



# Suunnitteluohje julkisten kiinteistöjen kulutusmittarointiin

Tommi Suni

OPINNÄYTETYÖ  
Tammikuu 2024

Talotekniikan ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan ylempi tutkinto-ohjelma

SUNI, TOMMI:  
Suunnitteluohje julkisten kiinteistöjen kulutusmittarointiin

Opinnäytetyö 93 sivua, joista liitteitä 24 sivua  
Tammikuu 2024

---

Työn tavoitteena oli kehittää Oulun Tilapalvelut -liikelaitoksen kulutusmittarointia laatimalla suunnitteluohje, jota voitaisiin hyödyntää rakennushankkeiden suunnittelun ohjauksessa. Työssä selvitettiin kulutusmittaroinnin tarpeen mukainen laajuus ja tekninen toteutustapa tilaajan päämassan muodostavissa rakennustyypeissä. Lisäksi työssä pohdittiin vaihtoehtoja kulutusmittausdatan hyödyntämiselle ja kehitettiin kulutusmittaroinnin käyttöönottoprosessia.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kvalitatiivisia menetelmiä vähän strukturoitujen teemahaastattelujen muodossa. Teemahaastatteluilla hankittiin tietoa tilaajan asiantuntijoilta ja projektihenkilöstöltä, energia- ja vesilaitokselta, kaupungin vuokratilayhtiöltä sekä laitetoimittajilta. Tilaajan haastatteluilla selvitettiin kulutusmittaroinnin kehittämiseen liittyvät tarpeet energianhallinnan ja rakennushankkeiden suunnittelun ohjauksen näkökulmasta. Ulkopuolisten asiantuntijoiden ja laitetoimittajien haastatteluilla selvitettiin erityisesti mittareiden sekä niiden tiedonsiirron ominaisuuksia. Teemahaastattelujen lisäksi käytettiin kirjallisuusselektiön menetelmiä aihepiirin olemassa olevan tutkimustiedon kartoittamiseksi.

Työn tuloksena laaditaan kulutusmittaroinnin suunnitteluohje, joka kuvaa tilaajan kulutusmittaroinnin tavoitetilan ja sen täyttävät malliratkaisut. Suunnitteluohjeessa esitetään mitattavat kulutuskohteet, käytettävät mittarityypit ja tiedonsiirtoväylät sekä mittareilta luettava data ja sen hyödyntäminen. Jatkokehitysaikana mittausdatan hyödyntämistä kiinteistöjen käytön ohjaukseen ja kunnossapitoon voisi kehittää edelleen.

---

Asiasanat: kulutusmittarointi, energiamittarointi, mittarointijärjestelmä, energianhallinta, energiaohtaminen

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Building Services Engineering

SUNI, TOMMI:  
Design Guide for Consumption Metering in Public Buildings

Master's thesis 93 pages, appendices 24 pages  
January 2024

---

The objective of the thesis was to develop client's consumption metering by creating a design guide which could be used in construction projects. The optimal setup and configuration for consumption metering in client's main building types was established in the thesis. Alternative ways to use metering data were also considered.

The research was carried out as qualitative research using semi-structured theme interviews. Information was gathered from client's experts and project organization, public heat, water and electricity suppliers, local public housing and meter suppliers. Client was interviewed the needs for developing consumption metering from the perspective of energy management and project organization. Metering technology and communication protocols were discovered by interviewing third party experts and suppliers. Also means of literary research were applied to discover existing studies on the subject.

As a result, a design guide will be written to describe client's desired configuration of consumption metering. The guide will include metered processes, meter types, communication protocols and processing of gathered data. Processing of metering data for building maintenance would be useful to develop further.

---

Key words: consumption metering, metering system, energy management

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	7
1.2	Tutkimusmenetelmät ja suoritusvaiheet .....	8
2	RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUTTA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ .....	10
2.1	EU-lainsäädäntö.....	10
2.2	Kansallinen lainsäädäntö .....	11
2.3	Vapaaehtoiset sopimukset .....	12
2.4	Kulutusmittauksia koskeva lainsäädäntö.....	13
3	MITTAROINTIJÄRJESTELMÄ.....	16
3.1	Mittaustekniikka.....	17
3.2	Mittausjärjestelmän tiedonsiirto .....	22
3.3	Mittausjärjestelmän ulkoiset rajapinnat .....	26
3.4	Mittausjärjestelmän hyödyntäminen .....	29
4	ENERGIANHALLINTA OULUN TILAPALVELUT -LIKELAITOKSESSA 34	
4.1	Energiansäästötavoitteet.....	34
4.2	Energianhallinnan nykytila .....	36
4.3	Suunnittelun ohjauksen nykytila .....	39
5	MITTAROINTIJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN OULUN TILAPALVELUT -LIKELAITOKSELLE .....	42
5.1	Mittaustekniikka.....	43
5.2	Mittausjärjestelmän tiedonsiirto .....	47
5.3	Mittausjärjestelmän ulkoiset rajapinnat .....	53
5.4	Mittaukset kulutuslajin mukaan .....	53
5.5	Mittaukset käyttötarkoituksen mukaan .....	55
5.6	Laskennalliset mittaukset .....	55
5.7	Suorituskyvyn seuranta .....	56
5.8	Mittarointijärjestelmän käyttöönottoprosessi .....	58
6	KULUTUSMITTAROINNIN SUUNNITTELUOHJE.....	60
7	POHDINTA .....	61
	LÄHTEET .....	63
	LIITTEET .....	70
	Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje .....	70
	Liite 2. Pääkaaviot.....	85
	Liite 3. Toimintakaavio .....	88

Liite 4. Paikannuskaavio .....	91
Liite 5. Tiedonsiirtokaavio .....	92
Liite 6. Mittaritaulukko .....	93

**LYHENTEET JA TERMIT**

COP	Coefficient of performance, lämpöpumpun lämpökerroin
EED	Energy efficiency directive, energiatehokkuusdirektiivi
EER	Energy efficiency ratio, lämpöpumpun kylmäkerroin
ENERKEY	Energianhallintajärjestelmän toimittaja
EPBD	Energy performance of buildings directive, rakennusten energiatehokkuusdirektiivi
ESCO	Energy service company, energiansäästöhankehen hankemuoto
HAN	Home area network, sähköpäämittarin paikallinen tiedonsiirtoväylä
IOT	Internet of things, esineiden internet
KETS	Kuntien energiatehokkuussopimus
LoRaWAN	Long range wide area network, radioverkkoa hyödyntävä IoT-tiedonsiirtoprotokolla
MID	Measuring instruments directive, mittauslainedirektiivi
MODBUS	Kiinteistöautomaatiossa yleinen tiedonsiirtoprotokolla
M-BUS	Meter-Bus, kulutusmittaukseen kehitetty tiedonsiirtoprotokolla
REST	Representational state transfer, HTTP-protokollaan perustuva ohjelmointirajapinta
SEER	Seasonal energy efficiency ratio, lämpöpumpun vuotuinen kylmäkerroin
SFP	Specific fan power, puhaltimen ominaissähköteho
SOAP	Simple object access protocol, standardoitu XML-kieleen perustuva ohjelmointirajapinta
SPF	Seasonal performance factor, lämpöpumpun vuotuinen lämpökerroin
WM-BUS	Wireless Meter-Bus, langaton kulutusmittaukseen kehitetty tiedonsiirtoprotokolla

## 1 JOHDANTO

Kunnat, yritykset ja muut suuret kiinteistönomistajat ovat sitoutuneet toiminnassaan vähentämään energiankulutusta sekä hiilidioksidipäästöjä lainsäädännön lisäksi myös vapaaehtoisin tavoittein. Fossiilisen energian hinta on ollut viime vuosina kasvussa ja erityisesti Ukrainan sodan seurauksena energiasta on tullut ennennäkemättömän kallista. Kipukynnykselle kasvaneet energiakustannukset kannustavat kiinteistönomistajia etsimään säästötoimenpiteitä entistä tiukemalla kammalla. Haasteena on, että energiansäästötyötä on tehty jo vuosien ajan ja suurin osa helposti toteutettavista säästötoimenpiteistä on jo toteutettu. Energiansäästökohteiden löytäminen on siis tullut vuosien mittaan yhä vaikeammaksi. Toisena haasteena on energiajohtamiseen tarvittavan tiedon tai sen jalostamisen puute. Kiinteistöjen energiankulutuksesta ei saada riittävän kattavaa ja yksilöityä mittausdataa tai jos saadaan, sitä ei hyödynnetä.

Jotta energiansäästötavoitteet voidaan saavuttaa, tarvitaan kohdennettua ja entistä tarkempaa tietoa kiinteistöjen energiankäytöstä ja sen kehityskohteista. Tietoa voidaan tuottaa tarkoituksenmukaisilla, hyvin suunnitelluilla ja toteutetuilla kulutusmittauksilla. Lisäksi tähän asti hyödyntämätön mittausdata tulee valjastaa käyttöön ja kehittää sille uusia käyttötapoja.

Työn tilaajalla Oulun Tilapalvelut –liikelaitoksella on tunnistettu tarve kehittää kulutusmittarointia. Nykytilanteessa tilaajan kiinteistöjen kulutusmittarointiin ei ole yhtenäisiä periaatteita eikä mittaroinnilla tuotettavan datan hyödyntämisestä ole suunnitelmaa. Kulutusta tarkkaillaan vain kokonaistasolla energialajeittain eikä alamittauksia hyödynnetä, mikäli niitä on rakennettu.

### 1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on laatia Oulun Tilapalvelut -liikelaitokselle kulutusmittaroinnin suunnitteluohje, jota voidaan hyödyntää uudisrakentamisessa, peruskorjaushankkeissa sekä soveltaen nykyisessä rakennuskannassa.

Tutkimuskysymyksiä käsitellään, miten energiankulutusta on tarkoituksenmukaisesti mitata tilaajan kiinteistöissä, miten mittarointijärjestelmä kannattaa teknisesti toteuttaa ja miten alamittausten kulutusdataa voidaan hyödyntää energianhallinnassa. Tutkimuskysymysten kohteet rajautuvat tilaajan kiinteistökannassa päämassan muodostaviin rakennustyyppeihin, eli kouluihin, päiväkoteihin ja monitoimitaloihin. Työssä ei tutkita varsinaisia energiansäästötoimenpiteitä tai syvennyttä kulutusmittareiden mittaustekniikkaan.

Tutkimuksessa selvitetään kulutusmittaroinnin tarpeenmukainen laajuus energianhallinnan näkökulmasta sekä mittaroinnin tekninen toteutustapa. Työssä valitaan myös käytettävät tiedonsiirtoprotokollat, käsitellään järjestelmän ulkoista tiedonsiirtoa sekä esitetään vaihtoehtoja mittaroinnin tuloksena syntyvän datan hyödyntämiselle. Lisäksi tutkimuksessa kehitetään rakennushankkeiden kulutusmittaroinnin käyttöönottoprosessia, jotta kohteiden käyttöönotto ja luovutus energianhallinnalle tapahtuu sujuvasti.

Työn lopputuloksena on rakennushankkeiden suunnittelua ohjaava asiakirja, joka kuvaa perusratkaisut, joilla tilaajan kiinteistöjen energiankulutusta voidaan seurata tarkoituksenmukaisella tavalla kulutuksen analysoimista ja energianhallintaa varten.

## **1.2 Tutkimusmenetelmät ja suoritusvaiheet**

Tutkimusmenetelminä käytetään kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmistä kirjallisuusselvitystä sekä vähän strukturoituja teemahaastatteluja. Kirjallisuusselvitystä käytetään aihepiirin olemassa olevan tutkimusmateriaalin kartoittamiseen. Teemahaastatteluja käytetään tilaajan tarpeiden kartoittamiseen sekä mittarointijärjestelmän teknisen toteutuksen selvittämiseen.

Tutkimusaiheesta löytyy runsaasti tutkimuksia, jotka käsittelevät kulutusmittauksia tietyltä osa-alueelta tai näkökulmasta. Tutkimukset, joissa kulutusmittarointia

ja sillä tuotettavan tiedon hyödyntämistä käsitellään laaja-alaisesti kiinteistön-  
omistajan näkökulmasta vaikuttavat puolestaan olevan harvinaisia.

## 2 RAKENNUSTEN ENERGIAEHOVUUTTA OHJAAVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Kaiken energiatehokkuustyön taustalla on ilmastonmuutoksen hillitseminen, johon on sitouduttu kansainvälisin sopimuksin, viimeisimpänä vuonna 2016 voimaan astuneella Pariisin sopimuksella (Kansainvälinen ilmastopolitiikka n.d.). EU:n tavoitteet perustuvat näihin kansainvälisiin sopimuksiin ja kansallinen lainsäädäntö on puolestaan johdettu EU:n tavoitteista (Euroopan unionin ilmastopolitiikka n.d.; Ilmastolainsäädäntö n.d.).

### 2.1 EU-lainsäädäntö

EU:ssa jäsenmaiden lainsäädäntöä ohjataan direktiiveillä, joiden sisältö tulee saattaa osaksi jäsenmaiden lainsäädäntöä. Lainsäätäjälle on annettu vapaus määrittää ne keinot, joilla direktiivien vaatimukset täytetään. Uusia säädöksiä ei toisaalta tarvita, mikäli jäsenmaan lainsäädäntö täyttää vaatimukset jo valmiiksi. Tärkeimpiin energiatehokkuutta ohjaaviin direktiiveihin lukeutuu ekosuunnittelu-direktiivi, energiatehokkuusdirektiivi sekä rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. (Direktiivit 2020.)

Ekosuunnitteludirektiivi ohjaa muun muassa taloteknisten laitteiden energiatehokkuusvaatimuksia (Ekosuunnitteludirektiivi 2020). Energiatehokkuusdirektiivi (EED) ohjaa energiatehokkuustavoitteita koko EU:ssa kuten myös kansallisella tasolla. Direktiivissä säädetään lisäksi kansalliset energiansäästövelvoitteet ja energiatehokkuuden edistämistoimet (Energiatehokkuusdirektiivi 2022). Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) tavoitteena on puolestaan hillitä ilmastonmuutosta parantamalla rakennusten energiatehokkuutta ja pyrkimällä vähähiilisyyteen. Direktiiviä sovelletaan sekä uudis- että korjausrakentamiseen. (Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2023.)

EU tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Vuonna 2021 parlamentti hyväksyi ilmastolain, jolla aiempi Euroopan vihreän kehityksen ohjelman mukainen poliittinen tahtotila hiilineutraaliudesta muutettiin jäsenmaita sitovaksi

velvoitteeksi. Samalla vuoden 2030 päästövähennystavoitteita kiristettiin 40 prosentista 55 prosenttiin. (EU:n ilmastolaki: parlamentti... 2021.) Tällä hetkellä sekä energiatehokkuusdirektiiviä että rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä ollaan päivittämässä Euroopan komission ehdotuksesta vastaamaan uutta 55-ilmastopakettia, jolla tavoitellaan kyseistä 55 prosentin päästövähennystä vuoteen 2030 mennessä. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosehdotuksessa toimenpiteiksi on kirjattu uusien rakennusten nollapäästöisyys vuoteen 2030 mennessä sekä olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen nollapäästöiseksi vuoteen 2050 mennessä. (Komissio täydentää EU:n... 2021.)

## **2.2 Kansallinen lainsäädäntö**

EU-direktiivien kansallinen toimeenpano on toteutettu maankäyttö- ja rakennuslailla, sen nojalla annettavilla valtioneuvoston ja ympäristöministeriön asetuksilla sekä tietyillä erikseen säädetyillä laeilla ja toimenpiteillä. Suomessa rakentamisen energiatehokkuuden kannalta keskeiset säädökset on koottu ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelmaan. Muita oleellisia energiatehokkuuteen vaikuttavia erillissäädöksiä ja ohjaustoimia ovat esimerkiksi laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä (733/2020), ympäristöministeriön asetus eräiden rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokkuuden vaatimuksista (718/2020) ja Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. (Rakennusten energiatehokkuus n.d.)

Nykyinen maankäyttö- ja rakennuslaki on tullut voimaan vuonna 2000 ja sitä on päivitetty vuosien aikana useaan otteeseen. Lain soveltamisala on muuttunut oleellisesti ajan mittaan ja tarpeelliseksi havaittu kokonaisuudistus on ollut käynnissä jo vuodesta 2018 asti. (MRL-kokonaisuudistus n.d.) Säädöstyö on saatu päätökseen ja eduskunta on hyväksynyt hallituksen vireillä olleen esityksen uudesta rakennuslaista 1.3.2023. Laki tulee voimaan vuoden 2025 alusta ja sen tarkoitus on hillitä ilmastonmuutosta ohjaamalla rakentamista kohti hiilineutraaliutta. Kokonaisuudistukseen liittyen eduskunta hyväksyi myös nykyisen maan-

käyttö- ja rakennuslain muutoksen ja lain rakennetun ympäristön tietojärjestelmästä. Muutoksilla pyritään sujuvoittamaan rakentamista, parantamaan sen laatua ja edistämään digitalisaatiota yhteismitallisten tietomallien käytön avulla. (Eduskunta hyväksyi rakentamisen... n.d.)

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050 on laadittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallista toimeenpanoa varten. Sen tavoitteena on vähentää vuoteen 2020 mennessä valmistuneiden rakennusten hiilidioksidipäästöjä 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Strategiassa esitetään keinot, joilla tavoite saavutetaan kohteena olevassa rakennuskannassa, miten toimenpiteet rahoitetaan sekä poliittiset toimenpiteet, joilla rakennusten energiakorjauksia ja vähähiilisyttä edistetään. (Suomen pitkän aikavälin... n.d.)

Suomen hallitusohjelman tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius jo ennen EU:n tavoitteita, vuoteen 2035 mennessä, jolloin Suomi olisi samalla ensimmäinen hiilineutraali yhteiskunta (Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti... n.d.). Hallituksen vuonna 2022 laatimassa energia- ja ilmastostrategiassa määritellään keinot, joilla EU:n vuoden 2030 ilmastotavoitteet sekä kansallinen 2035 hiilineutraaliustavoite saavutetaan. Strategiassa on myös keskeisesti huomioitu Ukrainan sodan myötä ajankohtaiseksi tullut irtaantuminen venäläisestä uusiutumattomasta energiasta. (Hiilineutraali Suomi 2035 2022, kuvailulehti.)

### **2.3 Vapaaehtoiset sopimukset**

Vapaaehtoiset energiatehokkuussopimukset ovat valtion ja toimialojen yhteisesti valittu keino täyttää EU:n asettamat velvoitteet energiankäytön tehostamiselle. Vapaaehtoisuudella on pystytty välttämään uuden kansallisen lainsäädännön tai muiden pakotekeinojen laatiminen tavoitteiden saavuttamiseksi. Vapaaehtoista toimintaa on järjestetty jo vuosien ajan, kunnat ja yritykset ovat olleet energiatehokkuussopimuksissa mukana 1990-luvulta asti. Energiatehokkuussopimukset koskevat elinkeinoelämää, kunta-alaa, kiinteistöalaa ja lämmityspolttonesteiden jakelutoimintaa. Sopimusten alle on kullekin toimialalle muodostettu oma toimenpideohjelmansa. (Energiatehokkuussopimukset n.d.)

## 2.4 Kulutusmittauksia koskeva lainsäädäntö

Kiinteistöjen kulutusmittausten rakentamista ja käyttämistä laskutukseen ohjataan seuraavilla kansallisilla säädöksillä:

- Energiatehokkuuslaki (30.12.2014/1429)
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017)
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (1047/2017)
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen 2 ja 10 §:n muuttamisesta (814/2020)
- Valtioneuvoston asetus lämmityksen, jäähdytyksen ja veden kulutus- ja laskutustiedoista ja kustannusten jakamisesta (254/2021)

Kulutusmittareiden ominaisuuksista puolestaan säädetään mittauslaitedirektiivissä MID (2014/32/EU), mittauslaitelaisissa (707/2011) sekä valtioneuvoston asetuksessa mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista (1432/2016).

Mikäli kulutusmittareita halutaan käyttää laskutuksen perusteena, tulee niiden täyttää mittauslaitelain vaatimukset (Kulutusmittarit n.d.). Mittarin valmistaja sekä osaltaan maahantuoja ja jälleenmyyjä vastaavat siitä, että tuotteen vaatimustenmukaisuus on osoitettu (Mittauslaitteiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen n.d.). Vaatimustenmukaisuus osoitetaan mittauslaitedirektiivissä esitetyllä arviointimenettelyllä (Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista 1432/2016).



Kuva 3. MID-hyväksynnästä kertova vaatimustenmukaisuusmerkintä (Mittauslaitteiden merkinnät n.d.)

Säädöksien mukaan kauko- ja aluelämpöön tai -jäähdytykseen liitettävät kiinteistöt tulee varustaa etäluettavalla energiamittarilla (Energiatehokkuuslaki 30.12.2014/1429). Lisäksi rakennuksen energiankäyttöä tulee voida seurata tärkeimpien kulutuskohteiden ja koko rakennuksen osalta tai seurantaan tulee olla helposti toteutettavissa oleva valmius (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017).

Asuinrakennuksissa ja monikäyttöisissä rakennuksissa energianmyyjän tulee tuottaa kulutustiedot loppuasiakkaan saataville vähintään kerran kuukaudessa. Lisäksi energian myyjän tulee toimittaa loppuasiakkaalle vähintään kerran vuodessa laskutuksen yhteydessä tietoa muun muassa toimitetun energian lähteistä ja päästöistä sekä vertailutietoa asiakkaan kulutuksesta. Mikäli huoneistolla on oma energiamittari ja loppukäyttäjä ei ole loppuasiakas, tulee loppuasiakkaan tuottaa vastaavat tiedot loppukäyttäjän saataville. (Valtioneuvoston asetus lämmityksen, jäähdytyksen ja veden kulutus- ja laskutustiedoista ja kustannusten jakamisesta 254/2021.)

Rakennus tulee varustaa etäluettavilla huoneistokohtaisilla kylmän ja lämpimän veden vesimittareilla, joita on mahdollista käyttää laskutukseen (Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärilaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen 2 ja 10 §:n muuttamisesta 814/2020). Asuinrakennuksissa ja monikäyttöisissä rakennuksissa kylmän ja lämpimän veden kulutus on toimitettava eriteltynä kuukausittain. Laskutuksen yhteydessä on lisäksi annettava muun muassa vertailutietoa käyttäjän kulutuksesta. (Valtioneuvoston asetus lämmityksen, jäähdytyksen ja veden kulutus- ja laskutustiedoista ja kustannusten jakamisesta 254/2021.)

Erityisen ajankohtaisena aiheena sähkön käyttöpaikkakohtaisessa mittauksessa ollaan siirtymässä 15 minuutin taseselvitysjaksoon, joka otetaan käyttöön

22.5.2023. Muutos liittyy energiajärjestelmän murrokseen ja sähkön markkinamallin päivitykseen yhteensopivaksi aiempaa voimakkaammin vaihtelevan, säästä riippuvan tuotantorakenteen kanssa. (Varttitase eli 15... n.d.)

### 3 MITTAROINTIJÄRJESTELMÄ

Mittarointijärjestelmällä tarkoitetaan rakennuksen kulutusmittaukset yhteen koavaa järjestelmää, joka koostuu yksinkertaisimmillaan mittareista, tiedonsiirtoväylistä sekä mittareilla tuotetun kulutusdatan keräävästä keskusyksiköstä.

Järjestelmän rakenne riippuu mitattavan rakennuksen prosesseista, mitattavista kulutuslajeista, käytettävistä mittarityypeistä, niiden edellyttämästä tiedonsiirtotekniikasta ja väylärakenteesta, kulutusdatan keräävästä keskusyksiköstä sekä sen käyttöliittymästä ja mahdollisista liitännöistä energianseurantajärjestelmiin. Kulutusdata voidaan lukea paikan päällä keskusyksiköstä liittymällä siihen esimerkiksi fyysisesti kannettavalla tietokoneella, langattomasti mobiililaitteella, lukemalla tieto esimerkiksi autolla ohi ajaen, internetin yli etäyhteydellä tai pilvipalvelimelta. Keskusyksikkö voi olla myös kiinteistöautomaation alakeskus, jolloin kulutusmittaukset liitetään osaksi rakennuksen automaatiojärjestelmää. Automaatiojärjestelmästä kulutusdata voidaan siirtää erilliseen energianhallintajärjestelmään tai automaatiojärjestelmässä voi olla myös oma, energianhallintaa varten kehitetty lisäosa tai –palvelu, jolloin erillistä energianhallintajärjestelmää ei tarvita.

