



Tommi Eskuri

# Energiankulutuksen seuranta ja raportointi rakennusautomaatiojärjestelmässä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

11.3.2023

# Tiivistelmä

Tekijä:	Tommi Eskuri
Otsikko:	Energiankulutuksen seuranta ja raportointi rakennusautomaatiojärjestelmässä
Sivumäärä:	29 sivua
Aika:	11.3.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Projektinjohtaja Erik Kyllönen Ohjaaja Jarmo Tapio

---

Tässä insinöörityössä suunniteltiin ja toteutettiin energiankulutuksen seuranta ja raportointi pilvipalvelimeen rakennusautomaatiojärjestelmässä elinkaarikohteelle.

Työn tavoitteena on kuvata kiinteistön energiankulutuksen mittarointia ja etäluettavien mittareiden liittämistä Caverio Drive-järjestelmään. Caverion Drive on Caverionin kehittämä kiinteistönhallintajärjestelmä, joka integroi kiinteistön toiminnot käyttäjäystävälliseen muotoon niin että kiinteistöä käyttävien henkilöiden on helppo käyttää ja havainnoida kiinteistöään. Lukija saa käsityksen rakennusautomaation roolista kiinteistön hallinnassa ja etäluettavien energiamittareiden liittämisestä pilvipalvelimeen ja sen tuomista mahdollisuuksista energiankulutuksen hallintaan.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Caverion Suomi Oy. Caverion suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille. Caverionin liiketoiminta perustuu kahteen eri osaan: palveluihin ja projekteihin. Palvelut ovat kattavia, ne sisältävät muun muassa teknistä huoltoa ja kunnossapitoa, kiinteistöjohtamista ja älykkäitä ratkaisuja sekä energia- että asiantuntijapalveluissa. Talotekniset projektit toteutetaan uudiskohteisiin tai peruskorjattaviin kiinteistöihin. Projektit ovat yleensä integroituja, myös ylläpitovaiheen kattavia elinkaari-toimituksia.

Työn toteutus aloitettiin tutustumalla käytettävään laitteistoon, ohjelmistoihin ja Caverionin Drive-järjestelmään. Työn lopputuloksena saatiin energiankulutuksen seuranta kohteesta Caverionin järjestelmiin.

Avainsanat: M-Bus, rakennusautomaatio, kenttäväylä

## Abstract

Author:	Tommi Eskuri
Title:	Energy consumption monitoring and reporting in the building automation system
Number of Pages:	29 pages
Date:	11 March 2023
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Electrical and Automation Engineer
Professional Major:	Automation Technology
Supervisors:	Erik Kyllönen, Project coordinator Jarmo Tapio, Principal Lecturer

---

This thesis work concerned planning and implementing an energy consumption monitoring and reporting to a cloud server in a building automation system for a life cycle object. The client of the thesis work was Caverion Suomi Oy.

The thesis aims to describe the measurement of the property's energy consumption and the connection of remotely readable meters to Caverion's Drive system. Caverion Drive is a real estate management system developed by Caverion, which integrates real estate functions in a user-friendly format so that people using the real estate can easily use and find their real estate. The reader gets an understanding of the role of building automation in real estate management and, of connecting remotely readable energy meters to the cloud server and the opportunities it brings to manage energy consumption.

The implementation of the work started by getting to know the hardware, software and Caverion Drive system. As result of the work, monitoring energy consumption from the site to Caverion's systems was made possible.

Keywords: M-Bus, building automation, field bus

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatiojärjestelmä	2
2.1	Kenttätaso	3
2.2	Automaatiotaso	4
2.3	Hallintotaso	4
2.4	Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät	5
2.5	Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä	6
3	Mittauksen laatu	7
4	Yleisimmät väylät	9
4.1	Modbus-väylä	9
4.2	BACNet-väylä	10
4.3	M-Bus-väylä	11
5	FBD-Ohjelmointi	12
5.1	PLC	12
5.2	Loogiset portit	13
5.3	FBD-ohjelmointikieli	13
6	Työn kulku	14
6.1	Ohjelmointi	14
6.2	Siirto pilvipalvelimeen	17
7	Caverion-Drive kiinteistöhallintajärjestelmä	18
7.1	Caverion Smartview	19
7.2	Caverion Cream	20
8	Energian ja veden kulutusseuranta sekä raportointi	20
8.1	Kohteen mittaukset	20
8.2	Kohteen raportointi	21
9	Virtuaalimittarointi	23

9.1	Sähkönkulutuksen mittaukset	24
9.2	Lämpöenergian kulutuksen mittaukset	25
9.3	Veden kulutuksen mittaukset	26
10	Tulokset	26
11	Yhteenveto	28
	Lähteet	1

## Lyhenteet

Bacnet: *Building Automation and Control Networks* on rakennusautomaatioon ja ohjaukseen tarkoitettu tiedonsiirtoprotokolla.

EC-GfxProgram:

Graafinen ohjelmointityökalu ECLYPSE-sarjan ohjaimille.

I/O: *Input/output* on tietokonelaitteen ja toisen tietokonelaitteen tai ulkoisen maailman välillä tapahtuva tiedonsiirto.

M-Bus: *Meter-bus*, kenttäväylä energiankulutustietojen lähetykseen.

Modbus: Elektoniikkalaitteiden väliseen kommunikointiin käytettävä protokolla

MQTT: *MQ Telemetry Transport* on OASIS-standardi IoT-yhteyksille.

Obix: *Open Building Information Xchange* on standardi erilaisten rakennusautomaatio- ja tietotekniikkajärjestelmien integroimiseen

OSI: *Open Systems Interconnection* kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa.

VAK: Valvomo alakeskus.

