

Jonna Jääskeläinen

Sähkönjakelun keskeytysten aiheuttamat haitat kaupungissa

Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 14.5.2010.

Työn valvoja:

Prof. Matti Lehtonen

Työn ohjaaja:

Prof. Matti Lehtonen

Tekijä: Jonna Jääskeläinen

Työn nimi: Sähkönjakelun keskeytysten aiheuttamat haitat kaupungissa

Päivämäärä: 14.5.2010

Kieli: Suomi

Sivumäärä: 51

Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta

Sähkötekniikan laitos

Professori: Sähköjärjestelmät

Koodi: S-18

Valvoja: Matti Lehtonen

Ohjaaja: Matti Lehtonen

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sähkönjakelun keskeytyksestä asiakkaalle aiheutuvia taloudellisia haittoja kaupunkialueella asiakasryhmittäin sekä vyöhykkeittäin. Käsiteltävät asiakasryhmät olivat yksityinen palvelu, julkinen palvelu sekä pk-teollisuus, ja kaupungin sisäiset vyöhykkeet ydinkeskusta, kaupunkialue sekä esikaupunkialue.

Tutkimuksen ensimmäinen osa toteutettiin postitettavalla kyselyllä, jonka vastausprosentti jäi pieneksi. Tulosten perusteella laskettiin kerroin, jolla tunnusluvusta jalostusarvo/vuosikulutus saatiin laskettua keskeytyskustannus, ja otosta laajennettiin yksityisten palvelujen osalta.

Ero yksityisten ja julkisten palvelujen kustannusten välillä oli suuri. Tunnin ja neljän tunnin keskeytysten osalta yksityisten kokemat kustannukset olivat kymmenkertaiset julkiseen sektoriin nähden, ja lyhyemmillä katkoilla ero oli vielä suurempi. Teollisuuden vastauksia ei tullut riittävästi johtopäätösten tekemiseen. Ydinkeskustan alueella kustannukset olivat kaksinkertaiset kaupunkialueen ja esikaupunkialueen kustannuksiin nähden.

Avainsanat: Keskeytysten aiheuttamat haitat, KAH, kyselytutkimus, analyyttinen malli, yksityinen palvelu, julkinen palvelu, ydinkeskusta, kaupunkialue, esikaupunkialue

Author: Jonna Jääskeläinen

Title: Customer Interruption Costs in the City Area

Date: 14.5.2010

Language: Finnish

Number of pages: 51

Faculty of Electronics, Communications and Automation

Department of Electrical Engineering

Professorship: Power Systems

Code: S-18

Supervisor: Matti Lehtonen

Instructor: Matti Lehtonen

The aim of this research was to study the costs of electricity outages caused to customers in the city area. Studied customer groups were commercial, public services and small industry. The city area was divided into urban core, urban and suburban area. The first part of the study was implemented by means of a postal survey. The response rate was lower than expected so a multiplier was calculated from the results and then used to estimate the interruption costs from the ratio of added value and annual electricity consumption. A larger sample group was achieved using manually collected financial data. The costs of one and four hour outage experienced by commercial services were ten times larger than in the public sector, and with shorter outages the difference was even larger. The response rate of the small industry group was not sufficient to make any conclusions. The costs of the urban core were twice the costs of the urban and suburban area.

Key words: Customer interruption costs, CIC, customer survey, analytical methods, commercial, public services, urban core, urban area, suburban area

Esipuhe

Tämä diplomityö on tehty on opinnäytteeksi Teknillisen Korkeakoulun Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunnalle sähkötekniikan laitoksella sähköjärjestelmien tutkimusryhmässä yhteistyössä Helen Sähköverkko Oy:n kanssa.

Haluan esittää kiitokseni professori Matti Lehtoselle, joka ehdotti aihetta, ohjasi eteenpäin ja jakoi uskoa työn valmistumiseen aikataulurajoitteista huolimatta. Lisäksi kiitokset Helen Sähköverkko Oy:n Pirjo Heinelle sekä Osmo Siirrolle heidän avustaan ja näkemyksistään työn suunnitteluvaiheessa.

Haluan myös kiittää vanhempiani henkisestä ja taloudellisestakin tuesta opintojeni varrella sekä veljiäni suunnan viitoittamisesta. Thank you Jonathan for all your love and support and bearing with me during this process of graduation.

Otaniemi 14.5.2010

Jonna Jääskeläinen

Sisältö

Tiivistelmä	2
Esipuhe	4
1 Johdanto	6
2 Kirjallisuuskatsaus	8
2.1 Keskeytyksistä aiheutuvat haitat ja niiden jaottelu.....	8
2.2 KAH-tutkimuksen metodit ja tulosten käsittely	9
2.3 Kyselytutkimuksen metodit ja ongelmat	13
2.4 KAH-arvojen käyttö investointipäätöksissä ja energiamarkkinaviraston valvontamallissa	14
3 Edeltävä tutkimus	17
3.1 KAH-tutkimuksen historiaa.....	17
3.2 Edellinen tutkimus (2005)	18
3.3 Teollisuuden KAH (2009).....	19
4 Uusi tutkimus	21
4.1 Tutkimuksen toteutus ja käytetyt metodit	21
4.2 Kyselyn tulokset	28
4.3 Analyyttisen mallin tulokset.....	34
4.4 Tulosten vertailu edelliseen tutkimukseen	41
4.5 Lyhyiden katkojen aiheuttama haitta ja tulonmenetysten korvattavuus sekä vapaa palaute.....	43
5 Yhteenveto	45
Viitteet	47
Liitteet	49

1 Johdanto

Sähkönjakelun keskeytymättömyyden ja sähkön laadun merkitys on kasvanut viime vuosikymmeninä merkittävästi ja jatkaa kasvuaan jännitteen vaihteluille herkkien laitteiden määrän kasvaessa. Sähköstä on tullut tietynlainen jokamiehen oikeus, ja erityisesti taajama-alueilla, jossa katkokset ovat harvinaisia, sen keskeytyksetöntä saatavuutta myös pidetään itsestäänselvyytenä. Kuitenkin sähkökatkoilta on mahdotonta välttyä täysin, sillä vaikka suunnittelemttomat, vikatilanteista johtuvat katkokset karsittaisiin minimiin, huoltotöistä johtuvia, suunniteltuja katkoja esiintyisi joka tapauksessa. Vikojen minimoiminen ei toisaalta ole edes taloudellisesti järkevää, sillä se vaatii huomattavia investointeja verkkoon, jolloin keskeytymättömyydestä saatava hyöty jää investointikustannuksia pienemmäksi. On löydettävä optimaalinen tasapaino investointien ja riittävän keskeytymättömyyden välillä. Optimoinnin onnistumiseksi näiden on oltava mitattavissa samassa yksikössä, eli tässä tapauksessa rahassa. Tarvitaan keskeytyksen aiheuttamien haittojen eli KAH-arvojen tuntemista.

Toisaalta sähkönjakelu on toimialana luonnollinen monopoli, mikä aiheuttaa omanlaiset haasteensa. Monopolitilanteessa toiminnan tehostamiseen ei ole sisäsyntyistä tarvetta, sillä tehottoman toiminnan aiheuttamat suuremmat kulut voidaan aina periä asiakkaalta siirtohinnoissa takaisin. Tämän vuoksi tarvitaan viranomaisvalvontaa. Suomessa Energiamarkkinavirasto valvoo sähkön siirtohinnoittelun kohtuullisuutta. Aiemmin kohtuullisen tuoton arviointi suoritettiin vuositasolla tapauskohtaisesti jälkikäteen. Vuonna 2005 Energiamarkkinavirasto siirtyi malliin, jossa hinnoittelun kohtuullisuuden kriteerit määrätään etukäteen neljän vuoden jaksoissa, joskin ensimmäinen valvontajakso oli vain kolmen vuoden pituinen. Vuoden 2008 alusta verkkotoiminnan sallitun tuoton arviointiin tulivat mukaan myös yhtiökohtainen tehostamistavoite ja laatukannustin, jotka perustuvat KAH-arvoihin.

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää sähkönjakelun keskeytyksistä asiakkaalle aiheutuvat kustannukset kaupunkialueella Helsingissä, keskittyen palvelualaan, julkiseen sektoriin ja pk-teollisuuteen. Kotitaloudet rajattiin ulkopuolelle, sillä sen lisäksi, että niille

aiheutuneet kustannukset ovat pieniä verrattuina tässä tutkittaviin, näitä kustannuksia on myös erityisen hankala arvioida.

Edellisessä laajassa KAH-arvioinnissa, Teknillisen korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston raportissa vuodelta 2005 selvitettiin sähkönjakelun keskeytyksen aiheuttamaa haittaa asiakkaille, jotka oli jaoteltu kotitalouksiin, loma-asuntoihin, maatalouksiin, palveluun, julkiseen sekä pk-teollisuuteen (Silvast et al. 2005). Aineisto osoittautui kuitenkin riittämättömäksi erityisesti kaupunkialueen kustannusten arvioimiseen, ja tämä diplomityö jatkaa aihetta laajentamalla otantaa palvelujen, julkisen sektorin ja teollisuuden osalta.

Työn tarkoituksena oli selvittää valittujen kuluttajasektorien tämänhetkiset KAH-arvot verkkoinvestointiratkaisujen tueksi. Edellisessä kyselyssä ei onnistuttu selvittämään KAH-arvoja suhteessa yrityksen taloudellisen toiminnan laajuuteen, sillä sähkökäyttötietoja ja kustannuspaikkoja ei pystytty yhdistämään. Tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään vastaus myös tähän ongelmaan. Toisaalta oli tarkoitus verrata edellisen tutkimuksen tuloksia nyt saatuihin ja selvittää, kuinka hyvin erilaiset indeksit kuten bruttokansantuote tai sähköenergian kulutus toimivat KAH-arvojen päivittämisessä. Pyrittiin myös selvittämään lyhyiden, alle kolmen minuutin pituisten katkojen kustannusta, jotta voidaan arvioida, onko niistä tarpeen pyrkiä eroon ja millä hinnalla.

Luvussa kaksi Kirjallisuuskatsaus perehdytään ensin keskeytysten aiheuttamiin haittoihin yleisesti, sitten muodollisen KAH-arvioinnin metodeihin ja lopuksi niiden käyttöön investointipäätöksissä ja Energiamarkkinaviraston valvontamallissa. Luku kolme Edeltävä tutkimus käsittelee lyhyesti KAH-tutkimuksen historiaa ja esittelee viimeaikaisten edeltävien tutkimusten tulokset. Luku neljä Uusi tutkimus käsittelee tätä tutkimusta toteutuksesta tuloksiin ja edelleen tulosten vertailuun. Luvussa viisi Yhteenveto kootaan yhteen tutkimuksen tärkeimmät tulokset ja johtopäätökset.

2 Kirjallisuuskatsaus

2.1 Keskeytyksistä aiheutuvat haitat ja niiden jaottelu

Sähkönjakelun keskeytyksen vaikutuksia voidaan luokitella eri tavoin. Yksi yleisimmin käytetty tapa on jakaa haitat ensin suoriin ja epäsuoriin ja toisaalta taloudellisiin ja sosiaalisiin. Suorat taloudelliset haitat voivat aiheutua esimerkiksi tuotannonmenetyksistä, työvoimakustannuksista ja pilaantuvista materiaaleista, kun taas tyypillisiä suoria sosiaalisia haittoja ovat julkisen liikenteen toimimattomuus, vapaa-ajan menetys ja epämukavuus. Epäsuoria vaikutuksia tavataan yleensä pitkittyneiden sähkökatkojen aikana, ja niiden jako sosiaalisiin ja taloudellisiin voi olla hankalaa. Epäsuoriksi vaikutuksiksi voidaan laskea esimerkiksi siviilitottelemattomuus, kuten vaikkapa ryöstely tai mellakointi. Toisaalta pitkän aikavälin epäsuoria vaikutuksia ovat esimerkiksi suojalaitteiden ja varavoiman hankinta. (Cigre Task Force 2001)

Keskeytykustannuksien suuruus riippuu useasta tekijästä, ja vaihtelee voimakkaasti mm. asiakas- ja keskeytystyyppin mukaan. Tästä syystä KAH-tutkimuksissa asiakkaat on jaoteltu tyypillisesti useampaan kategoriaan, joilla on toisistaan poikkeavat kulutuskäyrät, ja joihin kuuluvat tutkimuksen luonteesta ja tavoitteesta riippuen esimerkiksi kotitaloudet, teollisuus ja palvelut. Vaihtelu on toki voimakasta myös asiakasryhmien sisällä, ja kustannusten suuruuteen vaikuttavat mm. kulutetun sähkön määrä ja asiakkaan huipputeho. Kotitalouksien kustannukset ovat usein vaikeasti arvioitavia, sillä pääsääntöisesti keskeytykset aiheuttavat lähinnä epämukavuutta. Muille asiakasryhmille aiheutuvat kustannukset sen sijaan voivat olla hyvinkin merkittäviä, kuten henkilöstön palkkakulut keskeytyksen aikana, myynnin ja tuotannon menetykset, laitteistovahingot ja pilaantuneet materiaalit sekä varavoiman tuotantokustannukset (Kariuki & Allan 1996).

Toisaalta myös sähkönkeskeytyksiä on monen tyyppisiä, mikä täytyy ottaa huomioon keskeytykustannuksia arvioidessa. KAH-arvoihin vaikuttavat mm. keskeytyksen kesto ja ajankohta. Koska keskeytyksen kesto on kriittinen tekijä, kyselyissä pyydetään usein määrittämään kustannusarvio eripituisille keskeytyksille, mahdollisesti yllättävät ja ennalta ilmoitetut keskeytykset eroteltuna. Kustannukset vaihtelevat myös vuoden- ja vuorokauden

ajan mukaan, joten tätäkin riippuvuutta pyritään usein selvittämään. (Kariuki & Allan 1996)

2.2 KAH-tutkimuksen metodit ja tulosten käsittely

KAH-arviointiin käytetyt metodit jaetaan yleensä kolmeen ryhmään, jotka ovat epäsuorat analyttiset menetelmät, case-tutkimukset ja asiakaskyselyt. Kaikilla näistä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, ja menetelmän paremmuus riippuukin yleensä tilanteesta ja olosuhteista. Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti tärkeimmät tutkimusmenetelmät sekä tulosten jatkokäsittely.

Analyttisissä menetelmissä käytetään jo olemassa olevia tunnuslukuja, joiden perusteella arvioidaan keskeytyksen aiheuttamia kustannuksia. Tällaisia ovat mm. sähkön toimitushinta, yksittäisen yrityksen lisäarvon tai yleisemmällä tasolla bruttokansantuotteen ja sähkön kokonaiskulutuksen suhteesta laskettava menetetyt tuotannon arvo ja palkkatasoon verrannollinen menetetyt vapaa-ajan arvo, jolla voidaan arvioida erityisesti kotitalousasiakkaiden KAH-arvoa (Wacker & Billington 1989). Menettely on suoraviivainen ja edullinen, mutta perustuu useille yksinkertaistaville oletuksille. Kritiikin mukaan analyttinen malli antaa vain viitteellistä, yleistä tietoa, joka on usein riittämätöntä verkostonsuunnittelussa, ja jättää huomioimatta esimerkiksi erilaiset keskeytystyypit. Analyttisten menetelmien käyttö on kuitenkin perusteltua erityisesti kehittyvissä maissa, joissa kyselytutkimusten tekeminen olisi liian raskas ja kallis prosessi. Esimerkiksi Suifengin, Qianin ja Yongjunin matemaattisissa mallissa tarvittavat tiedot saadaan julkisista tilastoista ja sähköyhtiöiltä (Suifeng et al. 2007).

Jälkikäteen tehtävillä case-tutkimuksilla sen sijaan saadaan hyvinkin tarkkaa tietoa yksittäisten keskeytystapahtumien kustannuksista, mutta niiden käyttö on rajoittunut vain laajoihin ja pitkiin sähkökatkoksiin, joten dataa ei ole riittävästi, ja toisaalta saatua aineistoa ei voida yleistää paikallisiin, lyhyisiin keskeytyksiin, jotka kuitenkin ovat huomattavan paljon yleisempiä. Myös yleistäminen koskemaan muista laajoista katkoista on hankalaa, sillä vaikutukset ovat yhteiskunnallisia, ja ihmisten käytös arvaamatonta, mikä vaikuttaa erityisesti epäsuoriin kustannuksiin. Case-tutkimuksia on tehty kuitenkin vuosien mittaan useita, mm. New Yorkin Black Outiksi kutsutusta, vuonna 1977 tapahtuneesta katkoksesta.

