



KUOPION ENERGIAN VIESTIVERKON KARTOITUS JA KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

Ville Nyssönen

**Elektroniikan koulutusohjelma
Sulautetut järjestelmät**

Hyväksytty ____ . ____ . ____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Elektroniikan koulutusohjelma

Tekijä

Ville Nyysönen

Työn nimi

Kuopion Energian viestiverkon kartoitus ja kehittäminen

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

15.2.2011

Sivumäärä

87 + 3

Työn valvoja

Lehtori Jyri Tuovinen

Yrityksen yhdyshenkilö

Kehityspäällikkö Lauri Siltanen

Yritys

Kuopion Energia

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää Kuopion Energian viestiverkon nykytila sekä muuntamot, joissa ei sillä hetkellä ollut viestiverkkoyhteyttä. Valtioneuvoston antaman etäluenta-asetuksen täyttämiseksi näille muuntamoille pitää rakentaa viestiverkkoyhteys. Lisäksi tehtävänä oli tutkia viestiverkon tulevien tarpeiden perusteella sopivin muuntamokohtainen viestiverkkoyhteys.

Yhteydettömät muuntamot saatiin selville Xpower-verkkotietojärjestelmän avulla. Muuntamokohtaisen yhteyden valinta tehtiin kahden eri yhteystekniikan väliltä ja yhteyden valinta perustui kustannusten optimointiin. Lisäksi työssä selvitettiin edullisin valokuidun asennustapa.

Lopputyön tuloksena saatiin selville yhteydettömät muuntamot sekä edullisin muuntamokohtainen viestiverkkoyhteys. Työn johdosta WiMAX-verkon rakentaminen aloitettiin Kuopion Energian sähköverkon jakelualueella. Edullisimmaksi valokuidun asennustavaksi osoittautui asennus muun sähköverkon rakentamisen yhteydessä.

Avainsanat

viestiverkko, kuitu, etäluenta, WiMAX

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Electronics

Author

Ville Nyysönen

Title of Project

Mapping and Development of Kuopio Energy's Information Network

Type of Project

Final Project

Date

February 15, 2011

Pages

87 + 3

Academic Supervisor

Mr Jyri Tuovinen, Lecturer

Company Supervisor

Mr Lauri Siltanen, Development Manager

Company

Kuopio Energy

Abstract

The purpose of this thesis was to examine Kuopio Energy's information network and trace all the transformer substations without an information network. The Government's new Regulation demands that all substations must be provided with automatic meter reading technology. Another purpose was to choose the most appropriate information network for each transformer substation.

The transformer substations with no connection were tracked down with a network information system called Xpower. The network selection for substations was made between two connection technologies based on the network's future needs, cost-effectiveness and ease to build. The cheapest installation method for the optical fibre cable was also found out.

As a result of this thesis the transformer substations with no connection were tracked down and listed. The cheapest connection network technology for transformer substations was also calculated. On the basis of this thesis the buildings of the WiMAX-network was started in autumn 2010 in Kuopio Energy's electricity distribution area. The most cost-effective method for the optical fibre cable installation proved to be the installation with the grid construction.

Keywords

information network, optical fibre, AMR, WiMAX

Confidentiality

public

ALKUSANAT

Sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön Kuopion Energian Liikelaitoksen, sähköverkko-osastolle. Työn aiheen sain kehityspäällikkö Lauri Siltaselta, joka on toiminut opinnäytetyön ohjaajana Kuopion Energian Liikelaitoksen puolelta. Oppilaitoksen puolelta työtä on valvonut lehtori Jyri Tuovinen. Työn tekeminen oli laajuutensa vuoksi varsin haasteellista, mutta erittäin mielenkiintoista. Olen kiitollinen siitä, että sain työskennellä mukavien ja asiantuntevien energia-alan ammattilaisten parissa. Tahdon kiittää Kuopion Energian Liikelaitoksen henkilökuntaa, joilta olen saanut asiantuntevia neuvoja, opastusta ja kannustusta työn valmiiksi saattamiseksi. Erityisesti tahdon kiittää DI Lauri Siltasta, sekä lehtori Jyri Tuovista ammattimaisesta ja asiantuntevasta työn ohjauksesta. Viimeiseksi tahdon lausua erityiskiitokset puolisololleni Minnalle kaikesta avusta ja kannustamisesta, joita olen opintojeni varrella saanut.

Kuopiossa 15.2.2011

Ville Nyssönen

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn määrittäminen ja rajaus	6
1.2	Työn aikataulu	6
2	KUOPION ENERGIA.....	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Kuopion Energia lukuina	8
3	SÄHKÖN ETÄLUENTA JA MITTAUS.....	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta	11
3.3	Etäluentajärjestelmän keskeisimmät komponentit.....	13
3.3.1	<i>Kotitaloussähkömittari, Enermet EI20LiME.....</i>	14
3.3.2	<i>Keskitin, Enermet EMPC100i.....</i>	16
3.3.3	<i>Toistin, Enermet ERE2</i>	18
3.4	Etäluennan toimintaperiaate	19
3.5	Etäluennan hyödyt	21
4	SÄHKÖVERKON KÄYTÖNVALVONTA JA VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ	22
4.1	Yleistä	22
4.2	MicroSCADA Kuopion Energialla.....	22
4.3	MicroSCADAlla ohjattavat ja valvottavat kohteet	24
4.4	Teklan verkkotietojärjestelmä Xpower	25
4.4.1	<i>Sähköverkon pj-puolen tila tietojen tuominen Xpoweriin</i>	25
5	KUPARIKAAPELI TIEDONSIIRROSSA	26
5.1	Yleistä	26
5.2	Yleisimmät xDSL-standardit.....	27
5.3	Kupariverkon tekniikat Kuopion Energialla	28

6	KUITUVERKOT ELI LÄHIVERKOT	29
6.1	Yleistä	29
6.2	Yleisimmät valokuitujen verkkotopologiat	30
6.2.1	<i>Rengastopologia</i>	30
6.2.2	<i>Puutopologia</i>	31
6.2.3	<i>Tähtitopologia</i>	31
6.3	Kuituverkon tekniikat	32
6.4	Kuituverkkojen tulevaisuus	32
6.4.1	<i>PON-standardit</i>	33
6.4.2	<i>PON-tekniikoiden käyttäminen Kuopion Energialla</i>	33
7	WiMAX-TEKNIikka	34
7.1	Yleistä	34
7.2	Toimintaperiaate ja arkkitehtuuri	35
7.3	Verkon kapasiteetti	39
7.4	Käytettävät taajuusalueet	39
7.5	WiMAX- standardin ylläpito.....	39
7.6	Tietoturva	40
7.7	Tulevaisuuden näkymiä	41
7.8	Viestintävirasto, radiolupa	43
7.8.1	<i>Kuopion Energian oma luvanvarainen radiotaajuusalue</i>	43
7.9	WiMAX osaksi Kuopion Energian viestiverkkoa?.....	44
8	VIESTIVERKON NYKYTILAN KARTOITTAMINEN	45
8.1	Kartoituksen lähtökohdat	45
8.1.1	<i>Nykyinen GPRS-järjestelmä</i>	45
8.1.2	<i>Etäluennan testialue</i>	46
8.2	Kartoituksen toteutus	48
8.2.1	<i>Xpowerin käyttö kartoituksessa</i>	48
8.3	Kartoituksen yhteenvetoa	49

	4
8.3.1	<i>Muuntamoiden jakautuminen</i>51
8.3.2	<i>Kaapelointien jakautuminen</i>53
8.3.3	<i>Yhteydettömät muuntamot</i>57
8.3.4	<i>Esimerkki viestiverkon kartoituksesta</i>58
9	WiMAX-VERKON MÄÄRITTELY JA SUUNNITTELU61
9.1	Lähtökohdat.....61
9.2	WiMAX-verkon peittoalueen suunnittelu ja mallinnus62
10	WiMAX YHTEYDEN RAKENTAMINEN JA TESTAAMINEN65
10.1	Lähtökohdat.....65
10.2	WiMAX- verkon testausta Pitkälähdessä.....66
10.2.1	<i>Yleiskuvaus</i>66
10.2.2	<i>Lämpökeskuksen tukiasemapistet</i>67
10.2.3	<i>CPE asiakaspäätelaitteisto muuntamolla</i>69
11	MUUNTAMOKOHTAISTEN VIESTIVERKON KUSTANNUKSIEN MUODOSTUMINEN71
11.1	Laskennan lähtökohtien määrittäminen71
11.2	Kuitu-muuntamon kokoonpano ja kustannukset72
11.2.1	<i>Kuituverkon kokonaiskustannukset yhteydettömien muuntamoiden osalta</i>74
11.3	Vaihtoehtoiset kuidun asennustavat ja kustannukset76
11.4	WiMAX-muuntamon kokoonpano ja kustannukset77
11.4.1	<i>WiMAX-verkon kokonaiskustannukset yhteydettömien muuntamoiden osalta</i> .78
12	EHDOTUS MUUNTAMOKOHTAISEKSI YHTEYDEKSI80
13	YHTEENVETO JA POHDINTA83
	LÄHDELUETTELO.....86
	LIITTEET.....88
	LIITE 1: Viestiverkon kustannuksien muodostuminen Rönön alueella.....88

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarve tuli ilmi, kun valtioneuvosto antoi asetuksen koskien energiayhtiöiden asiakkaiden sähkömittareiden etäluenta. Sähkömittareiden etäluenta eli siirtyminen reaaliaikaiseen tuntiperustaiseen energian mittaamiseen, tuo mukanaan monia etuja verkkoyhtiöille ja kuluttajille. Se myös luo painetta energiayhtiöiden viestiverkoille, joiden täytyy pystyä siirtämään suuri määrä asiakkaiden etäluentadataa laajalta alueelta.

Etäluenta-asetuksen takia moni energiayhtiö joutuu kartoittamaan viestiverkkonsa nykytilan, jotta tiedetään pystytäänkö etäluenta toteuttamaan nykyisellä viestiverkolla. Toteutuksen lähtökohtana on yhtenäinen viestiverkko, jonka tulee ulottua kaikkiin sähköverkonhaltijan sähköjakelualueella oleviin muuntamoihin. Energian etälukeminen tapahtuu muuntamoiden kautta, jolloin viestiverkon laajuus on merkittävä. Kun viestiverkkojen valmiuksia etäluennan osalta ryhdytään selvittämään, on samalla järkevää pohtia viestiverkkojen tulevaisuuden vaatimuksia.

Kuopion Energian viestiverkon nykytilaa ei tarkalleen tiedetä. Tästä syystä viestiverkon nykytilasta tehdään selvitys, joka dokumentoidaan. Selvityksen tärkeimmät tiedot koskevat alueittaisia yhteydettömiä muuntamoita. Lisäksi tämän opinnäytetyön tarkoituksena on löytää edullisin ja järkevin viestiverkkoyhteys kahdesta valitusta yhteystekniikasta Kuopion Energian sähköverkonalueella oleville yhteydettömille muuntamoille. Myös valokuidun vaihtoehtoisten asennusmuotojen kustannukset eivät ole tarkasti selville. Tämän johdosta tässä työssä on tarkoituksena myös löytää edullisin tapa asentaa valokuitua, jolloin tulevaisuudessa tiedetään järkevimät asennusmuodot kussakin tilanteessa. Työssä myös kerrotaan WiMAX-verkon suunnittelusta ja testaamisesta Kuopion Energian sähköverkon alueelle.

Tämän työn alussa käydään lävitse perusteita, jonka vuoksi tämä työ tehdään. Myös viestiverkon nykytilan kartoituksesta on erillisestä tutkielmasta otetun esimerkin avulla kerrottu tämän työn kannalta tärkeimmät asiat. Lisäksi Kuopion Energian WiMAX-verkon suunnittelusta ja testaamisesta on kerrottu lyhyesti. Työn lopputuloksista käy ilmi edullisin muuntamokohtainen viestiverkkoyhteys sekä valokuidun asennustapa. Työn tulosten johdosta Kuopion Energia teki lopullisen päätöksen oman WiMAX-verkon rakentamisesta.

1.1 Työn määrittäminen ja rajaaminen

Ennen työn aloittamista pidimme normaalin käytännön mukaisesti aloituspalaverin 22.2.2010. Palaverissa olivat mukana ohjaavana opettajana lehtori Jyri Tuovinen sekä Kuopion Energialta kehityspäällikkö Lauri Siltanen.

Aloituspalaverissa kävimme lävitse työn tarkoituksen ja sisällön. Sovimme työn sisällöstä sekä rajasimme työn seuraavasti:

- työ tehdään sähköverkko-osastolle, työ liittyy sähköverkon viestiverkon tarpeiden sekä kustannusten kartoitukseen ja optimointiin
- työssä on tarkoituksena selvittää ja dokumentoida viestiverkon nykytila, josta ilmenee verkon alueittainen rakenne, tärkeimpänä asiana muuntamot
- selvittää valituista tietoliikenneyhteyksistä edullisimmat ja järkevimät vaihtoehdot yhteydettömille muuntamoille
- tutkia, mikä on edullisin ja järkevin tapa asentaa valokuitua uusilla sekä vanhoilla sähköverkon alueilla
- viestiverkon nykytilan kartoituksessa tutkitaan koko viestiverkko, muuten työ rajataan ainoastaan yhteydettömiin muuntamoihin eli koko viestiverkon yhteyksiä kustannuksineen ei käsitellä
- muuntamokohtaiseksi hintatavoitteeksi asetettiin 1500 € sekä yhteysnopeuden tulee olla jokaisella muuntamolla vähintään 2 Mbps
- työssä ei huomioida nykyistä GPRS-pohjaista langatonta yhteyttä eikä datasähköjärjestelmää.

Sovimme, että muuntamoille tehdään yhteyspaketteja, jotka hinnoiteltaisiin käytettävien tekniikoiden ja laitteistojen mukaan. Näistä Kuopion Energia voisi valita kuhunkin tarkoitukseensa sopivimman vaihtoehdon. Myöhemmin kuitenkin sovimme, että vertaillaan vain kahta vaihtoehtoista yhteysmuotoa, joilla yhteydet muuntamoille rakennetaan.

1.2 Työn aikataulu

Työ aikataulutettiin niin, että se olisi valmiina vuoden 2010 loppuun mennessä. Viestiverkon kartoituksen tulisi olla valmiina elokuun 2010 loppuun mennessä.

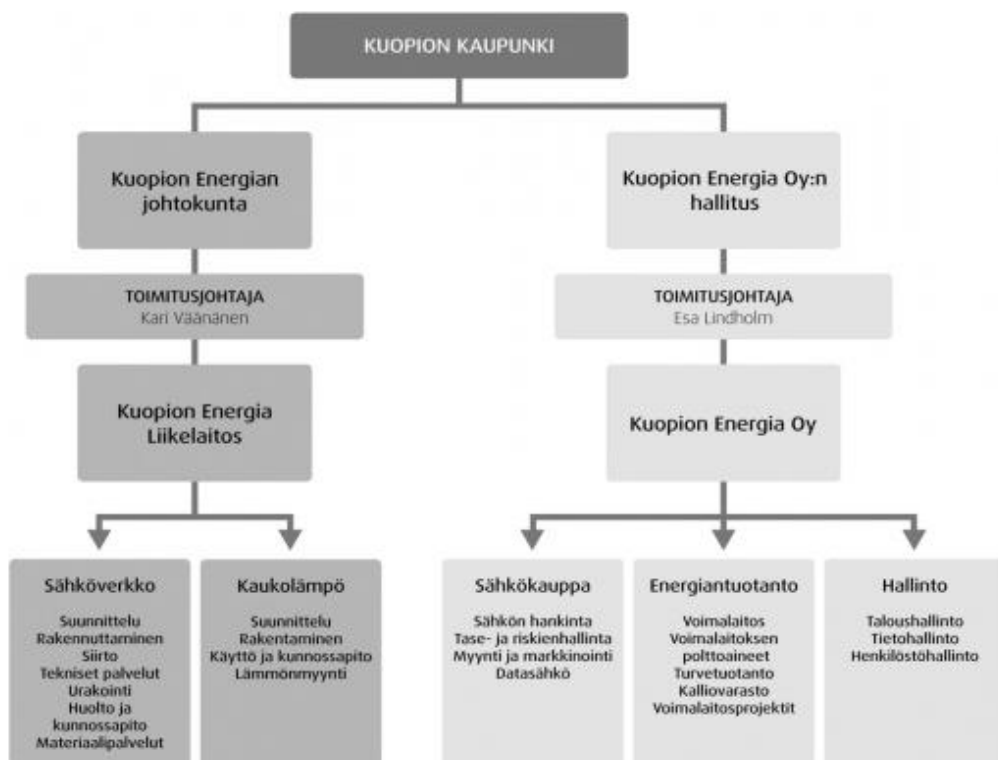
2 KUOPION ENERGIA

2.1 Yleistä

Kuopion Energia (KE) on Kuopion kaupungin omistuksessa oleva taloudellisesti vakaa energiayhtiö, jonka tuotteita ovat sähkö ja kaukolämpö. Yritysrakenne muodostuu kahdesta eri kokonaisuudesta, eli liikelaitoksesta ja osakeyhtiöstä, joilla kummallakin on omat tehtävänsä. Yrityksen rakenne on esitetty kuvassa 1.

Yrityksen rakenne on seuraavanlainen [5]:

- KE Oy:n tehtävänä on tuottaa sähköä ja kaukolämpöä, myydä sähköä, sekä vastata konsernin hallintopalveluista. Vuoden 2009 liikevaihto oli 75,6 miljoonaa euroa. Henkilöstön lukumäärä on 117.
- KE Liikelaitoksen tehtävänä on sähkön ja kaukolämmön siirtäminen ja toimittaminen asiakkailleen. Vuoden 2009 liikevaihto oli 50,8 miljoonaa euroa ja henkilöstön lukumäärä on 82.



Kuva 1. Kuopion Energian yritysraakenne [5].

Yrityksen juuret johtavat aina vuoteen 1892 saakka, jolloin Kuopion kaupungissa alkoi sähkönkäyttö. Kuopion kaupungin sähkölaitos perustettiin vuonna 1906, jossa sähköä tuotettiin omilla koneilla. Vuonna 1982 Kuopion kaupungin sähkölaitos muuttaa nimensä Kuopion energialaitokseksi johtuen energiantarpeen voimakkaasta kasvusta. Kuopion Energia nimi tuli käyttöön vuonna 1996, jolloin nimike Kuopion energialaitos sai väistyä. Tästä vuodesta alkaen KE alkoi toimia kunnallisena liikelaitoksena. [5]

Vuonna 2007 sähkömarkkinalain mukaisesti KE:n sähköverkkoliiketoiminta täytyi eriyttää. Näin ollen perustettiin KE Oy, johon sisällytettiin energian tuotanto, sekä sähkön myynti ja hallinto. Toiseen puoleen, eli KE Liikelaitokseen sisällytettiin sähköverkon- ja kaukolämmöntoiminnat. Alussa molemmilla yhtiöillä oli sama toimitusjohtaja, mutta siirtoasiakkaiden määrän ylittäessä 50000 asiakkaan rajan, myös johto eriytettiin. Tänä päivänä kummallakin yhtiöllä on omat toimitusjohtajat, sillä yhteistä toimitusjohtajaa ei sähkömarkkinalain nojalla saa olla. [5]

2.2 Kuopion Energia lukuina

KE:n vuoden 2009 talouden tunnusluvut ovat taulukoitu Osakeyhtiön osalta taulukossa 1 ja Liikelaitoksen osalta taulukossa 2.

Taulukko 1. Kuopion Energia Oy [5].

Liikevaihto, M€	75,6
Liikevoitto, M€	6,1
Liikevoitto, %	8,1
Oman pääoman tuotto, %	20,8
Sijoitetun pääoman tuotto, %	8,3
Omavaraisuusaste	16,1
Maksuvalmius, quick ratio	2,4
Henkilöstö	117

Taulukko 2. Kuopion Energia liikelaitos [5].

Liikevaihto, M€	50,8
Käyttökate, %	22,0
Investointien omarahoitus, %	157,3
Käyttöomaisuuden poistoaika, v	7,1
Sijoitetun pääoman tuotto, %	8,6
Oman pääoman tuotto, %	18,7
Henkilöstö	82

Kuten taulukoista 1 ja 2 on havaittavissa, Osakeyhtiö on hiukan suurempi kokonaisuus kuin Liikelaitos. Energian tuottaminen ja myyminen on liiketoiminnallisesti hieman tuottavampaa kuin sen siirtäminen ja toimittaminen asiakkaille.

Yksi tärkeimmistä tunnusluvuista on sijoitetun pääoman tuotto prosentti, joka mittaa suhteellista kannattavuutta. Liikelaitoksen pääoman tuotto prosentti on 0,3 % suurempi kuin Osakeyhtiöllä. Henkilöstön määrä on viime vuosina kasvanut. Kuten taulukoista voidaan laskea, on henkilöstön lukumäärä ylittämässä 200 rajan.

KE:n sähköverkon osalta on hyvä esittää tärkeimmät tunnusluvut. Tärkeimpinä asioina tämän työn kannalta ovat KE:n sekä kuluttajien omistamat muuntamot, sähköasemat, sekä sähkönsiirtoasiakkaat. Vuoden 2009 tärkeimmät sähköverkon tunnusluvut ovat seuraavat:

- Sähköasemat 6/296 kpl/MVA
- Omat muuntamot 611/262 kpl/MVA
- Kuluttajien muuntamot 104/132 kpl/MVA
- 110 kV johdot 13 km
- Keskiännitejohdot 451 km
- Pienjännitejohdot 971 km
- Siirretty sähkömäärä 576,1 GWh
- Siirron huipputeho 104,9 MW
- Siirtoasiakkaat 50117 kpl
- Keskeytysaika/asiakas 30,54 min/a.

3 SÄHKÖN ETÄLUENTA JA MITTAUS

3.1 Yleistä

Työ- ja elinkeinoministeriö teki esityksen sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta valtioneuvostolle, joka antoi asiasta päätöksensä 5.2.2009. Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta säädetään 17.3.1995 annetun sähkömarkkinalain (386/1995) nojalla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että sähköverkon haltijoiden on vaihdettava 80 % asiakkaidensa sähkömittareista uusiin etäluettaviin sähkömittareihin 31.12.2013 mennessä. [2]

Energiayhtiöiden tietoverkot asetetaan koetukselle, kun sähkön etäluentaa ja reaaliaikaista mittausta ryhdytään toteuttamaan uuden asetuksen johdosta, jonka Valtioneuvosto antoi Työ- ja elinkeinoministeriön esityksestä 5.2.2009. Viime vuosina energiayhtiöt ovat menneet kohti älykkäämpiä sähköverkkoja, jotka mahdollistavat mm. paremman verkon hallinnan ja ohjauksen. Tämän johdosta sähköverkon mahdollisista vioista ja niiden sijainnista saadaan nopeasti ilmoitus, jolloin ongelma paikannetaan nopeasti. Verkon kehittämisen johdosta sähköverkko saadaan nopeasti takaisin toimintakuntoon. Näin asiakkaille aiheutuvia keskeytysaikoja saadaan pienennettyä, joka johtaa sähkölaadun paranemiseen.

Valtioneuvoston antaman asetuksen johdosta myös KE:n sähköjakeluverkon alueella olevan viestiverkon nykytila joudutaan kartoittamaan, jotta asetettu säädös saataisiin toteutettua. Siirtyminen tuntipohjaiseen sähkökulutuksen etäluentaan ja mittaukseen vaatii yhtenäisen viestiverkon. Kaikilla muuntamoilla tulee olla viestiverkko, jotta etäluentaa saadaan toteutettua. Samalla voidaan suunnitella ja kehittää sähköverkon kauko-ohjausta, sillä tulevan viestiverkon kapasiteetti tulee riittämään myös tähän tarkoitukseen hyvin.

KE solmi marraskuussa 2010 sopimuksen jyvaskyläläisen Landis+Gyrin kanssa, joka toimittaa sekä asentaa kaikki etäluentajärjestelmän laitteistot ja ohjelmistot. Etäluentamittareiden massa-asennukset aloitetaan vuoden 2012 alussa. Massa-asennuksen tavoitteena on asentaa 40 000 mittaria vuoden 2013 loppuun mennessä.

3.2 Asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta

Tämä opinnäytetyö perustuu pääasiassa etäluennan tarpeisiin saada laajempi viestiverkko. Ilman valtioneuvoston antamaa asetusta sähkötoimitusten selvittämisestä ja mittaamisesta, tämä työ ei olisi ollut tarpeellinen. Tämän johdosta on hyvä käydä läpi asetuksessa olevat tärkeimmät kohdat, jotka koskevat etäluentaa.

Ensimmäisessä luvussa, 1 §:n mukaan: [2, lainattu 21.7.2010]

- tuntimittauksella tarkoitetaan tunneittain tapahtuvaa sähkön määrän mittausta ja tämän mittaustiedon rekisteröintiä mittauslaitteiston muistiin;
- tuntimittauslaitteistolla tarkoitetaan laitteistoa tai laitteistojen yhdistelmää, joka mittaa ja rekisteröi laitteiston muistiin sähkön kulutuksen tai verkkoon syötön tunneittain ja jonka rekisteröimä tieto voidaan lukea laitteiston muistista viestintäverkon välityksellä.

Kuudennessa luvussa, 4 §:n mukaan: [2, lainattu 21.7.2010]

- Sähkönkulutuksen ja pienimuotoisen sähköntuotannon mittauksen tulee perustua tuntimittaukseen ja mittauslaitteiston etäluentaan (*tuntimittausvelvoite*).
- Jakeluverkonhaltija voi poiketa tuntimittausvelvoitteesta enintään 20 prosentissa jakeluverkon sähkökäyttöpaikoista, jos poikkeuksen piiriin kuuluva sähkökäyttöpaikka:
 - 1) on varustettu enintään 3 x 25 ampeerin pääsulakkeilla;
 - 2) on varustettu yli 3 x 25 ampeerin pääsulakkeilla, sähkönkulutus sähkökäyttöpaikassa on enintään 5 000 kilowattituntia vuodessa ja sähkö ostetaan sähkökäyttöpaikkaan sähkömarkkinalain 21 §:ssä tarkoitetuilla ehdoilla.
- Jakeluverkonhaltijan tulee laatia suunnitelma tämän pykälän mukaiset vaatimukset täyttävän mittauksen järjestämiseksi jakeluverkossaan. Suunnitelma tulee toimittaa sähkömarkkinaviranomaiselle.

Kuudennessa luvussa, 5 §:n mukaan: [2, lainattu 21.7.2010]

- Sähkökäyttöpaikkaan asennettavan tuntimittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tulee sisältää vähintään seuraavat ominaisuudet:
 - 1) mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista viestintäverkon kautta (*etäluentaominaisuus*);
 - 2) mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta;
 - 3) mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja;
 - 4) mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta;
 - 5) mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu.
- Verkonhaltijan tulee asiakkaansa erillisestä tilauksesta tarjota tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitäntä reaaliaikaista sähkönkulutuksen seuranta varten.

