

Kaukolämpöverkon etäluentajärjestelmän päivittäminen ja  
kaukolämpöjakokaappien kartoitus

Sami Alm

Opinnäytetyö  
Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Teollisuuden ja luonnontieteiden  
osaamisala  
Sähkötekniikka

---

|                            |  |       |      |
|----------------------------|--|-------|------|
| <b>Tekijä</b>              | Sami Alm   | Vuosi | 2015 |
| <b>Ohjaaja</b>             | DI, Jaakko Etto  |       |      |
| <b>Toimeksiantaja</b>      | Työnjohtaja, Marko Kivelä  |       |      |
| <b>Työn nimi</b>           | Keminmaan Energia Oy   |       |      |
| <b>Sivu- ja liitemäärä</b> | Kaukolämpöverkon etäluentajärjestelmän päivittäminen ja kaukolämpöjakokaappien kartoitus |       |      |
|                            | 43 + 13  |       |      |

---

Työn aiheena oli kaukolämpöverkon etäluentajärjestelmän päivittäminen ja kaukolämpöjakokaappien kartoittaminen. Työn tavoitteena oli selvittää sopiva kaukolämmön etäluentajärjestelmä tulevaisuuden vaatimuksia varten ja kartoittaa vanhat signaalikaapeloinnin jakokaapit maastosta. Työ tehtiin Keminmaan Energia Oy:lle alkuvuodesta 2015.

Opinnäytetyössä käsitellään eri etäluentatekniikoita ja etäluennan tietoturvaa. Teorian jälkeen opinnäytetyössä esitellään Keminmaan Energia Oy:n nykyinen etäluentajärjestelmä. Tämän jälkeen käsitellään eri etäluentajärjestelmiä vaihtoehdoksi nykyiselle etäluentajärjestelmälle. Uusi etäluentajärjestelmä valitaan, minkä jälkeen se esitellään ja kerrotaan eri vaiheita järjestelmän käyttöönottamisesta.

Opinnäytetyön toisena työnä tehdään katsaus kartoitusprosessiin. Kartoitusprosessissa kerrotaan, mitä eri vaiheita jakokaappien kartoittamisessa on ollut. Tämän jälkeen esitellään kartoittamisessa käytettyjä laitteita ja ohjelmistoja. Lopuksi näytetään, minkälaista dokumentointia Keminmaan Energia Oy opinnäytetyöstä itselleen saa. Lähdemateriaalina käytettiin aiheesta tehtyjä tutkimuksia, valmistajien materiaaleja ja asiantuntijoiden kanssa käytyjä keskusteluja.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava projekti. Lopputuloksesta saatiin toivotunlainen, ja Keminmaan Energia Oy sai tarvittavat tiedot uuteen etäluentajärjestelmään siirtymisessä. Uusi järjestelmä antaa lisää mahdollisuuksia tulevaisuudessa ja se helpottaa etäluentajärjestelmän ylläpitoa huomattavasti. Keminmaan Energia Oy saa opinnäytetyön tuloksena päivitetyn kaukolämpöverkkokartaston sekä kattavat valokuvat ja tiedot nykyisen etäluentaverkon tilasta.

Avainsanat etäluenta, kartoitus, energiamittarit, kaukolämmitys, tietoturva

School of Industry and  
Natural Resources  
Electrical Engineering

---

|                          |   |      |      |
|--------------------------|---|------|------|
| <b>Author</b>            | Sami Alm  | Year | 2015 |
| <b>Supervisor(s)</b>     | Jaakko Etto, M.Sc. (Tech.)<br>Marko Kivelä, Foreman   |      |      |
| <b>Commissioned by</b>   | Keminmaan Energia Oy  |      |      |
| <b>Subject of thesis</b> | District Heating Networks Remote Reading System Upgrade and District Heating Cabinets Mapping |      |      |
| <b>Number of pages</b>   | 43 + 13   |      |      |

---

The object of this thesis was to update district heating networks remote reading system and to map district heating distribution cabinets. The aim of the work was to sort out suitable district heating remote reading system for future needs and to map old signal cabling distribution cabinets from the terrain. The project was commissioned by Keminmaan Energia Oy at the beginning of the year 2015.

Subjects such as remote reading technology and security of remote reading are discussed in theory part of thesis. After theory the thesis introduces Keminmaan Energia Oy's current remote reading system. Different remote reading options are went through and are shown as an alternative to existing remote reading system. New remote reading system is selected and after that there are told steps where system are bring into use.

Another job in thesis is overview of the mapping process. Different steps of mapping distribution cabinets are explained. After that, used devices and programs are discussed. Finally, a sample of the type of documentation that Keminmaan Energia Oy receives. Source material used are other researches, brochures from manufacturers and discussions with experts.

Making this thesis was interesting and suitably challenging project. The final outcome was desired and Keminmaan Energia Oy received the necessary information to the new remote reading system transition. The new system will provide more opportunities for the future and it facilitates remote reading system maintenance considerably. Keminmaan Energia Oy receives updated district heating network map as well as a lot of photos and information on the current state of remote reading network

Key words                      remote reading, mapping, energy meters, district heating, data security

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....                             | 8  |
| 2     | KEMINMAAN ENERGIA OY .....                 | 9  |
| 3     | ETÄLUENTATEKNIIKAT .....                   | 12 |
| 3.1   | M-bus .....                                | 12 |
| 3.2   | Wireless M-bus .....                       | 13 |
| 3.3   | GSM/GPRS .....                             | 14 |
| 3.4   | Radioverkko .....                          | 15 |
| 3.5   | ZigBee .....                               | 15 |
| 3.6   | PLC .....                                  | 16 |
| 4     | KAUKOLÄMMÖN ETÄLUENTA .....                | 17 |
| 4.1   | Etäluennan kautta saadut tiedot .....      | 17 |
| 4.1.1 | Energian laskeminen .....                  | 18 |
| 4.1.2 | Vikatapaukset .....                        | 19 |
| 4.2   | Tietoturva .....                           | 20 |
| 4.2.1 | Salaus .....                               | 21 |
| 4.2.2 | Energiatilit .....                         | 21 |
| 4.2.3 | Fyysinen uhka .....                        | 22 |
| 5     | ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN PÄIVITYS .....       | 24 |
| 5.1   | Kaukolämpömittarit .....                   | 24 |
| 5.1.1 | Enermet 9 EVL .....                        | 24 |
| 5.1.2 | Kamstrup Multical 402 ja 602 .....         | 24 |
| 5.2   | Sähkömittarit .....                        | 25 |
| 5.2.1 | Landis&Gyr E450 .....                      | 25 |
| 5.2.2 | Landis&Gyr E350 .....                      | 25 |
| 5.2.3 | Landis&Gyr E120LiME .....                  | 26 |
| 5.3   | Nykyisen järjestelmän mahdollisuudet ..... | 26 |
| 5.4   | Vaihtoehdot uudeksi järjestelmäksi .....   | 27 |
| 5.4.1 | GSM .....                                  | 27 |
| 5.4.2 | Suora yhteys parikaapelilla .....          | 28 |
| 5.4.3 | Langaton M-bus .....                       | 28 |
| 5.4.4 | Etäluentapääte .....                       | 29 |
| 5.5   | Uuden järjestelmän mahdollisuudet .....    | 29 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.6   | Koeasennus Keminmaan Energia Oy:lle .....         | 30 |
| 6     | JAKOKAAPPIEN KARTOITTAMINEN .....                 | 34 |
| 6.1   | M-bus verkko .....                                | 34 |
| 6.2   | Kartoitukseen käytetyt laitteet ja ohjelmat ..... | 35 |
| 6.2.1 | Trimble CU + Trimble R8 GNSS .....                | 35 |
| 6.2.2 | Trimble business center .....                     | 35 |
| 6.2.3 | Trimble NIS .....                                 | 36 |
| 6.2.4 | Dokumentointi .....                               | 39 |
| 7     | POHDINTA .....                                    | 41 |
|       | LÄHTEET:.....                                     | 42 |
|       | LIITTEET.....                                     | 43 |

## ALKUSANAT

Haluan kiittää opinnäytetyön mahdollistanutta Keminmaan Energia Oy:tä ja sen mahtavaa henkilöstöä opinnäytetyön onnistumisesta. Haluan kiittää myös Jaakko Ettoa ja Marko Kivelää, jotka ohjasivat opinnäytetyöni. Suurimmat kiitokset menevät kuitenkin perheelleni, joka on kannustanut sekä potkinut minua eteenpäin koko opintojen ja opinnäytetyönteon aikana.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

|       |   |
|-------|---|
| AMI   | Advanced Meter Infastructure            |
| APN   | Access Point Name                       |
| CAD   | Computer-aided design                   |
| CU    | Control Unit                            |
| DWG   | From drawing                            |
| GPRS  | General Packet Radio Service            |
| GSM   | Global System for Mobile communications |
| KL    | Kaukolämpö                              |
| KPA   | Kiinteä polttoaine                      |
| M-bus | Meter-bus                               |
| MHz   | Megahertz                               |
| pj    | Pienjännite                             |
| PLC   | Power line communication                |
| RF    | Radio Frequency                         |
| SMS   | Short Message Service                   |
| WLAN  | Wireless Local Area Network             |
| WPAN  | Wireless Personal Are Network           |

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutetaan Keminmaan Energia Oy:lle, koska keväällä 2015 päivitettävä asiakastietojärjestelmä tulee vaatimaan kaukolämmön etäluennalta tarkempia energiankulutustietoja. Nykyisellä kaukolämmön etäluentajärjestelmällä ei vaadittavia tietoja ole mahdollista saada, joten sen päivittäminen on ajankohtaista. Lisäksi työhön kuuluu kaukolämpöjakokaappien kartoittaminen, koska kaappien sijaintia ei ole koskaan merkitty mihinkään suunnitelmaan.

Opinnäytetyön aiheen sain kesällä 2014 kesätöiden aikana, kun kysyin mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyötä Keminmaan Energia Oy:lle. Työn alkamisajaksi sovittiin joulukuu 2014, jolloin koulussa järjestettävän kurssit olisivat omalta osaltani ohitse. Tarkempi aihekuvauskin muuttui pariin otteeseen, ennen kuin pääsin työtä edes tekemään.

Opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa sisällöksi oli suunniteltu vain jakokaappien ja kaapeloinnin kartoittaminen. Aloituspalaverissa työhön kuitenkin lisättiin kaukolämmön etäluentaratkaisuiden tutkiminen. Kaukolämmön etäluentaratkaisuiden tutkiminen oli lopulta työn pääaihe, koska mahdolliset muutokset kaukolämmön etäluentajärjestelmässä saattaisivat vaikuttaa signaalikaapeloinnin käyttötarpeeseen.

Työssä osaan kuului olla yhteydessä mittarivalmistajiin sopivaa etäluentaratkaisua etsiessä. Keminmaan Energia Oy:lle aiotaan tehdä kaukolämmön etäluentajärjestelmän testiasennus, jotta nähtäisiin sen toiminta käytännössä. Kaukolämpöjakokaapeille suunniteltiin kartoitus maastossa, jonka jälkeen saadut tiedot aiotaan digitoida mahdollista myöhempää käyttöä varten.

Opinnäytetyössä käsitellään eri etäluentatekniikoita ja lisäksi käydään läpi etäluentamittareiden tietoturvaohjelmia. Työssä myös selvitetään vanhan ja uuden etäluentajärjestelmän ominaisuuksia ja eroja. Kartoitusprojektissa selvitetään kartoitusprosessin kulku ja digitoinnissa käytetyt ohjelmat.



## 2 KEMINMAAN ENERGIA OY

Keminmaan Energia Oy perustettiin vuonna 1949 silloisessa Kemin maalaiskunnassa. Vuonna 1979 kunnan nimi muutettiin Keminmaaksi ja samalla sähkölaitoksen nimi vaihtui Keminmaan sähkölaitokseksi. Nykyisessä yhtiömuodossa toiminta käynnistyi 1991, jolloin kunnallisen sähkölaitoksen toiminnot yhtiöitettiin kunnan omistamaksi Keminmaan Energia Oy:ksi. (Keminmaan Energia Oy 2015.)

Keminmaan Energia Oy:n liiketoimintoja ovat 20/0.4kV sähköjakelu sekä kaukolämmön tuotanto ja toimittaminen. Sähköjakelualue kattaa Keminmaan kunnan lisäksi osia Tornion ja Tervolan kunnan alueilta, liittymämäärän ollessa n. 5200 kpl. Kuviosta 1 voi nähdä Keminmaan Energia Oy:n maantieteellisen sijainnin ja jakelualueen Suomessa. (Keminmaan Energia Oy 2015.)

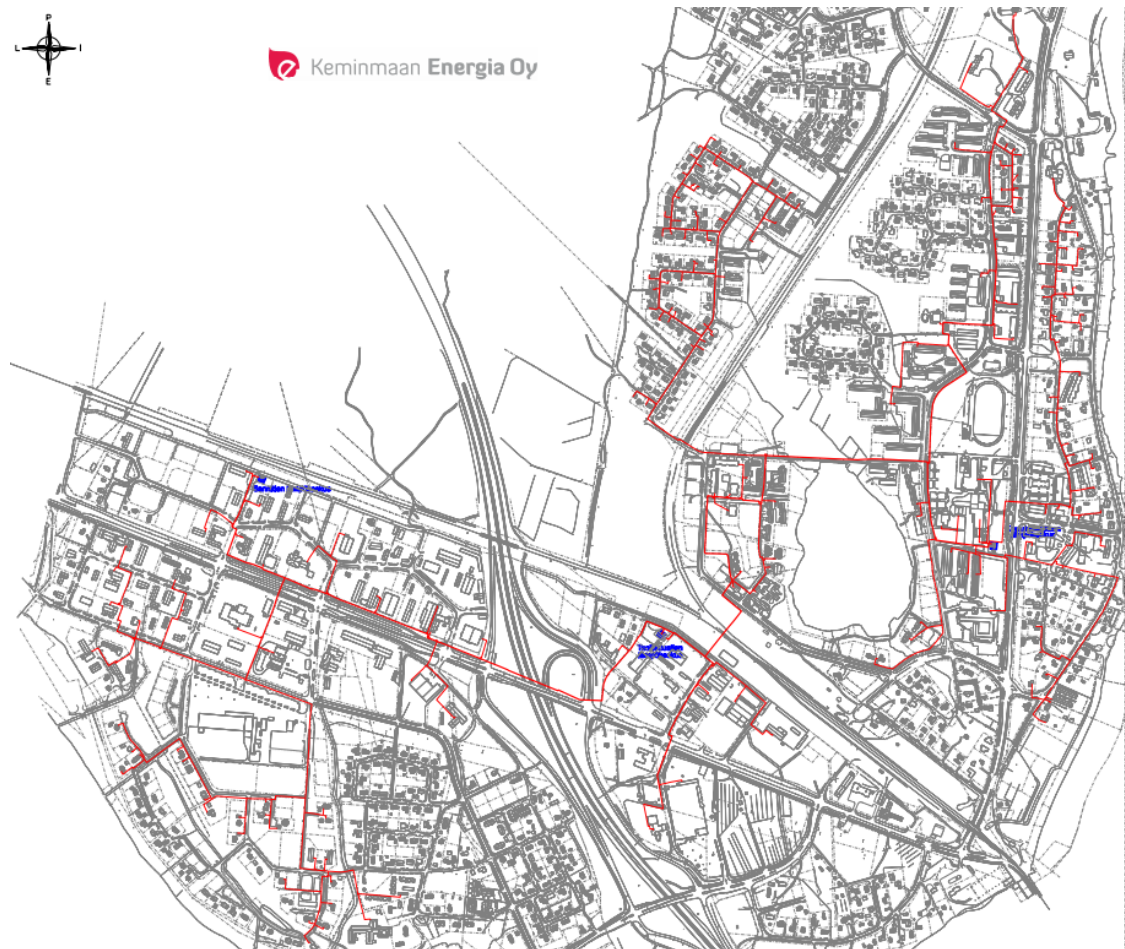


Kuvio 1. Keminmaan Energia Oy:n jakelualue (Keminmaan Energia Oy 2015.)