## 1 Johdanto

Vuonna 2018 EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä (EPBD) [1]. otettiin tavoitteeksi parantaa rakennusten energiatehokkuutta ja hillitä sen kautta ilmastomuutosta. Ilmaston lämpeneminen on ihmisen toiminnan seurauksena yksi suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistä. Se vaikuttaa kielteisesti ihmisiin ja luontoon ympäri maailmaa. Tämän hillitsemisen saavuttamista voidaan nopeuttaa kehittämällä peruskorjauksista kustannustehokkaampia, sekä lisäämällä älykkään teknologian käyttöä rakennuksissa.

Jopa 40 prosenttia Suomen energian kokonaiskulutuksesta kuluu rakennuksiin. Kun puhutaan energiatehokkaasta rakennuksesta rakennuksessa on silloin esimerkiksi hyvä tiiviys, eristys ja tehokas ilmanvaihto. Tiiviydellä ja eristyksellä minimoidaan rakenteellisia lämpövuotoja sekä tehokkaalla ilmanvaihdolla tarkoitetaan raittiin ilman tuomista rakennukseen samalla ottaen lämpöenergiaa talteen rakennuksesta poistuvasta ilmasta. Rakennusautomaatiojärjestelmällä on myös oma roolinsa energiatehokkuudessa ja sen päätavoitteina on saada erilaisista taloteknisistä järjestelmistä energiatehokkaita tinkimättä nykyaikaisista asetuista standardeista, joista poiketessa vaikuttaisivat meidän elämisen laatuun. [1.]

Tässä rakennusautomaatioprojektissa kiinteistön energian kulutusta seurataan väylään liitettävien energiamittareiden avulla. Rakennusautomaatioprojekti toteutetaan Lahdessa sijaitsevaan monitoimitaloon, joka on uudiskohde.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Caverion Suomi Oy. Työn tarkoituksena on toteuttaa energiamittareiden etäluennan liittäminen kohteesta Caverionin Drive -järjestelmään. Lukija saa käsityksen rakennusautomaation roolista kiinteistön hallinnassa ja etäluettavien energiamittareiden liittämisestä pilvipalvelimeen ja sen tuomista mahdollisuuksista energiankulutuksen hallintaan.

## 2 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennuksen hyvän energiatehokkuuden ylläpito on jatkuva prosessi, jonka tulee perustua oikeaan tietoon olosuhteista, laitteiden kunnosta ja mahdollisista häiriö- ja vikatilanteista. Haasteena on välttää ylimääräistä energiankäyttöä ja samalla varmistaa sisäolosuhteiden pysyminen suunnitellulla tasolla. Ensiarvoista on oikea tieto rakennuksen tilasta ja olosuhteista. Tätä varten on nykykäsitys säätö- ja valvontajärjestelmä. Oikealla instrumentoinnilla, kohteeseen sovitetuilla ohjelmistoilla ja valveutuneen käyttäjän valvomana voidaan rakennuksen monimutkaisetkin järjestelmät pitää optimialueillaan ja näin ylläpitää suunniteltua energiatehokkuutta, sisäolosuhteita ja turvallisuutta. Kiteytettynä rakennusautomaatiojärjestelmälle voidaan määritellä seuraavat keskeiset tavoitteet:

- toteuttaa prosessien säädöt ja ohjaukset suunnitelmien edellyttämällä tavalla
- valvoa taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin
- tuottaa kulutus-, energiatehokkuus-, olosuhde- ja tilastomateriaalia auttamaan laitoksen toiminnallista ja energiatehokasta ylläpitoa
- tarjota käyttäjälle ja ylläpitäjälle käyttöliittymä, joka on selkeä, ymmärrettävä ja päivittäistä käyttöä tukeva.

Investointikustannuksena rakennusautomaatiojärjestelmän osuus kokonaisuudesta on vähäinen, mutta sen merkitys rakennuksen elinkaaren aikaisiin kustannuksiin on ratkaiseva. Rakennusautomaation keskeisten tavoitteiden lisäksi automaatiolla voidaan tuottaa myös lisäpalveluita joko itsenäisesti tai integroituna muihin taloteknisiin järjestelmiin. Esimerkiksi AV- järjestelmien esitys- ja viihdepalvelut, palo-, murto- tai kulunvalvontaan liittyvät mahdollisuudet ja erilaiset tilahallintaa hotelleissa tai toimistoissa tukevat järjestelmät kasvattavat jatkuvasti suosiotaan.[2.]

Rakennusautomaation kehitykseen vaikuttaa enemmän kuin koskaan aikaisemmin IT-tekniikan yleinen kehitys. Taustalla voidaan nähdä internetin, tietotekniikan, elektroniikan komponenttien ja akkutekniikan kehitys. Toisaalta kehitystä vie eteenpäin jatkuva pyrkimys tehostaa kiinteistönhoitoa ja halu tarjota



uusia tuotteita ja palveluita, joilla voidaan vaikuttaa viihtyvyyteen ja energian kulutukseen sekä huomioida paremmin ympäristötekijöitä. Nämä tarpeet ja teknologisen kehityksen tarjoamat mahdollisuudet viitoittavat järjestelmien kehitystä. Myös hinnat ovat laskeneet. Koska järjestelmä pohjautuu entistä enemmän yleisesti käytettyyn IT-teknologiaan, sen hinta on pysynyt edullisena huolimatta ominaisuuksien ja suorituskyvyn lisäyksestä. [2.]

Rakennusautomaatio koostuu eri tasoista, joita ovat muun muassa kenttätaso, automaatiotaso ja hallintotaso.