Kuudennessa luvussa, 6 §:n mukaan: [2, lainattu 3.1.2011]

- Sähkökäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto on luettava vähintään kerran vuorokaudessa.

3.3 Etäluentajärjestelmän keskeisimmät komponentit

Tuntiperustaisen etäluentajärjestelmän rakentaminen vaatii luotettavat ja hyvät laitteistot, joille voidaankin asetuksen mukaan määrittää minimivaatimukset. Tärkeimpinä asioina tässä vaiheessa ovat etäluentalaitteistojen hankinta, laitteistojen asennuksen suunnittelu ja aikataulutus, sekä järjestelmän testaus, jotta etäluentajärjestelmä saataisiin rakennettua koko sähköjakeluverkon alueelle. Järjestelmä on saatava valmiiksi vähintäänkin Valtioneuvoston asettaman aikarajan puitteissa.

Etäluentajärjestelmän täytyy kattaa kaikki sähköjakeluverkon alueella olevat asiakkaat sekä muuntamot, jolloin laitemäärät kasvavat suuriksi. Etäluentalaitteiden toimittajaksi valittiin tarjouskilpailun perusteella jyvaskyläläinen Landis+Gyr, jonka tuotteita ovat Enermet-merkkiset etäluentalaitteet ja laitteistoihin liittyvät ohjelmistot. Etäluentajärjestelmän tärkeimmät laitteet ovat seuraavat

- Keskitin, Enermet EMPC100i (muuntaja)
- Kotitaloussähkömittari, Enermet E120LiME (asiakas)
- Toistin, Enermet ERE2 (fyysinen verkko)
- AIM AMR -ohjelmisto (sähkölaitos).

Järjestelmän keskeisin kokonaisuus on kuitenkin AIM AMR -ohjelmisto rajapintoineen, jonka avulla järjestelmää ohjataan ja seurataan. Ohjelmiston avulla keskittimiä voidaan seurata niiden IP (Internet Protocol)-osoitteen perusteella. Yhdellä keskittimellä voi olla monia kymmeniä asiakkaita, jolloin kaikkien näiden asiakkaiden etäluentadata saadaan AIM AMR -järjestelmään.

3.3.1 Kotitaloussähkömittari, Enermet E120LiME

Vanhojen analogisten sähkömittareiden vaihto on yksi suurimmista tehtävistä etäluentajärjestelmän rakentamisessa. KE:n sähkönsiirron piiriin kuuluu noin reilut 50 000 asiakasta. Näistä noin 40 000 asiakkaalle vaihdetaan uusi Enermet E120LiME-kotitaloussähkömittari. Neulamäen alueelle on jo aiemmin asennettu noin 10 000 uutta vastaavaa mittaria. Uudet sähkömittarit ovat melko kehittyneitä, jonka ansiosta asiakkaan puolelta mitatun sähköenergian lisäksi saadaan tietoa myös mahdollisista sähkökatkoista ja vioista.

Kuvassa 2 näemme Landis+Gyrin uudenaikaisen etäluentavan kotitaloussähkömittarin.



Kuva 2. E120LiME- kotitaloussähkömittari [6].

E120LiME-sähkömittari on integroitu B-luokan elektroninen kilowattituntimittari, jossa on erikseen sähkön mittaosana sekä tiedonsiirto-osa. Mittari käyttää M-Bus-väyläprotokollaa, joka mahdollistaa ”Master-Slave” yhteyden muodostamisen. Master-päätteen ja Slave-päätteen välinen etäisyys saa olla korkeintaan 350 metriä. Tämän ansiosta tietyltä alueelta saadaan muodostettua ns. mittariryhmä, jolta data välitetään eteenpäin mittausjärjestelmälle. [6]

Mittausjärjestelmän ja E120LiME-mittarin välinen yhteys on toteutettu LonTalk-verkon tiedonsiirtoprotokollalla. Tämä mahdollistaa ohjelmoinnin, sekä tietojen vaihdon eri yksiköiden kesken. Tähän väylään kuuluvien laitteiden välinen tiedonsiirto perustuu verkkomuuttujiin, jotka löytyvät laitteiden sisäisestä ohjelmakoodista, joka on tehty C-kielen kaltaisella Neuron C-ohjelmointikielellä. Jotta sähkömittari saadaan asennettaessa osaksi mittausjärjestelmää, tarvitaan yksilöllinen Neuron-tunnus, jonka johdosta mittari merkitään osaksi LonWorks-tiedonsiirtoverkkoa. Tunnus löytyy mittarin takaosasta. [6]

Mittarin sisäinen tiedonsiirto on toteutettu digitaalisesti. Varsinainen tiedonsiirto mittausjärjestelmän kanssa on suojattu todennuksella. Sähkönmittauksessa on kaksi päiväkohtaisesti kertyvää sarjarekisteriä, sekä kaksi kertyvää päiväkohtaista sarjarekisteriä S0-tulojen kautta vastaanotetulle datalle. Lisäksi mittari pystyy sisäiseen tariffilaskentaan, tekemään laatulokin sekä hälytys- ja tapahtumalokin. [6]

Mittarilla on mahdollista lukea myös muita M-Bus-mittauspäätteitä, jotka ovat tarkoitettu esimerkiksi myös lämpöenergian- ja vesimittareiden luentaan. Nämä toiminnot ovat käytettävissä AIM -järjestelmästä käsin. [6]

3.3.2 Keskitin, Enermet EMPC100i

Keskitin on osa AIM AMR -järjestelmää. EMPC100i-keskittimen pääasiallinen tehtävä on lukea ja tallentaa automaattisesti mittaustiedot E120LiME-sähkömittarilta, joka on järjestelmän AMR-puoli. Keskitin kerää jatkuvasti sähkömittareiden tuottamaa mittaustietoa, jonka AIM-mittausjärjestelmä noutaa noin kerran tunnissa. Keskittimen käyttö siis tapahtuu AIM AMR -järjestelmän ja mittauslaitteiden välisessä tiedonsiirrossa. Keskittimen toiminta voidaankin kiteyttää lyhyesti seuraaviin tärkeimpiin toimintoihin:

- valvoa omaa toimintaansa, sekä LON (Local Operating Network)-verkon toimintaa
- huolehtia järjestelmän, eli oman sekä mittauslaitteiden kellon ylläpidosta ja päivittämisestä
- tallentaa sähkömittareilta tulevat mittaustiedot AIM AMR-järjestelmää varten, sekä valvoa jännitteen laatua
- seurata tietoliikenteen laatua, eli tilastoida onnistuneet ja epäonnistuneet keskittimen ja mittauslaitteiden väliset LON-tiedonsiirrot
- tukea ME10- ja ERE2-toistimia. [6]

Kuvassa 3 nähdään EMPC100i-keskitin.



Kuva 3. EMPC100i- keskitin [6].

Kuten jo aiemmin kohdassa 3.3.1 mainittiin, myös sähkömittareiden ja keskittimien välinen yhteys on toteutettu Echelonin LonWorks-protokollan avulla sähköverkkoa pitkin. AIM AMR -järjestelmän yhteysväli on toteutettu LonTalk-protokollalla. Yhteyden muodostamiseen tarvitaan myös PLT-22 yhteensopivat lähetin-vastaanottimet, jotka toimivat joko taajuusalueella A (pienjänniteverkko) tai taajuusalueella C (pienjänniteverkko tai kierretty parikaapeli). [6]

Keskusyksikön ja muiden laitteiden välisessä tiedonsiirrossa EMPC100i käyttää TCP/IP- ja PPP (Point-to-Point Protocol) -protokollia. Tärkein on kuitenkin mittausjärjestelmän ja keskittimen välinen tiedonsiirto, joka voidaan toteuttaa usealla tavalla. Kuopion Energiolla mittausjärjestelmän ja keskittimen välinen tiedonsiirto toteutetaan käyttämällä lähinnä LAN Ethernet – lähiverkko liitäntää, joka onnistuu myös langattoman WiMAX-yhteyden kanssa. Käytössä ovat myös sisäinen GSM-/GPRS-modeemi, ulkoinen Enermetin M100-T PSTN – modeemi tai kiinteän linjan modeemi. [6]

EMPC100i- keskittimen kapasiteetti on varsin hyvä, se pystyy käsittelemään 500 mittauspistettä ja -sarjaa. Keskittimeen liitettävien sähkömittareiden määrä määräytyy täysin sen mukaan, kuinka aiottu liitettävä mittari on kytketty muihin mittareihin. Jos keskittimeen aiotut laitteet, esim. 400 sähkömittaria käsittelevät kukin kaksi muuta sähkömittaria M-Bus väylän avulla, ylittyy mittauspisteiden ja – sarjojen määrä reilusti. [6]

Keskittimen kautta voidaan asettaa tietoja sähkömittareille. Esimerkiksi mittausjärjestelmästä voidaan lähettää sähkömittareille monia komentoja, kuten laskutusjakson lopettaminen tai alkuarvojen asettaminen. Yhteys toimii hyvin myös toisinpäin, eli keskittimeltä saadaan paljon tärkeää sähkönlaatuun liittyvää tietoa kuten jännitteen laadun raportointia 10 minuutin jaksoissa, sekä LON-tiedonsiirron raportointi tunnin välein. [6]

EMPC100i-keskittimen mitat ovat kohtuullisen pienet eikä sen painokaan tule olemaan ongelmana. Keskittimen mitat ovat 256 x 180 x 92 mm ja paino 1450 g, jolloin asennuksessa tuskin ilmenee ongelmia tilan suhteen. Jos tila aiheuttaa ongelmia, keskittimet asennetaan kappaleessa 8.1.2 kuvattuihin ala-asekaappeihin.

3.3.3 Toistin, Enermet ERE2

Landis+Gyrin ERE2-toistimen tehtävänä on laajentaa tiedonsiirtoalueen etäisyyttä olosuhteista riippuen noin 300–500 metriä, sekä varmistaa virheettömän tiedon siirto eteenpäin. Toistimen asennus tapahtuu asiakkaalla olevan sähkömittarin ja muuntamolla olevan keskittimen väliin. ERE2 siirtää signaalin pj-verkon eli pienjänniteverkon kautta, käyttäen Echelonin LonTalk-protokollaa. Se pystyy käyttämään kaikkia kolmea vaihetta. Näiden etäluentajärjestelmän komponenttien välinen etäisyys saattaa hyvinkin olla useita satoja metrejä, jolloin signaalin edelleen lähettäminen on tarpeen. Näin siirtotielle saadaan lisäpituutta. [6]

ERE2-toistinta voidaan ohjata AIM -järjestelmän avulla, lähinnä sen sijaintia keskittimen ja sähkömittarin välissä, jolloin voidaan puhua sijainnin määrittämisestä verkkotopologiassa. Kuvassa 4 nähdään yksi versio ERE2-toistimesta.

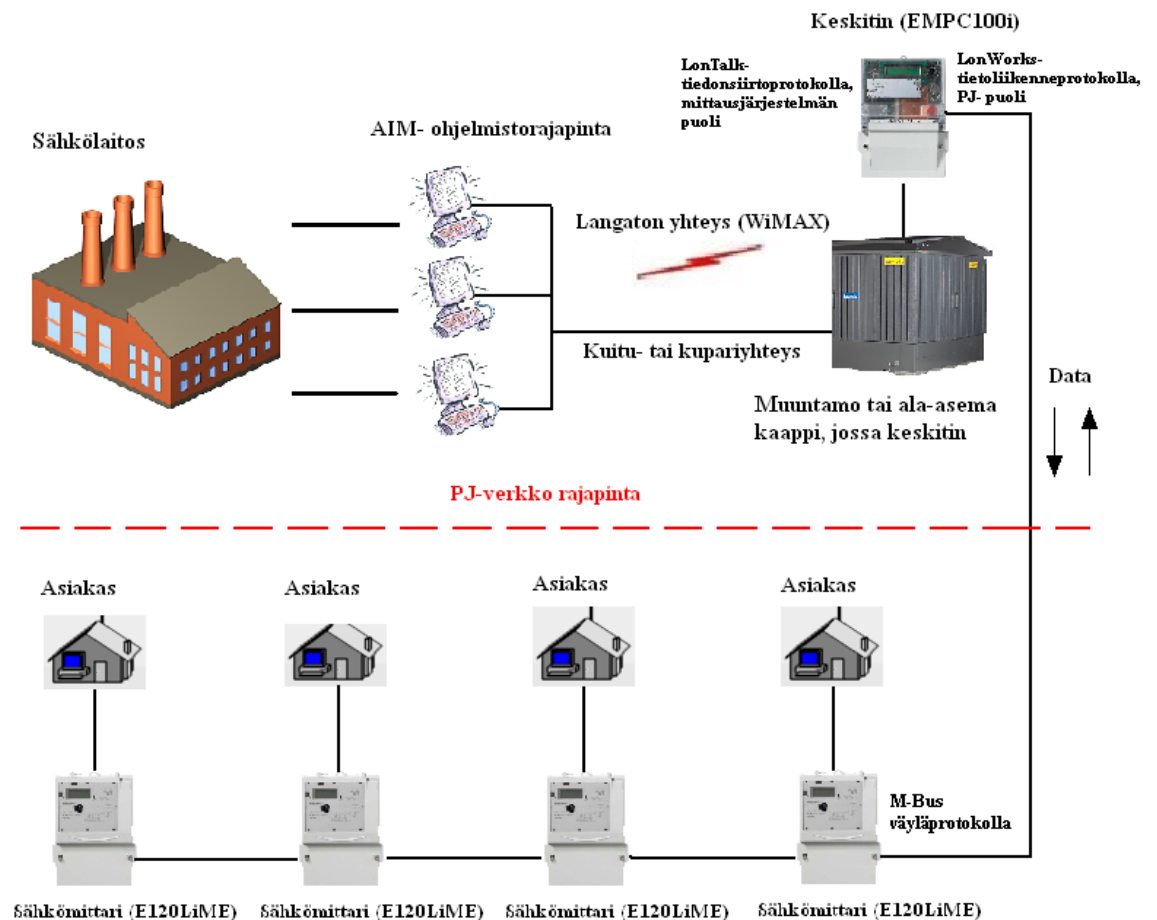


Kuva 4. ERE2- toistin [6].

3.4 Etäluennan toimintaperiaate

Etäluentajärjestelmä koostuu kohdassa 3.3 esitellyistä verkon komponenteista, sekä AIM että AIM AMR -ohjelmistorajapinnoista. Etäluennan toimintaperiaate rakentuu pitkälti AIM-mittausjärjestelmän ja edellä mainittujen laitteiden yhteistoimintaan. Järjestelmän toimintaa selvitetään sen verran, jotta ymmärretään etäluentalaitteiden toimintaperiaatteet sekä kuinka etäluentadata saadaan kerättyä asiakkaalta sähkölaitokselle.

Etäluentajärjestelmän laitteistot muodostavat viestiverkkoyhteyksineen oman kokonaisuutensa. Viestiverkon suhteen haasteellisinta on yhteyksien sekä riittävän yhteysnopeuden saaminen jokaiseen keskittimeen. Kuvassa 5 on esitetty etäluentajärjestelmän yleinen toimintaperiaate. Tässä työssä keskitytään kuvassa 5 nähtävän AIM -ohjelmistorajapinnan sekä muuntamoiden välisten viestiverkkoyhteyksien selvittämiseen.



Kuva 5. Etäluentajärjestelmän yleiskuvaus.

EMPC100i-keskitin ja E120LiME-sähkömittari käyttävät keskinäisessä datansiirrossa p-j-verkkoa eli sähköverkon välityksellä tapahtuvaa tiedonsiirtoa. Tällöin voidaan puhua (PLC) eli Power Line Communication- tekniikasta, johon mm. datasähkö perustuu. PLC-tekniikan hyvänä puolena on se, ettei tarvita uusia kaapelointeja mittareiden ja keskittimien välille. Huonona puolena mainittakoon mm. hidas tiedonsiirtonopeus sekä sähkökaapeleiden huonosta eristyksestä aiheutuvat häiriöt. Keskittimen ja sähkömittarin välillä käytetään Echelonin kehittämää LonWorks-protokollaa, jonka ansiosta näiden laitteiden välille voidaan muodostaa oma tiedonsiirtoverkko. Yhden keskittimen alle, osaksi LonWorks-verkkoa, voidaan asettaa 500 kotitaloussähkömittaria. E120LiME-sähkömittarin yhdistäminen osaksi LonWorks-verkkoa tapahtuu yksilöllisen Neuron-tunnuksen avulla, joka löytyy sähkömittarista.

Etäluentajärjestelmän toiminta perustuu AIM-ohjelmistoon, sekä sen ohjaamiin etäluentalaitteistoihin. Järjestelmän toimintaa voidaan lähteä purkamaan ohjelmistorajapinnan toiminnasta. AIM-ohjelmistolla voidaan ohjata koko etäluentajärjestelmää, sekä sen avulla voidaan jokaista järjestelmään liitettyä laitetta myös seurata. AIM-ohjelmistosta voidaan käyttää nimeä AIM-järjestelmä, sillä se sisältää usean ohjelmistorajapinnan.

Yhteys AIM-järjestelmän ja laitteiden välillä on toteutettu Echelonin LonTalk-protokollalla. AIM AMR-osio ohjaa sähkömittareiden sekä keskittimien välistä toimintaa keräten keskittimeltä asiakkaalta tulleen sähkönkulutus- sekä laatudatan. Näiden laitteiden välisessä tiedonsiirrossa käytetään LonWorks-protokollaa, joka mahdollistetaan PLC-tekniikan ansiosta. E120LiME-sähkömittareiden välisessä tiedonsiirrossa, toisin sanoen verkostossa, käytetään M-Bus väyläprotokollaa. Tämä mahdollistaa mm. helpon verkon laajentamisen, sekä varman tiedonsiirron.

AIM-järjestelmä hakee kerran tunnissa tiedon keskittimeltä sähkön kulutuksesta ja laatutiedoista. Sähkölaitoksen päässä olevasta AIM-ohjelmistosta nähdään kaikki keskittimet, jotka ovat järjestelmässä kiinni. Keskittimet näkyvät järjestelmässä listana, joiden tunnistaminen tapahtuu yksilöllisen IP-osoitteen perusteella.

3.5 Etäluennan hyödyt

Siirtyminen tuntipohjaiseen sähköenergian kulutuksen mittaamiseen ja seuraamiseen etäluennan avulla antaa jakeluverkonhaltijalle sekä asiakkaille monia etuja. Tosin sähköyhtiöiden hyödyt tuntimittauksesta riippuvat verkkoalueen ominaisuuksista sekä valmiuksista hyödyntää nykyaikaisen mittaritekniikan ja kaksisuuntaisen tiedonsiirron suomia mahdollisuuksia. Etäluenta avaa uusia mahdollisuuksia myös kauko-ohjaukselle, eli varsinkin lähitulevaisuudessa voidaan rakentaa monimuotoisia järjestelmiä, jotka ovat asiakkaalle sekä jakeluverkon haltijalle hyödyksi. Automaattisella mittarin etäluennalla voidaankin saavuttaa monia etuja sekä energiayhtiöille että asiakkaille.

Tuntimittauksen edut jakeluverkonhaltijalle:

- ei enää mittarien käsinluenta, jolloin lukeminen helpottuu ja on halvempaa
- ei myöskään arviolaskutusta, vaan reaaliaikaisen kulutuksen laskutus, tämä mahdollistaa sen, että laskutus yksinkertaistuu ja asiakaspalvelu helpottuu ja parantuu
- saadaan kuormituksista tarkkaa tietoa esim. verkostonlaskentaan (kuukauden huipputeho, huippuloisteho sekä energian kulutus)
- muutot, myyjänvaihdot ja hinnanmuutokset helppo toteuttaa, sillä mittari voidaan lukea nopeasti ja oikea-aikaisesti käymättä ollenkaan paikanpäällä
- sähköön katkaisu voidaan suorittaa etätoimintona
- energiansäästötoimenpiteet, kulutuksen ajankohta ja sen säätely
- energianmittauksen luotettavuus paranee
- sähkönlaatu paranee, koska saadaan nopeasti tieto mahdollisista pj-puolen vioista.

Tuntimittauksen edut asiakkaalle ovat seuraavat:

- energialaskun suuruuteen voi vaikuttaa itse, vähentämällä energian kulutusta kalliiseen aikaan, jos siihen soveltuva tariffi käytössä
- oman energian kulutuksen seuranta tunnin välein, esimerkiksi Internetin välityksellä
- energian kulutuksen vertailu, esimerkiksi kuukausien kesken
- tietää reaaliaikaisen kulutuksen ja hinnan.

4 SÄHKÖVERKON KÄYTÖNVALVONTA JA VERKKOTIETOJÄRJESTELMÄ

4.1 Yleistä

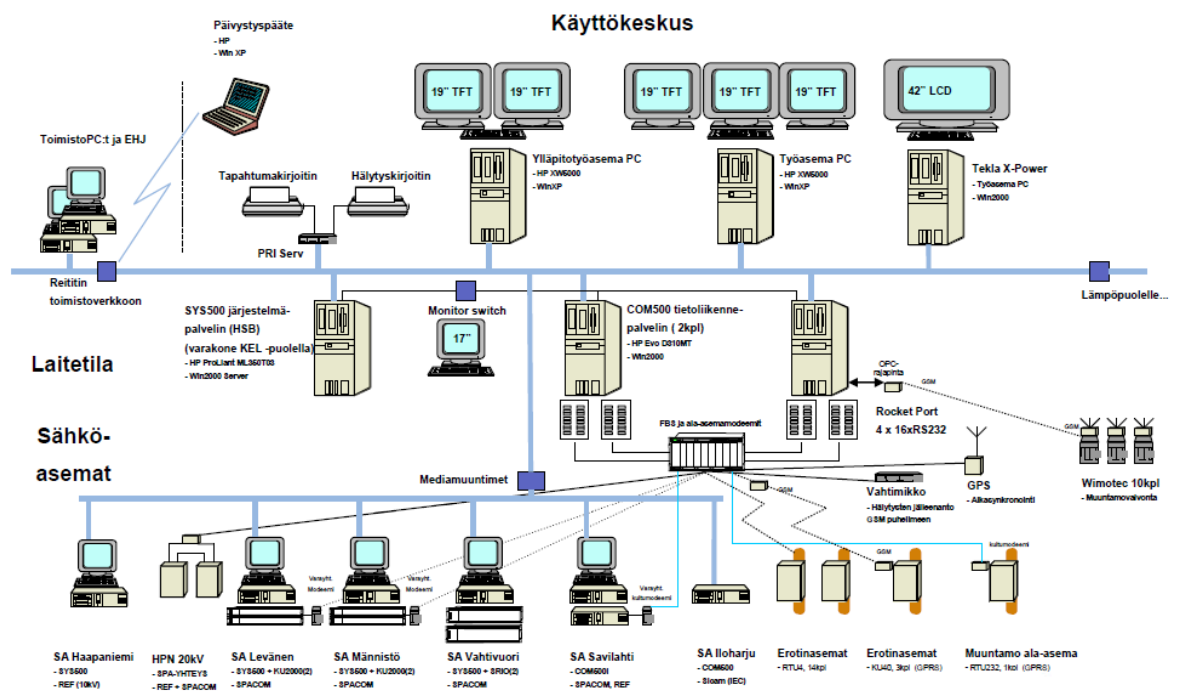
Sähköverkon reaaliaikaisen tilan seuraaminen ja hallinnointi ovat asioita, joiden täytyy olla kunnossa. Varma sekä laaja viestiverkko toimii perustana sähköverkon valvonnalle sekä -ohjaukselle. KE:n sähköverkon käytönvalvontajärjestelmänä toimii nykyään MicroSCADA (Micro Supervisory Control And Data Acquisition), jolla nähdään sähköverkon reaaliaikainen tila ja verkon sisällä tapahtuvat asiat, kuten mahdolliset viat. Operatiivisella omaisuudenhallinnalla taas tarkoitetaan verkkotietojärjestelmä Xpoweria, jolla sähkö- sekä viestiverkon sisältöä voidaan tarkastella ja suunnitella. Nämä järjestelmät yhdessä muodostavat ja antavat tiedon sähköverkon rakenteesta ja sen nykytilasta, sekä mahdollisista ongelmista. Näitä järjestelmiä kehittämällä voidaan mahdolliset ongelmat havaita entistä nopeammin, sekä saada tietoa ongelman laadusta ja sijainnista. Näin myös vian korjaaminen nopeutuu, joka vaikuttaa suoraan sähkönlaatuun, eli asiakkaalle aiheutuvan keskeytysajan pienenemiseen. Myös muita sähkönlaadullisia tekijöitä voidaan seurata ja parantaa, kuten jännitteen laatua ja sähköntoimittamista.

4.2 MicroSCADA Kuopion Energialla

KE:lla on käytössään ABB:n kehittämä MicroSCADA, joka toimii sähköverkon käytönvalvontajärjestelmänä. Järjestelmä koostuu kahdesta päätietokoneesta, jotka ovat yhteydessä kahteen tietoliikennekoneeseen. Tietoliikennekoneissa on useita verkkokortteja. Verkkokortit ovat kytketty LAN (Local Area Network)-yhteydellä kaikkiin sähköasemiin, jotka sijaitsevat eri puolilla kaupunkia. Yhteydet ovat rakennettu kuitu- sekä kuparikaapeloinneilla. Muutamia erotinasemia ohjataan myös langattomalla GPRS (General Packet Radio Service)-yhteydellä.

MicroSCADA mahdollistaa monipuolisen verkonhallinnan. Sillä voidaan ohjata kj sekä sj -erottimien katkaisijoita, sekä myös kj-erotinasemia. Monipuolisen verkon ohjauksen sekä sähköverkon rengas rakenteen ansiosta mahdolliset viat voidaan nopeasti paikantaa ja tarvittaessa kiertää jolloin verkko saadaan taas toimintaan.

Kuvassa 6 on esitetty KE:n vanhan sähköverkon käytönvalvontajärjestelmän MicroSCADAn yleinen toimintaperiaate. Käyttökeskuksessa sähköverkkoa valvotaan useiden näyttöjen välityksellä, joista sähköverkon reaaliaikainen tilanne näkyy. Vian ilmaantuessa saadaan hälytys, jolloin vika etsitään järjestelmän avulla. Järjestelmää on kehitetty ja kehitetään lisää vuodenvaihteessa, jolloin kaukokäytön viestiverkkoyhteydet paranevat.



Kuva 6. MicroSCADAn toimintaperiaate [5].