Keminmaan Energia on 100% Keminmaan kunnan omistama osakeyhtiö. Keminmaan Energia Oy omistaa Pohjois-Suomen Voima Oy:stä 6,89%, Oulun sähkönmyynti Oy:stä 4,3% ja Lapin sähkövoima Oy:stä 3,504%. Liikevaihto yhtiöllä vuonna 2013 oli n. 4,3 miljoonaa euroa, sähköverkkotoiminnan osuuden ollessa n. 2 miljoonaa ja kaukolämpötoiminnan n. 1,5 miljoonaa euroa. (Keminmaan Energia Oy 2015.)

Yhtiöllä on tavoitteena taata luotettava sähkönjakelu pitkälle tulevaisuuteen. Luotettava sähkönjakelu toimii pohjana tuleville verkkoinvestoinneille, joissa pääpaino on verkon käyttövarmuudessa ja iän tuomissa kehittämistarpeissa. Kaukolämpöpuolen kehittyminen tulee lähivuosina painottumaan kaukolämpöverkon laajentumisinvestointeihin kysyntää vastaavasti. Lisäksi tullaan varautumaan koulukeskuksen lämpökeskuksen uusintaan sekä pienempiin peruskunnostustarpeisiin. (Keminmaan Energia Oy 2015.)

Kaukolämpötoiminta Keminmaan Energia Oy:ssä alkoi syksyllä 1985, kun silloinen sähkölaitos sai tehtäväkseen huolehtia Keminmaan Kuntakeskuksen kaukolämmön tuotannosta. Kaukolämpöverkko laajentui suuremmin kaksi kertaa. Ensin vuonna 1993, kun Keminmaan Energia Oy osti Kallinjärven Lämpö Oy:n ja toisen kerran vuonna 1995 yhtiön ostettua Keminmaan kunnan kuntakeskuksen aluelämpöverkon. Vuonna 2015 kaukolämpöverkkoon on liittynyt 207 asiakasta ja kuviossa 2 esitetään punaisella Keminmaan Energia Oy:n kaukolämpöverkon laajuus. (Keminmaan Energia Oy 2015.)



Kuvio 2. Kemijärven Energia Oy:n kaukolämpöverkko (Kemijärven Energia Oy 2015.)

Kaukolämmön tuotanto tapahtuu n. 98 prosenttia kotimaisilla hake- ja turvepolttoaineilla pääosin KPA-lämpökeskuksessa. KPA-lämpökeskukseen kuuluu 2 MW ja 6 MW arinakattilat sekä 6 MW raskasöljykattila, joka toimii varatehona ja huippukuormien tasaajana. Kemijärven Energia Oy:llä on varatehona myös 4 MW, 1,3 MW ja 2,3 MW raskasöljykattilat, sekä erikoisuutena 1 MW sähkökattila. (Kemijärven Energia Oy 2015.)

### 3 ETÄLUENTATEKNIIKAT

Nykyään on monia eri mahdollisuuksia etälukea tietoa käyttöpaikoilla olevista mittareista. Moni vaihtoehto käyttää hyväkseen langattomia tekniikoita vapailla tai kaupallisilla taajuuksilla, mutta osa luottaa edelleen kiinteään kaapelointiin.

#### 3.1 M-bus

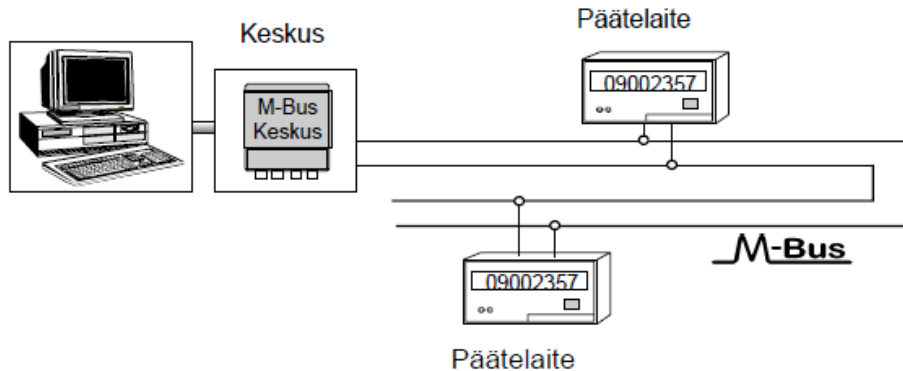
M-bus on Eurooppalainen standardi EN 13757-2 kaikenlaisille kulutusmittareille, kuten myös monille sensoreille ja toimilaitteille. M-bus-tekniikalla voidaan käyttää monen eri valmistajan laitteita samassa väylässä, joten jokaiseen kohteeseen voidaan tarvittaessa valita parhaiten sopiva mittari.

M-busin kehittämisessä on otettu huomioon taloudelliset ja tekniset näkökohdat, siten että niillä on merkitystä jokapäiväisessä käytössä. Näitä ovat lähinnä:

- suuri määrä yhdistettäviä laitteita
- mahdollisuus verkon laajentamiseen
- häiriötön ja kestävä toiminta
- pienet kustannukset
- pieni sähkönkulutus mittarilla
- hyväksyttävä yhteysnopeus
- jokaiselle mittarille voidaan antaa yksilöllinen osoite. (Hoentzsch 2015.)

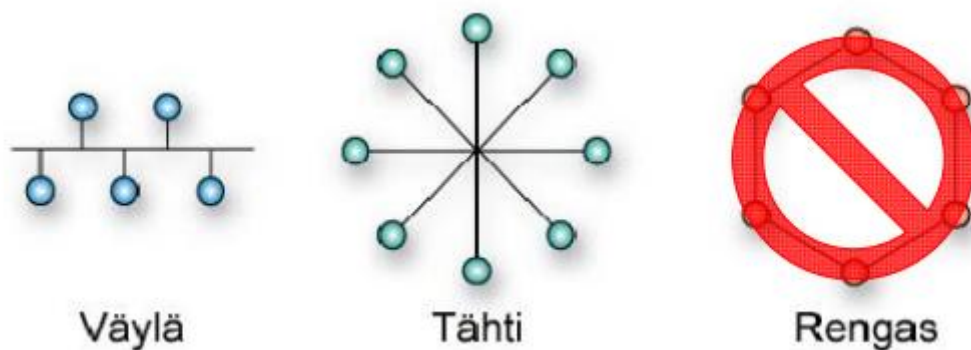
Laitteistossa on keskusyksikkö ja huoneistoyksiköt eli päätelaitteet (Kuvio 3). Kommunikointi tapahtuu keskusyksikön ja päätelaitteiden välisinä kyselyinä ja vastauksina. Tiedonsiirto on mahdollista vain yhteen suuntaan ja yhden päätelaitteen kanssa kerrallaan. Laitteet lähettävät tietonsa vain keskusyksikön käsystä. Päätelaitteet eivät liioin pysty kommunikoimaan keskenään. Keskusyksi-

költä viesti on mahdollista siirtää edelleen käsiteltäväksi esim. puhelinmodeemin kautta PC:lle, jota varten on saatavilla luentaohjelmia.



Kuvio 3. M-bus-laitteiston toimintaperiaate (Saint-Gobain Pipe Systems 2009, 4.)

M-bus verkon rakenteessa (Kuvio 4) päätelaitteet voidaan kytkeä tähteen, väylään tai näiden yhdistelmään kuten Keminmaan Energia Oy:llä. Väylän ja tähden yhdistelmä on yleensä edullisin toteuttaa. Rengaskytkentä ei ole suositeltavaa koska tällöin yhden päätelaitteen vikaantuminen saattaa pysäyttää koko verkon toiminnan.



Kuvio 4. Eri topologiat (Saint-Gobain Pipe Systems 2009, 4)

### 3.2 Wireless M-bus

Wireless eli langaton M-bus-tekniikka perustuu standardeihin EN13757-4:2005 ja 2012. Nämä standardit määrittelevät radiotaajuuksien tietoliikenneyhteyksien

hyödyntämistä vesi-, kaasu-, lämpö- ja sähkömittareiden sekä tiedonkeruulaitteiden välillä. Langattomasta M-busista on tullut laajasti hyväksytty Euroopassa älymittarijärjestelmissä tai AMI-sovelluksissa. Monet eri valmistajat ovat jo kehittäneet moduuleita omille laitteilleen, jotta niille saadaan käyttöön langaton M-bus. (Texas Instruments 2005.)

Langaton M-bus kehitettiin alun perin toimimaan vain 868MHz:n taajuusalueella, joka antaa hyvän kompromissin kuuluvuuden ja tarvittavan antennin koon välillä. Äskettäin on kuitenkin lisätty uusia taajuuksia (169MHz ja 433MHz) tekniikan määrittelyihin, ja ne tarjoavat pidempiä etäisyyksiä signaalin kuuluvuudelle. (Texas Instruments 2005.)

### 3.3 GSM/GPRS

GSM-matkapuhelinstandardi mahdollistaa etäluentamittareiden tiedonsiirron matkapuhelinverkon kautta. Luenta voidaan GSM-verkon välityksellä tehdä kolmella tavalla, jotka ovat GSM-data, SMS ja GPRS. GSM-luennassa olevat mittarit luetaan pääsääntöisesti yöaikaan, koska silloin on puhelinverkon liikennöinti vähäisempää. Haittana on yhteyden kestoon perustuva hinnoittelu, sekä tiedonsiirto- ja operaattorimaksut. (Karkulainen 2005, 58 - 59.)

GSM-data muodostaa etäluentajärjestelmän modeemin ja mittarin GSM-modeemin välille point-to-point tietoyhteyden. GPRS-yhteyttä käytettäessä muodostuu yhteys etäluentajärjestelmästä palveluntarjoajan palvelimelle, joka muodostaa yhteyden mittariin. GPRS-tiedonsiirto on pakettimuotoista. (Karkulainen 2005 58 - 59.)

Etäluettavalta mittarilta tulevat kulutustiedot kulkevat aina matkapuhelinverkon kautta sähköverkkoyhtiölle, joko suoraan mittarilta, tai koottuna konsentraattorilta. Poikkeuksena tähän on, jos mittarilta tulevat tiedot joudutaan lukemaan paikallisesti. Matkapuhelinverkon kanssa kommunikoivassa mittarissa tai konsentraattorissa on yhteyteen määritelty SIM-kortti. Mittari, master-mittari, tai kon-

sentraattori kommunikoivat matkapuhelinoperaattorille oman APN-rajapinnan kautta. (AMM tietoturva 2013, 28.)

### 3.4 Radioverkko

Radioverkot käyttävät nimensä mukaisesti radiotaajuuksia toimintaansa. Normaalisti verkot käyttävät lisenssivapaita taajuuskaistoja. On mahdollista myös maksaa kaistasta, jolloin ei tarvitse kärsiä todennäköisistä ruuhkista lisenssipailta taajuuksilla. Ruuhkat saattavat aiheuttaa kuuluvuusongelmia mittareiden etäluennassa.

Suurin osa mittarivalmistajista käyttää patentoituja radioverkkotekniikoita ja suljettuja mittarinluentarajapintoja. Tämä heikentää jakeluverkkoyhtiöiden mahdollisuutta käyttää eri valmistajien laitteita sekaisin samassa verkossa.

### 3.5 ZigBee

ZigBee on IEEE 802.15.4 standardin mukainen lyhyen kantaman tietoliikenneverkko. ZigBee kuuluu WPAN-perheeseen ja sen tarkoituksena on pienten ja yksinkertaisen laitteiden verkottaminen langattomasti. (zigbee.org 2015.)

Zigbee verkko voi sisältää jopa 65536 laitetta. ZigBeen etuja on nopea verkkoon liittyminen, mikä kestää alle 30ms. Tämä on selvästi lyhyempi aika, kuin bluetoothin ja Wlanin tapauksissa. ZigBee ei yritä korvata bluetoothia, vaan tarjoaa toisenlaisen vaihtoehdon sille. Kantomatkaa ZigBee tekniikalla on jopa 100m. (zigbee.org 2015.)

ZigBeen suurin mahdollinen käyttökohde voisi olla automaatiojärjestelmät. Esimerkiksi kotiautomaatiojärjestelmät saataisiin helposti keskustelemaan keskenään ja toimimaan pienellä virrankulutuksella, sillä ZigBeetä voidaan käyttää pitkiä aikoja pelkällä paristolla. (zigbee.org 2015.)

### 3.6 PLC

PLC eli sähköverkkotiedonsiirto on tekniikka, jossa käytetään hyväksi sähkökaapeleita ja tiedonsiirtoa varten ei tällöin tarvitse rakentaa uutta kaapelointia. PLC-siirtoprotokollia on useita, esimerkiksi Landis&Gyrin mittareissaan käyttämä Lontalk.

Yleensä sähköverkon jakelumuuntamoille sijoitetaan keskitin, joka kerää PLC-tiedot ja lähettää ne eteenpäin yhteyksillä, jotka on tilattu teleoperaattoreilta. Sähkömittareiden etäluennassa tämä on yleistä, sillä sähkömittari sijaitsee siellä, mistä asiakkaalle tulee sähköverkon syöttö. Kaukolämpö- ja vesimittareiden etäluenta jouduttaisiin näin tekemään sähköyhtiön verkon kautta, mikä ei verkon omistussuhteista riippuen ole aina mahdollista.

