. Näihin lukeutuvat esimerkiksi sijaintipalvelutoiminta ja vikapartion toiminta. Kaapelinäyttöjen kuittaamiset sijaintiselvityskohteissa otettiin käyttöön jo tutkimustyön aikana. Niiden tarkoituksena on varmistaa, että maanrakentaja on ymmärtänyt tehdyn kaapelinäytön tulokset. Kaapelinäytöissä toivottiin Carunan toimesta kiinnittämään huomiota liian kapeina tilattuihin näyttöalueisiin ja suurentamaan niitä tarvittaessa kentätiedon perusteella. Kaapelinäyttöjen kehittäminen otettiin esille syyskuussa 2017 ja kehitystoimet jalkautetaan syksyn 2017 lopulla. Sopimusurakoitsijoita ja etenkin vikapartioita tullaan informoimaan veloituksettomista kaapelipaikkauksista tilanteissa, jossa maanrakentaja itse ilmoittaa heti nirhauman sattuessa edellyttäen kaapelipaikkauksen tarvitsevan vain suojakutisteen. Paikkaustoimet tullaan mainitsemaan myös turvallisuuskoulutuksissa, sillä paikkausta ei saa tehdä kaapelin ollessa jännitteellinen. Kehitystoimen jalkautus aloitetaan syksyn 2017 lopulla.

## 6.4 Työn tulosten arviointi ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimustyön aikana sidosryhmille tehdyt yleiset kysymykset ovat olleet kaikille samanlaiset. Yleiskysymysten tarkoituksena oli välttää tietyn toimintayksikön tai sidosryhmän puolueellisuus ja saada kokonaisvaltaisempaa näkökulmaa päätelmiin. Vastaukset kerättiin eri verkkoalueiden eroavaisuudet huomioiden laajalla henkilötannalla, jolloin saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Lisäksi haastatelluille sidosryhmille oli

omat haastattelurunkonsa siten, että saman sidosryhmän edustajien haastatteluissa käytettiin aina samaa haastattelurunkoa. Näin varmistettiin, että aina sidosryhmäkohtaisesti käsiteltiin samoja aiheita haastateltavasta riippumatta.

Vaikka tutkimuksessa asetetut tavoitteet täytettiin, tulisi kolmansien osapuolien aiheuttamia kaapelivaurioita tutkia lisää tulosten validoimiseksi. Tutkimuksessa tarkasteltiin yhden suomalaisen verkkoyhtiön kokemia haasteita kolmannen osapuolen kaapelivaurioihin. Täten saman tutkimuksen toistaminen toisessa verkkoyhtiössä voisi tuoda lisänäkemyksiä työn tulosten luotettavuudesta. Tämä on kuitenkin vaikeaa, sillä Suomessa verkkoyhtiöiden toimintaympäristöt ja -tavat eroavat toisistaan, mikä saattaisi vaikuttaa tuloksiin. Lisäksi esimerkiksi verkostorakentamisen laadunhallinnan ja sidosryhmäjohtamisen tutkimisella sekä teoreettista että empiiristä ymmärrystä työn aiheesta voitaisiin laajentaa.

Työ rajattiin koskemaan KJ-kaapelivikojen selvitysmallia. Etenkin operatiivisesta näkökulmasta olisi suotavaa tutkia selvitysmallia myös PJ-kaapelivikojen osalta. Myös tämän tutkimustyön aiheita sivunnut, mutta ulkopuolelle rajattu kaapelivikojen ennaltaehkäisy olisi operatiivisten jatkotoimenpiteiden kohde. Kuten Siirto et al. (2017) mainitsevat, kaapeli-asennusten ja -materiaalien auditoinnin kautta voidaan vaikuttaa syntyvien kaapelivikojen ennaltaehkäisyyn.

## 6.5 Yhteenveto

Tutkimustyön tarkoituksena oli analysoida kolmansien osapuolien aiheuttamien kaapelivaurioiden taloudellista ja operatiivista vaikutusta jakeluverkkoyhtiöön. Taloudellisten vaikutusten tarkastelu keskittyi KAH:in, viiankorjauskustannuksiin ja reklamaatioiden aiheuttamiin kuluihin. Tavoitteena oli luoda toimenpidesuunnitelma kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi ja raportoimiseksi sekä viiankorjauskustannusten läpilaskutusprosessin selkeyttäminen eri verkkoalueilla. Painopiste toimenpiteiden määrittelyissä oli nykyisten sopimuskumppaneiden yhteistyön kehittämisessä ja Carunalla jo käytössä olevien järjestelmien hyödyntämisessä.