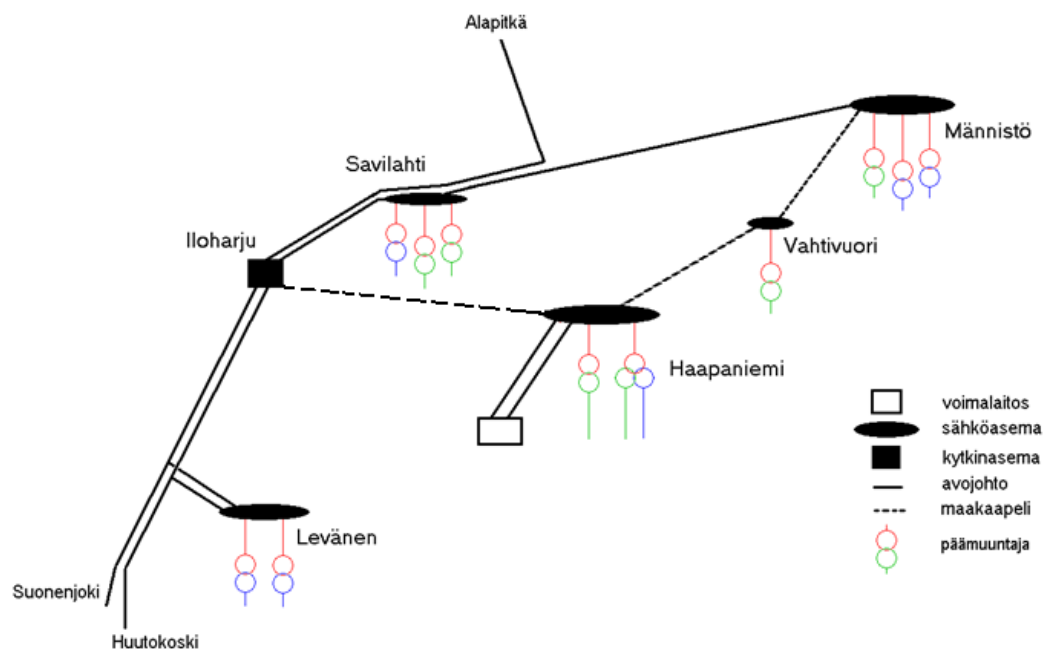
Järjestelmän varmuus on hyvällä tasolla usean palvelimen sekä varajärjestelmän ansiosta. Kuten kuvasta 6 nähdään, järjestelmä perustuu kolmeen palvelimeen, jolloin yhden kaatumisen ei vaikuta juurikaan järjestelmän toimivuuteen. Viestiverkon komponenteilla ja tekniikoilla sekä yhteyden salauksella saadaan aikaiseksi varma järjestelmä.

4.3 MicroSCADAlla ohjattavat ja valvottavat kohteet

Viestiverkon suunnittelu ja kehittäminen mahdollistaa samalla sähköverkon kaukokäytön ja sen automaation kehityksen. KE:lla kauko-ohjauksien kehittäminen ja parantaminen on todella tärkeää, sillä tämän avulla mahdolliset sähköverkoston viat voidaan paikallistaa entistä nopeammin, mikä johtaa sähkönladun paranemiseen. KE ohjaa ja seuraa omaa sähköverkkoaan MicroSCADAlla.

Tärkeimmät kohteet, joita kaukokäyttö ja -ohjaus koskee, ovat kaikki sähköasemat sekä ohjattavat erotinasemat. KE:lla on yhteensä kuusi sähköasemaa, sekä kymmenen erotinasemaa. Kuvassa 7 nähdään KE:n 110kV siirtoverkko, joka kulkee osittain maakaapelina sekä myös ilmajohtona sähköasemien välillä.

Viestiverkkoyhteydet sähköasemien välillä on toteutettu kuitukaapeloinnilla, joka mahdollistaa nopean ja varman yhteyden. Varayhteytenä toimii ADSL2-tekniikkaan perustuva kupariverkko. Lisäksi käytössä on GPRS-pohjainen, operaattoriperustainen langaton yhteys, jolla ohjataan erotinasemien katkaisimia ja releitä. Tämä on tarkoitus korvata jossakin vaiheessa SCADA-yhteensopivalla nopeammalla langattomalla tekniikalla. Uudet langattomat tekniikat mahdollistavat putkimaisen kaistan, jolloin kaistalle voidaan määrittää esim. neljä eri kanavaa, kukin eri käyttötarkoitukseen. Tarvittaessa esim. $\frac{3}{4}$ kaistaa voidaan väliaikaisesti varata vaikka vian korjaamiseen.



Kuva 7. Sähköasemat ja niiden välinen 110kV siirtoverkko [5].

4.4 Teklan verkkotietojärjestelmä Xpower

Nykyinen KE:n verkkotietojärjestelmä Teklan Xpower on osa tehokasta ja tärkeää sähköverkon suunnittelua ja hallintaa. Etäluentajärjestelmän sekä tietoliikenneverkoston kehittäminen ja rakentaminen mahdollistavat entistä tehokkaamman Xpowerin käytön. Näin ollen Xpower mahdollistaa DMS eli (Document Management System) käytöntuki-sovelluksen käytön, jolloin pystytään saamaan tietoa mahdollisista asiakkaan sekä sähköverkostossa olevista ongelmista. DMS pystytään integroimaan suoraan kaukokäyttöjärjestelmään, joka tässä tapauksessa on MicroSCADA sekä AMM (Automatic Meter Management) eli automaattiseen mittarinhallintaan. [9]

Xpower sisältää valmiin tietomallin, tietokannan sekä erilaisia mukautettavia sovelluksia ja toiminnallisuuksia. Tietomalli sisältää myös GIS eli (Geographical Information Systems) paikkatietojärjestelmän, joka sisältää komponenttien sijaintitiedot, tässä tapauksessa kaapeloinnit. Tämä mahdollistaa sen, että järjestelmästä voidaan tuottaa kartoja, joissa kaapeloinnit näkyvät. [9]

4.4.1 Sähköverkon pj-puolen tila tietojen tuominen Xpoweriin

KE:n sähköverkon käytönvalvontajärjestelmä MicroSCADA pystyy havaitsemaan ja ilmoittamaan mahdolliset kj sekä sj -verkkojen viat. Pienjänniteverkon mahdolliset vikatilanteet eivät kuitenkaan ole MicroSCADAn ulottuvilla. Tuleva etäluentajärjestelmä mahdollistaa pj-verkon tarkkailemisen, jonka pohjalta on mahdollista saada tietoa pienjänniteverkossa esiintyvistä vioista. Tässä on järkevintä toimia niin, että tuodaan vikatiedot suoraan verkkotietojärjestelmä Xpoweriin. Tällaisen toiminnon toteuttaminen on järkevää ja perusteltua, eikä toteuttaminen ole hankalaa. Verkkotietojärjestelmään pitää sisällään käytöntuki-sovelluksen (DMS), joka mahdollistaa asiakkaan päästä tulevien tietojen tallennuksen ja käsittelyn. KE ei ole vielä saanut toimintaan vikatietojen tuomista Xpoweriin.

Kun ajatellaan asiakasta, sähkönlaadun pitää pysyä korkealla tasolla. Yksi hyvä kehitysaskel voisi olla reaaliaikaisen vikatiedon saaminen heti asiakkaan tietoon, kuten mahdolliset 0-viat, vaiheviat, sähkökatkot jne. Viat on mahdollista saada keskittimen rekistereistä DMS:n kautta Xpoweriin. Näin viat voidaan korjata entistä nopeammin.

5 KUPARIKAAPELI TIEDONSIIRROSSA

5.1 Yleistä

Kuparikaapeloinnit ja siinä käytetyt tekniikat ovat edelleenkin varsin käytettyjä ja toimivia ratkaisuja. Nykyään kuparikaapelointeja tehdään yhä vähemmän, sillä kuitukaapeleiden edullinen hinta ja hyvä tiedonsiirtokapasiteetti sekä varmuus ovat ominaisuuksia, jonka johdosta kuiturakentaminen on vilkastunut. Tässä työssä käsitellään KE:lla käytettyjä kupariverkon tekniikoita, ratkaisuja sekä kaapelointeja nykyisen viestiverkon osalta.

Kuparikaapelit soveltuvat mainiosti lyhyen matkan siirtotieksi. Kuitenkin kuparin sähköiset ominaisuudet tekevät siitä heikomman kuin esimerkiksi valokuidusta. Kuparikaapeloinneissa esiintyviä yleisimpiä ongelmia ovat suuri vastus, kapasitanssi sekä suureksi muodostuva vaimennus. Näin ollen vaikka uusimmilla tekniikoilla saavutettaisiinkin kohtuulliset tiedonsiirtonopeudet, ei tilaajan ja keskuksen välinen etäisyys voi olla kahta kilometriä enempää. Muuten korkeat taajuudet vaimenevat liian paljon ja tiedonsiirtonopeudet romahtavat liian alas.

Käytettävät kupariverkon tekniikat perustuvat pääasiassa ITU:n (International Telecommunication Union) eli kansainvälisen televiestintäliiton kehittämiin DSL (Digital Subscriber Line) -pohjaisiin standardeihin. Näiden standardien pohjalta tieto lähetetään DSL-modeemin välityksellä sähköisenä signaalina, joka etenee pitkin puhelinlinjoja päättyen keskuksen DSL-keskittimelle. Yhteys päättyy keskittimellä olevalle tilaajakortille. Tämä on mahdollista siten, että tiedonsiirrossa käytetään korkeampia taajuuksia kuin puhesignaalisissa. Tiedonsiirron nopeutta eli kapasiteettia voidaan parantaa paremmalla modulaatiolla (kantoaalto) sekä käyttämällä korkeampaa lähetystaajuutta, kuten VDSL2 eli (Very high speed Digital Subscriber Line)-standardissa. [12]

5.2 Yleisimmät xDSL-standardit

Yksi yleisimmistä tietoliikenneyhteyksistä on digitaalinen tilaajayhteys eli DSL - yhteys. Yhteys käyttää puhelinlinjoja, joita pitkin tieto siirretään puhetaajuutta korkeammilla taajuuksilla. Kotitalouksissa käytetyin tekniikka on ADSL, eli (Asymmetric Digital Subscriber Line), joka perustuu verkkokytöntekniikkaan. Siinä käytetään korkeamman taajuuskaistan, 23 000–1 100 000 Hz ADSL-modeemia, tavallisen 300–3400 Hz taajuuskaistan modeemin sijaan. Tämä mahdollistaa jopa kahdeksan megabitin siirto nopeuden laskevaan suuntaan, jolloin se sopii hyvin Internetin kotikäyttöön. [12]

Taulukosta 3 näemme yleisimmät DSL-standardit, joiden yhteydet ovat joko symmetrisiä tai asymmetrisiä. Dataliikenteen siirtonopeuden ollessa molempiin suuntiin sama, puhutaan symmetrisestä siirrosta ja kun siirtonopeus on eri ulos- ja sisäänpäin, puhutaan asymmetrisestä dataliikenteestä. [12]

Taulukko 3. Yleisimmät ITU:n xDSL-standardit [12].

Standardi		Nopeus tilaajalle	Nopeus tilaajalta	Linjakoodi	Taajuusalue
ANSI T1.413 Issue 2	ADSL	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s	DMT	30 kHz–1,1 MHz
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s	DMT	
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s	DMT	
ITU G.992.3/4	DSL2	12 Mbit/s	1,0 Mbit/s		
ITU G.992.3/4 Annex J	ADSL2	12 Mbit/s	3,5 Mbit/s	DMT	
ITU G.992.5 Annex L	ADSL2+	24 Mbit/s	1,0 Mbit/s	DMT	2,2 MHz asti
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+	24 Mbit/s	3,5 Mbit/s	DMT	
ITU G.993.1	VDSL			DMT, QAM	
ITU G.993.2	VDSL2	100 Mbit/s	100 Mbit/s	DMT	
ITU G.991.1	HDSL	2 304 kbit/s	2 304 kbit/s	2B1Q, CAP	
ITU G.991.2	SHDSL	2 304 kbit/s	2 304 kbit/s	TC-PAM	
ITU G.961	IDSL	144 kbit/s	144 kbit/s	2B1Q	

5.3 Kupariverkon tekniikat Kuopion Energialla

Yksi osa KE:n viestiverkkoa on ns. puhelinkaapeliverkko, joka rakennettiin aikoinaan datasähkön käyttöön. Datasähkö-toiminta lopetettiin ja myytiin DNA-operaattorille, jolloin sen tietoliikennekanavana toimiva kupariverkko saadaan kokonaan oman viestiverkon käyttöön. Kupariverkon käyttö koskee vain osaa muuntamoista, sillä sen kunto on suurimmaksi osin huono. Näin kupariverkon käyttö on varsin pienimuotoista, jolloin kupariverkon kehittämiseen eli lisärakentamiseen ei ole järkevää ryhtyä. Kupariverkon rakentaminen maksaa yhtä paljon kuin kuituverkon rakentaminen, jolloin vanhoja kuparikaapeleita tullaan korvaamaan valokuidulla. Kaikissa kohteissa, joissa on ehjä ja nopea kupariyhteys, ei ole vielä tarvetta ryhtyä uusimaan viestiverkkoa.

KE:n kupariverkossa on käytetty kolmea eri standardia, jotka ovat VDSL2, VDSL, sekä GSHDL. Käytännössä VDSL2-standardilla ja hyvällä kuparikaapelilla, päästään jopa 100 Mbps nopeuteen muuntamoiden välillä. Muuntamoiden keskinäinen etäisyys on tässä tapauksessa vain 40–60 metrin luokkaa. Muuntamokohtaisena yhteyden miniminopeutena on pidetty kahden Mbps-nopeutta, johon käytetyillä tekniikoilla on hyvin päästy. Nopeus on riittävää luokkaa pelkästään numeeriselle datan siirrolle.

On selvää, että tulevaisuuden viestiverkko ei sovellu kuparikaapeleille. Vaikka varsinaiset tekniikat vielä riittäisivätkin, niin itse kaapelin fyysiset ominaisuudet eivät enää riitä tuleville vaatimuksille yhteysnopeuksien suhteen. Kupariverkosto on KE:n tapauksessa hyvin merkityksetön asia, jolloin siihen ei kannata enää panostaa. Sen osuus varsinkin tulevassa viestiverkon rakenteessa on vähäinen ja voi olla, että ajan kuluessa siitä luovutaan kokonaan.

6 KUITUVERKOT ELI LÄHIVERKOT

6.1 Yleistä

Kuituverkot ovat nykyään tietoliikenneverkkojen perusta, jotka muodostavat runkoyhteydet palveluntarjoajien sekä tietokoneiden välillä. Ne ovat varmoja ja nopeita yhteyksiä, jotka rakentuvat nykyään lähes poikkeuksetta valokuitukaapeleista. On tutkittu, että valokuidun nopein teoreettinen nopeus on 100 terabittiä sekunnissa; toistaiseksi nopein kaupallinen sovellus ylittää vajaaseen kahteen terabittiin sekunnissa. Itse kuitukaapeli on edullista ja sillä voidaan tarjota riittävä kaista pitkillekin matkoille. Ainoastaan kuidun asentaminen on kallista, varsinkin kun puhutaan pitkistä, kuten kilometrien etäisyyksistä.

Kuituverkkojen kehitystä ajaa eteenpäin tarve saada yhä nopeampia yhteyksiä. Vaativimpien käyttäjien ja palveluiden vaatima tiedonsiirtonopeus on luokkaa 10–100 Mbps. Tähän suuntaukseen ovat johtaneet laajan kaistan vaatimat palvelut, kuten VoD eli (Video on Demand), HDTV eli (High Definition Television), interaktiiviset pelit ja muut raskaat palvelut. [11]

Kuparikaapelointi on vähenemässä, mutta sitä käytetään yhä laajalti, lähinnä kiinteistöjen sisäisessä kaapeloinnissa, esimerkiksi jaettaessa loppuyhteydet kiinteistön sisällä olevasta reitittimestä asukkaille. Käytettävät lähiverkkotekniikat kehittyvät nopeuksiansa ja ominaisuuksiensa puolesta huimaa vauhtia ja onkin kehitetty uusia valokuituihin suunnattuja PON (Passive Optical Networks)-standardeja, jotka mahdollistavat kuituyhteyden kotiin asti.

KE:n lähiverkkoyhteydet sähköasemien osalta on toteutettu suurimmaksi osin kuitukaapeloinneilla. Suuntaus on varsinkin viime vuosina ollut selvästi valokuituvoittoinen, sillä kuitu mahdollistaa häiriöttömän ja nopean yhteyden. Vielä toistaiseksi suurin osa dataliikenteestä on sarjamoitoista datan siirtoa, mutta voi olla, että tulevaisuudessa tarvitaan suurempaa kapasiteettia reaaliaikaisen tiedon tai kuvan siirtämisen vuoksi. Näin ollen kuituverkoston ja nopean langattoman laajakaistayhteyden rakentaminen on tarpeellista.

6.2 Yleisimmät valokuitujen verkkotopologiat

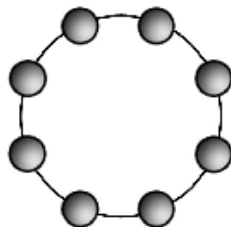
Kun rakennetaan valokuituverkkoa, käytetään kolmea yleisesti tunnettua verkkotopologiaa, jotka ovat rengas- puu- ja tähtitopologia. Topologian valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat verkon varmuus ja kustannukset. Yleisin käytetty rakenne kuitenkin on tähtitopologia, joita ovat esimerkiksi PON-verkot, täysi tähti ja aktiivinen tähti.

KE:lla nykyisen kuituverkon rakenne noudattelee useaa eri rakennetta. Tässä tapauksessa voidaan puhua ns. hybridirakenteesta eli hybriditopologiasta, jossa on havaittavissa niin tähti- kuin rengastopologiaa. Tämä onkin KE:n tapauksessa paras mahdollinen topologia viestiverkon rakenteeksi. Uutta kuituverkkoa rakentaessa pyritään verkosta rakentamaan tähtimäinen rengasverkko, jolloin kaapelin vikaantuessa yhteys on mahdollista saada toista reittiä pitkin.

Nämä kolme edellä mainittua verkkotopologiaa ovat tarkoitettu kuituverkkojen perusrakenteeksi. On olemassa myös muita topologioita, kuten väylätopologia, mutta sen heikkous on kilpavarausmenettely (CSMA/CD), jolloin verkkoa voi käyttää vain yksi laite kerrallaan. Näiden kolmen yleisimmän kuituverkkojen topologioiden rakennetta on hyvä selvittää hieman tarkemmin.

6.2.1 Rengastopologia

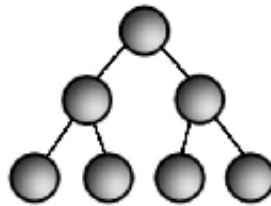
Rengastopologian rakenne syntyy, kun kaikki laitteet liitetään toisiinsa rengasmaisesti. Näin jokainen renkaassa oleva laite saa vierelleen kaksi muuta laitetta. Data eli paketit kulkevat renkaassa, kunnes se saavuttaa määränpänsä, kuvan 8 periaatteen mukaisesti. [3]



Kuva 8. Rengastopologia [3].

6.2.2 Puutopologia

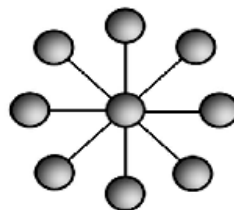
Puutopologiassa voidaan puhua keskussolmusta, joka on yhdistetty vähintään yhteen, yleensä useampaan muuhun solmuun, kuvan 9 mukaisesti. Tässä rakenteessa ensimmäinen solmu on ylimpänä hierarkiassa. Tällä topologialla voidaan tehdä suuria verkkoja esimerkiksi yhdistämällä tähtiverkkoja puutopologian mukaan. [3]



Kuva 9. Puutopologia [3].

6.2.3 Tähtitopologia

Tähtitopologiassa tärkein rooli on keskussolmulla, joka yleensä on kytkin tai keskitin. Tämän kautta kulkee kaikki viestintä, mitä verkossa suoritetaan. Tähtitopologia voidaan jakaa kahteen erilaiseen, mutta kuitenkin hyvin samankaltaiseen topologiaan. Puhutaan täysi tähti sekä aktiivisesta tähtitopologiasta, joiden ainoana erona on kytkinten välisen liikenteen kanavoinnin toteutus. Aktiivisessa topologiassa kytkinten välinen liikenne kanavoidaan samoihin kuituihin, kun taas täysi tähtitopologiassa eri kuituihin. Tähtitopologian malli on esitetty kuvassa 10. [3]



Kuva 10. Tähtitopologia [3].

6.3 Kuituverkon tekniikat

Kuituverkoissa käytettävistä yleisimmistä ja tärkeimmistä tekniikoista voidaan käyttää nimeä lähiverkkotekniikat. Nämä tekniikat perustuvat IEEE 802-lähiverkkotekniikoihin, joista tärkeimmät ovat Ethernet, Token Ring ja WLAN (Wireless Local Area Network). Tarkemmin sanottuna IEEE:n standardi 802.3 määrittelee Ethernet-lähiverkkotekniikat. Lähiverkot voidaan yhdistää toisiinsa alueverkoilla, kuten Frame Relay- tai ATM – tekniikoilla. [7]

Uusimpia kuitutekniikoita edustavat ITU:n PON-standardit, eli passiiviset optiset verkot, joiden avulla valokuitukaapeli saadaan kotiin asti. Tämä mahdollistaa parhaimmillaan jopa 10 Gbps-nopeuden. Kesäkuussa 2010 vahvistettiin tähän asti nopein Ethernet – standardi, IEEE P802.3ba, joka mahdollistaa 40 / 100 Gbps nopeudet.

6.4 Kuituverkkojen tulevaisuus

Kuituverkkojen tulevaisuus näyttää todella lupaavalle. Valokuitujen hyvät perusominaisuudet ja suuret siirtonopeudet mahdollistavat uusien tekniikoiden kehittämisen aivan uudelle tasolle. Tällä hetkellä yhtenä lupaavimpana tekniikkana ovat passiiviset optiset verkot, jotka mahdollistavat valokuidun tuomisen jopa kotiin saakka. Nämä ITU:n sekä IEEE:n määrittelemät standardit ovat tiedonsiirtonopeuksiensa puolesta aivan omaa luokkaansa. Lisäksi näiden PON-verkkojen rakentaminen on melko edullista, tosin tämä riippuu verkkoon tulevien laitteiden määrästä, sekä kuinka monelle tilaajapäätteelle kuitu haaroitetaan. [11]

6.4.1 *PON-standardit*

Tulevaisuuden kuituverkkotekniikoita edustavat ehdottomasti passiiviset optiset verkot, joita voidaan kutsua nimellä PON-verkot. Uusilla PON-standardeilla voidaan kuituyhteydet ulottaa suoraan kuluttajan kotiin, tai yritykseen, josta se voidaan jakaa päätelaitteilla useille kymmenille käyttäjille. Näiden PON-standardien nopeudet ovat jo sitä luokkaa, että ne kattavat vaativimpienkin käyttäjien tarpeet, sillä tiedonsiirtonopeudet ovat menosuuntaan päin useita gigabittejä sekunnissa. [11]

6.4.2 *PON-tekniikoiden käyttäminen Kuopion Energiolla*

Mikäli KE rakentaa fyysistä viestiverkkoaan, tehdään sitä valokuidulla. Tämän johdosta myös PON-tekniikoiden käyttäminen saattaisi olla varteenotettava vaihtoehto lähinnä sähköverkon kaukokäytön puolella. Valokuitukaapelointi, yhdistettynä uusiin nopeisiin PON-tekniikoihin mahdollistaisi entistä nopeamman ja varmemman sähköverkon ohjaus- sekä seurantadatan kulkemisen.

PON-tekniikoiden hyödyntäminen voisi kohdistua sähkö- ja lämpöasemien väliseksi yhteystekniikaksi. Tämä mahdollistaisi varman ja nopean dataliikenteen MicroSCADAn sekä sähköverkon valvottavien- että ohjattavien komponenttien välille. Voi olla, että tällä saataisiin parannettua sähkönlaatua entisestään. Voisi kuvitella, että mahdollisista sähköverkon vioista saataisiin ilmoitus entistä nopeammin, jolloin korjaustoimenpiteisiin päästäisiin aiempaa rivakammin. Myös muut viestiverkon osat joissa tarvitaan reaaliaikaista datan, joko kuvan- tai ohjaustiedon välittämistä, voitaisiin toteuttaa PON-tekniikoilla.

7 WiMAX-TEKNIikka

7.1 Yleistä

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on laajan toiminta-alueen WLL-järjestelmä, langaton laajakaistatekniikka, joka perustuu kansainvälisen tekniikan alan järjestön IEEE 802-sarjan avoimeen 802.16-standardiin. Standardi valmistui syksyllä 2001 ja sen julkaisu tapahtui 8. huhtikuuta 2002. Käytettävä taajuusalue on määritelty varsin laajalle 10 – 66 GHz:n alueelle. Varsinaisen WiMAX:n määrittää versio IEEE 802.162004, tai virallisemmin 802.16 REVd. Tämä versio on tarkoitettu ainoastaan kiinteään ”fixed”- käyttöön. WiMAX:sta on olemassa myös tarkennettu versio IEEE 802.16e, joka sisältää menetelmät myös liikkuvuuden hallintaan. Näin ollen se mahdollistaa tuen siirrettävälle (portable) ja liikkuvalla (mobile) yhteydelle. WiMAX:n teoreettisen kuuluvuuden luvataan yltävän optimaalisissa olosuhteissa jopa 50 km:iin asti. [8, s.119]

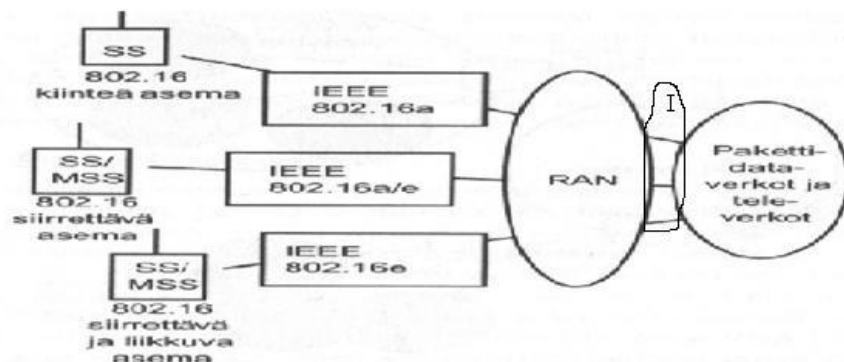
Tässä insinööriyössä WiMAX:n käyttö tulee kysymykseen paikoissa, joissa kaapelointi ei syystä tai toisesta ole mahdollista tai järkevää. Esimerkiksi, silloin kun kaapelin vetomatka on pitkä tai maasto on mahdotonta kaapelin viemiseksi muuntamoon, jolloin kustannukset muodostuvat liian korkeiksi. Voi myös olla, että kaapeliyhteys menee lähellä muuntamoita tai muuntamo-ryhmää, mutta kaapelin jatkaminen ja vieminen perille on huomattavasti kalliimpaa kuin yhteyden rakentaminen esimerkiksi WiMAX-tekniikalla. On myös paljon muuntamoita jotka ovat alueilla, joissa ei ole lainkaan tietoliikenneyhteyksiä. Suurin osa näistä muuntamoista sijaitsee haja-asutus alueilla, jolloin etäisyydet muuntamoiden välillä ovat suuret. Myös kaupunkialueilla on paikkoja, joissa on yhteydettömiä muuntamoita. Näissä tapauksissa WiMAX-yhteyden rakentaminen ja saaminen kohteisiin on helpompaa kuin vastaavasti valokuidulla.