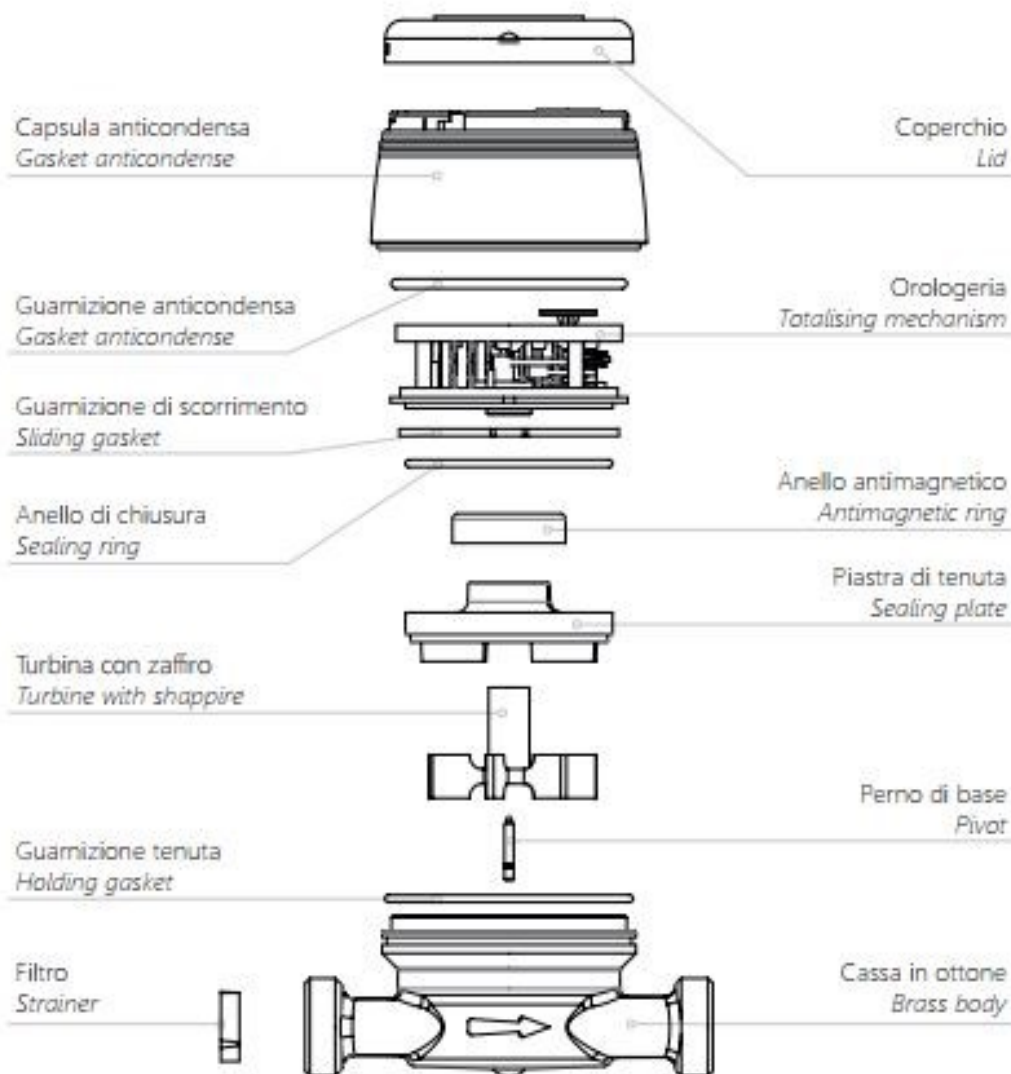
Mittarointijärjestelmän yleisinä vaatimuksina voidaan pitää, että mittausten tulee toimia riittäväällä tarkkuudella, tarkoituksenmukaisella luenta- ja tallennusväylillä sekä luotettavasti.

Tiedon hankkimiseksi erityisesti vesimittareista ja tiedonsiirtoväylistä haastateltiin kaupungin vuokratyöyhtiötä Sivakkaa sekä useita laitetoimittajia. Haastattelut toteutettiin kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmillä, vähän strukturoituna teema-haastatteluina. Haastateltaville annettiin ennalta tiedoksi käsiteltävät aiheet, mutta haastattelun kulku oli muuten vapaa. Haastatteluista laadittiin muistiot. Haastatteluihin on viitattu luvuissa 3.1 ja 3.2.

### 3.1 Mittaustekniikka

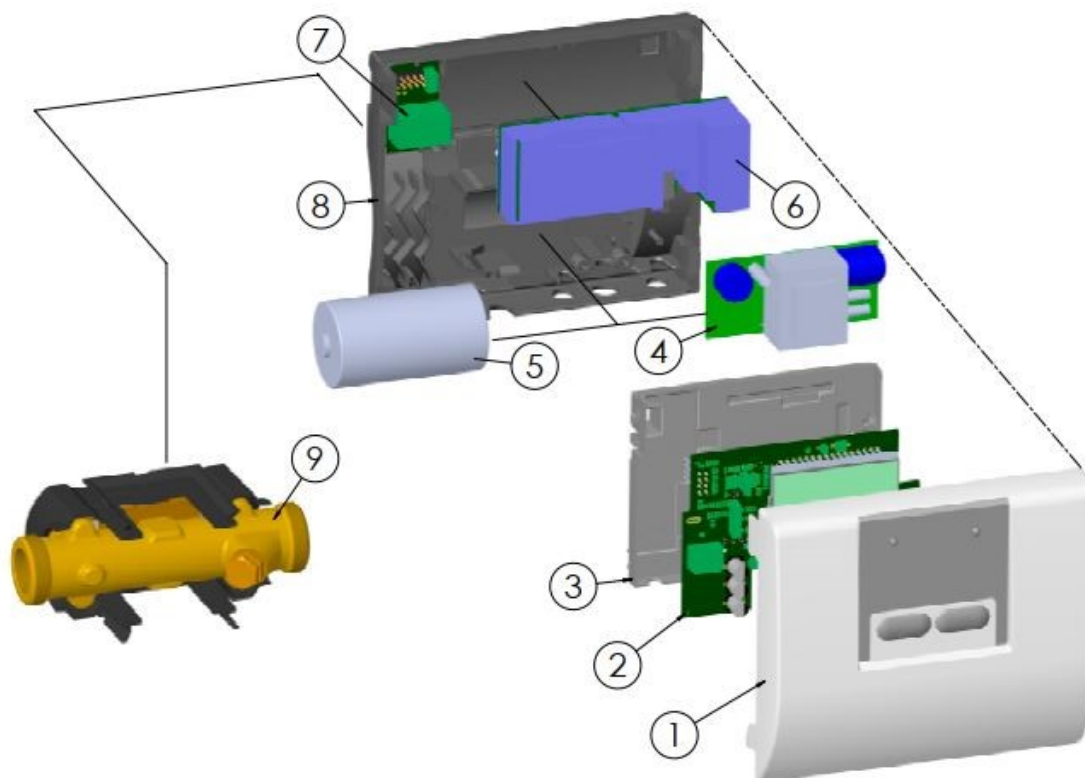
Tässä tutkimustyössä käsitellään virtaavan väliaineen mittaukseen käytettäviä käyttövesi- ja lämpöenergiamittareita. Sähkömittareita käsitellään vain yleisellä tasolla osana mittarointijärjestelmää.

Virtaavan väliaineen kulutusmittarit voidaan jakaa pääsääntöisesti kahteen tyyppiin, mekaanisiin mittareihin sekä ultraäänimittareihin. Mekaanisten mittareiden toimintaperiaatteena on muuttaa virtaavan veden liike siipipyörän tai turbiinin avulla laskurin liikkeeksi. Mittaustulos voidaan lukea suoraan mittarin näytöltä laskijalaitteelta. Perusrakenteeltaan mittari on mekaaninen laite, joka ei tarvitse elektroniikkaa virtaaman määrittämiseen. Mittarin rakenne on esitetty kuvassa 1. Mittarin toimintatapa rajoittaa mittauksen tuottamaa informaatiota, sillä se pystyy tuottamaan ainoastaan kumuloituvaa virtaustietoa.



Kuva 1. Mekaanisen vesimittarin rakenne (BMeters GSD8-I n.d., 13).

Ultraäänimittarin toiminta perustuu puolestaan äänen etenemiseen virtaavassa väliaineessa. Mittari koostuu mittausputkesta antureineen sekä erillisestä elektronisesta laskijalaitteesta. Mittarissa ei siis ole liikkuvia osia, mutta mittaus vaatii virtalähteen ja laskentatehoa. Mittarin rakenne on esitetty kuvassa 2. Ultraäänimittari pystyy tuottamaan mekaanista mittaria enemmän tietoa kulutuksesta eri ajan hetkinä ja tallentamaan kulutusdataa mittarin sisäiseen muistiin. Mittarissa voi olla myös sisäänrakennettuja vuotovalvonnan hälytystoimintoja. Lämpöenergian mittaamiseen tarkoitetuissa ultraäänimittareissa on virtausmittauksen lisäksi meno- ja paluuvien lämpötilan mittaus tehon ja energian määrittämiseksi.



- 1 Kansi, etupaneelin painikkeet ja laserkaiverrus
- 2 PCB ja mikro-ohjain, flow-ASIC, näyttö jne.
- 3 PCB-kansi (saa avata vain valtuutetussa laboratoriossa)
- 4 Laitteeseen voidaan asentaa joko virtalähde...
- 5 ...tai paristo
- 6 Datamoduuli, esim. M-Bus
- 7 Lämpötila-anturien liitäntä
- 8 Pohja
- 9 Virtausanturi (IP68)

Kuva 2. Ultraäänimittarin rakenne (Kamstrup Multical 403 2023, 3)

Vesimittareina käytetään yleisesti mekaanisia mittareita ja ultraäänimittareita. Lämpöenergian mittaamiseen käytetään talotekniikan sovelluksissa yksinomaan ultraäänimittareita.

Mekaanisen vesimittarin etuna on, että se ei ole riippuvainen paristosta käyttäjännitteestä. Tiedonsiirtoon tarvittavan M-Bus-moduulin pariston tarkoitus on ainoastaan turvata tiedon säilyminen jännitekatkoissa eikä mittarin toiminta siis lakkaa pariston loppuessa. Mekaaninen mittari ei myöskään ole herkkä ilmakuplille, toisin kuin ultraäänimittari. Mekaanisen mittarin haasteina on tarkkuus nopeissa virtauksenmuutoksissa, joihin mittari reagoi pienellä viiveellä. Mekaaninen

mittari on lisäksi altis kulumiselle ja veden laadulle, millä voi olla merkittävä vaikutus mittarin käyttöikään. Mekaanisesta mittarista ei myöskään saada kovin monipuolista mittaustietoa, lähinnä vain kumulatiivinen kulutus. (Kaiko 2023; Kamstrup 2023; Koka 2023.)

Ultraäänimittarin etuina on sen mekaanisia mittareita parempi mitta-alue, eli käytännössä tarkkuus pienillä virtaamilla. Ultraäänimittariin ei myöskään vaikuta mekaaninen kuluminen eikä mittari ole herkkä veden laadulle. Mittarista saadaan kumulatiivisen virtaaman lisäksi monipuolisesti tietoja kuten hetkellinen virtaama, veden ja ympäristön lämpötilat sekä erilaisia hälytyksiä. Ultraäänin mittarin haasteeksi voidaan laskea virtalähteenä toimivan pariston rajallinen käyttöikä ja mittauksen toiminnan loppuminen pariston loppuessa.

Mekaanisten vesimittareiden keskimääräisenä tekninen käyttöikä on noin 10 vuotta, mihin osaltaan vaikuttaa todellinen veden käyttö ja veden laatu. Mikäli käyttö on vähäistä ja veden laatu on hyvä, voi mittarin käyttöikä olla huomattavasti pidempi. M-Bus-tiedonsiirtomodulin varmennepariston käyttöikä on 10–12 vuotta. Paristo on yleensä kiinteä osa moduulia, joka puolestaan voi olla vaihdettavissa. Yleensä pelkkää moduulia ei kuitenkaan kannata vaihtaa kokonaistaloudellisista syistä. (Kaiko 2023; Koka 2023.)

Ainoana haastatelluista mittaritoimittajista Kamstrupilla on saatavilla vesimittareita ultraäänimittaustekniikalla ja langallisella M-Bus-tiedonsiirrolla varustettuna. Kamstrupin mittareiden tekninen käyttöikä on 16 vuotta, mihin ei vaikuta todellinen veden käyttö, sillä mittarissa ei ole mekaanisia kuluvia osia. Ultraäänimittari saa käyttöjännitteensä paristosta, jonka keston vaikuttaa mittarin luentataajuus. Pariston kestoksi luvataan M-Bus tiedonsiirrolla 16 vuotta, kun luentaväli on 1 min tai pidempi. (Kamstrup 2023.)

Mittarin käyttöikä on käytännössä siis yhtä kuin pariston käyttöikä. Pariston keston vaikuttaa käytettävä tiedonsiirtoprotokolla, lähetystiheys / luentaväli sekä ulkoiset olosuhteet kuten ympäristön lämpötila (Multical 21 Datalehti 2021). Ultraäänimittarin käyttöikäksi oletetaan tässä tutkimustyössä 10–15 vuotta, huomioiden edellä mainitut muuttujat sekä toimittajakohtaiset vaihtelut.

### **Sisäänrakennetut kulutusmittaukset**

Kulutusmittauksissa on mahdollista hyödyntää olemassa olevien laitteiden sisäänrakennettuja kulutusmittauksia. Esimerkkinä edellisestä on taajuusmuuttajien ja pumppujen sähköenergian kulutusmittaukset. Lisäksi osa taloteknisistä laitteista on varustettavissa kulutusmittauksen mahdollistavilla lisävarusteilla. Esimerkiksi talotekniikan sovelluksissa yleinen kiertovesipumppu Grundfos Magna3 voidaan varustaa erillisanturilla energiankulutuksen mittausta varten (Grundfos Magna3 n.d.).

### **Laskennalliset kulutusmittaukset**

Kulutusmittareiden määrää voidaan hieman rajoittaa yksinkertaisilla mittausjärjestelmässä suoritettavilla laskutoimituksilla. Jokaista kulutuskohdetta ei tarvitse varustaa omalla mittarilla, vaan kulutustietoja voidaan laskea muiden mittareiden kulutuslukemien perusteella. Tapaa voidaan käyttää esimerkiksi lämpimän käyttöveden energiankulutuksen laskentaan vähentämällä kaukolämmön päämittauksesta muiden lämmityspiirien kulutukset. Myös vesimittareita voidaan korvata laskennallisella mittauksella, esimerkiksi vähentämällä alamittauksia päämittauksesta saadaan selville kulutus tietylle verkoston osalle. Samaa periaatetta voidaan soveltaa sähköenergian mittauksiin. Tämä edellyttää, että lämmön, sähkön ja veden päämittaukset luetaan mittausjärjestelmään, tai kohteeseen asennetaan erillinen päämittari kiinteistön omaan käyttöön. Myös mitattavan järjestelmän fyysisen rakenteen täytyy mahdollistaa laskennallisten mittausten hyödyntämisen siten, että laskettavaksi tarkoitettu verkoston osa sisältää tosiasiaassa vain halutun kulutuskohteen.

Myös prosessien olemassa olevia, kiinteistöautomaatioon liitettyjä antureita ja lähettämiä on mahdollista käyttää kulutuslaskentaan. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneissa on yleensä valmiina kaikki lämmitysenergiankulutuksen laskentaan tarvittavat mittausanturit. Ilmanvaihtokoneen energiankulutuksen laskentaan tarvitaan yksinkertaistettuna lämpötila ennen lämmityspatteria, lämpötila lämmityspatterin jälkeen ja ilmavirta. Pekkasen (2017) mukaan ilmanvaihdon prosessiantureita

hyödyntävät laskennalliset mittaukset ovat tarkkuudeltaan käyttökelpoisia varsinkin lämmityskaudella, jolloin lämpötilaerot ovat suurimmillaan ja antureiden suhteellinen virhe pienimmillään.

### **3.2 Mittausjärjestelmän tiedonsiirto**

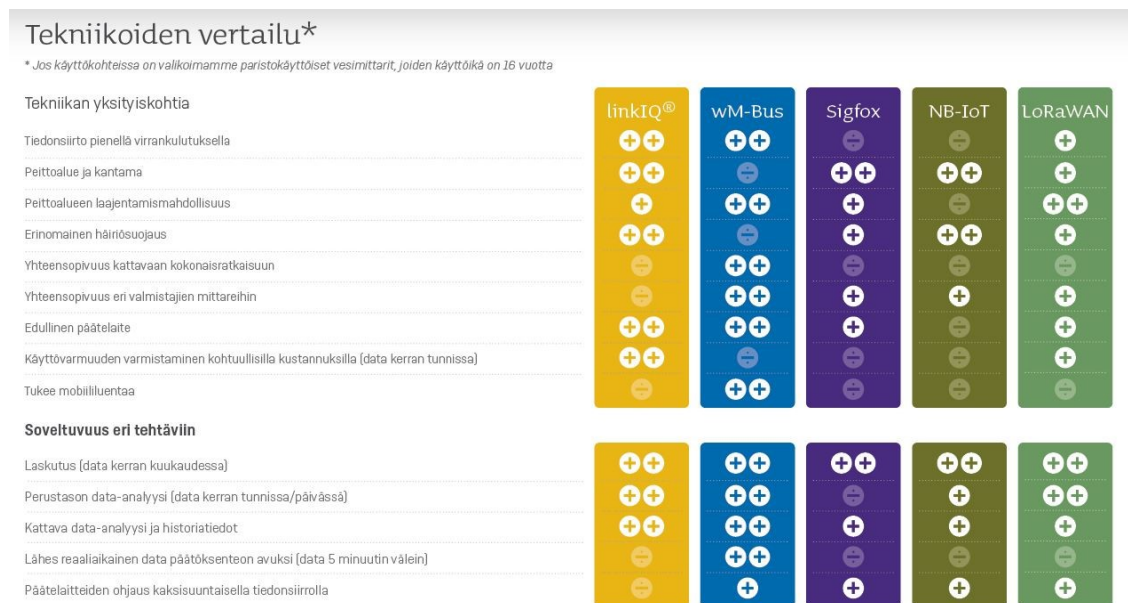
Mittarijärjestelmän paikallinen tiedonsiirto voidaan toteuttaa langallisena tai langattomana. Langallisen verkon etuina on pidetty luotettavuutta, eikä kuuluvuus aseta järjestelmässä rajoitteita. Myöskään tiedonsiirron määrällä ei ole samalla tavalla rajoitteita kuin langattomassa verkossa, jossa datamääriä joudutaan rajoittamaan mittareiden pariston keston turvaamiseksi. Langattoman järjestelmän eduiksi voidaan puolestaan laskea muuntojoustavuus ja kustannustehokkuus olemassa olevissa kiinteistöissä, joissa järjestelmää pystytään muokkaamaan ja laajentamaan helpommin kuin kiinteää verkkoa.

Langatonta järjestelmää on luontaista harkita olemassa olevien kiinteistöjen mittarointiin silloin, kun kaapelointi kohteessa on haastavaa ja työtä ei voida suorittaa ilman merkittävää häiriötä kiinteistön käyttöön. Tällöin langaton järjestelmä voi tulla välilliset kustannukset huomioituna kokonaistaloudellisesti edullisemmaksi kuin langallinen. Myös järjestelmän kuuluvuuden peittoalueiden suunnittelu on helpompaa olemassa olevassa rakennuksissa, joissa rakenteiden vaikutus signaalin voimakkuuteen voidaan käytännössä todentaa. Uudis- ja perusparannuskohteissa langattoman järjestelmän suunnittelu on haastavampaa, sillä rakenteiden vaikutukset signaalin vaimennukseen ovat todennettavissa vasta rakennuksen ollessa käytännössä valmis.

Langallinen mittausjärjestelmä koostuu fyysisestä verkosta, missä laitteet kommunikoivat kenttäväylän avulla. Väylän fyysinen rakenne riippuu käytettävästä tiedonsiirtoprotokollasta. Kiinteistöautomaatiossa yleisimmät kulutusmittauksiin käytettävät langalliset väyläprotokollat ovat Modbus RTU ja M-Bus, joista jälkimmäinen on kehitetty nimenomaan kulutusmittareiden mittaustietojen siirtämiseen (M-Bus -etäluennan suunnitteluohje 2018, 2). Tietoa voidaan siirtää langallisesti

myös perinteiseen tapaan impulssiviestinä, jolla pystytään välittämään vain kumuloituvaa kulutustietoa.

Langattomia lyhyen kantaman, eli paikallisen verkon muodostavia järjestelmiä on esimerkiksi Wireless M-Bus, WLAN, Zigbee ja Bluetooth (Tiedonsiirtotekniikat n.d.; Ilmari 2012, 8–23). Pitkän kantaman, eli olemassa olevaa infraa hyödyntäviä järjestelmiä ovat esimerkiksi radioverkkoa käyttävät IoT-tekniikat LoRaWAN ja Sigfox sekä matkapuhelinverkkoa käyttävät NB-IoT ja LTE-M (10 faktaa LoRaWAN-... n.d.; Kustannustehokkain tapa kytkeä... n.d.; NB-IoT ja LTE-M n.d.). Osaa edellä mainittujen tiedonsiirtotekniikoiden ominaisuuksia on vertailtu kuvassa 4.



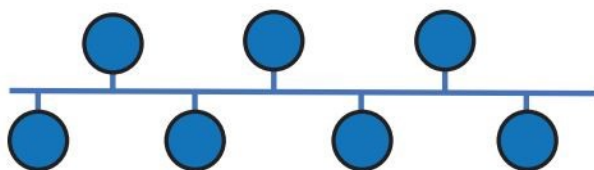
Kuva 4. Langattomien tiedonsiirtotekniikoiden vertailua (Tiedonsiirtotekniikat n.d.).

Langattomat mittausanturit vaativat toimiakseen paristot, joiden säännöllinen vaihtaminen vaatii suuressa massassa suunnitelmallista ylläpitoa. Lisäksi langattomien mittareiden tiedonsiirto on rajoitettua pariston keston turvaamiseksi, mikä voi rajoittaa mittauksen käyttötarkoitusta. Mikäli mittauksen edellytyksenä on lähes reaaliaikainen tiedonsiirto, kannattaa mittarin pariston kesto selvittää halutuilla lähetysväleillä ja arvioida pariston kestoian riittävyttä käyttötarkoitukseen.

Tässä tutkimustyössä käsitellään langattoman tiedonsiirron protokollista WM-Bus-protokollaa, joka on yleinen langattomien vesimittareiden tiedonsiirtoprotokolla. Tutkimustyön kannalta oleellisimpia tiedonsiirtoprotokollia on käsitelty tarkemmin alla.

### **Modbus RTU**

Modbus RTU on avoin, teollisuudessa ja rakentamisessa laajasti käytössä oleva tiedonsiirtoprotokolla, joka perustuu yhden primäärilaitteen ja sekundäärilaitteiden väliseen kommunikaatioon sarjaväylässä. Protokollan mukaisesti primääri-laite tekee kyselyjä sekundäärilaitteille, jotka vastaavat pyyntöihin. (ST-käsikirja 21 2022, 77–78.) Väylän fyysinen taso eli johdotus on standardin RS-485 mukainen. Väylän maksimipituus on 1000 m väylänopeudella 9600 baudia ja väylän maksimilaitemäärä on 248 kpl (Modbus over serial... 2002, 5, 27). Suositeltava väyläkaapeli on tyypiltään JAMAK tai NOMAK (Forsström 2022, 28).



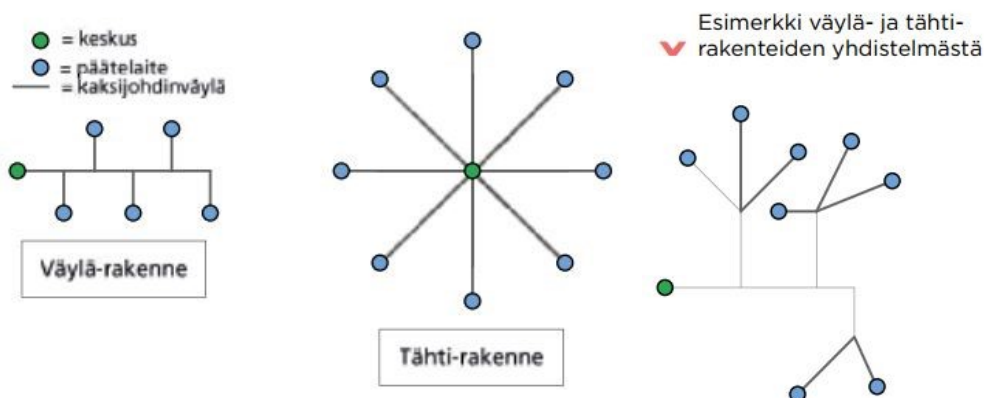
Kuva 5. Modbus-verkon väylärakenne (ST-käsikirja 21 2022, 17).