Päivän kestänyt sähkökatko aiheutti ennennäkemättömät järjestysongelmat, ja case-tutkimuksen tuloksena nähtiinkin epäsuorien kustannusten selvästi ylittävän suorat kustannukset (Wacker & Billington 1989). Tämä vahvistaa tulosten yleistämisen mahdollisuuden.

Asiakaskysely on verkkoyhtiöiden yleisimmin käyttämä tapa arvioida keskeytysten aiheuttamia haittoja, vaikka kyselyn toteuttaminen on aikaa ja resursseja vievää. Näin kuitenkin saadaan ensi käden tietoa kustannuksista siltä taholta, jonka pitäisi olla niistä perillä parhaiten (Cigre Task Force 2001). Kyselyä käytettäessä on toki otettava huomioon kaikki kyselytutkimuksen yleiset ongelmat ja epätarkkuudet. Kyselytutkimuksen luonnetta pohditaan lyhyesti kappaleessa 2.3. Vaikka asiakaskysely onkin monen tahon mielestä suositeltavin metodi keskeytyskustannusten tutkimiseen, törmätään kaupunkialueelle keskittyneessä tutkimuksessa huomioon siitä, ettei korkean käyttövarmuuden alueilta saatava tieto ei ole yhtä merkityksellistä kuin sellaisien alueiden, joissa katkoja on hiukan enemmän (Gates et al. 1995). Jos ihmiset joutuvat ponnistelemaan muistaakseen edellisen sähkökatkon, eivät he luultavimmin pysty myöskään antamaan luotettavaa arviota keskeytyksen aiheuttamista kustannuksista. Näin ollen voitaisiin ajatella, että epäsuorat analyttiset menetelmät olisivat kehittyvien alueiden lisäksi käyttökelpoisia myös pitkälle kehittyneiden teollisuusmaiden kaupunkialuilla, joissa suurin osa sähköverkosta on kaapeloitu, ja sähkökatkot siksi harvinaisia.

Yleisimmin käytetyt asiakaskyselyllä tehtävän kustannusten arvioinnin menetelmät jaetaan yleensä suoriin ja epäsuoriin. Suoria menetelmiä ovat kustannusten suoran arvioinnin lisäksi muun muassa hintaan verrannolliset toimet (rate-related methods, RRM). Epäsuoria menetelmiä sen sijaan edustavat usein sähkökatkoon varautuvat toimet (preparatory action method, PAM). Kustannusten suora arviointi on yleensä helppoa tai ainakin helpompaa yksityisten palvelujen, kaupan ja teollisuuden edustajille. Sen sijaan erityisesti kotitalousasiakkaiden tapauksessa hintaan verrannolliset ja sähkökatkoon varautuvat toimet ovat monesti käyttökelpoisempia. (Kariuki & Allan 1996)

Hintaan verrannollisilla toimilla tarkoitetaan menetelmää, jossa asiakkailta kysytään, kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan välttyäkseen sähkökatkoilta (willingness to pay, WTP) tai toisaalta minkälaista korvausta vastaan he hyväksyisivät enemmän katkoja

sähkönjakelussa (willingness to accept, WTA). Varautuvien toimien metodilla taas tarkoitetaan erilaisia toimenpiteitä, joihin asiakkaat ovat valmiita sähkönjakelun keskeytyksen aikana sen vaikutuksen kumoamiseksi. Kyselyssä annetaan lista erilaisista toimista, kuten kynttilän poltto, lieden käyttämättömyys ja varavoiman hankinta, ja pyydetään merkitsemään ne, joihin asiakas olisi valmis turvautumaan. Jokaiselle toimelle on annettu hinta, jonka mukaan lopulliset keskeytyskustannukset arvioidaan. Yhteenlasketun hinnan katsotaan vastaavan sitä arvoa, jonka asiakas antaa keskeytymättömälle sähkönjakelulle, ja näin ollen myös keskeytyskustannuksia (Wacker & Billington 1989).

Kokemuksen mukaan eri menetelmät antavat toisistaan poikkeavia arvoja, vaikka ideaalitulanteessa toki kaikki tuottaisivat samansuuntaisen vastauksen. Esimerkiksi WTA:n ja WTP:n pitäisi periaatteessa molempien antaa sama vastaus, mutta on luonnollista, että WTA-arvot ovat poikkeuksetta suurempia. Toisaalta esimerkiksi kustannusten suora arviointi antaa yleensä suurempia arvoja kuin WTP (Kjølle et al. 2008). Suoria arvioita helposti liioitellaan, kun taas WTP-arvoja saatetaan arvioida alaspäin, kenties peläten, että niihin vastaaminen nostaa sähkölaskun hintaa tulevaisuudessa. Tämän voidaan tulkita kertovan siitä, että sähköä pidetään arvokkaana ja sitä oletetaan saatavan keskeytyksettä, mutta se nähdään myös oikeutena, joten siitä ei olla valmiita maksamaan (Silvast et al. 2005).

Kaiken kaikkiaan jokaisella metodilla on hyvät ja huonot puolensa, ja valintaan on hyvä käyttää aikaa. Etelä-Afrikassa keskeytyskustannuksia tutkineet Herman ja Gaunt esimerkiksi toteavat suorien menetelmien toimivan vain oloissa, joissa keskeytyksiä on riittävän paljon, jotta ihmiset oikeasti muistaisivat edellisen (Herman & Gaunt 2008). Tämä tietysti koskee erityisesti kotitalouksia, sillä kuten edellä on mainittu, yritysten voi olla helpompi arvioida todellisia kustannuksia esimerkiksi myynnin ja palkkojen perusteella.

Kyselytutkimuksilla saatava raakadata on muotoa €/keskeytys, ja jokaisen tutkittavan eri keskeytystyyppin ja keskeytyksen keston kustannusarvio on erillinen luku. Näitä ei voida käyttää suoraan sellaisenaan, mikäli tutkitaan useamman kuin yhden asiakkaan kustannuksia, vaan arvo on normeerattava jollain tavalla asiakasryhmän keskimääräisen kustannusfunktion muodostamiseksi. Yleisimmin KAH-tutkimuksissa annetut arvot ovat

muotoa €/kW tai €/kWh. Tällöin normeeraustekijä eli jakaja on yleensä joko huipputeho tai vuosittainen energiankulutus vastaavasti. Myös toimittamattoman energian määrää käytetään joskus normeeraustekijänä. (Cigre Task Force 2001)

Vastaukset jaotellaan useimmiten asiakastyypeittäin esimerkiksi kotitalouksiin, maatalouksiin, julkisiin palveluihin, yksityisiin palveluihin ja teollisuuteen. Kun yhdistetään samaan asiakasryhmään kuuluvien yksittäisten asiakkaiden kustannusarviot keskiarvoksi, saadaan asiakasryhmäkohtainen vahinkofunktio (sector customer damage function SCDF). Keskiarvon laskemiseen käytetään pääasiallisesti kahta menetelmää, suoraa keskiarvoa tai energiapainotettua keskiarvoa. Käytettäessä suoraa keskiarvoa jokainen yksittäinen arvo normeerataan valitulla tekijällä, useimmiten yksittäisen asiakkaan huipputeholla tai vuosikulutuksella. Joskus käytetään molempia, jolloin tuloksina saadaan luonnollisesti kaksi eri funktiota. Näistä yksittäisistä normeeratuista kustannuksista lasketaan lopuksi keskiarvo (kaava 1). Energiapainotettu keskiarvo sitä vastoin saadaan laskemalla yhteen ensin kaikkien asiakkaiden arvioimat keskeytyskustannukset ja jakamalla summa yhteenlasketuilla huipputehoilla tai vuosikulutuksilla, riippuen halutusta normeerauksesta (kaava 2). Energiapainotetulla keskiarvolla saadaan tutkimuksissa yleensä alemmat KAH-arvot, riippuen toki aineistosta. (Cigre Task Force 2001)

$$KAH_{suora} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i}}{n} \quad (1)$$

$$KAH_{energiapainotettu} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (2)$$

Kaavoissa (1) ja (2) n on asiakkaiden lukumäärä kussakin ryhmässä, C_i yksittäisen asiakkaan ilmoittama kustannus ja P_i yksittäisen asiakkaan huipputeho. P_i :n tilalle voidaan vastaavasti sijoittaa vuosittainen energiankulutus W_i , mikäli halutaan käyttää tätä normeeraustekijää. Suomalaisissa tutkimuksissa on kuitenkin ollut yleisempää käyttää huipputehoa (Silvast et al. 2005). Vertailun mahdollistamiseksi myös tässä tutkimuksessa käytettiin huipputehoa.

Halutun sähköverkon tai sen osan kokonaisvahinkofunktio (composite customer damage function CCDF) muodostetaan asiakasryhmäkohtaisista vahinkofunktioista painottamalla kunkin ryhmän osuutta arvioitavalla verkon alueella. Näin saatu KAH-arvo on siis tietylle alueelle pätevä. (Cigre Task Force 2001)

Varsinainen käytettävä muoto saadaan sovittamalla eripituisten katkojen kustannusarviot suoralle ja muodostamalla niistä lineaarinen katkon pituuden funktio. Kustannusfunktio on muotoa $C = A + Bh$, missä h on katkon pituus ja A ja B KAH-parametrit, joiden yksiköt ovat vastaavasti €/kW ja €/kWh.

2.3 Kyselytutkimuksen metodit ja ongelmat

Tutkimusmetodia valittaessa vastakkain voivat usein olla postitse tehtävä kyselytutkimus ja henkilökohtainen haastattelu. Kyselyn puolesta puhuvat useat seikat, kuten esimerkiksi se, että vastaaja saa täyttää kyselyn, kun se hänelle parhaiten sopii, sekä se, että haastattelijan ennakkoluulot ja tulkinnat jäävät pois. Toisaalta vastausprosentti jää usein pieneksi, ja väärinymmärrettyjä kysymyksiä ei pystytä tarkentamaan (Gillham 2007). Monesti jo kustannus- ym. käytännön syistä päädytään postitettavaan kyselyyn, mutta sen näennäinen vaivattomuus muodostuu helposti sen suurimmaksi ongelmaksi. Kyselykaavakkeen muotoilulla vaikutetaan suuresti siihen, kuinka paljon ja minkä laatuista vastauksia saadaan, ja siksi pohjatyö on tehtävä huolella.

Kyselytutkimuksen laadintaan ja sen vastausten tulkintaan sisältyy aina paljon valintoja ja epävarmuutta. Sähkön keskeytyksestä aiheutuneita kustannuksia tutkittaessa nousee esille esimerkiksi valinta vapaan kentän ja valmiiden vaihtoehtojen välillä. Jos vastausvaihtoehdot valmiina, rajoitetaan asiakkaan valintaa ja ohjaillaan vastauksia kohti ennalta oletettua kustannusten suuruutta. Toisaalta vapaaseen kenttään saadaan toisistaan niin paljon poikkeavia vastauksia, että tulosten analysoinnissa saatetaan joutua turvautumaan rankkaankin karsintaan, jotta keskiarvo olisi aineistoa kuvaava. Myös muulla tapaa harkitsemattomasti esitetty kysymys saattaa esimerkiksi aiheuttaa sen, että eri asiakasryhmien vastaukset eivät ole vertailukelpoisia.

Yksi tärkeimmistä valinnoista on kyselyn pituus: Mitä pidempi kyselylomake ja tarkemmat kysymykset, sitä vähemmän vastauksia on odotettavissa. Toisaalta taas jos kysymykset

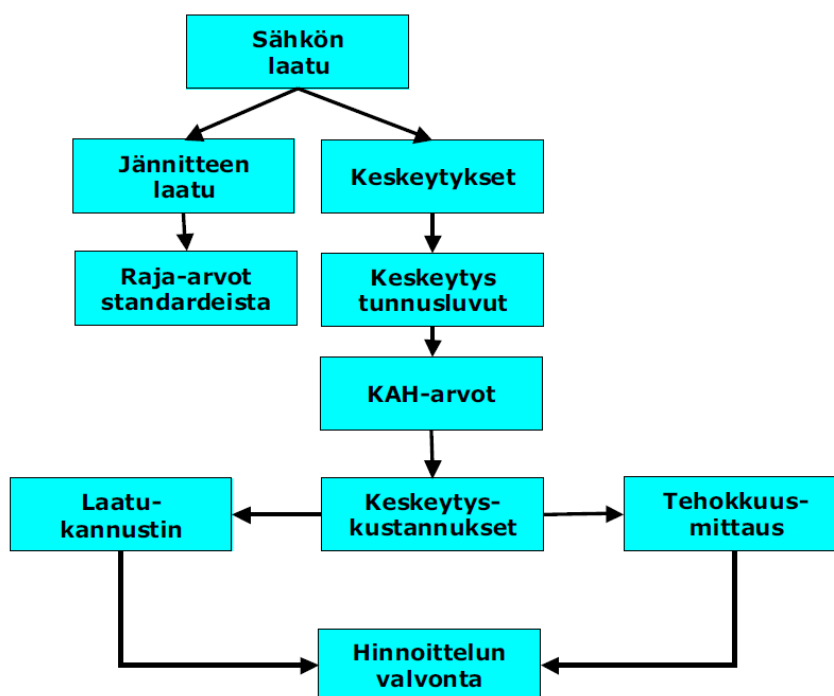
ovat liian ympäripyöreitä, ei suurestakaan vastausmäärästä ole apua. Onkin siis tehtävä kompromissi pituuden ja vastausten odotetun lukumäärän välillä. Edelleen kuitenkin kysymykseksi jää, mikä ero on niiden asiakkaiden välillä, jotka vastaavat ja niiden, jotka jättävät vastaamatta. Arkikokemuksen mukaan tyytymättömät asiakkaat vastaavat helpommin - Kustannusten suhteen tämä tarkoittaa, että ne asiakkaat, jotka kokevat kustannukset suurina, vastaavan todennäköisemmin. Nostaako tämä lopullista keskiarvoa korkeammalle kuin se todellisuudessa olisikaan?

2.4 KAH-arvojen käyttö investointipäätöksissä ja Energiamarkkinaviraston valvontamallissa

Nyky-yhteiskunta on äärimmäisen riippuvainen sähköstä ja siksi erityisen haavoittuvainen sähköjakelun keskeytysten suhteen. Varsinaisten sähkökatkojen lisäksi myös jännitteenvaihtelut voivat aiheuttaa ongelmia herkissä ja suojaamattomissa laitteissa, ja toisaalta sähkökäyttöisten laitteiden määrä myös kasvaa jatkuvasti. Sähkön toimitusvarmuuden on oltava suuri, sillä lähes kaikki toiminta häiriintyy tai katkeaa sähkökatkojen ajaksi. Sähköjakelu katkeamattomuuden takaamiseksi tarvitaan investointeja sähköverkkoon, ja erityisen ajankohtaista tämä on juuri tällä hetkellä, sillä suuri osa Suomen sähköverkosta on tulossa perusparannus- tai korvausikänsä seuraavan kymmenen vuoden aikana (EMV 2009).

Toimitusvarmuutta lisäävät investoinnit, kuten avojohtojen korvaaminen maakaapeleilla, avojohtojen siirtäminen metsäisiltä alueilta teiden varsiin jne. ovat kuitenkin varsin kalliita toimenpiteitä. Sähköverkon haltijan on tehtävä investointipäätökset kustannukset ja saavutettavat hyödyt optimoiden. Liialliset investoinnit verkkoon merkitsevät suuria menoeriä ilman vastaavansuuruista hyötyä, mikä osin siirtyy myös kuluttajan maksettavaksi sähkönsiirron korkeampana hintana. Liian pienet investoinnit taas johtavat riittämättömään toimitusvarmuuteen. Tasapainon saavuttamiseksi arviointia varten tarvitaan erilaisia mittareita, joiden avulla investoinneista saatava hyöty on arvostettavissa rahallisena. Keskeytysten aiheuttamat kustannukset kertovat mm. asiakastyypille ominaiset kustannukset, joiden perusteella verkkoyhtiöt voivat suunnitella investointinsa niin, että ne kohdistuvat alueille, joilla keskeytysten vähentäminen aiheuttaa suurimmat säästöt.