PLC-verkolla on monia haasteita, jotka johtuvat siitä, ettei sähköverkkoa ole suunniteltu tiedonsiirtoon. Yksi näistä haasteista on verkossa olevat häiriöt, joita muut laitteet verkkoon aiheuttavat. Tällaisia laitteita ovat mm. taajuusmuuttajat, energiansäästölamput, sekä huonosti suunnitellut hakkurivirtalähteet, joita käytetään usein latureissa sekä kodin elektroniikassa. Toinen haaste on sähkökaapeleiden suojaamattomuus, jolloin ne saattavat häiriösäteillä ympäristöön ja samalla häiritsevät esim. radiotiedonsiirtoa.



## 4 KAUKOLÄMMÖN ETÄLUENTA

### 4.1 Etäluennan kautta saadut tiedot

Keminmaan Energia Oy:llä on käytössä Kamstrupin PCBase3 ohjelmisto, jolla luetaan asiakkaiden kaukolämpömittareita. Luentaan on olemassa lukuisia erilaisia valmiita lukumooodeja, joista jatkuvasti on käytössä taulukon 1 mukainen heat M1 -moodi. Taulukossa 2 on koemielessä otettu ajo heat XL1 -moodilla, jolla näkee kaikki tiedot, joita mittarilta on saatavissa.

Tärkeimmät saadut tiedot ovat lämpöenergia, virtausanturin ohitse kulkenut vesimäärä sekä meno ja paluupuolen lämpötilat. Näillä kolmella arvolla voidaan laskea lukuisia arvoja. Muita tärkeitä tietoja ovat mittarin numero, luenta-aika ja infokoodi, joka ilmoittaa mahdollisista vioista mittarissa. Taulukossa 2 oleva arvo huipputeho #3, kertoo mittarin koko eliniän korkeimman tehopiikin. Tehopiikkiä voi käyttää hyödyksi esimerkiksi silloin, kun lasketaan, paljonko koko verkko voisi ottaa tehoa yhtä aikaa.

Taulukko 1. Heat M1 -luentamoodi

| Register                       | Unit           | Value1            | Value2           | Consumption |
|--------------------------------|----------------|-------------------|------------------|-------------|
| E1 Lämpöenergia                | MWh            | 141,799           | 138 906          | 2 893       |
| Infokoodi                      |                | 0                 | 0                |             |
| Konfig. nro 1                  |                | 21200             | 21200            |             |
| Käyttötuntilaskuri             | h              | 17490             | 17322            | 168         |
| Luenta-aika                    |                | 16.1.2015 0:22:03 | 9.1.2015 0:21:57 | 7p Oh       |
| T1 Hetk. menovirta             | C              | 92,44             | 85,71            | 6,73        |
| T1-T2                          | K              | 47,81             | 44,77            | 3,04        |
| T2 Hetk. paluuvirta            | C              | 44,63             | 40,94            | 3,69        |
| Teho 1                         | kW             | 9,4               | 12,2             | -2,8        |
| V1 Vesimäärä                   | m <sup>3</sup> | 2839,57           | 2795,47          | 44,10       |
| Vastaanottoaika                |                | 16.1.2014 0:24:56 | 9.1.2015 0:24:23 | 7p Oh       |
| Virtaama 1 hetk. menovirta ifh | l/h            | 172               | 237              | -65         |

Taulukko 2. Heat XL1 -moodi

| Register                   | Unit | Value1            | Value2            | Consumption |
|----------------------------|------|-------------------|-------------------|-------------|
| El Lampoenergia            | MWh  | 318,72            | 260,89            | 57,83       |
| 1E3 Jaandytysenergia       | MWh  | 0                 | 0,00              | 0,00        |
| E8 m3xT1                   |      | 4917800           | 4123500           | 794300      |
| E9 m3xT2                   |      | 2157600           | 1863300           | 294300      |
| Energia 1-2(#3)            | Mwh  | 143,86            | 143,86            | 0,00        |
| Huipputeho (#3)            | kW   | 182,8             | 182,8             | 0,0         |
| Infokoodi                  |      | 0                 | 0                 |             |
| Konfig. nro 1              |      | 21200             | 21200             |             |
| Konfig. nro 2              |      | 242400            | 242400            |             |
| KayttOtuntilaskuri         | h    | 2833              | 2247              | 586         |
| Luenta-aika                |      | 5.3.2012 10:25:21 | 10.2.2012 0:22:37 | 24p 10h     |
| Luentapaiva                |      | 11.12.31          | 11.12.31          |             |
| M-Bus-laitetyyppi          |      | 4                 | 4                 | 0           |
| Mittarinro                 | 1    | 215               | 215               | 0           |
| Mittarinro 2               |      | 0                 | 0                 | 0           |
| Mittarityyppi              |      | 00010701          | 00010701          |             |
| Ohjelmanro                 |      | 44478478          | 44478478          |             |
| Pulssitulo A               | m3   | 0,00              | 0,00              | 0,00        |
| Pulssitulo A (#3)          | m3   | 0,00              | 0,00              | 0,00        |
| Pulssitulo B               | m3   | 0,00              | 0,00              | 0,00        |
| Pulssitulo B (#3)          | m3   | 0,00              | 0,00              | 0,00        |
| Päivämäärä                 |      | 12.03.05          | 12.02.10          |             |
| T1 Hetk. menovirta         | C    | 96,51             | 93,53             | 2,98        |
| T1-T2                      | K    | 59,35             | 53,87             | 5,48        |
| T2 Hetk. paluuvirta        | C    | 37,16             | 39,66             | -2,50       |
| Tariffirekisteri 2(#3)     | MWh  | 0                 | 0,00              | 0,00        |
| Tariffirekisteri 3(#3)     | MWh  | 0                 | 0,00              | 0,00        |
| Teho 1                     | kW   | 137,5             | 144,6             | -7,1        |
| TL2 Tariffiraja            |      | 0                 | 0                 | 0           |
| TL3 Tariffiraja            |      | 0                 | 0                 | 0           |
| V1 Vesimaara               | m3   | 5503,4            | 4614,4            | 889,0       |
| Vastaanottoaika            |      | 5.3.2012 10:26:00 | 10.2.2012 0:22:39 | 24p 10h     |
| Vesimaara 1(#3)            | m3   | 2675,4            | 2675,4            | 0,0         |
| Virtaama 1 hetk. menovirta | l/h  | 2016              | 2328              | -312        |

#### 4.1.1 Energian laskeminen

Multical 602-mittari on yleisin Keminmaan Energia Oy:n alueella asennettu mittari. Se osaa laskea energian perustuen standardin EN 1434-1:2009-kaavaan. Kaavassa käytetään kansainvälistä lämpötila-asteikkoa vuodelta 1990 ja 16 barin painetta. (Kamstrup Multical 602 Datasheet 2011, 31.)

Energian laskenta voidaan yksinkertaistettuna esittää kaavan 1 avulla. Energia lasketaan aina yksikössä wattitunti, joka sen jälkeen muunnetaan valituksi mittayksiköksi kuten kaavoissa 2 ja 3 muutetaan energia kilowattitunneiksi ja megawattitunneiksi.

$$E = V * k * \Delta t \quad (1)$$

$$E (kWh) = \frac{E(Wh)}{1000} \quad (2)$$

$$E (MWh) = \frac{E(Wh)}{1000000} \quad (3)$$

missä

E on energian määrä [Wh]

V on vesimäärä [m<sup>3</sup>]

k on veden ominaislämpökapasiteetti [kJ/(kg\*K)]

$\Delta t$  on veden meno ja paluupuolen lämpötilaero [K]

E (kWh) on energia määrä kilowattitunteina

E (MWh) on energian megawattitunteina

#### 4.1.2 Vikatapaukset

Vaikka tekniikka jatkuvasti kehittyy ja laadunvalvonta paranee, niin laitteissa voi aina esiintyä valmistusvikoja tai inhimillisiä vahinkoja asennusvaiheessa. Veden vuotaminen harvemmin aiheuttaa henkilövahinkoja, mutta se voi aiheuttaa suurta vahinkoja päästessään talojen rakenteisiin. Tämän vuoksi mittareihin on rakennettu erilaisia valvontajärjestelmiä.

Multical 602:ssa valvotaan jatkuvasti useita tärkeitä toimintoja, esim. virransyöttöä, lämpötila-antureita ja vuotohälytyksiä. Jos mittausjärjestelmässä tai asennuksessa sattuu vakava häiriö, näytössä vilkkuu ”Info” niin kauan, kunnes vika on korjattu. Multical 602:ssa viat ilmoitetaan tilakodeilla, jotka näkyvät taulukosta 3. Usean vian ilmetessä nämä tilakoodit summautuvat yhteen. Esimerkkinä jos lämpötila-antureissa T1 ja T2 on vikaa, niin tilakoodiksi ilmoitetaan 12 (8+4). (Kamstrup Multical 602 Datasheet 2009, 49.)

Taulukko 3. Tilakoodit. (Kamstrup Multical 602 Datasheet 2009, 49.)

| Info -tilakoodi | Kuvaus  | Vasteaika  |
|-----------------|---|------------|
| 0               | Normaali toiminta                                 | -          |
| 1               | Käyttäjännite puuttuu                             | -          |
| 8               | Lämpötila-anturi T1 on mittausalueen ulkopuolella | 1...10 min |
| 4               | Lämpötila-anturi T2 on mittausalueen ulkopuolella | 1...10 min |
| 32              | Lämpötila-anturi T3 on mittausalueen ulkopuolella | 1...10 min |
| 64              | Vuoto kylmävesijärjestelmässä                     | 1 päivä    |
| 256             | Vuoto lämmitysjärjestelmässä                      | 1 päivä    |
| 512             | Suuri vuoto lämmitysjärjestelmässä                | 120 s      |

## 4.2 Tietoturva

Etäluentaympäristössä, kuten muissakin tietoverkoissa uhkat muuttuvat vahingoiksi, jos hyökkääjä onnistuu löytämään järjestelmästä haavoittuvuuksia ja hyötymään siitä. Nämä haavoittuvuuden voidaan jakaa kahteen ryhmään, joita ovat suunnittelu- ja toteutusvirheet.

Suunnitteluvirheet ovat suunnitteluvaiheessa tehtyjä virheitä; esimerkiksi autentikoinnin puuttuminen yleisesti käytetyn etäluentaprotokollan tietyssä rajapinnassa. Suunnitteluvirheille on yhteistä, että ne voivat koskea isoa joukkoa laitteita, eivätkä esimerkiksi pelkästään yhtä mallia. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 33) Suunnitteluvirheellinen laite voi olla täysin käyttökelvoton, kun siinä olevat haavoittuvuudet ovat löytyneet ja niitä on hyödynnetty.

Toteutusvirheet johtuvat yleensä toteutuksen aikana tehdyistä ohjelmointivirheistä. Tavallinen esimerkki toteutusvirheestä on puskurin ylivuotovirhe, jossa ohjelma tallentaa tietoa sille varatun muistialueen ulkopuolelle. Tämä aiheuttaa usein virhetilanteen ohjelmistossa, sekä saattaa ohjelmiston ja esimerkiksi koko mittarin toimimattomaan tilaan (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 33). Toteutusvirheelliseen laitteeseen voidaan kuitenkin tehdä päivitetty ohjelmisto, joka korjaa edellisen ohjelmiston virheet, ellei laitetta ole jo saatettu toimimattomaan tilaan.

#### 4.2.1 Salaus

Tietoliikenteen pitäisi olla salattua kulutustietojen siirtyessä etäluettavalta mittarilta luentajärjestelmään. Käytössä olevia salausmenetelmiä on yleensä harvoin mainittu mittareiden tiedoissa julkisesti. Tämä viittaa siihen, että salausmenetelmät eivät ole yleisesti tunnettuja. Keskimäärin kolmannen osapuolen suljetut salausprotokollat ovat olleet haavoittuvampia kuin julkiset ja tunnetut salaukset (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 35.)

Tunnettujen salausprotokollien haavoittuvuudet tulevat nopeammin esille, kun hyökkääjät niitä etsivät. Samalla haavoittuvuuksia kuitenkin paikataan ja mahdolliset hyökkäyskeinot samalla vähenevät

Vaikka salausalgoritmi olisikin riittävän hyvä, niin myös sen toteutuksessa voi piillä ongelmia. Salausavain voi olla heikko ja laskettavissa auki nykyisillä menetelmillä suorittimien laskentatehon kasvaessa. Salausavaimen tai koko salausmenetelmän vaihto suureen määrään mittareita on kallista ja aikaa vievää. Pahimmassa tapauksessa mittareiden välinen kommunikointi ei ole lainkaan salattua. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 36.)

#### 4.2.2 Energiatilitt

Valtioneuvoston asetus vuodelta 2009 velvoittaa sähköverkkoyhtiötä tarjoamaan käyttöpaikan tuntikohtaiset kulutustiedot asiakkaiden saataville viimeistään silloin, kun ne ovat valmiita luovutettavaksi sähkön myyjälle. Tämä on toteutettu sähköverkkoyhtiöiden toimesta palvelimien avulla. Rekisteröityminen palveluun on toteutettu monesti kysymällä käyttäjältä pohjatietoina käyttöpaikan numero ja asiakasnumero. Nämä tiedot on helposti saatavilla paperisista laskuista. Palvelimelle ensimmäistä kertaa rekisteröityvän henkilöllisyyttä ei yleensä varmisteta esimerkiksi pankkitunnuksilla. Tästä johtuen rekisteröityminen toisen henkilön tiedoilla on helppoa ja pääsy tarkkailemaan sähkönkulutusta, sekä historiatietoja onnistuu. Paperisia laskuja, joista löytyy rekisteröitymiseen

vaadittavat tiedot, löytyy paljon esimerkiksi paperinkeräyslaatikosta. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 36.)

Rekisteröityminen toisen henkilön tiedoilla onnistuu monesti vain ensimmäistä kertaa rekisteröityessä. Tämä uhka vähenee, kun kuluttajat rekisteröityvät palvelun käyttäjiksi. Monesti kuitenkin osa kuluttajista ei koskaan rekisteröidy palveluun. Käyttäjätunnukset palveluun voivat paljastua muille käyttäjille myös käyttäjän omasta huolimattomuudesta. Vaarana on myös edellisen asukkaan sähkönkulutustietojen näkyminen www-palvelussa asuntoon muuttavalle uudelle asiakkaalle. Palvelussa asiakkaalle näkyvät kulutustiedot tulisi siis rajata aina asiakas- ja sopimuskohtaisesti. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 33.)