Modbus RTU:n vahvuuksia M-Busiin verrattuna on laajempi laitetuki, joka ei rajoitu pelkästään kulutusmittareihin. Väylää voidaan käyttää moneen tarkoitukseen ja siihen voidaan liittää muitakin taloteknisiä laitteita. Modbus mahdollistaa enemmän informaatiota kuin ainoastaan kulutusmittausten tiedonsiirtoon kehitetty M-Bus. Modbusin heikkoutena voidaan pitää M-Busia työläämpää väyläkaapelointia sekä käyttöönottoa. (Schneider Electric 2023).

### **M-Bus (Meter-Bus)**

M-Bus on standardeihin EN 13757-2 ja EN 13757-3 perustuva protokolla, joka on kehitetty kulutusmittauksia varten (The Standard for... n.d.). Protokolla perustuu Modbusin tavoin primääri- ja sekundäärilaitteiden väliseen kommunikaatioon. Erona Modbusiin laitteet saavat käyttöjännitteensä (39 - 24 VDC) väylästä, jolloin

erillistä syöttökaapelointia ei tarvita. Väylän maksimipituus on 4000 m yleisimmällä 2400 baudin väylänopeudella. Väyläkaapelille ei ole esitetty erityisvaatimuksia (KLM, MHS, LONAK ja muut vastaavat sopivat) eikä kaapeli vaadi erillistä häiriösuojasta. M-Bus soveltuu useimpiin verkkorakenteisiin (väylä, tähti) ja niiden yhdistelmiin. Väylään voidaan liittää satoja laitteita, mutta väylän käyttö hidastuu merkittävästi laitteiden määrän lisääntyessä. Hidastuminen voidaan ratkaista jakamalla järjestelmä useammalle keskusyksikölle, jolloin yksittäisen väylän kuormitus pienenee. (M-Bus -etäluennan suunnitteluohje 2018, 2–5.)

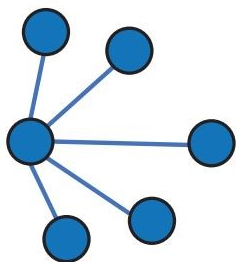


Kuva 6. M-Bus-verkon sallitut rakenteet (M-Bus -etäluennan suunnitteluohje 2018, 3).

M-Busin vahvuuksia Modbusiin verrattuna on helpompi suunniteltavuus ja kaapeloitavuus sallivamman väylärakenteen ansiosta. Heikkoutena protokolla ei mahdollista kattavaa informaation välitystä, joten se sopii kevyempiin järjestelmiin ja lähinnä kumulatiivisiin mittauksiin. (Schneider Electric 2023).

### WM-Bus (Wireless Meter-Bus)

WM-Bus on standardiin EN 13757-4 perustuva langaton protokolla, joka toimii lisensoimattomilla alle 2,4GHz lähetystaajuuksilla. WM-Bus on yksinkertainen ja kevyt protokolla, sen verkkorakenteena on tähti (An Introduction to... n.d., 4).



Kuva 7. WM-Bus-verkon tähtirakenne (ST-käsikirja 21 2022, 17).

### 3.3 Mittausjärjestelmän ulkoiset rajapinnat

Kulutustietojen automattinen luenta kiinteistöautomaation pilvivalvomoon mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron kolmannen osapuolen järjestelmiin, joissa kulutusdataa voidaan hyödyntää eri käyttötarkoituksiin. Tiedonsiirto pilvipalveluiden välillä tapahtuu yleisesti osapuolten välille muodostettavan ohjelmointirajapinnan kautta.

Rajapinnan avulla dataa voidaan lukea palveluiden välillä reaaliaikaisesti koneluettavassa muodossa. Kommunikointi tapahtuu pitkälti samalla tavalla kuin verkkoselaimen ja WWW-palvelimen välinen kommunikointi. Tiedon pyytjä lähettää palvelimen verkko-osoitteeseen pyynnön HTTP-muodossa ja palvelin vastaa paluuviestillä. REST-rajapinnan tapauksessa paluuviesti sisältää pelkästään raakadatan, sillä siitä on poistettu verkkosivun ulkoasuun liittyvä HTML- ja CSS-koodi. (Kuutoskaupunkien API-työkalupakki 2017, 9.)

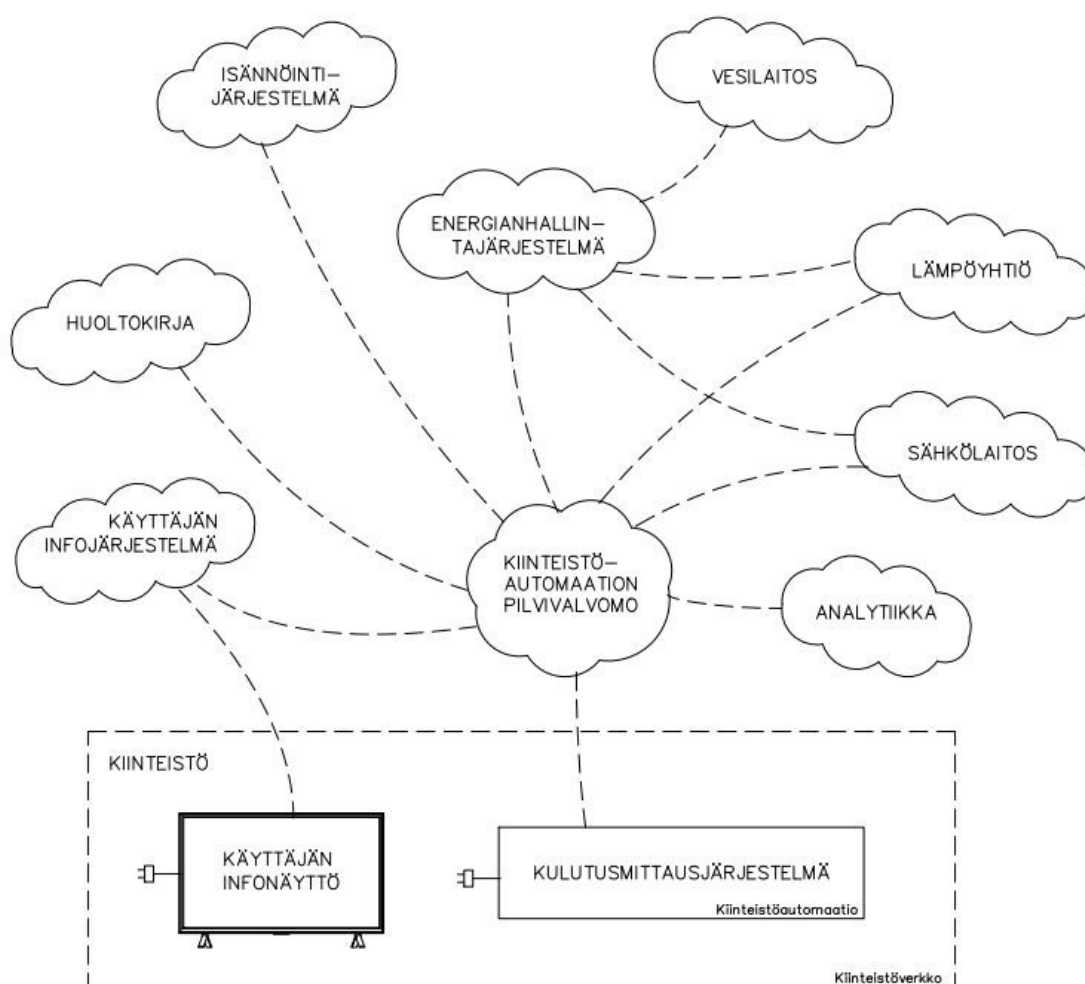
Yleisimmin käytettävä ohjelmointirajapinta on REST (Representational State Transfer), joka on HTTP-protokollaan perustuva arkkitehtuurimuoto. REST on kehittynyt nopeasti suosituimmaksi rajapinnaksi sen yksinkertaisuuden ja keveyden ansiosta. Ennen REST-rajapinnan yleistymistä tyypillinen web-rajapinta oli SOAP (Simple Object Access Protocol), joka on Microsoftin standardoima XML-kieltä käyttävä protokolla. (Kuutoskaupunkien API-työkalupakki 2017, 9.)

SOAP on standardoitu protokolla, eli sen sisältö on tarkkaan määritetty. REST puolestaan ei ole standardoitu protokolla vaan kuvaus suunnitteluperiaatteista, mikä antaa rajapinnan suunnitteluun huomattavasti enemmän vapauksia. REST-

rajapintojen suosio onkin kasvanut tasaisesti niiden keveyden ansiosta verrattuna monimutkaiseksi koettuun SOAP-protokollaan. (Kuutoskaupunkien API-työkalupakki 2017, 9–10.)

### Rajapintojen hyödyntäminen

Kulutusmittausjärjestelmän rajapintojen sovelluskohteita ovat muun muassa energianhallintajärjestelmä, huoltokirja, isännöintijärjestelmä, analytiikkapalvelu, kysyntäjousto ja erilaiset infonäytöt, joilla esitetään käyttäjille esimerkiksi rakennuksen käyttöön liittyvää kulutus- ja päästödataa. Mittausjärjestelmän tiedonsiirtoa rajapintojen kautta eri osapuolille on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Mittausjärjestelmän tiedonsiirto rajapintojen välityksellä.

Rajapinta mahdollistaa kulutustietojen lukemisen kolmannen osapuolen energianhallintajärjestelmään. Vaihtoehtoisesti kulutukset voidaan lukea esimerkiksi

huoltokirjan tai isännöintijärjestelmän kulutusseurantaan, mikäli erillistä energianhallintajärjestelmää ei ole. Myös kulutusten laskutusta voi olla mahdollista toteuttaa huoltokirjan tai isännöintijärjestelmän avulla.

Rajapinnan avulla voidaan seurata ja ohjata kiinteistön taloteknisiä järjestelmiä kolmannen osapuolen tuottaman ohjelmiston avulla, joita kutsutaan myös analytiikaksi tai tekoälyksi. Analytiikka seuraa kiinteistöautomaation ja taloteknisten prosessien toimintaa jatkuvasti ja raportoi tekemistään havainnoista. Analytiikalla voidaan varmistaa kiinteistön tavoiteolosuhteiden toteutuminen, energiatehokas toiminta sekä havaita alkavat viat ennen niiden konkretisoitumista laiterikoiksi tai heikentyneiksi olosuhteiksi.

Kysyntäjousto varten tarvitaan tiedonsiirtoa kiinteistön ja kaukolämpöyhtiön tai sähkön kantaverkkoyhtiö Fingridin välillä. Lämmön kysyntäjoustossa kaukolämpöyhtiö lähettää rajapinnan välityksellä signaalin huipputehon rajoittamistarpeesta kiinteistön automaatiojärjestelmään. Kiinteistön automaatiojärjestelmä puolestaan suorittaa signaalin perusteella verkostojen tehoa rajoittavan ohjelman tai toiminnon, millä kiinteistön hetkellistä kulutuspiikkiä saadaan pienennettyä. Sähkön kysyntäjousto toimii samalla periaatteella, eli kantaverkkoyhtiö lähettää rajapinnan kautta pyynnön tehon leikkaamisesta, minkä kiinteistöautomaatiojärjestelmä toteuttaa.

Rajapinnan kautta voidaan siirtää laskuttavien mittareiden kulutustiedot isännöinnin laskutusjärjestelmään, mikä vähentää oleellisesti laskutukseen liittyvää henkilötyötä. Perinteisesti mittarilukemat on pyydetty toimittamaan asukkaan tai vuokralaisen toimesta laskuttavalle osapuolelle, joka on puolestaan tehnyt lukemien varmistamisen ja laatinut laskut lukemien perusteella. Rajapinnan hyödyntäminen laskutuksessa vähentää myös inhimillisten virheiden riskiä lukemien käsittelyssä.

Myös loppukäyttäjien infojärjestelmään voidaan tuottaa tietoa rajapintojen välityksellä. Loppukäyttäjiksi voivat olla vaikkapa päiväkodin henkilöstö ja lapset, asunto-osakeyhtiön asukkaat tai liikehuoneiston vuokralaiset. Infonäytöille halutaan

usein tuoda tietoja kiinteistön ja sen käyttäjien kuluttamasta energiasta sekä ympäristövaikutuksista visuaalisessa muodossa. Mikäli kiinteistössä on aurinkovoimala, voidaan sen tuottaman päästöttömän energian esittämisellä korostaa kiinteistönomistajan arvoja tai kohottaa yrityksen imagoa. Jos kiinteistöön on puolestaan toteutettu esimerkiksi energiaremontti, voidaan tämän vaikutukset kuvata infonäytöllä säästettynä energiana, rahana ja toteutuneena ympäristövaikutuksena.

### **3.4 Mittausjärjestelmän hyödyntäminen**

Kulutusmittausta on perinteisesti ajateltu käytettävän pelkästään kulutuksen seurantaan ja raportointiin. Laadukkaalla mittaroinnilla on kuitenkin mahdollista säästää muitakin kiinteistön ylläpidollisia etuja, jotka helpottavat kiinteistöjen hallintaa ja vähentävät henkilötöiden tarvetta. Mittaroinneilla voidaan analysoida kiinteistöjen teknistä toimintaa, tuottaa tietoa kunnossapidon ja kiinteistöjohtamisen tarpeisiin sekä myös osallistaa loppukäyttäjää.

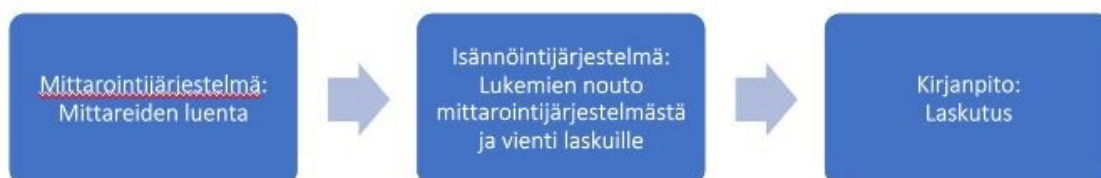
#### **Kulutusluennan automatisointi**

Kulutusmittareita voidaan lukea manuaalisesti esimerkiksi kiinteistöhoitajan tai loppukäyttäjän toimesta tai luenta voidaan toteuttaa automaattisesti. Manuaalinen luenta voi olla perusteltua pienissä kiinteistömassoissa, joissa mittareiden määrä on vähäinen (vähän kohteita, joissa on vain päämittaukset ilman alamittauksia) tai vanhoissa kohteissa, joissa ei ole mittausten automatisointiin tarvittavaa tekniikkaa. Ihmisen muistinvaraisena toimintana manuaalisessa luennassa tyypillistä on lukemapuutteet (mittarit unohdetaan lukea kokonaan tai luetaan myöhässä) ja alttius luenta- ja syöttövirheille (mittari luetaan väärin, kirjataan muistiin väärin tai syötetään järjestelmään väärin). Manuaalisen luentatiedon välittämiseen liittyy monesti useista ihmisistä muodostuva ketju, jolloin tiedonkatkosten ja virheiden riski lisääntyy entisestään. Manuaalisen luennan prosessin vaiheita on esitetty kuviossa 2. Manuaalisessa luennassa kulutustiedot eivät myöskään ole koskaan täysin reaaliajassa, eikä niitä voida siten hyödyntää täysimittaisesti kiinteistöjen energianhallinnassa ja ylläpidossa.



Kuvio 2. Manuaalisen kulutusluennan prosessin vaiheita.

Automaattinen luenta vastaa käytännössä kaikkiin manuaalisen luennan ongelmiin. Luenta mahdollistaa suurten kiinteistömassojen kulutusseurannan alamittauksineen ja poistaa tarpeen kiinteistöissä paikan päällä tehtäviin mittarien luentakerroksiin. Luenta ja tiedonsiirto mittausjärjestelmän sekä asiakastietojärjestelmän välillä tapahtuu automaattisesti, tarpeen mukaan määriteltävin aikaväleillä, jolloin kulutustiedot siirtyvät säännöllisesti ja unohduksista johtuvia lukemapuutteita ei pääse syntymään. Automaattisen luennan prosessin vaiheita on esitetty kuviossa 3. Automaattiluenta vaatii teknisenä järjestelmänä huolellisen käyttöönoton ja toiminnan varmistamisen, mutta sen jälkeen järjestelmä toimii kohtuullisella ylläpidolla. Automaattisen luennan etuina inhimillisiä luenta- ja syöttövirheitä ei pääse syntymään ja kulutusseuranta on käytettävissä reaaliajassa.



Kuvio 3. Automaattisen kulutusluennan prosessin vaiheita.

### Energianhallinta

Energianhallinnan perusedellytyksenä kiinteistöjen kulutuksesta on saatava laadukasta tietoa. Mitä laadukkaampaa tietoa on saatavilla, sitä laadukkaampaa energiaohtamista voidaan toteuttaa ja sitä suurempia säästöjä voidaan saavuttaa kiinteistöjen olosuhteista tinkimättä.

Kattava kulutusmittarointi alamittauksineen on energianhallinnan peruspilareita. Ilman tarkkaa kohteesta saatavaa kulutustietoa ei kiinteistön energiavirtoja voida analysoida eikä kulutuskohteiden sisältämää energiansäästöpotentiaalia saada tarkkaan selvitettyä. Päämittaustasolla voidaan seurata kiinteistön kulutusta ko-

konaisuudessaan, mutta yksittäisten poikkeamien havaitseminen ja selvittäminen on työlästä tai käytännössä mahdotonta. Alamittausten hyötynä on kulutuspoikkeamien tarkempi kohdentaminen järjestelmä- ja laiteatasolle asti, jolloin piilevät laiteviat ja käyttömuutokset voidaan paikantaa huomattavasti helpommin. Alamittaukset mahdollistavat myös energiansäästötoimenpiteiden tarkkojen investointilaskelmien tekemisen sekä toteutuneiden säästöjen raportoinnin.

Kulutustiedon tulee olla myös ajallisesti laadukasta, jotta poikkeamien aiheuttajia voidaan havaita sekä puuttua niihin oikea-aikaisesti. Useat energiansäästöön liittyvät toimenpiteet ja toiminnot vaativatkin käytännössä reaaliaikaista kulutusmittausta. Näitä ovat esimerkiksi vesivuotojen analysointi sekä lämmön ja sähkön kysyntäjoustopalvelut.

### **Hälytykset**

Kulutusmittauksista voidaan ohjelmoida vika- ja huoltohälytyksiä ylläpidon ja energianhallinnan tarpeisiin. Hälytyksiä voidaan ohjelmoida joko suoraan mitausjärjestelmässä, eli kiinteistöautomaatiossa, johon kulutukset on ensisijaisesti luettu tai energianhallintajärjestelmässä, mihin kohteiden kulutustiedot on siirretty keskitetyksi.

Lämmitysverkostoista tai yksittäisistä kulutuskohteista voidaan tehdä hälytyksiä kasvaneesta energiankulutuksesta vertailuajankohtaan nähden. Hälytysrajat ja vertailuajankohdat voidaan ohjelmoida tarpeen mukaan tai ne voidaan tehdä käyttäjän muokattaviksi. Lämmitysenergian hälytyksillä on mahdollista paikantaa piileviä laitevikoja, mitkä eivät vielä aiheuta varsinaisia vikahälytyksiä. Myös energianhallinnalle raportoimattomia käyttömuutoksia voidaan paikantaa välillisesti energian kulutuksen kasvusta. Tällaisten käyttömuutoksien kohteena on yleensä lämmityskäyrien asetukset, ilmanvaihdon lämpötilan asetukset sekä ilmanvaihdon käyntitehot ja aikaohjelmat.

Sähkönkulutuksen kasvusta voidaan ohjelmoida hälytyksiä kuten lämmönkulutuksista, huomioiden tarpeen mukaiset hälytysrajat ja vertailuajankohdat. Sähkön kulutus on enemmän käyttöriippuvaista ja vähemmän sääriippuvaista kuin lämmön kulutus oletuksena pidetyssä kaukolämpökohteessa. Sähköä kulutetaan siis

pääasiassa silloin kun kohteessa on toimintaa. Tämän takia kiinteistön sähkön kulutuksella on jokin ominainen pohjakulutuksen taso, joka kuvastaa tyhjän kiinteistön kulutusta silloin kun sähköä käytetään vain kiinteistön omien järjestelmien tarpeisiin. Tätä tasoa seuraamalla voidaan päästä hälytysten kautta kiinni sähkö- ja automaatiojärjestelmän piileviin vikoihin tai raportoimattomiin käyttömuutoksiin, jotka koskevat esimerkiksi sulanapitojen toimintaa sekä valaistuksen ja ilmanvaihdon aikaohjelmia.

Vedenkulutuksen kasvusta voidaan ohjelmoida kulutushälytyksiä kuten lämmöstä ja sähköstä. Sen lisäksi voidaan ohjelmoida vikahälytyksiä paikantamaan vesivuotoja. Vesivuotohälytyksiä voidaan ohjelmoida eri tasoille, esimerkiksi pieniä kalustevuotoja sekä äkillistä putkirikkoa varten. Vesivuotohälytykset voidaan ohjelmoida usealle eri mittarille, millä voidaan tarkentaa vuodon sijaintia. Päämittarin vesivuotohälytykseen reagointi tarkoittaa käytännössä, että huollon tulee etsiä hälytyksen aiheuttanut yksittäinen vuotava vesikaluste suuresta rakennusmassasta, mikä voi osoittautua hitaaksi tai jopa mahdottomaksi tehtäväksi. Linjakohtaisilla mittauksilla ja hälytyksillä voidaan hälytyksen vaikutusaluetta rajata pienempiin osiin, mikä helpottaa oleellisesti pienten vuotojen löytämistä. Myös putkirikoissa verkoston jakamisesta alamittauksiin on hyötyä, tällöin vuotopaikka löytyy nopeammin ja vahingon laajuutta saadaan rajattua esimerkiksi yölliseen aikaan, kun kiinteistössä ei ole käyttöä. Vuotohälytyksen kehittyneempi versio voidaan toteuttaa automaattisilla magneettisulkuventtiileillä, jotka sulkevat linjan vuodon havaitessaan. Ratkaisu vaatii erityistä huomiointia suunnitteluvaiheessa, sillä esimerkiksi pikapalopostien toiminta tulee turvata kaikissa tilanteissa, mikä johtaa käytännössä käyttövesiverkoston ja palopostilinjojen eriyttämiseen ja edelleen suurempiin investointikustannuksiin.

Muita hälytysten sovelluskohteita ovat esimerkiksi lämpöpumppuratkaisut. Maa-lämpökohteissa on laitteiston energiatehokkaan toiminnan seuraamiseksi kannattavaa mitata lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia, tuottama lämmitysenergia, tuottama käyttöveden lämmitysenergia sekä sähkövastusten kuluttama sähköenergia. Näiden perusteella voidaan ohjelmoida mittausjärjestelmään laitteiston hyötysuhteita kuvaavat hetkelliset ja vuositason lämpökertoimet, eli COP-

ja SPF-luvut. Lukujen perusteella voidaan arvioida millaisella hyötysuhteella lämpöpumppulaitos tuottaa lämmitysenergiaa ja käyttövettä, sähkövastukset huomioiduna tai ilman. Lämpökertoimista voidaan ohjelmoida hälytykset indikoimaan piilevistä vioista ja heikentyneestä suorituskyvystä, mistä laitteisto ei muuten välttämättä osaa hälyttää.

Myös jäähdytyksen lämpöpumppuratkaisuissa on kannattavaa mitata lämpöpumppujen kuluttama sähköenergia sekä niiden tuottama jäähdytysenergia. Näiden perusteella mittausjärjestelmään voidaan ohjelmoida laitteiston hyötysuhteita kuvaavat hetkelliset ja vuositason kylmäkertoimet, eli EER- ja SEER-luvut. Lukujen perusteella voidaan arvioida, millaisella hyötysuhteella lämpöpumppulaitos tuottaa jäähdytysenergiaa. Samoin kuin lämpökertoimista, kylmäkertoimista voidaan ohjelmoida hälytykset indikoimaan piilevistä vioista ja heikentyneestä suorituskyvystä.

### **Käyttäjän osallistaminen energiansäästöön**

Mittausjärjestelmää voidaan hyödyntää motivoimaan loppukäyttäjää energiansäästöön. Energiansäästökampanjat ja –tempaukset saavat uudenlaista nosetta, kun käyttäjät voivat itse vaikuttaa kuluttamaansa energiaan ja käyttöveteen siten, että heidän toimintansa vaikutukset ovat todennettavissa.

Jotta toiminnan vaikutukset olisivat helposti tulkittavissa, tulee ne muotoilla ymmärrettävään ja visuaaliseen muotoon. Visualisointien avulla käyttäjien on mahdollista hahmottaa, miten heidän toimintansa on vaikuttanut kulutuksiin. Samalla esimerkiksi päiväkodeissa ja kouluissa lapset ja nuoret saavat ympäristökasvatusta leikkiin tai peliin liitettynä.