Toinen keskeinen KAH-arvojen käyttösovellus nousee sähköverkkotoiminnan luonteesta. Sähköverkot muodostavat luonnollisen monopolin, sillä rinnakkaisia verkkoja ei ole taloudellista rakentaa. Sähköverkkotoiminta onkin luvanvaraista, ja yhtiöitä valvotaan viranomaistaholta. Monopoliaseman hyväksikäytön ehkäisemiseksi verkkoyhtiöiden voittoja rajoitetaan. Suomessa valvova viranomainen on Energiamarkkinavirasto, joka arvioi verkonhaltijoiden verkkotoiminnan tuoton kohtuullisuutta. Verkkoyhtiölle sallittua voittoa arvioidaan mm. yhtiön tehokkuuden perusteella. Tällöin tarvitaan myös laatumittausta, sillä muuten olisi houkutus kasvattaa tehokkuutta sähkön laadun kustannuksella, mikä taas näkyisi lisäntyvinä keskeytyksinä jakelussa. Tampereen ja Lappeenrannan teknilliset yliopistot ovat selvittäneet tehokkuusmittausta ja keskeytystunnuslukujen referenssiarvoja Energiamarkkinaviraston tilaamissa selvityksissä käyttäen edellisen KAH-tutkimuksen tuloksia suositustensa pohjana (Honkapuro et al. 2006) (Honkapuro et al. 2007) (Silvast et al. 2005). Kuvassa 1 esitetään sähkön laadun vaikutus kohtuullisen tuoton määrittelyssä. Siitä nähdään, että keskeytyskustannukset vaikuttavat sekä laatukannustimeen että tehokkuusmittaukseen, jotka taas molemmat osaltaan vaikuttavat lopulliseen sallittuun tuottoon.



Kuva 1 Sähkön laatu ja hinnoittelun valvonta (Honkapuro et al. 2006)

Sähkönjakelun laatua mitataan keskeytysten aiheuttamilla kustannuksilla. Tavoitteena on sähköverkon haltijan ja asiakkaan kustannusten summan minimoituminen (EMV 2007). Verkonhaltija on velvollinen ilmoittamaan vuosittaiset keskeytysten lukumäärät ja pituudet Energiamarkkinavirastolle, joka laskee jokaiselle verkonhaltijalle kokonaiskeskeytyskustannukset keskeytystunnuslukujen ja Tampereen ja Lappeenrannan teknillisten yliopistojen selvityksen tuottamien keskeytyshintojen perusteella (Honkapuro et al. 2007). Energiamarkkinaviraston käyttämät arvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Sähkötoimituksessa tapahtuneiden keskeytysten aiheuttaman haitan laskennassa käytettävät hinnat vuoden 2005 rahanarvossa erityyppisille keskeytyksille (EMV 2007)

Odottamaton keskeytys		Suunniteltu keskeytys		PJK	AJK
€/kW	€/kWh	€/kW	€/kWh	€/kW	€/kW
1,1	11,0	0,5	6,8	0,55	1,1

Verkkoyhtiökohtainen vertailuarvo lasketaan edellisten vuosien keskeytyskustannusten perusteella. Valvontajaksot on määritetty neljän vuoden pituisiksi, jotta yksittäisten vuosien heilahtelut tasoittuisivat. Mikäli joukkoon on sattunut vuosia, jotka poikkeavat keskeytysmääriltään normaalista, kumoaa usean vuoden lukujen keskiarvo näiden vaikutuksen. Sallitun voiton arvioinnissa verkkoyhtiön hyväksi lasketaan puolet toteutuneiden keskeytyskustannusten ja vertailuarvon erotuksesta. Näin saatu hyöty jaetaan tasan asiakkaan ja verkkoyhtiön kesken (EMV 2007). Jos toisaalta valvontajaksolla on kertynyt ylituottoa, on se palautettava asiakkaille seuraavan valvontajakson aikana pienemmän tuoton muodossa (Honkapuro et al. 2006).

Referenssitason alapuolelle pääseminen on helpompaa niille yhtiöille, jotka eivät ole pienentäneet keskeytyskustannuksiaan ennen laatukannustimen käyttöönottoa, kun taas jo aiemmin toimintaansa tehostaneiden yritysten keskeytyskustannusten tavoitetaso voi olla jo valmiiksi hyvinkin matala. Tästä syystä Lappeenrannan ja Tampereen teknillisten yliopistojen tekemässä selvityksessä päädyttiin suosittamaan KAH-arvojen käyttöä myöskin valvontamallin tehokkuusmittauksessa. Tällä tavoin jo tehdyt investoinnit vaikuttavat tehokkuuslukuun korottavasti ja tätä kautta sallittuun voittoon nostavasti. (Honkapuro et al. 2007)

3 Edeltävä tutkimus

3.1 KAH-tutkimuksen historiaa

Mitä suurempi yhteiskunnan sähkönkulutus on, sitä tärkeämpää on myös sen keskeytymätön jakelu. Sähkön alkutaipaleella sen käyttö rajoittui lähinnä valaisemiseen, joten sähkökatko merkitsi vain öljylamppujen tai kynttilöiden esiin kaivamista. Kuitenkin sähkön yleistyessä erityisesti teollisuuteen huomattiin, että keskeytykset aiheuttavat epämukavuuden lisäksi myös suoranaisia kustannuksia. Vanhimmat Suomessa tehdyt selvitykset on tehty jo 60-luvulla, mutta ensimmäinen kattavampi kyselytutkimus valmistui vuonna 1979 Sähköntuottajien yhteisvaltuuskunnan (STYV) toimesta. Ruotsissa KAH-selvitysten historia alkaa jo 40-luvulta, joten keskeytysten aiheuttama haitta kuluttajille on tiedostettu suhteellisen varhain ja se on pyritty ottamaan huomioon sähköverkon suunnittelussa jo vuosikymmenien ajan.

1990-luvulla toteutettiin laaja yhteispohjoismainen kysely, ja Suomessa viimeisin kaikkia asiakasryhmiä koskeva tutkimus on Teknillisen korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston vuonna 2005 valmistunut raportti *Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta* (Silvast et al. 2005). KAH-tutkimuksen luonteesta johtuen se on selvitys, joka täytyy uusia säännöllisin väliajoin. Sähkönkulutuksen kasvaessa ja yhteiskunnan muuttuessa myös kustannukset muuttuvat, eikä niiden kehittymistä voida arvioida aivan suoraviivaisesti. Edellisessä tutkimuksessa arvioidaan indeksipäivityksillä pärjättävän n. 5-10 vuotta kerrallaan.

KAH-selvityksiä on tehty ympäri maailmaa, mutta niiden vertailu on hankalaa johtuen erilaisista metodeista. Tulosten erilainen normeeraaminen aikaansaa hyvin erisuuruisia lukuja, samoin eri tavoin lasketut keskiarvot. Siksi tässä esitetään vain viimeisimpien Suomessa tehtyjen tutkimusten lopputulokset, sillä jo niiden vertaaminen tässä tutkimuksessa saatuihin arvoihin on osin pulmallista, vaikka tulosten käsittelyssä pyrittiinkin seuraamaan vuoden 2005 tutkimuksen mallia. Seuraavissa osissa esitellään lyhyesti vuonna 2005 valmistunut tutkimus sekä teollisuuden KAH-arvoja koskeva selvitys vuodelta 2009.

3.2 Edellinen tutkimus (2005)

Teknillisen korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä tehty raportti *Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheuttava haitta* on valmistunut joulukuussa 2005. Se selvitti keskeytysten kustannuksia erilaisille sähköasiakkaille pien- ja keskijänniteverkossa. Asiakkaat on jaoteltu kotitalouksiin, loma-asuntoihin, maatalouksiin, palveluihin, julkiseen ja pk-teollisuuteen. Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, pääasiassa kirjallisesti, mutta joidenkin asiakkaiden osalta myös puhelinhaastatteluina. Asiakkaita pyydettiin arvioimaan keskeytysten aiheuttamaa haittaa rahassa. Tutkimus oli maanlaajuinen ja siihen osallistui korkeakoulujen lisäksi yhdeksän sähköverkkoyhtiötä, joiden alueilta valittiin ne asiakkaat, joille kysely lähetettiin. Taulukossa 2 alla on esitetty vastaajien lukumäärät ja vastausprosentit asiakasryhmittäin.

Taulukko 2 Vastaajien lukumäärät vuoden 2005 KAH-tutkimuksessa (Silvast et al. 2005)

	postivastaus	internet	haastattelu	yhteensä	vastaus-%
kotitaloudet	721	23		744	30 %
loma-asunto	101	1		102	40 %
maataloudet	162	1		163	31 %
palvelu	131	5	111	247	25 %
julkinen	139	7	76	222	27 %
teollisuus	70	5	72	147	19 %
yhteensä	1324	42	259	1625	29 %

Tutkimuksessa laskettiin KAH-arvot sekä suoran että energiapainotetun keskiarvon avulla. Taulukossa 3 seuraavalla sivulla esitetään kootusti julkisen, palveluiden ja teollisuuden KAH-arvot eripituisille keskeytyksille eri vuoden, työaikana ja sen ulkopuolella. Kustannusarviot on normeerattu asiakkaan huipputeholla, joka on saatu jakamalla vuosikulutus arvioidulla 3000 tunnin huipunkäyttöajalla.

Taulukko 3 KAH-arvoja vuoden 2005 tutkimuksesta (Silvast et al. 2005)

Julkinen		1 s	2 min	15 min	1 h	4 h	8 h	12 h	24 h
talvi työaika	energiapain.	1,9	2,6	2,9	13,6	52,1	70,6	91,3	220
(€/kW)	suora	1,4	3,1	9,2	34,3	123,9	347,9	450	1050,2
talvi ei-t työaika	energiapain.	0,6	1	1,7	4,4	13,7	31,5	42,8	92
(€/kW)	suora	0,5	1,4	6,5	22	60,3	109,3	140,8	380,8
kesä työaika	energiapain.	1,9	2,7	2,9	10,3	22,6	70,6	83,4	159
(€/kW)	suora	1,4	4,5	12,8	25,2	77,1	275,1	482,2	685,2
kesä ei-t työaika	energiapain.	0,6	1	1,8	3,8	11,5	28,9	38,6	70
(€/kW)	suora	0,5	2,9	11,9	17	38,3	80,5	95,9	274,9
Palvelut		1 s	2 min	15 min	1 h	4 h	8 h	12 h	24 h
talvi työaika	energiapain.	1,8	3	9,4	27,6	67,8	117,2	163	198,9
(€/kW)	suora	1,3	5,2	13	48,1	138,7	212,4	281,5	336,7
talvi ei-t työaika	energiapain.	0,4	0,5	1,5	4,6	10	18,2	29,8	58,6
(€/kW)	suora	0,7	0,9	1,6	5,3	14,8	31,7	49,1	102,3
kesä työaika	energiapain.	1,3	3,2	8,4	26,3	58,4	126,3	141,6	209,6
(€/kW)	suora	1,8	6	16,2	42,7	130,3	216,7	268,6	358
kesä ei-t työaika	energiapain.	0,5	0,5	1,1	4,1	12,2	17,9	30,3	49
(€/kW)	suora	0,9	1,1	3,1	5,7	16,7	32,4	49,7	104,8
Teollisuus		1 s	2 min	15 min	1 h	4 h	8 h	12 h	kuoppa
talvi työaika	energiapain.	1,9	2,5	6,5	17	53,1	104,4	132,7	3,7
(€/kW)	suora	1,6	2,9	6,6	23,6	82,8	153,7	206,9	2,4

Päivitettyjen KAH-arvojen tuottamisen lisäksi yksi tutkimuksen päätavoitteista oli määritellä johonkin tunnettuun indeksiin sidottu arvo, jolla kustannusten arviointi on mahdollista myös tulevaisuudessa. Eri mahdollisuuksia olisivat mm. kuluttajahintaindeksi, bruttokansantuote, sähkön kulutus sekä näiden yhdistelmät. Aiempien KAH-raporttien arvot eivät kuitenkaan näytä seuraavan mitään erityisen tarkasti. Osaa erosta voi tosin selittää myös se, että tutkimusmenetelmät ovat olleet toisistaan poikkeavat. Tutkimuksessa päädyttiin esittämään, että KAH-arvojen päivitys voitaisiin tehdä noin 5-10 vuoden tähtäimellä kuluttajahintaindeksiin sidottuna. Tämän tutkimuksen osalta indeksivertailua ei tehdä tutkimusten kohderyhmien poiketessa toisistaan niin merkittävästi.

3.3 Teollisuuden KAH (2009)

Tampereen ja Lappeenrannan teknilliset yliopistot julkaisivat vuonna 2009 uuden raportin *Sähkönsiirtoverkon häiriökeskeytysten aiheuttaman haitan arvioinnissa käytettävien parametrien päivittäminen* (Mäkinen et al. 2009). Päivitetyt KAH-arvot koskivat kantaverkkoa, eli asiakasryhmänä suurteollisuutta ja sähköverkkoyhtiöitä. Tutkimuksessa katsottiin, että vuoden 2005 raportin KAH-arvot indeksoituna riittävät toistaiseksi jakeluverkon osalta: Kantaverkon osalta sen sijaan edellinen selvitys oli 20 vuotta vanha.

Alla olevassa taulukossa 4 esitetään yhteenvetona tutkimuksen tuloksina saatuja keskeytyskustannuksia teollisuudenaloittain jaoteltuna. Arviot ovat odottamattomalle katkolle ja normeeraustekijänä on keskiteho. Arvot vaikuttavat pienille verrattuna vuoden 2005 raporttiin, mutta kyseessä on suurteollisuus, joten keskiteho on huomattavan korkea.

Taulukko 4 KAH-arvoja vuoden 2009 teollisuuden tutkimuksesta (Mäkinen et al. 2009)

€/kW	< 1 s	1-2 min	15 min	1 h	4 h	12 h
Massa- ja paperiteollisuus	0,63...6,4	1,8...6,4	1,8...6,4	2,0...6,4	2,5...6,9	3,9...9,2
Kemian teollisuus		2,4	4,7	9,4		
Metalliteollisuus	0...5,0	0...5,0	0,11...4,97	0,19...4,97	0,33... 4,3	9,3...34,7

4 Uusi tutkimus

4.1 Tutkimuksen toteutus ja käytetyt metodit

4.1.1 Lomakkeen suunnittelu ja postitus

Tutkimus pyrittiin toteuttamaan asiakaskyselynä. Vastausprosentin jäädessä huomattavan pieneksi jouduttiin kuitenkin osin turvautumaan analyttiseen malliin, joka jälkikäteen tarkastellen voisi kaupunkialueella osoittautua jo lähtökohtaisesti kyselyä toimivammaksi ratkaisuksi.

Kysely kohdistui helsinkiläisen sähköverkonhaltijan Helen Sähköverkko Oy:n asiakkaisiin, ja tarkoituksena oli selvittää nimenomaan kaupunkialueen asiakkaille aiheuttuvia kustannuksia. Markku Hyvärinen on tarkastellut väitöskirjassaan kuormitustiheyden vaikutusta sähköverkon kustannuksiin, ja hän jakaa taajama-alueen ydinkeskustaan, kaupunkialueeseen, useampaan asutusrakenteeltaan erityyppiseen esikaupunkialueeseen sekä lisäksi teollisuusalueeseen (Hyvärinen 2008). Kuormitustiheydellä ja asiakasrakenteella on merkittävä vaikutus myös keskeytysten aiheuttamiin kustannuksiin, joten tässä tutkimuksessa Helsinki jaettiin energiankäytöltään kolmeen toisistaan poikkeavaan alueeseen: ydinkeskustaan, kaupunkialueeseen ja esikaupunkialueisiin. Helen Sähköverkko Oy toimitti osoitteet valmiiksi seuraavasti ryhmiteltyinä: Ydinkeskustaa tutkimuksessa edustivat postinumerot 00100, 00120, 00130 ja 00180, jotka vastaavat Kluuvin, Kaartinkaupungin ja Kampin kaupunginosia. Kaupunkialueen otokseen kuuluivat postinumerot 00250, 00260, 00500, 00510, 00520 ja 00550, eli Taka-Töölö ja Vallila. Esikaupunkialuetta taas edustivat postinumerot 00410, 00420, 00800 ja 00920 00940 ja 00970, eli kaupunginosina Malminkartano, Kannelmäki, Kurkimäki, Myllypuro, Kontula ja Vesala.