#### 4.2.3 Fyysinen uhka

Fyysinen pääsy sähkömittarille on monesti liiankin helppoa. Omakotitaloasujilla sähkömittarille pääsyä ei ole estetty lainkaan, vaan he pääsevät tutkimaan mittaria vapaasti. Kerrostaloissa ja rivitaloyhtiöissä kaikki sähkömittarit ovat yleensä samassa lukitussa tilassa ja usein taloyhtiön yleisavaimella pääsee tähän tilaan. Tätä avainta voidaan lainata tarvittaessa asukkaillekin. Jotkut sähkömittarit ovat rakennusten ulkopuolella muidenkin kuin talon asukkaiden saatavilla.

Mittareiden tärkeimmät osat ovat suojattuina kannen alle, jonka aukaisusta tulee hälytys järjestelmään. Hälytyksiin reagointi ja niiden tarkkailu on verkkoyhtiön vastuulla. Hyökkääjä on voinut jo perehtyä mittarin komponentteihin etukäteen toisen vastaavanlaisen mittarin tai ohjeiden avulla. Myös kantta aukaisematta voi yhteyden muodostaminen onnistua, sillä kaikki rajapinnat eivät ole monissa mittareissa sijoitettuna piiloon kannen alle. Optinen luentasilmä on monesti näkyvillä mittarin ulkopuolella. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 37.)

Useissa etäluettavissa mittareissa on optinen luentasilmä huolto ja asennustöitä varten. Optinen yhteys toimii infrapunalla, ja se on tarkoitettu käytettäväksi tarkoitukseen sopivalla asentajan kannettavalla laitteella. Luentasilmä on useimmiten mittarin ulkopuolella, joten mittarin kantta ei tarvitse avata. Luenta-

porttien pitäisi aina olla salasanasuojattuja, mutta samaa salasanaa voidaan käyttää isonkin mittarijoukon kesken. (AMM Tietoturvaselvitys 2013, 38.)

Optisen yhteyden kautta voi lukea mittarin kulutustietoja. Mittarin mittausparametrien muokkaus saattaa myös onnistua laitteistosta riippuen. Kun tietoturvakäytännöt ovat hyvät ja käytössä, mittausparametrien muutos ei ole mahdollista tai muutoksen tekeminen aiheuttaa hälytyksen. Hälytykset havaitaan verkkoyhtiössä, kunhan hälytyksiä edes seurataan säännöllisesti. Sopivia optisia luentasilmiä voi saada helposti internetin kautta, ja niitä voi käyttää kannettavalla tietokoneella.

## 5 ETÄLUENTAJÄRJESTELMÄN PÄIVITYS

### 5.1 Kaukolämpömittarit

Keminmaan Energia Oy:n kaukolämpöverkon asiakkailta on käytössä pääsääntöisesti Multical 602, Multical 402 ja Enermet 9EVL kaukolämpömittareita. Mittarit mittaavat veden virtaaman paluuputkesta sekä veden lämpötilan meno ja paluuputkesta. Joissakin mittareissa on mahdollisuus ohjata kolmipistemoottori-venttiiliä ja näin katkaista lämmitysenergia käyttöpaikalta.

#### 5.1.1 Enermet 9 EVL

EVL-tyyppisiä mittalaitteita on seuraavia malleja: 9-, 10- ja 11 EVL, joista Keminmaan Energia Oy:llä on käytössä 9 EVL-mittareita. Enermet Oy on kehittänyt EVL- mittarit. Valmistus siirtyi Kamstrupille, joka sittemmin lopetti EVL-sarjan valmistamisen.

9 EVL-mittari on yhdistelmämittari, jossa laskurilaitte ja virtausanturi on kalibroitu toimimaan keskenään. Mittarin virtausanturi on ns. magneettiputki, eli veden virtaama mitataan luomalla putkeen magneettikenttä ja mittaamalla veden virtauksesta indusoitunut virta mittaalektrodeista. Kaukolämpöveden lämpö meno ja paluuputkessa mitataan Pt100-tyyppisellä lämpötila-antureilla. Mittarista löytyy M-bus väylä, jolloin mittaria voidaan lukea etänä muilla laitteilla.

#### 5.1.2 Kamstrup Multical 402 ja 602

Multical-mittarit ovat Kamstrupin kehittämä seuraaja EVL-sarjalle. Näissä mittareissa veden virtaama mitataan ultraäänitekniikalla, joten se ei vaadi samanlaista sähköistä johtokykyä, kuten magneettitekniikkaan perustuva 9 EVL.

Mittareihin on saatavilla useita lisämoduuleita ja niihin voidaan asentaa kaksi moduulia kerrallaan. Eri moduuleita ovat mm. M-bus, Langaton M-bus, ZigBee, GSM ja pulssimalliset moduulit. Laitteita voidaan käyttää myös pelkällä paristolalla, jolle valmistaja lupaa jopa 10 vuoden käyttöiän pelkälle mittaukselle.



## 5.2 Sähkömittarit

Sähkömittari mittaa sähköenergian kulutusta sähkökäyttöpaikalla ja välittää sen tiedon sähköverkkoyhtiölle. Sähköverkkoyhtiö voi varustaa mittarin katkolaitteella, jos kokee sen tarpeelliseksi. Katkolaitteella kohteesta voi katkaista sähköt etäältä ja tällainen laite on useasti käytössä ”huonomaksuisilla asiakkaila” eli käyttöpaikoissa, joissa laskut ovat useasti maksamatta. Suurissa kiinteistöissä, joissa pääsulakkeiden koko on yli 63A, joutuu sähkömittarin varustamaan virtamuuntajalla.

### 5.2.1 Landis&Gyr E450

Keminmaan Energia Oy:llä käytetään Landis&Gyr:n valmistamia sähkömittareita. Landis&Gyr on energiankulutuksen mittaamiseen käytettäviä mittareita, järjestelmiä ja palveluita tuottava yritys.

E450-mittari on kolmivaiheinen, ja se sisältää katkolaitteen. Mittarissa on mahdollisuus langalliseen M-bus-yhteyteen ja tulevaisuudessa myös langattomalle M-busille. (Lintunen 2015.)

E450-mallisarjaa on saatavana 2G/3G mallina, joka sisältää mobiiliverkkoyhteyden ja E450 Plan-mallina, joka toimii Lontalk-protokollalla PLC verkossa. E450-mittaria saa Plan-mallina yksivaiheisena. (Lintunen 2015) E450 Plan toimii mesh-verkossa, eli kaikki mittarit ovat tukipisteitään toisille, jolloin verkko tarvitsee vain yhden tiedon eteenpäin lähettävän laitteen.

### 5.2.2 Landis&Gyr E350

E350 on yksivaiheinen sähkömittari, jota on saatavana 2G/3G tai Lontalk-malleina. 2G/3G-mittari sisältää M-bus-mahdollisuuden, mutta M-bus-tuki sille on tulossa vasta myöhemmin (Lintunen 2015). Mittarissa on tuki raakadatalle tulevaisuutta silmälläpitäen.

Mittari olisi todella mielenkiintoinen etäluentapäätteeksi, kunhan sille tulee M-busin tuki. Mittarin etuja esimerkiksi E450 nähden olisi pieni koko, halpa hinta ja yksivaiheisuus 2G/3G-mobiiliverkkoyhteyden kanssa.

### 5.2.3 Landis&Gyr E120LiME

E120LiME-mittari on kolmivaiheinen, ja siihen on mahdollista liittää katkolaite erillisen lisäosan avulla. Mittarissa on mahdollisuus langalliseen M-busyhteyteen ja se tukee suoraan 9 EVL ja Multical-kaukolämpömittareita. E120LiME-mittaria on myös mahdollisuus saada yksivaiheisena, mutta sellaista ei Keminmaan Energialla ole käytössä.

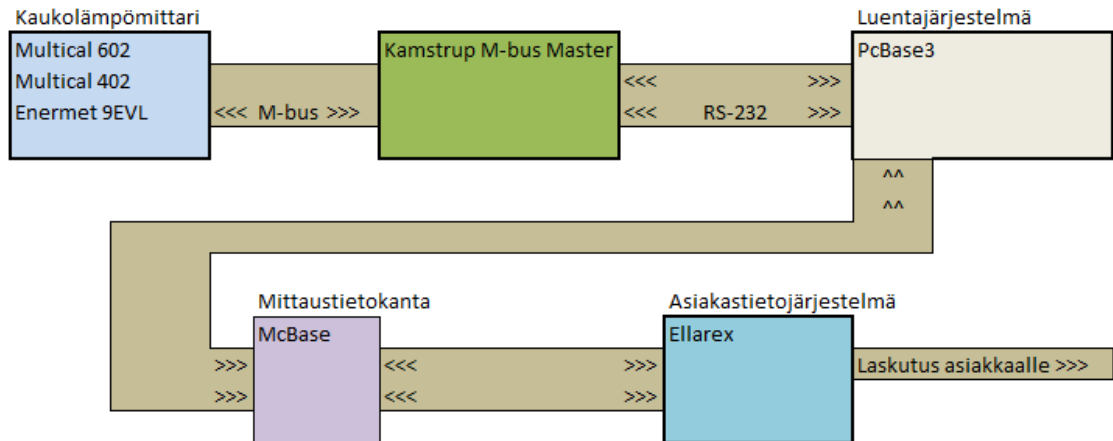
E120LiME toimii tähtipiste-verkossa, eli mittareilla on oltava tukipisteenä keskitin, joka lähettää tiedot eteenpäin gprs-verkon kautta. Sarjarekistereitä mittarissa on kaksi, ja mittausjaksoksi voidaan valita viidestä minuutista yhteen päivään, jolloin sarjaan voi tallentaa 1680 arvoa.

### 5.3 Nykyisen järjestelmän mahdollisuudet

Keminmaan Energia Oy:llä kevään 2015 aikana tapahtuvan asiakastietojärjestelmän muutoksen jälkeen haluttaisiin tietää kulutus tunnin välein. Haluttua tuntisarjaa ei M-bus-luennan kautta ole kuitenkaan mahdollista saada, vaan ainoat vaihtoehdot ovat minuutti, päivä ja kuukausisarjat. Lisäksi kuluttajien suurin määrä on nykyisellä järjestelmällä ja lisenssillä vain 250 kappaletta. Tämän vuoksi on tullut tarve uudelle järjestelmälle.

Kaukolämpöverkossa olevia 9 EVL, Multical 402 ja Multical 602-mittareita lukee yhtiön konesalissa oleva M-bus master-modeemi kerran päivässä M-bus-verkon kautta. M-bus-verkossa on myös muutama vahvistin (Liite 3 kuvat) parantamassa signaalia. Master-modeemia luetaan sarjaportin kautta luentajärjestelmä PcBase3:n avulla, joka sitten tallentaa luetut tiedot yhtiön konesalissa sijaitsevan palvelimen McBase tietokantaan. Tästä tietokannasta Ellarex asiakastieto-

järjestelmä hakee kulutuslukemat, minkä jälkeen voidaan hoitaa asiakkaiden laskutus. Kuviossa 5 näkyy tiedonkulkupolku mittareilta laskutukseen asti.



Kuvio 5. Nykyinen tiedonkulku.

#### 5.4 Vaihtoehdot uudeksi järjestelmäksi

Useaa erilaista vaihtoehtoa uudeksi kaukolämmön etäluentajärjestelmäksi selvitettiin. Selvitystä hankaloitti se, että valmistajat käyttävät omia suljettuja tekniikoita. Lisäksi samoista tekniikoista puhutaan monesti monella eri nimellä.

Valinta tehtiin lopulta neljän eri vaihtoehdon välillä. Vaihtoehtoina olivat GSM, langaton M-bus ja etäluentapäätteen käyttö kahdella eri tapaa. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä hienommalta ja modernimmalta idea kuulostaa, niin sitä kalliimpi se on. Lisäksi monet modernit langattomat tekniikat ovat vielä lastenkengissä mittariteknologiassa.

##### 5.4.1 GSM

Ensimmäisenä tutkittiin GSM-vaihtoehtoa. Mittarit vaihdettaisiin Multical 602-malleihin ja niissä käytettäisiin GSM-moduuleita. Moduulit lähettäisivät etäluentatiedon toimitalolle hankittavaan GSM master-modeemiin. Lisäksi hankintaan tulisi ohjelmisto ja siihen vuosilisenssi.

Ratkaisun yhtenä etuna olisi toimiva tuntisarjanluenta. Huonona puolena on ratkaisun kalleus ja se, että tuntisarjalukemia ei saa energiatilipalveluun, mistä asiakkaat voisivat seurata omaa kulutustaan. Lisäksi asiakkailta joutuisi vaihtamaan ehjiä mittareita pois, jotta tilalle saataisiin Multical 602-mittari.

#### 5.4.2 Suora yhteys parikaapelilla

Keminmaan Energia Oy:llä on käytössä Landis&Gyrin valmistamia E120LiME, E350 ja E450-sähkömittareita. Näistä E120LiME ja E450t osaavat lukea M-bus-väylää ja sitä kautta muita energiamittareita, kuten kaukolämpöä ja vesimittareita. Kiinnostavalle E350-yksivaihemittarille M-bus-tuki on tulossa myöhemmin.

Tässä vaihtoehdossa olisi suunnitelmana se, että jokaiselta kaukolämpömittarilta vedettäisiin parikaapeliyhteys sähkömittariin, joka sitten lähettäisi tiedot luentajärjestelmään. E350 2G/3G:n ja E450 2G/3G:n tapauksissa tiedot lähetettäisiin GSM avulla tai E120LiME:n tapauksessa PLC verkon kautta.

Tämän ratkaisun etuja olisi toimiva tuntisarjaluenta, mahdollisuus seurata energiatili-palvelussa kaukolämmön kulutusta, halvin hinta, sekä vanhojen laitteiden yhteensopivuus. Huonona puolena on parikaapelivetojen hankaluus ja aikaa vievä asennus. Yleensä omakotitaloissa sähkömittari sijaitsee fyysisesti eri paikassa, kuin kaukolämpömittari. Taloyhtiöissä vedot ovat helpompia ja tätä ratkaisua voitaisiin käyttää näissä kohteissa.

#### 5.4.3 Langaton M-bus

Tässä vaihtoehdossa selvitettiin vaihtoehtoa, jossa vaihdettaisiin Multical 602-mittareihin langattomat M-bus-moduulit ja asiakkaalle E450-sähkömittari, jossa myös on langaton M-bus-mahdollisuus. Tieto siis kulkisi langattomasti laitteiden välillä ja hankalilta kaapelivedoilta säästyttäisiin.