Yhtenä tapana visualisointiin on infojärjestelmä, joka voi olla esimerkiksi aulanäyttö, jossa esitetään energiankulutusta ja sen muutoksia kuvaavia graafisia elementtejä. Ne voivat olla energian muodossa, rahamääräisiä, päästömääräisiä tai jonkin muun ympäristövaikutuksen muotoon kuvattuna. Pääasia on, että loppukäyttäjä pystyy suhteuttamaan informaation johonkin hänelle tuttuun muotoon ja kontekstiin. Visualisoinnit tuleekin määritellä aina vastaanottajaryhmän, eli loppukäyttäjän mukaan.

## 4 ENERGIANHALLINTA OULUN TILAPALVELUT -LIKELAITOKSESSA

Oulun Tilapalvelut –liikelaitos on Oulun kaupungin omistama liikelaitos, joka vastaa kaupungin julkisten palvelukiinteistöjen rakennuttamisesta ja ylläpidosta. Liikelaitoksen vastuualueelle kuuluu ateria-, kiinteistönhoito- ja puhtaanapitopalvelujen järjestäminen ja lisäksi virastomestari- ja kuljetuspalvelujen sekä sisäliikuntalaitosten hoitopalvelujen tuottaminen. (Oulun Tilapalvelut n.d.) Tilapalvelujen liikevaihto vuoden 2020 tilinpäätöksen mukaan oli yhteensä 108 M€. Kiinteistö-kanta koostuu 545 rakennuksesta, joiden bruttoala on yhteensä 907 000 brm<sup>2</sup>. (Vuosikertomus 2020 n.d.)

Tilaaajan energianhallinnan ja suunnittelun ohjauksen nykytilanteen ja kehityskohdeiden selvittämiseen käytettiin kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmistä vähän strukturoituja teemahaastatteluja. Haastateltaville toimitettiin etukäteen kunkin toimenkuvan mukaan suunniteltu asialista, joka sisälsi käsiteltävät aiheet, mutta haastattelun kulku oli muuten vapaa. Haastatteluista laadittiin muistiot. Haastatteluja on käsitelty luvuissa 4.1–4.3.

### 4.1 Energiansäästötavoitteet

Oulun Tilapalvelujen energiatehokkuustoiminta perustuu kuntien energiatehokkuussopimukseen ja siinä määritettyihin tavoitteisiin. Sopimuksessa on käynnissä kolmas kausi, joka päättyy 2025. Sopimuksessa on esitetty säästötavoitteet koko kaupungin tasolla ja jokaisella yksiköllä on oma toimintasuunnitelmansa tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden saavuttamisesta raportoidaan Motivalle. (Mäkelä 2023.)

KETS:n käynnissä olevan kauden tavoite on vähentää 10,5 prosenttia vuoden 2014 energiankulutuksen tasosta vuoteen 2025 mennessä, mikä vastaa energias-  
assa noin 25 000 MWh. Tilapalvelujen toimintasuunnitelmaan kirjatut, seurattavat ja raportoitavat toimenpiteet ovat ESCO-hankkeiden toteuttaminen, öljylämmityk-

sestä luopuminen, suunnittelunohjauksen kehittäminen, kulutusseurantajärjestelmän käyttöönotto ja kiinteistökierrosten toteuttaminen. (Toimintasuunnitelma Oulun kaupungin... 2018, 3–7.)

Oulun kaupungilla on ympäristöohjelma, jonka tavoitteet on määritelty linjaan kuntien energiatehokkuussopimuksen kanssa. Ympäristöohjelman päivitys on käynnissä ja siinä pyritään muuttamaan asetetut tavoitteet entistä sitovammiksi. (Mäkelä 2023.) Nykyisessä ympäristöohjelmassa yhtenä tavoitteena on tehokas energiankäyttö, jonka toimenpiteiksi on kirjattu KETS:n mukaiset energiansäästötavoitteet, kaupungin omien kiinteistöjen ominaiskulutuksen pienentäminen ja energiatehokkuusinvestointien toteutumisen varmistaminen. Mittareina toimenpiteillä on kaupungin omien kiinteistöjen ominaiskulutus lämmön, sähkön ja veden osalta ja energiatehokkuustoimilla saavutettu energiansäästö. (Ympäristöohjelma 2026 2019, 13, 30.)

Oulun kaupunki pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteeksi on asetettu kohteiden öljylämmityksestä luopuminen sekä kaukolämmön hiilineutraalius. Tällä on suuri välillinen vaikutus kiinteistöjen hiilineutraaliuden saavuttamiseen, sillä suurin osa Tilapalvelujen kohteista on kaukolämmössä. Hiilineutraali Oulu 2035 –tavoitteen saavuttaminen riippuu siis pitkälti Oulun Energian lämmöntuotannon toimenpiteistä (Mäkelä 2023). Hiilineutraaliustavoite on yksi kuudesta Oulu 2030 –kaupunkistrategian painopisteistä. Painopisteen sisäiset tavoitteet käsittelevät ilmastonmuutoksen hillintää, kestävästä kaupunkirakennetta ja kaupungin luonnonläheisyyttä. (Kaupunkistrategia Oulu 2030 n.d.)

Energiakriisin myötä kaupunki on velvoittanut Tilapalveluja leikkaamaan kiinteistöjen energiakustannuksista 1,0 M€, mikä vastaa nykyisillä energian hinnoilla noin 6 % kiinteistöjen energiankulutuksesta. Tavoite on jo saavutettu, mutta vastaavien laajojen säästötoimenpiteiden toteuttaminen ja seuranta nopealla aikataululla on haastavaa, koska kyseessä on suuret kiinteistömassat. (Mäkelä 2023.)

## 4.2 Energianhallinnan nykytila

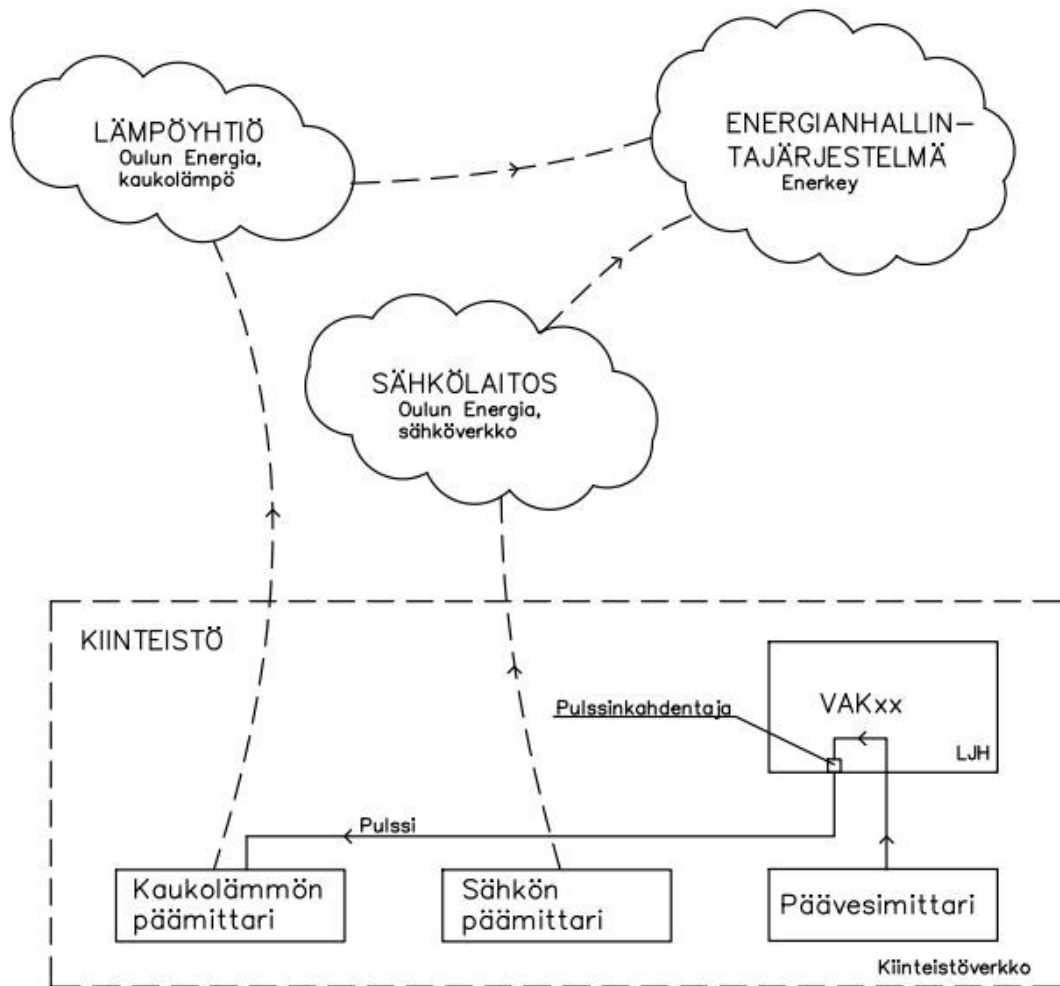
Tilaaajan energianhallinnan seurannassa on 247 kiinteistöä, joissa rakennuksia on yhteensä 550kpl. Seurannassa olevan kiinteistömassan kulutus on kulutuslajeittain

- Lämpö 130 000 MWh
- Sähkö 70 000 MWh
- Vesi 432 000 m<sup>3</sup>

Lämmön, sähkön ja veden kustannukset ovat vuositasolla yhteensä noin 17 M€ nykyisillä energian hinnoilla. (Mäkelä 2023.)

Tilapalvelujen energianhallinnan kokonaisuudesta vastaa energia-asiantuntija, joka vastaa myös Tilapalvelujen omassa kiinteistönhoidossa olevien kohteiden energiankulutuksen tasosta ja seurannasta. Yksityisen kiinteistönhoidon kohteissa kiinteistönhoidon palveluntuottaja vastaa kohteiden päivittäisestä energiankulutusten seurannasta ja kulutuspoikkeamien aiheuttamista hälytysten käsittelystä. Energia-asiantuntija seuraa kuitenkin myös palveluntuottajan vastuulla olevia kohteita neljännesvuosittain ja valvoo palvelusopimuksen velvoitteiden täyttämistä. Lisäksi energianhallinnan apuna käytetään kilpailutettuja energianhallinnan puitesopimuskumppaneita, joilla on vuosittain 20 kohdetta seurannassa. (Mäkelä 2023.)

Tilapalveluilla on käytössä Enerkey -energianhallintajärjestelmä, johon lämmön, sähkön ja veden päämittareiden kulutuslukemat viedään. Kulutuslukemien tiedonsiirto toimii lämmön ja sähkön osalta automaattisesti energialaitoksen mittareilta Enerkey'n, mutta veden kulutusmittauksista osa luetaan ja kirjataan edelleen käsin. (Mäkelä 2023.) Myös veden laskutus perustuu käsiluentaan. Automaattiluennassa olevien päävesimittareiden määrä on vähän yli puolet kaikista ja osuus kasvaa uusien kohteiden valmistumisen myötä. (Nousiainen 2023.) Periaate kulutuslukemien luennasta ja tiedonsiirrosta nykytilanteessa on esitetty kuviossa 4.



Kuvio 4. Kulutusmittausten luenta ja tiedonsiirto nykytilanteessa

Päävesimittarin pulssitieto on reititetty Oulun Energian kaukolämpömittarin ja palvelimen kautta Enerkey'n palvelimelle. Kohteissa, jotka eivät ole kaukolämmössä, etäisyydet vesimittarilta kaukolämpömittarille ovat pitkiä tai kohteen päävesimittarista ei saada pulssitietoa, on käytetty erillisiä GSM-tiedonsiirtoon perustuvia loggereita. Näiden kohteiden määrä on kuitenkin vähäinen. (Nousiainen 2023.) Haasteena vesipulssin tiedonsiirrossa energialaitoksen kautta on kulutuslukemien päivittyminen Enerkey'n parin päivän viiveellä, mikä hankaloittaa oleellisesti vesivuotojen aiheuttamien kulutuspoikkeamien selvitystä (Mäkelä 2023). Osa vesimittareista on myös liian suurella 100 l pulssilla, mikä hankaloittaa vuotojen havaitsemista (Nousiainen 2023).

Tiedonsiirto energialaitoksen palvelimen kautta on viiveistä huolimatta todettu luotettavaksi, virheitä on vähän ja ne korjataan energialaitoksen toimesta. Energialaitoksella on vastuu laskutettavien mittausten toiminnasta. (Nousiainen 2023.)

Mikäli hälytyksiä reititetäisiin energialaitoksen kautta, olisi kiinteistönhoidon ja päivystyksen reagointi akuutteihin vesivuotohälytyksiin mahdotonta tiedonsiirron viiveiden takia. Tämä on ratkaistu nykytilanteessa kahdentamalla päävesimittarin pulssitieto kiinteistöautomaation valvonta-alakeskukseen asennettavalla pulssinkahdentajalla. Toinen pulssi kytketään energiamittariin energianhallinnan Enerkey'n tiedonsiirtoa varten ja toinen pulssi liitetään kiinteistöautomaation alakeskukseen vesivuotohälytystä varten. Kiinteistöautomaation valvonta-alakeskukseen ohjelmoidaan vesivuotohälytys hälytysrajojen ylittävästä kulutuksesta aikaohjelman puitteissa ja hälytys reititetään pilvivalvomon kautta kiinteistöhoitajalle GSM-viestinä tai päivystysaikana varmennetun ilmoituksensiirtojärjestelmän välityksellä kiinteistönhoidon valvomoon.

Kulutuspoikkeamien havaitsemisessa hyödynnetään Enerkey'n ohjelmoitavia hälytyksiä, jotka välitetään ensisijaisesti kiinteistönhoidon työnjohdolle. Jos syytä poikkeamalle ei löydy, asiaa selvitetään joko sisäisesti teknisten asiantuntijoiden kanssa tai energianhallinnan puitesopimuskumppanin avulla. Alamittauksia ei kiinteistössä juurikaan ole, joten niitä ei ole myöskään seurattu. Energiansäästötoimenpiteiden vaikutusten raportointi päättäjille on tämän takia haasteellista. Eriyisesti IV-koneiden ja valaistuksen osalta säästöt pitäisi pystyä raportoimaan sekä todentamaan käyttäjien aikaansaamat säästöt energiatempauksissa. Myös tiedon luotettavuudella on myös suuri merkitys, kun tehdään laskelmia suuressa mittakaavassa. Mitatun kulutustiedon pitäisi olla luotettavaa. (Mäkelä 2023.) Alamittausten puuttumisen takia poikkeamien analysointi pelkkien päämittausten avulla on melko suurpiirteistä. Uusissa kohteissa olevia alamittauksia ei puolestaan ole hyödynnetty, vaikka tiedonsiirto olisi mahdollista pilvivalvomon kautta. (Nousiainen 2023.)

Yhtenä merkittävänä haasteena on lisäksi ollut tiedon saaminen ajoissa kohteiden valmistumisesta ja tarpeesta lisätä energianseurantaan. Tieto on tullut vasta

kohteiden valmistuessa, jolloin energianhallinta on alkanut selvittämään mitä mittauksia kohteesta on saatavilla ja mitä liitetään seurantaan. Mittausten käyttöönottoon liittyvää prosessia olisi tarvetta selkeyttää. (Nousiainen 2023.)

Myös aurinkovoimaloiden sähköntuotannon seuranta toimittajien omien järjestelmien kautta on koettu haasteelliseksi. Tuotannon lukemien keskittäminen Energy'n olisi toivottavaa, sillä aurinkopaneeleilla tuotettu energia on pystyttävä raportoimaan. (Mäkelä 2023.)

Yhteenveto asiantuntijahaastattelujen perusteella havaituista kehityskohteista:

- Vesimittausten tiedonsiirto tulee saada reaaliaikaiseksi
- Alamittauksia tulee lisätä, jotta
  - o Kulutuspoikkeamia voidaan havaita aiempaa tarkemmin
  - o Säästötoimenpiteitä on mahdollista kohdentaa järjestelmä- ja laite- tasolle asti todellisten kulutustietojen perusteella sekä todentaa niiden vaikutukset
  - o Säästölaskelmia ja raportteja on mahdollista laatia eri osapuolille
  - o Käyttäjiä voidaan osallistaa energiansäästöön
- Kulutusmittaukset tulee olla luotettavia
- Valmistuvien kohteiden kulutusmittausten käyttöönottoprosessia tulee selkeyttää
- Aurinkovoimaloilla tuotetun energian mittaukset tulee keskittää

### 4.3 Suunnittelun ohjauksen nykytila

Tilapalvelujen rakennuttamisorganisaatio vastaa uudis- ja peruskorjaushankkeiden suunnittelunohjauksesta. Suunnittelunohjauksen työkaluiksi on laadittu suunnitteluohjeet, joita suunnittelijat on veloitettu noudattamaan. Tällä hetkellä ohjeet kattavat arkkitehti-, rakenne-, LVI-, sähkö- ja rakennusautomaation suunnittelualueet. Muita merkittäviä tilaajan linjauksia kuvaavia, suunnittelua ohjaavia asiakirjoja ovat muun muassa piirtämis- ja loppudokumenttiohjeistus sekä huol-

tokirjaohjeistus. Edellä mainituissa suunnitteluohjeissa ei oteta kantaa kulutusmittarointiin eikä erillistä ohjetta ole olemassa, vaan mittauksia on suunniteltu hankekohtaisesti kulloinkin vallinneen parhaan käsityksen mukaisesti.

Käytännössä pienissä kohteissa mittaukset on suunniteltu päämittaustasolla ja suuremmissa kohteissa tilalämmitys- ja IV-verkostojen lämmitysenergiankulutus on mitattu erikseen. Myös ammattikeittiöiden veden- ja sähkönkulutus on mitattu erikseen muusta kulutuksesta. Ilmanvaihtokoneiden taajuusmuuttajilta on lisäksi luettu tehotiedot automaatioon koneiden SFP-luvun laskentaa varten. (Jussinniemi 2023.)

Kulutusmittareiden tyypit, mallit ja käytettävät väyläratkaisut pitäisi selvittää suunnittelun ohjausta varten. Mittausten luotettavuus on tärkeää, joten mittarointi pitäisi pyrkiä toteuttamaan langallisilla mittauksilla. Myös energiamittausten ja pysyvyyksien visualisointia ylläpidon tarpeisiin sekä tiedonsiirtoa muihin järjestelmiin pitäisi kehittää. Energiankulutuksen tiedon jalostaminen ja visualisointi ovat vasta kehitysvaiheessa. (Jussinniemi 2023.)

Kysyntäjoustoa ei ole tähän mennessä huomioitu suunnitteluvaiheessa yhtä hanketta lukuun ottamatta, jossa valmius on suunniteltu yhteistyössä Oulun Energian kanssa. Huipputehon leikkausta voidaan hyödyntää jatkossa muissakin suurissa kohteissa, muun muassa monitoimitaloissa. Tilausvesivirtaa voisi rajoittaa myös omaehtoisesti, mutta se edellyttäisi reaaliaikaisen tiedonsiirron energiahallintajärjestelmään seurantaa varten. (Jussinniemi 2023.)

Sähkön osalta alamittaukset on eritelty keskustasolla valaistukselle, IV-koneille ja saattolämmityksille. Mittaukset pitäisi ryhmitellä myös käyttäjäryhmien mukaan. Alamittareiden laskutuskäytössä on ollut haasteita, koska ylläpidon rajapintojen määrittäminen ei ole onnistunut. Jos alamittareita käytetään laskutukseen, tulee energiankäytön vastuurajat sopia jo suunnitteluvaiheessa, jotta mittaukset voidaan suunnitella ja toteuttaa rajapintojen mukaisesti. (Kumpuniemi 2023.)

Myös aurinkovoimaloiden seuranta on ollut haasteellista, koska jokaisella toimittajalla on oma portaalinsa sähköntuotannon seurantaan varten. Aurinkovoimalat olisi hyvä keskittää yhteen järjestelmään. (Kumpuniemi 2023.)

Mittarointijärjestelmän rakentamisen ja käyttöönoton rajapinnat sekä vastuut pitäisi määritellä suunnitteluohjeisiin, jotta kulutusmittausten toiminta ja tiedonsiirto energianhallintajärjestelmään tulisi varmistettua urakassa. Hankkeiden vastaanottovaiheessa kulutusmittausten käyttöönottoprosessissa on havaittu katkos projektiorganisaation ja energianhallinnan välillä. Prosessia ei ole kirjoitettu auki, mitkä ovat osapuolten väliset vastuut mittarointien toiminnan varmistamisessa ja tiedonsiirron järjestämisessä energianhallintajärjestelmään. (Kumpuniemi 2023.)

Laitteiden sisäänrakennettujen kulutusmittausten hyödyntämistä ei koettu järkeväksi, sillä se hankaloittaa käyttöönottoa ja ylläpitoa. Laitteiden lisävarustelu muodostuu todennäköisesti kokonaistaloudellisesti kalliimmaksi kuin erillinen mittari. (Kumpuniemi 2023.)

Sähkön kysyntäjousto ja huipputehojen leikkaus voisivat tulla kyseeseen suuressa kiinteistömassassa. Tilapalvelujen nykyinen sähkösojimus on osin sidottu pörssisähkön hintaan. Tulevaisuudessa ollaan siirtymässä varttitaseeseen, jolloin myös tiedonsiirron tulisi tapahtua varttitalasolla kysyntäjoustoja varten. (Kumpuniemi 2023.)

Yhteenveto asiantuntijahaastattelujen perusteella havaituista kehityskohteista:

- Kulutusmittaukset tulee olla luotettavia
- Käytettävät mittarityypit ja tiedonsiirtoväylät tulee määrittää
- Energiankulutusten visualisointia tulee kehittää ylläpidon tarpeisiin
- Lämmön ja sähkön kysyntäjousto tulee mahdollistaa
- Alamittaukset on määriteltävä vuokrasopimusten rajapintojen mukaisesti, jotta niitä voidaan käyttää laskutukseen
- Aurinkovoimaloilla tuotetun energian mittaukset tulee keskittää
- Valmistuvien kohteiden kulutusmittausten käyttöönottoprosessia tulee selkeyttää

## 5 MITTAROINTIJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN OULUN TILAPALVELUT-LIIKELAITOKSELLE

Tässä tutkimustyössä mittarointijärjestelmä koostuu kulutusmittareista, tiedonsiirtoväylistä, kiinteistöautomaation alakeskuksista sekä kiinteistöautomaation pilvivalvomosta. Kulutusmittaukset liitetään paikallisen tiedonsiirtoverkon välityksellä kiinteistöautomaatioon ja reititetään pilvivalvomon kautta eteenpäin kolmannen osapuolen järjestelmiin, kuten energianhallintajärjestelmään. Erillisiä laitetoimittajan keskittimiä ja pilvipalveluja ei käytetä vaan tarkoituksena on integroida kulutusmittaukset osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Kulutustiedot luetaan kaukolämmön, sähkön ja veden päämittauksia lukuun ottamatta kiinteistöautomaation pilvivalvomosta tilaajan erilliseen pilvipalvelupohjaiseen energianhallintajärjestelmään. Kaukolämmön ja sähkön päämittaukset välitetään mittaritoimittajien mittausjärjestelmien ja energialaitoksen asiakastietojärjestelmien kautta energianhallintajärjestelmään. Veden päämittaus reititetään puolestaan IoT-tiedonsiirtona Digitan LoRaWAN-verkon välityksellä energianhallintajärjestelmään.

Luvuissa 4.2 ja 4.3 käsiteltyjen asiantuntijahaastattelujen perusteella voidaan todeta, että mittarointijärjestelmän ensisijaisena tavoitteena on kulutustiedon luotettavuus. Asia ilmeni sekä energianhallinnan että rakennuttamisen organisaation haastatteluissa. Mittausten tulee toimia riittävällä tarkkuudella, katkottomasti ja lukemien tulee vastata todellista kulutusta ilman, että lukemien todenperäisyyttä joudutaan varmistamaan. Mittausten ylläpitäminen ei tule vaatia erityisiä resursseja huolellisen käyttöönoton ja toiminnan varmistamisen jälkeen.