Tutkimuksessa havaittiin, ettei ulkopuolisten aiheuttamia kaapelivaurioita saada kokonaan poistettua, jos verkkoaluetta ympäröivää infraa muokataan tai rakennetaan uutta. Lisäksi jo tutkimustyön aikana käynnistetyissä koulutustilaisuuksissa saatiin kartoitettua ja kehitettyä verkkoalueella työskentelevien henkilöiden tietotasa sähköverkon vaaroihin ja etäisyysvaatimukseen liittyen. Diplomityön tuloksena syntyi myös viiankorjauksen laskutukseen liittyen päivitetty toimintamalli, jossa kaapelivaurion taustat selvitetään etukäteen ennen laskun lähettämistä. Myös verkostorakentamisessa ilmenneet kaapelilenkit tuotiin paremmin näyttöorganisaation ja investointien parissa työskentelevien tietoisuuteen. Kaapelilenkit koettiin haastaviksi havaita kaapelinäytöissä ja myös niiden dokumentoinnissa tunnistettiin haasteita.

Tutkimus onnistui kokonaisuudessaan hyvin ja työn edetessä huomattiin uusia kehityskohteita, joiden ratkaiseminen sisällytettiin työn tuloksiin. Myös jokaiseen tutkimuskysymykseen löydettiin vastaus työn edetessä. Työn tuloksia voidaan pitää luotettavina ja niitä voidaan hyödyntää jatkokäyttöä varten niin kolmansien osapuolten aiheuttamien kuin asennusvirheistä johtuvienkin vikojen ehkäisyssä. Verkkoliiketoiminnan kehittämiseksi ja asiakastyytyväisyyden parantamiseksi työssä löydetyt havainnot olisi hyvä huomioida Carunan operatiivisessa toiminnassa. Lisäksi työssä määritettyjen toimenpiteiden jalkautus on laajemminkin tarpeen tavoiteltaessa asiakastyytyväisyyden parantamista ja turvallisempaa työskentelyä sähköverkon läheisyydessä.

## LÄHTEET

Aminoff, A., Lappeteläinen, I., Partanen, J., Viljainen, S., Tahvanainen, K., Järventausta, P., Trygg, P., 2009. Ostopalveluiden käyttö verkkoliiketoiminnassa. Helsinki, VTT. 101 p.

Aro, M., Elovaara J., Karttunen M., Nousiainen K., Palva V., 2003. Suurjännitetekniikka. 3. muuttamaton painos. Otatieto, Gaudeamus Helsinki University Press. 520 s. pp. 123- 128, 149-169.

Caruna 2016a. Carunan tarina. [viitattu 6.4.2017]. Saatavissa: <https://www.caruna.fi/caruna/yrityksemme/jaamme-hyvaa-energiaa>

Caruna 2016b. Carunan vuosiraportti 2016. [viitattu 6.4.2017]. Saatavissa pdf-muodossa: <http://vuosiraportti2016.caruna.fi>.

Caruna 2017a. Carunan yritysasettelu 2017. Carunan sisäinen lähde. Julkaisematon selvitys.

Caruna 2017b. Carunan kaapelinäyttöohjeistus kaivajalle. [viitattu 20.4.2017]. Saatavissa: <https://www.caruna.fi/kaapelinaytto>

Caruna 2017c. Ulkopuolisten aiheuttamien maakaapelivikojen tarkastelu. Carunan sisäinen lähde. Julkaisematon selvitys.

Caruna 2017d. Carunan investoinnit ja verkon kehitys. Carunan sisäinen lähde. Julkaisematon selvitys. [viitattu 14.6.2017].

Siirto, O., Vepsäläinen J., Hämäläinen A., Loukkalahti M. (2017). Improving reliability by focusing on the quality and condition of medium voltage cables and cable accessories. Tutkimusraportti. CIRED conference, Glasgow, 2017.

Draka 2013. (2013a) Voimakaapelit 1 kV. Tuote-esite. [viitattu 26.5.2017]. Saatavissa: [http://fi.prysmiangroup.com/en/business\\_markets/markets/pd/download/datasheets/AXMK-PLUS\\_4joht.pdf](http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AXMK-PLUS_4joht.pdf)

Draka 2013. (2013b) Voimakaapelit 10 ja 20 kV. Tuote-esite. [viitattu 26.5.2017]. Saatavissa: [http://fi.prysmiangroup.com/en/business\\_markets/markets/pd/download/datasheets/AHXAMK-WP\\_20kv\\_3joht.pdf](http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/pd/download/datasheets/AHXAMK-WP_20kv_3joht.pdf)

Espoo 2017. Asuminen ja ympäristö, Asiakaspalvelu, Luvat ja ohjeet. [WWW]. [viitattu 12.7.2017]. Saatavissa: [http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen\\_ja\\_ymparisto/Asiakaspalvelu/Luvat\\_ja\\_ohjeet](http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Asiakaspalvelu/Luvat_ja_ohjeet)

Energiateollisuus 2017. Sähkön keskeytystilasto 2016. Julkaistu 28.6.2017. [viitattu 17.8.2017]. Saatavissa: [https://energia.fi/files/1670/Sahkon\\_keskeytystilasto\\_2016.pdf](https://energia.fi/files/1670/Sahkon_keskeytystilasto_2016.pdf)

Energiavirasto 2012. Sähköverkon investointien jaottelu laajennus- ja korvausinvestoinneiksi. Julkaistu 19.12.2012. [viitattu 19.5.2017].