## 2.1 Kenttätaso

Kenttätasolla tarkoitetaan ensisijaisesti toimilaitteita ja antureita. Anturit välittävät reaaliaikaista tietoa prosessien tilasta ja olosuhteista esimerkiksi tilojen lämpötiloista. Alakeskukset mittaavat antureiden tietoja ja säättävät toimilaitteita alakeskukseen ohjelmoiduilla toiminnoilla, jotta asetusravot saavutetaan. Alakeskuksen ohjelmistot vertaavat anturien tietoja automaatiosuunnitelman ja käyttäjän asettamiin tavoitteisiin ja ohjaavat toimilaitteita niin, että nuo tavoitteet saavutetaan. Kenttätasolla voi olla myös hajautettua I/O:ta (input/output), jolla tarkoitetaan alakeskuksen väylien kautta kommunikoivia I/O-moduuleita. [2.]

Kentällä voi olla myös itsenäisiä säätimiä, kuten huonesäätimet ja pakettiratkaisuihin integroidut säätimet, joita on kasvavissa määrin esimerkiksi IV-koneissa ja lämmönvaihtimissa. Taajuusmuuttajat, jotka ohjaavat puhaltimia ja pumppuja, sisältävät oman ohjauslogiikkansa, joka kommunikoi alakeskuksen kanssa. Kommunikointi ala-aseman, hajautetun I/O:n ja säätimien kanssa kenttätasolla tapahtuu yleensä kenttäväylän avulla. Kenttäväylästandardeista tunnetuimpia ovat ModBus, M-bus, KNX ja BACnet. Valittu väylä riippuu sovelluksesta, valituista laitteista, asiakkaan valinnoista ja urakoitsijan tarjoamista vaihtoehtoista.

Rakennusautomaation hierarkian kenttätaso sisältää automaatiojärjestelmän toimilaitteet. Kenttätason toimilaitteet voidaan jakaa turvalaitteisiin, ohjauksiin, mittalaitteisiin, säätölaitteisiin sekä erillisiin huonesäätimiin. Kenttätaso on

yhteydessä automaatiotasoon kenttälaitekaapeloinnilla, joka liitetään kenttälaitteesta alakeskuksen moduuliin. Mittalaitteet liitetään AI-moduuliin, säätölaitteet liitetään AO-moduuliin, turvalaitteet, pulssilaitteet sekä tilatiedot DI-moduuliin ja ohjaukset DO-moduuliin. [2.]

Tässä työssä sähkö-, vesi- ja energiamittarit liitetään järjestelmään M-Bus -väylällä Distechin ECY-s1000 ja Eclipse APEX säätimiin.

## 2.2 Automaatiotaso

Automaatiotason perustana keskitetyissä järjestelmissä ovat itsenäiset alakeskukset ja niihin liittyvät I/O-moduulit. Alakeskus voi olla myös kiinteän I/O-pistemäärän sisältävä kokonaisuus. Alakeskus sisältää ohjelmat, jotka ohjaavat I/O-pisteisiin liitettyjen kenttälaitteiden välityksellä itse prosesseja. Automaatiotason kommunikaatio perustuu yleensä LAN-verkkoon ja TCP-IP-protokollaan. [2.]

Tyypillinen paikallisverkko perustuu Ethernet-verkkoon, jossa on standardin CAT 6 mukainen kaapelointi. Pidemmät verkkokaapeloinnit tehdään käyttäen optisia kuituja. Myös langatonta verkkoa (WLAN) käytetään, etenkin mobiilien käyttölaitteiden yhteydessä. Verkossa liikkuu tietoa, joka palvelee käyttäjää valvomossa tai alakeskusten keskinäistä tiedonsiirtotarvetta. Esimerkiksi ulkokosteus tai fasadikohtainen ulkolämpötila voi olla yksittäinen mittaustulos, jota useammat ala-asemat käyttävät. [2.]

## 2.3 Hallintotaso

Rakennusautomaatiojärjestelmän hallintotasoa tarkoittaa joko paikallisia tai etänä toimivia PC-valvomoita (Personal Computer), jotka toimivat tyypillisenä rajapintana käyttäjän ja automaatiojärjestelmän välillä [3].

Hallintotason tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Käytännössä se tarkoittaa PC-valvomoita, joita voi olla yksi tai useampia paikallistalalla (automatoitavan kiinteistön sisällä) tai etävalvomossa

(keskusvalvomossa), johon on keskitetty usean kiinteistön valvonta (esimerkiksi kaupungit, kunnat tai huoltoyhtiöt). Käyttäjä saa valvomoon tiedot eri hälytyksistä, voi katsoa graafisia prosessikuvia ja tehdä haluttuja muutoksia esimerkiksi lämpötilojen asetusarvoihin ja aikaohjelmiin. [2.]

Etävalvomossa on yleensä käytössä laajempaa asiantuntemusta, jota voidaan käyttää kustannustehokkaasti usean kiinteistön hyödyksi vaativimmissa analyysi- ja muutostehtävissä. Myös erilaiset raportointiin ja kunnossapitoon liittyvät lisäohjelmat kuuluvat tyypillisesti hallintason toimintoihin. Kommunikaatio hallintotasolla perustuu paikallisesti yleensä Ethernet-väylään, ja etävalvonnassa käytetään laajakaistatekniikkaan pohjautuvia internetyhteyksiä. LAN- ja internetyhteydet pohjautuvat TCP-IP-protokollaan, joka tarjoaa nopean ja luotettavan yhteyden. Avoimet tiedonsiirtoratkaisut tuovat joustavuutta etähallintaan, mutta voivat asettaa vastaavasti tietoturva-asteita. Tiedonsiirto-ongelmia on vähän pääosin laiteviat tai verkon huoltotoimenpiteet ja lisäksi niiden vaikutus rajoittuu pääosin valvomoon. Itse prosessien ohjaus ja säätö jatkuu normaalisti itsenäisissä ala-asemissa ja säätimissä. [2.]