Kulutusmittausten vaatimuksena on lisäksi tiedonsiirron viiveettömyys, jotta dataa on mahdollista hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin. Lämmön ja sähkön osalta viiveetöntä tiedonsiirtoa tarvitaan erilaisiin kysyntäjoustopuoleen ja huipputehon leikkauksen sovelluksiin. Tätä varten energialaitos tai muu osapuoli tarvitsee tariffin mukaista tehotietoa reaaliajassa välitettynä. Kaukolämmön osalta perusmaksu määräytyy tuntisen tehon mukaan, joten luenta ja tiedonsiirto pitäisi tapahtua vähintään tuntitasolla. Sähkön osalta ollaan siirtymässä tunnin tariffista varttitasee-

seen, mikä tarkoittaa jatkossa luentaa ja tiedonsiirtoa vähintään 15 minuutin tasolla. Vesimittauksista puolestaan ohjelmoidaan kiinteistöautomaatioon vesivuotohälytys, jonka tulee toimia reaaliaikaisesti, jotta hälytyksiin voidaan reagoida oikea-aikaisesti ja rajoittaa potentiaalisen vahingon laajuutta.

## 5.1 Mittaustekniikka

Mittausten luotettavuuden vaatimuksen täyttämiseksi kulutusmittauksissa käytetään mittauslaitedirektiivin (MID) mukaisia mittareita. MID-hyväksytyjä mittareita käyttämällä voidaan varmistua niiden mittaustarkkuudesta ja soveltuvuudesta käyttötarkoitukseen sekä mittareita voidaan tarvittaessa käyttää laskutukseen. Tutkimustyön rakennustyypeissä laskuttavia mittareita ovat yleensä vain energia- ja vesilaitokselle kuuluvat päämittarit, mutta myös laskuttavia vuokralaiskohtaisia alamittareita voidaan käyttää esimerkiksi monitoimitaloissa. Vastuu laskuttavien mittausten toiminnasta on mittauslaitelain (707/2011) mukaan toiminnanharjoittajalla, eli alamittausten osalta Tilapalveluilla.

Huomioitavaa on, että mittauslaitelain 2 § 3. momentin mukaan mittauslaitelakia sovelletaan “viranomaisen tai viranomaiseen rinnastettavan toimijan mittaustulokseen perustuvassa päätöksenteossa”. Tässä tutkimustyössä momenttia tulkittiin siten, että myös ei-laskuttavat, mutta energianhallintaan käytettävät mittaukset ovat mittauslaitelainsäädännön ja MID-velvoitteen piirissä. Perusteena on, että mittausten perusteella tehdään investointipäätöksiä verovaroilla toteutettavista energiakorjauksista. Mikäli mittaukset eivät ole luotettavia, on mahdollista, että investointipäätöksiä tehdään väärin perustein. Julkisella sektorilla mittausten luotettavuudella on siis yhteiskunnallinen merkitys, joka tulee huomioida laitevalinnoissa.

Kaikki kulutusmittarit on tyypitetty esimerkein suunnitteluohjeeseen (liite 1) sekä mittaritaulukkoon (liite 6). Mittareiden valintaa on käsitelty seuraavissa alaotsikoissa lukuun ottamatta tiedonsiirron valintaa, jota on käsitelty tarkemmin luvussa 5.2.

Mittareiden listahintoja vertailtiin tukkurin (Onninen Oy) verkkokaupasta sekä yleisesti saatavilla olevista toimittajien hinnastoista, mutta valinnassa hinta ei ollut ratkaisevassa asemassa. Hinnoitteluun vaikuttaa muun muassa markkinoiden tilanne, hankkeen ominaisuudet, tilausmäärät ja olemassa olevat sopimukset, joten todellista kustannusta ei voida muodostaa ainoastaan listahinnastojen perusteella.

### **Lämpöenergiamittarit**

Lämpöenergiamittareiksi valittiin ultraäänimittaustekniikkaan perustuvia mittareita, jotka ovat talotekniikan luotettavia standardiratkaisuja. Suunnitteluohjeeseen tyypitettiin tunnettujen toimittajien mittareita, jotka ovat saatavilla tutkimustyön kohteisiin sopivassa koossa, Modbus RTU-tiedonsiirtoprotokollalla ja 230 V virtalähteellä. Verkkojännite valittiin virtalähteeksi sen luotettavuuden ja huoltovapauden takia paristoon verrattuna.

### **Vesimittarit**

Vesimittareiksi valittiin tunnettujen toimittajien mittareita, jotka ovat saatavilla tutkimustyön kohteisiin sopivassa koossa ja langallisella M-Bus-tiedonsiirtoprotokollalla. Tilaajan kiinteistöjen mitattavat prosessit eivät ole erityisen vaativia, ja niihin sopii sekä mekaaniset että ultraääneen perustuvat vesimittarit, kunhan vaaditut tiedonsiirto-ominaisuudet täyttyvät. Kummankin mittaustekniikan mittaustarkkuus riittää tutkimustyön sovelluksiin. Mittaustekniikan perusteella mittareiden välille ei saatu muodostettua suuria eroja eikä selvää voittajaa, joten suunnitteluohjeeseen tyypitetyt mittarit edustavatkin kumpaakin mittaustekniikkaa.

Myös vesimittareiden käyttöikä todettiin mittaustekniikasta riippumatta suhteellisen lyhyeksi, 10–15 vuotta. Ylläpidon näkökulmasta eri mittaustekniikoilla ei siten ole suurta eroa eikä elinkaari muodostunut mittaustekniikan valintakriteeriksi.

### **Sähkömittarit**

Kiinteistölle kuuluvana sähkön päämittarina käytetään sähköverkkoanalysointia kokonaiskulutuksen mittaukseen ja sähkön laadun seurantaan. Sähköverkkoanalysointia korvaamista sähkölaitoksen uuden sukupolven mittareiden HAN-väylästä saatavilla tiedoilla selvitettiin, mutta kyselykierroksen perusteella tilaajan

yleisimmillä automaatiotoimittajilla ei ole vielä väylään tukea, joten sitä ei voida hyödyntää (Eronen 2023; Kauppila 2023). Sähkölaitoksen uuden sukupolven mittareita ja niiden tiedonsiirtoa on avattu tarkemmin kohdassa 5.3.

Tavanomaisia sähkömittareita käytetään alamittareina järjestelmien kulutuksen seurantaan. Suunnitteluohjeeseen tyypitettiin tunnettujen toimittajien mittareita Modbus RTU-tiedonsiirtoprotokollalla.

### **Sisäänrakennetut kulutusmittaukset**

Toisena luotettavuuden kriteerinä on käyttää kulutusmittauksissa laitteita, jotka on suunniteltu erityisesti kulutuksen mittausta varten. Pääasialliseen käyttötarkoitukseen kehitetty laite tulee kokemusperäisesti kokonaistaloudellisesti edullisemmaksi, kun huomioidaan hankinta- ja asennuskustannusten lisäksi ylläpitokustannukset. Toissijaisissa kulutusmittauksissa voidaan käyttää hyödyksi olemassa olevien laitteiden sisäänrakennettuja kulutusmittauksia, mikäli ne voidaan todeta käyttötarkoitukseen soveltuviksi, luotettaviksi ja kokonaistaloudellisiksi hyödyntää. Näitä ovat tutkimustyön kohteissa lähinnä taajuusmuuttajien teho- ja kulutus-tiedot, joita voidaan käyttää ilmanvaihtokoneen tai -järjestelmän SFP-luvun las-kentaan. Esimerkiksi lämmitysenergian kulutusmittausta varten kiertovesipump-puihin hankittavia lisävarusteita ei käytetä, koska kokemusperäisesti voidaan to-deta niiden olevan kokonaistaloudellisesti kannattamattomia. Taulukossa 1 on vertailtu luvussa 3 viitatus Grundfos Magna3-kiertovesipumpun lisävarustelun lai-tekustannuksia Kamstrup Multical 403-energiamittarin laitekustannuksiin. Magna3 tarvitsee tiedonsiirtoa varten Modbus-väyläkortin sekä lisäanturin paluu-veden lämpötilan mittaukseen. Energiamittari pitää puolestaan hankkia erikseen ja myös sille tarvitaan tiedonsiirtoa varten väyläkortti. Molemmat vertailtavat lait-teet ovat tyypillisiä talotekniikan sovelluksissa, joten niiden keskinäinen vertailu on luontevaa.

Taulukko 1. Eri tavoilla toteutetun energiamittauksen laitekustannusten vertailua.

Kiertovesipumppu Grundfos Magna3	Hinta, € (alv 0 %)
Väyläkortti CIM200	242,90
Lisäanturi RPI T2	374,50
<b>Yhteensä</b>	<b>617,40</b>
Energiamittari	
Kamstrup Multical 403 ( $q_p = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ )	541,50
Väyläkortti Modbus	150,00
<b>Yhteensä</b>	<b>691,50</b>

Hinnat on saatu Onninen Oy:ltä. Vertailusta käy ilmi, että tässä yleisessä kokoluokassa energiamittari tulee laitekustannukseltaan vain hieman kalliimmaksi. Todelliset energiamittarin edut tulevat kuitenkin esille mittaustarkkuudessa sekä huoltovapaudessa ja välillisissä kustannuksissa. Multical 403-energiamittarin mittaustarkkuus on +2 % ja mittari on MID-hyväksytty, joten sitä voidaan käyttää laskutukseen (Kamstrup Multical 403 2023, 5–6). Magna3 kiertovesipumpun mittaustarkkuus lisävarusteiden kanssa on +1 ... +-10 % eikä mittausta voida käyttää laskutukseen (Grundfos Magna3 n.d.; Grundfos instructions 2022, 461). Eri-tyisvarusteltujen laitteiden ylläpito on työlästä ja kallista, sillä laitteen rikkoutuessa lisävarusteet täytyy siirtää uuteen laitteeseen ja uusintaan voidaankin tarvita LVI-asentajan lisäksi myös automaatioasentaja. Tämä luonnollisesti lisää ylläpitokustannuksia. Todennäköisestä on myös, että kalliit lisävarusteet päätyvät laitteen rikkoutuessa sen mukana jätteeksi ja ne joudutaan hankkimaan ja konfiguroimaan uudelleen. Esimerkiksi kiertovesipumpun väyläkortti ei näy päällepäin mitenkään putkiasentajalle, joka pumpun vaihtaa. Mitä suuremmasta kiinteistömas-  
sasta on kyse, sitä haastavampaa on hallita tämän tasoista detaljitietoa kiinteistöjen ylläpidossa.

### Laskennalliset kulutusmittaukset

Laskennallista kulutusmittausta käytetään lämpimän käyttöveden energiankulutuksen laskentaan. Lämpimän käyttöveden kulutus mitataan joka tapauksessa erillisellä vesimittarilla, joten sen tuotantoon käytetyn lämmitysenergian kulutusta ei ole tarve mitata fyysisesti erikseen. Laskennallisia mittauksia käytetään myös

summaamaan tyypillisesti eri sähkökeskuksiin hajautetut laitetason sähkömittaukset järjestelmätasolle niiden kokonaiskulutuksen hahmottamista varten.

Yksittäiset vesi- ja sähkömittarit ovat uudis- tai peruskorjaushankkeessa asennuksineen verrattain edullisia, joten oleellista säästöä investoinnissa ei saavuteta optimoimalla laskennallisten mittausten käyttöä. Hyödynnettävien laskennallisten mittausten määrä ei tutkimuskohteissa ole merkittävä. Lisäksi laskentaan käytettävien mittareiden vikaantuminen johtaa niiden itsensä lisäksi myös laskennallisen mittauksen vikaantumiseen, mikä ei virhelähteitä lisäävänä ominaisuutena tue tavoitetta mittausten luotettavuudesta.

Prosessin mittausarvoista laskettuja kulutuksia ei lähtökohtaisesti käytetä menetelmän epätarkkuuden takia. Vaikka anturit sinänsä olisivatkin mittaustarkkuudeltaan riittäviä ja kunnossa, ei menetelmää voida pitää kovinkaan tarkkana vaan lähinnä suuntaa antavana. Kokemusperäisesti anturin sisäistä tarkkuutta suurempi merkitys mittausten oikeellisuuteen on niiden sijoittamisella, oikeanlaisen anturin valinnalla sekä ulkoisten olosuhteiden vaikutuksella. Lisäksi on huomattava, että yhdenkin anturin mittaustuloksen vääristyessä iän myötä kulutuslaskenta ei enää toimi oikein. Esimerkiksi lämpötila-anturit eivät yleensä ole säännöllisen kalibroinnin piirissä, joten antureiden hitaat, mutta pysyvät muutokset (niin sanottu ryömiminen) jää helposti huomaamatta. Myös kulutuslaskennan laskentakaavoissa voi olla virheitä, eikä niitä välttämättä pystytä tarkastamaan ilman automaation ohjelmointiosaamista. Näistä syistä mittaaminen ja mittaustuloksen laskenta on lähtökohtaisesti syytä jättää erillisen mittarin hoidettavaksi.

## **5.2 Mittausjärjestelmän tiedonsiirto**

Mittausten luotettavuuden vaatimuksen täyttämiseksi mittaukset toteutetaan lähtökohtaisesti langallisesti. Tämä tutkimustyö koskee uudis- ja peruskorjaushankkeita, joten langattomien antureiden joustavasta asennettavuudesta ei ole vastaavaa hyötyä kuin olemassa olevissa rakennuksissa. Langattoman mittausjärjestelmän suunnittelu vaatii erityisosaamista, jotta verkon kuuluvuudesta saa-

daan toimiva. Haasteena suunnittelussa voi olla, että signaalin todellinen kuuluvuus saadaan selville vasta kun rakennus signaalia vaimentavine rakenteineen ja häiriölähteineen on valmis. Langattomat mittauslaitteet vaativat säännöllistä huoltoa ja niiden käyttämisessä on tehtävä valinta tiedonsiirron määrän sekä pariston keston välillä. Yhtenä mittauksen vaatimuksena on niiden reaaliaikaisuus, mikä edellyttää tiheää tiedonsiirtoa. Tiheästi tapahtuva tiedonsiirto vähentää pariston kestoja ja lisää ylläpitotarvetta, mikä ei ole tilaajan asettamien tavoitteiden mukaista ja puoltaa langallisen järjestelmän valintaa.

Langallisen mittausjärjestelmän pääasialliseksi väyläksi valittiin Modbus-protokolla sen yleisesti laajan tuen ja kattavan informaation välityskyvyn takia. Tähän väylään liitetään kaikki kulutusmittarit vesimittareita lukuun ottamatta. Lämpöenergiamittareilta saadaan väylästä pelkän kulutuksen lisäksi esimerkiksi hetkellinen virtaama, verkoston meno- ja paluulämpötilat sekä tehotiedot. Myös sähköenergiamittareista saadaan syventäviä tietoja, esimerkiksi jännite, virta, pätöteho, näennäisteho ja loisteho vaihteittain. Mittareilta saadaan myös hälytyksiä sisäisistä laitevioista, mikä helpottaa järjestelmän kunnossapitoa.

Samaan Modbus-väylään voidaan liittää myös muut väylään liitettävät talotekniset laitteet, esimerkiksi taajuusmuuttajat. Väylän sallittu maksimipituus on tutkimustyön kohteisiin riittävä, mutta toistimia tulee lisätä väylään tarpeen mukaan laitteiden määrän ylittäessä 32kpl. Väylään liitettävät kulutusmittarit keskittyvät teknisiin tiloihin (lämmönjakokeskus, IV-konehuoneet, sähkökeskukset) mikä tukee Modbus-väylän rakennetta, eli sarjakytkennän kaapelointia. M-Bus-väylän pidemmästä sallitusta väyläpituudesta ei tutkimustyön kohteissa olisi hyötyä, koska kohteet ovat suhteellisen pieniä ja kaapelointimatkat lyhyitä.

Vesimittareiden väyläksi valittiin M-Bus sen tarpeenmukaisten ominaisuuksien ja hyvän tuotetuen takia. Usealla valmistajalla on valikoimassaan mittari M-Bus-tiedonsiirrolla kuten kuvasta 8 voidaan nähdä. M-Bus sopii hyvin yksinkertaisten kulutustietojen, kuten käyttöveden kulutuksen tiedonsiirtoon. M-Bus-väylän kaapelointi voidaan myös toteuttaa vapaasti, mistä on hyötyä vesimittareiden ollessa tyypillisesti hajautettuna rakennuksen sisällä eri rakennusosille. Väylän ei tarvitse

noudattaa mitään tiettyä rakennetta (pois lukien rengasverkko, joka on kielletty), joten kaapelointi voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti.

Mittarin tiedonsiirtotavat?	COBA International Oy	Effectio Oy	Kaiko Oy	Kamstrup A/S	Koka Oy	Pajavirta Oy	Saint-Gobain PAM	Taitotekniikka Oy	Vercon Oy/ Verto vedenmittausjärje
Mbus langallinen	Kyllä	–	–	Kyllä	Kyllä	–	Kyllä	–	–
Mbus langaton	–	Kyllä	–	Kyllä	Kyllä	Kyllä	–	–	–
LoRa	–	Kyllä	–	–	Kyllä	–	–	–	Kyllä
NB-IoT	–	Kyllä	–	–	–	–	–	Kyllä	Kyllä
Bluetooth	–	–	–	–	Kyllä	–	–	–	–
NFC	–	–	–	–	Kyllä	–	–	–	–
(sähköverkkotiedonsiirto)	–	–	–	–	–	–	–	–	Kyllä
Sigfox	–	–	–	Kyllä	Kyllä	–	–	–	–
Optinen luku	–	–	Kyllä	–	–	–	–	–	–
Muu?	Tarjolla myös langaton Mbus, LoRa ja Sigfox mittarit.	Kaikki 3 em. radiovaihtoehtoa varsinaiseen tiedonsiirtoon. Mittarista löytyy lisäksi NFC ja Optinen luku, ensisijaisesti tarkoitettu mittarin ohjelmointiin, niistä saa myös lukematiedot.	Impulssi	–	–	Mahdollisuus myös impulssimittareiden liittämiseen.	–	H2O Vesituva™ ulkoinen tiedonsiirto tapahtuu NB-IoT verkossa. Kohteeseen asennettavien laitteiden sisäinen tiedonsiirto keskusyksikön, huoneistoyksikön ja huonenäytön välillä on langallinen.	–

Kuva 8. Vesimittareiden tiedonsiirtotapoja toimittajakohdaisesti esitettynä (Rask 2021, 33).

Pulssiviestiä ei valittu käytettäväksi alamittauksissa, koska sen välittämä informaatio on hyvin rajallista ja toiminnan luotettavuus ei vastaa tilaajan vaatimuksia. Pulssivesimittari on helppo ottaa käyttöön, mutta käytännössä mittareiden täsmäämisen varmistaminen ja luennan paikkansapitävyyden ylläpitäminen käytön aikana on työlästä. Yksittäisen mittarin kohdalla pulssiviestin käyttäminen voi olla perusteltua, mutta mittareiden määrän lisääntyessä haitat kasvavat liian suuriksi hyötyyn nähden, jotta järjestelmää kannattaisi perustaa yksinomaan pulssimittauksen varaan.

IoT-tiedonsiirtoprotokollia ei myöskään käytetty, sillä järjestelmä on tarkoitus rakentaa tukeutuen kiinteistöautomaation paikalliseen tiedonsiirtoverkkoon. Näin tilaaja pystyy vastaamaan tiedonsiirron ja mittausten toiminnasta kokonaisuudessaan, eikä tiedonsiirto ole riippuvainen kolmannen osapuolen tiedonsiirtoverkon toiminnasta. IoT-teknologiaa käytettäessä joudutaan tekemään kompromissi mittareiden pariston keston sekä tiedonsiirron määrän välillä, mikä ei ole tutkimustyön tavoitteiden mukaista reaaliaikaisuuden ja helpon ylläpidettävyyden osalta. Eräiden yleisten huoneistokohtaisiin mittauksiin käytettyjen IoT-protokollien ominaisuuksia on vertailtu kuvassa 9.



Kuva 9. Huoneistomittauksiin käytettyjen IoT-protokollien ominaisuuksien vertailua (IoT ja huoneistokohtainen mittaus n.d.).

Mittausjärjestelmän paikallinen tiedonsiirto on esitetty toimintakaaviossa (liite 3).

### Päämittareiden tiedonsiirto

Oulun Energia käyttää kaukolämmön mittaukseen Kamstrupin mittareita, joissa on valmiudet erilaisiin väyläliitännöihin. Mittari varustetaan Modbus-RTU-väyläkortilla ja liitetään samaan väylään muiden kulutusmittausten kanssa. Toteutus mahdollistaa reaaliaikaisen tiedonsiirron kiinteistöautomaatioon esimerkiksi kysyntäjoustoa ja huipputehon leikkausta varten. Kysyntäjouston edellyttämä tiedonsiirto lämpöyhtiön ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän pilvivalvomon välillä toteutetaan API- eli ohjelmointirajapinnalla.

Kulutuslukemien luotettavuuden maksimoimiseksi tieto luetaan energiahallintajärjestelmään lämpöyhtiön järjestelmästä kiinteistöautomaation sijaan. Lämmönmyyjä vastaa mittauslaitelain mukaan laskuttavien mittareiden toiminnasta ja lukemien todenperäisyydestä, joten data on hyvin luotettavaa. Data reititetään mittaritointittaja Kamstrupin palvelimen ja lämpöyhtiön mittaustiedon hallintajärjestelmän kautta energiahallintajärjestelmän palvelimelle. Kulutustieto saadaan tuntitasolla ja tiedonsiirto tapahtuu kerran päivässä, mikä todettiin riittäväksi energiahallinnan käyttöön.

Oulun Energian sähköverkkopalvelut käyttää sähkömittareina Landis+Gyrin mittareita. Mittarit tullaan uusimaan viiden vuoden sisällä uuden sukupolven mittareihin, joiden HAN-portista voidaan avata kuluttajalle luettavaksi esimerkiksi vaihevirratt, -jännitteet ja -tehot 10 s välein (Kylli 2023). Nämä päämittarista luettavat tiedot vastaavat sähköverkkoanalysointia saatavia tietoja, jolloin erillistä verkkoanalysointia ei periaatteessa tarvittaisi kiinteistön sähkön laadun seuranta varten (Kumpuniemi 2023). Erään laitevalmistajan dokumentaation perusteella HAN-väylä voidaan liittää väylämuuntimella Modbus-väylään, jota muutkin energiamittaukset käyttävät (PiiGAB 900S serie... n.d.). HAN-väyläluennan rajoitteeksi ilmeni tilaajan merkittävimpien automaatioimittajien haastattelujen perusteella ainakin vielä toistaiseksi puuttuva väylän tuki. Kyseisiä väyläintegraatioita ei ole tehty, joten niihin ei ole ohjelmia tai osaamista vielä olemassa.

HAN-väyläluennan sijasta kiinteistölle kuuluvana päämittauksena käytetään sähköverkkoanalysointia, joka mahdollistaa myös reaaliaikaisen tiedonsiirron kiinteistöautomaatioon esimerkiksi kysyntäjoustoa ja huipputehon leikkausta varten. Kysyntäjoustopon edellyttämä tiedonsiirto sähkölaitoksen ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän pilvivalvomon välillä toteutetaan ohjelmointirajapinnalla.

Kulutuskemien luotettavuuden maksimoimiseksi tieto luetaan energiahallintajärjestelmään sähkölaitoksen järjestelmästä kiinteistöautomaation sijaan. Sähkölaitos vastaa mittauslaitelain mukaan laskuttavien mittareiden toiminnasta ja lukemien todenperäisyydestä, joten data on hyvin luotettavaa. Data reititetään mittaritoimittaja Landis+Gyrin palvelimen ja sähkölaitoksen mittauksien hallintajärjestelmän kautta energiahallintajärjestelmän palvelimelle. Kulutustieto saadaan 15 minuutin tasolla ja tiedonsiirto tapahtuu kerran päivässä, mikä todettiin riittäväksi energiahallinnan käyttöön.

Oulun Vesi on siirtymässä päävesimittareissa LoRa-verkossa toimiviin IoT-mittareihin, joissa on sisäänrakennettuja älyominaisuuksia, mm. vuoto- ja putkirikkovahdit. Mittarit ovat tyypiltään ultraäänimittareita ja niihin ollaan siirtymässä vaiheittain seuraavan seitsemän vuoden aikana. Mittareita käytetään tulevaisuudessa myös laskutukseen. (Oulun Vesi 2023.) Mittareiden lähetysväli on 8 h vä-

lein pariston keston turvaamiseksi, mikä ei täytä täysin tilaajan tarpeita mittauksen reaaliaikaisuudesta. Lähetysväli on riittävä energianhallintaa varten, mutta vesivuotohälytyksiä varten tarvitaan tiheämpää tiedonsiirtoa. Lisäksi vesivuotohälytysten määrittelyä ja reititystä varten hälytykset tulisi olla hallinnoitavissa yhdestä paikasta, eli kiinteistöautomaatiosta.

