



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Antti Repo

Mittarointijärjestelmän suunnittelu- ja toteutusvaatimusten kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

26.11.2019

Tekijä Otsikko	Antti Repo Mittarointijärjestelmän suunnittelu- ja toteutusvaatimusten kehittäminen
Sivumäärä Aika	27 sivua + 3 liitettä 26.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	Osastonjohtaja Jukka Karhu Lehtori Kai Virta
<p>Insinööriyön aiheena oli mittarointijärjestelmän suunnittelu- ja toteutusvaatimusten kehittäminen. Työn tavoitteena oli tutkia Granlund Oy:n ja markkinoiden asettamia suunnittelu- ja toteutusvaatimuksia mittarointijärjestelmille ja löytää tutkimuksen perusteella mahdollisia kehityskohteita tulevaisuuden projektien tehokkaampaan suunnitteluun ja toteutukseen.</p> <p>Työn alussa kuvattiin Granlundin mittarointipalveluita ja niihin kohdistuvia haasteita, jonka jälkeen esitettiin muutamia mahdollisia mittarointijärjestelmän laitevalintoja sekä mittarointiin liittyviä lainsäädännön muutoksia. Tutkimuksen loppupuolella kuvattiin esimerkki mittarointijärjestelmän kokonaisvaltaisesta prosessista. Viimeisenä yhteenvedossa on esitettyä tutkimuksessa havaitut kehitysehdotukset.</p> <p>Työ toteutettiin haastatteleamalla Granlundin mittaroinnin asiantuntijoita sekä tutkimalla jo kirjoitettua julkaistua tietoa.</p> <p>Insinööriyön perusteella havaittiin mahdollisia kohteita, joihin kohdistaa mittarointijärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen kehittäminen. Kohteita olivat asiakkaan tarpeiden havaitseminen, jotta vaadittu mittarointitaso on suunnittelijoilla tiedossa. Tiedon eheyden varmistaminen, jota järjestelmään syötetään. Järjestämällä eri työvaiheissa työskentelevien asiantuntijoiden tiedot paremmin toisiensa tietoon.</p> <p>Työn tuloksien avulla, pystymme Granlund Oy:llä kehittämään mittarointijärjestelmien suunnittelua ja sen avulla myös toteutusta.</p>	
Avainsanat	mittarointi, mittarointijärjestelmä, etäluenta

Author Title	Antti Repo Improving Metering System Planning and Execution
Number of Pages Date	28 pages + 3 appendices 11 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Jukka Karhu, Department Director Kai Virta, Senior Lecturer
<p>Subject for the final year project concerns improving metering system planning and execution. Aim for the project was to study demands for metering system planning and execution set by Granlund Ltd and by the market and find possibilities to improve these in the projects in the future.</p> <p>The start of the study presents the metering services of Granlund and challenges they face, after which possibilities for device choices and changes in the demands for the metering systems set by law are presented.</p> <p>In the second half of the study, an example for the process of planning and executing metering system is given. Lastly, the summary presents the found development areas.</p> <p>Study was made by interviewing experts of the metering systems of Granlund and by studying already existing public information on the subject.</p> <p>It was found, that in the future projects, focus for improving the metering system planning and execution should be supported for realizing the true need of the end customer. This would make the wanted metering level known for the designers of the system, confirming the integrity of the information coming to the system. The process could also be organized so, that the experts planning the different phases share each other's information.</p> <p>Results of the study help us at Granlund to improve planning of the metering system's and which leads for better execution and usage of the metering systems.</p>	
Keywords	metering, metering system, automatic meter reading

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mittarointipalvelut ja niihin kohdistuvat haasteet	2
2.1	Granlund Oy kulutusmittarointipalvelut	2
2.2	Kulutusmittaroinnin palveluissa havaitut haasteet	3
2.3	Suunnittelijoiden havaitsemat haasteet	4
2.4	Rakennusvaiheen haasteet	5
2.5	Mittausvaatimuksien muutokset	5
3	Mittarointijärjestelmän fyysiset komponentit	7
3.1	Mittarointijärjestelmä	7
3.2	Keskittimet	7
3.3	Yksittäiset mittauslaitteet	8
3.3.1	Mittauslainedirektiivi (MID) 2014/32/EU	8
3.3.2	Etäluettavien mittareiden luotettavuus	8
3.3.3	Etäluettavien mittarien luentatavat	11
3.3.4	Mittarien elinkaaret	12
3.4	Ultraääni vai mekaaninen mittalaite	13
3.5	Mahdollisia ratkaisuja tiedonsiirtoon mittarointijärjestelmissä	15
4	Esimerkki mittarointityön mahdollisesta prosessista	19
4.1	Mittarointitason tunnistaminen	19
4.2	Työvaiheet	19
5	Yhteenveto	22
	Lähteet	24
	Liitteet	
	Liite 1. Kamstrupin ohje READY-sovelluksen käytöstä	
	Liite 2. Kamstrupin kuvaaja väyläratkaisujen vahvuuksista	

Liite 3. Esimerkki mittarointitasoista

Lyhenteet

AMR	Automatic meter reading. Automaattinen mittarinluenta, mittauslaitteiden etäluentaan kehitetty teknologia.
GM	Granlund Manager – ohjelmisto. Ohjelmisto, josta näkee kiinteistöjen kuluksen ajantasaisena tietona.
GPRS	General Packet Radio Service. GSM-verkossa toimiva tiedonsiirtopalvelu.
GSM	Global System for Mobile Communications. Täysin digitalisoitu matkapuhelinverkko.
IOT	Internet of Things. Esineiden internet. Tekniikka, jonka avulla laitteita voidaan kytkeä internet-verkkoon.
LVISA	Lämpö, vesi, ilmastointi, sähkö ja automaatio.
MID	Measuring Instruments Directive. Mittauslaite direktiivi, eli Euroopan unionin direktiivi määräyksistä mittauslaitteista.
PLC	Power Line Communication. Datasähkö, tarkoittaa tiedonsiirtoa sähköverkossa.
RAU	Rakennusautomaatio.
wM-Bus	Wireless M-Bus. Langaton M-Bus.

1 Johdanto

Kiinteistöt muodostavat noin 40 prosenttia Suomen energiankulutuksesta ja kasvihuonepäästöistä, eli mittavia ympäristön ja kulutuksen säästöjä on suorastaan tarjolla, jos saatavilla olevaan mittarointitietoon voidaan luottaa. [1; 2].

Työn tavoitteena on tutkia mittarointijärjestelmien suunnittelun ja toteutuksen nykyisiä toimintatapoja, mittarointijärjestelmien teknisiä vaihtoehtoja sekä lakien ja direktiivien asettamia vaatimuksia erilaisissa mittarointikohteissa. Löydetyn tiedon, asiantuntijoiden kokemusten perusteella sekä tuoreesta näkökulmasta selvitetään kehityskohteita ja käytännön tehostamisen mahdollisuuksia mittarointijärjestelmien tehokkaampaan suunnitteluun, toteutukseen sekä niiden hyödyntämiseen asiakkaan sekä ympäristön eduksi tulevaisuuden projekteissa.

Lopuksi optiona on tutkia mahdollisuutta tehdä tulevaisuuden projektien helpottamiseen mittarointijärjestelmien ”valintatyökalu”. Sen tarkoitus olisi tehdä mittarointijärjestelmän valinnasta helpompaa erilaisten projektien vaatimusten pohjalta.

Insinööriyön tilaajana ja päätiedonlähteenä toimii Granlund Oy, taloteknisen suunnittelun markkinajohtaja, jonka tärkein prioriteetti on kehittää rakennetun ympäristön toimivuutta, älykkyyttä ja näin ollen ihmisten hyvinvointia.

Granlund on perustettu vuonna 1960 ja se työllisti kalenterivuoden 2018 lopussa 895 henkilöä ja yrityksen liikevaihto vuonna 2018 oli 81,4 miljoonaa euroa. Granlundilla on Suomessa toimipisteet kahdellakymmenellä paikkakunnalla, jonka lisäksi liiketoimintaa harjoitetaan ulkomailla Shanghain, Dubain, Malmön ja Sheffieldin toimipisteiltä. Granlundin asiantuntija-alueet ovat aiemmin mainitun talotekniikka suunnittelun lisäksi kiinteistö-, energia- ja ympäristökonsultointi, ohjelmistot sekä korjausrakentaminen.

Granlund panostaa kehitys- ja innovaatiotoimintaan vuosittain noin 6 – 8 prosenttia koko konsernin liikevaihdosta. Tulevaisuuden innovaatioiden lisäksi Granlund panostaa ohjelmistojen ja palveluiden pitkäjänteiseen tuotekehitykseen. Esimerkiksi Granlund pyrkii edistämään kehitystään ohjaamalla vuosittain kymmeniä opinnäytetöitä. [3.]

2 Mittarointipalvelut ja niihin kohdistuvat haasteet

Mittarointipalveluiden ja niihin kohdistuvien haasteiden nykyistä tilaa lähdettiin selvittämään haastatteleamalla Granlundin mittarointipalveluiden asiakasrajapinnan ja mittarointisuunnittelun asiantuntijoita.

Asiantuntijoille esitettiin haastatteluiden aluksi samat kysymykset, jotka on esitetty seuraavaksi:

- Mitä palveluita meillä on nyt liittyen kulutusmittarointeihin?
- Mitä mahdollisia uusia palveluita olemme kehittämässä?
- Millaisia mahdollisia haasteita tai kehitystarpeita olette nykyisissä mittaustavoissa havainneet?
- Mitä teknisiä kehitystarpeita voisi olla tunnistettavissa?