Energiavirasto 2014. Valvontamenetelmien kehittäminen valvontajaksoille 2016-2019 ja 2020-2023, Sähköverkkotoiminta ja maakaasuverkkotoiminta. Julkaistu 4.11.2014. [viitattu 16.5.2017].

Energiavirasto 2015. (2015a) Suuntaviivojen tilannekatsaus, Sähköverkkotoiminnan ja maakaasuverkkotoiminnan valvontamenetelmät 2016-2023. Julkaistu 7.1.2015. [viitattu 16.5.2017].

Energiavirasto 2015. (2015b) Sähkön jakeluverkkotoiminta ja sähkön suurjännitteinen jakeluverkkotoiminta – Liite 2 Valvontamenetelmät. Julkaistu 30.11.2015. [viitattu 16.5.2017].

Energiavirasto 2015. (2015c) Valvontamenetelmät 2016-2013. [WWW] [viitattu: 17.5.2017].

Energiavirasto 2016. Monopoli ei ole peliä. Blogikirjoitus. Julkaistu 20.12.2016. [viitattu 9.5.2017]. Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/sv/reilua-energiaa/-/blogs/monopoli-ei-ole-pelia>

Energiavirasto 2017. Sähköverkkoliiketoiminnan kehitys, sähköverkon toimitusvarmuus ja valvonnan vaikuttavuus 2016. Julkaistu 13.2.2017. [viitattu 10.7.2017].

Eur-Lex. 2009/72/EY. Euroopan parlamentti, Euroopan unionin neuvosto. Direktiivi. Julkaistu 13.7.2009. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=celex%3A32009L0072>

HE20/2013, 2013. Hallituksen esitys eduskunnalle sähkö- ja kaasumarkkinoita koskevaksi lainsäädännöksi. [viitattu 5.7.2017]. Saatavilla pdf-muodossa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130020#idp432872032>

Heikkilä, T., 2013, Sähköverkon toimitusvarmuuteen liittyvien valvontamenetelmien kehittäminen. Diplomityö, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, 63 s.

Honkapuro S., Tahvanainen K., Partanen J., Lassila J., Viljanen S., Kaipia T., 2010. (2010a). Nykyisen valvontamallin toimivuuden ja ohjausvaikutusten arviointi. Tutki-

musraportti. Julkaistu 29.4.2010. [viitattu 9.5.2017]. Saatavissa pdf-muodossa: [https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/LUT\\_EMV\\_road\\_map\\_raportti\\_Final.pdf/ba94d85c-a4f4-4aaf-ae5e-9164f1280d15](https://www.energiavirasto.fi/documents/10179/0/LUT_EMV_road_map_raportti_Final.pdf/ba94d85c-a4f4-4aaf-ae5e-9164f1280d15)

Honkapuro S., Tahvanainen K., Partanen J., Lassila J., Viljanen S., Kaipia T., 2010. (2010b). Selvitys siirtoverkkosäätelyn investointikannustimista. Selvitystyö. Julkaistu 3.6.2010. [viitattu 9.5.2017].

Jaakkola, J. Näin hallitus aikoo puuttua sähkölaskujen suuriin korotuksiin – taustalla Caruna-kohu. Yle.fi. Julkaistu 11.5.2017. [viitattu 22.5.2017]. Saatavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9606702>

Johtotietopankki 2017. Johtotietopankin yritysesitys. [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://johtotietopankki.fi/yritys/>

Johtokartoitus 2017. Kaapelinhakulaitekatalogi, 3M Dynatel 2210E Kaapelinhakulaitekäyttöohje syyskuu 2001. [viitattu 20.4.2017]. Saatavissa: <http://www.johtokartoitus.fi/Kuvat/2210eohje.pdf>

Kaivulupa 2017. Tietoa palvelusta. [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.kaivulupa.fi/info/>

Keypro 2016. Tekninen työohjeistus. Luontipäivämäärä: 23.3.2016. Keypron sisäinen lähde. Julkaisematon selvitys.

Keypro 2017. Keypron yritysesitys 2017. [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <https://www.keypro.fi/fi/meista>

Kolev, Milena. 2008. Polyethylene (polyethene) (PE). Tutkimusraportti. Technical University of Gabrovo. [viitattu 31.5.2017]. Saatavissa: [http://webhotel2.tut.fi/projects/caeds/tekstit/plastics/plastics\\_PE.pdf](http://webhotel2.tut.fi/projects/caeds/tekstit/plastics/plastics_PE.pdf)

L 21.12.2004/1172. Sähkömarkkinalaki.

L 9.8.2013/588. Sähkömarkkinalaki.

Lakervi E. & Partanen J., (2008). Sähköjaketekniikka. 3. painos. Helsinki, Otatieto Helsinki University Press. 285 s. pp. 19-25.