## 2.4 Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät

Integroiduilla rakennusautomaatiojärjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joihin on integroitu eli liitetty myös muita taloteknisiä järjestelmiä. Tyypillisesti näitä ovat turvallisuuteen liittyvät järjestelmät, kuten kulunvalvonta-, murtoilmaisui-, kameravalvonta sekä paloilmoin- ja varoitinjärjestelmät.

Integrointi voidaan parhaimmillaan tehdä rakennusautomaatioon usealla tasolla. Esimerkiksi murtoilmaisun anturit (IR-tutkat, lasirikkoilmaisimet ja muut) voidaan liittää suoraan alakeskuksen silmukka- ja valvottuun hälytysmoduuliin ja kulunvalvonnan oviyksiköt suoraan alakeskuksen sarjaporttiin. Valvomossa voi olla yhteinen PC, josta käyttäjä voi samalla käyttöliittymällä hallita niin rakennusautomaatiota kuin turvajärjestelmiä. Myös tiedonsiirtolaitteet ja verkko ovat yhteiset. Integroitujen järjestelmien hyötyjä ovat

- halvemmat investointikustannukset (yhteinen valvomo-PC, alakeskukset, jatkohälytyslaitteet ja tiedonsiirtoverkko).
- halvemmat koulutus- ja käyttökustannukset (sama henkilöstö hoitaa rakennusautomaatiota ja muita järjestelmiä).
- uudet mahdollisuudet energiansäästöihin (esimerkiksi kulunvalvonnan tiedon mukaan voidaan ohjata ilmastointi ja valot päälle vain, kun tiloja käytetään). [2.]

Integroitujen järjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa täytyy ottaa huomioon yhteensopivuus järjestelmien ja laitteiden tiedonsiirrossa. Suunnitelmissa ja toteutuksessa määritellään käytettävät protokollat esimerkiksi Modbus TCP tai BACnet IP. Esimerkiksi paloilmoitinjärjestelmä täytyy olla liitettävissä BACnet IP- tai Modbus TCP- rajapinnan kautta kiinteistönhallintajärjestelmään.

## 2.5 Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä

Kiinteistökohtainen rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu yleensä valvomosta, kenttälaitteista, ala-asemista ja kentällä olevista itsenäisistä säätimistä, kuten huonesäätimistä ja pakettikoneisiin liitetyistä säätimistä. Lisäksi järjestelmään kuuluvat tiedonsiirtolaitteet ja kaapelointi, joilla järjestelmän eri osat kommunikoivat keskenään. Rakennusautomaatiojärjestelmän älykkyys on ohjelmistossa, joka on hajautettu eri tasoille ja laitteille:

- valvomossa on käyttäjän tarvitsemat käyttöliittymät järjestelmän ohjaukseen, analysointiin ja raportointiin
- ala-asemissa on prosessien itsenäiseen säätöön, ohjaukseen ja valvontaan tarvittavat ohjelmat
- kenttätasolla voi olla säätimiä, joiden ohjelmat ohjaavat ja säätävät itsenäisesti jotain erillistä laitetta tai konetta, kuten lämmönvaihdinta, IV-konetta tai taajuusmuuttajaa. On myös esimerkiksi huonesäätimiä, jotka ohjaavat huoneeseen liittyviä venttiilejä ja puhaltimia.

Hajautettu älykkyys edellyttää, että järjestelmän eri osilla on kyky kommunikoida keskenään, ja tähän tarvitaan tiedonsiirto-ohjelmia. Niissä pyritään mahdollisimman yleisiin ja avoimiin standardiprotokolliin. Hajautettu älykkyys lisää järjestelmän luotettavuutta, koska se mahdollistaa eri osien suuremman itsenäisyyden tilanteissa, joissa järjestelmän jokin osa tai niiden välinen tietoliikenne

vikaantuu. Jos esimerkiksi PC-valvomo hajoaa, alakeskukset jatkavat itsenäisesti toimintaa niin, että kiinteistön olosuhteet pysyvät normaaleina. [2.]

### 3 Mittauksen laatu

Energian mittauksessa mittauksen laadulle rakennetaan perustukset asennusvaiheessa. Tämän takia asennuksen laadun tulee olla mahdollisimman korkea.

Asennuksen lopullinen laatu ja lopputulos voidaan varmistaa hyvillä ja selkeillä asennusohjeilla ja työohjeilla. Asennuksen laatu vaikuttaa myös mittauksen tarkkuuteen. Jos mittarissa on asennus- tai kytkentävirhe, mittaus voi näyttää virheellislukemaa tai ei mittaa ollenkaan.

Mittarin laadun takaavat mittareiden valmistajat. Mittarin on hoidettava sähkön, veden tai energian mittaaminen laadukkaasti ja tarkasti, minkä lisäksi mittaus-tiedot tulee siirtää luotettavasti M-bus-väylää pitkin alakeskuksen luentajärjestelmään. Mittarin laadulla on oleellisesti vaikutusta mittauksen tarkkuuteen, koska vikaantunut mittari ei välttämättä mittaa oikein. Lähes kaikissa vikatapauksissa mittari mittaa liian vähän. Mittarin laadulla on suuri vaikutus myös mittarilta saatavan tiedon laatuun, koska mittari voi ilmoittaa viastaan esimerkiksi kulutuslukeman statuksen mukana.

#### Mittarit

Kohteessa käytettäviä mittareita olivat muun muassa Kamstrup MULTICAL® 603 (kuva 1), joka on monitoimilaskija, joka sopii käytettäväksi lämpöenergia-mittarina, jäähdytysenergiamittarina tai yhdistettynä lämpö-jäähdytysenergiamittarina yhdessä yhden tai kahden virtausanturin sekä kahden tai kolmen lämpötila-anturin kanssa. Mittari on tarkoitettu energian mittaukseen lähes kaiken-tyyppisissä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä, joissa energiansiirtoaineena käytetään vettä. [4.]