2.1 Granlund Oy kulutusmittarointipalvelut

Merkittävä osa mittarointipalveluita on tiedonsiirron eheyden varmentaminen. Se tarkoittaa, että tieto, joka saadaan sisältää kaikki saadut automaattiset mittaustulokset pyydettyä aikaväliltä. Yleensä tieto saadaan joko energialaitokselta tai vaihtoehtoisesti mittarointijärjestelmän toimittajalta.

Kulutusseurannalla tarkoitetaan palvelua, jossa tarkastetaan automaattisesti ja manuaalisesti saadun kulutustietojen lukujen olevan mahdollisia sekä järkeviä. Esimerkiksi vesimittarin lukeman noustessa keskiarvoisesti käyttöaikana tunnissa muutaman kuution, olisi melko ihmeellistä, että luku tippuisi edellisestä mittauksesta tai että seuraava mittaus olisi kymmenkertainen edelliseen muutokseen.

Johdon raportointipalvelua tarjotaan aikaisemmin mainittujen palveluiden lisäksi. Saatua dataa jalostetaan helpommin luettavaksi sekä esitettäväksi mittaustiimeistöjen johtajille, kehityskohteiden sekä poikkeuksellisten kulutuskohteiden paikantamiseksi. Tähän käytetään muun muassa Power BI-työkalua sekä pohjakuorma-analyysiä. [4.]

Mittaroinnin suunnitteluun Granlundilla on seuraavanlaisia palveluita.

- mittaroinnin nykytilanteen kartoitus
- perusmuotoinen mittaroinnin suunnittelu
- suunnitteluohjeiden laatiminen
- mittarointiprosessikuvauksen laatiminen
- suunnittelijoiden ja valvojien koulutus
- valvonta ja mittaroinnin tarkastukset
- rakennuttaminen
- suunnittelun-, valvonnan-, tarkastuksien- ja rakennuttamisentukitoimet.

Sekä edellä mainittujen mittaroinnin suunnittelun osa-alojen kustannusarvioiden laatiminen [5].

Mittausalueiden tarkkuudella on erittäin suuri merkitys, jotta tiedetään, onko kyseessä kiinteistön omaa vai vuokralaisen kulutusta. Paperilla toinen rakennus voi pelkän mittarin mukaan kuluttaa enemmän, mutta se voi sisältää ison prosessin vuokralaiselta, joka selittää suuren kulutuksen.

Ennakkotietojen saatavuudella on mahdollista tehostaa energiakatselmusta huomattavasti, esimerkiksi jos ennen kohdekäyntiä tietää kohteen sisältävän lähes kolmekymmentä vuotta vanhoja ilmanvaihtokoneita, on huomion siirtäminen muihin mahdollisiin kehityskohteisiin helpompaa.

Esimerkiksi selvitetään, millaisia laitteita suositellaan käytettäväksi sekä miten niitä tulisi käyttää mittaroinnin toteutuksessa. Esimerkiksi jokaista pistorasiaa ei ole kannattavaa mittaroida erikseen. Päiväkotiin saattaa riittää kokonaisuudessaan kaksikymmentä mittaria, mutta sairaalaan ei. [4.]

2.2 Kulutusmittaroinnin palveluissa havaitut haasteet

Palveluiden tuottamisessa on todettu seuraavanlaisia haasteita sekä kehitystarpeita nykyisissä toteutustavoissa

- Data, jota saadaan alamittarointijärjestelmiltä tulee väärässä muodossa.
- Datat siirto katkeaa.

- Datan siirron estäviä palomuuureja ei saada auki silloin kun on tarkoitettu.
- Yhteyksien suojauksissa on puutteita.
- Käytössä on vanhentuneita järjestelmiä, joihin ei enää ole tarjolla tukea valmistajalta.

Laitteiston kokonaisvaltainen vaihtaminen on suuriin kokonaisuuksiin jopa pelottavan kallis kertosijoitus. Esimerkiksi väylien ja etämittarien sijoittaminen maksaa äkkiä useita tuhansia euroja. Verrattuna halpoihin yksittäisiin kameralla varustettuihin vesimittareihin, jotka ovat huomattavasti halvempia, mutta epäluotettavampia. Mittarien tekninen käyttöikä ei todellisuudessa aina riitä verrattuna käytettyyn euromäärään tai mittarijärjestelmän toimittajaorganisaatio on liian pieni suhteessa tarvittuun palveluun. Olisi myös suositettavaa käyttää erillisiä mittauskeskittimiä, eikä liittää kaikkia mittarointeja yhden RAU-järjestelmän taakse, jolloin RAU-järjestelmän vanhentuessa, hajotessa tai mahdollisesti inhimillisen virheen sattuessa häviää tiedot koko mittarointijärjestelmästä. [6; 7.]

2.3 Suunnittelijoiden havaitsemat haasteet

Suunnittelijoiden kokemia haasteita on esimerkiksi väärintyyppisten mittareiden myynti kohteisiin, joihin ne eivät sovellu käyttötarkoitukseltaan oikein. Esimerkiksi yleisenä väyläratkaisuna käytetyn M-Bus valinta kohteisiin, joissa saatetaan käyttää useita erilaisia mittareilta lukuisilta valmistajilta. Tällöin ongelmaksi tulee väylän vaatimus rajoittaa vasteaika hitaimman mittarin mukaan, eli M-Bus käyttäminen operatiivisessa käytössä lyhyillä vasteajoilla ei ole suositeltavaa. Vasteajan ollessa kymmenestä viiteentoista minuuttia, toimii M-Bus hyvin. On myös tapauksia, joissa toimittajan omat väylät ja tiedon-siirtoratkaisut ovat usein ongelmallisia, vain avointen järjestelmien ja protokollien ollessa sallittuja. [5; 8.]

Suunnittelijat ovat myös havainneet projekteja, joissa tarkastajat tai valvojat eivät vaadi mittaroinnin kannalta olennaisia dokumentteja, kuten mittaritaulukkoa, järjestelmäkaaviota mittarointiin liittyen tai mittarien pääkaavioita alakohtaisesti. Myös sijaintikuvasta olisi joissain tapauksissa hyötyä, mikäli esimerkiksi huoltomiehet eivät ole täysin selvillä mittareiden sijainneista. Ilmiön uskotaan johtuvan tiedon puutteesta [5].

2.4 Rakennusvaiheen haasteet

Toteutusvaiheessa voi aiheutua haasteita esimerkiksi tilanteessa, jossa tilaaja on saattanut kilpailuttaa urakoinnin kokonaisuutena, ja valinnut kokonaisuuden, tarkastamatta voittaneen urakoitsijan kykyä asentaa kaikkia laitteita. Esimerkiksi tässä tapauksessa pienellä sähköurakoitsijalla ei välttämättä ole valmiuksia asentaa suurehkolle työmaalle vesimittareita väylään keskittimien kanssa.

Kyseistä ongelmaa voitaisiin selvittää parantamalla ohjeistusta mittaroinneista urakoitsijalle sekä ennakkoon ohjeistamalla kilpailutusta. Tiedossa on myös tapauksia, joissa urakoitsijat yrittävät ujuttaa käyttöön muita kuin suunnitelmissa sekä ohjeissa olevia tuotteita, oletettavasti halvemman kokonaishinnan vuoksi, jolloin kyseinen tuote ei välttämättä ole lainkaan sopiva tarkoitettuun käyttöön. [4; 5.]

Suunnitteluvirheet ja kommunikaatiosta johtuvat ongelmat

Suunnitteluvirheistä ja kommunikaation puutteesta on aiheutunut esimerkiksi tapauksia, joissa urakoitsija ei syystä tai toisesta ole saanut tehtyä mittaroinnin vaikutusalueista samanlaisia kuin suunnittelijat ovat toivoneet, eikä muutoksesta ole tieto mennyt perille suunnittelijalle, ainakaan kokonaisena. Tästä johtuen tulee tilanteita, joissa mittareilta luettaessa tietoa ei ole selvää, mitkä mittarit kuuluvat mittausalueeseen, eli saadaan kulutustiedot tietämättä, miltä alueelta ne tulevat [4].

2.5 Mittausvaatimuksien muutokset

Mittausvaatimuksia on muuteltu vuosien saatossa useasti. Esimerkiksi vuonna 2012 voimaan tulleilla rakennusmääräyksillä edellytettiin, että muissa kuin pientaloissa mitattaisiin lämpimän käyttöveden kulutus sekä tarvittaessa kiertopiirin paluun vesivirtaus ja lämpötila. Vaatimuksena oli myös, että sähkönkulutus tulee mitata ilmanvaihtojärjestelmän, lämmityksen, jäähdytyksen ja kiinteän valaistuksen osalta erikseen. Vaatimuksessa edellytettiin myös, että yli kuution sekunnissa ilmaa kierrättävät ilmanvaihtokoneet varustetaan kiinteillä ilmavirtamittauslaitteilla.

Vuokrakiinteistöissä, kuten kauppakeskuksissa, vuokratiloja saatetaan muuttaa niinkin usein, ettei samassa käytössä olevia mittausalueita ole jatkuvassa käytössä. Tämä asettaa vaatimuksia nousujohdoille ja energian mittaukselle ja johtaa helposti tilanteeseen, jossa yhden vuokralaisen sähkönkulutus mitataan usealla mittarilla.