7.2 Toimintaperiaate ja arkkitehtuuri

WiMAX-järjestelmän tekninen toteutus on hyvä käydä lävitse, jotta tiedetään mihin tämän standardin toiminta perustuu. WiMAX-tekniikan ydin on OFDM-monikantoaalto-tekniikka, joka sietää yhteysvälin ongelmia varsin hyvin. Voidaan myös puhua DMT-moduloinnista, joka WiMAX-standardissa mahdollistaa 64 QAM, 16 QAM, 4 QAM, BPSK ja QPSK-modulointitekniikoiden käyttämisen tukiaseman sekä käyttäjän etäisyyden mukaan. Kaikki OFDM-menetelmät perustuvat diskreettiin Fourier-käänteismuunnokseen. Käytännössä tällä tekniikalla tieto siirretään lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla samanaikaisesti. Esimerkkinä, jos WiMAX käyttää 16 QAM-modulaatiota, voidaan yhdessä taajuuskanavassa siirtää neljää bittiä kerrallaan. Tarpeen mukaan, käytettävää modulointitekniikka sekä taajuutta voidaan vaihtaa, joidenka ansiosta verkolle saadaan tarvittaessa parempi kantavuus. [8, s.121]

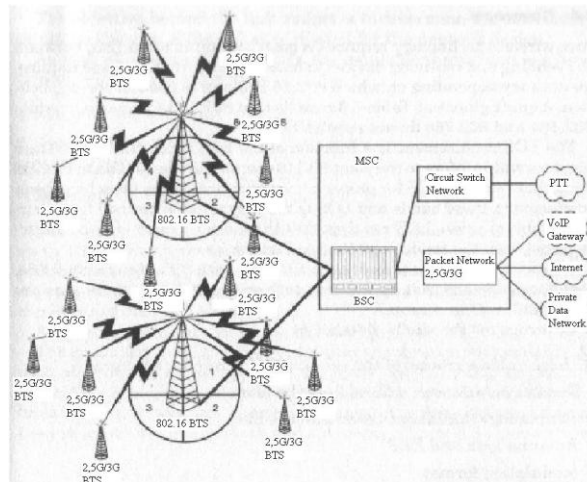
OFDM- tekniikan ansiosta WiMAX toimii osittain myös esteellisillä yhteysväleillä, jolloin puhutaan N-LOS – ympäristöstä (non-line of sight). Käytännössä kuitenkin pitkät yhteysvälit vaativat LOS (Line-of-Sight)- näkyvän yhteyden, jossa ei ole mitään estettä signaalin tiellä. Toinen varsin merkittävä etu OFDM- tekniikassa on, että sen käyttämiseksi ei tarvita kiinteää kaistanleveyttä. Käytännössä parhain vaihtoehto useimmissa tapauksissa on skaalautuva OFDM, joka voidaan skaalata WiMAX-järjestelmässä 1,75–20 MHz:n väliselle alueelle. [8, s.121]

Varsinainen WiMAX-arkkitehtuuri koostuu kuvan 11 mukaisista kolmesta päälohkosta, jotka ovat päätelaite SS, eli käyttäjän laite, radiojärjestelmä RAN (Radio Access Network), toimii siirtotienä sekä rajapinnasta I (Interoperability), joka vaaditaan muiden verkkojen rajapintaan. [3]



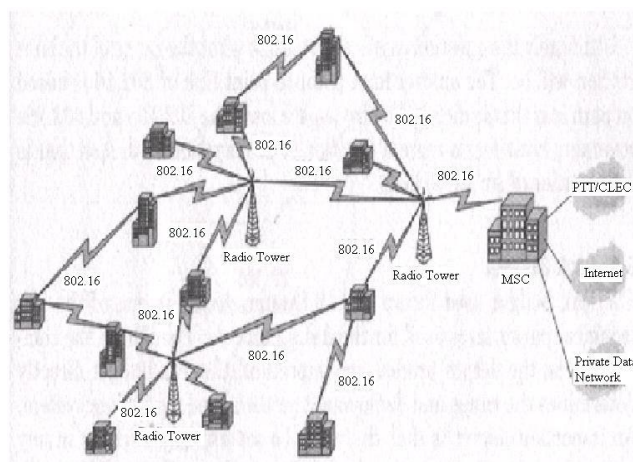
Kuva 11. WiMAX- arkkitehtuuri kuvaus [3].

Yksi tärkeä osa WiMAX-järjestelmää on topologia, joilla yhteysvälin laitteet kytketään toisiinsa. KE:n tapauksessa, kytkentä voisi noudattaa PMP (Point to MultiPoint) eli pisteestä moneen pisteeseen periaatetta. Tällöin yhdeltä WiMAX-tukiasemapistteeltä saadaan monia muuntamoita kerralla verkkoon kiinni. Kaksi päätopologiaa on tähti (star), sekä hajautettu (mesh). Jos käytetään yhtä tukiasemaa, joka jakaa yhteyden monille päätelaitteille sen peittoalueella, puhutaan tähtitopologiasta, joka on esitetty kuvassa 12 [3].



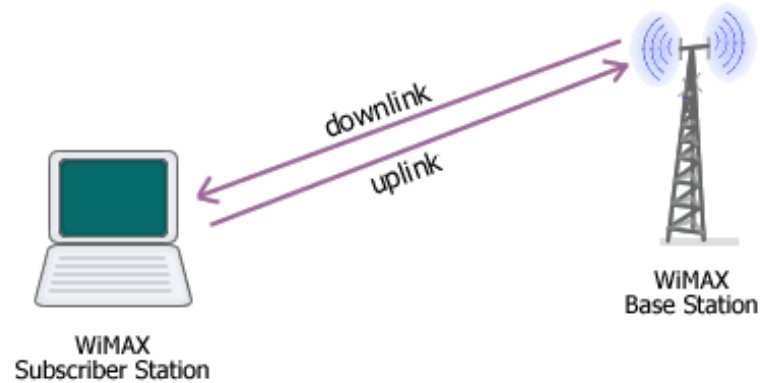
Kuva 12. Tähti- topologia [3].

Mesh-topologiassa puolestaan päätelaitteet jatkavat verkkoa eteenpäin toisille tukiasemille, kuten kuvassa 13 on havainnollistettu. [3]

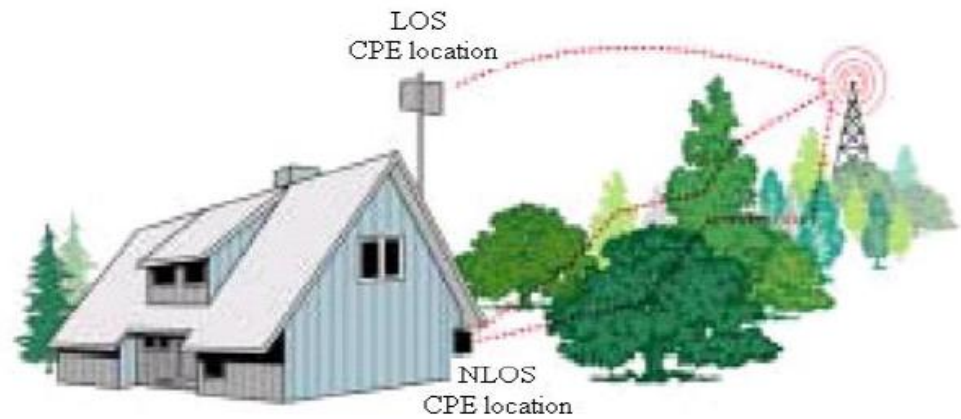


Kuva 13. Mesh- eli hajautettu topologia [3].

Varsinaisen WiMAX-yhteyden muodostaminen tapahtuu tukiaseman BS (Base Station) ja päätelaitteen SS (Subscriber Station) välille kuvan 14 mukaisesti. Vaikka WiMAX jo tukeekin N-LOS yhteyttä, käytännössä pitkillä yhteysväleillä tarvitaan LOS yhteys päätelaitteen ja tukiaseman välille, esimerkkinä kuvan 15 tapaus, jossa kattoantennilla saavutetaan hyvä LOS-yhteys. [3]



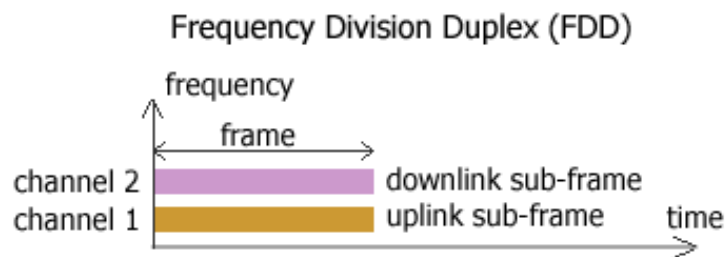
Kuva 14. Yhteyden muodostus linkin ja käyttäjän välille [3].



Kuva 15. LOS ja N-LOS yhteydet [3].

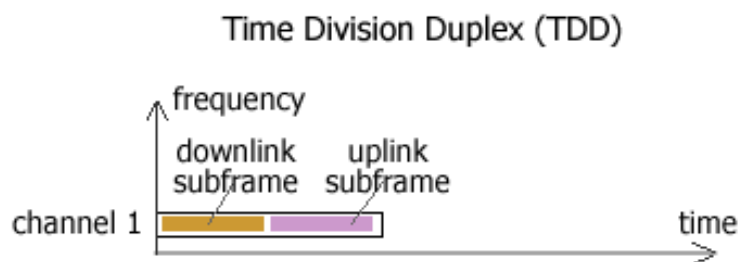
Tietoa, eli dataa siirretään radiotiellä kahdella eri tavalla, joko käyttämällä duplex-pohjaista FDD-tekniikkaa tai sitten duplex-pohjaista TDD-tekniikkaa. [3]

FDD-tekniikan toiminta perustuu taajuudellisesti muutettavaan uplink- ja downlink -yhteyksien erottamiseen, joka on esitetty kuvassa 16. Tämä tekniikka on niin sanottu symmetrinen tiedonsiirto, sillä kummallekin yhteydelle eli virralle määritellään omat kaistat. Omien kaistojen johdosta lähetykset ovat samankokoisia. Tästä johtuen tätä tekniikkaa on hyvä käyttää sovelluksissa, joissa tiedonsiirron suuruus on yhtä suuri kumpaankin suuntaan. FDD-tekniikka on ainut täysin kaksisuuntainen tekniikka. [3]



Kuva 16. Taajuusjakoinen yhteyden erottelu [3].

TDD-tekniikka perustuu yhteen taajuuskaistaan, joka toimii kumpaankin suuntaan. Kaistalla virrat jaetaan ajallisesti, jolloin tieto jaetaan kehyksiin. Jokaiselle kehykselle asetetaan eri aikavälit ylä- sekä alavirtaan. TDD mahdollistaa suuremman kaistan hyötysuhteen kuin FDD:llä assymetrisessä siirrossa, koska se voi kontrolloida joustavasti, kuinka paljon ylä- tai alavirta tarvitsee kaistaa. TDD:n periaatteen näemme kuvasta 17. [3]



Kuva 17. Aikajakoinen yhteyden erottelu [3].

7.3 Verkon kapasiteetti

Perusversion, eli standardin 802.16, nopeus on maksimissaan luokkaa 120 Mb/s. WiMAX:n tarkentaessa perusstandardiaan taajuusalueille 2-11 GHz pieneni teoreettinen siirtonopeus arvoon 70 Mb/s. [8, s.119]

Käytännössä runkolinkkien välillä voidaan päästä 366 Mbps nopeuteen, mikäli laitteistot, lyhyt linkkijänteen etäisyys sekä käytettävä modulointitekniikka, kuten QAM 256, ovat mahdollisia. Yhdellä tukiasemapistteellä voidaan saavuttaa noin 75 Mbps nopeus, joka kuitenkin jaetaan solun alueella olevien käyttäjien kesken.

7.4 Käytettävät taajuusalueet

Vuoden 2004 aikana määritettiin ensimmäiset viralliset WiMAX- taajuudet, jotka olivat 3,4–3,6 GHz (TDD ja FDD-moodit) ja 5,725–5,850 GHz (TDD-moodit). Taajuuksien lisäallokointi on hyvin tärkeää järjestelmän tulevaisuuden turvaamiseksi, joten taajuuksia saataneen määritetyksi WiMAX- järjestelmän käyttöön jatkuvasti lisää. [8, s.120]

Suomessa WiMAX toimii 2.5GHz ja 3.5GHz:n luvanvaraisilla radiotaajuuksilla. Jos halutaan rakennuttaa toimiva WiMAX-verkko, täytyy tällöin hakea viestintävirastolta taajuuslupaa.

Yhtenäisten WiMAX-taajuuksien käyttö kaikkialla maailmassa ei ole käytännössä mahdollista, sillä esimerkiksi jo Euroopan sisällä taajuusalueiden määrittelyt vaihtelevat maittain. Esimerkkinä tästä on taajuusalue 5,8 GHz, joka on käytössä hyvin rajoitetusti Euroopassa. [8, s.120]

7.5 WiMAX- standardin ylläpito

WiMAX voidaan luokitella kiinteisiin langattomiin järjestelmiin, joista käytetään yhteistä nimitystä FWA (Fixed Wireless Access), ainakin sen kehityksen alkuvaiheessa. Näiden järjestelmien aktiivisessa standardoinnissa ovat olleet mukana standardoimisjärjestöt ETSI, sekä IEEE. [8, s.120]

IEEE:n WiMAX-määrittelyksistä huolimatta, WiMAX-tavaramerkin omistaa WiMAX Forum, joka myös valvoo standardia käyttävien laitteiden yhteensopivuutta. Forumilta löytyy erillinen, aliryhmittymä nimeltä RWG (regulatory working group), jonka

päämääränä on taata kaikille WiMAX-ratkaisuille järkevän toiminnan edellytykset, kuitenkin häiritsemättä muita olemassa olevia järjestelmiä. Sen pääasiallisena tehtävänä on kuitenkin standardin kehittäminen taajuuksien osalta. RWG keskittyy WiMAX- laitteiden taajuuskaistojen allokointiin, sekä lisätaajuuksien identifiointiin. [8, s.120]

7.6 Tietoturva

Nykypäivänä on syytä suhtautua tietoturvaan vakavasti, sillä tietomurrot aiheuttavat toisin paikoin vakavia ongelmia kotitalouksissa kuin yrityksissäkin. Solun peittoalueelle voidaan tukiaseman ja käyttäjien välille määrittää vahva suoja, jonka johdosta liikenteen kuuntelu ja tiedostojen kaappaaminen on lähes mahdotonta.

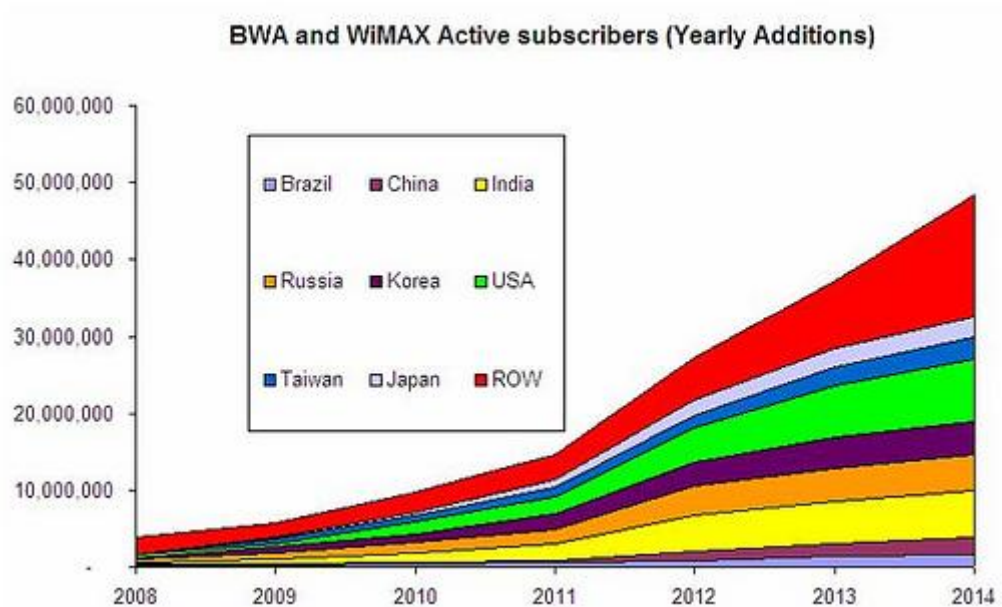
WiMAX-standardiin on sisällytetty tietoturvakerrokset (security sublayer), joka sijoittuu MAC (Media Access Control)-kerrokselle. Jokaisella laitteella on oma 48-bittinen tunnistus. Tietoturvakerroksen tehtävänä on huolehtia avainten hallinnasta, autentikoinnista, sekä datan salakirjoituksesta. Kun yhteys muodostetaan, turvallisuustasot määritetään aina kunkin yhteyden kohdalla erikseen. MAC-kerroksen suojausten lisäksi, kun siirrettävä data suojataan 3DES (Data Encryption Standard)-salakirjoituksella, saavutetaan jo varma verkko. Tämän lisäksi WiMAX-laitteet voivat käyttää AES (Advanced Encryption Standard)- salakirjoitusta 128- tai 256-bitin salausavaimella. [3]

Tämän työn kannalta, tietoturvan selvittäminen ei ole olennaisin asia. Tästä johtuen, ei ole tarpeellista selvittää suojaustekniikoita tämän enempää. Verkkoa rakennettaessa suojaus pystytään rakentamaan yhtä hyväksi kuin kuituverkossa. Näin esim. ilmateitse verkkoon murtautuminen on mahdotonta, tai ainakin todella vaikeaa.

7.7 Tulevaisuuden näkymiä

Langattomat verkot eli langattomat standardit ovat tulleet markkinoille jäädäkseen. Myös WiMAX-standardin tulevaisuus vaikuttaisi ennusteiden perusteella melko hyvältä. Sillä on monia merkittäviä etuja verrattuna muihin standardeihin, kuten esimerkiksi laajempi toiminta-alue, bittinopeus, mahdollisuus liikkuvaan yhteyteen, sekä se tukee muita matkaviestinjärjestelmiä, esimerkiksi 3G:ta. [8]

WiMAX-tilaajien määrät ovat kasvaneet ja tulevat ennusteiden mukaan kasvamaan räjähdysmäisesti globaalilla tasolla tarkasteltuna. Ennusteiden mukaan varsinkin Aasian, Intian sekä Yhdysvaltojen markkinoilla on tilaajien määrä kovassa kasvussa, kuten kuvan 18 ennusteesta voidaan päätellä. Ennusteen paikkansapitävyyttä voidaan aina epäillä, sillä näinkin uuden ja vielä toistaiseksi melko kalliin verkon rakentaminen ja saaminen nykyisten matkaviestinjärjestelmien tasolle on epävarmaa. Kuvan 18 ennusteet ovat tehty vuoden 2009 aikana, jolloin WiMAX-standardin tulevaisuus saattoi näyttää jopa lupaavammalta kuin nyt. Tästä johtuen nykyisen vastaavan ennusteen tilaajamäärät voivat olla hieman pienemmät. [1]



Kuva 18. Ennuste laajan toiminta-alueen verkkojen aktiivikäyttäjistä [1].

Suomessa WiMAX-verkkoja on rakennettu muutamien operaattoreiden, sekä puhelin-yhtiöiden taholta. Keski-Suomen alueella on hyvä WiMAX-peittoalue, jolloin WiMAX-verkko on saatavissa laajalla alueella. Yhteyksien tilaajanopeus näillä alueilla vaihtelee välillä 3-10 Mbps. Kuvassa 19 nähdään tämän hetken julkiset WiMAX-verkot. [13]



Kuva 19. Tämän hetken WiMAX- verkot Suomen alueella [13].

WiMAX-standardin tulevaisuus riippuu paljon siitä, että pystyykö se kehittymään ja saavuttamaan 3G sekä tulevan 4G-verkon suosion. Voi olla, että jos mobile-standardia kehitettäisiin paremmaksi ja saataisiin se laajoille markkinoille esimerkiksi Aasiaan tai Yhdysvaltoihin, saavutettaisiin tarpeeksi vakaa ja vankka markkinatilanne. Pahimpina uhkina ovat ns. LTE eli (Long Term Evolution) -verkot, jotka pohjautuvat 4G-tekniikkaan ja ovat 3G-tekniikan kanssa yhteensopivia [1]. Nopeudet näissä verkoissa ovat teoreettisella tasolla 160 Mbps luokkaa.

Parhaillaan useat operaattorit, kuten amerikkalainen Verizon Wireless ja japanilainen NTT Docomo testaavat huippunopeita LTE-mobiiliverkkoja, joiden käyttöönotto voi tapahtua vuoden 2010 aikana. Suomessa DNA, TeliaSonera sekä Elisa voittivat LTE-taajuudet itselleen. Kaupallisesti tärkein LTE-taajuus on 2,6 GHz:n taajuusalue. [1]

Itse WiMAX-tekniikan seuraavaa versiota veikataan ilmestyväksi vuoden 2012- alussa. Se mahdollistaisi yli 100 Mbps nopeuden liikkuvilla yhteyksillä, sekä kiinteillä yhteyksillä yhden Gbps nopeuden. WiMAX versio kaksi olisi yhteensopiva aiempien versioiden kanssa. [3]

7.8 Viestintävirasto, radiolupa

Suomessa radiotaajuuksien käyttöä valvoo ja ohjaa viestintävirasto, joka on liikenne- ja viestintäministeriöön kuuluva viranomaistaho. Viraston tärkeimmät tavoitteet ovat radiohäiriöiden tehokas ennaltaehkäisy, sekä selvittää kaikki mahdolliset häiriöt yhteistyössä radiotarkkailun ja taajuussuunnittelun kanssa. Lisäksi viraston tehtävänä on valvoa, että kaikki radio- ja telepäätelaitteet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Viestintävirasto huolehtii ja pitää Suomen eduista huolen kansainvälisellä tasolla, jolloin taajuuksien käyttöä koskeviin kansainväliseen päätöksentekoon otetaan osaa. [10]

Kaikista viraston myöntämistä radioluvista sekä -varauksista peritään taajuusmaksu, jonka suuruus määräytyy anottavan taajuuden käytettävyyden ja käyttökelpoisuuden mukaan. Eri taajuuskaistojen hinnoittelulla pyritään saamaan käyttöä taajuusalueille, joita käytetään vähemmän. [10]

7.8.1 Kuopion Energian oma luvanvarainen radiotaajuusalue

Kuopion Energialla on oma luvanvarainen 3.5 GHz radiotaajuusalue. Lupa on määräaikainen. Oma radiotaajuusalue mahdollistaa suoraan WiMAX käytön, sillä Suomessa käytössä olevat viralliset WiMAX taajuudet ovat 2,5 ja 3,5GHz. Oma radiotaajuusalueen käyttö mahdollistaa varman ja vapaan kaistan käytön, sillä muita käyttäjiä ei kaistalla ole, jolloin kapasiteetti on kokonaan omassa käytössä.

7.9 WiMAX osaksi Kuopion Energian viestiverkkoa?

Viestiverkon kehittäminen etäluennan- sekä kauko-ohjauksien osalta paremmaksi, vaatii esimerkiksi vanhan GPRS-yhteyden osalta päivittämistä. Vaikka tarvetta suurelle datamäärän liikuttamiselle ei vielä lähitulevaisuudessa ole, on kuitenkin hyvä ajatella tulevaisuuden viestiverkon vaatimuksia. KE päätti tutkia ja testata WiMAX-tekniikan käyttöä sekä mahdollisuuksia, osana omaa viestiverkkoaan. Tässä vaiheessa oli jo selvää, ettei pelkällä kaapeloinnilla ole järkevää rakentaa kaikkien muuntamoiden välisiä tietoliikenneyhteyksiä, koska kustannukset kasvavat liian suuriksi. Tämän lisäksi haja-asutusalueilla maaston rakenteen vuoksi kuitukaapelointi on lähes mahdotonta.

Viestiverkon nykyinen tila mahdollistaa kuitukaapeloinnin lähinnä kaupunkialueella, sekä uusilla kaapeloitavilla alueilla, mutta haja-asutusalueen kaapeloiminen kuidulla on liian kallista. Näin ollen oman langattoman verkon rakentaminen on ainakin pitkällä aikavälillä kannattavampi vaihtoehto, kuin operaattoriperustaisten yhteyksien käyttö. WiMAX-tekniikka voisi olla hyvä ratkaisu pitkien matkojen päässä olevien muuntamoiden saamiseksi osaksi viestiverkkoa.

KE harkitsee vakavasti oman WiMAX-verkon rakentamista, mikäli se on järkevää. Suomessa on tällä hetkellä ainoastaan yksi energiayhtiö, joka käyttää vastaavaa verkkoa. Se on Haminan Energialla, joka käyttää omaa WiMAX-verkkoaan lähinnä kaukokäytön tarpeisiin. Heiltä KE saa arvokasta tietoa liittyen verkon toimintaan ja mahdollisiin ongelmiin.

Omalla WiMAX-verkolla voidaan kattaa nopeasti esimerkiksi haja-asutusalueiden muuntamot, sekä käyttää verkkoa erottimien kauko-ohjauksessa. WiMAX-yhteys toimii samalla luotettavana ja hyvänä varayhteytenä, jos varsinainen viestiverkko sattuisi kaatumaan osittain tai kokonaan. Verkon rakentamisesta tehdään päätös syksyn 2010 aikana, mikäli rakentaminen osoittautuu kustannuksien sekä yhteyden toimivuuden puolesta kannattavaksi.

8 VIESTIVERKON NYKYTILAN KARTOITTAMINEN

8.1 Kartoituksen lähtökohdat

KE:n viestiverkon nykytilan kartoittaminen oli yksi osa tätä opinnäytetyötä. Kartointu tehtiin tulevan etäluennan tarpeisiin, sillä siitä saatavan tiedon avulla voidaan viestiverkkoyhteydet rakentaa tarvittaviin muuntamoihin helpommin ja nopeammin. Nykytilan selvityksen tekeminen kesti noin kaksi kuukautta, jolloin sen osuus ajallisesti oli varsin suuri. Kartoituksen tuloksena syntyi erillinen laaja 143-sivuinen dokumentti koko KE:n sähköverkonjakelualueella olevasta viestiverkon nykytilasta. Sitä ei voida laajuutensa vuoksi liittää kokonaan tähän työhön. Kartoituksen avulla saatiin tieto alueittaisista tietoliikenneyhteyksistä sekä yhteydettömistä muuntamoista. Nämä tiedot olivat tärkeimmät tämän opinnäytetyön kannalta. Selvitykseen sisällytettiin myös hiukan alueittaista viestiverkko suunnittelua. Kartoituksen dokumentti jätettiin KE:n sisäiseen käyttöön.