Kuva 1. Kamstrup MULTICAL 603 [4].

Carlo Gavazzi - EM330 3V 5A Ik B 3-DIN M1 (kuva 2) on kolmivaihe-energia-mittari taustavalaistulla LCD- näytöllä ja integroidulla kosketusnäppäimistöllä. Tarkoitettu erityisesti pätöenergian kulutuksen mittaukseen ja kustannusten kohdistamiseen sovelluksissa, jotka perustuvat virtamuuntajakytkentään kahdella tariffi mittausmahdollisuudella. Se voi mitata tuotua tai vietyä energiaa tai se voidaan ohjelmoida huomioimaan vain tuotu energia. Kotelo soveltuu DIN-kiskoasennukseen sen suojausluokka on edestä IP51. Mittari on varustettu M-bus-portilla. [5.]



Kuva 2. Carlo Gavazzi - EM330 3V 5A 1k B 3-DIN M1 [5].

## 4 Yleisimmät väylät

### 4.1 Modbus-väylä

Modbus on vuonna 1979 julkaistu tiedonsiirtoprotokollaperhe, joka on alun perin ohjelmoitavien logiikoiden liittämiseen tarkoitettu avoimeen arkkitehtuuriin perustuva väylä. Protokollan esittelyn voi ladata ilmaiseksi internetistä osoitteesta [modbus.org](http://modbus.org). Modbusia käyttäviä laitteita voi kuka tahansa valmistaa ilman erillistä korvausta protokollan kehittäjille. [6.]

Modbus-protokollaa käytetään laajasti teollisuuden sovellusten lisäksi rakennuskohteissa, pitkän matkan tiedonsiirrossa, energian optimointijärjestelmissä ja ohjauspaneelien yhdistämisessä. Modbus on edullinen tapa liittää eri valmistajien laitteita keskenään valmiilla yhteisellä protokollalla. Modbus-liikennöintiä voidaan käyttää myös etävalvontaratkaisuuissa. [6.]

Modbus on avoin primääri-sekundaari-protokolla (isäntä-orja-protokolla), joka on helppo toteuttaa sarjaliitännöihin. Yhteen primäärilaitteeseen voidaan kytkeä 247 sekundaarilaitetta. Modbus kattaa OSI-mallin tasot yksi (fyysinen), kaksi (siirtoyhteys) ja seitsemän (sovellus). Modbus-protokolla voidaan toteuttaa

usean erilaisen fyysisen kerroksen toteutuksen päälle siten, että sovelluskerros pysyy muuttumattomana. [6.]

Modbus-kehyksiä on kolme: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ja Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Näistä RTU:ta ja ASCII:ta käytetään tyypillisesti perinteisten sarjaväylien (kuten RS-485) päällä ja TCP/IP-versiota Ethernetin liitännöissä. Tiedonsiirron tehokkuus riippuu kuitenkin tasojen 1 ja 2 toteutuksesta. [6.]

## 4.2 BACNet-väylä

BACnet on yksi rakennusautomaation käytetyimmistä väylistä, joka on kehitetty erityisesti LVI-tekniikan ohjaukseen. BACnetillä voi kuitenkin ohjata myös muita rakennuksen järjestelmiä. BACnet-verkkoon liittyvät laitteet mallinnetaan objekteina (object), jotka koostuvat joukosta ominaisuuksia (properties). Laitteen kaikki tiedot on mallinnettu yhdessä tai useammassa objektissa, ja jokainen objekti edustaa jotain laitteen komponenttia tai tietokokoelmaa. BACnet-standardi määrittelee 60 erilaista objektityyppiä. Objekteja ovat esimerkiksi järjestelmäpisteet, asetusarvot, aikaohjelmat ja kalenteriohjelmat. BACnet määrittelee kahdeksan eri laiteprofiilia. Profilit määrittelevät, kuinka paljon laitteen tai ohjelmiston tulee ymmärtää BACnet-protokollaa.

BACnet vaatii laitetoimittajilta BACnet-ominaisuuksista tuoteselosteen eli PICS:n (Protocol Implementation Conformance Statement). Se on välttämätön dokumentti järjestelmähallinnassa. BACnet-laitteiden sertifiointi testilaboratorioissa (BACnet Testing Laboratories, BTL) aloitettiin vuonna 2004. Fyysisiksi tiedonsiirtomedioiksi on määritelty muun muassa IP, kierretty pari (MS/TP) ja ZigBee. BACnet TCP/IP voi hyödyntää kiinteistön yleiskaapelointia. Se on yleensä käytössä, kun siirrettävää tietoa on paljon (esimerkiksi automaation alakeskukset ja reitittimet). Siinä laitteille annetaan oma IP-osoite ja esimerkiksi sisäverkkoon määritellään oma osoiteavaruus. Esimerkiksi KNX:n ja BACnetin välinen



tiedonsiirto voidaan toteuttaa XML:llä. Laitteista voidaan näin tehdä yhteensopivia web-palvelinarkkitehtuurin kanssa.

BACnet perustuu neljän OSI-mallin kerrokseen, jotka ovat fyysinen kerros, siirtoyhteys-, verkko ja sovelluskerros. Palvelinlaitteiden tulee olla taaksepäin yhteensopivia, joten vanhoja laitteita voidaan hyödyntää pitkään. Laitteiden yhteistoiminnallisuuden ja oikeellisuuden tarkistavat testilaboratoriot. [6.]

### 4.3 M-Bus-väylä

M-Bus on toteutettu OSI-mallin fyysiselle ja siirtoyhteyskerrokselle sekä sovelluskerrokselle mittaustietojen lukemiseksi päätelaitteilta. Päätelaitteita ovat esimerkiksi M-Bus-liitännäiset vesi-, energia-, sähkö- ja kaasumittarit, pulssinkeuruusyksiköt sekä erilaiset anturit ja toimilaitteet. M-Bus toimii kahdella johtimella, joista syötetään päätelaitteille myös käyttöjännite, jonka tulee olla kaikilla verkon päätelaitteilla vähintään 24 V.