Valaistuksen, muiden kiinteiden järjestelmien sekä varsinkin pistorasiakuormien mittauksen toteuttaminen voi olla summalaskennan ja vaihekohtaisen mittaroinnin yhdistelmä. [9.]

Vuonna 2009 voimaan tulleella määräyksellä, tuli kalenterivuoden 2013 loppuun mennessä, sähkömittareista olla etäluettavia vähintään 80 prosenttia. Kaukolämpöä laki ei velvoita mitattavaksi tunnin intervalleilla eikä vaadi etäluennan käyttöä. Kuitenkin, kaukolämmön etäluenta tuli markkinoille sen omilla ehdoilla ja vuonna 2014 arvioitiin, että 80 prosenttia loppukäyttäjistä oli etäluenta käytössä, joko niin että kaukolämmön myyjä siirtää tiedon tunnin tai kuukauden intervalleilla omaan tietojärjestelmäänsä. Kohteissa, joissa mittari kerää tiedot tunnin intervalleilla, on käyttäjällä oltava mahdollisuus tutkia omia kulutustietojaan [10].

Vaatimuksia kuitenkin kevennettiin ympäristöministeriön asetuksessa 1010/2017 poistamalla asetuksesta tarkennukset siitä mitä rakennuksessa on mitattava. Vaatimukset jätettiin seuraavanlaiseen muotoon: ”Rakennuksessa on oltava energiankäytön mittauksen mahdollistavat mittauslaitteet tai mittausvalmius, jotta rakennuksen energiankäyttöä voidaan seurata tärkeimpien kulutuskohteiden ja rakennuksen koko kulutuksen osalta tai tällainen seurantamahdollisuus on oltava helposti toteutettavissa.” [11.]

Tammikuussa 2014 Yle uutisoi tilanteesta, jossa asuntoihin oli pakollista laittaa mittarit, ei niitä ollut pakollista käyttää laskutuksessa, koska se oli taloyhtiön kannalta työlästä ja/tai kallista. Mittarien etäluentajärjestelmät olivat myös suhteessa kalliita, jolloin talon omistaja saattoi herkästi jättää ne hankkimatta, vaikka asentaisikin mittarit lain pakottamana [12].

Erityisesti vuokrattavana olevien asuntojen vedenkulutuksen laskutus on helppo perustella perinteisellä kuukausimaksulla, kun pakottavaa tarvetta niiden tarkentamiseen ei

ole, vaikka tutkitusti niin saataisiin reiluimmat laskut sekä käyttö vähenisi ympäristöystävällisemmäksi jopa kymmeniä prosentteja [13].

3 Mittarointijärjestelmän fyysiset komponentit

Mittarointijärjestelmän tiedonsiirto koostuu langallisesta tai langattomasta mittarointiväylästä (esim. M-Bus tai Modbus), mittauskeskittimistä ja tiedonsiirtoverkosta eli liitynnästä Internetiin, jonka välityksellä kulutustiedot siirretään energianseurantaoperaattorin palvelimelle [14].

3.1 Mittarointijärjestelmä

Mittausjärjestelmään kuuluu mittareita, mittarointiväylä, mahdollisesti useita mittauskeskittimiä ja tiedonsiirtoverkosta, jonka avulla saadut tiedot siirretään kulutuksen seurantaohjelmistoon [14].

Esimerkiksi Turku Energia kertoo kaukoluettavien sähkömittareiden lukevan tiedon tunnin välein ja tallentavan sen omaan muistiinsa aikaleimalla varustettuna. Kulutuslukemien siirto mittarilta seurantaohjelmistoon tapahtuu kerran vuorokaudessa [15].

3.2 Keskittimet

Mittauskeskitin on valmiiksi koottu ja kytketty laitekokonaisuus, johon tuodaan jännitesyöttö sekä väyläkaapeli ja liityntä Internet-verkkoon. Keskittimet mahdollistavat tiedon siirron yksittäisiltä mittareilta mittausjärjestelmään.

Tarvittava mittauskeskittimien määrä ja niiden kanavaluku kiinteistössä riippuvat etäluentaan liitettävien mittareiden määrästä sekä mittauskeskittimien ja mittareiden sijainneista toisiinsa nähden, väylän ja tiedonsiirtoon käytettävän kiinteän verkon suositellut maksimipituudet huomioiden. [14.]

Multical kertoo [11] esitteessään READy-keskittimeen olevan mahdollista liittää jopa viisitoistatuhatta langatonta M-Bus-mittaria. READy-keskittimen etäisyys mittareihin voi olla jopa viisisataa metriä matalalle asennetulla antennilla tai jopa kaksi kilometriä korkealle asennetulla erikoisantennilla. READy-keskittimeen liitettävä internetyhteys voidaan hoitaa joko kiinteällä yhteydellä tai SIM-kortilla ja mobiiliyhteydellä verkkoon [16; 17].

3.3 Yksittäiset mittauslaitteet

3.3.1 Mittauslaidirektiivi (MID) 2014/32/EU

Mittauslaidirektiivilla tavoitellaan Euroopan unionin alueelle samanlaisia luotettavia mittauslaitteita. Kuitenkaan aiheuttamatta kohtuutonta taloudellista taakkaa toimittajille, joiden pätevyydestä on vastuussa valmistaja unionin sisällä valmistetuissa tuotteissa sekä maahantuoja unionin ulkopuolelta tulevista mittauslaitteista. Valmistajilta vaaditaan vakuutusta, jossa luvataan, että mittauslaite on direktiivin 2014/32/EU ja unionin muun asiaankuuluvan lainsäädännön mukainen. Jäsenvaltioille jätettiin oikeus määrätä mittauslaitteiden käytöstä, mikäli ne pitävät sitä perusteltuna esimerkiksi kansanterveyden, turvallisuuden tai hyvään kauppatapaan liittyvistä syistä. Mittauslaitteiden pätevyydestä kertovat niihin merkittävät CE-merkintä ja täydentävä metrologinen merkintä. Mittauslaidirektiivissä on myös ohjeistus mittalaitteiden asentamisesta ja sopivuudesta esimerkiksi asennuskohteen ympäristön ilmanlämpöön, tärinään ja kosteuden mukaan sekä niihin luokitusasteikot. Mittauslaitteiden suunnittelun ja valmistuksen on oltava tekniikaltaan ja tietosuojan suhteen korkealaatuisia. [18.]

Direktiivissä huomioitiin myös, että edistynein mittaustekniikka kehittyy jatkuvasti [18].

3.3.2 Etäluettavien mittareiden luotettavuus

Etäluettavien mittareiden luotettavuudesta on ollut useita epäilyjä. Esimerkiksi Turku Energia ilmoitti siirtyessään etäluettaviin mittareihin niiden käyttöänsä yli viisitoista vuotta, sekä vikaantumisprosentiksi vuosittain 0,2 - 0,4 %, joka on samankaltainen kuin perinteisillä sähkömittareilla [15].

Useiden alueiden energiayhtiöt suorittavat sähkömittareiden tarkastuksia noin 150 euron hintaan. Yleinen tapa on olla laskuttamatta työstä, mikäli mittalaite on viallinen [18].

Väärinymmärrykset kehittyneestä teknologiasta voivat usein johtaa urbaaneihin legendoihin. Etäluettavien mittareiden tapauksessa tilanne on sama, tai ainakin oli sama, kun etäluettavia mittareita alettiin ottamaan käyttöön, pyrkimyksenä saada etäluennan modernit edut valjastettua energiayhtiöiden hyödynnettäväksi.

Seuraavaksi on listattuna muutamia kansainvälisiä myyttejä etäluettavista mittareista ja vastauksia niihin.

- a) Etäluettavat mittarit ovat epätarkempia kuin perinteiset analogiset mittarit.
 - i. Totuus on, että etäluettavia mittareita testataan jo valmistuksen yhteydessä tehtaalla perusteellisesti. Myös Euroopan unioni sekä Suomen lait ja säännökset vaativat mittareiden olevan luotettavia, jokaiselle osapuolelle. [22.]

- b) Etämittarit ovat terveydelle riski, koska ne kommunikoivat käyttäen langattomia yhteyksiä.
 - i. Maailman terveysjärjestön (englanniksi World Health Organization, lyh. WHO) tutkimuksissa osoitettiin, ettei etämittareiden käyttämät pienet määrät radioaaltoja ole ihmisten terveydelle. Lisäksi, radioaallot, jotka etämittarit lähettävät ovat reilusti alle asetettujen raja-arvojen ja selkeästi pienemmällä tasolla kuin muiden kodeissa olevien laitteiden, esimerkiksi matkapuhelimien ja mikroaaltouunien. Tarkennukseksi etämittareiden vaikutusalueella tulisi olla 375 vuotta, jotta saisi saman määrän radioaaltoja kuin 15 minuutin matkapuhelimen käyttämisestä. [22.]

- c) Etämittarit eivät pidä tietoja turvassa.
 - i. Kuten luottokorttien kanssa, pankit ovat onnistuneet tarjoamaan turvallisen pääsyn ihmisten tietoihin verkossa. Etäluentapalveluiden tuottajilla

suunta on sama, käyttäen edistynyttä tietoturvaluottuvuutta ja kryptaus-
teknologiaa pitääkseen saatu etäluentatieto turvassa. [22.]

d) Etäluettavat mittarit ovat turvattomia, nostaan tulipalon tai jopa räjähdysten mah-
dollisuutta.