Lindén, J., (2016), Asiakaskokemuksen nykytila ja kehittäminen sähköverkkoyhtiön liittymä- ja verkonhallintaprosessissa. Diplomityö, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto 83 s + liit. 12 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2010. Julkaistu 31.08.2010. Kaapelitietojen hallinnan kehittäminen, työryhmän mietintö. [viitattu 11.04.2017].

Monni, M. (1998). Sähkölaitosasennukset, voima- ja kytkinlaitokset, muuntamot, ilma-johtotyöt, maakaapelityöt. 5.-6. painos. Helsinki, Oy Edita Ab, Opetushallitus. 173 s. pp. 129-131, 172-173.

Rakennustieto 2012. InfraRYL laadunohjausohjeet, 33110 Maakaapeliasennukset. [viitattu 4.10.2017]. Saatavissa: [http://www.rts.fi/infraryl/infraryl\\_paivitystiedostot\\_011012/33110\\_Maakaapelirakentee\\_t\\_paivitys\\_2012\\_10\\_01.pdf](http://www.rts.fi/infraryl/infraryl_paivitystiedostot_011012/33110_Maakaapelirakentee_t_paivitys_2012_10_01.pdf)

Reka 2004. Kaapelisanastoa. [viitattu 26.5.2017]. Saatavissa: <http://www.reka.fi/kaapelitietoa/kaapelisanasto>

Silvast A., Heine P., Lehtonen M., Kivikko Kimmo., Mäkinen A., Järventausta P. Sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuva haitta, joulukuu 2005. [viitattu 16.5.2017].

Toivakainen, S. 2014, Asiakaskokemuksen johtaminen säännellyssä palveluliiketoiminnassa. Diplomityö, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto 92 s + liit. 1 s.

Tukes (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto) 2016a, (2016). Turvallisuus sähköjohtojen läheisyydessä. [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Turvallisuus-sahkojohtojen-laheisyydessa/>

Tukes (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto) 2016b. Turvallisuus sähköjohtojen läheisyydessä –ohje. [WWW] [viitattu 19.4.2017]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Turvallisuus-sahkojohtojen-laheisyydessa/Turvallisuusohjeita/>

Tukes (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto) 2006. Valokaari-ilmiö. Julkaistu 28.8.2006. [WWW] [viitattu 5.6.2017]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/sahkoturvallisuus100/sts100/valokaari.html>



## HAASTATTELUT

Asiakashaastattelut. 2017. Otanta kaivuu-urakoitsijoiden kokemista haasteista ja muut jälkiselvitykset. Puhelinhaastattelut 05.04.2017-30.09.2017.

Lehtola Esa & Holmström Dick. 2017. Jaospäällikkö, katutöiden tarkastaja, Espoon kaupunki. Haastattelu 15.6.2017.

Lintukorpi Jussi. 2017. Työpäällikkö, Relacom Oy, Keski-Uusimaa. Haastattelu 24.5.2017.

Niemelä Esa. 2017. Asiantuntija, Energiaverkot, Energiateollisuus ry. Puhelinhaastattelu 17.8.2017.

Pettersson Carita. 2017. Käytön assistentti, Caruna Oy. Haastattelu 18.4.2017.

Pieniniemi Mika & Luoto Samu. 2017. Työpäällikkö, tiimipäällikkö, Eltel Networks Oy, Lounais-Suomi / Salo. Haastattelu 23.5.2017.

Savonen Otto. 2017. Tekninen asiakasneuvoja, Caruna Oy. Perekdytys / haastattelu 6.4.2017.

Seppälä Anssi. 2017. Toimitusjohtaja, Enease Oy. Puhelinhaastattelu 16.8.2017.

Stenholm Ari & Salminen Katja. 2017. Työpäällikkö / Vikapalvelun esimies, Verkonrakentamistöiden tiimipäällikkö, Relacom Oy, Uusimaa. Haastattelu 22.5.2017.

Vepsäläinen Jukka & Finning Tero. 2017. Kunnossapitotiimin päällikkö, käyttöinsinööri, Helen Sähköverkko Oy. Haastattelu 8.6.2017.

## LIITE A: HAASTATTELURUNKO

**Haastattelukysymyksiä sisäiselle sidosryhmälle, Vikalaskutus / reklamaatiot, NO  
Operation Planning**

**Haastattelun aihe: Reklamaatiolaskutusprosessin vaiheet**

### **Alkukysymys:**

Kertoisitko hieman nykyisestä työnkuvastasi?

Mikä on roolisi kaapelivaurioihin liittyen?

### **Aihepiiri I**

Miten kuvailisit reklamaatioprosessia tällä hetkellä?

Mitä tapahtuu ennen laskutusta / laskun lähettämistä?

Kenelle lasku lähtee viankorjauksesta?

Mitä lasku pitää sisällään?

Miten osaat kohdistaa viankorjauslaskun aiheuttajalle?