Päävesimittarista saadaan paikallinen tiedonsiirto kiinteistöautomaatioon joko impulssitietona tai langattomana WM-Bus-väylästä (Oulun Vesi 2023). Pulssilähdöllä varustettu mittarimalli on poistumassa markkinoilta suunnitteluohjeen kannalta oleellisissa kokoluokissa, joten mittariksi valittiin WM-Bus-väylällä varustettu malli. WM-Bus-väylä on pulssiviestiä työläämpää ottaa käyttöön, mutta käyttöönoton jälkeen mittarin täsmäytyksestä ei tarvitse huolehtia, vaikka tiedonsiirtoon syntyisikin katko jonkin häiriön takia. WM-Bus-viestin kuuluvuus ei ole myöskään ongelma, koska yleensä päämittari on sijoitettu lämmönjakohuoneeseen, eli samaan tilaan kiinteistöautomaation alakeskuksen kanssa mihin myös langaton vastaanotin (väylämuunnin) asennetaan. WM-Bus-protokolla muutetaan väylämuuntimilla ensin M-Bus väylään ja edelleen Modbus-väylään, jota muutkin kulutusmittaukset käyttävät. Tämä lisää luonnollisesti kustannuksia lisälaitteiden ja työn muodossa, jolloin yksittäisen mittarin osalta yksikkökustannukset voivatkin nousta kohtuullisen suuriksi. Tällä ei peruskorjauksen yhteydessä kuitenkaan ole oleellista taloudellista merkitystä.

Ulkoinen tiedonsiirto päävesimittarilta, kuten muiltakin päämittareilta energianhallintajärjestelmään tapahtuu langattomasti verkon yli. Energialaitoksen mitta-reista poiketen päävesimittari lähettää datapaketin Digitalle LoraWAN IoT-verkossa 8 h välein, mistä energianhallintajärjestelmä noutaa lukemat kerran päivässä ohjelmointirajapinnan kautta. Veden kulutuspoikkeamien ja hälytysten analysointia varten tarvitaan tiheämpää tiedonsiirtoa, joka voidaan toteuttaa hakemalla lukemat kiinteistöautomaation pilvivalvomosta energianhallintajärjestelmään. Myös tämä tapahtuu ohjelmointirajapinnan kautta oletusarvoisesti kerran päivässä, joten reaaliaikaisempaa tiedonsiirtoa tavoitellessa tulisi rajapintaky-selyä tihentää.

### 5.3 Mittausjärjestelmän ulkoiset rajapinnat

Luvuissa 4.2 ja 4.3 käsiteltyjen asiantuntijahaastattelujen perusteella rajapintojen sovelluskohteiksi valittiin energianhallintajärjestelmä, lämmön ja sähkön kysyntäjousto, kiinteistöautomaation analytiikkapalvelut sekä käyttäjän infojärjestelmät.

Kulutusmittauksiin suunniteltiin valmiudet ulkoisten rajapintojen käyttöönottamiseen siten, että datan tallennusväleissä ja reitittämisessä huomioitiin sovelluskohtaiset tarpeet. Esimerkiksi sähkön kysyntäjousto varten tarvitaan vähintään varttitason dataa reaaliajassa. Päämittarilta saatava kulutusdata reititettyä keran päivässä sähkölaitoksen mittaritoimittajan järjestelmän kautta ei mahdollista kysyntäjouston käyttöä vaan tarvitaan reaaliaikaista tiedonsiirtoa, joka toteutetaan liittämällä erillinen mittari, tässä tutkimustyössä päämittauksena toimiva sähköverkkoanalysointilaite, kiinteistöautomaatioon ja reitittämällä data pilvivalvomon kautta rajapinnan välityksellä sähkölaitokselle reaaliajassa. Sama tarkastelu suoritettiin muidenkin rajapintasovellusten osalta lukuun ottamatta käyttäjän infojärjestelmää, jolla ei vielä ole vakiintunutta toteutustapaa.

Järjestelmän ulkoinen tiedonsiirto on esitetty tiedonsiirtokaaviossa (liite 5).

### 5.4 Mittaukset kulutuslajin mukaan

Tarvittavat kulutusmittaukset määriteltiin ensin kulutuslajeittain. Lähtökohtana pidettiin kohdetta, joka on Tilapalveluilla tyypillisesti liitetty kaukolämpöön. Luvuissa 4.2 ja 4.3 käsiteltyjen asiantuntijahaastattelujen perusteella mitattaviksi kulutuskohteiksi määriteltiin seuraavat:

#### Lämpöenergia

- Päämittaus
- Tilalämmitys (verkoston päämittaus)
- IV-lämmitys (verkoston päämittaus)
  - o IV-koneet
- Lämmin käyttövesi (verkoston päämittaus laskennallisesti)

- Ulkojääkenttien jäädytysvesi
- Lämpöpumpuilla tuotettu energia, lämmitys ja käyttövesi erikseen mitattuna
- Pihasulatus

#### Kylmäenergia

- Tuotettu jäähdytysenergia

#### Sähköenergia

- Päämittaus
- IV-koneet
- Sisävalaistus
- Ulkovalaistus
- Sulanapidot
- Luiskalämmitykset
- Autolämmitykset
- Autolatauspisteet
- Lämmityksen lämpöpumput ja lisävastukset erikseen mitattuna
- Jäähdytyslaitteet
- Aurinkovoimalalla tuotettu energia

#### Käyttövesi

- Päämittaus
- Lämmin vesi (päämittaus)
- Kylmän veden linjakohtaiset mittaukset suurissa rakennuksissa (vesivuotohälytysten tarkempaa paikannusta varten)
- Ulkojääkenttien jäädytysvesi
- Ulkovesipostit

Muut mitattavat suurkulutuskohteet määritellään tapauskohtaisesti.

Mittausjärjestelmän rakenne on esitetty pääkaavioissa (liite 2) ja toimintakaaviossa (liite 3). Kulutusmittareilta tallennettava data tallennusväleineen on esitetty toimintakaaviossa (liite 3).

## 5.5 Mittaukset käyttötarkoituksen mukaan

Tarvittavat kulutusmittaukset määriteltiin lisäksi tilan käyttötarkoituksen mukaisesti. Luvuissa 4.2 ja 4.3 käsiteltyjen asiantuntijahaastattelujen perusteella seuraavat tilat määriteltiin mitattavaksi erikseen:

- Ammattikeittiöt
  - o Kylmä ja lämmin vesi
  - o Sähkö
- Päiväkotien ryhmätilat
  - o Kylmä ja lämmin vesi
  - o Sähkö
- Kotitalousluokat
  - o Kylmä ja lämmin vesi
  - o Sähkö
- Liikuntatilojen pukuhuoneet
  - o Kylmä ja lämmin vesi
- Kirjastot
  - o Sähkö

Muiden vuokralaisten (opistot, asukasyhdistykset ym.) käytössä olevien tilojen mittaroinnit määritellään tapauskohtaisesti

Mittausjärjestelmän rakenne on esitetty pääkaavioissa (liite 2) ja toimintakaaviossa (liite 3). Kulutusmittareilta tallennettava data tallennusväleineen on esitetty toimintakaaviossa (liite 3).

## 5.6 Laskennalliset mittaukset

Laskennallista mittausta hyödynnetään lämpimän käyttöveden lämmitysenergian laskennassa. Lämpimän käyttöveden lämmitysenergia lasketaan vähentämällä päämittauksesta muiden lämmityspiirien alamittaukset. Lisäksi lämmityksen sekä

lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta lasketaan suhteellinen osuus (%) koko kiinteistön lämmönkulutuksesta.

Laskentaa käytetään myös sähkön osalta. Sähkökeskuksille hajautetut sähkömitarit summataan kiinteistöautomaatiojärjestelmässä, jotta järjestelmien kokonaiskulutus rakennuksessa voidaan hahmottaa helposti.

- IV-koneet
- Sisävalaistus
- Ulkovalaistus
- Sulanapidot
- Luiskalämmitykset
- Autolämmitykset
- Sähköauton latauspisteet
- Jäähdytyslaitteet

Lisäksi jokaisesta järjestelmästä lasketaan suhteellinen osuus (%) koko kiinteistön sähkönkulutuksesta.

## **5.7 Suorituskyvyn seuranta**

Taloteknisten järjestelmien tehokkuuden ja toimivuuden seuranta varten lasketaan kiinteistöautomaatiojärjestelmässä erilaisia suorituskyvyn tunnuslukuja.

- Ilmanvaihdon lämpötilahyötysuhde
  - o IV-koneittain
- Ilmanvaihdon ominaissähköteho, SFP-luku
  - o Lasketaan konekohtaisesti ja koko ilmanvaihtojärjestelmälle
  - o Lasketaan sähkömittauksen avulla, mikäli puhallinkohtaisia tehotietoja ei saada taajuusmuuttajien puuttuessa. Laskentakaava on esitetty kuvassa 10.

$$SFP_v = \frac{P_{verkko,TP} + P_{verkko,PP}}{q_{max}}$$

jossa

$SFP_v$  = ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho

$P_{verkko,TP}$  = tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

$P_{verkko,PP}$  = poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho, kW

$q_{max}$  = koneen ilmavirroista suurempi (tulo tai poisto) m<sup>3</sup>/s.

Kuva 10. Ilmanvaihtokoneen SFP-luvun laskentakaava (SFP-opas 2023).

- Lämpöpumppujen lämpökerroin, COP-luku
  - o Lämmitys ja lämmin käyttövesi erikseen laskettuna ilman lisävastuksia
  - o Lämmitys ja lämmin käyttövesi erikseen laskettuna lisävastusten kanssa
  - o Lisävastuksilla tuotetun lämmityksen suhteellinen osuus
  - o Lisävastuksilla tuotetun lämpimän käyttöveden suhteellinen osuus
  - o Koko järjestelmän lämpökerroin ilman lisävastuksia
  - o Koko järjestelmän lämpökerroin lisävastusten kanssa
  - o Luvut lasketaan ja esitetään grafiikalla kuukausittaisena arvona vuoden ajalta. Laskentakaavat johdetaan kuvassa 11 esitetystä COP-luvun laskentakaavasta.

$$COP = \frac{Q_L}{W}$$

COP= Coefficient of performance, lämpökerroin

$Q_L$ = Tuotettu lämmitysenergia [kWh]

$W$ = Käytetty ostoenergia [kWh]

Kuva 11. COP-luvun laskenta energian avulla (Simola 2020, 14).

- Jäähdytyslaitteiden kylmäkerroin, EER-luku

- Luku lasketaan ja esitetään grafiikalla kuukausittaisena arvona vuoden ajalta. Kylmäkerroin lasketaan samalla tavalla kuin lämpökerroin.

Suorituskyvyn tunnusluvuista määritellään ohjelmoitavaksi vapaasti asetettavat hälytyksen raja-arvot.

## **5.8 Mittarointijärjestelmän käyttöönottoprosessi**

Tilaaajan toimintakoe- ja vastaanottovaiheen menettelyt on kuvattu projekteissa yleisellä tasolla rakennushankkeen kaupallisissa asiakirjoissa. Toimintakokeen vaiheet ovat yksinkertaistettuna toimintakoevalmiuden tarkastus, urakoitsijoiden toimintatarkastukset ja tilaajalle tehtävät toimintakokeet. Kulutusmittaroinnille päätettiin lisätä oma kohta toimintakoevalmiustarkastuksen pöytäkirjaan, jotta asia tulee käsiteltyä tarkastuksessa. Tarkempaa prosessinkuvausta mittaroinnin käyttöönotosta ja tarkastuksista ei nähty tarpeelliseksi lisätä kaupallisiin asiakirjoihin.

Rakennushankkeen ja energianhallinnan organisaation välisen tiedonkulun parantamiseksi mittaritaulukkoon lisättiin oma sarake, johon energianhallinta merkitsee suunnitteluvaiheessa energianhallintajärjestelmään liitettävät mittaukset. Energianhallinta otetaan siis osalliseksi hankkeeseen aiemmasta poiketen jo suunnitteluvaiheessa, jolloin heille saadaan tieto kohteeseen tulevista mittauksista ja annetaan mahdollisuus vaikuttaa niihin etukäteen.

Mittarointijärjestelmän käyttöönoton sujuvoittamiseksi toiminnan varmistaminen vastuutetaan kokonaan urakoitsijoille, millä osaltaan vähennetään energianhallinnan työkuormaa ja varmistetaan järjestelmän toiminta hankkeen valmistuessa. Urakoitsijat vastaavat mittareiden ja paikallisen tiedonsiirtoverkon asentamisen ja testaamisen lisäksi myös energianhallintajärjestelmään ohjelmointirajapinnalla liitettävien mittausten käyttöönotosta. Tällöin vastuu koko mittausjärjestelmän toiminnasta on hankkeen urakoitsijoilla ja energianhallinta voi keskittyä ydintehtä-

väänsä, mittausdatan käsittelyyn ja hyödyntämiseen. Mittarointijärjestelmä sisällytetään myös urakoitsijan takuuajaksiin toiminnan varmistuksiin, joilla varmistetaan kulutusmittausten toiminta, kun kohde on ollut toiminnassa jo jonkin aikaa.

Päämittausten liittämiseen energianhallintajärjestelmään tulee tilaajalla käydä tiedonvaihtoa energia- ja vesilaitoksen kanssa, sillä mittareista tarvitaan sarjanumerot niiden liittämistä varten. Tämä jää edelleen tilaajan ja energia- ja vesilaitoksen väliseksi asiaksi, sillä hankkeen urakoitsija ei ole asiassa sopimusosapuolena.

## 6 KULUTUSMITTAROINNIN SUUNNITTELUOHJE

Suunnitteluohje kuvaa tilaajan tavoitteet ja niiden mukaiset malliratkaisut selostusmuotoisessa ohjeessa ja sen liitteenä olevissa mallikaavioissa. Nämä toimivat erityissuunnittelijoiden ohjeistuksena uudis- ja perusparannuskohteiden mittarointijärjestelmien suunnittelussa.

Suunnitteluohje koostuu seuraavista asiakirjoista

- Suunnitteluohje
- Liite 1. Pääkaaviot (lämpö, vesi ja sähkö)
- Liite 2. Toimintakaavio
- Liite 3. Paikannuskaavio
- Liite 4. Tiedonsiirtokaavio
- Liite 5. Mittaritaulukko

Suunnitteluohjeessa esitetään mitattavat kulutuslajit ja -kohteet tyyppikiinteistöissä ja määritellään käytettävät mittareiden tyypit ja mallit. Ohjeessa kuvataan myös järjestelmän paikallinen sekä ulkoinen tiedonsiirtotekniikka, mittareilta tallennettava data tallennusväleinen, laskennalliset mittaukset sekä kiinteistöautomaatiossa tehtävät suorituskyvyn laskennat. Suunnitteluohje on esitetty raportin liitteenä.

## 7 POHDINTA

Työn tavoitteena oli kehittää tilaajan kulutusmittarointia laatimalla suunniteluohje, jota voitaisiin hyödyntää rakennushankkeiden suunnittelun ohjauksessa. Työ aloitettiin keräämällä lähtötietoja eri osapuolten tarpeista haastatteleamalla tilaajan energianhallinnasta ja rakentamishankkeiden suunnittelun ohjauksesta vastaavia henkilöitä. Haastattelujen perusteella kävi selväksi, että kattaville kulutusmittauksille on tarve energianhallinnan toiminnan kehittämiseksi ja toiminnalle asetettujen vaatimusten täyttämiseksi. Haastattelujen kautta vahvistui myös tarve määrittää mittausjärjestelmän tekninen toteutus, erityisesti tiedonsiirtoväylät sekä mittareiden tekniset ominaisuudet rakennushankkeiden suunnittelun ohjausta varten. Sisäisissä haastatteluissa ilmeni kulutusmittausten hyvinkin yksityiskohdallisen datan tarve ja toisaalta järjestelmän kehittäminen kokonaistaloudelliseksi ja helposti ylläpidettäväksi. Kulutusmittausten luotettavuus toistui lähes kaikissa haastatteluissa.

Tutustuin työssä energiatehokkuuteen vaikuttavaan lainsäädäntöön, joka osoitautui pirstaleiseksi. Kulutusmittausten rakentamiseen ja käyttöön joiltain osin vaikuttavia säädöksiä on useita, joten lainsäädännön kokonaiskuvan hahmottaminen on haasteellista. Lakien tulkitseminen vaatisi usein asiantuntija-apua joltain aiheen taustan, kontekstin ja lakiympäristön tuntevalta. Esimerkiksi mittauslaitelain soveltamisalassa on tulkinnanvaraisuuksia, jotka eivät välttämättä avaudu ilman laista annetun hallituksen esityksen perustelumui-  
stion perusteellista läpikäyntiä.

Mittarointijärjestelmän teknisen toteutuksen selvittäminen vaati useita asiantuntijahaastatteluja sekä laitetoimittajien materiaalien opiskelua, sillä kulutusmittaukseen käytettävien tiedonsiirtoväylien sekä mittareiden ominaisuudet eivät olleet entuudestaan erityisen tuttuja. Erityisesti vesimittareiden tyypittäminen vaati tarkkaa perehtymistä mittareiden ominaisuuksiin. Vesimittareista saatiin tietoa kaupungin vuokrataloyhtiöltä sekä vesimittaritoimittajilta, joita haastateltiin useita.

Päämittausten osalta tietoa hankittiin energia- ja vesilaitokselta, jotka ovat päivittäisessä mittareitaan uuden sukupolven älymittareihin. Tutustuin myös päämittareiden tiedonsiirtoon, joka osoittautui ennakkokäsitystä moniulotteisemmaksi.

Kulutusmittarointijärjestelmäksi saatiin kehitettyä tavoitteiden mukainen kattava, luotettava ja kokonaistaloudellinen järjestelmä hyödyntäen kiinteistöautomaatiota ja sen rajapintoja mittausjärjestelmän tiedonkeruussa. Alamittausten tuottaman datan hyödyntämistä pohdittiin erilaisten laskennallisten mittausten sekä suorituskyvyn seurannan kautta, vaikkakin aiheen pohdinta jäi lopulta aiottua pinnallisemmaksi. Mittaroinnin käyttöönottoprosessiin saatiin kehitettyä tilaajaorganisaation sisäisellä yhteistyöllä malli, jolla tiedon välitystä rakennushankkeen ja energianhallinnan välillä saadaan parannettua oleellisesti. Tämä helpottaa hankkeen suunnittelun ohjausta ja vähentää mittaroinnin käyttöönottoon liittyvää työtä hankkeen valmistuessa.

Kulutusmittarointijärjestelmä kuvattiin suunnitteluohjeeseen ja sen liitteenä oleviin havainnollisiin malliasiakirjoihin. Tilaajalta saadun palautteen perusteella työssä onnistuttiin hyvin ja ohje otetaan käyttöön tuleviin hankkeisiin. Jatkokehityksaiheena alamittausten kulutusdatan hyödyntämistä kiinteistöjen käytönohjaukseen ja kunnossapitoon voisi kehittää edelleen ja selvittää tekoälyn potentiaalia energiavirtojen analysoinnissa.

## LÄHTEET

10 faktaa LoRaWAN- ja NB-IoT-tekniikasta. N.d. Digita. Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. <https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/digitan-iot-palvelut/lorawan-teknologia/10-faktaa-lorawan-ja-nb-iot-tekniikasta/>

An introduction to Wireless M-Bus. N.d. Silicon Labs. PDF-tiedosto. Viitattu 14.4.2023. <https://pages.silabs.com/rs/634-SLU-379/images/introduction-to-wireless-mbus.pdf>

Bmeters GSD8-I. N.d. Bmeters. PDF-tiedosto. Viitattu 11.7.2023. [https://www.bmeters.com/wp-content/uploads/2021/07/GSD8-I\\_v21.2.pdf](https://www.bmeters.com/wp-content/uploads/2021/07/GSD8-I_v21.2.pdf)

Direktiivit. 2020. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit>

Eduskunta hyväksyi rakentamisen päästöjä pienentävät ja digitalisaatiota edistävät lait. 2023. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 2.3.2023. <https://ym.fi/-/eduskunta-hyvakysi-rakentamisen-paastoja-pienentavat-ja-digitalisaatiota-edistavat-lait>

Ekosuunnitteludirektiivi. 2020. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/ekosuunnitteludirektiivi>

Energiatehokkuusdirektiivi. 2022. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/energiatehokkuusdirektiivi>

Energiatehokkuuslaki (30.12.2014/1429). Viitattu 15.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429#L4P22>

Energiatehokkuussopimukset. N.d. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/sopimus/>

Eronen, P. järjestelmäasiantuntija. 2023. Puhelinhaastattelu 6.6.2023.

Euroopan unionin ilmastopolitiikka. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 30.12.2023. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

EU:n ilmastolaki: parlamentti hyväksyi ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä. 2021. Euroopan parlamentti. Verkkosivu. Viitattu 24.1.2023.

<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20210621IPR06627/ilmastolaki-eu-parlamentti-hyvaksyi-ilmastoneutraaliuden-vuoteen-2050-mennessa>

Forsström H. 2022. Modbus-opas. Sähkö- ja automaatiotekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 14.4.2023.

<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202204195378>

Grundfos instructions. 2022. Grundfos. PDF-tiedosto. Viitattu 23.7.2023.

<https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-5995192.pdf>

Grundfos Magna3. N.d. Grundfos. PDF-tiedosto. Viitattu 22.7.2023.

<https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-6511803.pdf>

Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 27.11.2022. <https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>

Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. 2022. Ympäristöministeriö. PDF-tiedosto. Viitattu 24.1.2023. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM\\_2022\\_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[allowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ilmastolainsäädäntö. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 30.12.2023.

<https://ym.fi/ilmastolainsaadanto>

Ilmari, M. 2012. Lyhyen kantaman langattomat tiedonsiirtotekniikat.

Tietoliikennetekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 23.7.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012060712083>

IoT ja huoneistokohtainen mittaus. N.d. Kamstrup. Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. <https://www.kamstrup.com/fi-fi/huoneistokohtainenmittaus/aiheet/iot-jahuoneistokohtainenmittaus>

Jussinniemi, E. Hankepäällikkö. 2023. Haastattelu 2.2.2023. Oulun Tilapalvelut.

Kaiko. 2023. Haastattelu 4.8.2023. Microsoft Teams.

Kamstrup. 2023. Haastattelu 21.8.2023. Microsoft Teams.

Koka. 2023. Haastattelu 27.7.2023. Microsoft Teams.

Kauppila, J. projektipäällikkö. 2023. Puhelinhaastattelu 4.7.2023.

Kansainvälinen ilmastopolitiikka. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 30.12.2023. <https://ym.fi/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>

Kaupunkistrategia Oulu 2030. N.d. Oulun kaupunki. PDF-tiedosto. Viitattu 11.4.2023. <https://www.ouka.fi/documents/52058/29767354/KaupunkistrategiaOulu2030.pdf/7f68f04d-a60d-4b1e-843c-a85de771d723>

Komissio täydentää EU:n ilmastopakettia – rakennusten energiatehokkuutta parannetaan laajalla keinovalikoimalla. 2021. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2023. <https://ym.fi/-/komissio-taydentaa-eu-n-ilmastopakettia-rakennusten-energiatehokkuutta-parannetaan-laajalla-keinovalikoimalla>

Kulutusmittarit. N.d. Tukes. Verkkosivu. Viitattu 11.3.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/kulutusmittarit>

Kumpuniemi, J. Talotekniikan päällikkö. 2023. Haastattelu 1.2.2023. Oulun Tilapalvelut.

Kumpuniemi, J. Talotekniikan päällikkö. 2023. Sähköverkkoanalysointori. Sähköpostiviesti 28.4.2023.

Kustannustehokkain tapa kytkeä esineet verkkoon. N.d. ConnectedFinland. Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. <https://www.connectedfinland.fi/fi/#>

Kuutoskaupunkien API-työkalupakki. 2017. 6Aika. PDF-tiedosto. Viitattu 3.6.2023. [https://www.hel.fi/static/hel2/tietokeskus/data/dokumentit/6Aika-esitteet/20171002\\_KuutoskaupunkienAPI\\_web.pdf](https://www.hel.fi/static/hel2/tietokeskus/data/dokumentit/6Aika-esitteet/20171002_KuutoskaupunkienAPI_web.pdf)

Kylli, M. Kehityspäällikkö. 2023. Puhelinhaastattelu 25.4.2023.