- i. Etäluettaviin mittareihin on paljon turvallisuusmääräyksiä ja standardeja, kuten aikaisemmassa kappaleessa mittauslaitedirektiivissä tuli esille, esimerkiksi Yhdysvalloissa niitä hoitaa National Electric Safety Code (NESC). Suomessa Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on linjannut, että laskuttava toimija on vastuussa käytössä olevan kulutusmittarin toiminnasta, niin että se soveltuu tarkoitukseensa ja ympäristöönsä nähden oikein, jatkuvasti luotettavalla tasolla ja sen käyttö täyttää mittaustakien vaatimukset. [20.]

Britanniassa vuonna 2017, kun mittareita vaihdettiin etäluettaviin, löysivät asentajat jo olemassa olevista asennuksista sekä laitteista yli 270 000 vikaa, kuten vaarallisia kaapelointeja, sulakerasioita sekä jopa viallisia höyrykattiloita [21].

e) Etäluettavat mittarit loukkaavat yksityisyyttä.

- i. Etäluettavat mittarit mittaavat kulutuksen määrää suhteessa kellonaikaan, ei siihen miten energiaa kulutetaan. Suhteutettuna esimerkiksi nykyaikaiseen sosiaaliseen mediaan tai puhelimiin seuranta, joka tehdään etäluettavalla kulutusmittarilla, on melko vähäinen paha. Varsinkin, kun kulutuksen mittaajan toimia on rajoitettu laissa erittäin tarkasti. [22.]

f) Etäluettavat mittarit eivät tuota kuluttajalle hyötyä.

- i. Suorin nähtävä hyöty kuluttajalle etäluennassa on arviolaskuista eroon pääseminen. Toiseksi, lukuisat tutkimukset etäluennasta kertovat, että esimerkiksi vedenkulutus vähenee jopa 30 %, keskimäärin 15 % - 20 %, kun asukas pystyy seuraamaan kulutustaan reaaliajassa. Lisäksi on

muistettava, että etämittarit pystyvät joissain tapauksissa havaitsemaan mahdolliset katkokset ja ilmoittamaan niistä toimittajalaitokselle nopeammin, kuin ihminen huomaa, että toimituksessa on vikaa. Huomattava hyöty on myös, että viranomaiset, kuten pelastuslaitos, poliisi, vakuutusyhtiöt sekä muut onnettomuustutkintaa suorittavat osapuolet, käyttävät tulipaloihin liittyvissä tapauksissa etäluettavista sähkömittareista kerättyä dataa. [22.]

3.3.3 Etäluettavien mittarien luentatavat

Mittarien etäluenta voidaan Kamstrupin ratkaisulla hoitaa mobiilisti autosta käsin ajamalla kohteen läheltä, langallisella verkolla esimerkiksi M-Bus-väylän kautta tai langattoman verkkoyhteyden välityksellä. Esimerkiksi alueilla, joissa on paljon mittareita tiheällä alueella, voitaisiin hyvinkin käyttää langatonta verkkoa, kun taas väljästi asutulla maaseudulla tai mittaroinneissa, jotka vaativat varmaa ja tarkkaa mittausta on mobiililuenta hyvä vaihtoehto. [17.]

Mobiililuennassa mittarit luetaan suoraan autosta ajamalla kohdealueen läpi mobiililaitteen (älypuhelin tai tabletti) kanssa, jossa on Kamstrupin READY-sovellus. Sovellus lukee tiedot lähettimestä Bluetoothin välityksellä, johon mittarit lähettävät tietonsa. Mobiililaitteen saatua datan sovellus synkronoi sen mobiilidatan kautta READY Manageriin. Kamstrup kertoo internet-sivuiltaan löytyvällä ohjeella [liite 1] sovelluksen käytön olevan helppoa, ja ennen kaikkea sovelluksen toimivan integroituna Google Mapsin kanssa näyttämään luentavaiheessa, missä on vielä lukemattomia mittareita. Sovelluksella on myös mahdollista lukea mittareita Bluetoothin kautta optisesti. [17.]

Täysin automatisoituun luentaan Kamstrupin välineillä päästään käyttämällä keskittimiä, jotka vastaanottavat mittareilta tiedot langattomana tai langallisena M-Bus väylän kautta. Käytettäessä langatonta väylää tarvitsee datankeräysjärjestelmä toimiakseen antennija vastaanottamaan mittareiden tietoja. Antennit on yhdistetty keskittimeen, joka lähettää viimeisimmän vastaanotetun tiedon joko mobiilidatalla tai kiinteällä internet-yhteydellä READY Manageriin esimerkiksi tunnin tai päivän välein. [17.]

Antennit tulisi asentaa mahdollisimman korkealle, jotta ne pystyisivät lukemaan mahdollisimman monta mittaria. Tyypillisesti antennit asennetaan mittarointialueen rakennusten katoille, josta ne tyypillisesti saavat lukuetaisyydeksi 500 – 600 metriä. On myös mahdollista asentaa antennia esimerkiksi savupiippuihin, jolloin mittausetaisyydeksi voidaan saada jopa kahdesta kolmeen kilometriä. [17.]

Kamstrup kertoo, että mittareiden parametreja voidaan konfiguroida, esimerkiksi tariffit, mittausdatan intervallit sekä pulssien määrät on muutettavissa. Lisäksi etäkonfiguroinnilla voidaan määrittää, mitä tietoa mittari lähettää. Erityisesti tapauksissa, joissa väylännopeus on rajallista, on turhan tiedon poisjättäminen erittäin käytännöllistä. [17.]

3.3.4 Mittarien elinkaaret

Yleisenä elinkaarena ultraäänellä luettaville vesimittareille esimerkiksi Kamstrup ilmoittaa jopa kuusitoista vuotta, kun taas Aidon Oy:n etäluettavat sähkömittarit kestävät noin viisitoista vuotta. Aidon Oy oli myös mittarointiteknologian suunnannäyttäjän roolissa vuosituhannen alussa tuomalla mittareihin sähköverkon valvonnan sekä kehittämällä etäpäivitettävyyttä. Sitä ennen jakeluverkkoyhtiöillä ei ollut tietoa onko asiakkailta sähkö vai ei. Verto ilmoittaa virtausantureidensa olevan kulutuksen mukaan huollettavia, keskimääräiseksi huoltoväliksi tulee noin viisitoista vuotta, maksimissaan kolmekymmentä vuotta. [23; 24; 25.]

3.4 Ultraääni vai mekaaninen mittalaite

Kamstrup markkinoi ultraäänimittareita vastakkain asettelemalla ne perinteisten, mekaanisten mittareiden kanssa kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Mittareiden vertailua voidaan jatkaa tutkimalla niiden kustannuksia, kuten kuvassa 2 on esitetty.

The infographic is a vertical list of six points, each with a red circular icon containing a white number. The background is a solid teal color. The text is white and centered.

- 1**

Erinomainen tarkkuus

Älykkäät vesimittarimme edustavat alan johtavaa ultraäänitekniikkaa. Mittaustarkkuus on huippuluokkaa koko käyttökänsä ajan. Tarkka, ajantasainen ja oikeudenmukainen mittaus ja laskutus hyödyttää niin taloyhtiötä kuin asukkaita.
- 2**

Pitkä käyttöikä

Ultraäänimittarissa ei ole liikkuvia osia. Se toimii erittäin tarkasti koko käyttökänsä – jopa 16 vuoden – ajan. Mekaanisiin mittareihin verrattuna ultraäänimittarin käyttöikä on lähes kaksinkertainen ja se on huoltovapaa.
- 3**

Helppo tiedonkeruu

Taloyhtiö voi heittää hyvästit manuaaliselle mittarinluennalle ja arvio- ja tasauslaskutukselle. Tiedonkeruu sujuu nopeasti ja helposti, eikä aikaa tuhraannu puuttuvien tai epätarkkojen lukemien tarkistukseen. Ultraäänimittari sisältää tiedonsiirtotoiminnon, joka takaa luotettavan ja kätevän etäluennan.
- 4**

Vastuullinen vedenkäyttö

Kun taloyhtiön ja asukkaiden tietoisuus vedenkulutuksesta ja oikeudenmukaisesta laskutuksesta paranee, motivoi se asukkaita vastuulliseen vedenkäyttöön. Tästä hyötyvät kaikki: asukas säästää, kiinteistönomistajan vastuullisuus paranee ja ympäristö kiittää.
- 5**

Vuodot ja poikkeamat havaitaan heti

Mittarin älykkäiden hälytysten ansiosta taloyhtiössä havaitaan vuodot, putkirikot sekä muut poikkeamat ja takaisinvirtauukset nopeasti ja välttämättä ja välilliset vauriot saadaan minimoitua. Hälytykset lähetään välittömästi suoraan sähköpostiisi.
- 6**

Toimintavarmuus kaikissa tilanteissa

Ultraäänimittari on täysin vesitiivis ja toimintavarma, joten sen voi huoletta asentaa mihin asentoon tahansa – toisin kuin mekaaniset mittarit. Automatisoitu tuotantoprosessimme takaa erinomaisen laadun ja tarkasti kalibroidut mittarit.

Kuva 1. Kamstrupin argumentit ultraäänimittarin hyödyistä verrattuna perinteiseen mekaaniseen vesimittariin [26].

Mechanical vs ultrasonic meters

Mechanical meter costs
(Cost per meter (EUR/meter)
+ Data collection cost (EUR/meter)
+ Installation cost (EUR/meter))
/ Meter lifetime (years)

Ultrasonic meter costs
(Cost per meter (EUR/meter)
+ Installation cost (EUR/meter))
/ Meter lifetime (years)

kamstrup

Kuva 2. Kamstrupin laskuri mittarin hinnasta [27].