Kuinka paljon (noin, prosentuaalisesti) laskuja menee läpi?

Kuinka paljon (noin, prosentuaalisesti) laskuista reklamoidaan?

Minkälaisia reklamaatiot ovat?

### **Aihepiiri II**

Miten koet laskutusprosessin? Onko yksiselittäistä / tapauskohtaista?

Toimiiko laskutuskäytäntö hyvin vai onko haasteita?

Mikä laskutusprosessissa toimii hyvin?

Minkälaisia haasteita laskutusprosessiin liittyy?

Mihin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota?

Miten kehittäisit laskutusprosessia?

**Aihepiiri III**

Mitä reklamaatioista seuraa?

Jääkö laskuja lähettämättä / korvauksia saamatta?

Huomioita:

## **Haastattelukysymykset Espoon kaupunki,**

### **Johtokartoitus, Kaivuluvat & Kaivutyönvalvonta**

#### **Kaapeliverkon rakentaminen ja kaivutyöt**

#### **Ajatusten herättelyä:**

- Kertoisitko hieman itsestäsi ja työtaustastasi? Mikä on roolisi verkostoon liittyvissä töissä?
- Kuinka pitkään olet toiminut verkonrakennuksen / verkon käytön parissa?

### **Aihepiiri I - Kaapelisijaintipalvelut ja kaivuluvat**

Millainen on kaivuluvan palvelupolku? Kuvaile kaivuluvan hakuprosessi.

Kuinka nopea on kaivulupaprosessin läpimenoaika keskimäärin?

Kuinka olette järjestäneet sijaintipalvelutoiminnan? Onko Espoolla oma kaapelinäyttöpalvelu vai onko ulkoistettu toiselle osapuolelle?

Kohtaatteko kaapelisijaintitietojen osalta poikkeamia? Minkälaisia poikkeamia olette havainneet jakeluverkkoon liittyen maastossa?

Minkälaisissa tilanteissa teette sijaintitietoihin dokumentointikorjauksia vai teettekö ollenkaan?

Mitkä toimijaryhmät hakevat kaivulupia? Onko aktiivisuudessa eroja?

Onko sijaintipalvelutilaajissa haastavia kohderyhmiä, joille pitäisi lisätä tietoa kaivutyön sisältämistä vaaroista?

### **Aihepiiri II – Kaivutyöt kaupunkiympäristössä**

Espoon katuverkossa on monta eri toimijaa. Liittykö kaivutöihin haasteita, jos kaivetaan kaapeleiden läheisyydessä? Kuvaile haasteet.

Ovatko kaivutöiden haasteet aluekohtaisia vai vaihtelevatko ne tapauskohtaisesti (kaupunki vs. taajama)?

Opastetaanko kaivajia tai muita toimijoita kirjallisesti maanalaisen infran huomioimisesta työskentelyalueella? Mitä ohjeet sisältävät?

Kuinka paljon kaapelisijaintitiedustelua tehdään ennen työmaan käynnistämistä? Onko ennemmin proaktiivista vai viimetingassa?

Miten toimitaan kaapelisijaintitietojen saavuttua? Kaivetaanko vain luottaen saatuun tietoon vai suunnitellaanko kaivutöiden suorittaminen?

Kuinka luotettavana (asteikolla 1-10) pidätte sijaintitietokartan tietoja? 1 = epäluotettava, 10 = erittäin luotettava?

Vaaditteko turvallisuusseikoista tai kaivutyötehtävistä kirjallista suunnitelmaa? Jos vaaditaan, niin kuka tekee?

## **Aihepiiri III – Kaapelien käsittely ja -vauriot**

Siirretäänkö kaivualueella löytyviä kaapeleita oma-aloitteisesti? Miten siirtäminen tapahtuu?

Kaapelivauriot voivat syntyä viiveellä rakennevaurioiden tapauksessa. Vahditaanko kaapeleiden oikeaa käsittelemistä kentällä (esim. tuennat)?

Ovatko ulkopuolisten aiheuttamat kaapelivahingot yleisiä Espoon alueella? Millaisia vahinkoja ja kuinka usein ilmenee?

Minkälaisissa tilanteissa ja kuinka kaapelivaurioita tapahtuu? Kuvaile tapahtuman taustoja.

Mitkä ovat yleisimmät aiheuttajaryhmät kaapelivauriotapauksissa? Onko tapahtunut kehitystä viimevuosina?

Ilmoitetaanko kaapelivahingoista heti eteenpäin vai jääkö kaapelivaurioita ilmoittamatta? Jos jää ilmoittamatta niin onko arviota, kuinka paljon jää ilmoittamatta ja mitkä syyt ovat taustalla?

Onko kaivajilla kaivualueesta yleensä sijaintikartta mukana / käytössä?

Onko vikatapahtumien kaivualueille tehty kaapelinäyttö / kaapelisijaintitiedustelua?