Tähän kappaleeseen on koottu kartoituksesta saadut tärkeimmät tiedot, jotka koskevat etäluentaa, viestiverkkoa ja viestiverkon rakentamista. Lisäksi tähän lukuun on otettu esimerkki yhden alueen kartoituksesta.

8.1.1 Nykyinen GPRS-järjestelmä

Viestiverkon kartoituksessa ei ole huomioitu nykyistä langatonta GPRS-yhteyttä, koska kyseinen yhteystekniikka jätetään KE:n päätöksestä uudesta viestiverkon rakenteesta pois. Tämä tullaan korvaamaan jollakin muulla langattomalla tekniikalla, jonka tiedonsiirto ei ole riippuvainen yhdestäkään operaattorista.

KE:lla on vielä käytössään modeemipohjainen, pakettikytkentäinen langaton GPRS-yhteys, joka toimii omalla luvanvaraisella taajuusalueella. Yhteyttä käytetään lähinnä erotinasemien kauko-ohjauksessa, sekä myös etäluentadatan välittämisessä Neulamäen alueelta. Tiedonsiirrosta joudutaan maksamaan muuntamokohtaisesti kuukausivuokraa operaattorille eli Soneralle. Syyt, joiden vuoksi tämä yhteysmuoto jätetään pois käytöstä, koskevat vuotuisia kustannuksia sekä operaattoririippuvuutta. Myös yhteyden varmennus sekä varmuus halutaan paremmaksi. Operaattoreiden tarjoamat yhteystekniikat kehittyvät nyt niin kovaa vauhtia, että on parempi jättää näiden yhteyksien käyttö tulevaisuuteen.

8.1.2 Etäluennan testialue

Kuopion Neulamäestä tehtiin etäluennan testialue vuonna 2008. Tarkoituksena on testata etälentälaitteistoja ja järjestelmän kokonaistoimintaa. Tältä alueelta saadaan myös tärkeää tietoa mahdollisista ilmenevistä ongelmista.

Neulamäen teollisuusalueen sähkömittareiden keräämät asiakkaiden energiankulutustiedot luetaan langattomasti muuntamoilla olevien keskittimien avulla. Yhteys on toteutettu GPRS-yhteydellä, sillä alueella ei ole muita viestiverkkoyhteyksiä. Neulamäen alueelle KE asensi yhteensä 3000 mittalaitetta, joihin kuuluvat keskittimet sekä etäluettavat sähkömittarit. Asennukset suoritettiin vuoden 2008 aikana.

Neulamäessä on myös pylväsmuuntamoita, joille viestiverkko täytyy saada. Pylväsmuuntamoita on KE:n sähköverkossa reilut 100 kappaletta, jolloin viestiverkkoyhteyksien saaminen näihin kohteisiin olisi mahdollista irrallisten alasemien avulla. Ala-asemalla tarkoitetaan kuvan 20 mukaista laitekaappia. Kyseinen laitekaappi sijaitsee Neulamäessä Mahlatiellä. Laitekaappiin on sisällytetty keskitin, datasähkölaitteisto ja GPRS-laitteisto. Lähtökohtaisesti jokaiselle pylväsmuuntamolle tulisi saada yhdenmukainen ala-asemakaappi, jonne voitaisiin sijoittaa kaikki tarvittavat laitteistot etälentaa ja muita mahdollisia yhteyksiä varten.

Kuvassa 21 nähdään myös Mahlatien pylväsmuuntamo. Tulevissa ala-asemakaapeissa täytyy myös ottaa huomioon erilaisten sääolojen vaikutukset, jolloin kaapin tiiviys, jäähdytys sekä lämmitys ovat tärkeitä asioita. Nykyinen laitekaappiversio kaipaa vielä jatkokehitystä, sillä se ei ole tarpeeksi tiivis Suomen vaihteleville sääoloille.



Kuva 20. Pylväsmuuntamon 348 ala-asema.



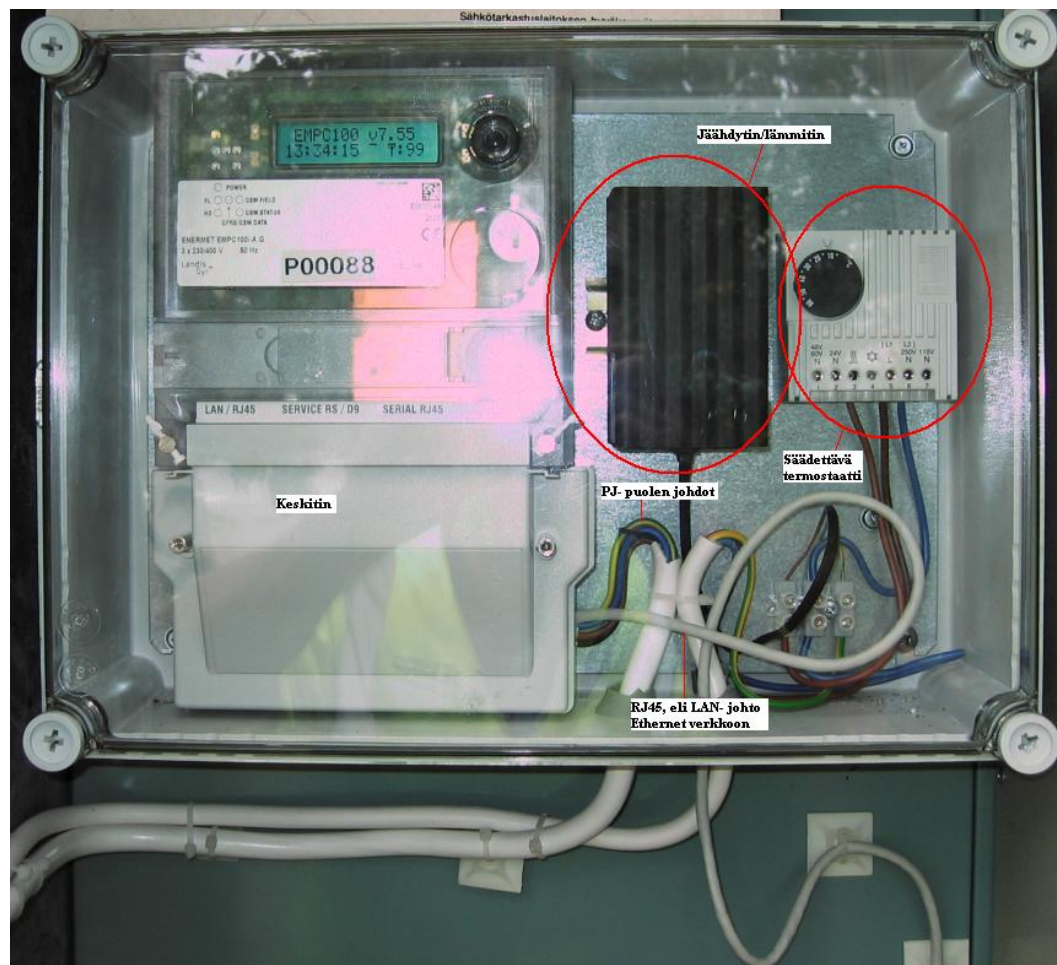
Kuva 21. Pylväsmuuntamo 348.

Toinen laitekaappiratkaisu on kuvan 22 mukainen versio, jota voidaan käyttää puistomuuntamoissa, joissa on tilaa erilliselle pienelle laitekaapille. Tämä kaappiratkaisu on hyvä vaihtoehto etälentalaitteistoille.

Kuvassa 22 nähtävä laitekaappi sisältää keskittimen, jäähdyttimen, lämmittimen, säädettävän termostaatin sekä kuvaan merkityt pj-verkon johtimet, joita pitkin saadaan keskittimen sekä muiden laitteiden käyttöjännite. Samoja johtimia pitkin keskitin kerää asiakkaiden etäludentadatan.

Tähän asti KE on itse pyrkinyt rakentamaan muutamat käytössä olevat ala-asetat, kuten myös kuvassa 20 nähtävän ala-aseaman. Eri valmistajilta saatavat valmiit laitekaapit maksavat moninkertaisesti verrattuna itse valmistettuihin laitekaappeihin. Omavalmisteiset kaapit tilataan osissa, jolloin kustannussäästö syntyy kun kaapit kasataan ja kalustetaan itse. Reilun sadan laitekaapin kohdalla saadaan aikaiseksi suuri kustannussäästö.

Neulamäen etäluenta on toiminut moitteettomasti jo muutaman vuoden ajan.



Kuva 22. Laitekaapin sisältöä.

8.2 Kartoituksen toteutus

Viestiverkko kartoitetaan käyttämällä Teklan Xpower-verkkotietojärjestelmää, joka on suunniteltu energiayhtiöiden käyttöön, lähinnä sähköjakelun operatiiviseen omaisuudenhallintaan. Xpowerin paikkatietojen avulla nähdään koko sähköverkonalueella oleva viestiverkko. Sillä voidaan nähdä kupariverkosto, kuituverkosto sekä maahan asennetut 50, 110 sekä 140 mm:n muoviputket. Myös kaikki muuntamot, jakokaapit sekä kaapeleiden liitokset saatiin näkyville. Dokumenttiin kerättiin tieto muuntamoista sekä alueittaiset yhteydettömät muuntamot.

Kartoituksen rakenne tehtiin alueittaiseksi, jolloin selvitys on johdonmukaisempi ja sitä on helpompi tutkia.

8.2.1 Xpowerin käyttö kartoituksessa

Kartoitus suoritettiin käyttämällä verkkotietojärjestelmä Xpoweria, sillä muuta vaihtoehtoista tapaa ei ollut. Verkkotietojärjestelmä on keskeinen työkalu, josta löytyvät kaikki sähköverkon ja viestiverkon osalta tehdyt kaapeloinnit sekä muut verkon komponentit. Verkon komponenttien tiedot on syötetty Xpoweriin GPS:n (Global Positioning System) paikkatietojen perusteella.

Tässä työssä verkkotietojärjestelmän käyttäminen oli keskeisessä asemassa, jolloin on hyvä tarkastella sen käyttöä hieman yksityiskohtaisemmin. Xpower oli heti alusta alkaen suhteellisen selkeä ja helppo käyttää. Ohjelmassa on paljon erilaisia toimintoja, kuten tärkeimpinä esimerkiksi verkostonlaskenta, verkoston suunnittelu ja digitointi, sekä käytöntuki-sovelluksen mahdollisuus. Kun Xpower käynnistetään, tehdään sinne oma suunnitelma, johon voidaan tehdä omia verkoston muutoksia. Ohjelmassa on mahdollista asettaa näkymään vain omat tehdyt suunnitelmat, jolloin oman suunnitelma-pohjan löytäminen on nopeaa ohjelmaa avattaessa. Kun oma suunnitelma on saatu käynnistettyä, valitaan karttapohjavalikosta jokin listatuista pohjakartoista näkyville. Pohjakartan päälle voidaan ”nostaa ylös” haluttu verkko, kuten esimerkiksi viestiverkko, painamalla ”Master- tietokanta” – nappia. Tällä tavalla haetaan kaikki halutut objektit näkyville. Karttapohjalle piirtyvät kaikki haetut kohteet, kuten esimerkiksi valitsemalla viestiverkko, tulee näkyviin kuitukaapelit, kuparikaapelit, muoviputkitukset, putkikaivot, kaapeleiden jatkokset, muuntamot ja jakokaapit.

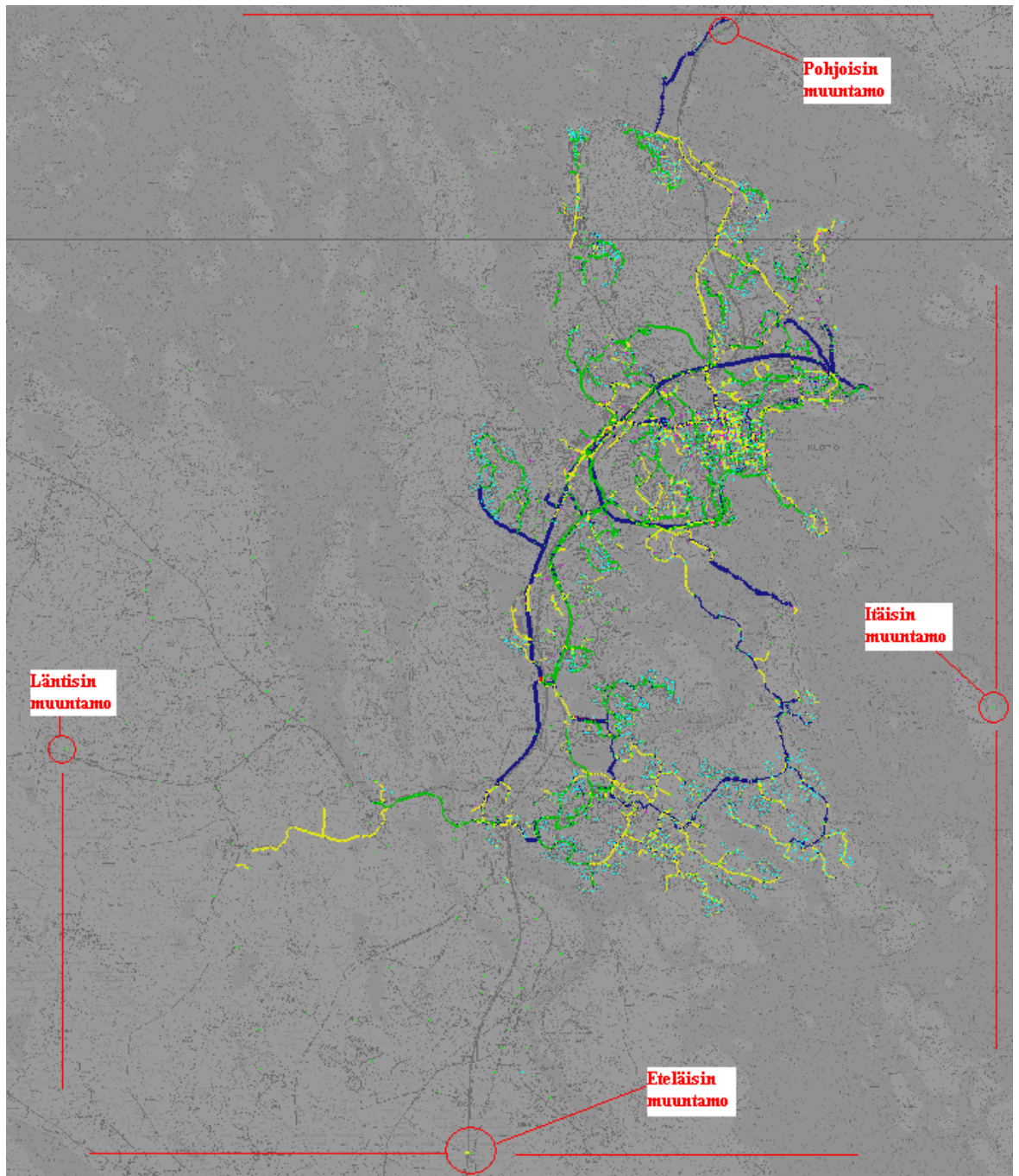
8.3 Kartoituksen yhteenvetoa

Viestiverkon kartoituksen dokumentista on saatu tähän työhön paljon tärkeää tietoa. Tärkeimmät tiedot ovat alueittaisten yhteydettömien muuntamoiden lukumäärä ja sijainti. Lisäksi kartoituksessa selvitettiin muuntamoiden – sekä kaapelointien välisiä jakautumisia ja yhteyksiä. Myös kaikki muuntamoiden väliset nykyiset kaapeloinnit selvitettiin. Näiden tietojen avulla voidaan tiettyjen muuntamoiden välisiä yhteyksiä tarkastella ja mahdollisesti tämän pohjalta myös kehittää.

Kartoituksen rakenne toteutettiin jakamalla KE:n sähköverkonjakelualue osiin, jolloin syntyi yhteensä 35 eri aluetta. Aluejako noudatteli pitkälti kaupunginosien rajoja. Näin koko viestiverkko tuli tutkittua tarkasti ja perusteellisesti, jolloin mahdollisuus unohtaa jokin alue tai verkonosa pieneni. Jokaiselta alueelta etsittiin muuntamot, joissa ei ole tällä hetkellä viestiverkkoyhteyttä. Ne listattiin tarkasti kartoituksen johdosta tehtyyn erilliseen dokumenttiin.

Seuraavan sivun kuvassa 23 nähdään KE:n nykyinen viestiverkko, joka on varsin laaja. Kuvaan on merkitty viestiverkon rajoilla olevat muuntamot, jotka määrittävät viestiverkon rajat. Kuvassa nähtävä viestiverkko sisältää eri väreillä merkityt kaapeloinnit, putkitukset sekä muuntamot. Vihreät pisteet ovat muuntamoita, keltaiset viivat kuvaavat maahan asennettuja 50,110 ja 140 mm muoviputkituksia, vihreillä viivoilla on merkitty kuparikaapeloinnit ja sinisellä viivalla kuvataan kuituverkostoa.

Viestiverkko tulee tulevaisuudessa laajenemaan lähinnä kuiturakentamisen sekä sähköverkon rakentamisen johdosta. Sähköverkon rakentaminen vaikuttaa viestiverkon laajuuteen, koska muuntamoiden lukumäärä kasvaa. Esimerkiksi viiden vuoden päästä viestiverkko näyttää huomattavasti laajemmalta.



Kuva 23. Kuopion Energian nykyinen viestiverkko.

8.3.1 Muuntamoiden jakautuminen

Viestiverkon kartoituksessa yhtenä tärkeimpänä asiana oli selvittää sähköjakeluverkon alueella olevat muuntamot. Muuntamoiden osuus etäluennassa on tärkeä, sillä jokaiselle muuntamolle täytyy saada rakennettua toimiva ja varma viestiverkkoyhteys. Tämän lisäksi muuntamoiden pj-verkon kautta tapahtuu asiakkaan energian lukeminen, jolloin yhtenä mahdollisuutena on asentaa energian lukemiseen tarkoitettut laitteistot muuntamon sisälle. Tämän johdosta kartoituksen antama tieto varsinkin yhteydettömistä muuntamoista ja niiden määristä on tärkeää.

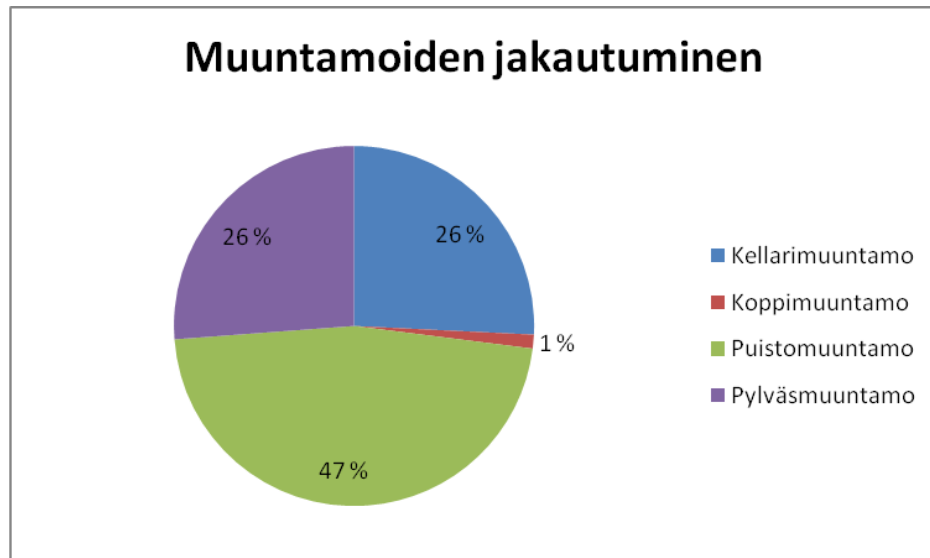
Tämän luvun lopussa, kohdassa 8.3.3 on esitetty viestiverkon kartoituksen pohjalta saadut tulokset yhteydettömistä muuntamoista, sekä erotinasemista. Viestiverkon esitutkimuksessa on selvitetty kaikki yhteydettömät muuntamot sekä erotinasemat yksilöllisesti, jolloin kohteen numeron perusteella ne pystytään paikallistamaan verkkotietojärjestelmä Xpowerilla. Tämän tiedon ansiosta voidaan tutkia, missä yhteydettömät muuntamot sijaitsevat ja kuinka niille saadaan rakennettua riittävät viestiverkkoyhteydet etäluentaa varten.

Kartoituksesta saadun tiedon perusteella muuntamoista tehtiin yhteenveto, josta ilmenevät KE:n käytössä olevien muuntamoiden tyyppijakauma sekä kappalemäärät. Kaikki nämä muuntamot tulevat kuulumaan etäluennan piiriin, jolloin tieto muuntamoiden määristä ja tyypeistä on tiedettävä, jotta viestiverkko yhteydet saadaan rakennettua. Muuntamoiden tyyppien perusteella voidaan suunnitella etäluentaja tietoliikennelaitteistojen sijoittamista kohteisiin, sekä niiden lukumäärien perusteella saadaan tieto laitteistohankintojen kokonaiskustannuksista. Kartoituksessa selvisi, että muuntamoita on neljää eri tyyppiä ja käytetyin muuntamo tyyppi on puistomuuntamo, kuten taulukosta 4 on nähtävissä.

Taulukko 4. Muuntamot tyypeittäin.

Muuntamon tyyppi	kpl
Kellarimuuntamo	186
Koppimuuntamo	9
Puistomuuntamo	338
Pylväsmuuntamo	189
Kaikki yhteensä	722

Kuviosta 1 nähdään kuinka muuntamot jakautuvat tyypeittäin prosentuaalisesti. On otettava huomioon se, että muuntamoiden määrä muuttuu jatkuvasti vilkkaan sähköverkon rakentamisen johdosta. Viime vuosina uusia puistomuuntamoita on asennettu vuositasolla 15–20 kappaletta. Nykyään ei enää tunneta nimikettä koppimuuntamo, vaan uusia vastaavia muuntamoita tilattaessa saadaan aina puistomuuntamoita.



Kuvio 1. Muuntamoiden jakautuminen.

Sähköverkon liiketoiminnan kannalta tarkasteltuna muuntamoiden tyyppi ei ole olennaista. Tärkeämpää on muuntamoiden omistuspohja, eli jakautuminen kuluttaja sekä KE:n muuntamoihin. Kuluttajamuuntamolla tarkoitetaan asiakkaan omistamaa muuntamoita. Näitä muuntamoita on KE:n sähköverkossa reilut 100 kappaletta. Kuten taulukosta 4 on nähtävissä, on KE:n sähköverkon alueella yhteensä 722 muuntamoita, joista noin reilut 400 kappaletta on yhteydettömiä muuntamoita.

8.3.2 Kaapelointien jakautuminen

Viestiverkon nykytilan selvityksestä käy ilmi viestiverkon fyysinen rakenne. Verkon rakenne koostuu melko uudesta kuituverkosta, joka toimii sähköverkon hallinnan sekä ohjauksen selkärankana. Suurin osa fyysisestä verkosta on kuitenkin vanhaa kupariverkostoa, jonka nykyinen kunto on arvoitus. Kupariverkon käyttäminen rajoittuu ainoastaan nyt käytössä oleviin kaapeleihin. Loppuverkosto on suurimmaksi osin huonokuntoista, jolloin sen käyttö on kyseenalaista. Valokuituverkoston rakentaminen ja kehittäminen on KE:n etujen mukaista, sillä tulevaisuuden viestiverkolta vaaditaan paljon nykyistä suurempaa kapasiteettia ja varmuutta.

Kupariverkosto

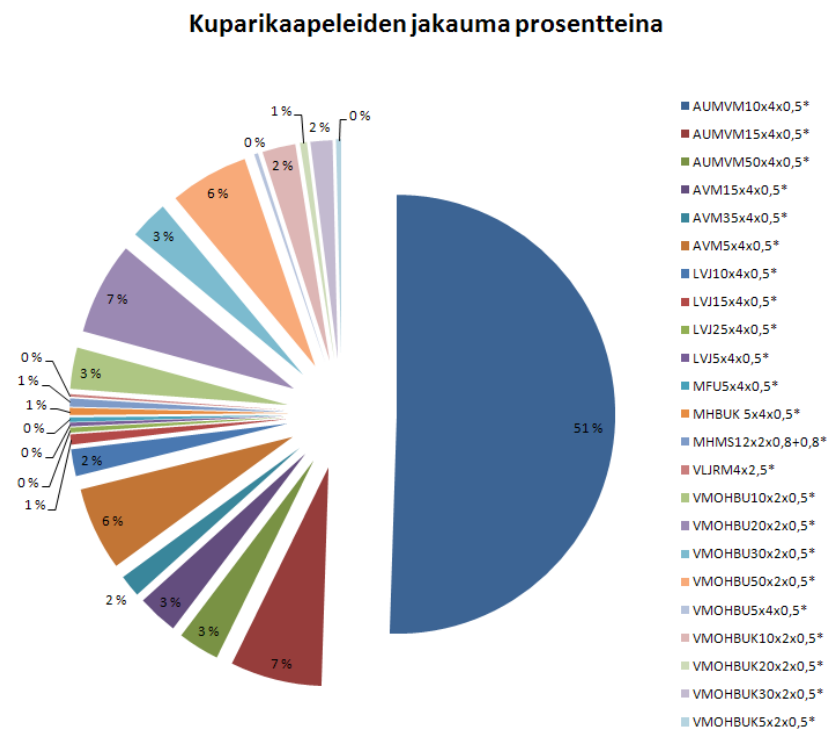
Taulukosta 5 näemme tämän hetkiset KE:n tietoliikenneverkoston kuparikaapelityypit ja niiden pituudet. Kuparimaakaapeleita on asennettu melko runsaasti, tosin ei ole varmaa tietoa siitä, ovatko kaikki kaapelit enää käyttökelpoisia. Voi olla ettei kupariyhteyksiä voida käyttää hyväksi enempää kuin mitä nyt on käytössä.

Taulukko 5. Kuopion Energian tietoverkon kuparikaapelit.