3.5 Mahdollisia ratkaisuja tiedonsiirtoon mittarointijärjestelmissä

Mahdollisia ratkaisuja tiedonsiirron toteuttamiseen mittarointijärjestelmissä on Kamstrupin mukaan seuraavia ja muutaman vaihtoehdon vahvuudet on esitetty kuvaajassa (liitteessä 2) [28].

HART

HART on kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon digitaalinen kenttäväyläprotokolla, joka on tarkoitettu automaation kenttä- ja isäntälaitteiden väliseen kommunikaatioon. HARTin avulla pystytään lukemaan ja vaihtamaan kenttälaitteiden asetuksia, tarkastaa prosessi arvoja sekä seurata laitteiden diagnostisia tietoja. Langallinen HART-protokolla perustuu taajuusmoduuliin, johon se käyttää Frequency Shift Keyed (FSK)-tekniikkaa, joka käytännössä kääntää digitaalisen datan analogiseen 4 – 20 mA:n viestiksi. Tämän tekniikan avulla kaapeloitu HART-lähetin voidaan liittää kaikkiin perinteisiin automaatiojärjestelmiin. Vuonna 2007 langaton WirelessHART-protokolla hyväksyttiin, joka teki siitä ensimmäisen langattoman automaation standardin. Langattomana lähettimenä sen käyttövoimaa ei saada kaapelilla, lähettimien on toimittava pattereilla. Koska patterin elinikä on suorassa yhteydessä viestin nopeuteen, käytetään WirelessHART-protokollaa yleensä kohteissa, joissa prosessia ei tarvitse lukea pienellä intervallilla [29].

Modbus

Modbus-protokollan kehitti ja julkaisi yritys nimeltään Modicon vuonna 1979 käyttäkseen sitä ohjelmoitavien logiikkaohjaintensa tukena. Laite, joka pyytää tietoja, on Modbus Master ja laite, joka lähettää tietoa on Modbus Slave. Tyypillisessä Modbus-verkossa on yksi Modbus Master ja maksimissaan 247 Modbus Slave-pistettä, joilla jokaisella on osoitenumero 1 – 247. Modbus on avoin protokolla, eli valmistajat saavat käyttää sitä ilmaiseksi laitteissansa. [30.]

M-Bus

M-Bus on laajalle levinnyt ja standardisoitu kommunikaatioprotokolla, jota käytetään langattomien mittareiden kommunikointiin ja lämpö-, jäähdytys-, sähkö- ja vesimittareiden

etäluentaan. Se on suunniteltu erityisesti vastaamaan tarpeeseen laadukkaasta palvelusta ja tiheästä lukutiheydestä kuitenkin tinkimättä pariston eliniästä. M-Bus soveltuu hyvin kohteisiin, joissa halutaan saada muutakin tietoa mittarilta, kuin pelkkä kulutus, kuten käyttää saatua tietoa toiminnan kehittämiseen. M-Busista on tarjolla myös langaton versio, wM-Bus. Langattoman M-Bus verkon perustaminen maksaa enemmän kuin muiden teknologioiden kanssa, mutta hinta per mittari on wM-Busilla vähemmän kuin muita vaihtoehtoja käyttämällä. Kamstrupin mukaan wM-Bus soveltuu parhaiten kaupunkialueille. [30.]

Vuonna 2012 yritykset kuten Fidelix, Honeywell, Siemens, Arealtec ja Beckhoff, kertoivat käyttävänsä kulutusmittauksissa M-Bus väylää [31].

Sigfox

Sigfox on ensimmäisiä globaalin IoT-verkon toteuttajia, jolla voidaan vastaanottaa jopa miljardeja dataa lähetäviä objekteja, ilman tarvetta alustaa tai ylläpitää verkkoyhteyksiä. Sigfox tarjoaa ohjelmistoon perustuvan kommunikaattioratkaisun, jossa verkko ja monimutkainen laskenta tehdään pilvessä, eikä laitteilla. Kokonaisuutena, Sigfox kuluttaa huomattavan vähän energiaa. [32.]

NB-IoT

NarrowBand-Internet of Things eli NB-IoT on standardoitu alhaisen virran ja laajan alueen teknologia, joka on kehitetty mahdollistamaan usean erilaisen IoT-laitteen ja -palvelun käyttäminen. NB-IoT voi toimia yhdessä 2G, 3G ja 4G mobiiliverkkojen kanssa. Se myös hyötyy kaikista mobiiliverkkojen turvallisuus- ja yksityisominaisuuksista, kuten tuesta käyttäjän henkilöllisyyden luottamuksellisuudelle, kokonaisuuksien todentamisesta, datan eheyden ja mobiililaitteiden tunnistukselle. NB-IoT:n vahvuus on vahva kuuluvuus, esimerkiksi kellareiden ja muiden maanalaisten tilojen mittaamiset ja seurannat onnistuvat hyvin, vieläpä ilman erillistä tukiasemaa. Telian arvion mukaan vuonna 2020 yli 60 % sensoreista tulee käyttämään NB-IoT:ta [33; 34].

LoRaWAN

LoRaWan on tiedonsiirtoverkko, joka on tarkoitettu langattomaan ja nopeaan, mutta kooltaan pienen datan siirtoon. LoRaWan:issa oleellisia ominaisuuksia on kaksisuuntainen tiedonsiirto, helppo siirrettävyys, paikannuspalvelut ja käyttöönoton yksinkertaisuus. LoRaWan on LPWAN-verkkotekniikka, (Low Power Wide Area Network), jonka käyttöä hallitsee LoRa Alliance -järjestö. LoRa, joka tulee sanoista ”Long Range”, on modulaattioratkaisu, jonka avulla päätelaitteet ja reititimet kommunikoivat. LoRaWan toimii alle yhden gigahertsin ISM-taajuusalueella. [35.]

LON

LON-kenttäväyläteknikka oli aikaisemmin erittäin suosittu, mutta nykyään se on jo jäänyt vähemmälle käytölle teknologian kehityttyä. Yhdysvaltalaisen Echelon Corporationin kehittämä LON tunnetaan myös, nimellä LonWorks. Protokollassa on panostettu pienien ja lyhyiden viestin siirtämiseen. Tarkoituksena siinä oli toimia hyvin ohjaus- ja hallintasoveluksissa ja se toimii muutetulla CSMA-periaatteella. Laitteita LON-väylän aliverkossa voi olla 127, jotka liitetään reitittimellä runkoverkkoon. Yhteen alueeseen voidaan liittää 255 aliverkkoa, mikä tarkoittaa, että laitteita voi yhdellä alueella olla 32 385. [36.]

SIOX

SIOX-kenttäväyläteknikka on systeemi, joka on tarkoitettu pääosin teolliseen ympäristöön. Jatkuva automaation lisääminen lisää tarvetta kommunikaatiolle analogisten ja digitaalisten sensoreiden ja ohjainten kanssa, datan siirtämiseen hajautettujen päätelaitteiden kanssa ja paremman tiedon saamiseen koneelta ihmiselle. SIOX-systeemi on optimoitu tarjoamaan asennuksen helppoutta, joustavuutta ja mahdollisuuksia laajennuksiin, ja tekemään ne silti vähäisillä kustannuksilla ja korkealla häiriöimmunitetilla. Tehokas viestin siirto vähentää tarvetta korkean nopeuden kommunikaatiolle, samalla parantaen häiriönkestoa ja vähentäen kustannuksia tietokoneista ja laitteista, joita SIOX:iin aiotaan liittää. [37.]

BACnet MS/TP

BACnet Master Slave Token Passing (MS/TP)-protokollaa käytetään tiedon välittämiseen rakennuksen laitteiden välillä. MS/TP perustuu BACnetin standardoituun protokollaan SSPC-135, pykälä 9. BACnet MS/TP on vertaisverkko, usean masterin protokolla, joka perustuu viestikapulan siirtämiseen (Token passing). Viestikapula on tietopaketti, joka lähetetään tässä tapauksessa signaalipulsseina laitteiden välisessä verkossa. [38.]

Metasys N2

Metasys N2 on Johnson Controls Inc. (JCI) protokolla, se on Master-slave-ohjausverkko. Fyysinen kerros on RS485-yhteensopiva. N2-sovellusprotokolla on suunniteltu yleisesti sopivaksi kaikkien laitetyyppien ainutlaatuisten ominaisuuksien vastaamiseen.

Metasys N2-protokolla on kehitetty erityisesti käytettäväksi Johnson Controlsin laitteille. Metasys on pääsääntöisesti käytössä rakennusautomaatiossa, joten Metasys-verkot ja laitteet kilpailevat suorasti LonWorksin kanssa rakennusautomaatio teollisuudessa. [39.]

Ethernet IP langalliseen tiedonsiirtoon

EtherNet/IP on teollinen Ethernet-verkko ja se on muutos Common Industrial Protocol (CIP) -perheen tiedonsiirtoprotokollasta. Ne on suunniteltu automaatiolaitteistoiden ohjaukseen ja valvontaan. Selviä etuja EtherNet/IP:n käytöstä on johdotus- ja suunnittelutöiden helppous, yksinkertainen konearkkitehtuuri, erinomainen joustavuus uudelleenkäytettävyyden vuoksi sekä laitetietojen tarkastelun ja määrittämisen helppous käyttö-päätteeltä. Näistä syistä, Omron kertoo, että EtherNet/IP on tasaisesti kasvattamassa osuuttaan valmistajien ja loppukäyttäjien valinnaksi. [40; 41.]