Aiemmissa tutkimuksissa on todettu, että asiakkailta on vaikeuksia vastata tietyn tyyppisiin kysymyksiin, ja monesti kyselylomake täytetään vain osin tai väärin, kuten esimerkiksi vastataan sanallisesti, kun on pyydetty euromääräistä vastausta. Tästä syystä pyrittiin tekemään mahdollisimman lyhyt, kompakti ja yksinkertainen kysely, jonka toivottiin myös

nostavan vastausprosenttia. Kyselylomakkeen lähtökohtana pidettiin vuoden 2005 selvitystä, ja se pohjautuikin selvityksen liitteenä esitettyyn paranneltuun suosituskyselykaavakkeeseen (Silvast et al. 2005). Selvityksessä oli päädytty jälkikäteen suosittamaan 2-sivuista kyselyä toteutetun 3-sivuisen sijaan. Niinpä tärkeimpänä lähtökohtana nyt pidettiin sitä, että lomake pysyy lyhyenä, yhden kaksipuolisen A4-paperin kokoisena, johon sisältyy myös saatekirje. Suosituslomakkeesta oli jo karsittu kysymykset, jotka eivät olleet aiemmassa tutkimuksessa tuottaneet oikeankaltaisia vastauksia, ja jäljellejääneistä kysymyksistäkin valittiin tätä tutkimusta varten vain oleellisin, eli lähinnä suorat kustannusarviot eripituisille ja eri vuodenaikoina tapahtuville katkoille sekä työaikana että sen ulkopuolella. Liian yksityiskohtaista tietoa ei haluttu kysyä, sillä sellaisen arvioiminen koetaan helposti liian vaivalloiseksi, eikä toisaalta sellaista tietoa, jota ihmiset eivät yleensä ole halukkaita antamaan. Tarkoituksena oli, ettei esimerkiksi yrityksen liikevaihtoa kysyttäisi, sillä vaikka tämä onkin julkista tietoa, monet erityisesti pienempien yritysten omistajat voivat kokea tämän tungettelevana. Tästä tavoitteesta jouduttiin kuitenkin luopumaan käytännön vuoksi. Poiketen edellisestä tutkimuksesta päätettiin myös, ettei eri ryhmille tehdä omaa lomaketta, vaan että sama kyselylomake muokataan sopivaksi kaikille asiakasryhmille.

Kyselylomake muovautui lopulta yhdeksi A4-paperiksi, jossa etupuolella on vastaanottajan tiedot, saatekirje sekä kaksi taustakysymystä koskien sähkön vuosikulutusta ja liikevaihtoa. Saatekirjeessä selitettiin kyselyn tekemisen tarpeellisuutta ja tulosten käyttöä, annettiin yhteystiedot mahdollisten kysymysten esittämistä varten sekä pyydettiin palautusta kahden viikon kuluessa. Taustakysymykset esitettiin sähkönkäytön ja taloudellisen toiminnan kohdentamisen vuoksi. Vaikka tutkimuksessa käytettiin asiakkaan antamien vuosikulutusarvioiden sijaan todellisia, Helen Sähköverkko Oy:ltä saatuja sähkönkulutustietoja, haluttiin varmistaa, että asiakkaan ilmoittamat kustannusarviot koskevat nimenomaan tätä toiminnan laajuutta. Kääntöpuolella vastaajia pyydettiin arvioimaan odottamattoman sähkökatkon aiheuttamia kustannuksia seuraavasti:

”Kuinka suuret ovat odottamattoman sähkökatkon teille aiheuttamat taloudelliset tappiot euroina eri vuodenaikoina katkon keston vaihdellessa? Kustannuksia voi muodostua esim. ylityökorvauksista, menetetyistä myyntituloista, pilaantuneista elintarvikkeista, laitevaurioista sekä kolmannelle osapuolelle aiheutuvista kuluista.

Huomioikaa erityisesti myös toiminnan katkeamisesta aiheutuvat kulut, jos esimerkiksi toimitilat joudutaan tyhjentämään katkon ajaksi. Huomatkaa, että taulukossa on erikseen kohdat työaikana ja sen ulkopuolella sattuville katkoille.”

Lisäksi lomakkeessa kysyttiin alle kolmen minuutin pituisen katkon aiheuttaman toiminnan keskeytymisen pituutta sekä sitä, kuinka suuri osa katkon aikana syntyneistä tulonmenetyksistä on korvattavissa myöhemmin. Tiukasti tulkiten tulonmenetyksiä ei tulisi laskea keskeytysten aiheuttamiin kustannuksiin, mikäli ne ovat jälkikäteen korvattavia. Tässä tutkimuksessa vastaajia ei kuitenkaan pyydetty erottelemaan kustannuksia tulonmenetyksiin ja muihin kustannuksiin, joten kaikki ilmoitetut kustannukset pätevät täysimääräisesti tuloksissa. Tämä voidaan kuitenkin pitää mielessä tulosten luotettavuutta arvioitaessa.

Helen Sähköverkko Oy:ltä saatiin asiakkaiden tiedot kulutuspaikoittain. Tietokannassa oli kulutuspaikan osoitteen ja yksilöintitietojen lisäksi vuotuinen sähkönkulutus, asiakkaan toimiala sekä laskutusosoite. Helen Sähköverkko Oy poimi tutkimukseen valituilta alueilta 4800 mahdollista vastaanottajaa, joita karsittiin niin, että lopulliseksi vastaanottajien määräksi jäi 2500. Kyselykaavake oli suomenkielinen, joten se päädyttiin lähettämään vain niille asiakkaille, joiden kieleksi asiakasrekisterissä oli merkitty suomi. Toisaalta ulkopuolelle jätettiin myös ne yritykset, joiden pääpaikka on jossakin muualla kuin Helsingin Sähköverkko Oy:n alueella. Lopulliset karsinnat tehtiin tiputtamalla joka kolmas tietue pois, kun tietokanta oli ensin järjestetty ensisijaisesti postinumeron ja toissijaisesti vastaanottajan nimen perusteella.

Jo aiemmissa tutkimuksissa kyselyn toimittaminen oikeaan paikkaan ja oikealle henkilölle on todettu ongelmalliseksi. Jos kulutuspaikan osoite ja laskutusosoite ovat samat, ei ongelmaa synny, mutta niiden poiketessa toisistaan on päätöksen tekeminen hankalaa tuntematta yritystä ja sen organisaatiomallia tarkemmin. Tässä postituksessa päädyttiin käyttämään laskutusosoitetta, sillä toimipaikassa ei välttämättä ole oikeaa ihmistä vastaamaan tämänkaltaisiin kyselyihin. Vastaaminen edellyttää tietoa sähkönkäytöstä ja budjetista, ja esimerkiksi suuriin ketjuihin kuuluvien päivittäistavara-kauppojen kohdalla on vaikea arvioida, löytyykö myymälästä oikeaa henkilöä vastaamaan.

4.1.2 Vastausten käsittely

Yhteydenottoja tuli muutamia, yksi sähköpostitse ja muut puhelimitse. Näistä suurin osa oli tapauksia, joissa vastaanottaja ei ymmärtänyt suomea riittävän hyvin ymmärtääkseen, mistä kyselyssä oli kysymys, tai oliko vastaaminen pakollista. Tämä siitäkkin huolimatta, että vastaanottajiksi valittiin vain ne yritykset, joiden kieleksi oli määriteltä suomi. Julkisten palvelujen osalta tuli kaksi yhteydenottoa, joissa pyydettiin tarkempaa tietoa ja määrittelyä keskeytyksen aiheuttamalla haitalle. Määrittelyn jälkeen asiakkaat toimittivat vastauksensa postitse tai antoivat keskeytyskustannusarvionsa suoraan puhelimesta.

Postitse vastauksia alkoi saapua heti toimituksen jälkeen, ja yli 80 % vastauksista palautui kahden viikon kuluessa, mitä myös kyselylomakkeessa toivottiin. Viimeinen vastaus saapui viisi viikkoa ensimmäisten jälkeen.

Verrattaessa ilmoitettua ja todellista sähkönkäyttöä huomattiin muutamia poikkeavuuksia, erityisesti niiden asiakkaiden kohdalla, jotka ilmoittivat sähkönkäyttönsä euromääräisenä. Jos poikkeama oli kuitenkin kohtuullinen, tämä jätettiin huomioimatta, sillä asiakkaan maksamaa todellista sähkönhintaa ei ollut tiedossa, vaan arvio tehtiin Energiateollisuus Ry:n kokoamien keskimääräisten hintojen perusteella. Muutamia vastauksia jouduttiin kuitenkin karsimaan sen perusteella, että niiden ilmoittama sähkönkulutus kilowattitunteina poikkesi suuresti todellisesta. Tämän perusteella voidaan olettaa, että niiden antamat kustannusarvioitkin koskevat jotakin muuta taloudellista kokonaisuutta. Tietokannasta myös puuttui yhden vastaajan sähkönkäyttötieto, joten tämä vastaus jätettiin myös tutkimuksen ulkopuolelle.

Kahden julkisen palvelun vastaajan antamat hinta-arviot koskivat koko virastoa, ja yhden yksityisten palveluiden vähittäiskaupan alalla toimivan vastaajan hinta-arviot koko yrityksen maanlaajuista toimintaa. Näiden kohdalla päädyttiin jakamaan asiakkaan ilmoittamat kustannukset sähkönkäytön suhteessa. Asiakkaat olivat ilmoittaneet vuosittaisen kokonaissähkönkäyttönsä, joten toimipaikkakohtaiseksi kustannukseksi merkittiin sama osuus ilmoitetuista kustannuksista kuin ko. toimipaikan todellinen sähkönkulutus kokonaiskulutuksesta. Tämä ei tietenkään vastaa täysin todellisuutta, mutta

riittäväällä tarkkuudella, ottaen huomioon tämänkaltaisen tutkimuksen likimääräisyyden yleensä.

Monessa tapauksessa kustannusarvioita jouduttiin muokkaamaan ennen käsittelyä. Erityistä huomiota kiinnitettiin tyhjiksi ja nolliksi tarkoitettujen vastausten erottamiseen toisistaan. Tyhjäksi jätetty taulukko tulkittiin niin, ettei arviota haluta tai osata antaa, ja merkittiin tyhjäksi myös käsittelyssä. Jos kuitenkin lomakkeeseen oli jollain muulla tapaa, esimerkiksi vapaassa palautteessa merkitty, ettei kustannuksia tule, merkittiin vastaus nolliksi tyhjän vastauksen sijaan. Esimerkiksi tyhjät taulukot, joiden alla oli merkintä ”Ei kuluja” tai ” Ei mainittavaa kustannusta”, tulkittiin nollavastauksiksi, ei tyhjiksi. Myös viivan kanssa toimittiin samoin, eli vastaus tulkittiin tyhjäksi, ellei muu palaute selvästi osoittanut sen tarkoittavan, ettei kustannuksia tule. Mikäli kustannusarvioksi oli annettu väli, vastaukseksi merkittiin välin keskiarvo, eli esimerkiksi ”0-500” merkittiin tietokantaan lukuna ”250”. Sanallisia vastauksia ei voitu ottaa huomioon, vaan ne merkittiin tyhjiksi vastauksiksi. Esimerkiksi vastaukset ”Iso” ja ”Katastrofi” päätyivät tietokantaan keskiarvoon vaikuttamattomina tyhjinä vastauksina, vaikka asiakkaille selvästi aiheutuu kustannuksia sähkökatkoista.

Kyselylomakkeessa olisi ollut hyvä painottaa vielä voimakkaammin, että kyse on laskennallisista kustannusarvioista, ei todellisista, tosielämässä koetuista kustannuksista. Joistakin vastauksista paistoi läpi, että kustannusten on ilmoitettu olevan nolla euroa, koska sähkökatkoja ei ole. Jotkut vastaajat sanoivat suoraan, ettei katkoja ole ollut, eivätkä siksi voi vastata mitään. Tämä aiheutti sen, että nollavastauksia tuli kenties enemmän kuin oli tarkoitettu, mikä edelleen vaikutti keskiarvoon.

Keskeytyuskustannukset normeerattiin huipputeholla (kW), joka saatiin jakamalla todellinen vuosikulutus 3000 tunnilla. Ongelmana huipputehon käyttämisessä on, että näin virheellisesti oletetaan suurimpien kustannusten osuvan suurimman tehon hetkeen, mikä ei välttämättä lainkaan pidä paikkaansa. Kuitenkin sama normeerauskäytäntö sekä sama arvio 3000 tunnin huipunkäyttöajasta oli käytössä myös vuoden 2005 tutkimuksessa (Silvast et al. 2005), joten näin arvoista saatiin vertailukelpoisia.

Tuloksia voidaan käsitellä useilla eri tavoilla, joilla kaikilla päästään hiukan erilaiseen tulokseen. Alla olevassa taulukossa 5 esitetään tutkimuksessa selvitettyt yksityisen palvelun, julkisen palvelun sekä teollisuuden KAH-arvojen energiapainotetut ja suorat keskiarvot sekä mediaani. Suorat keskiarvot laskettiin aiemmin luvussa 2.2 mainitulla kaavalla laskemalla keskiarvo yksittäisistä €/kW -arvoista. Karsinnassa käytettiin periaatteena, että jokaisesta ryhmästä tiputettiin pois 5 % pienimmistä ja 5 % suurimmista yksittäisistä vastauksista, yhteensä siis 10 %. Energiapainotetut keskiarvot laskettiin samoin luvussa 2.2 mainitulla kaavalla laskemalla ensin yhteen jokaisen yksittäisen vastaajan kustannusarvio ja jakamalla saatu summa kaikkien vastaajien huipputehon summalla. Karsinta suoritettiin siten, että jokaisesta ryhmästä jätettiin pois 5 % niistä vastauksista, jotka yksittäin vaikuttivat eniten keskiarvoa kasvattavasti, sekä 5 % niistä, jotka yksittäin vaikuttivat voimakkaimmin keskiarvoa pienentävästi.

Taulukko 5 KAH-arvoja eri laskentamenetelmillä

€/kW	Palvelu	Julkinen	Teollisuus
Energiapainotettu keskiarvo	35,59	2,87	121,42
Energiapainotettu keskiarvo karsittu	30,65	2,49	-
Suora keskiarvo	229,86	7,49	110,41
Suora keskiarvo karsittu	129,40	1,80	-
Mediaani	34,56	2,08	110,41

Tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään karsittua energiapainotettua keskiarvoa, sillä sen mukaiset arvot ovat lähimpänä linjassa ennalta tiedettyjen tulosten kanssa. Jatkossa keskiarvolla tarkoitetaan siis energiapainotettua keskiarvoa, ellei toisin mainita.

4.1.3 Jalostusarvosta KAH-arvoon

Vastausprosentti jäi hyvin matalaksi, noin viiteen prosenttiin, joten tutkimuksessa jouduttiin turvautumaan tilastolliseen analyysiin. Yksi analyttisen mallin menetelmistä on arvioida keskeytyskustannuksia jalostusarvon ja vuosikulutuksen perusteella, sillä näin saadaan laskettua eri tuotantokelijöiden yhteenlaskettu arvonlisäys käytettyä energiayksikköä kohti. Kun tämä kerrotaan katkon pituudella, saadaan tulokseksi kyseessä olevan katkon aikana aiheutunut arvonlisäyksen menetys tehoa kohti. Tämä luku on teoreettisesti ajatellen jokin osa kokonaiskustannuksista, €/kW, joten kertomalla se oikealla

kertoimella saadaan lopulliset kustannukset. Tutkimuksen toisessa vaiheessa päädyttiin käyttämään tätä menetelmää.

Kaikille vastaajille haettiin mahdollisuuksien mukaan tilinpäätöstiedot Patentti- ja rekisterihallituksesta (PRH). Koska vain osakeyhtiöt ovat velvollisia toimittamaan tilinpäätöstietonsa PRH:lle, rajoittui otos tutkimuksen toisen vaiheen suhteen yksityisen palveluun. Teollisuuden vastausten vähyden vuoksi oli sekin jätettävä ulkopuolelle, sillä kahden vastauksen otoksesta ei voida muodostaa tilastollisesti päteviä johtopäätöksiä.