Tämä vaihtoehto oli pitkään ykkösvaihtoehto, mutta sen kaatoi lopulta selvästi korkein hinta. Hintaan vaikuttaa hankittavien laitteiden suuri lukumäärä. Jokai-

nen kaukolämpömittari vaatii langattoman M-bus-moduulin ja lisäksi sähkömittari jouduttaisiin vaihtamaan. Kaiken lisäksi tämän tekniikan tuki on sähkömittareissa vielä avoin. Mahdollisesti se olisi tulossa syksyllä 2015 (Lintunen 2015).

#### 5.4.4 Etäluentapääte

Tässä vaihtoehdossa jokaiselle kaukolämpömittarille lisätään oma sähkömittari modeemiksi. Eri vaihtoehtoina voidaan käyttää Landis&Gyrin E450 2G/3G, E120LiME tai E350 2G/3G-mittareita, joita yhtiössä käytetään jo sähkönkulutuksen mittaamiseen.

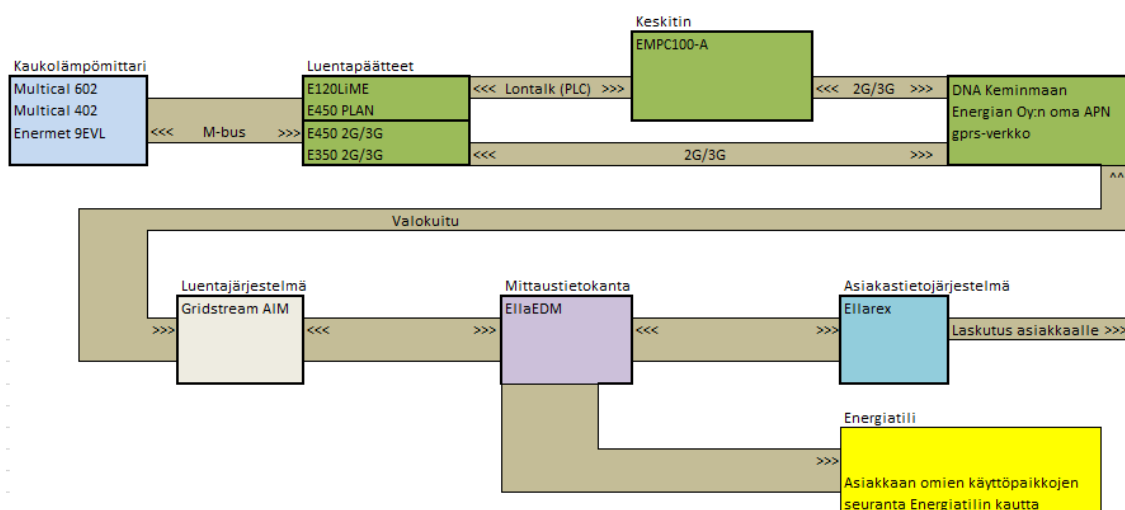
Sähkömittarilla voidaan mielenkiinnon vuoksi mitata esimerkiksi kaukolämpömittarin sähkönkulutusta. Liitäntä mittareiden välillä tapahtuu M-busin kautta pari-kaapelilla. Liitäntä on helppoa, koska mittarit voidaan sijoittaa vierekkäin.

Etäluentapääte on yllättäen halvempi, kuin kaukolämpömittareille lisättävät omat GSM-modeemit. Lisäksi vanhat laitteet käyvät jatkossa, eikä tulevaisuudessaakaan ole väliä, mitä kaukolämpömittareita käytetään, kunhan vain sähkömittarit tukevat niitä. On myös mahdollista siirtää luentatiedot asiakkaille luettavaksi energiatilin kautta.

#### 5.5 Uuden järjestelmän mahdollisuudet

Opinnäytetyöprosessin aikana käytiin tutustumassa Kemin Energian käyttämään etäluentaratkaisuun, jossa käytetään E120LiME sähkömittaria luentapäätteenä kaukolämpömittarille. Heidän kokemuksensa järjestelmästä olivat hyviä. Tämä vaikutti valinnassa etäluentapäätteen suuntaan. Jatkossa kaukolämmön ja sähkön etäluenta tulee tapahtumaan siis saman luentajärjestelmän kautta, mikä vähentää tarvittavien ohjelmistojen ja lisenssien tarvetta. Lisäksi yksi uuden järjestelmän tarjoama hyöty asiakkaille, on mahdollisuus omien kulutustietojen seurantaan Energiatili-palvelussa.

Kuviossa 6 näkyy uuden järjestelmän tiedonkulkukaavio. Tämä on mutkikkaampi prosessi kuin vanhassa järjestelmässä, mutta tarjoaa enemmän mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Aluksi kaukolämpömittareita luetaan M-bus kautta luentapääteellä, josta tieto siirtyy, joko keskittimen tai suoraan matkapuhelinverkon kautta Gridstream AIM-luentajärjestelmään. AIM:sta tieto tallentuu EllaEDM-mittaustietokantaan, josta Ellarex-asiakastietojärjestelmä hakee tiedot laskutukseen. EllaEDM-tietokannassa voidaan hakea kulutustiedot Energiatilille, josta asiakas näkee oman kulutuksensa.



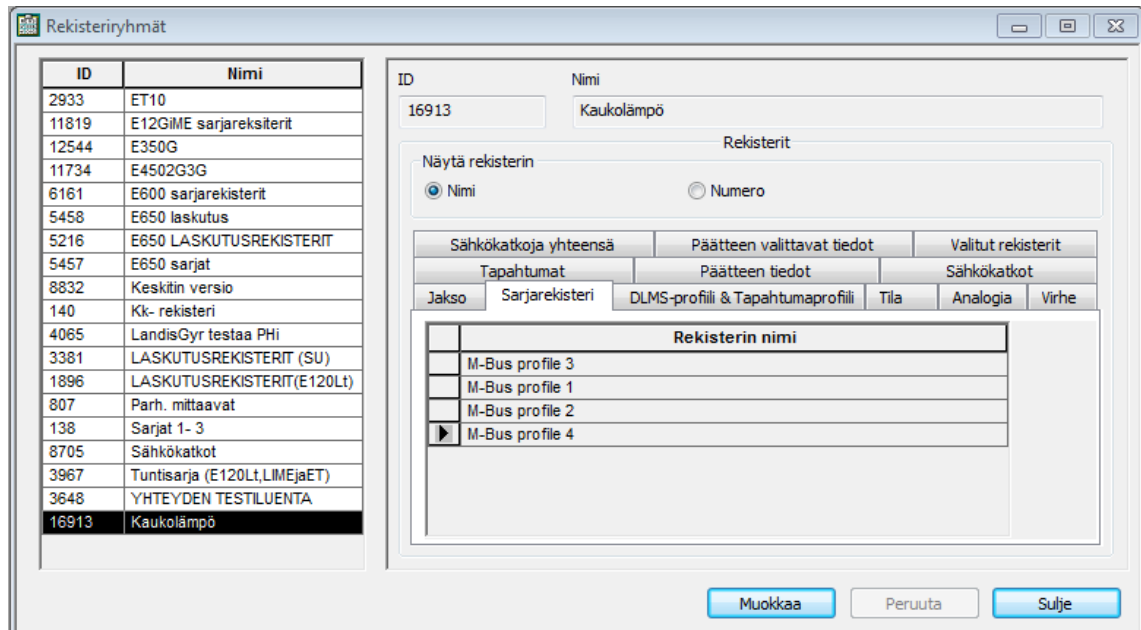
Kuvio 6. Uuden järjestelmän tiedonkulkukaavio

## 5.6 Koeasennus Keminsaanan Energia Oy:lle

Keminsaanan Energia Oy:lle tehtiin tammikuussa 2015 ensimmäinen koeasennus uudelle järjestelmälle. Koeasennuskohteen kaukolämpömittarina käytetään Enermetin 9 EVL, jota lukemaan laitettiin E120LiME luentapääte. Kaukolämpömittarin syöttö kierrätettiin luentapääteen kautta, joten jatkossa voidaan seurata myös sen sähkönkulutusta. Liitteessä 1 on kuvio ja kytkentäkuva tästä asennuksesta.

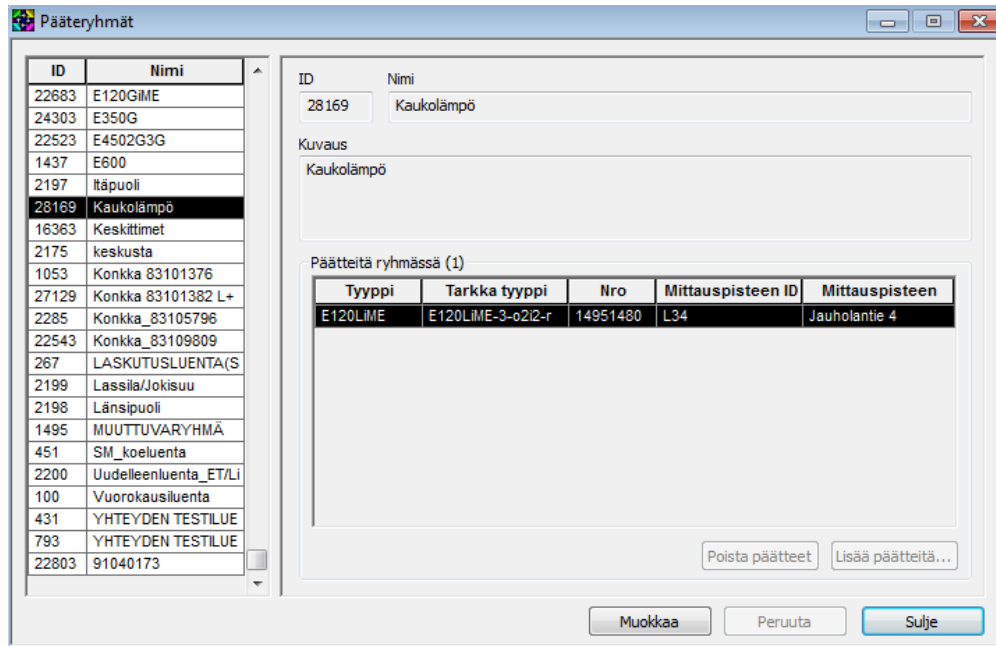
Etäluentapääteelle piti laittaa asetukset kuntoon Gridstream AIM-ohjelmassa. Aluksi tehtiin luentaryhmä, jossa määritellään, mitä tietoja mittareilta tullaan kysymään. Kuten kuviossa 7Kuvio 7 ilmenee, niin mittareilta halutaan sarjarekiste-

ristä M-Bus profile 1-4. Tästä saadaan tietoon kuviossa 10 näkyvä kulutettu energia, kokonaisvesimäärä, menopuolen lämpötila ja paluupuolen lämpötila.



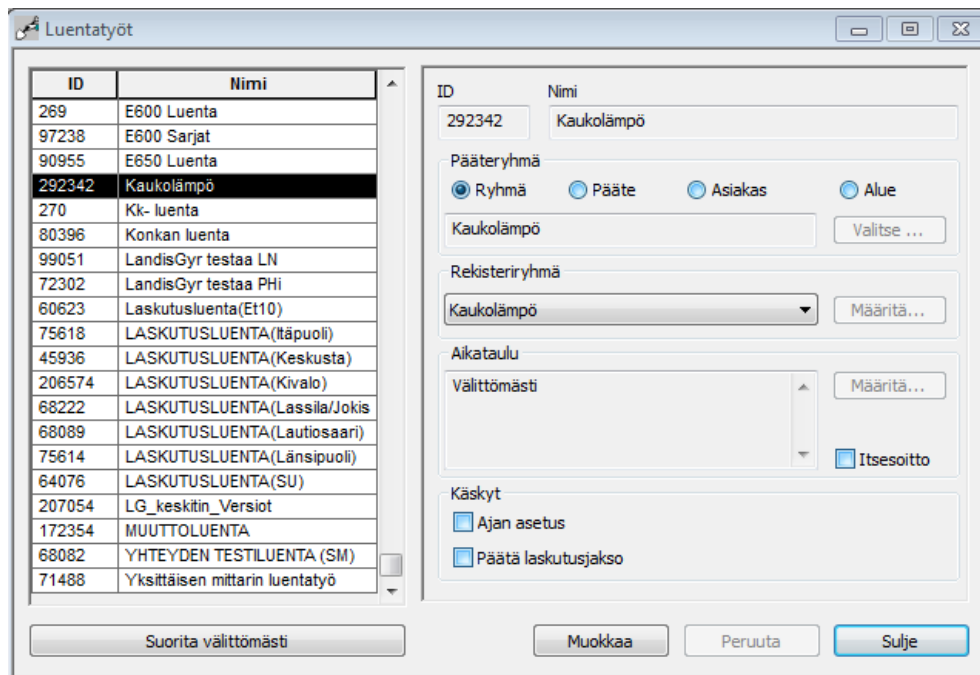
Kuvio 7. Rekisteriryhmän luominen

Rekisteriryhmän jälkeen luodaan pääteryhmä, jonka alaisuuteen jatkossa jokainen luentapäätte lisätään. Kytkeytyt mittarit etsitään ohjelmasta sarjanumeron perusteella ja perustiedot ovat tällöin valmiina laitteiston osalta. Kuten kuviosta 8 ilmenee, päätteelle lisätään tunniste ja osoite mittauspisteelle.



Kuvio 8. Pääteryhmän tiedot

Lopuksi luodaan luentatyö, kuten kuviossa 9 on tehty. Tässä vaiheessa lisätään pääte- ja rekisteriryhmäksi aikaisemmin tehdyt ryhmät. Tässä vaiheessa myös määritellään luennan aikataulu, joka voi olla mitä vain tunnin ja vuoden väliltä.



Kuvio 9. Työn luominen



Päätettä voidaan myös lukea suoralla luennalla, jolloin ei tarvitse odottaa aika-  
taulua tulosten saamisessa. Kuten kuviosta 10 ilmenee, suoralla luennalla on  
kaukolämpömittarilta saatu tietoina energiankulutus, vesimäärä, menopuolen  
lämpötila ja paluupuolen lämpötila. Liitteessä 2 olevissa kuvissa a, b, c, d ja e  
on esitetty enemmän saatuja tuloksia Keminmaan Energia Oy:n toimipaikan  
lämpöenergian kulutuksesta. Tällä hetkellä diagrammeissa ei valitettavasti näy  
mittausajankohdan ulkolämpötiloja, mikä tuntui olevan myös Kemin Energia  
Oy:n toivelistalla.