PLC-tekniikka

PLC-tekniikka, Power Line Communication, on vakiintunut kommunikaatioteknologia, joka kehitettiin alun perin telemetriatarkoituksiin. Nykyään PLC-teknologia on saavuttanut niin korkean tason kokemuksen myötä, että monet laitetoimittajat tarjoavat PLC:tä hyödyntäviä kommunikointiratkaisuja useisiin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Landis+Gyr kertoo, että Euroopassa on yli 40 miljoonaa mittarointipistettä, jotka käyttävät PLC-teknologiaa. [42.]

Radioverkko/Puhelinverkko

GSM-verkon datasiirtoa eli GPRS-tekniikkaa hyödynnetään sähkömittauksissa pääsääntöisesti keskittimien ja etäluentajärjestelmän väliseen kommunikointiin. Mittarit lähettävät mittaustiedot keskittimelle PLC-tekniikkaa käyttäen [43].

Zigbee

ZigBee on standardipohjainen protokolla, joka tarjoaa verkkoinfrastruktuurin, jota tarvitaan langattomien anturien verkkosovelluksiin. ZigBeen mesh-verkko on ideaali muutamaani mittarointisovelluksiin [44].

4 Esimerkki mittarointityön mahdollisesta prosessista

4.1 Mittarointitason tunnistaminen

Oleellinen osa mittarointijärjestelmän onnistumista, kuten minkä tahansa muunkin projektin, on tunnistaa, mitä lähdetään tavoittelemaan. Mittarointijärjestelmältä voidaan haluta esimerkiksi vain yksinkertaista kulutusseurantaa, kuten taulukossa 1. (liite 3), laajempaa yksittäisen LVISA-laitteen tai järjestelmien vianetsintä ja analysointi mahdollisuutta tai vaihtoehtoisesti erikoisiin kohteisiin haastavampia järjestelmiä, jotka vaativat nopeampia väyliä sekä tarkempia mittauksia, kuten taulukossa 2 (liite 3).

4.2 Työvaiheet

Hankesuunnitteluvaiheessa asetetaan mittaroinnin tavoitteet tavoiteasetuspalaverin pohjalta, jonka asiakas kommentoi ja hyväksyy, ennen kuin se toimitetaan valvojalle, jonka toivotaan olevan erityisesti mittarointivalvoja, jotta hänellä on tarvittava osaaminen ja tietotaito valvoa mittarointiurakkaa. Valvojan johdolla pidetään mittarointisuunnittelun aloituspalaveri. [14.]

Ehdotussuunnitteluvaiheella tarkoitetaan hankesuunnittelussa selvitettyjen tavoitteiden täyttämiseen vaadittavia erilaisia ratkaisuja. Vaiheessa tutkitaan, minkälaisia teknisiä vaihtoehtoja mittarointitavoitteiden saavuttamiseen löytyy. Tarkoituksena on vertailla ja erityisesti haastaa useita vaihtoehtoja, joilla tavoitteisiin päästään. Tuloksena vaiheesta syntyy ehdotussuunnitelma. [14.]

Suunnittelijat tarkastuttavat ehdotussuunnitelman valvojalla, jonka jälkeen mahdollisten korjausten kera valvoja hyväksyttävät suunnitelmat mittarointikoordinaattorilla. Tämän jälkeen annetaan suunnittelijoille lupa julkaista kuvat projektin yhteiseen käyttöön. [14.]

Yleissuunnitteluvaiheessa kehitetään ehdotussuunnitelma toteutukseen kelpaavaksi yleissuunnitelmaksi.

Saneerauskohteissa tehdään kartoitus olemassa olevasta järjestelmästä eli siitä voidaan hyödyntää. Tarpeen mukaan lisätään mittareita, jotta kulutusten mittaukset voidaan mitata vaaditulla laajuudella ja halutulla toteutustavalla. [14.]

Vaiheen tuloksena on alustava järjestelmäkaavio ja toimintaperiaatteen kuvaus.

Myös tässä vaiheessa suunnittelijat tarkastuttavat tehdyt suunnitelmat valvojalla, joka mahdollisesti korjauttaa niitä ennen kuin hyväksyttää suunnitelmat mittarointikoordinaattorilla. Tämän jälkeen annetaan suunnittelijoille lupa julkaista kuvat projektin yhteiseen käyttöön. [14.]

Toteutussuunnitteluvaiheessa kehitetään yleissuunnitteluvaiheessa syntynyt yleissuunnitelma toteutussuunnitelmaksi. Saneerauskohteissa on esitettävä selkeästi vanhat ja mahdolliset uusittavat laitteet. Tässäkin vaiheessa suunnittelijoiden on jätettävä tarpeeksi aikaa valvovalle osapuolille tarkastaa suunnitelmat, jotta niiden mahdollisiin korjauksiin ja mittarointikoordinaattorille jää tarpeeksi aikaa hyväksyä suunnitelmat, jonka jälkeen suunnitelmat voidaan julkaista tai projektista riippuen tallentaa projektipankkiin. [14.]

Urakkalaskentaa varten on tehtävä esimerkiksi seuraavanlaisia dokumentteja: asiakirjaluettelot, työselitys, mittaritaulukko, järjestelmäkaavio, tasopiirustukset ja merkintä- ja kilpiohje.

Erityistä huomiota on kiinnitettävä mittarien positiointiin, jotta mittarit löytyvät ja erottuvat toisistaan varmasti sekä selkeästi, rakentaessa sekä mahdollisesti tulevaisuuden saneerauksia tehdessä. On myös muistettava esittää, mistä positioissa käytettävät numerot ja kirjaimet tulevat, jotta positiointeja on mahdollisimman helppo lukea ja ymmärtää. [14.]

Omatarkastusvaiheessa, kun mittaroinnit saadaan asennettua ja kytkettyä, tulisi urakoitsijoiden tarkastaa tehdyn työn jälki järjestelmällisesti, ikään kuin ”harjoituksena” toimintakokeista. On kuitenkin yleisessä tiedossa, että tästä vaiheesta luistetaan harmillisen usein, vaikka valvojan tulisi myös tarkistaa, että suunnitellut omatarkastukset on tehty.

Omatarkastusten jälkeen urakoitsijat toimittavat ns. punakynäsarjat suunnittelijoille, jotta loppukuvista tulee toteutuneen kaltaiset. Loppudokumentaatio pitää sisällään kaikki suunnitelma- ja työpiirustukset päivitettyinä. Lisäksi on lisättävä huolto- ja käyttöohjeet huoltokirjaan, johon on lisättävä mittarien paikannuspiirustukset, järjestelmäkaavion, mittaritaulukon sekä sähkö-, lämpö-, energia- ja vesimittarien pääkaaviot. Valvojan saadessa punakynien mukaan korjatut loppukuvat suunnittelijoilta, on hänen vastuullaan tarkastaa ne ennen niiden hyväksyttämistä mittarointikordinaattorilla ja pitää yleiset toimintakokeet. [14.]

Toimintakokeiden jälkeen pidetään valvojan järjestäminä tilaajantarkastukset, jotka mittarointikordinaattori valvoo ja joihin urakoitsijat osallistuvat. [14.]

Loppupiirustukset tehdään yleensä kaikista suunnitelma- ja työpiirustuksista, kun urakoitsijalta on saatu ns. punakynäsarjat, eli toteutuneet kuvat, joihin on merkitty muutokset urakkakuvista. Niiden perusteella suunnittelija päivittää kuvista loppupiirustukset.

Usein suunnittelijoilta edellytetään tässä vaiheessa myös tallentamaan tarvittavat loppudokumentit sähköiseen huoltokirjaan. Niitä ovat mm. mittarien paikannuspiirustukset, järjestelmäkaavio, mittaritaulukko sekä alakohtaisten mittarien pääkaaviot, esimerkiksi vesi-, sähkö- ja energiamittarit. [14.]

5 Yhteenveto

Työn tavoitteeksi muodostui tutkia mittarointijärjestelmiä, niiden suunnittelua ja toteutusta sekä aiheita, jotka vaikuttavat mittarointiin kohdistuviin vaatimuksiin. Näiden tutkimusten pohjalta toivottiin löytyvän oivalluksia ja kehitysehdotuksia tai vähintäänkin ideoita mittarointijärjestelmien suunnittelun, toteutuksen ja hyödyntämisen kehittämiseen.

Insinööriyössä haastateltiin Granlundin asiantuntijoita erilaisilta osaamisalueilta, kuten mittarointijärjestelmien suunnittelijoita ja energiaojohtamisen asiakasrajapinnan konsultteja.

Lisäksi tutkimustyötä jatkettiin tutustumalla julkisiin luuloihin kulutuksen etäluennasta, direktiiveihin ja vaatimuksiin, jotka ohjaavat kulutusmittaroinnin tulevaisuuden näkymää, joiltain osin liiankin väljästi. Tämä ilmeni Sollan [12] haastatteluista, joissa suuret yksityiset vuokranantajat eivät käyttäneet vesimittareita kulutuksen seurantaan, vaikka ne olivat lain vaatimuksen mukaisesti asennettuina, muttei käytössä, koska käyttöönotto maksaa vuokranantajille ja säästöt tulevat kulutuksen maksajille. Erityisen harmilliseksi tilanne muodostuu, kun ottaa huomioon Toivasen tutkimuksessa [13] selvinnyt fakta, että reiluin laskutustapa, on kulutuksen mukainen sekä ympäristölle paras, koska kulutusta asuntomittarit vähentävät joissain tapauksissa jopa 20 %.