Laji	Pituus/m	Pituus/km
AUMVM10x4x0,5*	60379,59	60,38
AUMVM15x4x0,5*	8112,83	8,11
AUMVM50x4x0,5*	3646,72	3,65
AVM15x4x0,5*	3578,36	3,58
AVM35x4x0,5*	1962,71	1,96
AVM5x4x0,5*	7359,43	7,36
LVJ10x4x0,5*	2358,68	2,36
LVJ15x4x0,5*	900,79	0,9
LVJ25x4x0,5*	434,22	0,43
LVJ5x4x0,5*	333,59	0,33
MFU5x4x0,5*	404,72	0,4
MHBUK 5x4x0,5*	630,91	0,63
MHMS12x2x0,8+0,8*	728,74	0,73
VLJRM4x2,5*	214,35	0,21
VMOHBU10x2x0,5*	3640,56	3,64
VMOHBU20x2x0,5*	8153,89	8,15
VMOHBU30x2x0,5*	3423,83	3,42
VMOHBU50x2x0,5*	6978,52	6,98
VMOHBU5x4x0,5*	328,14	0,33
VMOHBUK10x2x0,5*	2932,48	2,93
VMOHBUK20x2x0,5*	613,5	0,61
VMOHBUK30x2x0,5*	1939,96	1,94
VMOHBUK5x2x0,5*	464,62	0,46
Yhteensä:	119521,1	119,49

Käytetyin kuparikaapelityyppi on AUMVM10x4x0,5*, jonka osuus koko kupariverkostosta on 51 %, kuten kuviosta 2 nähdään. Kyseinen kaapelityyppi on 70-luvulla asennettua armeerattua paperieristeistä 10-parista kuparia. Sen ongelmana KE:n tapauksessa on kaapelin huonosta päättämisestä johtuvat kosteusongelmat, jonka johdosta suurin osa kaapeleista on mennyt pilalle. Kaapeli muuttuu ylikuuluvaksi, jolloin sitä ei voida enää käyttää.

Kuviosta 2 nähdään kuparikaapeleiden tyyppi-jakautuminen. Kuviossa voidaan havaita kohtia, joissa kaapelityypin osuus on 0 %. Tämä johtuu kaapelin vähäisestä määrästä, jolloin kaapelityypin prosentuaalinen osuus on pyöristetty nolnaan.



Kuvio 2. Kuparikaapeleiden tyyppijakauma prosentteina.

Kuituverkosto

Kuituverkosta on rakennettu viime vuosina runsaasti. Ajatuksena on, että aina kun uudelle alueelle rakennetaan sähköverkkoa, niin samalla sinne asennetaan kuitukaapelia, mikäli tälle on tarvetta. Näin kuiturakentaminen saadaan mahdollisimman edulliseksi. Kuituverkon rakentaminen on panostamista viestiverkon tulevaisuuteen. Kuituverkolla pärjää pitkälle tulevaisuuteen ja omistamalla hyvän verkoston voi viestiverkolla tehdä mitä tahansa. Vielä ainakin toistaiseksi kuituverkosto on viestiverkon varmin ja toimivin osa.

KE:n tietoliikenneverkostossa on runsaasti erilaisia kuitukaapeleita, joiden tyypit ja määrät on listattu taulukkoon 6. Käytetyin kuitukaapelityyppi on FYOHBMUK2x4x6*, joka on kahdeksikkorakenteinen, kannatinvaijerillinen ilmavalokaapeli pylväsasennuksiin. Se on rakenteeltaan värjättyä yksimuotokuitua.

Taulukko 6. Kuopion Energian tietoverkon kuitukaapelit.

Laji	Pituus/m	Pituus/km
AACSR/AWSS-nF3x6*	7515,74	7,52
FXOHBMUK18SMT*	900,02	0,9
FXOMU 4x12*	5496,72	5,5
FXOVDMU4x6*	399,55	0,4
FYO2RMU2x48SML*	5904,1	5,9
FYO2RMU2x4x6SML*	4238,78	4,24
FYO2RMU2x6SML*	5016,5	5,02
FYO2RMU3x6SML*	179,25	0,18
FYO2RMU3x6x5SML*	1662,85	1,66
FYO2RMU4x4x6SML*	6684,94	6,68
FYO2RMU4x6SML*	180,96	0,18
FYO2RMU6x8SML*	4625,35	4,63
FYO2RMU8x6*	295,37	0,3
FYO2CM2x3x8*	2675,64	2,68
FYOHBMPMU2x6SML*	2822,66	2,82
FYOHBMPMU4x6SML*	1082,89	1,08
FYOHBMUK2x4x6*	8921,12	8,92
FYOHBMUK2x6SML*	2041,4	2,04
FYOHBMUK3x6xSML*	4548,04	4,55
FYOHBMUK4x6SML*	1554,57	1,55
FYOVD2PMU3x6SML*	2034,87	2,03
FYOVD2PMU4x4x6SML*	2674,03	2,67
FYOVO2PMU4x4x6*	1267,5	1,27
FZOHBMPU4x6SML*	831,15	0,83
FZOHBMUK2x6SML*	790,73	0,79
Z3OHBM-Y*	4062,09	4,06
Yhteensä:	78406,82	78,4

8.3.3 Yhteydettömät muuntamot

Yksi tärkeimmistä tiedoista oli saada selvyys yhteydettömien muuntamoiden määrästä. Selvitys tehtiin alueittain, jolloin saadaan viestiverkon rakentamisesta aiheutuvat kustannukset melko tarkasti selville. Kun tiedetään vaihtoehtoiset yhteysmuodot viestiverkon kehittämisen suhteen, voidaan jokaisen alueen yhteydettömälle muuntamolle rakentaa viestiverkko tapauskohtaisesti. Jo tässä vaiheessa on melko selvää, että suurin osa yhteydettömistä muuntamoista on järkevintä varustaa langattomalla yhteydellä.

Viestiverkon nykytilan selvityksen perusteella KE:n 722 muuntamosta noin 410 kappaletta on ilman viestiverkkoyhteyttä. Tästä määrästä noin reilut 100 kappaletta on pylväsmuuntamoita. Noin 80 % yhteydettömistä muuntamoista sijaitsee haja-asutusalueilla. Yhteydettömien muuntamoiden osuus koko verkoston muuntamoista on varsin suuri, kuten kuvioista 5 nähdään.



Kuvio 5. Yhteydellisten ja yhteydettömien muuntamoiden jakautuminen.

Todellisuudessa osassa muuntamoissa on käytössä langaton GPRS-yhteys, jolloin yhteydettömien muuntamoiden osuus hiukan pienentyisi. Näitä yhteyksiä ei kuitenkaan tässä työssä huomioida, kuten jo aiemmin todettiin.

8.3.4 Esimerkki viestiverkon kartoituksesta

Kartoituksen dokumentista otettiin yhden alueen selvitys esimerkiksi. Esimerkin avulla nähdään, kuinka viestiverkkoa käytännössä tutkittiin. Itse dokumentti pyrittiin tekemään jokaisen alueen kohdalla rakenteellisesti samalla tavalla, jolloin sen lukeminen ja tutkiminen olisi selkeämpää. Jokaisen alueen kohdalla selvitettiin tietoliikennekaapeloinnit, yhteydelliset ja yhteydettömät muuntamot sekä kaikki hyödylliset muoviputkitukset.

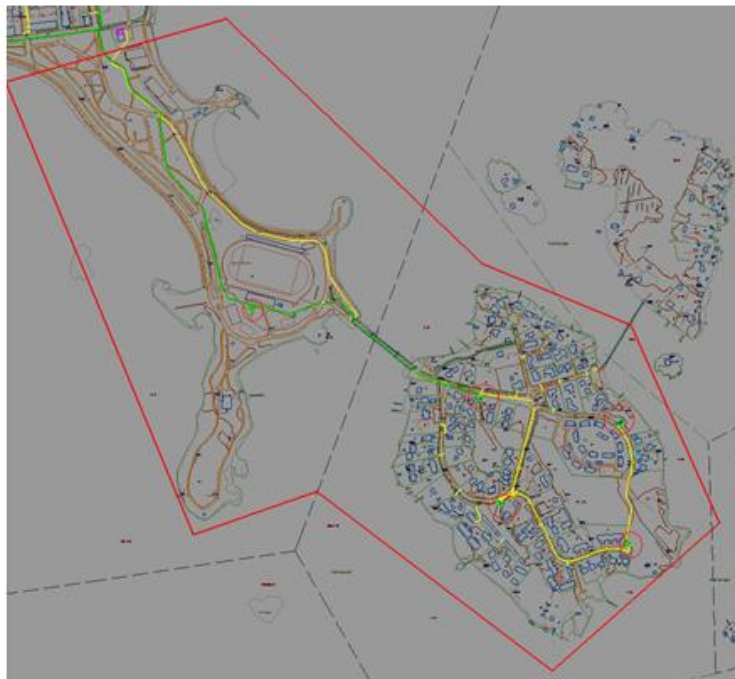
Tässä kappaleessa esitettävä esimerkki on otettu Väinölänniemen sekä Rönön alueilta. Tämä esimerkki on viestiverkon osalta selkeä ja sen avulla tiedetään kuinka viestiverkon nykytilan selvitystä käytännössä tehtiin ja dokumentoitiin. Varsinaisen tietoliikenneverkoston tutkiminen osoittautui varsin haasteelliseksi tehtäväksi. Kaapelointien seuraaminen ja varsinkin dokumentoiminen oli työlästä. Dokumentoinnin tulee olla niin selkeää, että tarvittaessa voidaan etsiä ja löytää tiettyjen muuntamoiden väliset viestiverkkoyhteydet.

Väinölänniemen sekä Rönön alueet käsiteltiin yhtenä alueena, jolloin tietoliikenneverkoston ja 50 mm muoviputkitusten kartoittaminen oli helpompaa. Myös muuntamoiden etsiminen ja listaaminen on näin helpompaa. Muuntamoiden välisten kaapelointien selvittäminen on vaikeaa, mikäli alue on liian laaja. Käsiteltävä alue rajattiin punaisella viivalla hahmottamisen vuoksi. Kun käsiteltävä alue on rajattu, voidaan viestiverkko sen sisällä tutkia ja dokumentoida. Myös mahdolliset rajojen sisäpuolelta lähtevät yhteydet muihin alueisiin huomioidaan. Alueen rajauksen ansiosta viestiverkko saadaan kartoitettua sujuvasti ilman suurta virheiden mahdollisuutta.

Rönön alueen viestiverkon rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia on laskettu ja vertailtu kuidun ja WiMAX-yhteyden osalta liitteessä 1 sivuilla 88 ja 89. Lisäksi liitteessä 1 sivulla 90 nähdään Rönön alueen karttapohja, jossa on esillä nykyinen viestiverkon rakenne.

Kuvassa 24 näemme kuinka alueet rajattiin punaisella viivalla. Jokaisen alueen kohdalla kartoitettiin ensin muuntamot, jonka jälkeen siirryttiin näiden välisten yhteyksien selvittämiseen. Muuntamot ovat listattu tarkasti ja tarvittaessa ne löydetään verkkotietojärjestelmä Xpowerilla suoraan niiden numeron perusteella.

2.15. Väinölänniemen sekä Rönön alueet



Kuva 47. Väinölänniemen sekä Rönön alueet, Tietoverkko

Väinölänniemen sekä Rönön alueilla ei juuri ole tietoverkkoa, tosin siihen alueeseen on kovin laaja. Alueella on 5 muuntamo, sekä hiukan vanhaa kuparikaapelointia. MP50 putki kulkee Väinölänniemelle, sekä sitä on asennettu jonkin verran Rönöön.


Alueella olevat muuntamot:

Alueiden muuntamot ovat seuraavat:

- 233, Väinölänniemi (Puistomuuntamo erottimella)
- 471, Rönönsilta (Puistomuuntamo erottimella)
- 497, Rönöntie (Puistomuuntamo erottimella)
- 498, Lehtosaarentie (Puistomuuntamo erottimella)
- 503, Rönö (Puistomuuntamo erottimella)

Kuva 24. Esimerkki viestiverkon kartoituksesta.

Kuvasta 25 nähdään kartoituksen dokumentoinnin perusrakennetta. Selvitys pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkasti ja selkeästi, jotta tarvittaessa löydetään tietyn alueen muuntamot ja niiden väliset viestiverkkoyhteydet. Kuten jo aiemmin todettiin, tärkein kartoituksesta saatava tieto koskee alueittaisia yhteydettömiä muuntamoita.



Kuparikaapelointi:
Alueen kupariverkosto on seuraavanlainen:

- Jakokaapilta KEJ207 (SATAMAKATU-KALLANRANTA), lähtee kupari (AUMVM10x4x0,5*), joka kulkee muuntamolle 233 (Väinölänniemi) → tästä kupari jatkaa matkaa Rönön sillalle, josta se menee Rönöön muuntamoon 471 (Rönönsilta) → kupari jää muuntamoon 471.


Kuitukaapelointi:
Ei ole lainkaan.

Rönön muuntamot ovat ilman tietoliikenneverkkoa (Rönössä 4 muuntamos, joista 3 ei ole tietoverkon parissa lainkaan). Muuntamo 471 on kuparilinjassa, joka tulee jakokaapilta KEJ207. Mutta tämä linja ei ole kuitenkaan yhteydessä muuhun tietoverkkoon, eli tietoliikenneverkkoon. Se on ns. saareke, joka on ilman yhteyttä.

Alueen yhteydettömät muuntamot ovat:

- 471 (Rönönsilta) ja 233 (Väinölänniemi): Muuntamoille tulee kupari (AUMVM10x4x0,5*) jakokaapilta KEJ207, ei kuitenkaan yhteyttä koko tietoverkkoon.
- Loput muuntamot, 497 (Rönöntie), 498 (Lehtosaarentie) ja 503 (Rönö): kaikki nämä muuntamot ovat ilman tietoverkkoa. Niissä on kuitenkin MP50-yhteys.

Ehdotelma tietoverkon rakentamisen osalta:
Näillä alueilla on kuitenkin asennettuna muoviputkia, kuten Rönössä MP50 putki. MP50 putki lähtee Rönössä olevasta 471 muuntamosta ja kiertää pitkin Rönön tietä, käyden kaikilla muuntamoilla. Näin ollen, voidaan putkeen asentaa kuitukaapeli, jolloin saadaan kaikki Rönön alueen muuntamotyhteen kuiturenkaaseen. Tämän ansiosta saataisiin nämä alueet tietoverkon piiriin. Jakokaapissa KEJ207 oleva kupari täytyy ottaa kiinni muuhun verkkoon, esim. kaivamalla lähimmän kuparin esille (AVM5x4x0,5*) ja liittämällä senkin jakokaapille KEJ207 (tai asennetaan kaivo). Kuvassa 48 nähdään edellä selvitetty ratkaisu.



Kuva 48. Rönön sekä Väinölänniemen liittäminen tietoverkkoon

Kuva 25. Kartoituksen dokumentoinnin rakennetta.

9 WiMAX-VERKON MÄÄRITTELY JA SUUNNITTELU

9.1 Lähtökohdat

KE:lla on ollut jonkin aikaa käytössään GPRS-tekniikkaan perustuva langaton radiomodeemiverkko, joka on osa nykyistä viestiverkkoa. Tätä yhteyttä käytetään lähinnä erotinasemien releiden ohjauksessa. Tälle yhteydelle on haettu viestintävirastolta oman taajuusalueen lupa, joka on edelleen voimassa. Modeemipohjainen GPRS-yhteys ei kuitenkaan kuulu KE:n tulevan verkon rakenteeseen, kohdassa 8.1.1 mainittujen seikkojen vuoksi. Niinpä yhtenä ratkaisuna ja vaihtoehtona oli valita jokin pitkän kantaman verkkostandardi, jolloin päädyttiin WiMAX – standardin mahdolliseen käyttöön. Olemassa oleva 3,5 GHz taajuusalueen lupa kävisi myös WiMAX käyttöön. KE:n tarkoituksena on saada täysin oma viestiverkko, jolloin oma langaton verkko mahdollistaisi tämän.

WiMAX-verkon ansiosta on mahdollista muodostaa yhteys sekä hankalissa paikoissa oleviin kohteisiin että kaukana oleviin kohteisiin. Näitä kohteita ei millään muilla keinoilla ole järkevää tai mahdollista saada viestiverkon pariin. Lisäksi WiMAX-verkko toimisi hyvänä varayhteytenä varsinaisen runkoverkon, eli Ethernet-verkon rinnalla.

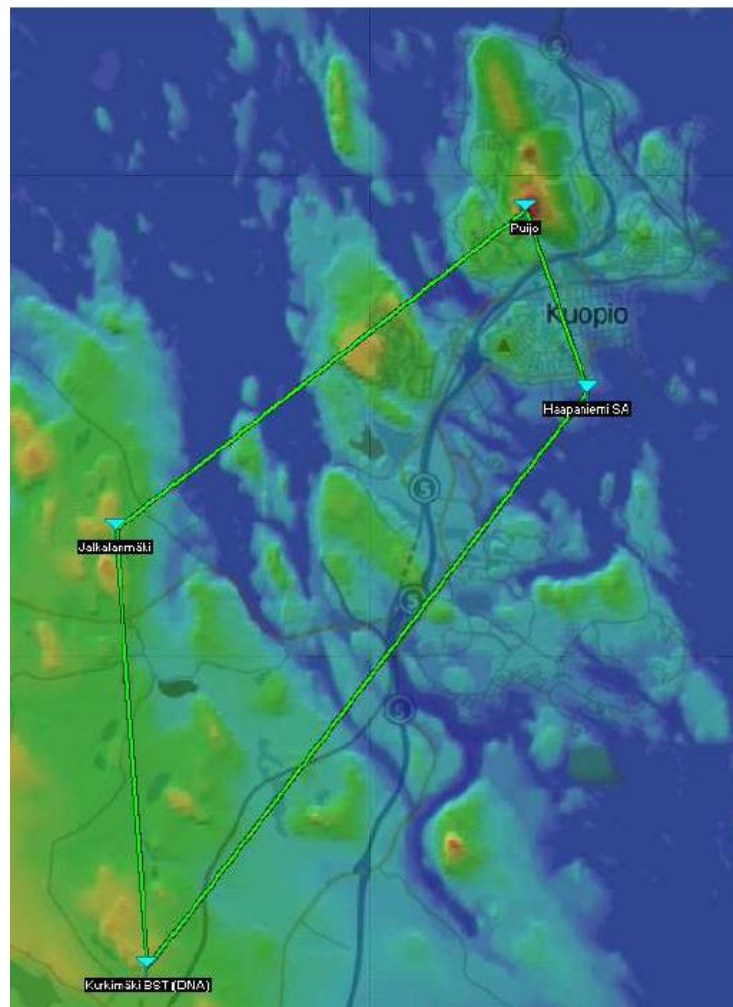
Langaton laajakaistaverkko on Suomessa melko harvinainen etäluentaa- sekä kaukokäytössä. Ainoastaan jo kohdassa 7.9 mainitulla Haminan Energialla on käytössään WiMAX-verkko kaukokäyttötarkoituksessa. Näin ollen verkon käyttö etäluennassa on niin uusi asia, ettei sen toimivuudesta ja mahdollisista tulevista ongelmista ole juurikaan tietoa.

Tässä kappaleessa kerrotaan, kuinka Daimler Finland suunnitteli ja mallinsi KE:n sähköverkonjakelualueelle langattoman WiMAX-runkoverkon.

9.2 WiMAX-verkon peittoalueen suunnittelu ja mallinnus

KE:n WiMAX-verkon suunnittelusta sekä laitteistojen toimittamisesta vastaa Daimler Finland. Oman langattoman verkon tärkeys on suuri tulevassa viestiverkon rakenteessa. Niinpä on hyvä käydä lävitse kuinka verkko suunniteltiin ja mitoitettiin.

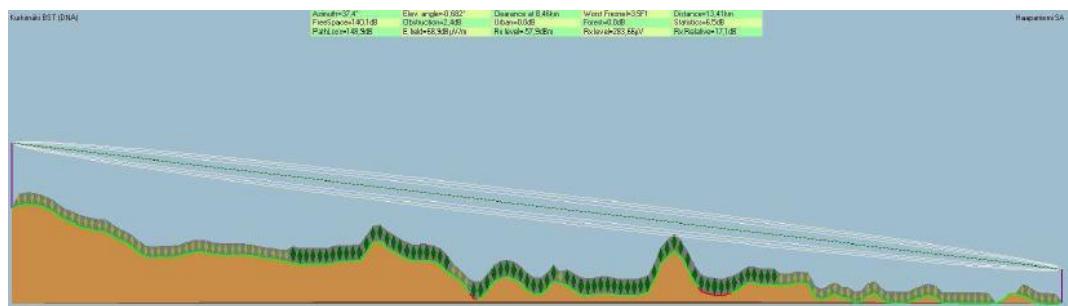
Ennen kuin varsinaista kattavaa WiMAX-verkkoa voidaan ryhtyä rakentamaan, täytyy kartoittaa alueen maaston rakenne sekä suunnitella verkon linkkiyhteyksien toteutus. Runkolinkityksen tarkoituksena on saada katettua sähköjaketuverkon alueelle kattava WiMAX-runkoverkko. Kuten kuvasta 26 nähdään, kattava verkko saadaan toteutettua käyttämällä neljää linkkiä, jotka sijoitetaan mahdollisimman korkeille paikoille hyvän yhteysvälin kuuluvuuden saavuttamiseksi. Näin laajan WiMAX-verkon avulla, saadaan koko sähköjaketuverkoston alueelle langaton laaja-kaista yhteys.



Kuva 26. WiMAX- verkon linkkilaajennus.

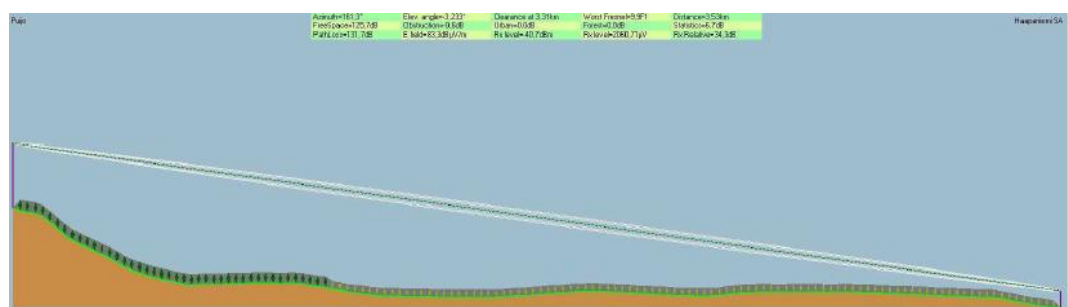
Linkkien väliset yhteydet ovat toteutettu taajuudella 23 GHz, sekä kanavan kaistanleveydellä 56 MHz. Linkkien käyttämä radiomodulaatio sekä jännevälien etäisyys kuitenkin vaihtelee. Minkä tahansa linkkijänteen välinen kapasiteetti voidaan asettaa välille 216 Mbps – 366 Mbps, riippuen yhteysvälin näkyvyydestä, sekä käytettävästä modulaatiosta. Linkeissä käytetään Comhatin 60 cm parabolisia antennia.

Jos yhteysvälillä on pientäkin estettä, tai yhteysväli on pitkä, kuten kuvan 27 Kurkimäki – Haapaniemi SA yhteysvälillä, joudutaan yhteysvälin kapasiteettia pudottamaan. Kapasiteetin pudotuksella varmistetaan yhteyden luotettavuus. Tällä jännevälillä käytetään 32 APSK modulaatiota, jolloin 12,23 kilometrin linkkijännevälillä ylletään 216 Mbps runkonopeuteen asti.



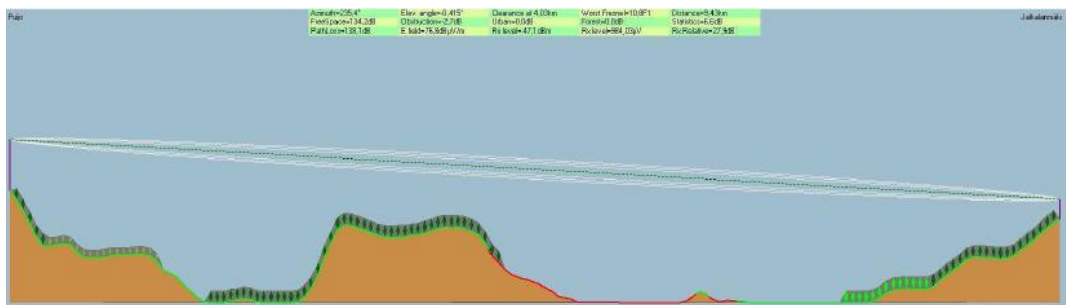
Kuva 27. Kurkimäki - Haapaniemi SA välinen linkkiyhteys.

Välin Puijo – Haapaniemi SA yhteys on todella hyvä. Linkkien jänneväli on 3,55 kilometriä. Esteitä yhteyden välillä ei ole, jolloin 256 QAM modulaatiolla päästään 366 Mbps runkonopeuteen asti. Tämän välin yhteyden mallinnus on esitetty kuvassa 28.



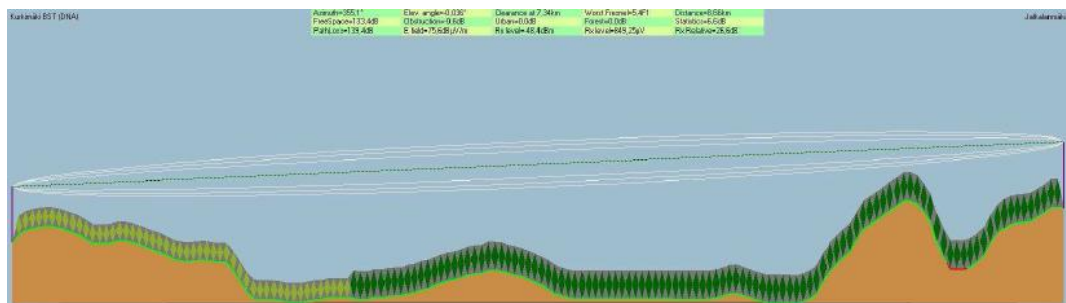
Kuva 28. Puijo – Haapaniemi SA yhteysväli.

Tukiasemien Puijo – Jalkalanmäki välinen linkkiyhteys on esteetön, kuten kuvasta 29 nähdään. Linkkijänteen pituus on 9,67 kilometriä. Tälle välille saadaan 64 QAM modulaatiolla aikaiseksi 273 Mbps runkonopeus. Keilan puolenvälin paikkeilla oleva mäki saattaa heikentää signaalia hiukan, mikäli muuntamo sijaitsee aivan mäen juurella. Tässä tapauksessa muuntamolla olevan CPE (Customer-premises equipment)-antennin sijaintia ja suuntausta täytyy muuttaa, kunnes kuuluvuus on riittävän hyvä.



Kuva 29. Puijo - Jalkalanmäki linkkiyhteys.

Kuvassa 30 nähdään Kurkimäen ja Jalkalanmäen välinen linkkiyhteys, joka on myös esteetön. Linkkiyhteyden jänneväli on 6,8 kilometriä, sekä käytettävä modulaatio on 128 QAM, jolloin päästään 319 Mbps nopeuteen asti. Muuntamoiden paikat ovat ratkaisevassa osassa yhteyden kuuluvuuden kannalta. Mikäli muuntamo sattuu montun pohjalle, joudutaan CPE-antenni sijoittamaan mahdollisimman korkealle.