Soveltuvia kaapeleita ovat esimerkiksi KLM, MHS ja LONAK. Ulkotiloissa ja maakaapeloinnissa tulee käyttää tarkoitukseen soveltuvia kaapeleita, kuten VMOHBU tai JAMAK ARM. Väyläkaapeloinnille ei ole asetettu erityisiä vaatimuksia, ja verkon suorituskyky riippuu sen laajuudesta (pienemmällä siirtonopeudella saadaan laajempi verkko). M-Bus-kaapelointi voi olla jopa useita kilometrejä riippuen käytetystä kaapelista ja väylässä olevien laitteiden määrästä. M-Bus on toteutettu myös langattomana ratkaisuna (Wireless M-Bus, EN 13757-4). Se määrittelee erilaisten älykkäiden mittarien tietoliikenteen.

Älymittareissa langattoman linkin tulisi pystyä toimimaan mahdollisimman kauan paristovoimalla. Verkkotopologiana voidaan käyttää väylä-, tähti- ja yhdistelmäkytkentää. Rengastopologiaa ei tule käyttää, koska tällöin yhden päätelaitteen vikaantuminen pysäyttää koko verkon toiminnan. M-Bus-järjestelmä rakentuu keskuksesta ja väylään liitetyistä päätelaitteista. Usein M-Bus-järjestelmään

on kytketty myös tietokone mittaustietojen lukemisen helpottamiseksi. Päätelaitteet eivät kommunikoi keskenään, joten tiedonsiirto tapahtuu aina primääri-sekundaari-periaatteella. Tällöin keskus lähettää kyselysanoman päätelaitteelle ja päätelaite lähettää vastaussanoman takaisin keskukselle. Tiedonsiirto voi tapahtua vain yhteen suuntaan ja vain yhden päätelaitteen ja keskuksen välillä samanaikaisesti.[6.]

M-Bus-protokolla on suunniteltu nimenomaan mittaustietojen siirtämiseen, joten M-Bus-väylä ei suoraan sovellu hälytysten ilmaisemiseen. Mahdollisesti päätelaitteilta luettavat hälytystilat on muutettava hälytyksiksi esimerkiksi automaatiojärjestelmässä. Tämä voidaan toteuttaa ohjelmallisesti esimerkiksi asettamalla tietty aika, jonka jälkeen ohjelma antaa hälytyksen, jos mittarilta ei tule tietoa.[6.]

M-Bus-järjestelmää voidaan soveltaa esimerkiksi siten, että kiinteistöstä kerätään huoneistokohtaisesti tiedot lämmitysenergian ja käyttöveden kulutuksesta (lämmi ja kylmä) päävesimittarilta, kiinteistösähköstä sekä kaasumittarilta. Tiedot siirretään tietoliikenneverkon kautta edelleen tulostettaviksi ja mahdollisesti automaattisesti laskutettaviksi.[6.]

Tässä työssä käytettiin mittareissa M-Bus-väylää.

## **5 FBD-Ohjelmointi**

### **5.1 PLC**

PLC:llä eli ohjelmoitavalla logiikalla tarkoitetaan laitetta, joka on yhteydessä I/O-pisteisiin yleensä johdoilla. Pisteisiin on yhdistettynä erilaisia mitta- ja toimilaitteita, joita PLC säätää, mittaa tai ohjaa. PLC:n ohjaukset rakennetaan ohjelmallisesti PC:n kautta PLC:n valmistajien ohjelmistoilla. Suurimpia valmistajia ovat muun muassa Siemens, Distech Controls, Mitsubishi, Omron ja ABB.

Aikaisemmin teollisuudessa ohjaukset toteutettiin rele- ja ajastinpohjaisilla ohjauksilla, jotka voivat olla aikaa vieviä ja haasteellisia. Yhdellä logiikalla voi

helposti korvata satoja tai tuhansia aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. Ohjelmoitavien logiikoiden suosio kasvoi näiden syrjäyttämisen myötä. Ohjelmoitavan logiikan toiminnallisuus on vähitellen kasvanut perinteisestä releitten korvaajasta ohjauskeskukseksi, joka hallitsee kehittyneen liikkeen ohjauksen, prosessin säädön, hajautetut hallintajärjestelmät ja tietokoneverkot.

## 5.2 Loogiset portit

Loogiset portit ottavat yhden tai useamman tulosignaalin, tekevät loogiset laskutoimenpiteet ja antavat tämän perusteella ulos lähtösignaalin. Automaatiossa ohjelmoinnin näkökulmasta on tärkeätä hallita näiden loogisten porttien toimintaperiaatteita sekä tuntea ohjelmoitavan automaatioprosessin prosessikulkua. Automaatio-ohjelma sisältää yleensä useita blokkeja ja niiden monimutkaisuus riippuu työkohteesta.

Perusoperaattoreina voidaan pitää operaattoreita AND, OR ja NOT. Näitä yhdistelemällä saadaan NAND-, NOR-, XOR- ja XNOR-operaattorit, joita voidaan siten kutsua johdannaisoperaattoreiksi. Tosiasiassa kaikki operaattorit voidaan johtaa useiden NAND- tai NOR-operaattorien yhdistelmistä. Operaattoreiden tosien ja epätosien arvojen vaikutuksia lopputuleman arvoon voidaan vertailla ns. totuustauluilla. Arvoista käytetään usein symboleita A, B ja Q. A ja/tai B muodostavat lopputuleman Q.