Työn tulokset ja kehitystarpeet

Haastatteluiden perusteella havaittiin asiantuntijoiden kokemia haasteita mittarointijärjestelmien toteutuksessa ja niihin käytettävän tekniikan valinnassa sekä asiakkailta tulleita toiveita kulutustietojen parantamiseen. Haasteiden perusteella pyrittiin havaitsemaan kehityskohteita, joita olivat:

- Asiakkaan tarpeen havaitseminen hinnoittelun kannalta sopivaksi, eli tarvitseeko asiakas täydellisyyttä tavoittelevaa, laajennettavaa ja markkinaa mullistavaa järjestelmää vai riittääkö käyttötarkoitukseen yksinkertainen, lyhytaikaisempi ja tarkoituksella halpa järjestelmä. Mittaroinnin tärkeyttä ei usein oivalleta rakennuksen kulutuksen kannalta. Miten voidaan leikata kuluissa, kun ei tiedetä mistä ne tulevat? Tietysti, jos ei hahmota kokonaisuutta, kuulostaa usean tuhannen euron hyvä järjestelmä kalliilta verrattuna halpoihin, tiedettyihin halpoihin kuukausimaksullisiin mittareihin.

- Asiakasrajapinnassa toimivien konsulttien mukaan etäluentajärjestelmien sovellukset eivät joissain tapauksissa käsitä virheellistä mittarin ilmoittamaa lukemaa. Esimerkiksi kulutuslukema tippuu edellisestä saadusta arvosta, jonka sovellus kirjaa listaan reagoimatta väärään lukuun tai vaihtoehtoisesti luulee mittarin pyörähtäneen täysin ympäri.
- Mittaroinnin suunnittelun toivoivat kaikki haastattelut osapuolet olevan paremmalla tasolla, esimerkiksi positioinnit, vaikutusalueiden tarkat merkinnät sekä parempia laitevalintoja. Esimerkiksi väyläratkaisun valinta kohteeseen, johon sen nopeus ei riitä annetuissa olosuhteissa. Toisaalta suunnittelijat kohtaavat tilanteita, joissa urakoitsijat yrittävät saada vaihdettua komponentteja erilaisiksi, kuin suunnitelmissa on merkitty käytettäväksi. Suoraa syytä ei ole tiedossa, mutta ensimmäinen oletus on, että urakoitsija koittaa vähentää kuluja. Ongelmaa ei helpota myöskään tilanteet, joissa valvova osapuoli ei ole pätevä valvomaan mittarointiurakkaa tai työmaan urakointi on paketoitu, ja esimerkiksi sähköurakoitsija tekee mittaroinnit osaamatta alan normeja ja nyansseja, eikä tutustu projektin mittarointiohjeeseen.

Insinööriyön tavoitteisiin päästiin teoreettisella tasolla hyvin, mahdollisia kehityskohteita löytyi muutamia tulevaisuuden varalle. Toki optiona pidettyyn mittarointijärjestelmien valintatyökalun konkreettinen onnistuminen olisi parhailtaan luonut merkittävää edistystä tulevaisuuden projekteille. Työn tekemisellä saatiin tietoon useita pienempiä tekijöitä mittarointijärjestelmien suunnittelusta ja käytöstä. Lisäksi hahmotettiin toivotun valintatyökalun kokoluokkaa ja tekemisen vaatimuksia.

Työn tekemällä opin kulutusmittaroinnin tärkeydestä, vaikka se onkin marginaaliosa kokonaisuuksista.

Tutkimustyötä on mahdollista jatkaa tutkimalla ratkaisuja havaittuihin haasteisiin käytännössä sekä tutkimalla valintatyökalun toteutuksen mahdollisuutta. Esimerkiksi mittarointijärjestelmien suunnittelun kehittäminen lisäämällä kommunikaatiota asiantuntijoiden välille. Muistuttaen, että pelataan samalle joukkueelle, vaikka ei samassa osastossa vaikutetakaan, mahdollisesti työpajoilla tai muovaamalla mittarointisuunnittelusta prosessin. Huomioiden heti alusta saakka asiakkaan toiveet vaaditusta mittarointitasoista, mikä mahdollistaisi kustannusten pysymisen asiakkaan vaatimissa rajoissa. Prosessi myös mahdollistaisi mittarointisuunnitelmien lopputulosten samankaltaisuuden, tietysti projektien omakohtaisissa rajoissa, mikä mahdollistaisi niistä oppimisen taas tulevaisuuden projekteihin.

Lähteet

- 1 Ympäristötekoja aina – ja erityisesti energiansäästöviikolla. 2017. Verkkoaineisto. ISS. <<https://toissa.iss.fi/artikkelit/ymparistotekoja-aina-ja-erityisesti-energian-saastoviikolla>>. 9.10.2017. Luettu 31.7.2019.
- 2 Karhu, Jukka. 2019. Osastonjohtaja. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelut 1.6.2019-9.10.2019.
- 3 Granlund. Granlund Oy. <<https://www.granlund.fi/granlund/>>. Luettu 1.7.2019.
- 4 Toomla, Sander. 2019. Energia-asiantuntija. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 1.7.2019.
- 5 Koskela, Heikki. 2019. Projektipäällikkö. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelut 1.5.2019-15.10.2019.
- 6 Aalto, Martin. 2019. Asiakkuuspäällikkö. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 2.7.2019.
- 7 Tolonen, Joni. 2019. Asiakkuuspäällikkö. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 3.7.2019.
- 8 Holmström, Ari. 2019. Projektipäällikkö. Granlund Oy, Helsinki. Keskustelu 21.8.2019.
- 9 Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut. Verkkoaineisto. <https://www.motiva.fi/files/7974/Kiinteiston_energiatehokkaat_sahkotekniset_ratkaisut.pdf>. 2012. Luettu 8.7.2019.
- 10 Hallituksen esitys eduskunnalle energiatehokkuuslaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi. 2014. Verkkoaineisto. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140182.pdf>>. 2014. Luettu 5.11.2019.
- 11 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. Ympäristöministeriö. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>>. 20.12.2017. Luettu 29.8.2019.
- 12 Solla, Katja. 2014. Verkkoaineisto. Tuhannet asuntokohtaiset vesimittarit raskuttavat tyhjää. <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/01/29/vesimittarien-kulut-syovat-rakennukset-hyodyt>>. Päivitetty 30.1.2014. Luettu 13.8.2019.

- 13 Toivanen, Leea. 2010. HUONEISTOKOHTAISET VESIMITTARIT. Verkkoaineisto. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21332/Toivanen_Leea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 11/2010. Luettu 26.8.2019.
- 14 Koskela & Holmström. 2018. Mittarointiohje. Verkkoaineisto. Suomen Yliopisto Kiinteistöt Oy. <<https://sykoy.fi/wp-content/uploads/Mittarointiohje-v2.2-liitteenen.pdf>>. 31.10.2018. Luettu 26.7.2019.
- 15 Etäluettavat sähkömittarit. Verkkoaineisto. Turku Energia. <<https://www.turkuenergia.fi/ota-yhteytta/usein-kysyttya/etaluettavat-sahkomittarit/>>. Luettu 23.8.2019.
- 16 READy Concentrator Wireless M-Bus. Verkkoaineisto. Multical. <http://www.multical.hu/READy-Concentrator_datasheet.pdf>. Luettu 22.8.2019.
- 17 READy keskittimen esite. Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://products.kamstrup.com/ajax/downloadFile.php?uid=5630a5b54ea21&pid=375&display=1>>. Luettu 22.8.2019.
- 18 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/32/EU: Mittauslaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta. 2014. Verkkoaineisto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0032&from=EN>>. 29.3.2014. Luettu 17.7.2019.
- 19 Mittarointimaksut. 2019. Verkkoaineisto. Oulunenergia. <<https://www.ouluenergia.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkoverkkopalvelut/verkkopalveluhinnasto/sahkoliittymahinnasto/mittarointimaksut>>. Luettu 24.10.2019.
- 20 Kulutusmittarit. Verkkoaineisto. Turvallisuus ja kemikaalivirasto (Tukes). <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/kulutusmittarit>>. Luettu 30.8.2019.
- 21 Utton, Dominic. 2018. Fact or fiction: debunking myths about smart meters. Verkkoaineisto. <<https://www.telegraph.co.uk/property/smart-living/the-truth-about-smart-meters/>>. 6.6.2018. Luettu 30.8.2019.
- 22 Myths vs. Facts: The Truth about Smart Meters. 2012. Verkkoaineisto. SmartGrid consumer collaborative. <<https://senate.texas.gov/cmtes/82/c510/1009-WaltBaum04.pdf>>. Luettu 23.8.2019.
- 23 Multical 21: Ultraäänivesimittari kotitalouskäyttöön. Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://www.kamstrup.com/fi-fi/vesiratkaisut/alykkaat-vesimittarit/multical-21>>. Luettu 13.8.2019.