M-Bus -etäluennan suunnitteluohje. 2018. Saint-Gobain Finland Oy. PDF-tiedosto. Viitattu 11.3.2023. [https://www.pamline.fi/Download/22669/Ohje\\_MIT\\_M-Bus%20-et%C3%A4luenta.pdf](https://www.pamline.fi/Download/22669/Ohje_MIT_M-Bus%20-et%C3%A4luenta.pdf)

Mittauslaitelaki (707/2011). Viitattu 31.12.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707>

Mittauslaitteiden merkinnät. N.d. Tukes. Verkkosivu. Viitattu 11.7.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/mittauslaitteiden-merkinnat>

Mittauslaitteiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen. N.d. Tukes. Verkkosivu. Viitattu 31.12.2023. <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/mittauslaitteiden-vaatimustenmukaisuuden-osoittaminen>

Modbus over serial line specification & implementation guide V1.0. 2002. Modbus.org. PDF-tiedosto. Viitattu 18.4.2023. [https://www.modbus.org/docs/Modbus\\_over\\_serial\\_line\\_V1.pdf](https://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf)

MRL-kokonaisuudistus. N.d. Valtioneuvosto. Verkkosivu. Viitattu 3.3.2023. <https://valtioneuvosto.fi/hanke?tunnus=YM014:00/2018>

Multical 21 datalehti. 2021. Kamstrup. PDF-tiedosto. Viitattu 31.12.2023. [https://documentation.kamstrup.com/docs/MULTICAL\\_21/fi/Data\\_sheet/CON-TEAC95403E812402CB2D5BC6A7967C7A4/?page=1](https://documentation.kamstrup.com/docs/MULTICAL_21/fi/Data_sheet/CON-TEAC95403E812402CB2D5BC6A7967C7A4/?page=1)

Multical 403 datalehti. 2023. Kamstrup. PDF-tiedosto. Viitattu 11.7.2023.

[https://documentation.kamstrup.com/docs/MULTI-CAL\\_403/fi/Data\\_sheet/CONT56DAB6BDF0549BFA75ABA71C173B566/](https://documentation.kamstrup.com/docs/MULTI-CAL_403/fi/Data_sheet/CONT56DAB6BDF0549BFA75ABA71C173B566/)

Mäkelä, J. Energia-asiantuntija. 2023. Haastattelu 25.1.2023. Oulun Tilapalvelut.

NB-IoT ja LTE-M. N.d. Telia. Verkkosivu. Viitattu 16.7.2023. <https://www.telia.fi/yrityksille/iot/nb-iot?intcmp=b2b-palvelut-iot-nb-iot>

Nousiainen, J. Tekninen asiantuntija. 2023. Haastattelu 7.2.2023. Oulun Tilapalvelut.

Oulun Tilapalvelut. N.d. Oulun kaupunki. Verkkosivu. Viitattu 5.3.2023. <https://www.ouka.fi/oulu/tilapalvelut>

Oulun Vesi. 2023. Haastattelu 13.4.2023. Microsoft Teams.

Pekkanen, M. 2017. Lämpöenergia- ja vesimittaukset case-kohteissa. Talotekniikan koulutus. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 18.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201705127887>

PiiGAB 900S serie- HAN. N.d. Autic system AS. PDF-tiedosto. Viitattu 30.8.2023. <https://www.autic.no/wp-content/uploads/2019/09/173ce20c4105eb922fb745bc4781f312.pdf>

Rakennusten energiatehokkuus. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2023. <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. 2023. Motiva. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten\\_energiatehokkuusdirektiivi](https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/rakennusten_energiatehokkuusdirektiivi)

Rask, E. 2021. Etäluettavien vedenmittausjärjestelmien vaatimukset ja käyttöönotto. Talotekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 18.4.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021111020020>

Schneider Electric. 2023. Haastattelu 6.4.2023. Microsoft Teams.

SFP-opas. 2023. Talteka. PDF-tiedosto. Viitattu 30.8.2023. <https://talteka.fi/wp-content/uploads/2023/03/sfp-opas-lopullinen-2023-maaliskuu.pdf>

Simola, J. 2020. Energia- ja kustannustehokas lämmitysjärjestelmä. LVI-tekniikka. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 5.9.2023. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/353706/Simola\\_Johannes.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/353706/Simola_Johannes.pdf?sequence=2)

ST-käsikirja 21 Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. 2022. ST-kortisto. Sähkötieto Ry. Viitattu 14.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kauppa.sahkoinfo.fi/product/group/54>

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia. N.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Viitattu 4.3.2023. <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>

The Standard for Remote Reading of Smart Meters. N.d. M-Bus. Verkkosivu. Viitattu 17.4.2023. <https://m-bus.com/>

Tiedonsiirtotekniikat. N.d. Kamstrup. Verkkosivu. Viitattu 11.7.2023. <https://www.kamstrup.com/fi-fi/vesiratkaisut/vesimittarienluenta/tiedonsiirtotekniikat>

Toimintasuunnitelma Oulun kaupungin energiatehokkuussopimuksen toteuttamiseksi vuosille 2017-2025. 2018. Oulun kaupunki. PDF-tiedosto. Viitattu 27.11.2022 [https://www.ouka.fi/documents/173447/0/Toimintasuunnitelma\\_Oulu\\_2017\\_2025.pdf/a389c6db-8285-4f99-97a7-9f68c4fb5827](https://www.ouka.fi/documents/173447/0/Toimintasuunnitelma_Oulu_2017_2025.pdf/a389c6db-8285-4f99-97a7-9f68c4fb5827)

Valtioneuvoston asetus lämmityksen, jäähdytyksen ja veden kulutus- ja laskutustiedoista ja kustannusten jakamisesta (254/2021). Viitattu 15.4.2023.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210254>

Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista (1432/2016).

Viitattu 31.12.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161432>

Varttitase eli 15 minuutin taseselvitysjakso. N.d. Fingrid. Verkkosivu. Viitattu 15.4.2023.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/pohjoismainen-tasehallinta/varttitase/#taustaa>

Vuosikertomus 2020. N.d. Oulun Tilapalvelut. PDF-tiedosto. Viitattu 5.3.2023.

[https://www.ouka.fi/documents/18242227/0/tilapalvelut\\_vuosikertomus2020\\_sa1.pdf/11248524-f7ec-4423-b865-14ef8f016665](https://www.ouka.fi/documents/18242227/0/tilapalvelut_vuosikertomus2020_sa1.pdf/11248524-f7ec-4423-b865-14ef8f016665)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017). Viitattu 15.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista annetun ympäristöministeriön asetuksen 2 ja 10 §:n muuttamisesta (814/2020). Viitattu 15.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200814>

Ympäristöohjelma 2026. 2019. Oulun kaupunki. PDF-tiedosto. Viitattu 11.4.2023. <https://www.ouka.fi/documents/64417/18686833/Ymp%C3%A4rist%C3%B6ohjelma2026-KH-12082019.pdf/33caeb8d-373c-4a7c-820d-22b135a77177>

**LIITTEET**

Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

1(15)

**SUUNNITTELUOHJE**  
KULUTUSMITTAROINTI 2023**OULUN TILAPALVELUT -LIIKELAITOS  
SUUNNITTELUOHJE****KULUTUSMITTAROINTI**

## JOHDANTO

### YLEISTÄ

Oulun Tilapalvelut -liikelaitos järjestää ylläpitotoiminnan Oulun kaupungin julkisissa rakennuksissa ja vuokraa hallintokuntien tarvitsemat toimitilat. Liikelaitos rakennuttaa kaupungin palvelukiinteistöjä sekä järjestää niihin ateria- ja puhtaanapito palvelut. Tämän lisäksi Oulun Tilapalvelut tuottaa virastomestari- ja kuljetuspalveluita sekä sisäliikuntalaitosten hoitopalveluita.

Tässä suunnitteluohjeistossa on kuvattu tavoitteellisia suunnitteluratkaisuja Tilapalveluiden rakennushankkeita varten. Laaditut suunnitteluohjeet kattavat kaupungin julkiset rakennukset: koulut / päiväkodit, terveydenhoitorakennukset jne. Ohjeita käytetään soveltaen myös peruskorjaussuunnittelussa.

**Tämä suunnitteluohjeisto täydentää voimassa olevia lakeja, asetuksia ja direktiivejä, RT-kortistoa sekä RYL-asiakirjoja.** Tarkoitus on ollut määritellä tavoitteellisia ja suositeltavia rakentamistapoja, sekä teknisiä ratkaisuja. Ohjeistoon kuuluvat osiot kaikista suunnittelualoista (ARK/RAK, LVI, SÄHKÖ, RAU).

Suunnittelijan tulee noudattaa tätä suunnitteluohjetta. Mikäli suunnittelija haluaa poiketa näistä suunnitteluohjeista, asia on käsiteltävä suunnittelukokouksissa ja kirjattava suunnittelukokouspöytäkirjaan.

Suunnittelu tehdään tietokoneavusteisena, käytettävät suunnitteluohjelmat ovat AutoCad -yhteensopivia. Muita ohjelmia käytettäessä tulee siitä sopia rakennuttajan kanssa.

Suunnitteluasiakirjojen teknisestä laadusta, suunnitelmien sisällöstä sekä loppuasiakirjojen luovutuksesta on ohjeita Loppuasiakirjojen luovutusohjeessa sekä sen liitteissä. Ohjeet ovat haettavissa Tilapalveluiden internetsivuilta osoitteesta:  
<https://www.ouka.fi/oulu/tilapalvelut/yhteistyokumppaneille>.

Suunnittelija on velvollinen pitämään yhteyttä tarvittaviin viranomaisiin ja kunnallisiin laitoksiin, sekä toimittamaan suunnitelmapiiirustukset ja muut tarvittavat asiapaperit näiden hyväksyttäväksi niin, että ne hyväksytyinä ovat käytettävissä rakennustöiden käynnistyessä.

Suunnitteluratkaisuja tehtäessä tulee kiinnittää huomiota elinkaaren aikaisiin kustannuksiin, käyttöarvoon sekä muunneltavuuteen. Suunnitelmissa tulee esittää määritykset riittävän tarkasti yksilöiden, sekä määrittää työselityksessä menettelyt toteutusratkaisun vaihdosta.

### Elinkaari- ja energiatalous

Oulun kaupunki on sitoutunut Kuntien energiatehokkuussopimukseen 2017–2025. Kaupunki on asettanut ohjeelliseksi tehostamistavoitteeksi sopimuskaudelle 10,5 % (24 926,1 MWh) vuoden 2014 energiankulutuksesta. Oulu on myös mukana myös kansainvälisessä Kaupunginjohtajien energia- ja ilmastopimuksessa (Covenant of Mayors for Climate and Energy), jonka tavoitteena on vähentää kaupungin kasvihuonepäästöjä 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä.

Oulun kaupungin kestävän energian ja ilmaston toimintasuunnitelma ja Oulun kaupungin Kuntien energiatehokkuussopimuksen toimintasuunnitelma määrittelevät keinoja asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Suunnitteluratkaisut tehdään ympäristö- ja energiatehokkuustavoitteiden mukaisiksi huomioiden terveellisyys, turvallisuus ja toiminnallisuus. Suunnittelun alkuvaiheessa tarkistetaan tilaajan tarve-/hankeselvitysvaiheessa tai tarjouspyynnössä määrittämät energiankulutukselle asetetut tavoitteet sekä kohteen energiatalouteen ja hiilijalanjälkeen vaikuttavien ratkaisujen simulointitarve. Samalla sovitaan rakenteiden teknisten järjestelmien suunniteltu tekninen käyttöikä ja eri rakennusosien lämmöneristävyyssvaatimukset.

Rakennuksen energiatehokkuuteen, päästövähennyksiin ja tilojen olosuhteisiin vaikuttavien ratkaisuvaihtoehtojen mallinnus tehdään tarkoitukseen soveltuvalla simulointiohjelmalla. Mallinnuksessa huomioidaan kaikki suunnittelualat. Energiaratkaisujen simuloinnin tavoitteena on selvittää erilaisten arkkitehtonisten, rakenteellisten tai taloteknisten ratkaisujen vaikutukset kohteen kokonaisenergiankulutukseen. Simuloitavat osa-alueet arvioidaan kohdekohtaisesti, mutta ensisijaisesti mallinnetaan eniten energiaa kuluttavat ratkaisut. Simulointiohjelmalla pitää pystyä mallintamaan tarkasti rakennuksen rakenneosat, järjestelmät, säätölaitteet, olosuhteet, energiankulutus ja uusiutuvan energian käyttö. Simulointiohjelman katseluohjelman on oltava tilaajan käytössä ilmaiseksi.

Suunnitteluratkaisuisuissa tulee pyrkiä minimoimaan ulkopuolelta tulevasta lämpökuormasta aiheutuva sisätilojen jäähdytystarve käyttäen mahdollisuuksien mukaan kohteeseen soveltuvaa rakenteellista suojausta. Lisäksi tulee kiinnittää erityistä huomioita rakenteiden tiiveyteen (tiivetyysluku) ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton hyötysuhteeseen.

Perusparannuskohteissa rakennuskohteen energiataloutta parannetaan toimenpiteillä, jotka korjaustyön kokonaisuuden kannalta ovat tarkoituksenmukaiset toteuttaa. Tällaisia toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi yläpohjan lisäeristäminen, ovien ja ikkunoiden lämpöteknisen laadun parantaminen tai ilmanvaihdon ja talotekniikan parantaminen tai uusiminen.

Lähtökohtaisesti kohteisiin asennetaan väylälitännäiset jälkimittaukset (vesi, lämpö yms.). Laitteistojen mittaukset liitetään valvonta-alakeskuksille. Samaan väyläkaapeliin voidaan liittää sähkötekniikan mittaukset (valaistuksille, IV-laitteille sekä kylmlaitteistoille). Käytettävä väyläprotokolla (LVIS) sovitaan ja kirjataan suunnittelun alkuvaiheessa, lähtökohtaisesti BACnet\*.

**\* kulutusmittauksissa käytettävät väyläprotokollat ovat M-Bus (alavesimittarit) ja Modbus RTU (energiamittarit).**

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

4(15)



**SUUNNITTELUOHJE**  
KULUTUSMITTAROINTI 2023

**Muuta huomioitavaa**

Kohteen suunnittelussa piirustuksia laatiessa on huomioitava tämän ohjeen lisäksi Tilapalvelujen mallipiirustukset. Poikkeamat suunnitteluohjeista ja mallipiirustuksista on sovittava kohdekohtaisesti ennen suunnitteluratkaisujen viemistä suunnitelmiin. Poikkeamat tulee aina kirjata suunnittelukokouspöytäkirjaan. Suunnittelija on myös velvollinen huolehtimaan suunnitelmiansa ja erillisen urakan sisältöasiakirjan oikeellisuudesta ja niiden vastaavuudesta omalta osaltaan.

Pohjapiirustuksiin tulee selkeästi merkitä nykyisten ja uusien laitteiden merkintätapa (esim. "Suluissa esitetyt laitteet ovat nykyisiä"). Lisäksi voidaan käyttää eri viivan paksuuksia esittämään nykyisten ja uusien laitteiden eroa (nykyiset esitetään esimerkiksi ohuemalla viivalla).

Piirustustekniset asiat sovitaan suunnittelun aloituskokouksessa.

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

5(15)

**SISÄLLYSLUETTELO**

## JOHDANTO

<b>YLEISTÄ .....</b>	<b>1</b>
<b>KULUTUSMITTAUSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>2</b>
<i>Yleistä .....</i>	<i>2</i>
<i>Mittaukset kulutuslajin mukaan .....</i>	<i>2</i>
<i>Mittaukset käyttötarkoituksen mukaan.....</i>	<i>3</i>
<i>Energia- ja vesilaitoksen laskuttavat päämittarit .....</i>	<i>3</i>
<i>Kiinteistön kulutusmittarit.....</i>	<i>5</i>
<i>Laitteiden sisäänrakennetut mittaukset .....</i>	<i>8</i>
<i>Laskennalliset mittaukset.....</i>	<i>8</i>
<i>Suorituskyvyn laskennat.....</i>	<i>9</i>
<i>Tiedonsiirto ulkoiseen energianhallintajärjestelmään .....</i>	<i>9</i>
<i>Käyttöönotto .....</i>	<i>10</i>

## LIITTEET

Liite 1. Pääkaaviot
Liite 2. Toimintakaavio
Liite 3. Paikannuskaavio
Liite 4. Tiedonsiirtokaavio
Liite 5. Mittaritaulukko

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

6(15)



**SUUNNITTELUOHJE**  
RAU 2022  
Liite 1

## YLEISTÄ

Tässä ohjeessa kuvataan kulutusmittausten suunnitteluperiaatteita tilaajan rakennushankkeissa. Ohje on laadittu tilaajan yleisimmille rakennustyypeille (koulut, päiväkodit ja monitoimitilat) ja sitä käytetään soveltaen myös muihin rakennustyypeihin. Liitteenä olevat mallikaaviot on laadittu päiväkotikohteelle.

Suunnittelussa sovelletaan LVI- ja RAU-suunnitteluohjeen yleisiä laatuvaatimuksia. Em. suunnitteluohjeista poiketen kulutusmittauksissa käytettävät väyläprotokollat ovat M-Bus (vesimittarit) ja Modbus RTU (energiamittarit).

## KULUTUSMITTAUSJÄRJESTELMÄ

### Yleistä

Mittausjärjestelmä koostuu väylälentaisista kulutusmittareista, fyysisestä kenttäväylästä, tarvittavista toistimista ja muuntimista, kiinteistöautomaation alakeskuksista sekä pilvalivomosta. Erillisiä, kiinteistöautomaatiojärjestelmästä riippumattomia mittausjärjestelmiä ei käytetä.

Kulutusmittaukset visualisoidaan käyttäjälle infonäytöillä. Tarpeesta ja visualisoinnin sisällöstä sovitetaan hankekohtaisesti. Käyttäjän infojärjestelmän toimittaja tulee ottaa mukaan suunnitteluun riittävän varhaisessa vaiheessa.

### Mittaukset kulutuslajin mukaan

Kiinteistöön suunnitellaan lähtökohtaisesti seuraavat kulutuslajikohtaiset mittaukset rakennustyyppistä riippumatta, mikäli kohteessa on kyseisiä järjestelmiä.

#### Lämpöenergia

- Päämittaus
- Tilalämmitys (verkon päämittaus)
- IV-lämmitys (verkon päämittaus)
  - o IV-koneet
- Lämmin käyttövesi (verkon päämittaus laskennallisesti)
- Ulkojäakenttien jäädytysvesi
- Lämpöpumpuilla tuotettu energia, lämmitys ja käyttövesi erikseen mitattuna
- Pihasulatus

#### Kylmäenergia

- Tuotettu jäädytysenergia

#### Sähköenergia

- Päämittaus
- IV-koneet
- Sisävalaistus
- Ulkovalaistus
- Sulanapidot
- Luiskalämmitykset
- Autolämmitykset
- Autolatauspisteet
- Lämmityksen lämpöpumput ja lisävastukset erikseen mitattuna
- Jäähdytyslaitteet
- Aurinkovoimalalla tuotettu energia

#### Käyttövesi

- Päämittaus
- Lämmin vesi (päämittaus)

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

8(15)



### SUUNNITTELUOHJE

RAU 2022

Liite 1

- Kylmän veden linjakohtaiset mittaukset suurissa rakennuksissa (vesivuotohälytysten tarkempaa paikannusta varten)
- Ulkojäakenttien jäädytysvesi
- Ulkovesipostit

Muut mitattavat suurkulutuskohteet määritellään tapauskohtaisesti. Mittausjärjestelmän rakenne mallikohteessa (päiväkoti) on esitetty pääkaavioissa (liite 1) ja toimintakaaviossa (liite 2).

### Mittaukset käyttötarkoituksen mukaan

Kiinteistöön suunnitellaan lähtökohtaisesti seuraavat käyttötarkoituksen mukaiset mittaukset rakennustyyppistä riippumatta, mikäli kohteessa on kyseisiä toimintoja.

#### Ammattikeittiöt

- Kylmä ja lämmin vesi
- Sähkö

#### Päiväkotien ryhmätilat

- Kylmä ja lämmin vesi
- Sähkö

#### Kotitalousluokat

- Kylmä ja lämmin vesi
- Sähkö

#### Liikuntatilojen pukuhuoneet

- Kylmä ja lämmin vesi

#### Kirjastot

- Sähkö

Muiden vuokralaisten (opistot, asukasyhdistykset ym.) käytössä olevien tilojen mittaroinnit määritellään tapauskohtaisesti.

Mittausjärjestelmän rakenne mallikohteessa (päiväkoti) on esitetty pääkaavioissa (liite 1) ja toimintakaaviossa (liite 2).

### Energia- ja vesilaitoksen laskuttavat päämittarit

Kaukolämmön päämittari ja vesimittari liitetään rinnakkaistietona kiinteistöautomaatioon. Sähkön päämittausta ei liitetä kiinteistöautomaatioon, mutta vastaavat tiedot luetaan kiinteistön omalta sähköverkkoanalysointilaitteelta. Paikallinen tiedonsiirto mahdollistaa reaaliaikaista dataa vaativat käyttötarkoitukset.

#### Kaukolämmön päämittari

Kaukolämmön päämittari on etäluettava mittari, malli on tilaajan kiinteistöjen kokoluokassa yleensä Kamstrup 603. Mittari toimii 230 V verkkojännitteellä. Tiedonsiirto lämpöyhtiölle tapahtuu 2G/4G-mobiiliverkossa.

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

9(15)



## SUUNNITTELUOHJE

RAU 2022

Liite 1

Kaukolämmön päämittaus luetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään reaaliaikaisten kysyntäjous-topalvelujen mahdollistamiseksi. Mittari varustetaan paikalliseen tiedonsiirtoon Modbus RTU-väyläkortilla ja liitetään kiinteistöautomaatioon.

## Asentamisen rajapinnat:

- Sähköurakoitsija asentaa sähkönsyötön ja väyläkaapelin
- Oulun Energia toimittaa ja asentaa mittarin sekä väyläkortin + kytkee väyläkaapelin
- RAU-urakoitsija käyttöönottaa väylän

## Luettavat tiedot:

- Kumulatiivinen energia (MWh)
- Hetkellinen teho (kW)
- Hetkellinen virtaama (l/s)
- Menoveden lämpötila (°C)
- Paluuveden lämpötila (°C)

Päävesimittari

Päävesimittari on etäluettava IoT-ultraäänimittari, malli on Effectio (Axioma) W1 tai vastaava, tarkastettava Oulun Vedeltä. Mittari toimii paristoilla, eikä tarvitse verkkojännitettä. Tiedonsiirto vesilaitokselle ja tilaajalle tapahtuu Digitan LoRaWan -verkon välityksellä.

Veden päämittaus luetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään reaaliaikaisten vesivuotohälytysten mahdollistamiseksi. Mittarissa (W1) on paikalliseen tiedonsiirtoon WM-Bus-väylä, jolla mittari liitetään kiinteistöautomaatioon. WM-Bus-väylä muutetaan väylämuuntimella M-Bus-väylään, mistä edelleen Modbus-väylään tai vaihtoehtoisesti suoraan WM-Busista Modbus-väylään. Väylämuuntimen tilataan Oulun vedeltä, jonka mittaritoimittaja konfiguroi muuntimen mittarin sarjanumeron perusteella sekä aktivoi WM-Bus väylän.

## Asentamiset rajapinnat:

- Vesilaitos toimittaa, asentaa ja konfiguroi vesimittarin sekä väylämuuntimen
- RAU-urakoitsija kytkee ja käyttöönottaa väylän

## Luettavat tiedot:

- Kumulatiivinen kulutus (m<sup>3</sup>)

Sähkön päämittari

Sähkön päämittari on etäluettava IoT-mittari, malli on tilaajan kiinteistöjen kokoluokassa yleensä Landis+Gyr E360 LTE CT. Tiedonsiirto sähkölaitokselle tapahtuu LTE / NB-IoT-verkossa.

Päämittarissa on paikalliseen tiedonsiirtoon HAN-väylä (Home Area Network) RJ12-pistokkeella, jolla tiedonsiirto tapahtuu ASCII-muodossa. Automaatioimittajien HAN-väylän tuen puuttuessa sitä ei kuitenkaan toistaiseksi käytetä mittarin liittämiseksi kiinteistöautomaatioon.

## Luettavat tiedot:

- Ei paikallista tiedonsiirtoa.

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

10(15)

### Kiinteistön kulutusmittarit

Kulutusmittaukset luetaan kiinteistöautomaatioon ja esitetään pilvalvommon energiankulutusosiossa. Kulutusmittausten tallennusväli on esitetty toimintakaaviossa (liite 2).

#### Lämpöenergiamittarit

Lämpöenergiamittareina käytetään MID-hyväksytyjä ultraäänimittareita. Mittarin virtalähteenä käytetään 230 V verkkojännitettä. Tiedonsiirtoon käytetään Modbus RTU-väylää, jonka tulee olla mittarin natiiviominaisuus (erillisiä väylämuuntimia ei käytetä).

Lämpöenergiamittarit on suunniteltava paikkoihin, jossa ne ovat helposti asennettavissa, huollettavissa ja luettavissa. Mittarit tulee määritellä asennettavaksi valmistajan asennusohjeiden mukaan.