Tilinpäätöstiedoista jokaiselle yksittäiselle vastaajalle laskettiin jalostusarvo, eli tilikauden voitto lisätynä poistoilla ja henkilöstökuluilla, ja tämä jaettiin todellisella, Helen Sähköverkko Oy:n asiakasrekisteristä saadulla sähkönkulutuksella. Saatu tunnusluku jalostusarvo/vuosikulutus kerrottiin eri keskeytysten pituuksilla, ja tätä verrattiin asiakkaiden ilmoittamiin keskeytyskustannusarvioihin. Lyhyiden, alle kolmen minuutin katkojen tapauksessa nollavastausten suuri määrä aiheutti sen, että luvut eivät korreloineet. Samoin kävi myös työajan ulkopuolisten katkojen suhteen. Työajalla tapahtuneiden, pidempien katkojen ilmoitetut keskeytyskustannukset sen sijaan korreloivat vuosikulutuksella jaetun jalostusarvon kanssa vaihdellen 0,4:stä jopa 0,8:aan. Tämä katsottiin osoittavan, että jalostusarvo/vuosikulutus -menetelmä on oikeutettu.

Tarvittava kerroin muodostettiin seuraavasti: Vuosikulutuksella jaetut jalostusarvot kerrottiin keskeytyksen pituudella, ja näistä muodostettiin vertailua varten suora keskiarvo, energiapainotettu keskiarvo sekä mediaani. Koska alkuperäisten, kyselyyn perustuvien tulosten perusteella energiapainotetun keskiarvon käyttäminen näytti antavan oikeansuuntaisia vastauksia, päädyttiin sitä käyttämään edelleen. Kun verrattiin jalostusarvon perusteella saatua keskiarvoa ja vastausten perusteella laskettua keskiarvoa, saatiin työaikana tapahtuvan kolmea minuuttia pidemmän katkon kertoimeksi likimäärin neljä. Kertoimen määrittäminen on esitetty liitteessä 2. Talvi- ja kesäajalla ei ollut eroa.

Seuraavaksi haettiin Patentti- ja rekisterihallituksesta suurempi otos tutkimuksen toista vaihetta varten. Nämä valittiin niiden asiakkaiden joukosta, joille oli lähetetty kysely, mutta jotka eivät olleet vastanneet siihen. Vaikka asiakasryhmä rajoittui toisessa vaiheessa

yksityisiin palveluihin, jaettiin yritykset nyt sen sijaan vyöhykkeittäin ydinkeskustaan, kaupunkialueeseen ja esikaupunkialueeseen, ja vertailtiin alueiden kustannuksia keskenään.

Tässä vaiheessa jouduttiin lisäksi asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöt jättämään ulkopuolelle, sillä niiden taloudellinen käsittely poikkeaa hiukan muiden yhtiöiden vastaavasta. Jos näille haluttaisiin laskea kustannusarvio, se olisi kenties järkevintä tehdä erillisenä tutkimuksena. Toisaalta niiden kokemat kustannukset lienevät pääosin kuitenkin minimaalisia verrattuna kiinteistössä toimivien yritysten kustannuksiin.

4.2 Kyselyn tulokset

4.2.1 Yleistä

Vastauksia palautui yhteensä 122 kappaletta, mikä on vain 4,8 % lähetetyistä. Alla olevassa taulukossa 6 esitetään lähetettyjen ja palautuneiden kyselylomakkeiden lukumäärät sekä palautusprosenttiosuus jaoteltuna asiakasryhmittäin ja vyöhykkeittäin.

Taulukko 6 Lähetettyjen kyselyiden ja palautettujen vastausten lukumäärä sekä palautusprosenttiosuus

Lähetetyt / palautetut / palautusprosentti	Yksityiset palvelut	Julkiset palvelut	Teollisuus	Yhteensä
Ydinkeskusta	1245 / 49 / 3,9 %	79 / 8 / 10,1 %	22 / 1 / 4,5 %	1346 / 58 / 4,3 %
Kaupunkialue	775 / 34 / 4,4 %	52 / 5 / 9,6 %	21 / 0 / 0,0 %	848 / 39 / 4,6 %
Esikaupunki	296 / 18 / 6,1 %	21 / 6 / 28,6 %	20 / 1 / 5,0 %	337 / 25 / 7,4 %
Yhteensä	2316 / 101 / 4,4 %	152 / 19 / 12,5 %	63 / 2 / 3,2 %	2531 / 122 / 4,8 %

Näistä käyttökelpoisiksi osoittautui vain 76. Suurin osa karsiutuneista vastauksista oli vajaita, eli hinta-arviota ei ollut annettu lainkaan. Karsittujen joukkoon mahtui myös sanallisia vastauksia, joita on mahdoton käsitellä tilastollisesti, sillä esimerkiksi vastausta ”katastrofi” ei voida arvioida euromääräiseksi. Neljässä vastauksessa vastaajan ilmoittama sähkönkulutus poikkesi niin paljon todellisesta vuosikulutuksesta, että ne jätettiin ulkopuolelle. Näistä kaksi oli asunto-osakeyhtiöitä, joissa vastaaja oli ilmeisesti vastannut koko rakennuksen sähkönkäytön, joten on mahdollista, että myös kustannusarviot pyrkivät arvioimaan koko talon kaikkien asukkaiden yhteenlaskettuja tappioita. Lisäksi yhden vastaajan tapauksessa sähkönkäyttö oli tietokannassa nolla, joten se jouduttiin jättämään myös huomioimatta. Muutama isompi vastaaja ilmoitti kaikkien toimipaikkojen

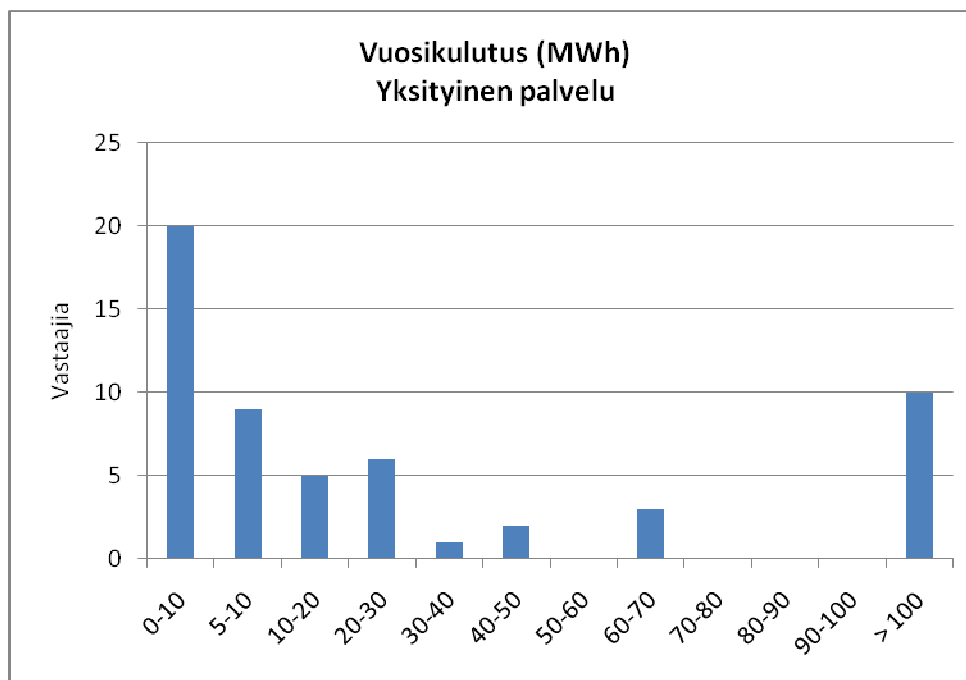
yhteenlasketut kustannukset. Nämä jaettiin toimipaikoittain sähkönkäytön suhteessa ja otettiin huomioon erillisinä vastauksina.

Vastausten vähäisestä määrästä johtuen jakoa kaupungin sisäisiin vyöhykkeisiin ei pystytty tekemään, sillä ainoastaan ydinkeskustan yksityisten palvelujen ryhmässä oli riittävästi vastaajia. Näin ollen seuraavissa osissa kuvataan keskeytyskustannusten arvoja asiakasryhmittäin, mutta ei vyöhykkeittäin jaoteltuna.

4.2.2 Yksityinen palvelu

Yksityisen palvelun vastauksia tuli yhteensä 101, mikä on 4,4 % lähetetyistä. Näistä käyttökelpoisia oli 56, eli lähes 45 % vastauksista oli jollain tapaa puutteellisia. Suurimmassa osassa vastauksia syy hylkäämiseen oli se, että lomake oli jätetty kustannusarvioiden osalta tyhjäksi. Monet vastaajista olivat kommentoineet, että katkoja ei ole ollut. Tältä osin täyttöohjetta olisi siis pitänyt tarkentaa painottamalla, että kyseessä on hinta-arvio hypoteettiselle katkolle, mikäli katkoja ei ole koettu. Mikäli esimerkiksi vapaasta palautteesta kävi ilmi, että kustannuksia ei katsota syntyvän, myös tyhjäksi jätetyt taulukot otettiin huomioon, ja kustannukset tulkittiin nolllaksi.

Vastaajien keskimääräinen vuosikulutus oli 43 425 kWh ja ilmoitettu liikevaihto 1,2 miljoona euroa. Seuraavan sivun kuvasta 2 nähdään, että suurin osa vastaajista oli vuosikulutukseltaan hyvin pieniä. Vastauksista jouduttiin karsimaan yksi kustannusalalla toimiva vastaaja, sillä sen vuosikulutus oli 150-kertainen muiden keskiarvoon nähden, mikä kieroutti erityisesti energiapainotettuja keskiarvoja. Vuosikulutukseltaan suuremmat, yli 100 MWh:n asiakkaat olivat pääsääntöisesti vähittäiskauppojen myymälöitä.



Kuva 2 Yksityisen palvelun vastaajien vuosienergiat

Keskeytyskustannukset huipputeholla normeerattuna on esitetty kootusti taulukossa 7. Huomataan, että talven ja kesän ero ei ole suuri, kuten voidaan kaupunkioiloissa ja kaukolämmitykseen kuuluvalla alueella odottaakin. Sen sijaan ero työajalla ja työajan ulkopuolella sattuneissa katkoissa on huomattava. Kuten näkyy mediaanista, suurin osa vastaajista on arvioinut, etteivät keskeytykset työajan ulkopuolella aiheuta lainkaan kustannuksia. Samoin lyhyet, alle kolmen minuutin pituiset katkot eivät aiheuta kustannuksia suurimmalle osalle vastaajista.

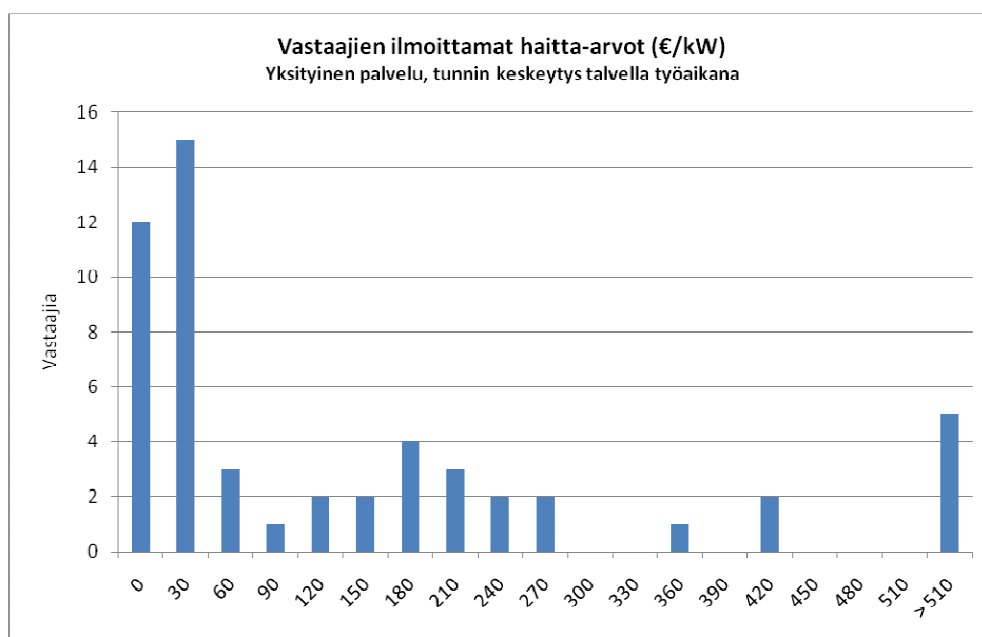
Taulukko 7 Yksityisen palvelun keskeytyskustannukset

Keskeytyskustannukset	€/kW	< 3 min	30 min	1 h	4 h
Talvi työaika	keskiarvo suora	6,01	47,09	129,40	429,57
	keskiarvo energiapainotettu	2,10	12,72	30,65	165,43
	mediaani	0,00	2,98	34,56	211,32
Talvi muu aika	keskiarvo suora	0,25	2,55	4,63	21,88
	keskiarvo energiapainotettu	0,11	2,95	7,94	37,77
	mediaani	0,00	0,00	0,00	0,00
Kesä työaika	keskiarvo suora	6,01	46,20	127,60	375,06
	keskiarvo energiapainotettu	2,10	12,58	30,30	102,32
	mediaani	0,00	2,98	34,56	186,48
Kesä muu aika	keskiarvo suora	0,25	2,55	4,85	14,92
	keskiarvo energiapainotettu	0,11	2,95	8,01	37,05
	mediaani	0,00	0,00	0,00	0,00

Kuten jo aiemmin on mainittu, energiapainotetut keskiarvot antavat yleensä pienempiä arvoja. Tämä piti paikkansa työaikana sattuvien katkojen kohdalla, mutta työajan ulkopuolella energiapainotettu keskiarvo antoiinkin suuremman arvon. Tämä johtuu nollavastauksista sekä siitä, että osa vastaajista ei ollut arvioinut kustannuksia lainkaan työajan ulkopuolella.

Kaiken kaikkiaan vastausten hajonta oli suurta. Viidesosa vastaajista ilmoitti, ettei tunnin sähkökatko talvella työaikana aiheuta minkäänlaista taloudellista vahinkoa, kun taas neljä vastaajaa arvioi kustannusten olevan yli 1000 €/kW. Jakauma, jossa suurin osa vastauksista on pieniä, mutta joukossa muutama huomattavan iso arvio, on todettu tyypilliseksi myöskin aiemmissa tutkimuksissa, mm. vuoden 2005 KAH-tutkimuksessa (Silvast et al. 2005).

Yksittäisten vastausten hajonta on esitetty kuvassa 3.



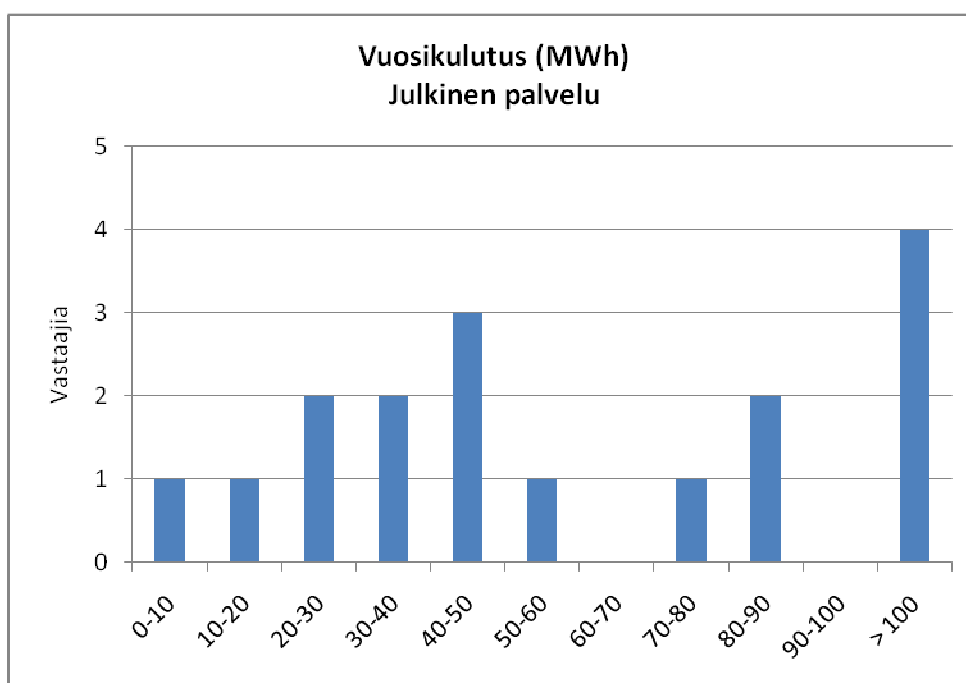
Kuva 3 Yksityisen palvelun yhden tunnin keskeytyksen kustannukset talvella työaikana. X-akselin arvot ovat luokkien ylärajat.