Suoran luennan tulokset

Jakso Sarjarekisteri Tila Tapahtumat Sähkökatkot Sähkökatkoja yhteensä Pääteen tiedot

| Jakso |            |                    |                 |                    |               |              |
|-------|------------|--------------------|-----------------|--------------------|---------------|--------------|
|       | Nimi       | Taustarek. tas     | Tehohuipun aika | LJ päätetty        | Rek. arvo     | Mittayksikkö |
|       | 11 M-Bus 1 | Viimeisin päätetty |                 | 21.1.2015 13:00:00 | 2773176,00000 | kWh          |
|       | 12 M-Bus 2 | Viimeisin päätetty |                 | 21.1.2015 13:00:00 | 63768,60000   | m3           |
|       | 13 M-Bus 3 | Viimeisin päätetty |                 | 21.1.2015 13:00:00 | 99,80000      | °C           |
|       | 14 M-Bus 4 | Viimeisin päätetty |                 | 21.1.2015 13:00:00 | 49,50000      | °C           |

Valitse kaikki jaksoiden arvot

Sulje Tallenna valitut arvot tietokantaan

Kuvio 10. Luentatiedot

## 6 JAKOKAAPPIEN KARTOITTAMINEN

Tähän opinnäytetyön osaan kuului kaukolämmön signaalikaapeloinnin jakokaappien kartoittaminen. Työn alkuvaiheessa jakokaappien tarkoista sijainneista tai lukumäärästä ei ollut tietoa. Onneksi vanhemmat asentajat osasivat antaa hyviä vinkkejä kaappien löytämiseksi. Työn alkuvaiheessa piti kuvion 2 kartan avulla paikantaa jakokaappien sijainnit kaukolämpöverkon alueella. Kun suurin osa kaapeista oli löytynyt, ne merkattiin KL+numero yhdistelmällä, paikannettiin Trimble CU-laitteella ja valokuvattiin kattavasti.

Kaapeista paikannettiin jo 35 kappaletta käymällä ajaen läpi kaukolämpöverkon aluetta. Neljä kaappia löytyi siten, että kahden verkossa ns. vierekkäisten kaappien osoitetiedot eivät sopineet toisiinsa, ja näin niiden väliltä osattiin etsiä lisää kaappeja. Loput kahdeksan kaappia löytyivät asentajien muistellessa erikoisia asennuspaikkoja, joita olivat muun muassa puistomuuntamoiden pj-tilassa tai kirjaston kellarissa, kuten liitteen 4 kuviot b, c ja e osoittavat.

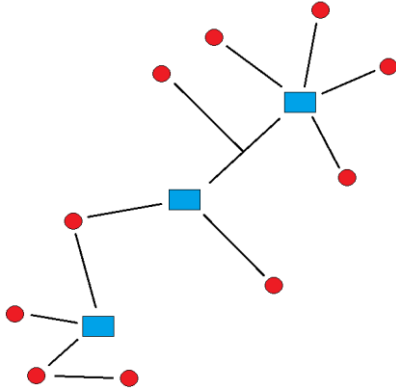
### 6.1 M-bus verkko

Keminmaan Energia Oy:n asiakkaiden kaukolämpöliittymät luetaan tällä hetkellä M-bus-verkon kautta. Tämä verkko on pääsääntöisesti toteutettu siten, että signaalikaapelointi on laskettu kaukolämpöputkien kanssa samaan kaivantoon, joten se on saatavilla siellä, missä putkistokin kulkee. Sopivin välimatkoin kaapelointi on tuotu jakokaappeihin, joista kaapelointi jatkaa joko seuraavalle kaapille tai jaetaan asiakkaiden tekniseen tilaan.

Koska M-bus-verkossa on maksimietäisyys, mihin signaali riittää tarvittavan voimakkaana, niin joihinkin kaappeihin on jouduttu laittamaan liitteen 3 kuvissa esitettyjä signaalintoistimia. Nämä toistimet varmistavat sen, että signaali on jokaisen asiakkaan kaukolämpömittarilla riittävän voimakas.

Kaapelointi on kytketty laajennetun tähti- ja väyläverkon sekoituksella, jota kuvio 11 muistuttaa melko hyvin. Verkossa on jakokaappeja, joista jaetaan kaapelointi

usealle kaapille ja joista edelleen jaetaan kaapelointi asiakkaille. Toisinaan verkossa on myös ketjutettu useita liittymiä tai otettu kahden kaapin välillä olevasta kaapelista suoraan asiakkaalle liittymä. Näin saadaan kaivauskustannukset pienemmiksi. Tällä tavalla verkon rakenteesta muodostuu hyvin sekava ja verkon käyttö myöhemmin jollain muulla tekniikalla ei onnistu ilman suurempia muutoksia.



Kuvio 11. Verkon topologia

## 6.2 Kartoitukseen käytetyt laitteet ja ohjelmat

Kartoituksen digitointia varten käytettiin Trimblen valmistamia satelliittipaikantimia ja Trimblen tekemiä business center ja NIS-ohjelmistoja.

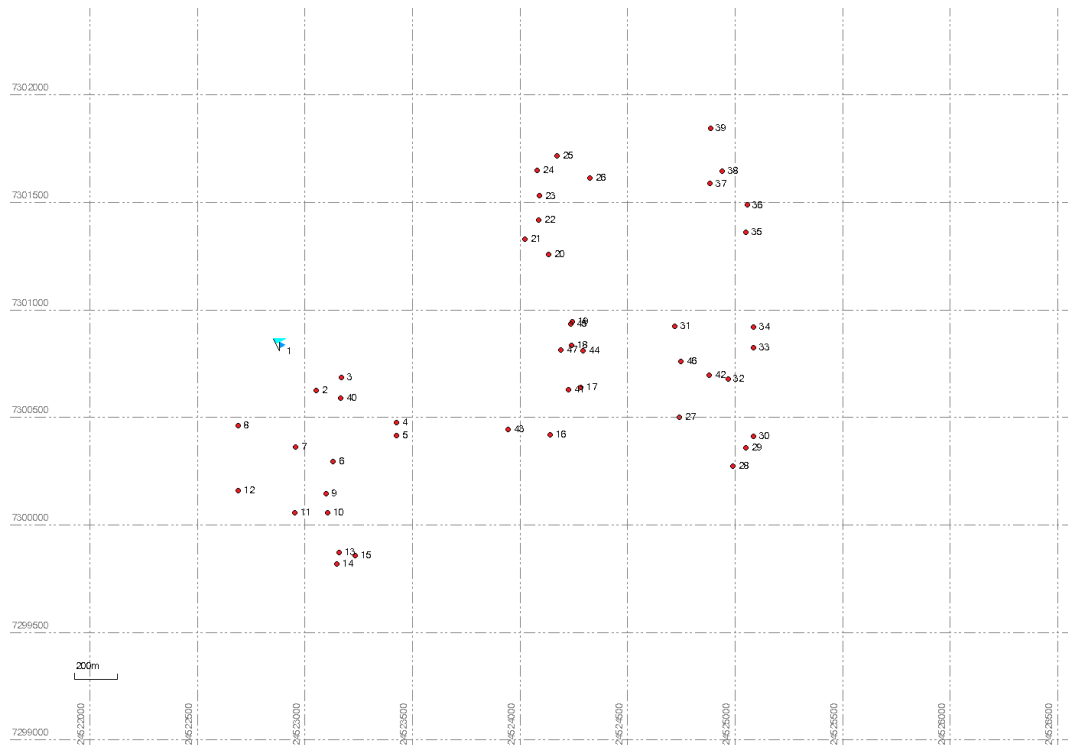
### 6.2.1 Trimble CU + Trimble R8 GNSS

Kartoitettavien jakokaappien tarkat sijainnit otettiin ylös Trimble CU-maastotietokoneella, joka oli yhteydessä Trimble R8 GNSS satelliittivastaanottimeen. Tällaisena yhdistelmänä tarkkuudeksi saadaan tasolla jopa 25cm ja korkeudessa 50cm. Laite on todella helppo sekä nopea käyttää ja sen hyöty on suuri kartoittamisessa.

### 6.2.2 Trimble business center

Trimble Business Center on automatisoitu työpöytä-ohjelmisto GNSS-tietojen käsittelyyn ja hallintaan. Trimble CU yhdistettiin tietokoneeseen ja sieltä saatiin näytölle kuvion 12 kaltainen näkymä, jossa näkyy jokainen kaappi omana pis-

teenään. Jakokaappien pisteet tallennettiin dwg-muotoon, jota useimmat CAD-ohjelmat ymmärtävät. Tämä aikaansaatu tiedosto lähetettiin Planora Oy:lle, joka ylläpitää Keminmaan Energia Oy:n kaukolämpökartastoa.

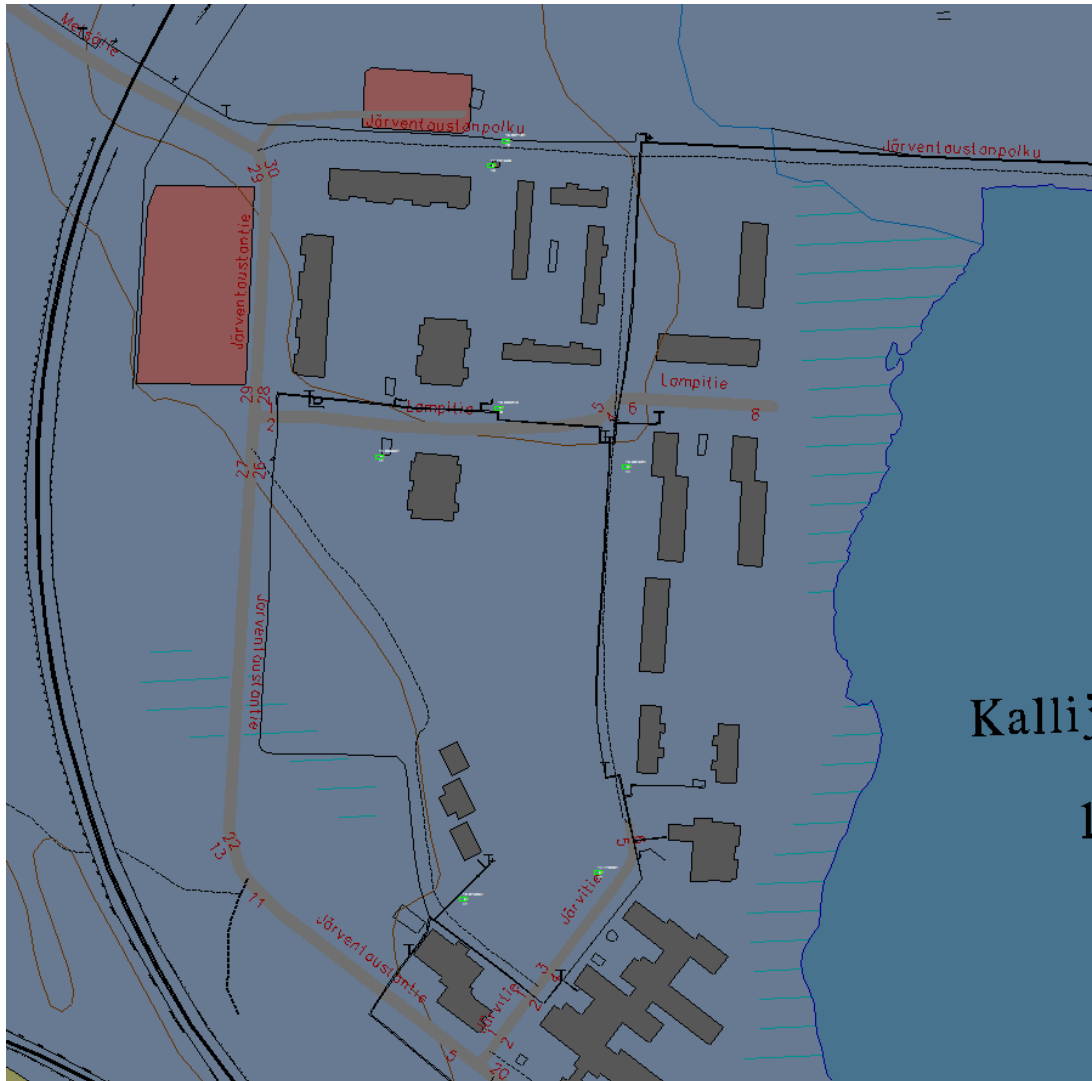


Kuvio 12. Trimblen karttanäkymä

### 6.2.3 Trimble NIS

Trimble NIS on verkkotietojärjestelmä, jolla mallinnetaan sekä hallitaan sähköverkkoihin ja sähkönjakelutoimintaan liittyvät tärkeimmät tiedot. Käsiteltävät verkot saadaan helposti laitettua karttapohjan päälle, jolloin nähdään hyvin kaapeleiden kulkureitit kartalla. Kun rakentamisvaiheessa paikannetaan kaapelit ja muut komponentit Trimble satelliittipaikannusjärjestelmällä, niin nämä saa kohdistettua juuri oikeaan kohtaan kartalle.

Kaappien sijainneista tehty dwg-tiedosto siirrettiin myös Trimble NIS-järjestelmään, jolloin se kohdistui kartalla oikeaan paikkaan. Kuviossa 13 näkyvät vihreät neliöt ovat jakokaappien sijainteja ja mustat viivat kuvaavat signaali-kaapeloinnin ja kaukolämpöverkon sijaintia maastossa.



Kuvio 13. Teklan karttanäkymä Kallijärven ympäristössä

Trimble NIS:iin laitettiin jokaisen kaapin tietoihin kaapin osoite, valmistaja, omistaja (Kuvio 14). Kaappien tietoihin lisättiin linkit jokaisen kaapin omaan kuvakansioon, kuten kuviossa 15 näkyy. Kaapeille voitiin myös lisätä kuvion 16 kaltaisia huomautuksia, jos niissä olin jotain erikoista, kuten sijainti muuntamossa tai sen, että kaapit sisälsivät signaalinvahvistimen.