## 5.3 FBD-ohjelmointikieli

FBD-ohjelmointikieli on Graafinen ohjelmointikieli ohjelmoitaville logiikoille. Ohjelmoinnilla pyritään luomaan tietyille prosesseille oma ohjelma, jossa on oma käyttäytymismalli siitä, kuinka kuuluu tehdä tietyissä tilanteissa. Ohjelmoinnissa käytetään blokkeja esimerkkeinä Ja, tai ja ei loogiset portit, set/reset-kiikku ja erilaiset laskurit. Yksinkertaisuudessaan algoritmia voidaan verrata esimerkiksi asennusoppaaseen, jossa noudatetaan tiettyjä ohjeita tietyissä vaiheissa. Rakenteeltaan ohjelmointikielet ovat graafisia tai tekstipohjaisia.

## 6 Työn kulku

Ennen työn aloittamista tutustun kohteessa käytettävien sähkö-, vesi- ja energiamittareiden toimintaan ja käyttöohjeisiin. Mittarit toimivat kaikki M-Bus-protokollalla. Jokaisella omalla väylällä olevalla mittarilla tarvitsee olla oma primääriosoite ja sama baudinopeus.

Kun sähkö-, vesi- ja energiamittarit oli asennettu, kiersin antamassa jokaiselle ennalta määrätyn primääriosoitteen ja tarkistin baudi nopeuden. Baudnopeutena käytettiin 2400:a. Tämän jälkeen yhdistin väyläkaapelin Distechin ECY-säätimen M-bus-korttiin. Tämän jälkeen pystyn tarkistamaan, löytyvätkö kaikki mittarit väyliltä GFX-ohjelmalla.

Mittareiden löydyttyä väyliltä lisäsin GFX-ohjelmaan niille ohjelmalohkot uudelle sivulle. Ohjelmalohkot olivat valmiiksi tehtyjä, joten en tarkemmin kuvaile niiden sisältöä. Tämän jälkeen kiersin mittarit uudestaan ja tarkistin, että lukemat täsmäävät ohjelmallisesti, sekä fyysisesti mittarin näytöltä ja lisäsin positiotarrat mittareihin myöhempiä tarkistuksia ja mahdollisten huoltojen helpottamiseksi.

### 6.1 Ohjelmointi

FBD-ohjelmointikieli on graafinen ohjelmointikieli. Tässä ohjelmointikielessä kaikki toiminnot ohjelmassa sisältyvät funktiolaatikoissa eli "blokeissa". Blokit kohdennetaan laatikoiksi, joihin tuodaan tulo- ja lähtösignaaleita. Tietoa voidaan linkittää blokilta seuraavalle blokille. Ohjelmoinnilla pyritään luomaan tietyille prosesseille omat ohjelmat, joissa on oma algoritmi eli oma käyttäytymismalli siitä, kuinka kuuluu toimia tietyissä tilanteissa.

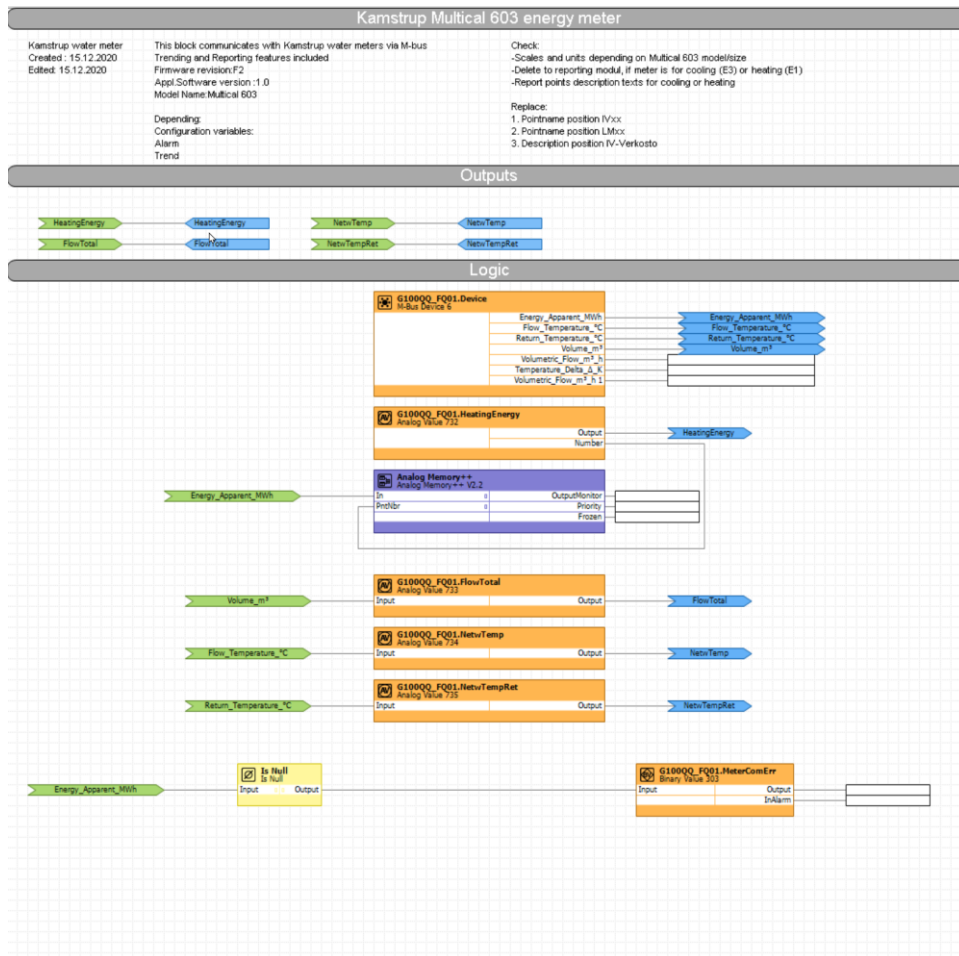
Ohjelmointityö aloitetaan EC-Gfxprogram -ohjelman avaamisella ja luomalla uusi projekti. EC-GfxProgram on graafinen ohjelmointityökalu, jolla on tässä työssä tarkoituksena ohjelmoida mittareiden ohjelma ECY:n säätimiin. Ohjelmointi tapahtuu koneella, josta ohjelma voidaan ladata säätimelle. Alla näkyy esimerkki mittareista yhdestä väylästä. Käytin valmiita ohjelmalohkoja eli

custom blokkeja, jotka näkyvät sinisellä. Näiden sisällä ohjelma jatkuu vielä ja sieltä löytyy muun muassa raportointi (kuva 3).