Laskuttavissa mittareissa näyttö tulee olla kuluttajan luettavissa. Mittarit varustetaan tarvittaessa erillisellä näytöllä, joka sijoitetaan huonetilaan. Erillistä näyttöä ei tarvita, mikäli mittari on huone-tilassa esteettömästi saavutettavissa ja kuluttajan luettavissa ilman työkaluja.

#### Luettavat tiedot:

- Kumulatiivinen energia (MWh)
- Hetkellinen teho (kW)
- Hetkellinen virtaama (l/s)
- Menoveden lämpötila (°C)
- Paluueden lämpötila (°C)

#### Esimerkkejä mittareista:

	Qp [m <sup>3</sup> /h]	Lisävarusteet
<u>Kamstrup</u>		
Multical 403	0,6 – 15	Modbus RTU- ja 230 VAC -moduulit
Multical 603	0,6 - 1000	Modbus RTU- ja 230 VAC -moduulit
<u>Effectio (Axioma)</u>		
Qalcosonic E3	0,6 – 60	Modbus RTU- ja 230 VAC -moduulit
<u>Saint Gobain PAM (Diehl)</u>		
Sharky 775	0,6 – 100	Modbus RTU- ja 230 VAC -moduulit

#### Vesimittarit

Vesimittareina käytetään MID-hyväksytyjä mekaanisia tai ultraäänimittareita. Mittareiden tiedonsiirtoon käytetään M-Bus-tiedonsiirtoväylää, jonka tulee olla mittarin natiiviominaisuus (erillisiä väylämuuntimia ei käytetä). Yksittäisiin nimellisvirtaamaltaan 6 m<sup>3</sup>/h (DN25) ja sitä suurempien vesimittareiden tiedonsiirtoon sallitaan erillinen muunnin tai gateway mittarin liittämiseksi M-Bus-väylään. Langatonta tiedonsiirtoa ei käytetä.

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

11(15)



## SUUNNITTELUOHJE

RAU 2022

Liite 1

Mekaaniset mittarit saavat käyttöjännitteen M-Bus-väylästä, joten erillistä virtalähdettä ei tarvita. Mittareissa tulee olla sähkökatkoja varten varmenneparisto, jonka käyttöikä tulee olla vähintään 10 vuotta. Ultraäänimittarit saavat käyttöjännitteen M-Bus-väylän sijaan paristosta. Tällöin mittarin pariston kesto tulee olla vähintään 10 vuotta toimintakaavion (liite 2) mukaisella luentavälillä.

Vesimittarit on suunniteltava paikkoihin, jossa ne ovat helposti asennettavissa, huollettavissa ja luettavissa. Mittarit tulee määritellä asennettavaksi valmistajan asennusohjeiden mukaan.

Laskuttavissa mittareissa näyttö tulee olla kuluttajan luettavissa. Mittarit varustetaan tarvittaessa erillisellä näytöllä, joka sijoitetaan huonetilaan. Erillistä näyttöä ei tarvita, mikäli mittari on huone-tilassa esteettömästi saavutettavissa ja kuluttajan luettavissa ilman työkaluja.

## Luettavat tiedot:

- Kumulatiivinen kulutus (m<sup>3</sup>)
- Hetkellinen kulutus (l/s) (ultraäänimittarit)
- Hälytys pariston alhaisesta varauksesta (ultraäänimittarit)

## Esimerkkejä mekaanisista mittareista:

	Q <sub>3</sub> [m <sup>3</sup> /h]	KV	LV	Lisävarusteet
<u>Koka (BMeters)</u>				
GSD-RFM	2,5 – 4,0	x	x	(M-Bus-moduuli vakiona)
GMDM-RFM	10,0 – 25,0	x	x	(M-Bus-moduuli vakiona)
<u>Kaiko (Elster / Honeywell)</u>				
EFW FLEX	2,5 – 4,0	x	x	M-Bus-moduuli
M100i	4,0 – 25,0	x	-	M-Bus-moduuli
M190 MTHR-KN	6,0 – 15,0	-	x	Pulssi – Mbus-muunnin
<u>Saint Gobain PAM (Wehrle)</u>				
ETK-EAX	2,5 – 4,0	x	-	M-Bus-moduuli
ETW-EAX	2,5 – 4,0	-	x	M-Bus-moduuli
MTK-HWX	4,0 – 25	x	-	(M-Bus-moduuli vakiona)
MTW-HWX	4,0 – 16	-	x	(M-Bus-moduuli vakiona)

## Esimerkkejä ultraäänimittareista:

	Q <sub>3</sub> [m <sup>3</sup> /h]	KV	LV	Lisävarusteet
<u>Kamstrup</u>				
FlowIQ 2101	1,6 – 4	x	x	(M-Bus integroitu)
FlowIQ 3100	6,3 – 25	x	-	(M-Bus integroitu)
FlowIQ 2200	6,3	-	x	Gateway + M-Bus -moduuli
FlowIQ 3200	10 – 25	-	x	Gateway + M-Bus -moduuli

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

12(15)



**SUUNNITTELUOHJE**  
RAU 2022  
Liite 1

### Sähköenergiamittarit

Sähköenergiamittareina käytetään MID-hyväksytyjä mittareita. Tiedonsiirtoon käytetään Modbus RTU-väylää, jonka tulee olla mittarin natiiviominaisuus (erillisiä väylämuuntimia ei käytetä).

Sähköenergiamittarit on suunniteltava paikkoihin, jossa ne ovat helposti asennettavissa, huollettavissa ja luettavissa. Mittarit tulee määrittellä asennettavaksi valmistajan asennusohjeiden mukaan.

Laskuttavissa mittareissa näyttö tulee olla kuluttajan luettavissa. Mittarit varustetaan tarvittaessa erillisellä näytöllä, joka sijoitetaan huonetilaan. Erillistä näyttöä ei tarvita, mikäli mittari on huone-tilassa esteettömästi saavutettavissa ja kuluttajan luettavissa ilman työkaluja.

Päämittauksena käytetään sähköverkkoanalysointia.

Sähköverkkoanalysointia, luettavat tiedot:

- Pätö- ja loisenergia
- Virta
- Jännite
- Harmoniset yliaallot
- Pätö-, näennäis- ja loisteho
- Tehokerroin
- Taajuus

Esimerkkejä sähköverkkoanalysointilaitteista:

- Carlo Gavazzi WM15
  - o MID-hyväksytty (B)
- ABB M4M 30
  - o MID-hyväksytty (C)

Tuotenumero:

WM1596AV53XOSPFB

M4M30-M-MODBUS

Alamittarit, luettavat tiedot:

- Pätöenergia
- Virta
- Jännite
- Pätöteho

Esimerkkejä alamittareista:

- Carlo Gavazzi EM112
  - o MID-hyväksytty (A)
- Alle 65A, suoramittaus: Carlo Gavazzi EM340
  - o MID-hyväksytty (A)
- Yli 65A, virtamuuntaja: Carlo Gavazzi EM330
  - o MID-hyväksytty (A)

Tuotenumero:

EM112DINAV01XS1PFA

EM340DINAV23XS1PFA

EM330DINAV53HS1PFA

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

13(15)



SUUNNITTELUOHJE  
RAU 2022  
Liite 1

### Laitteiden sisäänrakennetut mittaukset

IV-koneiden taajuusmuuttajat liitetään Modbus RTU-väylään ja niiltä luetaan hetkellinen teho SFP-luvun laskentaa varten. Mikäli puhaltimilla ei ole taajuusmuuttajia, lasketaan SFP-luku IV-koneen sähkömittauksen avulla.

### Laskennalliset mittaukset

Laskennalliset mittaukset suoritetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmässä ja esitetään pilvaluonnon energiankulutusosiossa.

Lämmityksen alamittausten energiankulutus esitetään kumulatiivisen lisäksi suhteellisenä kulutuksena

- Esitettävät tiedot
  - o Osuus kiinteistön lämmönkulutuksesta (%)

Lämpimän käyttöveden energiankulutus lasketaan vähentämällä kaukolämmön päämittauksesta tilalämmitys- ja IV-verkoston ym. alamittaukset.

- Esitettävät tiedot
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)
  - o Osuus kiinteistön lämmönkulutuksesta (%)

Koontimittauksia käytetään summaamaan rakennuksen keskenään samanlaisten kulutuskohteiden, pääasiassa sähkön kulutukset, jotka on tyypillisesti jaettu eri ryhmäkeskuksille ja alamittareille.

Koontimittausten esitettävät tiedot, sähkön kulutus

- Ilmanvaihto yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (kWh)
  - o Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Sisävalaistus yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)
  - o Osuus valaistuksen sähkönkulutuksesta (%)
  - o Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Ulkovaalaistus yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)
  - o Osuus valaistuksen sähkönkulutuksesta (%)
  - o Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Sulanapidot yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)
  - o Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Autolämmitykset yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)
  - o Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Autolatauspisteet yhteensä
  - o Kumulatiivinen energia (MWh)

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

14(15)


**SUUNNITTELUOHJE**

RAU 2022

Liite 1

- Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)
- Jäähdytys yhteensä
  - Kumulatiivinen energia (MWh)
  - Osuus kiinteistön sähkönkulutuksesta (%)

### Suorituskyvyn laskennat

Suorituskyvyn laskentaa käytetään taloteknisten järjestelmien suorituskyvyn seurantaan. Laskennat suoritetaan kiinteistöautomaatiojärjestelmässä ja esitetään pilvivalvomon prosessikaavioiden yhteydessä.

Suorituskyvyn laskennat

- IV-koneiden LTO-hyötysuhde
- IV-koneiden SFP-luku (taajuusmuuttajan tehotiedoista tai erillisestä sähkömittauksesta laskettuna)
- IV-järjestelmän SFP-luku
- Lämpöpumppujen lämmöntuotannon COP-luku
  - Tilalämmitys ilman lisävastuksia ja lisävastusten kanssa
  - Lämmin käyttövesi ilman lisävastuksia ja lisävastusten kanssa
  - Koko järjestelmä ilman lisävastuksia ja lisävastusten kanssa
- Lämpöpumppujen vuotuinen lämmöntuotannon SPF-luku
- Lämpöpumppujen kylmäntuotannon EER-luku
- Lämpöpumppujen vuotuinen kylmäntuotannon SEER-luku

Lämpö- ja kylmäkerroin (COP ja EER) lasketaan jokaiselle kuukaudelle vuoden ajalta ja esitetään grafiikalla taulukkomuodossa. Vuotuiset lämpö- ja kylmäkertoimet lasketaan (SPF ja SEER) lasketaan koko vuoden ajalta.

Kaikista suorituskyvyn laskennoista ohjelmoidaan aseteltavat ala- tai ylärajahälytykset. Ohjelmoitavien hälytysten hälytysluokat, raja-arvot ja viiveet on esitetty erillisessä hälytyspisteiden ohjelmointiohjeessa.

### Tiedonsiirto ulkoiseen energianhallintajärjestelmään

Mittaustiedot luetaan tilaajan ulkoiseen energianhallintajärjestelmään mittaritaulukkoon merkityistä mittareista (liite 5). Suunnittelija kierrättää taulukon tilaajan energianhallinnan edustajalla, joka merkitsee taulukkoon luettavat alamittarit. Päämittarit luetaan energia- ja vesilaitoksen järjestelmistä energianhallintajärjestelmään.

Kiinteistön mittareiden ulkoinen tiedonsiirto kiinteistöautomaation pilvivalvomon ja tilaajan energianhallintajärjestelmän välillä toteutetaan ohjelmointirajapinnan avulla. Käytössä oleva energianhallintajärjestelmä ja käytettävä rajapinta tulee tarkastaa tilaajan energianhallinnan edustajalta. Energianhallintajärjestelmä noutaa mittaustiedot pilvivalvomosta pääsääntöisesti kerran vuorokaudessa.

## Liite 1. Kulutusmittaroinnin suunnitteluohje

15(15)



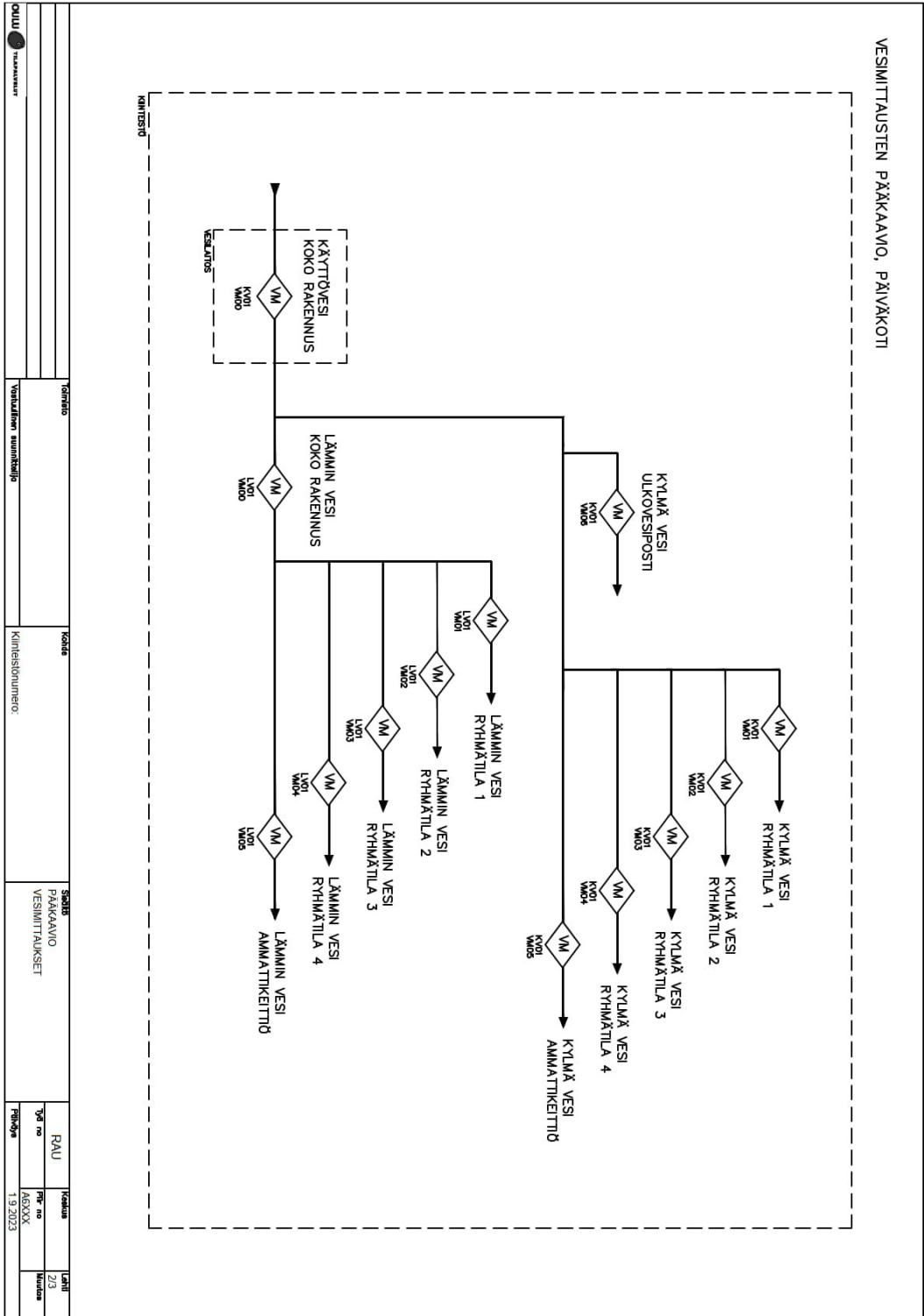
**SUUNNITTELUOHJE**  
RAU 2022  
Liite 1

**Käyttöönotto**

Automaatiourakoitsija veloitetaan suunnitelmissa vastaamaan mittausjärjestelmän käyttöönotosta, testaamisesta ja dokumentoimisesta. Urakoitsijan vastuulle kuuluu myös kulutusmittaus-ten tiedonsiirron käyttöönotto tilaajan ulkoiseen energianhallintajärjestelmään. Mittausjärjestelmä sisältyy yhtenä kohtana tilaajan toimintakoevalmiustarkastukseen sekä toimintakokeisiin.

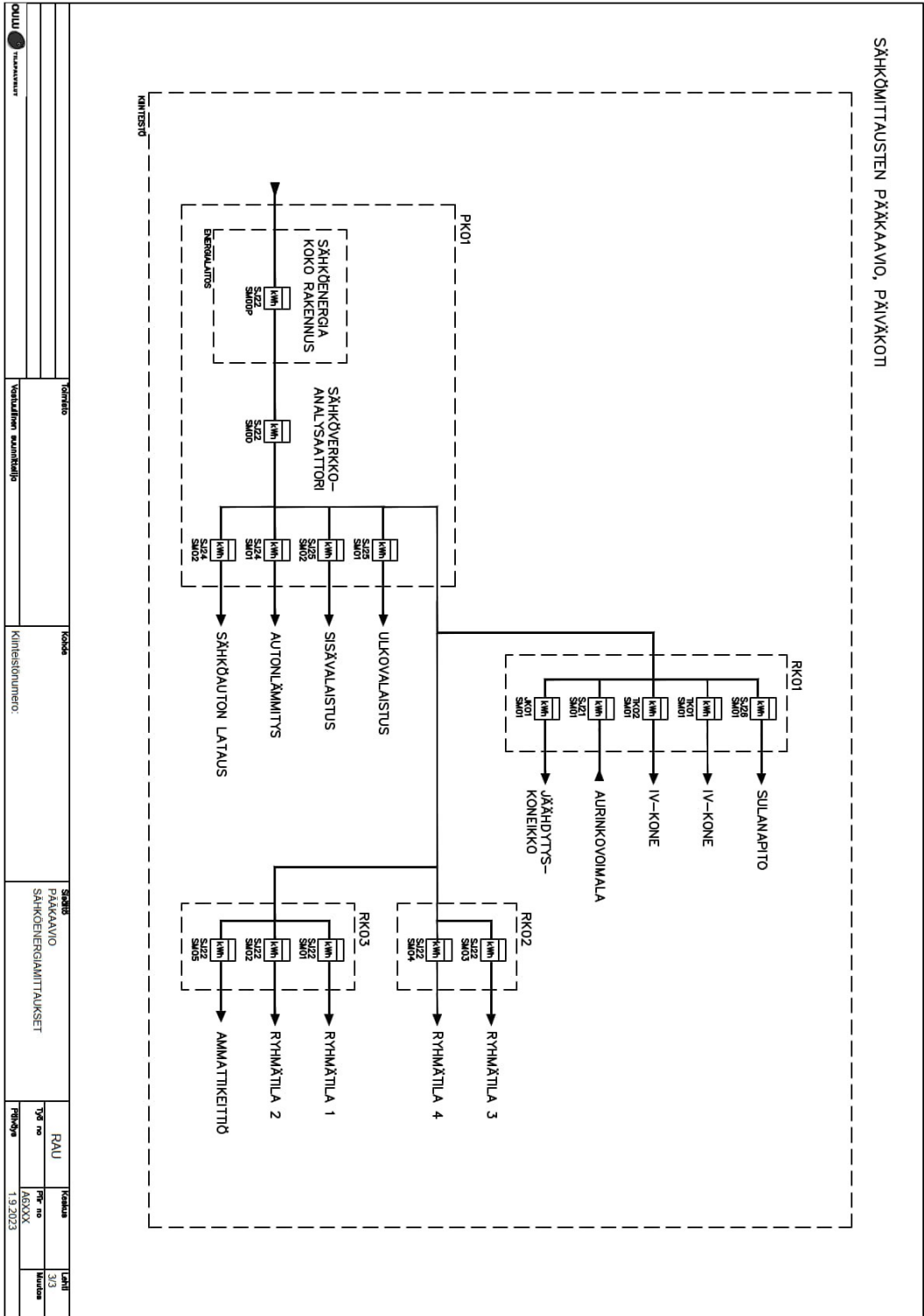


Liite 2. Pääkaaviot



Liite 2. Pääkaaviot

3(3)



<b>Yhtiö</b>	<b>Yhtiön nimi</b>	<b>Kokoa</b>	<b>Sääntö</b>	<b>RAU</b>	<b>Kokoa</b>	<b>LMN</b>
			<b>PÄÄKAAVIO SÄHKÖENERGIAMITTAUKSET</b>	<b>Typ no</b>	<b>Proj no</b>	<b>3/3</b>
				<b>1.9.2023</b>		<b>Muutos</b>



## Liite 3. Toimintakaavio

OULU		Tominto	Koko	Sääntö	RAU	Kokous	Liite
Terveystieteiden osasto		Yhteisöjen suunnittelu	Kiinteistönumero:	KULUTUSMITTAUKSET	Työ no	16/2023	2/3
					19/2023		
OE = OULUN ENERGIA OV = OULUN VESI							
TOIMINTASELOSTUS, PÄIVÄKOTI							
1. MITTAUSJÄRJESTELMÄ							
Mittausjärjestelmä koostuu väyläntuotajista, kulutusmittareista, fyysisesti kertyvästä, tarkkavoivasta toimituksesta ja muunnelmasta. Kiinteistöautomaation alueselästä sekä pylväskomasta.							
Kulutusmittausdata tallennetaan pylväskomoon kohdassa 2. esitetyillä näytteenotaväylillä vähintään vuoden ajalta. Data tulee tallentaa muodossa, joka on yhteensopiva tilojen kolmannen osapuolen energianhallintajärjestelmän kanssa. Daton aikaleima tulee kohdistaa tasotunnelle ja minuuteille, esim. 12:00:00, 12:00:10 jne.							
Kulutusmittaukset esitetään pylväskomoon energiankulutusosiossa. Suorituskyvyn seurannan tunnusluvut ja niihin liittyvät mittaukset esitetään prosessikoivoiden yhteydessä. Mittauksista laaditaan pylväskomoon trendiseurannat.							
Energianhallintajärjestelmä lukee kulutusmittaukset pylväskomosta kerran vuorokaudessa ohjelmointiohjelmoin avulla. Urakoitsija vastaa automaatiojärjestelmän osalta tiedonvälityksen ohjelmoinnista ja käyttöohjelmasta sekä varmistaa mittauksen toimivuuden energianhallintajärjestelmään sovello.							
2. KULUTUSMITTAUKSET							
Kaukolämmön pödmittaus liitetään Modbus RTU-väylään (OE hankkii ja asentaa väyläkortin).							
Veden pödmittaus liitetään WM-Bus-väylästä kiinteistöautomaatioon (OV hankkii ja konfiguroi WM-Bus - M-Bus-väylämuunnin).							
Sähkön pödmittaus ei liitetä kiinteistöautomaatioon.							
Sähköverkkoanalysoijasta liitetään Modbus RTU-väylään.							
Lämpö- ja sähköenergian alomittaukset liitetään Modbus RTU-väylään. Veden alomittaukset liitetään MBUS-väylään.							
LUETTAVAT TIEDOT							
KAUKOLÄMMÖN PÖDMITTATUS		TALLENNUSVÄLI, MIN					
-Kumulatiivinen energia (MWh)		10					
-Hetkellinen teho (kW)		10					
-Hetkellinen virtaama (l/s)		10					
-Merenveden lämpötila (°C)		10					
-Pöluveden lämpötila (°C)		10					
LÄMMÖN ALAMITTAUKSET							
-Kumulatiivinen energia (MWh)							
-Hetkellinen teho (kW)							
-Merenveden lämpötila (°C)							
-Pöluveden lämpötila (°C)							
PÄÄVESIMITTARI							
-Kumulatiivinen kulutus (m <sup>3</sup> )							
TALLENNUSVÄLI, MIN							
VEDEN ALAMITTAUKSET							
-Kumulatiivinen kulutus (m <sup>3</sup> )							
-Hetkellinen kulutus (l/s) (UX-mittari)							
SÄHKÖVERKKOANALYSAAATTORI							
-Pöte- ja loisteenergia (MWh)							
-Virta							
-Jännite							
-Harmoniset ylijännit							
-Pöte-, nönnäis- ja loisteho							
-Tehokerroin							
-Teojuus							
SÄHKÖN ALAMITTAUKSET							
-Pöteenergia (MWh)							
-Virta							
-Jännite							
-Pöte- ja loisteho							
-Tehokerroin							
-Teojuus							
IV-KONEIDEN TAAJUUSMUUTTAJAT							
-Hetkellinen teho (kW)							
5							
3. LASKENNALLISET MITTAUKSET							
LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN ENERGIANKULUTUS							
(= KAUKOLÄMMÖN PÖDMITTATUS - TILALÄMMITYS - IV-LÄMMITYS)							
-Kumulatiivinen energia (MWh)							
-Osuus kiinteistön lämmönkulutuksesta (%)							
10							
LÄMMÖN ALAMITTAUKSET							
-Osuus kiinteistön lämmönkulutuksesta (%)							
60							
VEDEN ALAMITTAUKSET							
-Osuus kiinteistön vedenkulutuksesta (%)							
60							