Onko Espoon alueella luvattomia kaivuita? Paljonko, saadaanko kiinni ja onko heille asetettu sanktioita?

Vauriotapauksessa, poikkesivatko sijaintikartan tiedot maaston kanssa? Jos poikkesi, niin poikkesiko merkittävästi? Ilmoitetaanko sijaintipoikkeamista ylipäänsä?

Onko yleisesti kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi mietitty toimenpiteitä?

## **Aihepiiri IV – Reklamaatioprosessi**

Reklamoidaanko kaapeleiden sijainneista tai kaapelinäyttöjen laaduista? Minkälaisia reklamaatiot ovat?

Hyväksytäänkö reklamaatioita yleensä? Minkälaisissa tapauksissa hyväksytään?

## **Muut esille tulevat asiat / vapaa sana**

## Haastattelukysymykset verkonrakentamisen / vikapartion näkökulmasta

### Kaapeliverkon rakentaminen ja kaivutyöt, kaapelivauriot

#### Ajatusten herättelyä:

- Kertoisitko hieman itsestäsi ja työtaustastasi? Mikä on roolisi verkostoon liittyvissä töissä?
- Kuinka pitkään olet toiminut verkonrakennuksen / kaivutöiden parissa?
- Teettekö enemmän suurempia investointeja (raamitöitä) vai pienempiä töitä (asiakaslähtöisiä)?

### Aihepiiri I – Kaivutyöt verkonrakentamisessa

Verkonrakennustöissä kaivetaan kaapeliojia. Liittykö kaivutöihin haasteita, jos kaivetaan kaapeleiden läheisyydessä? Kuvaile haasteet.

Ovatko kaivutöiden haasteet aluekohtaisia / vaihtelevatko ne tapauskohtaisesti?

Annetaanko kaivajille kirjallinen ohjeistus miten maakaapelit otetaan huomioon työskentelyalueella?

Teettekö / tekeekö aliurakoitsijanne kaapelisijaintitiedustelua ennen verkonrakennustyön aloittamista?

Miten toimitte kaapelisijaintitietojen saavuttua? Meneekö esimerkiksi asentaja valvoamaan kaivutyötä?

Kuinka luotettavana (asteikolla 1-10) pidätte sijaintitietokartan tietoja? 1 = epäluotettava, 10 = erittäin luotettava? Perustelut.

Tehdäänkö turvallisuusseikoista (sähkökaapeleista/ilmajohdoista) kirjallinen suunnitelma ennen työskentelyä? Jos tehdään, niin kuka tekee?

### Aihepiiri II – Kaapelivauriot

Oletteko joutuneet tilanteeseen, jossa on sattunut kaapelivaurio (oma työmaa)? Kerro tilanteesta.

Minkälaisiin kolmannen osapuolen kaapelivauriokohteisiin olette törmänneet?

Mitkä ovat tyypillisimmät kaapelivauriotapaukset sekä vaurion aiheuttajat? Listaa sekä vauriotyypit että aiheuttajakohderyhmät.

Minkälaisessa tilanteessa ja kuinka kaapelivaurio tapahtui? Kuvaile tapahtuman taustaja.

Ilmoitettiin / ilmoitetaan kaapelivahingosta heti eteenpäin? Kuvaile ilmoitustilannetta ja kenelle ilmoitettiin.

Jääkö kaapelivaurioita ilmoittamatta? Jos kyllä niin onko arviota, kuinka paljon kaapelivaurioista jää ilmoittamatta ja minkälaisista syistä?

Onko kaapelivaurion havaitseminen haasteellista? Minkälaisia haasteita siihen liittyy?

Aiheutuiko kaapelivauriosta välitöntä vaaratilannetta / minkälaisia vaaratilanteisiin kaapelivaurioissa on törmätty?

Oliko kaivualueelle tehty kaapelinäyttö / kaapelisijaintitiedustelu? Syntyykö kaapelivaurioita sijaintitiedusteluista huolimatta?

Poikkesiko / poikkeako sijaintikartan tiedot maastossa? Jos poikkesi / poikkeaa, niin onko poikkeama huomattava ja ilmoitetaan siitä eteenpäin?

Minkälaisia poikkeamia olet havainnut jakeluverkkoon liittyen maastossa?

Ovatko kaapeliasennukset olleet vaatimusten mukaisia (entä kaapelivaroituspöytäkirjat tai muut mahdolliset suojaukset)?

Kuinka laajan vikatilanteen kaapelivaurio aiheutti? Minkä jännitetaso verkossa vika oli vai oliko useammassa?

Onko tehty vikatilanteista poikkeamailmoitus? Jos on, onko saatu palautetta miten poikkeamailmoitus on käsitelty? Minkälaista palautetta?

Onko mietitty miten vastaavan / millaisilla toimenpiteillä kaapelivaurioita voisi jatkossa estää?

### **Aihepiiri III – Vikapartion toiminta**

Minkälaisia tietoja vikapartio saa ennen kohteelle siirtymistä? Onko tiedonsiirrossa kehityskohteita?