Pienjännitekeskus, KL7, 153 - PJ-jakokaappi verkossa

Yleistiedot | Sijainti | Vapaat attribuutit -lista | Liitteet + | Huomautus | Mittauserä

Tunnus: KL7      Vaihe: Ei määritetty

Käyttöönottopäiväys:      Alue: Ei määritetty

Laskennallinen käyttöönottovuosi: 0      Omistaja: KME

Osoite: Yrittäjätie 15

Valmistusvuosi: 0      Valmistaja: ABB

Kiskon mitoitusvirta (A): 0      Valmistajan tyyppi: Ei määritetty

Kiskon leveys (mm): 0.000      Rakenne: Ei määritetty

Kiskoa vapaana (mm): 0.000      Suojaustaso: Ei määritetty

Kytkimien maksimimäärä: 0      Käyttötila: Käytössä

OK    Hyväksy    Peruuta    Ohje

Kuvio 14. Kaapin tiedot

Pienjännitekeskus, KL7, 153 - PJ-jakokaappi verkossa

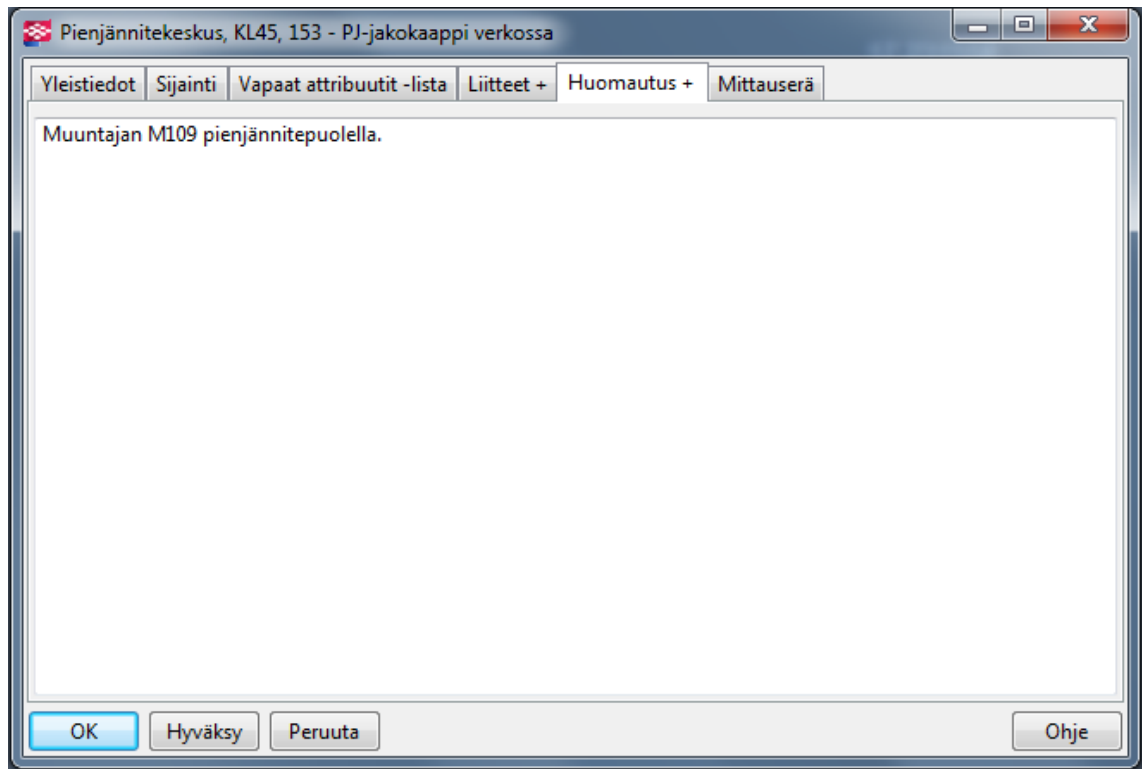
Yleistiedot | Sijainti | Vapaat attribuutit -lista | Liitteet + | Huomautus | Mittauserä

| Nimi | Muokattu      | Liittäjä      | Tyyppi    | Luottamuk...    | Liitetty   |
|------|---------------|---------------|-----------|-----------------|------------|
| KL7  | 08.01.2015... | Harjoittelija | JPEG-kuva | Vain sis'isi... | Kohteeseen |

Liitä...    Avaa    Koosta...    Tulosta    Uusi...    Muuta...    Poista

OK    Hyväksy    Peruuta    Ohje

Kuvio 15. Kaapin liitteet



Kuvio 16. Kaapin huomautukset

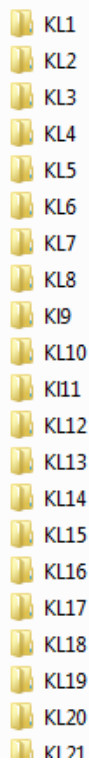
#### 6.2.4 Dokumentointi

Työstä luovutettiin toimeksiantajalle kolme dokumenttia. Ensimmäinen on CAD-kuva kaappien sijainneista. Toinen on excel-tiedosto, jossa on listattuna jokaisen kaapin puutteet ja viat. Kolmas tiedosto on lista, jossa on listattuna jokainen kaappi, sekä kaapeloinnit, kuten taulukosta 4 ilmenee. Lisäksi tehtiin Keminmaan Energia Oy:n verkkoasemalle kansio (Kuvio 17) jokaiselle kaapille erikseen. Näin jokaiselle kaapille on oma kansio, johon pystyy liittämään kuvat ja mahdolliset piirustukset tästä kohteesta. Tätä kansio puuta käytettiin hyväksi Tekla NIS ohjelmiston kanssa, kun linkitettiin kaappien tiedot kansioihin.

Taulukko 4. Kaappi KL21

| KL21 | KL21          | Osoite      | Käyttöpaikkatunnus |
|------|---------------|-------------|--------------------|
| KL21 | Metsätie MJK  | KL20        |                    |
| KL21 | Pohjoinen MJK | KL22        |                    |
| KL21 | Mäntytie 8    | Mäntytie 8  | L148               |
| KL21 | Mäntytie 11   | Mäntytie 11 | L144               |
| KL21 | Mäntytie 15   | Mäntytie 15 | L143               |
| KL21 | Mäntytie 7    | Mäntytie 7  | L139               |
| KL21 | Mäntytie 17   | Mäntytie 17 | L141               |
| KL21 | Mäntytie 5    | Mäntytie 5  | L145               |
| KL21 | Mäntytie 6    | Mäntytie 6  | L138               |
| KL21 | Mäntytie 12   | Mäntytie 12 | L147               |

Ensimmäisessä sarakkeessa näkyy kaapin numero. Toisessa sarakkeessa näkyy se, miten kaapelit on merkattu kaapilla ja kolmannessa sarakkeessa selviää, mihin kaapeli todella menee. Neljäs sarake kertoo tämän kaapelin käyttöpaikkatunnuksen, joten tulevaisuudessa mahdollisia vikoja on helpompi korjata, koska mittarit, osoitteet ja kaapelit voidaan liittää toisiinsa taulukon avulla.



Kuvio 17. Kaukolämpökaappien kansiopuu



## 7 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli päivittää vanha kaukolämmön etäluentajärjestelmä vastaamaan uuden asiakastietojärjestelmän tulevia vaatimuksia. Työn tuloksena löydettiin sopiva järjestelmä, josta saadaan tarvittavat tiedot, samalla kun kustannukset saadaan pidettyä kohtuullisina. Lisäksi saadaan käyttöön uusia ominaisuuksia ja etäluentajärjestelmät voidaan karsia yhteen ainoaan järjestelmään. Uusi järjestelmä herätti Keminmaan Energia Oy:n henkilökunnassa innostusta ja kiinnostuneisuutta.

Etäluentajärjestelmälle tehtiin yksi koeasennus, jolla nähtiin, että se toimii oikein. Samalla saatiin valmisteltua oikeita asetuksia Smart Grid AIM, EIIaEDM ja Ellarex ohjelmiin uutta järjestelmää varten. Kartoitustyössä löydettiin kaikki jakokaapit ja niiden tiedot sekä mahdolliset puutteet digitoitiin tulevaisuutta varten.

Keminmaan Energia Oy:lle sai opinnäytetyöstä tiedon vanhan järjestelmän mahdollisuuksista ja lisäksi hyvät alkutiedot uuteen etäluentajärjestelmään siirtymisestä. Vaikka vanhaa parikaapeliverkkoa ei enää tulla käyttämään, kun siirytään uuteen etäluentajärjestelmään, niin kartoitustiedot tulevat helpottamaan, kun verkkoa aletaan mahdollisesti purkamaan tai sille keksitään muuta käyttöä.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoinen ja sopivan haastava projekti. Työtä pystyi tekemään itsenäisesti, mutta tarvittaessa ongelmiin sai apua muilta työntekijöiltä. Työssä pääsi perehtymään eri etäluentajärjestelmien tekniikoihin ja kyselemään valmistajilta mahdollisista ongelmakohtista. Suurin hyöty työstä itselle oli uusien ohjelmistojen ja laitteiden käytön opettelu, sillä näiden hallinta on aina hyödyksi tulevaisuuden työtehtäviä silmälläpitäen.

## LÄHTEET:

Kamstrup A/S 2015. MULTICAL® 602 - Data Sheet – Suomi.

Sisäinen dokumentti.

Karkulainen, T. 2005. Sähkömittareiden kaukoluennan kannattavuus ja käyttöönotto sähköverkkoyhtiössä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Diplomityö.

Kekäläinen, V. 2015. Kemin Energia Oy tutustumiskäynti. 19.01.2015

Keminmaan Energia Oy 2015. Vuosikertomus 2013

[http://www.keminmaanenergia.fi/sisalto/24/Keminmaanenergia\\_Vuosikertomus\\_2013.pdf](http://www.keminmaanenergia.fi/sisalto/24/Keminmaanenergia_Vuosikertomus_2013.pdf)

Lintunen, S. 2015. E120LiME ja kaukolämpö. Email sami.alm@lapinamk.fi 11.4.2014. Tulostettu 22.1.2015.

M-bus.com 2015. The M-bus: An Overview. Viitattu 15.1.2015

<http://www.m-bus.com/info/mbuse.php>

Saint-Gobain Pipe Systems 2009. M-bus mittarinluentajärjestelmä suunniteluohjeet 2009. Viitattu 15.1.2015

<http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=24>

Savolainen, P., Koponen, P., Nojonen, S., Sarsama, J. & Toivonen, J.

2013. AMM Tietoturvaselvitys. Oulu: VTT. Tutkimusraportti.

Texas Instruments 2015. Wireless M-bus protocol software. Viitattu 19.1.2015

<http://www.ti.com/tool/wmbus>

ZigBee 2015. What is zigbee. Viitattu 15.1.2015

<http://zigbee.org/what-is-zigbee/>

## LIITTEET

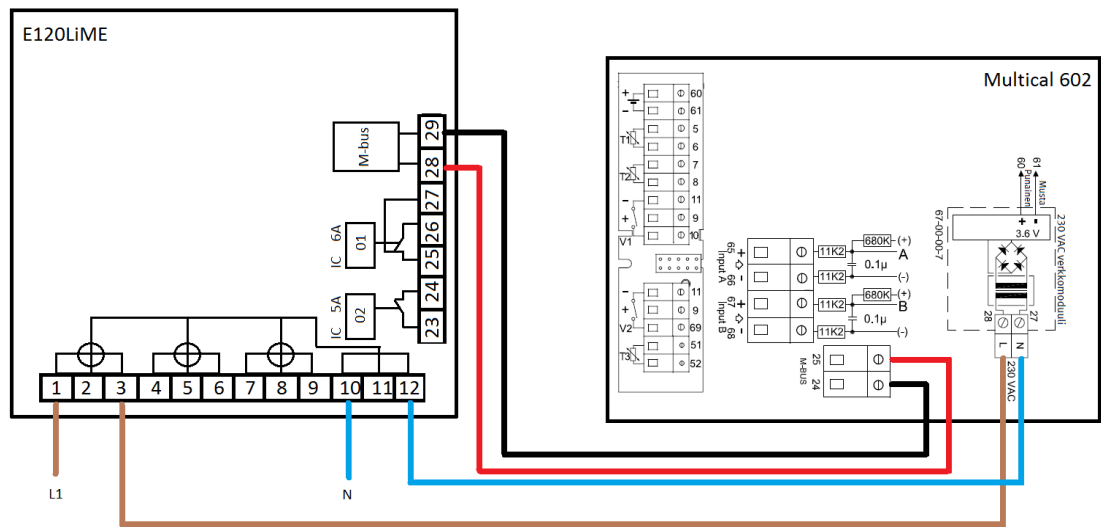
- Liite 1. Koeasennus Keminmaan Energialle.
- Liite 2. Gridstream AIM:n mittaustuloksia
- Liite 3. M-bus verkon vahvistimia
- Liite 4. Jakokaappeja

## Liite 1 Koeasennus Keminmaan Energialle 1(2)



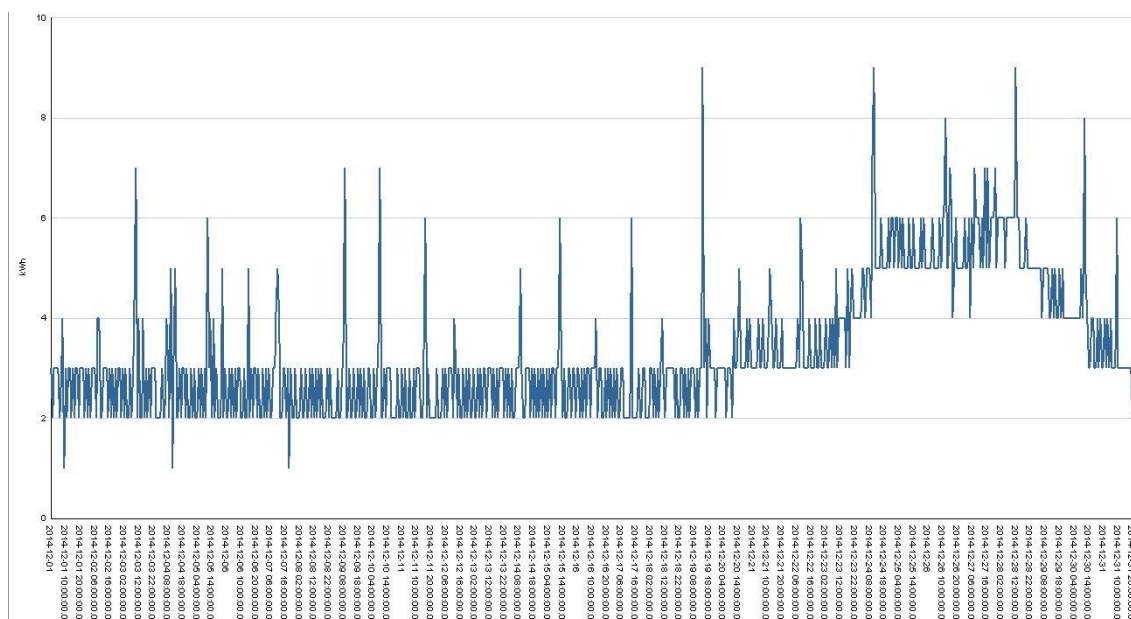
Kuvio a. Testisennus etäluentapäätteelle