4.2.3 Julkinen palvelu

Julkisen palvelun vastauksia tuli yhteensä 19, joista 17 oli käyttökelpoisia. Vastaukset koostuivat neljästä erillisestä vastauksesta, sekä kahdesta vastauksesta, jossa kustannusarvio oli esitetty koko virastoa koskien. Nämä otettiin huomioon merkitsemällä

toimipaikkakohtaisiksi kustannuksiksi sama osuus ilmoitetusta summasta kuin toimipaikan vuosikulutus on koko viraston vuotuisesta sähkönkulutuksesta.

Vastaajien vuosikulutuksien jakauma oli alla olevan kuvan 4 mukainen. Otokseen kuului kaksi suurempaa kirjastoa sekä terveyskeskusta, joiden vuosikulutus on reilusti yli 100 MWh, mikä nosti keskiarvon 111 MWh:iin, vaikka loput vastaajat jäivätkin reilusti alle tämän. Vuosikulutuksen hajonta kokonaisuutena oli kuitenkin huomattavasti pienempää kuin yksityisen palvelun puolella, kun taas vuosikulutus keskimäärin noin 2,5 kertaa suurempaa. Tämä selittyy toiminnan luonteella ja toimipaikkojen koolla.



Kuva 4 Julkisen palvelun vastaajien vuosienergiat

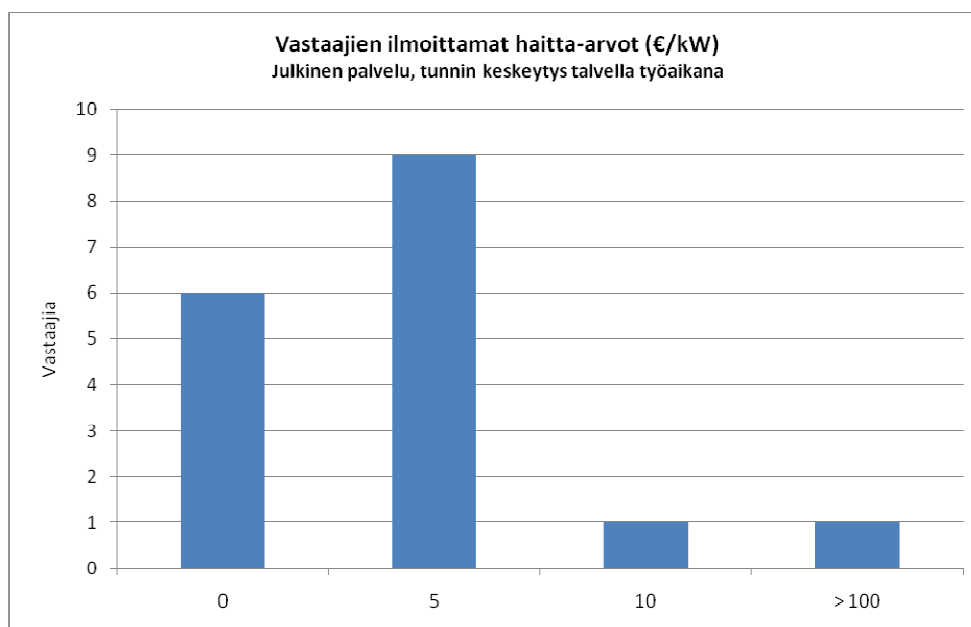
Ilmoitetut kustannukset olivat huomattavasti pienempiä verrattuna yksityiseen palveluun. Tunnin ja neljän tunnin katkokset yksityisellä sektorilla aiheuttavat kymmenkertaiset kustannukset julkiseen sektoriin nähden, kun lyhyiden katkojen kohdalla ero on vielä suurempi. Tämä selittyy pitkälti julkisen palvelun luonteella. Jos esimerkiksi päiväkodin sähköt katkeavat, se varmasti aiheuttaa hämmennystä ja ehkäpä pelkoa, mutta vain vähän varsinaista taloudellista haittaa. Samoin jos esimerkiksi lääkäriaikoja joudutaan siirtämään tuonemmaksi, merkitsee se usein vain ajallista viivästystä. Jos katkojen pituus ylittää puoli tuntia, alkaa kustannuksia syntyä myös julkisella sektorilla, mistä syystä keskiarvot

lähenevät toisiaan katkon keston pidentyessä. Toisaalta esimerkiksi kirjastojen kustannukset arvioitiin myös pitkien keskeytysten tapauksessa lähinnä imagohaitaksi. Taulukossa 8 esitetään kootusti julkisen sektorin keskeytyskustannukset huipputeholla normeerattuna.

Taulukko 8 Julkisen palvelun keskeytyskustannukset

Keskeytyskustannukset	€/kW	< 3 min	30 min	1 h	4 h
Talvi työaika	keskiarvo suora	0,04	0,47	1,80	33,97
	keskiarvo energiapainotettu	0,02	0,30	2,49	14,00
	mediaani	0,00	0,00	2,08	8,31
Talvi muu aika	keskiarvo suora	0,00	0,04	0,91	3,65
	keskiarvo energiapainotettu	0,00	0,02	2,02	8,08
	mediaani	0,00	0,00	0,42	1,66
Kesä työaika	keskiarvo suora	0,04	0,39	1,58	33,08
	keskiarvo energiapainotettu	0,02	0,25	2,37	13,53
	mediaani	0,00	0,00	1,66	6,65
Kesä muu aika	keskiarvo suora	0,00	0,08	0,87	3,47
	keskiarvo energiapainotettu	0,00	0,05	2,00	7,99
	mediaani	0,00	0,00	0,33	1,33

Koska vastanneita, toisistaan erillisiä tahoja oli julkisen palvelun puolelta varsin rajattu määrä, myös €/kW -hinnoissa oli poikkeuksellisen vähän vaihtelua. Vastausten hajonta tunnin pituisen, talvella työaikana esiintyvän katkon osalta esitetään kuvassa 5 alla.



Kuva 5 Julkisen palvelun yhden tunnin keskeytyksen kustannukset talvella työaikana. X-akselin arvot ovat luokkien ylärajat.

4.2.4 Teollisuus

Teollisuuden osalta tutkimustulokset jäivät laihanlaisiksi. Vastauksia tuli vain kaksi, ja niistäkin molemmat edustivat ompelimoja, eli hyvin pienimuotoista teollisuutta vuosikulutusten ollessa 2430 ja 3500 kWh. Näin pienellä vastausmäärällä vastauksista ei voida tehdä minkäänlaisia yleistyksiä, mutta tulokset esitetään kuitenkin alla olevassa taulukossa 9 vertailun vuoksi. Energiapainotettujen keskiarvojen huomataan olevan samaa luokkaa kuin suorien keskiarvojen, työaikana tapahtuvien pitkien katkojen osalta jopa suurempia. Tämä johtuu vain otoksen sekä vastaajien huipputehon pienuudesta.

Taulukko 9 Teollisuuden keskeytyskustannukset

Keskeytyskustannukset	€/kW	< 3 min	30 min	1 h	4 h
Talvi työaika	keskiarvo suora	3,09	12,35	110,41	521,16
	keskiarvo energiapainotettu	2,53	10,12	121,42	581,79
	mediaani	3,09	12,35	110,41	521,16
Talvi muu aika	keskiarvo suora	0,00	3,70	6,17	30,86
	keskiarvo energiapainotettu	0,00	3,04	5,06	25,30
	mediaani	0,00	3,70	6,17	30,86
Kesä työaika	keskiarvo suora	3,09	12,35	110,41	521,16
	keskiarvo energiapainotettu	2,53	10,12	121,42	581,79
	mediaani	3,09	12,35	110,41	521,16
Kesä muu aika	keskiarvo suora	0,00	3,70	6,17	30,86
	keskiarvo energiapainotettu	0,00	3,04	5,06	25,30
	mediaani	0,00	3,70	6,17	30,86

4.3 Analyttisen mallin tulokset

4.3.1 Yleistä

Kappaleessa 4.1.3 edellä esitettiin keskeytyskustannuksen laskeminen jalostusarvosta ja vuosikulutuksesta. Koska korrelaatio oli riittävä lyhyitä katkoja ja työajan ulkopuolista aikaa lukuun ottamatta, voitiin tunnusluvusta jalostusarvo/vuosikulutus laskea keskeytyskustannus eripituisille katkoille kertomalla €/kWh -muotoinen arvo katkon pituudella sekä tämän jälkeen kertoimella neljä. Lyhyiden katkojen ja työajan ulkopuolisen ajan suhteen ei voitu vakuuttua korrelaatiosta, sillä suuri osa vastauksista oli nolliä riippumatta vastaajan vuosikulutuksesta.

Käyttökelpoiset taloudelliset tunnusluvut kerättiin yhteensä 207 yritykseltä, jotka kuuluivat yksityisten palvelujen ryhmään. Muutamia yrityksiä jouduttiin karsimaan jälkikäteen, lähinnä niiden vuosikulutuksen poiketessa muusta aineistosta liian voimakkaasti. Julkisen palvelun taloudellisia tunnuslukuja ei kerätty, ja toisaalta erillisten vastausten määrä olisi ollut liian pieni korreloinnin toteamiseen. Myöskään teollisuuden osalta vastauksia ei ollut riittävästi.

Edellä kuvatulla tavalla laskettiin yksityisen palvelun keskeytyskustannukset työaikana tapahtuville 30 minuutin, yhden tunnin sekä neljän tunnin pituisille sähkökatkoille. Nämä esitetään taulukossa 10 alla. Kustannukset on laskettu huipputeholla normeeraten ja energiapainotettua keskiarvoa käyttäen, kuten on tehty myös edellä esimerkiksi taulukoissa 5 ja 7 sivuilla 26 ja 30. Kun verrataan näitä kustannuksia kyselyllä saatuihin yksityisen sektorin kustannuksiin taulukossa 7, huomataan näiden olevan yli kaksi kertaa suurempia. Ero johtuu laajemmasta aineistosta ja mm. siitä, että ensimmäisen vaiheen yksityisten palvelujen joukossa päivittäistavarakaupat muodostivat suhteellisesti huomattavasti suuremman osuuden kaikista yrityksistä kuin toisessa vaiheessa. Otoksen laajentuessa toisessa vaiheessa huomattiin näiden olevan lähes poikkeuksetta vuosikulutukseltaan ryhmän suurimmat. Näin ollen vuosikulutuksella jaettu jalostusarvo jäi selvästi suuremmaksi toisessa vaiheessa, mikä aiheuttaa myös selvästi suuremmat keskeytyskustannukset. Seuraavissa osissa kuvataan keskeytyskustannuksia vyöhykkeittäin.

Taulukko 10 Yksityisen palvelun keskeytyskustannukset vyöhykkeittäin analyttisellä mallilla

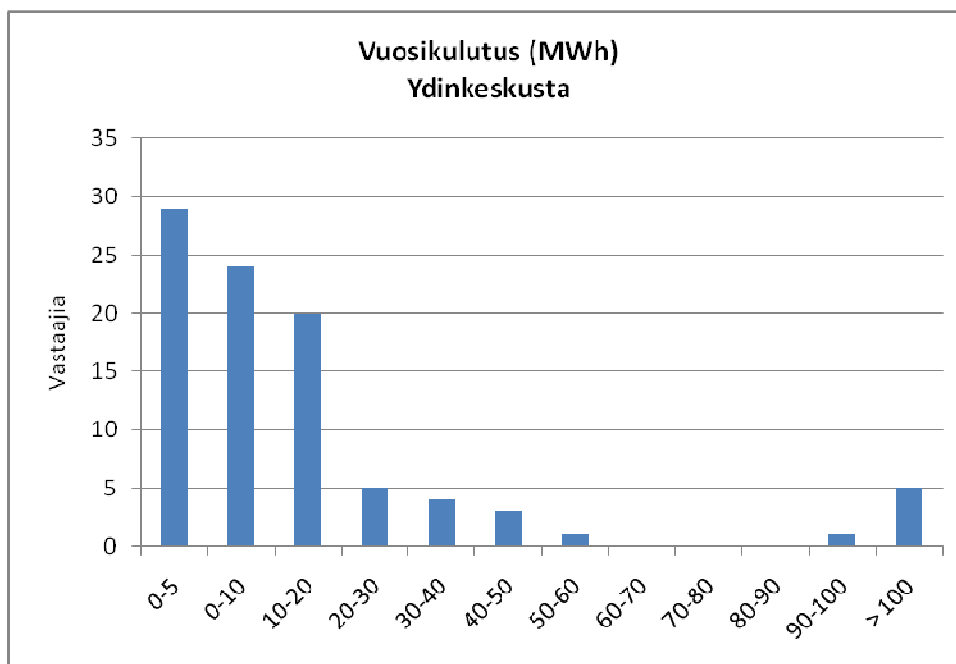
€/kW	30 min	1 h	4 h
Kaikki	32,53	65,06	260,23
ydin	47,81	95,62	382,48
kaupunki	19,02	38,03	152,12
esikaupunki	24,43	48,86	195,45

4.3.2 Ydinkeskusta

Ydinkeskustan osalta otoksen koko oli 92, ja näiden vuosikulutuksen keskiarvo 23 MWh. Liikevaihto ydinkeskustan yrityksissä oli keskimäärin 1,5 miljoonaa euroa ja jalostusarvo 559 000 euroa. Tämä vaikuttaa melko realistiselta, sillä keskustan liiketilojen pieni koko rajoittaa myös vuosikulutusta ja osin myös liikevaihtoa. Silti, kuten jäljempänä nähdään, oli liikevaihto keskustassa keskimäärin kaksi tai kolme kertaa suurempi kuin muilla

vyöhykkeillä. Otoksessa ei ollut mukana ydinkeskustan suuria tavarataloja tai muuten liikevaihdoltaan tai vuosikulutukseltaan poikkeuksellisen suuria yrityksiä, sillä nämä vaikuttaisivat keskiarvoihin liian voimakkaasti, mistä syystä ne olisi tutkittava muista erillään. Kuvassa 6 alla esitetään ydinkeskustan vuosikulutuksen jakauma.

Vuosikulutukseltaan 100 MWh:a suuremmat yritykset toimivat kaikki ravintola- tai vastaavan ravitsemustoiminnan alalla tai vähittäiskaupan alalla.



Kuva 6 Ydinkeskustan vuosienergiat

Taulukossa 11 esitetään ydinkeskustan keskeytyskustannukset työaikana tapahtuvalle katkole. Kun verrataan niitä aiempiin tuloksiin, huomataan, että ne ovat noin kaksi kertaa edellä esitetyn yksityisen sektorin keskeytyskustannusten suuruiset pisimpien katkosten osalta, lyhyempien osalta ero on vielä suurempi. Tässä luvussa on mukana siis kaikki vyöhykkeet, joten ydinkeskustan kustannukset ovat selvästi yleistä keskiarvoa korkeammat.

Taulukko 11 Ydinkeskustan keskeytyskustannukset

€/kW	30 min	1 h	4 h
Työaika keskiarvo energiapainotettu	47,81	95,62	382,48

Yhden tunnin keskeytyskustannusten jakauma on esitetty kuvassa 7 seuraavalla sivulla. Vaikka analyttisellä mallilla ei saada nollavastauksia, muistuttaa jakauma huomattavasti aiempia, kyselyyn perustuvia jakaumia. Suurimmalle osalle yrityksistä

kustannukset olivat pieniä, mutta näiden lisäksi löytyi kuitenkin vielä huomattava määrä niitä, joiden kustannukset huipputehoa kohden olivat erityisen suuria. Ydinkeskustassa tähän joukkoon kuului sekä sellaisia yrityksiä, joiden korkea jalostusarvo tekee niiden kustannuksista suuria, sekä niitä, joiden pieni vuosikulutus kasvattaa jalostusarvo/vuosikulutus -arvoa ja näin myös kustannus/huipputeho -arvoa. Joukkoon kuului mm. konsultointialan yrityksiä sekä asianajotoimisto.