Minkälaiset varusteet / resurssit vikapartiolla on mukana?

Kuvaile vikapartion toimintaa kohteelle saavuttaessa ja kohteelta poistuttaessa välillä.

Onko vian aiheuttaja aina vikapaikalla vastassa? Jos on niin kerätäänkö häneltä tietoja vikaan liittyen ja minkälaisia tietoja?

### **Aihepiiri IV – Laskutus**

Onko havaittu haasteita vikatapahtuman laskutukseen liittyen? Mitä haasteita?



Mistä vikatyön lasku koostuu?

Keräättekö asiakkaan laskutustiedot kentällä?

**Muut esille tulevat asiat / vapaa sana.**

## Haastattelukysymykset Helen sähköverkko Oy

### Kaapeliverkon rakentaminen ja kaivutyöt

#### Ajatusten herättelyä:

- Kertoisitko hieman itsestäsi ja työtaustastasi? Mikä on roolisi verkostoon liittyvissä töissä?
- Kuinka pitkään olet toiminut verkonrakennuksen / verkon käytön parissa?

### Aihepiiri I – Kaivutyöt verkonrakentamisessa

Helsingin katuverkossa on monta eri toimijaa. Liittyykö kaivutöihin haasteita, jos kaivetaan kaapeleiden läheisyydessä? Kuvaile haasteet.

Ovatko kaivutöiden haasteet aluekohtaisia / vaihtelevatko ne tapauskohtaisesti?

Annetaanko kaivajille kirjallinen ohjeistus miten maakaapelit otetaan huomioon työskentelyalueella?

Onko muita toimijoita ohjeistettu kaapeliverkon läheisyydessä työskentelystä?

Teettekö / tekeekö aliurakoitsijanne kaapelisijaintitiedustelua ennen verkonrakennustyön aloittamista?

Miten toimitaan kaapelisijaintitietojen saavuttua? Kaivetaanko vain luottaen saatuun tietoon vai suunnitellaanko kaivutöiden suorittaminen?

Kuinka luotettavana (asteikolla 1-10) pidätte sijaintitietokarttanne tietoja? 1 = epäluotettava, 10 = erittäin luotettava?

Tehdäänkö turvallisuusseikoista (sähkökaapeleista/ilmajohdoista) kirjallinen suunnitelma? Jos tehdään, niin kuka tekee?

### Aihepiiri II – Kaapelivauriot

Kuinka usein Helenin verkossa tapahtuu ulkopuolisen aiheuttamia kaapelivaurioita?

Minkälaisia ulkopuolisen aiheuttamia kaapelivaurioita verkkoalueellanne ilmenee?

Miten kaapelivauriotapaukset käsitellään Helenillä? Kerätäänkö niistä dataa jatkotoimia varten?

Minkälaisissa tilanteissa ja kuinka kaapelivaurioita tapahtuu? Kuvaile tapahtuman taustoja.

Ilmoitetaanko kaapelivahingoista heti eteenpäin vai jääkö kaapelivaurioita ilmoittamatta? Jos jää ilmoittamatta niin onko arviota, kuinka paljon jää ilmoittamatta ja mitkä syyt ovat taustalla?

Miten havaitsette kaapelivikoja? Onko kaapelivaurioiden havaitseminen haasteellista? Minkälaisia haasteita havaitsemiseen liittyy?

Aiheutuuko kaapelivauriosta välitöntä vaaratilannetta?

Minkä jännitetason verkkoihin kaapelivauriot yleensä kohdistuvat? Onko huomattavaa eroa esim. PJ- ja KJ-verkon välillä?

Onko kaivajilla kaivualueesta yleensä sijaintikarttaa?

Onko vikatapahtumien kaivualueille tehty kaapelinäyttö / kaapelisijaintitiedustelua?

Vauriotapauksessa, poikkesiko sijaintikartan tiedot maaston kanssa? Jos poikkesi, niin poikkesiko merkittävästi? Ilmoitetaanko sijaintipoikkeamista ylipäänsä?

Ovatko kaapeliasennukset olleet vaatimusten mukaisia (kaapelivaroitusnauhat ja asianmukaiset suojaukset)?

Minkälaisiin toimenpiteisiin on ryhdytty kaapelivaurioiden ehkäisemiseksi?

### **Aihepiiri III - Kaapelisijaintipalvelut**

Kuinka olette järjestäneet sijaintipalvelutoiminnan? Käytättekö kunnan omia mittauspalveluita vai onko ulkoistetusti toiselle osapuolelle?

Kohtaatteko kaapelisijaintitietojen osalta poikkeamia? Minkälaisia poikkeamia olette havainneet jakeluverkkoon liittyen maastossa?

Minkälaisissa tilanteissa teette sijaintitietoihin dokumentointikorjauksia vai teettekö olenkaan?

Vaaditteko edustajanne valvomaan kaivutyötä joissain tapauksissa? Minkälaisissa tapauksissa ja mitä valvonta pitää sisällään?