Kuva 30. Kurkimäki - Jalkalanmäki välinen linkkiyhteys.

10 WiMAX YHTEYDEN RAKENTAMINEN JA TESTAAMINEN

10.1 Lähtökohdat

Riittävien tietoliikenneyhteyksien rakentaminen on kaiken perusta tulevalle etäluennalle sekä samalla sähköverkon kehittyvälle hallinnalle. Se kuinka tieto siirretään eri kohteilta mittausjärjestelmään käsiteltäväksi, on yksi kalleimmista ja tärkeimmistä asioista koko järjestelmässä. Niinpä KE:n tapauksessa on tärkeää selvittää mahdollisten uusien tulevaisuudessa käytettävien tekniikoiden toimivuus ja varmuus.

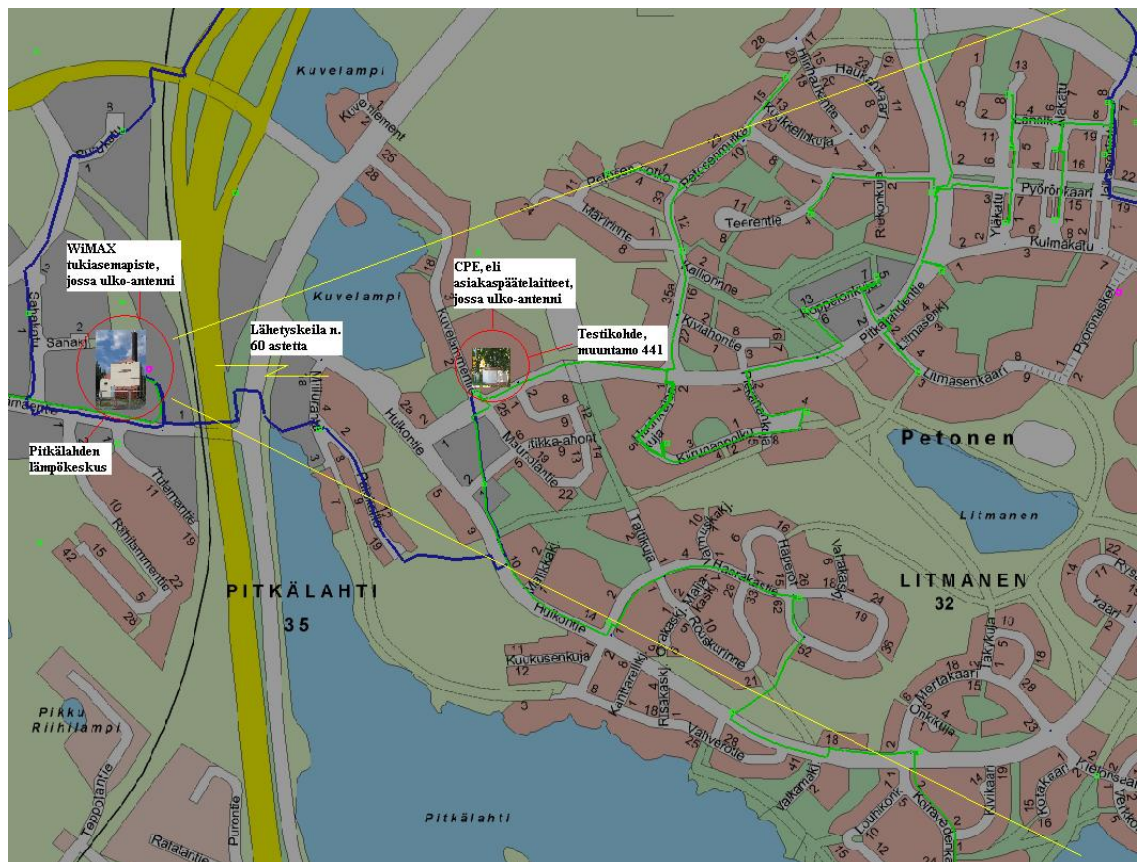
WiMAX-verkon ansiosta, etäluentaa saadaan mahdolliseksi paikkoihin, joissa luonta muita yhteyksiä käyttämällä olisi liian kallista tai muuten vaikeasti toteutettavissa. Myös sähköverkon ohjaus ja – hallinta voidaan erotinasemien osalta suunnitella WiMAX-verkon piiriin. Tässä tapauksessa kysymykseen tulisivat selkeästi erillään muusta verkosta olevat erotinasemat, eli lähinnä haja-asutusalueen erottimet, joita on noin. 30 kappaletta. Tämä tekniikka olisi myös hyvä varayhteys, jolloin verkon kaatuessa olisi varayhteys käytettävissä.

Tässä kappaleessa käydään lävitse kuinka WiMAX-testiverkko on toteutettu Pitkälahden sekä Petosen -kaupunginosien alueilla. WiMAX toimii viestiverkon langattomana yhteytenä, välittäen muutamien asiakkaiden etäluentadatan AIM-järjestelmään. Yhteydet ovat toteutettu laitteilla, jotka tulevat osaksi mahdollista uudistettua viestiverkkoa ja etäluentaa. Tämä testialue antaa kallisarvoista tietoa WiMAX-verkon sekä laitteiden toimivuudesta sekä mahdollisista odottamattomista ongelmista. Tämän avulla langattoman verkon käyttöönotto sujuu ongelmitta koko viestiverkon mittakaavassa. Lopuksi pohditaan WiMAX-verkon toiminnallisuutta ja kannattavuutta osana tulevaa viestiverkkoa.

10.2 WiMAX- verkon testausta Pitkälahdessa

10.2.1 Yleiskuvaus

Ennen varsinaisen WiMAX-verkon tilaamista ja rakentamista, KE testasi tulevaa WiMAX-verkkoa sekä laitteiden toimintaa kuopion eteläpuolella sijaitsevalla Pitkälahden alueella kesällä 2010. Alue ei sinällään ole paras mahdollinen paikka yhteyden toiminnallisuuden kannalta, mutta testausympäristönä erittäin hyvä. Tukiasemapisteenä käytettiin Pitkälahden lämpökeskusta, joka on sijoittunut melko matalalle muuhun maastoon nähden. Ulkoyksikkö sijoitettiin lämpökeskuksen piippuun, jotta lähetyskeila Petosen aluetta kohden olisi esteetön. CPE eli asiakaspäätelaitteisto sijoitettiin Petosen alueelle, puistomuuntamolle 441, josta keskittimellä oleva etäluenta-data siirretään WiMAX-yhteyttä pitkin lämpökeskukselle. Lämpökeskukselta data siirretään Haapaniemen sähkölaitokselle valokuitua pitkin, joka on liitetty WiMAX Micro Base Station-räkkiin. Kuvasta 31 nähdään WiMAX-testialueen sijainti, sekä keilan suuntaus. Kuvasta myös haahmotetaan tukiasemapisteen sekä CPE:n sijainnit.

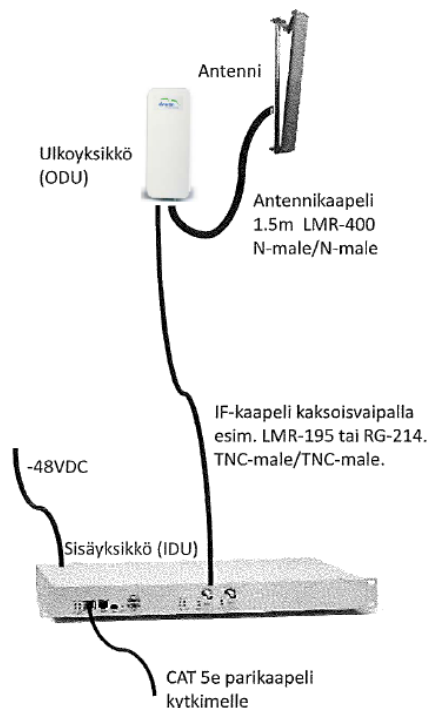


Kuva 31. WiMAX testiyhteys Pitkälahdessa.

10.2.2 Lämpökeskuksen tukiasemapistete

Pitkälahden lämpökeskukselle rakennettiin WiMAX-tukiasemapistete. Tukiasemapistete sisältää sisä- ja ulkoyksiköt sekä näiden välillä tarvittavat kaapeloinnit. Lisäksi tukiasemapisteteeseen kuuluu tehokas WiMAX-linkki. Sisäyksikkö, eli IDU (In-Door Unit), sisältää Micro Base Station- yksikön, josta tietoliikenneyhteys muodostetaan CAT5e parikaapelilla, eli Ethernet-liitännällä laitetilassa olevalle kytkimelle. Kytkin on puolestaan kiinni Haapaniemeltä tulevaan kuitukaapeliin. Näin etäluentatai kauko-ohjausdata, eli tässä tapauksessa etäluentadata, saadaan siirrettyä kuitukaapelia pitkin Haapaniemelle AIM-järjestelmään.

IDU:n käyttöjännite on 48VDC, joka otetaan lämpökeskuksen laitetilasta. IDU:n ja ODU:n, eli (Out-Door Unit) ulkoyksikön välinen yhteys toteutetaan kaksoisvaippaisella IF-koaksiaalikaapelilla, LMR-195, jonka vaimennus ei saa olla liian suuri. Pisin mahdollinen välimatka LMR-195 kaapelilla on 80 metriä, jolloin signaali ei vielä vaimene liikaa. ODU:n ja antennin välinen yhteys on rakennettu 1.5 metrin LMR-400 antennikaapelilla, joka on paksumpaa koaksiaalikaapelia. Antennina on käytetty Alvarionin breezeMAX PRO- versiota, joka lähettää 60 asteen keilan, 3.5 MHz taajuudella kohti puistomuuntamoaa 441, jossa signaalin vastaanottaa CPE-antenni. Kuva 32 havainnollistaa IDU:n ja ODU:n välistä kytkentää.



Kuva 32. IDU:n ja ODU:n välinen kytkentä.

WiMAX- lähetin linkki on asennettu Pitkälahden lämpölaitoksen savupiippuun, josta on hyvä kuuluvuus tarvittaville asiakaspäätteille. Kuvassa 33 nähdään tukiasemapistettä, joka sijaitsee Pitkälahden lämpölaitoksella.



Kuva 33. Pitkälahden lämpökeskus, tukiasemapistettä.

Kuvassa 34 näemme piipussa olevan WiMAX-linkin, joka lähettää 60 asteen keilan kohti kuvassa 31 nähtävää Kuvelammentien puistomuuntamo 441.



Kuva 34. WiMAX-linkki piipussa.

10.2.3 CPE asiakaspäätelaitteisto muuntamolla

Kuvelammentien puistomuuntamo 441 ala-asemakaappeineen nähdään seuraavassa kuvassa 35. Kuvassa nähdään myös CPE WiMAX-antenni, joka on valopylväässä.



Kuva 35. Puistomuuntamo 441.

Seuraavassa kuvassa 36 nähdään muuntamon 441 sisälle. Kuvaan on ympyröity etäluenta koskevat laitteistot. Näiltä pj-verkon laitteilta saadaan asiakkaan etäluentadata sekä käyttöjännite kuvassa 37 näkyvälle keskittimelle. Myös muut kuvan 37 laitteistot, kuten IDU saa käyttöjännitteen muuntamolta pj-verkon johtimia pitkin.



Kuva 36. Puistomuuntamon 441 sisältö.

Kuvaan 37 on merkitty keltaisilla ympyröillä etäluenta- että WiMAX-verkkoa koskevat laitteistot. Kuvan vasemmalla puolella nähdään keltaisella ympyröity keskitin, josta etäluentadata siirretään CAT5 kaapelia pitkin IDU-yksikölle. Kuvan oikealla puolella, nähdään keltaisella ympyröity IDU-yksikkö.



Kuva 37. Ala-asemakaappi, jossa keskitin ja IDU.

IDU:lta etäluentadata välitetään edelleen CAT5 kaapelia pitkin kuvan 38 mukaiselle breezeMAX ODU-antennille. Antenni oli asennettu paremman signaalin saamiseksi valopylvääseen. Antenni sisältää modeemin, sekä datan prosessoinnin. Tästä data välittyy 3,5 MHz:n kaistaa pitkin Pitkälahden lämpökeskukselle, josta edelleen valokuituyhteyttä pitkin AIM-järjestelmään Haapaniemelle.



Kuva 38. Asiakaspisteen breezeMAX antenni, eli ODU-yksikkö.

Testiyhteys on toiminut moitteetta jo pidemmän aikaa. Yhteyden kuuluvuus on parhaalla mahdollisella tasolla. Testiverkon perusteella, WiMAX näyttäisi soveltuvan hyvin etäluennan siirtotieksi ja osaksi viestiverkkoa.

11 MUUNTAMOKOHTAISTEN VIESTIVERKON KUSTANNUKSIEN MUODOSTUMINEN

11.1 Laskennan lähtökohtien määrittäminen

Tämän opinnäytetyön päämääränä on selvittää kahdesta vaihtoehdoisesta yhteystekniikasta edullisempi muuntamokohtaiseksi viestiverkkoyhteydeksi. Vaihtoehdot ovat valokuitu- tai langaton laajakaistayhteys eli WiMAX-yhteys. Tulevan viestiverkon rakentamisen ja sen kustannusten optimoinnin kannalta on tarpeellista selvittää vaihtoehtoisten yhteyksien kustannukset muuntamo-tasolla. Myös valokuidun vaihtoehdot asennustavat ja niiden kustannukset selvitetään tarkasti. Näiden kustannuslaskelmien pohjalta, voidaan muodostaa budjettihinta viestiverkon rakentamiselle. Tässä yhteydessä, viestiverkon kustannuksien laskeminen rajataan ainoastaan yhteydettömiin muuntamoihin.

Viestiverkon nykytilan selvityksen perusteella yhteydettömiä muuntamoita on tällä hetkellä noin 410 kpl. Näiden kohteiden lukumäärä elää jatkuvasti jolloin sen tarkkuus on suuripiirteinen. Tarkkuus riittää kuitenkin hyvin viestiverkon budjettihinnan – sekä verkon kokonaiskustannuksien määrittämiseen. Kustannukset lasketaan yhteydettömille muuntamoille käyttäen joko WiMAX- tai kuituyhteyttä, jolloin lopputuloksena saadaan hinta kummallekin yhteysvaihtoehdolle. Koko viestiverkon hinta yhteydettömien muuntamoiden osalta voidaan laskea, kun tiedetään muuntamoiden lukumäärä sekä niiden välinen keskietäisyys.

Pelkät kustannukset eivät ole yleensä ainut kriteeri valittavalle yhteydelle. KE:n tapauksessa kuitenkin vaihtoehtoisten yhteyksien varmuus sekä laatu ovat käytännössä samaa tasoa, jolloin nämä tekijät eivät vaikuta yhteyden valintaan. Muut yhteysmuodon valintaan liittyvät kriteerit määritellään KE:n osalta myöhemmin, jolloin niiden merkitystä ei pohdita eikä oteta huomioon tässä insinöörityössä.

Tässä vaiheessa viestiverkon rakentamista, ei vielä tiedetä kaikkia lopullisia ja valittavia laitteistoja, joita esim. muuntamoilla tullaan käyttämään. Lisäksi laitteistojen ja kaapeleiden hinnat muuttuvat markkinatilanteen mukaan, jolloin laskelmien tulokset elävät. Näissä laskelmissa käytetään ns. luksusmallia, jolloin hankittavat laitteistot ovat luokituksiltaan ja varmuuksiltaan huipputasoa. Käytännössä laitteistojen tulee ollakin tätä tasoa.

Tämän työn lopputuloksena saadaan hinta yhteydettömälle muuntamolle WiMAX- sekä valokuitulaitteistoilla laskettuna. Lisäksi lasketaan muuntamokohtaiset hinnat, joissa on huomioitu verkon rakentamisesta aiheutuvat kustannukset. Tämän lisäksi saadaan tieto kaikkien yhteydettömien muuntamoiden kustannuksista kummallakin yhteydellä laskettuna. Myös valokuidun vaihtoehtoisista asennustavoista saadaan selville edullisimmat vaihtoehdot.

11.2 Kuitu-muuntamon kokoonpano ja kustannukset

Kuitu- muuntamolle tarvittavat laitteistot ja kuidun- sekä laitteistojen asentamisesta aiheutuvat kustannukset on eritelty ja laskettu taulukossa 7. Kuitu- muuntamon hinnaksi muodostuu näin ollen 2862,00€. Muuntamolla käytettävät laitteistot ovat varmennettuja, kalliimman vaihtoehdon laitteita, joka nostaa muuntamon hintaa. Muuntamon hintaan lisätyt asennus ja testaus kustannukset ovat määritetty keskimääräisen työnkeston ja asennuksen mukaan. Lasketussa hinnassa ei ole huomioitu verkon perustamis- eikä ylläpitokustannuksia.

Taulukko 7. Kuitu muuntamon-hinta.

Laitteisto	Hinta
Kytkin, varmennettu, moniporttinen	1 670 €
Ala-asema, laitekaappi	300 €
Laitteisto kustannukset yhteensä:	1 970 €
Kuitu	
Kytkentäkuitu	12,00 €
Kuidun päättäminen (48- kuitu)	780,00 €
Kuitu kustannukset yhteensä:	792,00 €
Asennus ja testaus	
Laitteistojen asennus ja testaus	100,00 €
Asennus ja testaus kustannukset yhteensä:	100,00 €
Kuitu-muuntamon kustannukset yhteensä:	2 862,00 €

Taulukosta 8 nähdään vaihtoehtoisia kuitu-muuntamokokoonpanoja. Näin voimme vertailla kuinka eri laitteisto kokoonpanot, sekä valokuitutyypit vaikuttavat muuntamon kokonaishintaan. Kuten taulukosta 8 nähdään, muuntamon loppuhintaan eniten vaikuttava tekijä on valokuidun tyyppi. Myös kytkimen tyyppi vaikuttaa olennaisesti hintaan. KE:n käyttöön soveltuu parhaiten edullisimman vaihtoehdon muuntamo, eli hinta1 muuntamo.

Taulukko 8. Vaihtoehtoisia kuitu-muuntamoita.

Kuitu-muuntamo	Hinta1	Hinta2	Hinta3	Hinta4
Kuidun päättäminen				
48-kuitu (2x4x6xSML)	780 €	780 €		
96-kuitu (4x4x6xSML)			1 480 €	1 480 €
Kytkenä kuitu				
Häntäkuitu (Single mode)	12 €	12 €	12 €	12 €
Kytkin tyyppi				
Varmennettu kytkin	1 670 €		1 670 €	
Varmennettu kytkin		1 930 €		1 930 €
Laitekaappi				
Ala-asema, laitekaappi	300 €	300 €	300 €	300 €
Asennuskustannukset	100 €	100 €	100 €	100 €
Kustannukset yhteensä:	2 862 €	3 122 €	3 562 €	3 822 €

Eräs huomion arvoinen seikka on verkon rakentamisesta aiheutuvien kustannusten huomioiminen kuitu-muuntamon hinnassa. Sen osuus vaikuttaa muuntamon hintaan todella paljon. Jos kuituverkoston rakentaminen 410 muuntamolle otetaan huomioon kuitu- muuntamon hinnassa, kasvaa muuntamon hinta vähintäänkin 642 €. Tällöin halvimmalla mahdollisella tavalla rakennettu kuituverkko yhteydettömille muuntamoille, nostaa kuitu-muuntamon hinnan 3504 euroon. Pahimmassa tapauksessa, mikäli kuitu jouduttaisiin kaivamaan kaikille muuntamoille, kuitu-muuntamon hinta nousisi 8502 euroon. Nämä arviot perustuvat taulukossa 9 nähtäviin kuidun asennustapoihin ja hintoihin.

Joka tapauksessa on selvää, että kuitu-muuntamo on melko kallis investointi. Jo pelkkien muuntamoiden osalta, kustannukset nousevat todella korkeiksi. Varsinaisen kuituverkon rakentaminen ei ole järkevää useille sadoille muuntamoille, varsinkin kun suurin osa yhteydettömistä muuntamoista sijaitsee haja-asutus alueilla, tai alueilla joissa ei ole muuta viestiverkkoa lähellä.

11.2.1 Kuituverkon kokonaiskustannukset yhteydettömien muuntamoiden osalta

Yhtenä selvittävänä asiana oli laskea kuituverkon hinta kaikille yhteydettömille muuntamoille. Hinta voidaan laskea koko verkolle, kun tiedetään seuraavat tekijät:

- kuitu- muuntamon hinta
- yhteydettömien muuntamoiden lukumäärä
- yhteydettömien muuntamoiden välinen etäisyys
- edullisin tapa asentaa valokuitua.

Kuituverkon hinta muodostuu siis näistä tekijöistä. Verkkotietojärjestelmän antaman tiedon perusteella, keskimääräinen muuntamoiden välinen etäisyys on noin 300 metriä, jolloin 410 muuntamon väliseksi kokonaismatkaksi saadaan 123 kilometriä. Taulukon 8 mukaisen kuitu- muuntamon hinnaksi saatiin siis 2862 €. Tämä hinta kun kerrotaan yhteydettömien muuntamoiden kokonaismäärällä, saadaan kustannukset pelkille muuntamopään laitteistokustannuksille, joka on 1 173 420 €. Lisäksi kun tiedetään aliurakoitsijasta koostuvat kustannukset kuidun asentamiselle sekä tiedetään valokuidun hinta, voidaan laskea hinta koko kuituverkolle. Taulukosta 9 näemme tulokset eli kuituverkon kokonaishinnan vaihtoehtoisilla valokuidun asennustavoilla laskettuna. Loppuhinnoissa ovat jo mukana muuntamopään laitteistokustannukset.

Taulukko 9. Kuituverkon kokonaishinta eri asennusmenetelmillä.

Kuituverkon kokonaishinta	
Kuidun asennustapa:	Kustannukset yht:
1. Kaivaen maahan	3 485 820,0 €
2. 50mm putkeen	1 658 040,0 €
3. KJ- kaivantoon	1 436 640,0 €

Jo tässä vaiheessa viestiverkkoyhteyksien rakentaminen pelkästään kuituyhteyksillä on täysin poissuljettu vaihtoehto. Näiden laskelmien perusteella, vain pieni osa yhteydettömistä muuntamoista kannattaa varustaa kuituyhteyksillä. Pitkät kaivumatkat, sekä huonot valmiudet, kuten vähäinen muoviputkituksien määrä muuntamoiden välillä, aiheuttavat liian suuret kustannukset valokuidun rakentamiselle.

Edellä tehdyt laskelmat eivät kuitenkaan ole täysin virallisia. Tästä syystä on hyvä käyttää virallisia investointilaskentamenetelmiä, joiden antamat tulokset kertovat investoinnin kannattavuudesta, pitoajasta sekä pääomakustannuksista. Kuitu – sekä WiMAX-verkon kokonaiskustannuksia laskiessa voidaan käyttää annuiteettimenetelmää (PMT). Lopputuloksena saadaan investoinnin jakautuminen 10 sekä 15 vuoden pitoajoille. Annuiteettikerroin saadaan yhtälöllä 11.1,

$$C_{n/i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (11.1)$$

jossa

$$\begin{aligned} C_{n/i} &= \text{annuiteettikerroin} \\ n &= \text{pitoaika} \\ i &= \text{laskentakorkokanta.} \end{aligned}$$

Tämän jälkeen annuiteetti voidaan laskea yhtälöllä 11.2,

$$PMT = C_{n/i} * H \quad (11.2)$$

jossa

$$\begin{aligned} PMT &= \text{annuiteetti} \\ C_{n/i} &= \text{annuiteettikerroin} \\ H &= \text{investointi.} \end{aligned}$$

Taulukossa 10 on laskettu kuituverkon annuiteetti edullisimmalla eli kj-rakentamisen yhteydessä saadulla investointihinnalla (kts. taulukko 9). Annuiteetit on laskettu 10 sekä 15 vuoden pitoajoilla. Taulukossa 10 nähtävät tulokset on saatu Excel- taulukko-ohjelmiston valmiilla PMT-funktiolla.

Taulukko 10. Kuituverkon investoinnin vuotuinen pääomakustannus (PMT).

Kuituverkon annuiteetti	
Investointi (H)	1 436 640
Pitoaika (n)	15
korko- % (i)	6
Annuiteettikerroin (Cn/i)	0,103
Annuiteetti (15v pitoaika)	-147 920,43 €
Annuiteetti (10v pitoaika)	-195 193,34 €

Kuituverkon annuiteetti on 10 vuoden pitoajalla 195 193,34 euroa ja 15 vuoden pitoajalla 147 920,43 euroa.

11.3 Vaihtoehtoiset kuidun asennustavat ja kustannukset

Yhtenä tärkeänä selvitystyönä oli selvittää vaihtoehtoiset valokuidun asennusmenetelmät kustannuksineen. Laskelmissa on käytetty muuntamoiden välistä keskimääräistä 300 metrin matkaa, sekä vertailun vuoksi pidempiä yhden sekä kahden kilometrin matkoja.

Lopputuloksena saatiin taulukon 11 mukaiset kustannukset kullekin asennusmuodolle.

Taulukko 11. Vaihtoehtoiset kuidun asennustavat ja kustannukset.

Kuitukaapelin asennustavat ja kustannukset			
Asennus matka	300m	1km	2km
Asennusmuoto	Hinta	Hinta	Hinta
KJ- vedon yhteydessä	642 €	2 140 €	4 280 €
50mm MP asennus	546 €	1 820 €	3 640 €
50mm muoviputkeen	1 182 €	3 940 €	7 880 €
Maahan kaivuu	5 640 €	18 800 €	37 600 €

Taulukosta nähdään, että kj-kaapeloinnin yhteydessä tapahtuva valokuidun asentaminen on edullisin ratkaisu (642 € / 300 m). Tällä hetkellä KE:n mallina toimii kj-kaapeloinnin yhteydessä tapahtuva 50 mm muoviputken asentaminen, joka laitetaan kaivantoon varalle myöhempää käyttöä varten (546 € / 300 m). Valokuidun asentaminen jälkikäteen jo aiemmin asennettuun putkeen maksaa 1182 € / 300 m. Tämän perusteella voidaan päätellä, että järkevintä olisi asentaa valokuitu suoraan kaivantoon, eikä myöhemmin 50 mm varaputkeen. Näin jo 300 metrin matkalla säästettäisiin ((1182 € + 546 €) - 642 € = 1086 €). Taulukossa 11 nähtävät hinnat, kuten maahan kaivuun hinta (5640 € / 300 m), ovat laskettu sen hetkisen aliurakoitsijan hinnaston mukaisesti. Kuitukaapelin sekä 50 mm muoviputkien hintana on käytetty sen hetkistä markkinahintaa.

Selvitettyjen hintojen perusteella järkevin tapa asentaa valokuitua on kj-kaapeloinnin yhteydessä (300 m maksaa 642 €). Näin valokuidun asennuksesta johtuvat kustannukset saadaan optimoitua tehokkaasti. Näin myös välttyttäisiin turhilta 50 mm muoviputkien asentamiselta, joka myös säästäisi kustannuksia.