Kuva 7 Ydinkeskustan yhden tunnin keskeytyksen kustannukset työaikana. X-akselin arvot ovat luokkien ylärajat.

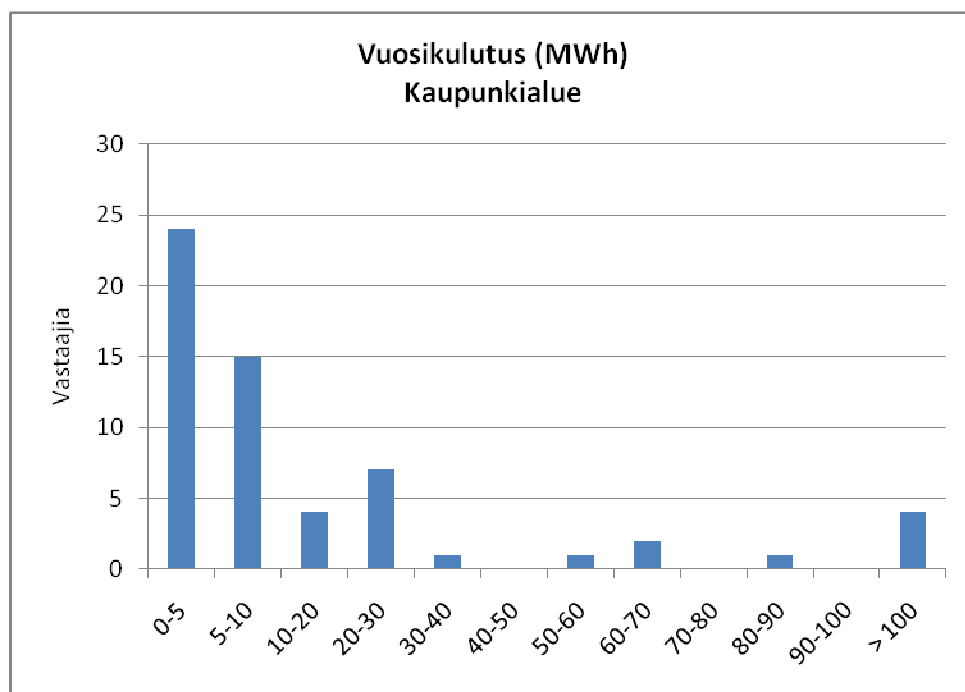
4.3.3 Kaupunkialue

Kaupunkialueen otokseen kuuluvien 59 yrityksen keskimääräinen vuosikulutus oli 26 MWh. Vuosikulutus oli siis keskimäärin samaa luokkaa kuin ydinkeskustan alueen vuosikulutus, mutta keskimääräinen liikevaihto sen sijaan oli huomattavasti pienempi 0,6 miljoonaa euroa. Myös jalostusarvo oli selkeästi matalampi, 249000 euroa. Tästä seurasi, että myös keskeytyskustannukset olivat alle puolet ydinkeskustan kustannuksiin verrattuna. Kaupunkialueen keskeytyskustannukset työaikana on esitetty seuraavalla sivulla taulukossa 12, ja yritysten vuosienergian jakauma kuvassa 8. Vuosikulutukseltaan yli 100 MWh:n asiakkaat ovat kaikki vähittäiskauppoja. Poikkeavan suurten yritysten suhteen pätee, mitä mainittiin edellä ydinkeskustan tapauksessa, eli ne tulisi tutkia erikseen. Kaupunkialueen

otoksesta jouduttiin karsimaan pois yksi urheiluhalli sen vuosikulutuksen poiketessa niin voimakkaasti muusta aineistosta.

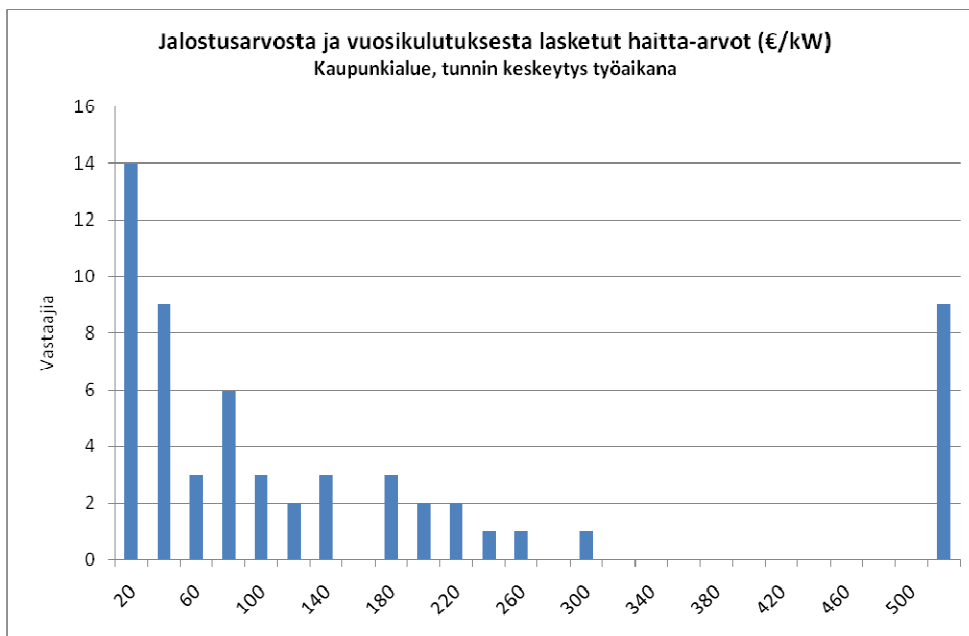
Taulukko 12 Kaupunkialueen keskeytyskustannukset

€/kW	30 min	1 h	4 h
Työaika keskiarvo energiapainotettu	19,02	38,03	152,12



Kuva 8 Kaupunkialueen vuosienergiat

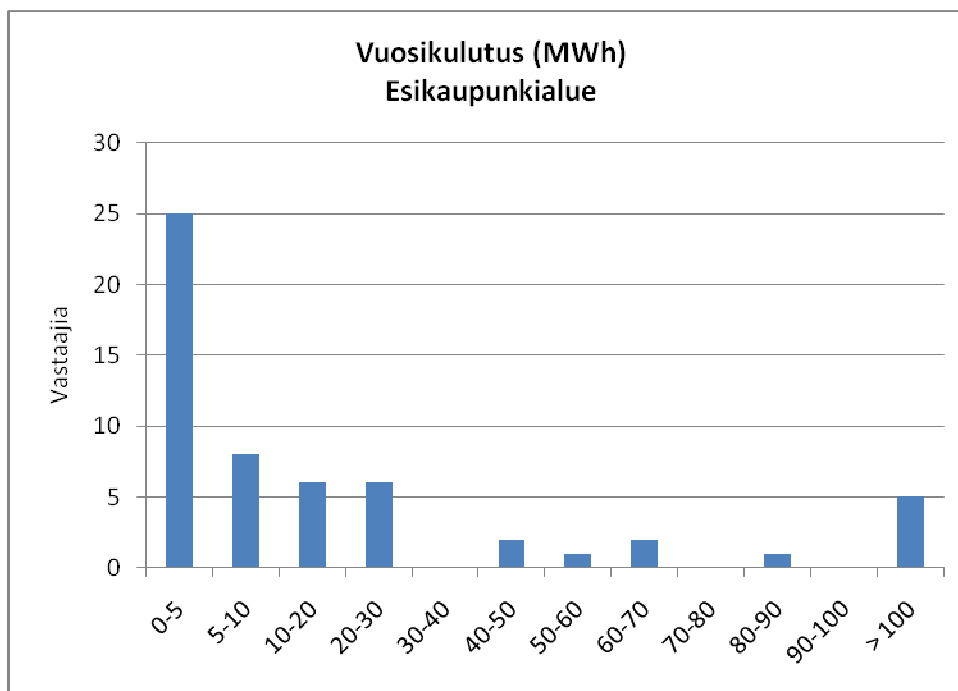
Kaupunkialueen kustannusten jakauma on esitetty kuvassa 9 seuraavalla sivulla. Havaitaan, että kustannusjakauma muistuttaa jossakin määrin edellä nähtyjä, joskin pienempien ja suurempien arvojen välillä on isohko väli, johon ei osu yritystä. Suurimpien kustannusten yritykset ovat sekalainen joukko, johon kuuluu mm. työvoimanvuokraustoimintaa, konsultointia ja lääkäri- ja hammaslääkäritoimintaa.



Kuva 9 Kaupunkialueen yhden tunnin keskeytyksen kustannukset työaikana. X-akselin arvot ovat luokkien ylärajat.

4.3.4 Esikaupunkialue

Esikaupunkialueen otoskoko oli 56. Keskimääräinen vuosikulutus 26 MWh ja liikevaihto 0,9 miljoonaa euroa. Yritykset olivat siis liikevaihdoltaan hiukan suurempia kuin kaupunkialueella keskimäärin, mutta selvästi pienempiä kuin ydinkeskustassa. Keskimääräinen vuosikulutus sen sijaan oli kaikilla vyöhykkeillä samaa suuruusluokkaa. Selkeän eron ydinkeskustan ja kaupunkialueen asiakasrakenteeseen tekivät mm. rakennusalan yritykset sekä moottoriajoneuvojen kauppa, joita esiintyi vain tällä alueella. Toisaalta muuta vähittäiskauppaa esiintyi huomattavasti vähemmän. Suurimman kulutuksen yrityksen toimivat kuitenkin vähittäiskaupan alalla, kuten muillakin vyöhykkeillä. Seuraavan sivun kuvassa 10 esitetään esikaupunkialueen vuosikulutusten jakauma.



Kuva 10 Esikaupunkialueen vuosienenergiat

Esikaupunkialueen keskeytyskustannukset osoittautuivat odotetusti selkeästi ydinkeskustaa pienemmiksi ja jonkin verran kaupunkialuetta pienemmiksi. Keskimääräiset kustannukset työajalla sattuneelle keskeytykselle on esitetty taulukossa 13 alla.

Taulukko 13 Esikaupunkialueen keskeytyskustannukset

€/kW	30 min	1 h	4 h
Työaika keskiarvo energiapainotettu	24,43	48,86	195,45

Kuten edellä on todettu muistakin vyöhykkeistä, myös esikaupunkialueen keskeytykset jakautuvat tuttuun tapaan niin, että suurimmalla osalla yrityksistä kustannukset ovat melko pieniä. Suuria kustannuksia sen sijaan esiintyy hiukan enemmän kuin muilla vyöhykkeillä, ja nämä ovatkin pääosin juuri muilta vyöhykkeiltä puuttuvien rakennusalan yritysten keskeytyskustannuksia. Kustannusjakauma yhden tunnin katkon osalta on esitetty kuvassa 11 seuraavalla sivulla.



Kuva 11 Esikaupunkialueen yhden tunnin keskeytyksen kustannukset työaikana. X-akselin arvot ovat luokkien ylärajat.

4.4 Tulosten vertailu edelliseen tutkimukseen

4.4.1 Yleistä

Merkittävä ero vuoden 2005 tutkimukseen oli se, että vastaajien vuosienergia ja huipputeho olivat pääsääntöisesti huomattavan pieniä (Silvast et al. 2005). Koska kysely tehtiin vain Helsingin alueella ja vastauksista suurin osa oli ydinkeskustan alueelta, on tämä ymmärrettävää. Enemmän energiaa tarvitseva toiminta tarvitsee yleensä myös enemmän tilaa, jota keskustassa on rajoitetusti, tai ainakin se on kallista.

Vuoden 2005 raportissa päädyttiin toteamaan, että KAH-arvoja voidaan päivittää 5-10 vuoden tähtämellä kuluttajahintaindeksiin sidottuna. Teollisuuden osalta myös sähkön kulutuksen kasvu ja bruttokansantuote kehittyvät samassa tahdissa keskeytyskustannusten kanssa. Tämän tutkimuksen osalta vuoden 2005 arvojen indeksoiminen ja vertaaminen uusiin arvoihin osoittautui kuitenkin tarpeettomaksi, sillä tutkimuksen rajaaminen kaupunkialueeseen tuotti varsin erisuuruisia kustannuksia.

Tässä tutkimuksessa käsiteltiin vain osaa vuoden 2005 tutkimuksen asiakasryhmistä, yksityistä palvelua, julkista palvelua sekä teollisuutta. Seuraavissa osissa verrataan tuloksia

4.4.3 Julkinen palvelu

Julkisen palvelun osalta ero vuosikulutuksissa ei ollut aivan yhtä suuri kuin yksityisten tapauksessa, vaikka merkittävä onkin. Tämän tutkimuksen keskimääräinen 111 MWh:n kulutus oli vajaa neljännes vuoden 2005 tutkimuksen keskikulutuksesta. Tähän vaikuttaa mm. se, että otokseen ei sattunut esimerkiksi yhtään suurempaa sairaalaa.

Taulukosta 15 nähdään, että tämän tutkimuksen kustannusarviot ovat vain murto-osa vuoden 2005 tutkimuksesta. Tähän vaikuttaa mm. edellä mainittu suurien sairaaloiden puuttuminen sekä kirjastojen suhteellisen suuri osuus tässä tutkimuksessa. Otokseen sattuneilla terveysasemilla ei ehkä ole esimerkiksi varavoimaa käytössä, ja kirjaston toimipisteiden haitta ilmoitettiin imagohaitaksi, ei niinkään rahalliseksi kustannukseksi.

Taulukko 15 Yksityisen palvelun keskeytyskustannusten vertailua

Keskiarvot Julkinen palvelu		2010				2005			
		< 3 min	30 min	1 h	4 h	2 min	15 min	1 h	4 h
Talvi työaika	suora	0,04	0,47	1,80	33,97	3,10	9,20	34,30	123,90
	energiapainotettu	0,02	0,30	2,49	14,00	2,60	2,90	13,60	52,10
	mediaani	0,00	0,00	2,08	8,31	0,00	1,50	5,50	21,90
Talvi muu aika	suora	0,00	0,04	0,91	3,65	1,40	6,50	22,00	60,30
	energiapainotettu	0,00	0,02	2,02	8,08	1,00	1,70	4,40	13,70
	mediaani	0,00	0,00	0,42	1,66	0,00	0,30	2,60	8,30
Kesä työaika	suora	0,04	0,39	1,58	33,08	4,50	12,80	25,20	77,10
	energiapainotettu	0,02	0,25	2,37	13,53	2,70	2,90	10,30	22,60
	mediaani	0,00	0,00	1,66	6,65	0,00	1,40	4,90	16,70
Kesä muu aika	suora	0,00	0,08	0,87	3,47	2,90	11,90	17,00	38,30
	energiapainotettu	0,00	0,05	2,00	7,99	1,00	1,80	3,80	11,50
	mediaani	0,00	0,00	0,33	1,33	0,00	0,30	2,10	7,70

4.5 Lyhyiden katkojen aiheuttama haitta ja tulonmenetysten korvattavuus sekä vapaa palaute

Lomakkeen lopussa kysyttiin myös lyhyiden katkojen aiheuttaman toiminnan keskeytymisen pituutta sekä sitä, kuinka suuri osa tulonmenetyksistä on korvattavissa myöhemmin. Lisäksi lomakkeen alalaidassa oli tilaa vapaalle palautteelle. Tässä osassa käsitellään lyhyesti näiden kysymysten tulokset sekä vapaan palautteen sisältö.

Toiminnan keskeytymisen pituudelle oli varattu vapaa tila, joten vastauksia jouduttiin muokkaamaan hiukan. Monet vastasivat kysymyksenasettelun mukaisesti ”< 3 min”, mikä merkittiin kolmeksi minuutiksi. Jos taas vastaus oli vaihteluväli, merkittiin sen keskimäinen luku. 122 vastaajasta 82 oli vastannut tähän, ja keskiarvoksi muodostui noin 10 minuuttia. Vastaajista 20 ilmoitti, ettei lyhyt katko aiheuta lainkaan keskeytystä toiminnassa, kun yksi laskentatoimen, kirjanpidon ja tilintarkastuksen alalla toimivista vastaajista toisaalta ilmoitti sen keskeyttävän toiminnan tunniksi. Mitään selvää eroa ei voitu tehdä niiden asiakasryhmien välillä, joiden toimintaa katko ei keskeytä ja toisaalta niiden, joilla se keskeyttää toiminnan pidemmäksi aikaa. Vaikka esimerkiksi arkkitehti- ja insinööripalveluiden ja niihin liittyvän teknisen konsultoinnin alan edustajia sattui kolme 10–15 minuutin keskeytyksen ryhmään, oli yksi saman alan yritys myös niiden joukossa, jotka ilmoittivat, ettei lyhyt katko keskeytä toimintaa. Myöskään vuosikulutuksella ei ole vaikutusta lyhyen katkon aiheuttaman toiminnan keskeytyksen pituuteen.