## Liite 1 Koeasennus Keminmaan Energialle 2(2)



Kuvio b. Etäluentapäätteen kytkentäkuva

## Liite 2 Gridstream AIM:n mittaustuloksia 1(3)

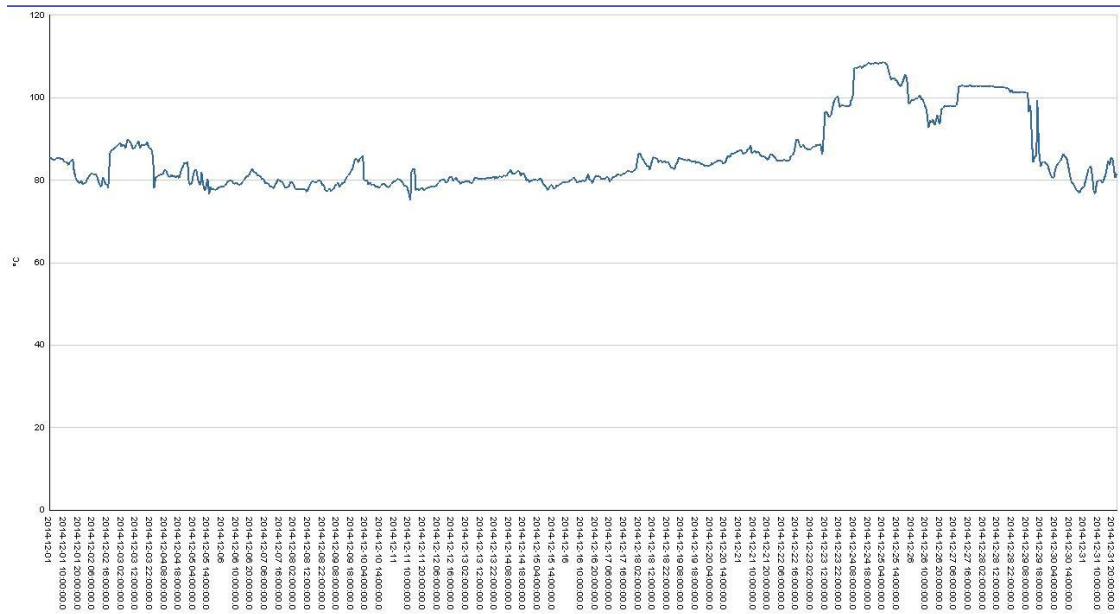


Kuvio a. Energiankulutuksen viivadiagrammi (Kekäläinen 2015)

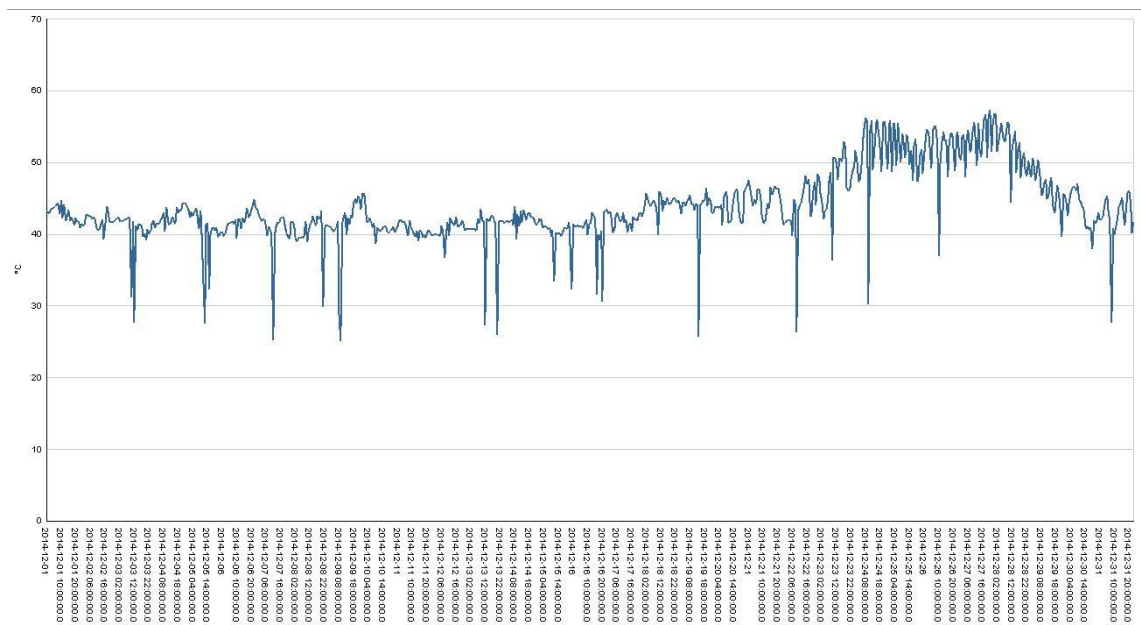
| Jakson alkamisaika | Arvo | Kertyvä arvo |
|--------------------|------|--------------|
| 21.01.2015 08:00   |      | 2772965      |
| 21.01.2015 09:00   | 56   | 2773021      |
| 21.01.2015 10:00   | 56   | 2773077      |
| 21.01.2015 15:00   | 52   | 2773325      |
| 22.01.2015 09:00   | 52   | 2774085      |
| 21.01.2015 12:00   | 51   | 2773176      |
| 22.01.2015 10:00   | 51   | 2774136      |
| 22.01.2015 08:00   | 51   | 2774033      |
| 21.01.2015 14:00   | 51   | 2773273      |
| 21.01.2015 11:00   | 48   | 2773125      |
| 22.01.2015 07:00   | 48   | 2773982      |
| 22.01.2015 12:00   | 47   | 2774228      |
| 22.01.2015 06:00   | 46   | 2773934      |
| 21.01.2015 13:00   | 46   | 2773222      |
| 21.01.2015 17:00   | 46   | 2773414      |
| 21.01.2015 19:00   | 45   | 2773504      |
| 21.01.2015 18:00   | 45   | 2773459      |
| 22.01.2015 11:00   | 45   | 2774181      |
| 22.01.2015 03:00   | 43   | 2773810      |
| 21.01.2015 16:00   | 43   | 2773368      |
| 22.01.2015 05:00   | 43   | 2773888      |
| 21.01.2015 21:00   | 39   | 2773582      |
| 21.01.2015 20:00   | 39   | 2773543      |
| 22.01.2015 02:00   | 38   | 2773767      |
| 21.01.2015 23:00   | 38   | 2773656      |
| 22.01.2015 00:00   | 37   | 2773693      |
| 22.01.2015 01:00   | 36   | 2773729      |
| 21.01.2015 22:00   | 36   | 2773618      |
| 22.01.2015 04:00   | 35   | 2773845      |

Kuvio b. Tuntikohtaiset energiankulutukset suurimmasta pienimpään

## Liite 2 Gridstream AIM:n mittaustuloksia 2(3)



Kuvio c. Menoveden lämpötila viivadiagrammissa. (Kekäläinen 2015)

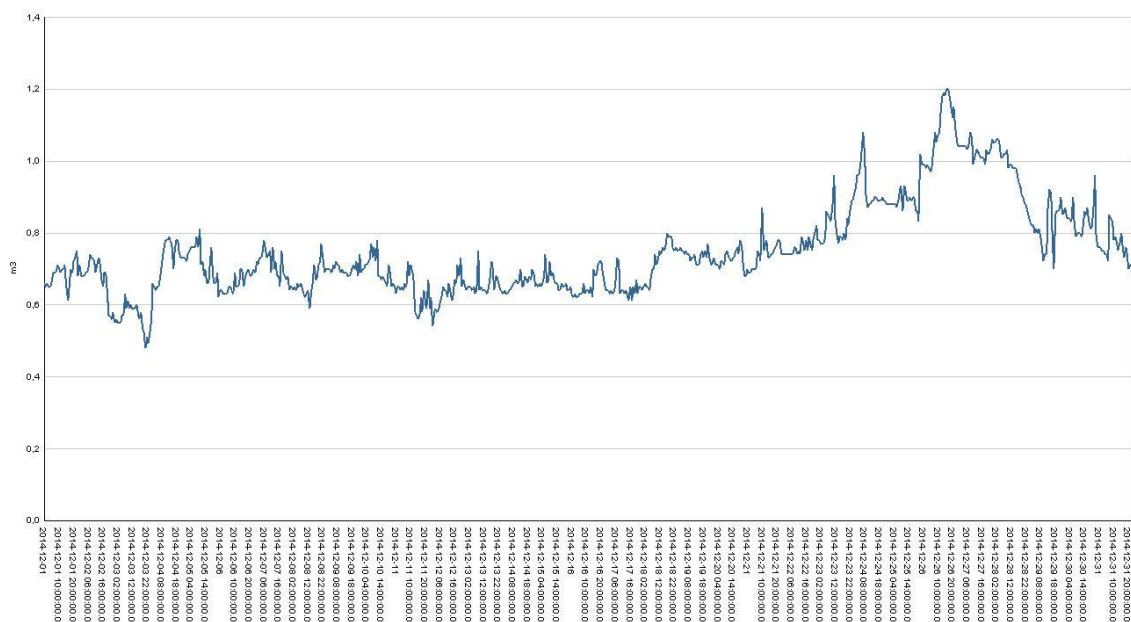


Kuvio d. Paluveden lämpötila viivadiagrammissa. (Kekäläinen 2015)

## Liite 2 Gridstream AIM:n mittauksia 3(3)

| Jakson alkamisaika / | Arvo | Kertyvä arvo |
|----------------------|------|--------------|
| 21.01.2015 08:00     | 47,5 |              |
| 21.01.2015 09:00     | 47   |              |
| 21.01.2015 10:00     | 49,9 |              |
| 21.01.2015 11:00     | 47,5 |              |
| 21.01.2015 12:00     | 49,5 |              |
| 21.01.2015 13:00     | 45,8 |              |
| 21.01.2015 14:00     | 49   |              |
| 21.01.2015 15:00     | 48,4 |              |
| 21.01.2015 16:00     | 45,5 |              |
| 21.01.2015 17:00     | 48,1 |              |
| 21.01.2015 18:00     | 46   |              |
| 21.01.2015 19:00     | 46,7 |              |
| 21.01.2015 20:00     | 44,6 |              |
| 21.01.2015 21:00     | 45,9 |              |
| 21.01.2015 22:00     | 46,2 |              |
| 21.01.2015 23:00     | 46,2 |              |
| 22.01.2015 00:00     | 46,2 |              |
| 22.01.2015 01:00     | 45,1 |              |
| 22.01.2015 02:00     | 45   |              |
| 22.01.2015 03:00     | 46,7 |              |
| 22.01.2015 04:00     | 44,8 |              |
| 22.01.2015 05:00     | 44,9 |              |
| 22.01.2015 06:00     | 46,2 |              |
| 22.01.2015 07:00     | 44,3 |              |
| 22.01.2015 08:00     | 46,6 |              |
| 22.01.2015 09:00     | 44,5 |              |
| 22.01.2015 10:00     | 47,2 |              |
| 22.01.2015 11:00     | 45,6 |              |
| 22.01.2015 12:00     | 47,4 |              |

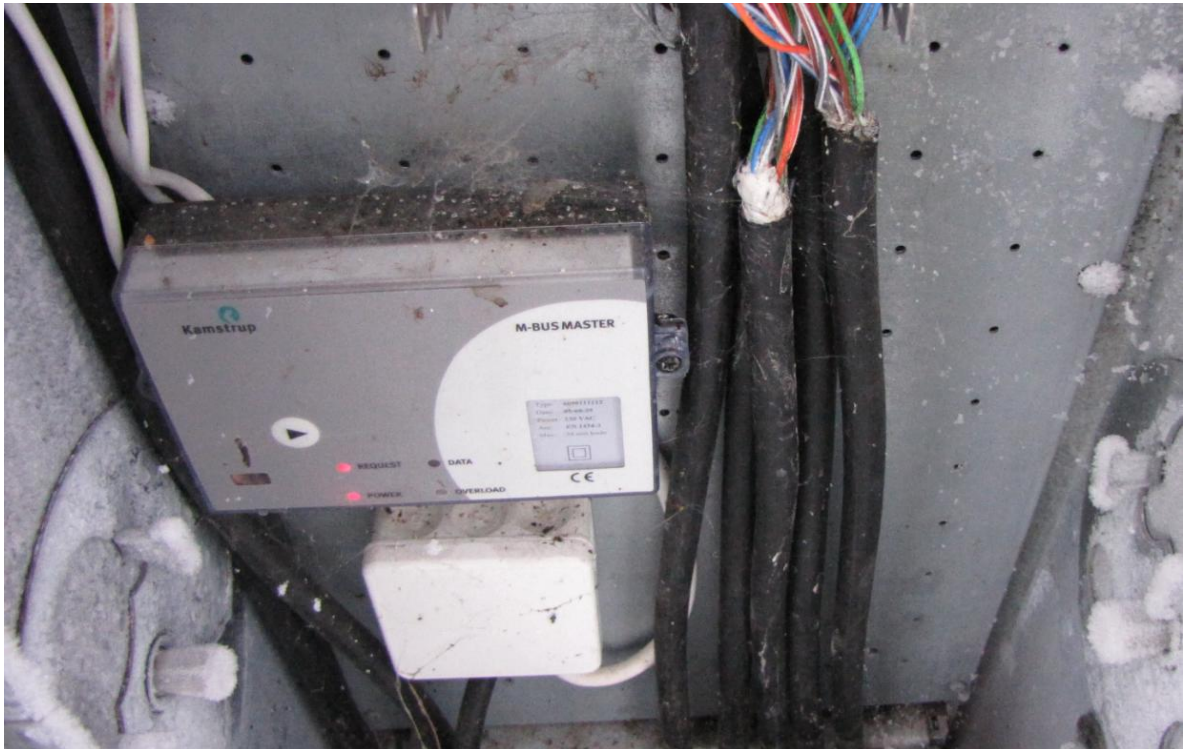
Kuvio e. Paluveden lämpötila aikajärjestyksessä



Kuvio f. Vesivirta viidadiagrammissa. (Kekäläinen 2015)



## Liite 3 M-bus verkon vahvistimia 1(2)



Kuvio a. Vahvistin jakokaapissa



Kuvio b. Vahvistin jakokaapissa

## Liite 3 M-bus verkon vahvistimia 2(2)



Kuvio c. Vahvistin kirjaston kellarissa



Kuvio a. Yleisin jakokaappimalli



Kuvio b. Jakopaikka kirjaston kellarissa



Kuvio c. Jakopaikka muuntamolla



Kuvio d. Uudemmanmallinen jakokaappi



Kuvio e. Jakopaikka muuntamossa sijaitsevassa rasiassa