- 24 Keränen, Matti. 2018. Tällainen yritys on Tekniikka&Talouden Vuoden teknologiakasvajaksi valittu Aidon 1,6 miljoonan sähkömittarin kaupat Norjaan toi rakettimaisen kasvun. Verkkoaineisto. Tekniikka&Talous. <<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/tallainen-yritys-on-tekniikkatalouden-vuoden-teknologiakasvajaksi-valittu-aidon-1-6-miljoonan-sahkomittarin-kaupat-norjaan-toi-rakettimaisen-kasvun/cc68c9b2-bed7-3670-a233-b0a0025b8a1e>>. 14.9.2018. Luettu 2.9.2019.
- 25 Verto-Virtausanturissa on yksi liikkuva osa. Verkkoaineisto. <<https://www.verto.fi/fi/palvelut-ja-tuotteet/palvelut/huoltopalvelut/>>. Luettu 13.8.2019.
- 26 Hyvästi mekaaniset mittarit. Tervetuloa älymittaus! Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://www.kamstrup.com/fi-fi/huoneistokohtainenmittaus/aiheet/hyvasti-2019>>. Luettu 2.9.2019.
- 27 Mechanical vs. ultrasonic meters. Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://www.kamstrup.com/en-en/landing-pages/ace2019/mechanical-vs-ultrasonic-ace>>. Luettu 24.10.2019.
- 28 IoT ja huoneistokohtainen mittaus. Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://www.kamstrup.com/fi-fi/huoneistokohtainenmittaus/aiheet/iotjahuoneistokohtainenmittaus>>. Luettu 8.8.2019.
- 29 Laurila, Heikki. 2013. Langattomat HART-lähettimet kuinka kalibroidaan. Beamex Oy Ab. Verkkoaineisto. <<https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Langattomat-HART-lahettimet-kuinka-kalibroidaan>>. 13.9.2013. Luettu 27.8.2019.
- 30 Frequently Asked Questions. Verkkoaineisto. Simply Modbus. <<http://www.simplymodbus.ca/FAQ.htm#Modbus>>. Luettu 8.10.19.
- 31 Communication technologies. Verkkoaineisto. Kamstrup. <<https://www.kamstrup.com/en-en/water-solutions/water-meter-reading/communication-technologies>>. Luettu 8.10.2019.
- 32 Sigfox Technology Overview. Verkkoaineisto. Sigfox. <<https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>>. Luettu 3.9.19.
- 33 Narrowband – Internet of Things (NB-IoT). Verkkoaineisto. GSMA. <<https://www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot/>>. Luettu 2.9.2019.
- 34 NB-IOT YHDISTÄÄ SUUREN MÄÄRÄN LAITTEITA TOISIINSA. Verkkoaineisto. Telia. <<https://www.telia.fi/yrityksille/iot/yhteydet/nb-iot>>. Luettu 2.9.2019.

- 35 Mikä on LoRaWAN? Verkkoaineisto. DIGITA. <https://www.digita.fi/yrityksille/iot/mika_on_lorawan>. Luettu 27.8.2019.
- 36 Ylitalo, Jesse. 2012. Rakennusautomaation väylät ja integraatio. Verkkoaineisto. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52138/Rakennusautomaation%20vaylat%20ja%20integraatio.pdf?sequence=1>>. 11.12.2012. Luettu 27.8.2019.
- 37 SYSTEM DESCRIPTION. 2005. Verkkoaineisto. Siox Solutions. <http://www.sioxolutions.se/download/pdf/sioxsys4_uk.pdf>. 5.11.2005. Luettu 27.8.2019.
- 38 BACnet MS/TP Overview Manual. 2005. Verkkoaineisto. Neptronic. <<http://neptronic.ca/Controls/PDF/EVC/BACnetModbus/BACnet%20MSTP%20Overview%20Manual-160405.pdf>>. 16.4.2005. Luettu 27.8.2019.
- 39 Metasys N2 Communications Protocol Operating Instructions. Verkkoaineisto. 2009. Trane. <https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/controls/equipment-controls/HVAC-Controls/VFD/TR200/Documents/BAS-SVX26B-EN_Metasys_N2.pdf>. 11/2019. Luettu 4.9.2019.
- 40 EtherNet/IP. Verkkoaineisto. ABB. <<https://new.abb.com/drives/fi/liitettavyys/kenttavaylayhteydet/ethernet-ip>>. Luettu 4.9.2019.
- 41 EtherNet/IP-koneratkaisu. Verkkoaineisto. Omron. <<https://industrial.omron.fi/fi/solutions/product-solutions/ethernet-ip-machine-solution>>. Luettu 4.9.2019.
- 42 Introducing the power of PLC. Verkkoaineisto. Landis+Gyr. <<https://eu.landisgyr.com/introducing-the-power-of-plc>>. Luettu 7.10.2019.
- 43 Etäluennan tiedonsiirtotekniikat ja terveysvaikutukset. Verkkoaineisto. Turku Energia. <<https://www.turkuenergia.fi/sahkoverkko/sahkoliittyma-ja-sahkonmittaus/sahkonmittaus/etaluennan-tiedonsiirtotekniikat-ja-terveysvaikutukset/>>. Luettu 12.9.2019.
- 44 Liposcak, Zdravko & Bošković, Marin. 2013. Survey of smart metering communication technologies. Verkkoaineisto. <https://www.researchgate.net/publication/261197802_Survey_of_smart_metering_communication_technologies>. 7/2013. Luettu 20.8.2019.

Kamstrupin ohje READY-sovelluksen käytöstä

How it works

READY App is intuitive and easy to use. Reading meters and synchronising data with READY Manager is a completely smooth process.

Data is synchronised wirelessly between READY App and READY Manager by pressing the "Send/Receive" button in READY App.

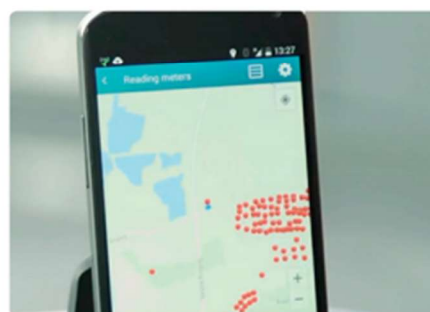
The reading of the meters can then be started by pressing "Read meters" in the start page of READY App.

With the addition of T1 OMS into READY Manager and READY App it is also possible to perform the following actions for non-Kamstrup meters that are T1 OMS compliant and verified by Kamstrup.



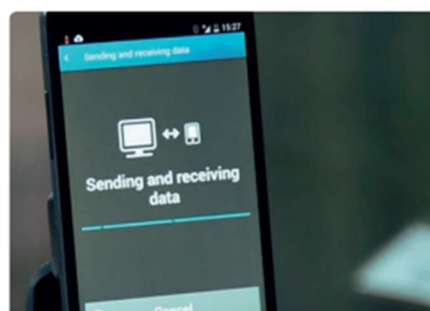
During the reading, an integrated Google Maps module (for China Baidu maps) in READY App shows the meters that have not yet been read making the reading very simple and efficient.

As soon as the meters are read, they disappear from the map which provides the operator with a clear picture of the remaining meters' positions. The map functions both as an indicator of the remaining meters and as navigation help during the reading. The reading continues during conversations, but can also be put on hold and continued later.



When the meters have been read, a single push on the button "Send/Receive" makes the data available in READY Manager.

This module ensures that the operator reading the meters can continue with other tasks without having to return to the office to transfer data.



Kamstrupin kuvaaja väyläratkaisujen vahvuuksista

Smart water metering relative comparison*

* In the context of our battery powered
water meters with 16 years lifetime

Ability to transmit data with
low power consumption



Coverage and
communication range



Possibility to enhance
coverage



Immune to interference
from other devices



Suitable for billing



Suitable for basic
data analytics



Suitable for near real time
data analytics



Esimerkki mittarointitasoista
Mittaroinnin perustaso, taulukko 1.

Sähköenergia	Lämpöenergia	Jäähdytysenergia	Vedenkulutus
Rakennuksen päämittaus	Rakennuksen päämittaus	Rakennuksen päämittaus	Rakennuksen päämittaus
Kiinteistösähkön mittaus			
Käyttäjäsähkön mittaus			
IV-järjestelmien sähkönkulutus	IV-verkoston lämmönkulutus		
	Lämmitysverkoston lämmönkulutus		
Kylmäntuottojärjestelmien sähkönkulutus			
Suurkuluttajakohtainen sähkönkulutus			Suurkuluttajakohtainen vedenkulutus
Vuokrattavien tilojen sähkönkulutus			Vuokrattavien tilojen vedenkulutus
Asuin- ja liikehuoneistojen sähkönkulutus (Valtioneuvoston asetus 66/2009)			

Tapauskohtaisesti harkittava lisämittarointi, taulukko 2.

Sähköenergia	Lämpöenergia	Jäähdytysenergia	Vedenkulutus
Sähkön laatumittaukset			
	Verkostokohtainen lämmönkulutus	Verkostokohtainen kylmänkulutus	
			Lämpimän käyttöveden kokonaiskulutus
Iv-kojekohtainen sähkönkulutus	Iv-kojekohtainen lämmönkulutus	Iv-kojekohtainen kylmänkulutus	
Valaistusjärjestelmän sähkönkulutus			
Kylmäntuottojärjestelmäkohtainen sähkönkulutus		Kylmäntuottojärjestelmäkohtainen kylmäntuotto	
	Vuokrattavien tilojen lämmönkulutus	Vuokrattavien tilojen kylmänkulutus	
Vuokralaisten yhteistilojen sähkönkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen lämmönkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen kylmänkulutus	Vuokralaisten yhteistilojen vedenkulutus
Maa- ja ilmalämpöpumppujen sähkönkulutus	Maa- ja ilmalämpöpumppujen lämmöntuotto	Maa- ja ilmalämpöpumppujen kylmäntuotto	
Muun uusiutuvan energialähteen sähkönkulutus ja -tuotto	Muun uusiutuvan energialähteen lämmöntuotto	Muun uusiutuvan energialähteen kylmäntuotto	