Tulonmenetysten korvattavuutta koskevaan kysymykseen saatiin 92 vastausta, joista laskettiin, että keskimäärin 62 % tulonmenetyksistä on korvattavissa myöhemmin. Vaihtoehtoina oli annettu 0 %, 25 %, 50 %, 75 % ja 100 %. Lähes puolet ilmoitti, että menetykset ovat täysin korvattavissa, kun reilun neljänneksen kohdalla tulonmenetyksiä ei pystytä korvaamaan jälkikäteen lainkaan. Korvattavien ryhmään kuului esimerkiksi julkisen palvelun terveys- ja sosiaalipalvelut kun taas korvauksetta jääviä olivat esimerkiksi monet vähittäiskaupan alalla toimivat yritykset. On muistettava, että tulonmenetykset ovat vain osa keskeytyksen aiheuttamista kustannuksista, sillä vaikka ne korvattaisiin jälkikäteen, voi kustannuksia vielä jäädä esim. palkoista ja pilaantuneista materiaaleista.

Vapaata palautetta tuli monenlaista, yhteensä 67 vastaajaa oli kommentoinut joko kyselyä tai sähköjakelua ylipäättään. Yleisin kommentti oli, ettei sähkökatkoja ole ollut (17 kpl), tai että ne eivät aiheuta minkäänlaisia kustannuksia (18 kpl). Myös vastakkaisia näkemyksiä oli, eli kommentoitiin sitä, ettei sähkökatkon aikana pystytä tekemään mitään (4 kpl). Muu vapaa palaute koski lähinnä arvioinnin vaikeutta. Lisäksi monet selittivät, mistä kustannukset koostuvat, tai kertoivat kokemuksia viimeaikaisista sähkökatkoista. Muutamat sähkökatkoilta välttyneet kiittivät onneaan, ja kiittipä joku jopa sähköverkkoyhtiötä.

5 Yhteenveto

Tässä diplomityössä nousi esiin monia KAH-tutkimuksen ongelmia, mistä johtuen tutkimuksen alkuperäistä tavoitetta ei täysin saavutettu. Tarkoituksena oli selvittää sähkönjakelun keskeytyksistä asiakkaalle aiheutuvat kustannukset kaupunkialueella Helsingissä, keskittyen palvelualueeseen, julkiseen sektoriin ja pk-teollisuuteen. Kuitenkin erityisesti pk-teollisuuden osalta vastausten määrä jäi niin pieneksi, ettei tuloksia voida pitää tilastollisesti merkittävänä. Myöskään indeksoinnin toimivuutta KAH-arvojen päivittämisessä ei voitu selvittää uuden tutkimuksen aluerajauksen poiketessa niin merkittävästi edellisestä. Sen sijaan taloudellisen toiminnan laajuutta onnistuttiin vertaamaan ilmoitettuihin keskeytyskustannuksiin yksityisten palvelujen osalta, minkä perusteella voitiin tutkimuksen otosta laajentaa analyyttisen mallin avulla. Alkuperäisen aineiston pienuus ja mahdollinen siitä johtuva epäedustavuus on kuitenkin hyvä muistaa tuloksia arvioitaessa.

Tämän tutkimuksen kokemusten ja tulosten perusteella voidaan suositella, että seuraavassa laajassa KAH-tutkimuksessa turvaututaan analyyttiseen malliin. Suurin syy tähän on asiakkaiden vaikeus arvioida kustannuksia luotettavasti. Muutamia parannuksia olisi kuitenkin hyvä tehdä: Tutkimuksen ensimmäisen osan aineisto, johon analyyttinen osa perustuu, tulisi koota huolella. Parhaiten tämä onnistuisi haastattelututkimuksella, sillä postikyselyihin ei vastata kovinkaan aktiivisesti. Avoimeksi jää myös se, mikä ero on niiden asiakkaiden välillä, jotka vastaavat, ja niiden, jotka jättävät vastaamatta.

Wacker ja Billington ovat todenneet asiakaskyselyn heikkoudet sellaisten asiakasryhmien kohdalla, joiden kustannukset eivät ole yksinkertaisesti määritettävissä esimerkiksi menetetyyn myyntiin tai pilaantuneiden raaka-aineiden avulla (Wacker & Billington 1989). Tämän tutkimuksen osalta ainakin julkiset palvelut voidaan laskea kuuluvaksi tähän ryhmään, mutta erityisesti sellaisilla alueilla, joilla keskeytykset eivät ole yleisiä, poikkeavaa metodologia voitaisiin soveltaa kaikkiin muihinkin asiakasryhmiin.

Lisäksi poikkeavat asiakkaat olisi tutkittava muista erillään. Sullivan kumppaneineen totesi jo vuonna 1997 toteutetussa tutkimuksessa, että suuret asiakkaat tulisi tutkia erikseen, sillä

näillä asiakaskohtaiset kustannukset vaihtelevat niin paljon, että keskiarvoisten keskeytyskustannusten käyttäminen aiheuttaa merkittävän virheen lopputulokseen. (Sullivan et al. 1997). He muodostivat haastattelujen ja haastateltujen yritysten muiden tunnusmerkkien perusteella regressiomallin, jota sovellettiin sitten niihin yrityksiin, jotka eivät olleet mukana haastateltujen joukossa. Tämä lienee suositeltavin metodi edelleen.

Kaiken kaikkiaan kysymys keskeytysten asiakkaalle aiheuttamista haitoista on aina ajankohtainen ja mielenkiintoinen. On punnittava tapauskohtaisesti, kuinka tarkka malli halutaan, sillä kompromisseja joudutaan väistämättä tekemään, ellei sitten tutkita jokaista asiakasta erikseen. On kuitenkin hyvä muistaa, että kuten Lappeenrannan teknillisen yliopiston raportissa vuodelta 2006 mainitaan jo johdannossa: Sähköverkkoalan suunnittelun aikajänne on pitkä, eikä tulosten absoluuttinen tarkkuus ole sovellusten kannalta yhtä kriittinen tekijä kuin monella muulla alalla, vaikka siihen toki tulee pyrkiä (Honkapuro et al. 2006).

Viitteet

- Cigre Task Force. 2001. Methods to consider customer interruption costs in power system analysis. 38.06.01.
- Energiamarkkinavirasto. 2007. Sähkön jakeluverkkotoiminnan hinnoittelun kohtuullisuuden arvioinnin suuntaviivat vuosille 2008-2011. Dnro 154/422/2007.
- Energiamarkkinavirasto. 2009. Tiekartta 2020 -hanke. Sähköverkkotoiminnan megatrendit 2010-luvulla. Dnro 96/040/2009. Saatavissa: http://www.emvi.fi/files/Sahkoverkkotoiminnan_megatrendit_vuoteen_2020.pdf
- Gates, J., Wacker, G., Billinton, R. 1995. Development of Customer Survey Instruments for Reliability Worth Evaluation in Electric Power Systems. Teoksessa: IEEE Conference Proceedings of WESCANEX 95. Communications, Power, and Computing. Winnipeg. s. 12-17.
- Gillham, B. 2007. Developing a Questionnaire. 2nd ed. New York, Continuum International Publishing Group.
- Herman, R., Gaunt, C.T. 2008. Direct and Indirect Measurement of Residential and Commercial CIC: Preliminary findings from South African Surveys. Teoksessa: Proceedings of the 10th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, 2008. PMAPS '08. Rincon. s. 1-7
- Honkapuro, S., Tahvanainen, K., Viljainen, S., Lassila, J., Partanen, J., Kivikko, K., Mäkinen, A., Järventausta, P. 2006. DEA-mallilla suoritettavan tehokkuusmittauksen kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: www.energiamarkkinavirasto.fi
- Honkapuro, S., Tahvanainen, K., Viljanen, S., Partanen, J., Mäkinen, A., Verho, P., Järventausta, P. 2007. Keskeytystunnuslukujen referenssiarvojen määrittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavissa: www.energiamarkkinavirasto.fi
- Hyvärinen, M. 2008. Electrical Networks and Economies of Load Density. Väitöskirja. Teknillinen korkeakoulu, Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta. Espoo Saatavissa: <http://lib.tkk.fi/Diss/2008/isbn9789512296583>
- Kariuki, K.K., Allan, R.N. 1996. Factors Affecting Customer Outage Costs Due to Electric Service Interruptions. Teoksessa: IEE Proceedings of Generation, Transmission and Distribution. Vol. 143, No. 6. s. 521-528
- Kjølle, G.H., Samdal, K., Singh, B., Kvitastein, O.A. 2008. Customer Costs Related to Interruptions and Voltage Problems: Methodology and Results. Teoksessa: IEEE Transactions on Power Systems. Vol 23, No. 3. s. 1030-1038

Mäkinen, A., Bastman, J., Järventausta, P., Verho, P., Repo, S., Honkapuro, S., Partanen, J. 2009. Sähkösiirtoverkon häiriökeskeytysten aiheuttaman haitan arvioinnissa käytettävien parametrien päivittäminen. Tampereen teknillinen yliopisto ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: www.fingrid.fi

Silvast, A., Heine, P., Lehtonen, M., Kivikko, K., Mäkinen, A., Järventausta, P. 2005. Sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva haitta. Teknillinen korkeakoulu, Tampereen teknillinen yliopisto.

Suifeng, W., Qian, R., Yongjun, Z. 2007. Interruption Cost Evaluation for Distribution System Reliability Using Analytical and Statistical Technique. Teoksessa: Power Engineering Conference, 2007. IPEC 2007. International. Singapore. s. 822–826.

Sullivan, M.J., Vardell, T., Johnson, M. 1997. Power Interruption Costs to Industrial and Commercial Consumers of Electricity. Teoksessa: IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 33, No. 6. s. 1448–1458

Wacker, G., Billinton, R. 1989. Customer Cost of Electric Service Interruptions. Teoksessa: Proceedings of the IEEE. Vol 77, No. 6. s. 919–930.

Liitteet

Liite 1: Kyselylomake



8.3.2010

SÄHKÖNJAKELUN KESKEYTYKSESTÄ AIHEUTUVAN HAITAN ARVIOINTI

Suomessa tehtiin kansallinen, sähkönjakelun keskeytyksistä aiheutuvan taloudellisen haitan arviointiin liittyvä tutkimus vuonna 2005. Nyt Helen Sähköverkko Oy ja Teknillinen korkeakoulu tekevät jatkotutkimusta keskittyen kaupunkialueella toimiviin julkisen sektorin toimijoihin, palveluihin ja teollisuuteen.

Luotettavan sähkönjakelun merkitys kasvaa jatkuvasti. Kuitenkin keskeytyksiltä on mahdotonta välttyä kokonaan, sillä sähköverkon vikojen lisäksi niitä aiheuttavat myös sähköverkon vaatimat huoltotyöt. Tässä tutkimuksessa pyritään kohdistamaan ja tarkentamaan keskeytyksistä asiakkaille aiheutuvaa haittaa ja sen rahallista arvoa. Tutkimuksen tulokset antavat verkonhaltijalle arvokasta tietoa käyttövarmuuteen liittyvien investointisuunnitelmien pohjaksi.

Asiakasnäkökulma on toimitusvarmuuden kehittämisen kannalta ensiarvoisen tärkeää. Toivomme, että vastaatte oheiseen kyselyyn ja palautatte kaavakkeen palautuskuoressa kahden viikon kuluessa. Tulokset käsitellään luottamuksellisesti. Julkaistavista tuloksista muodostetaan keskiarvoja, joista ei voi päätellä yksittäisiä vastauksia. Jos teillä on tutkimukseen liittyviä kommentteja, kirjoittakaa ne kyselykaavakkeen lopussa olevaan tilaan. Tutkimukseen liittyviin kysymyksiin vastaa Jonna Jääskeläinen, jonna.jaaskelainen@tkk.fi, puhelin 09-470 25833.

Ystävällisin terveisin,

Helen Sähköverkko Oy
Osmo Siirto
Yksikönpäällikkö

Teknillinen korkeakoulu
Jonna Jääskeläinen
Tutkimusapulainen

Kyselyn tavoitteena on selvittää asiakkaalle aiheutuvan haitan suuruuden riippuvuutta taloudellisen toiminnan laajuudesta. Tietojen kohdentamisen onnistumiseksi on erityisen tärkeää, että vastaatte seuraaviin taustatietokysymyksiin.

Arvio vuosittaisesta sähkönkulutuksesta joko energiana (kWh/vuosi) tai sähkölaskun

kokonaissummana (€/vuosi): _____

Vuosittainen liikevaihto/budjetti (€): _____

Mikäli teillä on useampia toimipaikkoja, huomioikaa, että sähkönkulutuksen ja liikevaihdon tulisi koskea samaa liiketoiminnan laajuutta, esim. yhtä tai useampaa toimipaikkaa. Myös kääntöpuolella kysyttävät kustannukset koskevat tätä samaa toimintaa.

Asiakkaan kokemat sähkökatkot ovat joko odottamattomia tai ennalta ilmoitettuja sähkökatkoja. Odottamattomat sähkökatkot johtuvat yleensä erilaisista verkon vioista tai häiriöistä.

Kuinka suuret ovat odottamattoman sähkökatkon teille aiheuttamat taloudelliset tappiot euroina eri vuodenaikoina katkon keston vaihdelta? Kustannuksia voi muodostua esim. ylityökorvauksista, menetytyistä myyntituloista, pilaantuneista elintarvikkeista, laitevaurioista sekä kolmannelle osapuolelle aiheutuvista kuluista. Huomioikaa erityisesti myös toiminnan katkeamisesta aiheutuvat kulut, jos esimerkiksi toimitilat joudutaan tyhjentämään katkon ajaksi. Huomatkaa, että taulukossa on erikseen kohdat työaikana ja sen ulkopuolella sattuville katkoille.

Sähkökatkon kesto	Katkon ajankohta			
	talvi		kesä	
	työaikana	muu aika	työaikana	muu aika
< 3 min				
30 min				
1 tunti				
4 tuntia				

Kuinka pitkän keskeytyksen lyhyt (< 3 min) katko aiheuttaa toimintaanne? _____

Kuinka suuri osa katkon aikana syntyneistä tulonmenetyksistä on korvattavissa myöhemmin?

- 100 %
 75 %
 50 %
 25 %
 0 %

Palaute, vapaa teksti.

KIITOS OSALLISTUMISESTANNE KYSELYYN!

Liite 2: Kertoimen määrittäminen

Alkuperäiset, kyselyllä saadut keskeytyskustannukset €/kW yksityiselle palvelulle, normeeraustekijä huipputeho

		< 3 min	30 min	1 h	4 h
Työaika	keskiarvo suora	6,01	47,09	129,40	429,57
	keskiarvo energiapainotettu	2,10	12,72	30,65	165,43
	mediaani	0,00	2,98	34,56	211,32

Kyselyyn vastanneiden yritysten (jalostusarvo/vuosikulutus)*keskeytyksen pituus €/kW

		< 3 min	30 min	1 h	4 h
Työaika	keskiarvo suora	1,31	13,09	26,18	104,72
	keskiarvo energiapainotettu	0,29	2,94	5,87	23,48
	mediaani	0,38	3,77	7,53	30,14

Energiapainotettujen keskiarvojen kerroin: 4,33 5,22 7,04

Neljän tunnin keskeytyksen kerroin 7,04 vaikuttaa suurelta. Aineiston rajattu määrä huomioon ottaen 4 on realistinen arvo kertoimelle.

PRH:sta kerätty lisäaineisto: (jalostusarvo/vuosikulutus)*keskeytyksen pituus €/kW

		30 min	1 h	4 h
Työaika	Kaikki	8,13	16,26	65,06
	ydin	11,95	23,91	95,62
	kaupunki	4,75	9,51	38,03
	esikaupunki	6,11	12,22	48,86

-> kerroin 4

		30 min	1 h	4 h
Työaika	Kaikki	32,53	65,06	260,23
	ydin	47,81	95,62	382,48
	kaupunki	19,02	38,03	152,12
	esikaupunki	24,43	48,86	195,45