11.4 WiMAX-muuntamon kokoonpano ja kustannukset

Langattoman muuntamon, eli WiMAX-muuntamon, kustannuksia määritettäessä käytettiin parhainta vaihtoehtoista mallia, kuten myös kuitu-muuntamossa. Käytettävät laitteistot ovat laadultaan ja varmuudeltaan parasta luokkaa. Kuten taulukosta 12 nähdään, langattoman muuntamon hinnaksi muodostui 1731 €. Kuten myös kuitu-muuntamon tapauksessa, tässäkin hinnassa ei ole huomioitu verkon perustamis- eikä ylläpitokustannuksia. Hinta on pelkän muuntamopään hinta, eli tarkemmin sanottuna muuntamolle tarvittavien laitteistojen hinta.

Taulukko 12. Langattoman muuntamon hinta.

Laitteisto	Hinta
Kytkin, varmennettu	980 €
BreezeMAX CPE	305,00 €
BMAX-CPE-IDU-1D	26,00 €
CAT5 ulkoasennuskaapeli 20m (RJ45-RJ45)	20,00 €
Ala-asema, laitekaappi	300,00 €
Laitteisto kustannukset yhteensä:	1 631 €
Asennus	Hinta
Laitteistojen asennus	100,00 €
Asennus kustannukset yhteensä	100,00 €
WiMAX- muuntamon hinta yhteensä	1 731,00 €

Taulukosta 13 nähdään, kuinka paljon muuntamoille tulevien asiakaspäätelaitteiden tilauseräkoko vaikuttaa langattoman muuntamon lopulliseen hintaan. KE:n mahdollinen tilauseräkoko tulee olemaan luokkaa 100–300 kpl, jolloin langattoman muuntamon hintana voidaan pitää edellä mainittua 1731 €:n hintaa. Kuitenkin jos tilauseräkoko kasvaa, halventuu WiMAX-muuntamo entisestään.

Taulukko 13. CPE- laitteiden määrän vaikutus muuntamon hintaan.

CPE- laitteiden tilauseräkoon vaikutus langattoman muuntamon kokonaishintaan				
CPE- laitteiden tilauseräkoko	0 - 99 kpl	100 - 300 kpl	301 - 500 kpl	yli 500 kpl
Langattoman muuntamon hinta	1 400 €	1 400 €	1 400 €	1 400 €
CPE- laitteiden hinta	349 €	331 €	319 €	302 €
Langattoman muuntamon kokonaishinta	1 749 €	1 731 €	1 719 €	1 702 €

11.4.1 WiMAX-verkon kokonaiskustannukset yhteydettömien muuntamoiden osalta

Jotta vertailu olisi tasa-arvoinen, tulee myös langattoman verkon, eli WiMAX-verkon kokonaiskustannukset selvittää kaikkien yhteydettömien muuntamoiden osalta. WiMAX-verkon kokonaishinta muodostuu seuraavista tekijöistä:

- langattoman muuntamon hinnasta eli muuntamopään laitteistokustannuksista
- verkon perustamiskustannuksista
- vuotuisista ylläpitokustannuksista
- lisäksi verkon hintaan vaikuttaa CPE- eli asiakaspäätelaitteistojen kappalemäärä.

Taulukosta 14 nähdään, että WiMAX-verkko maksaa kaikille yhteydettömille muuntamoille kokonaisuudessaan 823 966 €. Verkon kokonaishintaan sisältyy taulukossa eriteltyt kustannukset, eli 410 muuntamon laitteistokustannukset, sekä varsinaisen verkon perustamiskustannukset, joihin on sisällytetty laitteistotoimittajan antamat vuotuiset ylläpitokustannukset. CPE-laitteiden osuus vaikuttaa langattoman muuntamon hintaan alentavasti, jolloin taulukon 13 mukaisesti, WiMAX-muuntamon hintana käytetään 410 muuntamon osalta 1719 euron hintaa.

Taulukko 14. WiMAX- verkon kokonaishinta.

WiMAX- verkon kokonaishinta	
Muuntamot	704 790 €
Verkon rakennus	119 176 €
Yhteensä:	823 966 €

Jos langattoman, eli WiMAX-muuntamon hintaan halutaan taulukon 12 antamasta tuloksesta poiketen sisällyttää verkon rakentamisesta aiheutuvat kustannukset, saadaan uudeksi WiMAX-muuntamon hinnaksi 2010 €. Hinta saadaan, kun WiMAX-verkon kokonaishinta 823 966 € jaetaan yhteydettömien muuntamoiden lukumäärällä, eli 410 kappaleella. Tämä hinta on toisaalta totuudenmukaisin hinta, sillä ilman varsinaista verkkoa, ei pelkällä WiMAX-muuntamolla tee mitään.

Myös WiMAX-verkon kokonaisinvestoinnin annuiteetti yhteydettömien muuntamoiden osalta voidaan laskea kappaleessa 11.2 olevien kaavojen 11.1 sekä 11.2 avulla. Taulukossa 15 olevat laskut on tehty Excel-tilukkolaskentaohjelman valmiilla funktiolla PMT. Taulukossa 15 nähdään, kuinka WiMAX-verkon investointi saadaan jaettua pääomakustannuksien osalta 10 sekä 15 vuoden pitoajoilla. 10 vuoden pitoajalla investoinnin vuotuinen pääomakustannus on 111 950,58 euroa. 15 vuoden pitoajalla investoinnin vuotuinen pääomakustannus laskee 84 837,82 euroon.

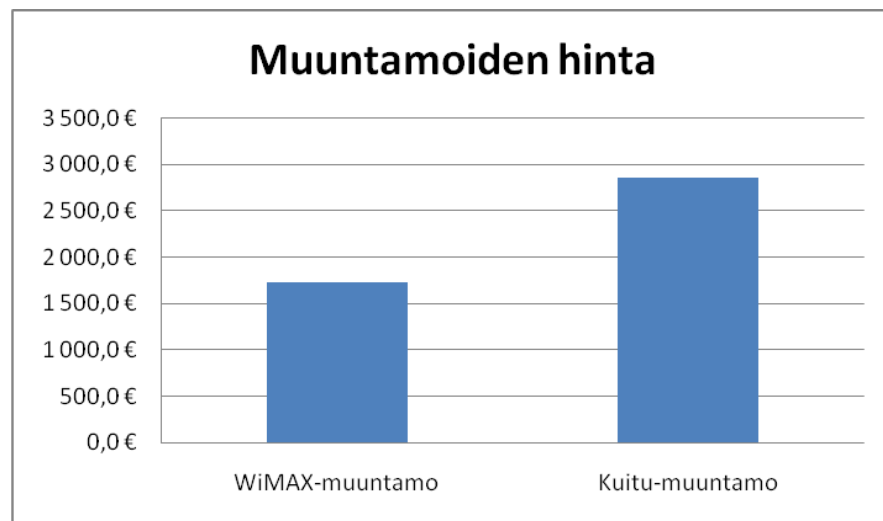
Taulukko 15. WiMAX-verkon investoinnin jakautuminen.

WiMAX-verkon annuiteetti	
Investointi (H)	823966
Pitoaika (n)	15
korko- % (i)	6
Annuiteettikerroin (Cn/i)	0,103
Annuiteetti (15v pitoaika)	-84 837,82 €
Annuiteetti (10v pitoaika)	-111 950,58 €

WiMAX-verkon käyttöön oton jälkeen säästetään lisäksi nykyiset Soneralle maksetut GPRS-verkon vuokratkustannukset. Tämä alentaa WiMAX-verkon edellä esitettyjä vuotuisia kustannuksia. Soneran verkosta aiheutuvat vuokramenot siis muuttuvat vuotuisiksi omasta verkosta saatuihin tuloihin.

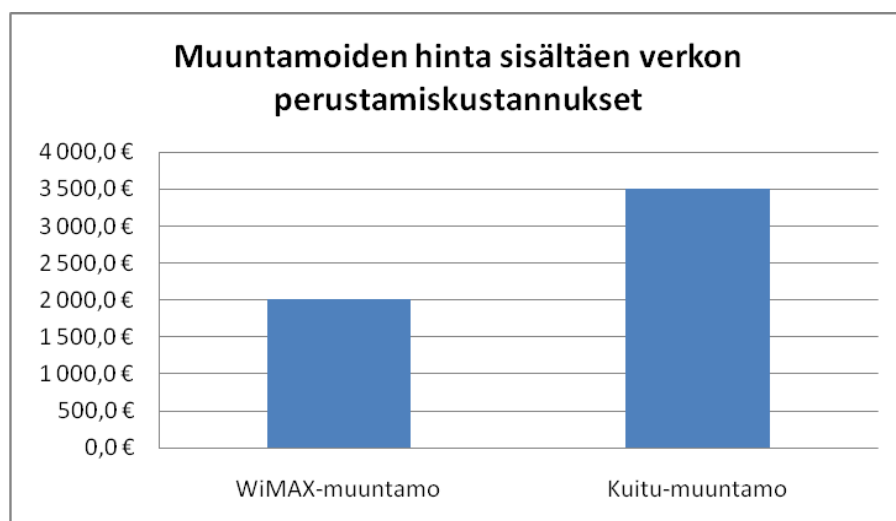
12 EHDOTUS MUUNTAMOKOHTAISEKSI YHTEYDEKSI

Tehtyjen laskelmien perusteella ehdotetaan yhteydettömille muuntamoille viestiverkkoyhteydeksi langatonta WiMAX-verkkoa. Kuten kuviosta 6 nähdään, lopullinen hintaero pelkkien muuntamopään laitteistojen välillä on 1131 euroa. Näin jo muuntamopään laitekuluissa säästetään yhteydettömien muuntamoiden osalta miltei puoli miljoonaa euroa.

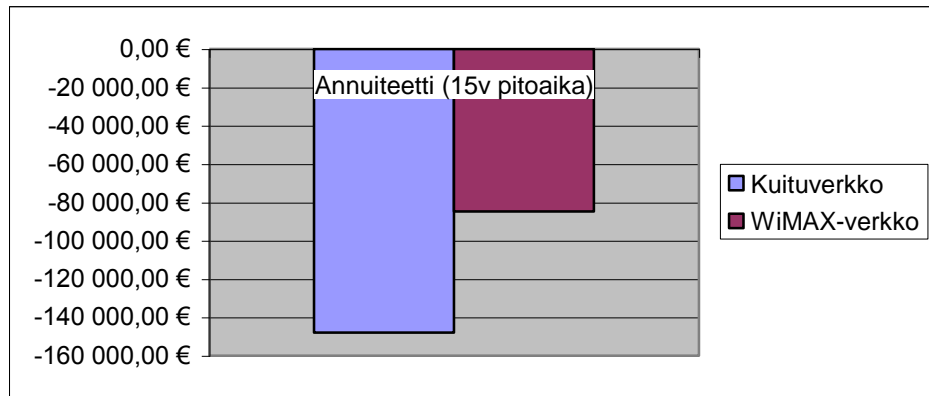


Kuvio 6. Muuntamokohtaiset laitteisto kustannukset.

Jos muuntamopään hinnassa eli laitteistokustannuksissa huomioidaan verkon rakentamisesta sekä ylläpidosta aiheutuvat kustannukset, kasvaa yhteysmuotojen välinen hintaero vieläkin suuremmaksi, kuten kuviosta 7 nähdään. Tällöin muuntamoiden välinen hintaero on jo miltei 1500 euroa.

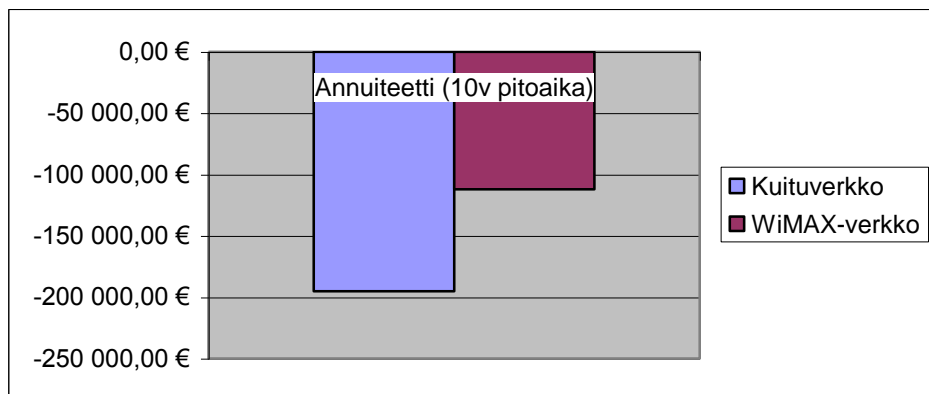


Kuvio 7. Muuntamokohtaiset kustannukset, kun verkon rakennuskustannukset huomioidaan.



Kuvio 8. Annuiteetin muodostuminen 15 vuoden pitoajalla.

Investointien annuiteetissa on huomattavaa eroa. WiMAX-verkon investointi on kuituverkkoon verrattuna niin paljon pienempi, että vuosittainen pääomakustannus jää huomattavasti matalammaksi, kuten kuvioista 8 ja 9 nähdään. Pitoajan pidentyessä annuiteetti pienenee. Kuten jo edellä kohdassa 11.4.1 mainittiin, tulevat vuotuiset pääomakulut alenemaan GPRS-verkon nykyisten kulujen poistuessa.



Kuvio 9. Annuiteetin muodostuminen 10 vuoden pitoajalla.

Myös annuiteettimenetelmällä saadut tulokset osoittavat WiMAX-verkon kannattavuuden. Yhteyksien välisten vuosittaisten pääomakustannuksien välinen suuruus on 15 vuoden pitoajalla 63 082,61 euroa. 10 vuoden pitoajalla yhteyksien välisten pääomakustannuksien ero kasvaa 83 242,76 euroon.

Pelkkien kustannuksien tarkastelun varaan ei viestiverkon kehittämistä voi perustaa. Yhteyksien luotettavuus sekä suojaus ovat myös tärkeitä asioita. On kuitenkin varmaa, että WiMAX-verkko saadaan niin luotettavalle ja varmalle pohjalle, että sitä voidaan käyttää etäluentadatan siirtämiseen. Verkon mahdollisista tulevista ongelmista ja vioista tiedetään enemmän vuoden 2011 lopulla, jolloin WiMAX on ollut KE:n käytössä jo jonkin aikaa. Tässä vaiheessa KE ei ole havainnut ongelmia WiMAX-testiverkon toimivuudessa. Myös Haminan Energia vahvisti KE:lle oman WiMAX-verkkonsa toimineen lähes ongelmitta kuluneen vuoden 2010 ajan. Heillä ilmenneet ongelmat liittyivät kosteuden aiheuttamiin ongelmiin, jolloin muutama tukiasema-antenni sekä asiakaspääteantenni oli hajonnut. Ainakin asiakaspääteantennien kohdalla syynä oli ollut Haminan Energiasta johtuva virheellinen asennus, jolloin kosteus oli päässyt antennin sisään.

KE:n tarkoituksena on tehdä vuoden 2011 aikana virallinen viestiverkkosuunnitelma, joka sisältää tarkan viestiverkon määrityksen ja budjetoinnin. Tämän työn avulla KE pystyy aloittamaan viestiverkkonsa laajennuksen etäluennan vaatimille kohteille. Yhteysmuotoja mietittäessä ei kuitenkaan kannata rakentaa mitään väliaikaisia yhteyksiä, vaan valita tulevaisuuden viestiverkkoon soveltuvia vaihtoehtoja, jotka parhaimmillaan palvelevat etäluennan sekä muun sähköverkon ohjauksen ja hallinnan tarpeita. WiMAX-yhteys vaikuttaisi olevan hyvä ratkaisu etäluenta-asetuksen toteuttamiseen ainakin kustannusten valossa.

13 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työhön sisällytetyt tavoitteet viestiverkon kartoituksen osalta ja edullisimpien viestiverkkoyhteyksien löytämiseksi saavutettiin hyvin. KE:n viestiverkko kartoitettiin kokonaan, jonka tuloksena syntyi laaja dokumentti viestiverkon nykytilasta. Myös edullinen ja järkevä viestiverkkoyhteys löytyi KE:n sähköverkon yhteydettömille muuntamoille, jolloin etäluenta saadaan tämän avulla nopeasti toteutettua. Työssä tehdyt laskelmat ja KE:n testit osoittivat WiMAX-verkon rakentamisen kannattavuuden ja riittävän toimintavarmuuden. Vaikka valokuituverkon rakentaminen onkin huomattavasti kalliimpaa, tehtyjen laskelmien avulla tiedetään, että kuidun asentaminen on edullisinta muun sähköverkon rakentamisen yhteydessä. Valokuidun kustannuksia laskiessani huomattiin, että vanhoilla alueilla ei välttämättä ole järkevää rakentaa kuituverkkoa. Sen sijaan uusilla alueilla panostus nykytekniikkaan eli kuituyhteyksien rakentamiseen on järkevää. KE:n ja monen muunkin energiayhtiön kohdalla viestiverkon kehittämistä ja rakentamista tehtäisiin kuitenkin enemmän tulevaisuuden mallia käyttäen. Viestiverkosta halutaan ALL IP-pohjainen verkko, jossa esimerkiksi WiMAX-verkko toimisi osana etäluentajärjestelmää sekä palvelisi samalla muuta sähköverkon ohjausta ja automaatiota.

Kaikki tehdyt laskelmat perustuvat muuntamoiden, materiaalien ja asennuksien hinnoittelun kohdalla markkinoiden mukaan muuttuviin hintoihin. Lisäksi laskelmissa käytettiin laitteistoja, jotka eivät välttämättä kuulu lopulliseen kokoonpanoon. Tämän vuoksi työn tulokset ovat suuntaa antavia, jolloin tulosten tarkkuus ei ole paras mahdollinen.

Työn tuloksista on KE:lle hyötyä. Tieto edullisimmasta muuntamokohtaisesta yhteydestä auttaa viestiverkon rakentamisessa yhteydettömille muuntamoille. Tämän ansiosta etäluennan toteuttaminen nopeutuu ja on helpompaa. Etäluenta on tällä hetkellä tärkein asia, jota viestiverkon tulee palvella. Tästä työstä saadaan myös tärkeää tietoa viestiverkon tulevasta kustannuksista. Tässä työssä tehtyjen selvityksien jälkeen KE:n sähköverkonjakelualueelle aloitettiin virallisesti WiMAX-verkon rakentaminen syksyllä 2010. Verkon kuuluvuus ja varma toimivuus selvitetään kuuluvuus-mittauksilla helmi-maaliskuussa 2011.

LYHENTEET JA TERMIT

ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line.</i> Verkkokytkintekniikka, jossa dataa siirretään korkeilla taajuuksilla
AIM	Etäluennan mittausjärjestelmä
AMR	<i>Automatic Meter Reading.</i> Automaattinen mittarin luenta, eli energian tai veden etäluenta
CPE	<i>Customer Premises Equipment.</i> WiMAX-järjestelmän asiakaspäätelaitteistot
DSL	<i>Digital Subscriber Line.</i> Digitaalinen tietoliikenne tilaajayhteys, joka käyttää puhelinlinjaa datan siirrossa
GPRS	<i>General Packet Radio Service.</i> GSM- verkon pakettikytkentäinen tiedonsiirtopalvelu
IDU	<i>In-Door Unit.</i> WiMAX-verkon sisäyksikkö
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers.</i> Kansainvälinen tekniikan alan järjestö
IP	<i>Internet Protocol.</i> Internet- kerroksen protokolla, joka huolehtii datan perille toimittamisesta Internetissä.
KE	Kuopion Energia
kj	keskijännite, eli sähköverkon jännitetaso välillä 1-70 kV
LON	<i>Local Operating Network.</i> Verkkomuuttujiin perustuva yksittäinen verkko, tiedonsiirtoprotokolla
ODU	<i>Out-Door Unit.</i> WiMAX-verkon ulkoyksikkö
OFDM	<i>Orthogonal frequency-division multiplexing.</i> Tiedonsiirtotekniikka, joka perustuu lukuisiin toisiaan häiritsemättömiin taajuuskanaviin samanaikaisesti.
pj	pienjännite, eli sähköverkon jännitetaso välillä 100–1000 V
PLC	<i>Powerline Communications.</i> Sähköverkon välityksellä tapahtuva tiedonsiirtotekniikka
PON	<i>Passive Optical Network.</i> Uusi, nopea passiivinen optinen verkko- arkkitehtuuri, josta on olemassa useita standardeja
PPP	<i>Point-to-Point Protocol.</i> Protokolla, jonka avulla verkkolaitteiden välille voidaan muodostaa suora yhteys

QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation.</i> Modulointitekniikka, jolla yhdistetään vaihe- sekä amplitudimodulaatio
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition.</i> Käytönvalvontajärjestelmä
sj	suurjännite, eli sähköverkon jännitetaso välillä 110–400 kV
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol.</i> Tietoverkkoprotokollien yhdistelmä, joka mahdollistaa päällekkäisen Internet-liikennöinnin
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access.</i> Langaton laajakaistatekniikka, joka mahdollistaa pitkän matkan langattoman yhteyden.

LÄHDELUETTELO

1. Dailywireless. (2009). [WWW-sivusto]. [viitattu 29.7.2010]. Saatavissa: <<http://www.dailywireless.org/2009/12/22/top-ten-wimax-lte-stories-of-the-decade/>>
2. *Valtioneuvoston asetus 5.2 66/2009*. Finlex. Sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta [viitattu 21.7.2010]. Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090066> >
3. Koppanen, Timo. (2010). WiMAX. Opinnäytetyö. Tietotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. [viitattu 31.12.2010]
4. Kuitu [WWW-sivusto]. Verkkotopologiat. [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa: <http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/verkon_rakenne/verkkotopologiat/>
5. Kuopion Energia. [WWW-sivusto]. Tietoa yrityksestä. [viitattu 2.7.2010]. Saatavissa: <http://www.kuopionenergia.fi/fi/yritys/tietoa_yrityksesta/?id=58>
6. Landis+Gyrin kotisivut. [WWW-sivusto]. Tuotteet. [viitattu 20.7.2010]. Saatavissa: <http://www.landisgyr.eu/en/pub/products_and_solutions.cfm>
7. Penttinen, J. 2006. *Tietoliikennetekniikka, Perusverkot ja GSM*. Helsinki: WSOY
8. Penttinen, J. 2006. *Tietoliikennetekniikka, 3G ja erityisverkot*. Helsinki: WSOY
9. Tekla Finlandin kotisivut. [WWW-sivusto]. Verkoston käyttö. [viitattu 12.7.2010]. Saatavissa: <<http://www.tekla.com/fi/products/tekla-xpower/functionalities-for-electricity-distribution/operation/Pages/Default.aspx>>

10. Viestintävirasto [WWW-sivusto]. Radiolaitteet ja – luvat. [viitattu 29.7.2010].
Saatavissa: <<http://www.viestintavirasto.fi/index/radiolaitteet.html>>
11. VTT- tutkijaryhmä, 2005. Kuituyhteys tulee kotiin. *Proessori* [verkkolehti] 11/2005 [viitattu 30.8.2010]. Saatavissa:
<<http://www.proessori.fi/es05/ARKISTO/KUITUYHTEYS.HTM>>
12. Wikipedia [WWW-sivusto]. ADSL. [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa:
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/ADSL>>
13. WiMAX [WWW-sivusto]. Peittokartta. [viitattu 5.1.2011]. Saatavissa:
<<http://wimax.fi/peittokartta.php>>

Havainnollistamisen vuoksi on hyvä esittää selkeä esimerkki valokuidun ja WiMAX-yhteyden välisistä kustannuseroista. Tämä saadaan aikaiseksi laskettaessa viestiverkon rakentamisesta aiheutuvat kustannukset Rönön kaupunginosan alueelta. Laskennan oletuksena on, että verkon kustannuksia määrittäessä käytetään tämän työn perusteella laskettuja WiMAX sekä kuitumuuntamon hintoja.

Kuituverkoston hinta:

Hinta muodostuu seuraavista tekijöistä:

- muuntamoiden lukumäärä ja käytetyt laitteistot
- kaapeloinnin kokonaismatka
- aliurakoitsijan kustannukset
- käytettävä valokuitu
- laitteistoasennukset sekä yhteyden testaus.

Kuituverkoston rakentaminen on Rönön tapauksessa melko vaivatonta, sillä siellä on muuntamoiden välillä 50 mm muoviputkitus valmiina. Kuitumuuntamon hintana voidaan pitää kohdassa 11.2 saatua hintaa.

Verkkotietojärjestelmä Xpowerin mukaan muuntamoiden välinen kokonaismatka on 892 metriä. Hinta Rönön kuituverkolle voidaan määrittää seuraavasti:

(urakoitsijan kustannukset) + (kuitukaapelien kustannukset) + (kuitumuuntamon kustannukset) + (xDSL-modeemit) = Rönön kuitukaapeloinnin kokonaiskustannukset.

Tällöin kuituverkon hinnaksi saadaan

$(892 \text{ m} * 2.6 \text{ €}) + (1.34 \text{ €} * 892 \text{ m}) + (2862 \text{ €} * 4) + (6 * 400 \text{ €}) = 2319,2 + 1195,28 + 11448 + 2400 = 17\ 362,48 \text{ €}.$

Rönön kuituverkoston rakentaminen maksaa siis 17 362,48 €. Laskussa käytettyjen xDSL modeemien hinta on budjetoitu keskihinta, jonka suuruus vaihtelee kohteen mukaan.

WiMAX-verkon hinta:

WiMAX-verkon hinta saadaan laskettua melko helposti. Käytetään verkon hintaa määrittäessä kappaleessa 11.4.1 saatua WiMAX-muuntamon hintaa, jossa on huomioitu koko verkon perustamiskustannukset. WiMAX-verkon hinta neljälle muuntamolle voidaan laskea seuraavasti:

$$(4 \times \text{WiMAX-muuntamo}) + (x\text{DSL-modeemi}) = \text{Rönön WiMAX-verkon hinta.}$$

Verkon hinnaksi saadaan

$$(4 * 2022 \text{ €}) + (400 \text{ €}) = 8088 + 400 = 8\,488 \text{ €.}$$

WiMAX-verkon rakentaminen Rönöön maksaa 8488 €.

Yhteenveto

Rönön kohdalla yhteydettömien muuntamoiden saaminen viestiverkon piiriin maksaa valokuidulla rakennettuna 17 362,48 €. Viestiverkon rakentaminen WiMAX-yhteydellä maksaa vain 8 488 €.

Näin ollen Rönön alueen viestiverkon rakentaminen on edullisinta tehdä langattomasti, jolloin kustannuksissa säästetään jopa 8874,48 €. Rönön alueen viestiverkon rakentamiskustannuksissa säästetään 48,9 %, jos viestiverkko yhteydettömille muuntamoille rakennetaan WiMAX-yhteydellä.