### **Aihepiiri IV – Reklamaatioprosessi**

Tuleeko teillä usein kaapelivaurioon liittyviä korvauskäsittelyjä? Minkälaisista syistä reklamaatioita tehdään?

Hyväksytäänkö reklamaatioita yleensä? Minkälaisissa tapauksissa hyväksytään?

Kuinka nopeasti kaapelivauriosta laskutetaan aiheuttajaa? Miten selvitätte oikean aiheuttajan?

Kuinka varmistutte oikeasta aiheuttajasta (eli laskun saajasta) ja kaivutyön laillisuudesta (eli kaivuluvan voimassaolosta)?

Mitä sisällytätte kaapelivauriolaskulle? Onko vain käytetyt tuotteet vai onko lisänä esim. KAH:a korvaava sanktiokulu?

Millainen läpimenoaika keskimäärin kaapelivauriolaskulla sekä kaapelivaurioreklamaatiolla on?

Minkälainen kokemus asiakkaalle jää yleensä reklamointiprosessista? Koetaanko päätös ja prosessi oikeudenmukaiseksi?

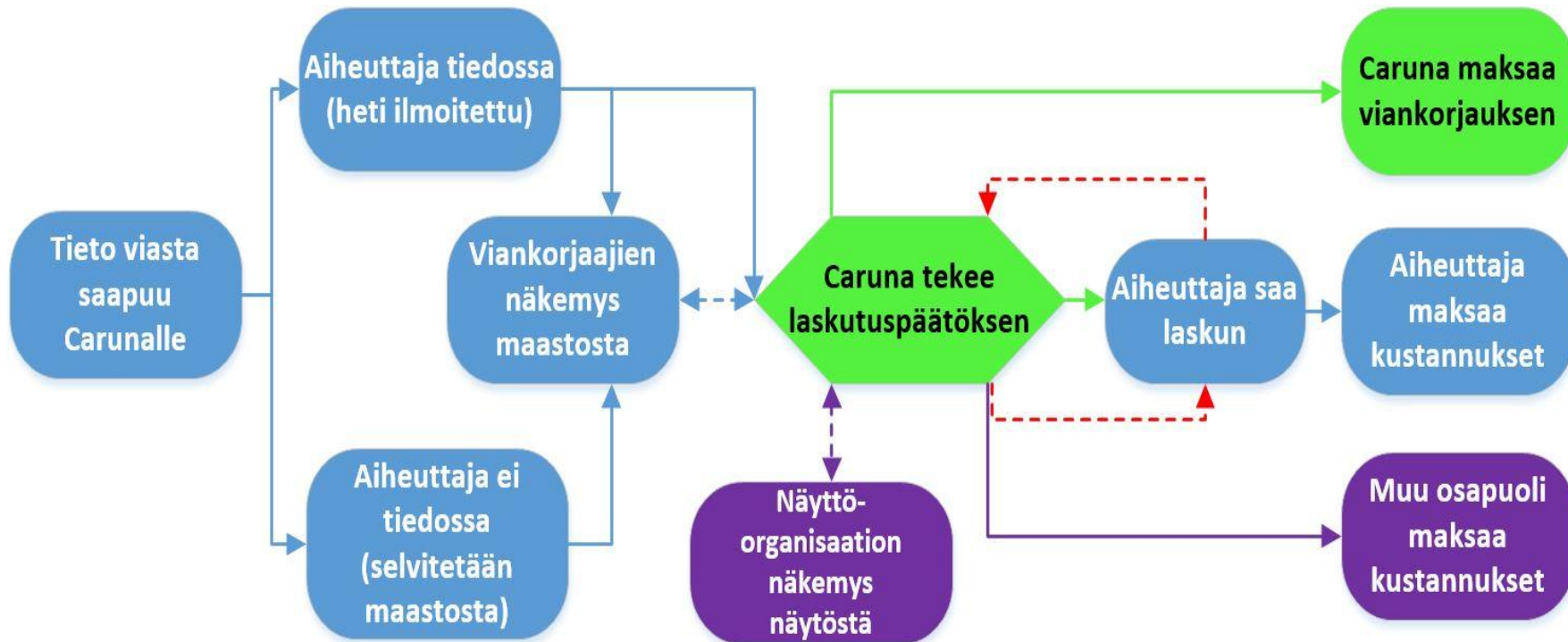
Sisällytättekö KAH-kulut asiakkaan laskuun vai jääkö se teidän maksettavaksi?

## **Muut esille tulevat asiat**

## LIITE B: KOSKETUSPISTEKARTTA VIKAPROSESSISTA



## LIITE C: KOSKETUSPISTEKARTTA REKLAMAATIOLASKUTUKSEN NYKYTILASTA



## LIITE D: KOSKETUSPISTEKARTTA REKLAMAATIOLASKUTUKSEN UUDESTA TOIMINTAMALLISTA