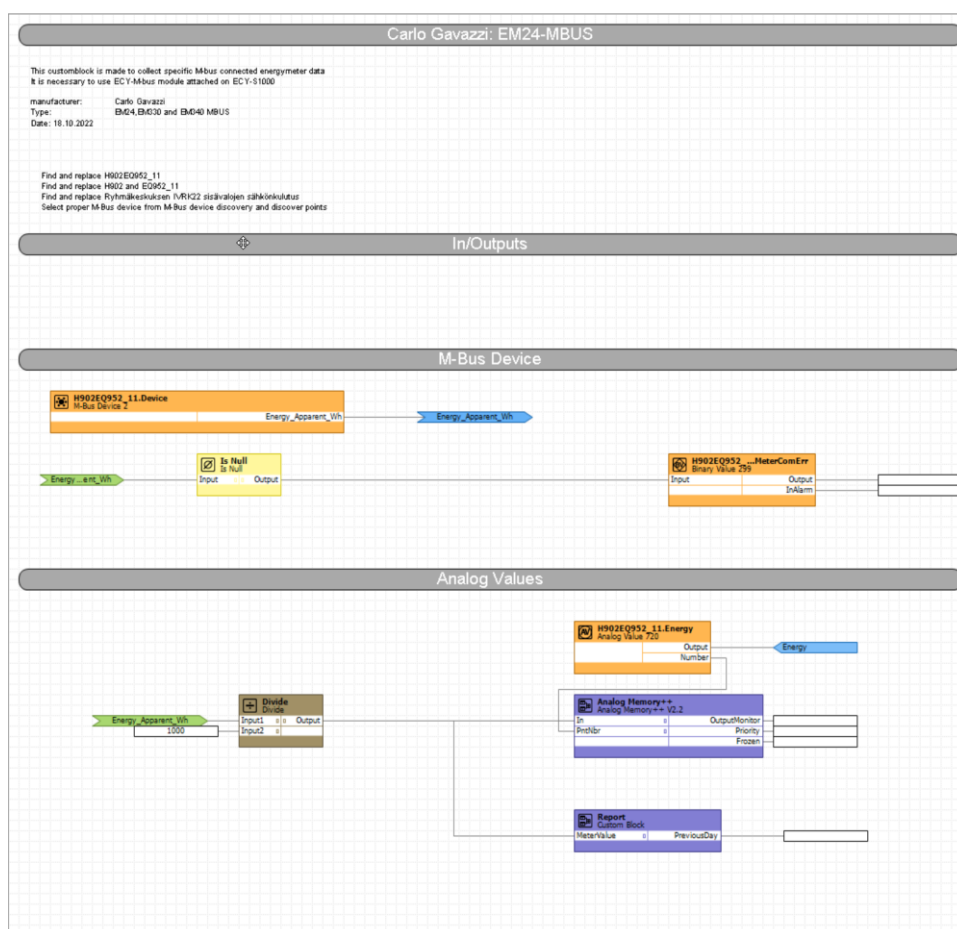
Kuva 3. Cpu:n mittarointi välilehti.

Mittarit oli kytketty neljään eri cpu:hun neljällä eri vakilla, joten jokaiseen tarvitsi tehdä ohjelmalohkot mittareiden mukaan. Myöhemmässä vaiheessa kun virtuaalimittauksia tehtiin yhteen cpu:hun, piti tämä huomioida ohjelmassa. Mittarille oli tehty valmis ohjelmapohja (kuva 4)



Kuva 4. Energiamittarin ohjelmaloikko.

Sähkömittarin ohjelma lohko käytetyn mittarin mukaan valittuna (Kuva 5).



Kuva 5. Sähkömittarin ohjelmaloikko

## 6.2 Siirto pilvipalvelimeen

Tietojen siirto pilvipalvelimeen tapahtui hakemalla Eclypsen Distech ja Obix-palvelimista tietolähteet. Siinä nostettiin pisteet muun muassa antureista sekä mittareista Gfx-ohjelmasta Caverion Smartviewiin ja Cream palvelimelle.

Antureiden pisteet haettiin Eclypsen kautta ja MQTT-päivitysintervallina käytettiin 900:a sekuntia. Mittareiden pisteet haettiin Obix-palvelimen kautta ja MQTT-päivitysintervallina käytettiin nollaa sekuntia.

MQTT on OASIS-standardi IoT-yhteyksille. Se on Erittäin yksinkertainen ja kevyt viestintäprotokolla, joka on suunniteltu rajoitetuille laitteille ja matalan kais-  
tanleveyden ja korkean viiveen omaaville- tai epäluotettaville

verkoille. Suunnitteluperiaatteina on minimoida verkon kaistanleveys ja laiteressurssivaatimukset samalla kun pyritään varmistamaan luotettavuus ja jonkinasteinen toimitusvarmuus. Nämä periaatteet tekevät myös protokollasta ihanteellisen yhdistettyjen laitteiden IOT-maailmaan ja mobiilisovelluksiin. [8.]

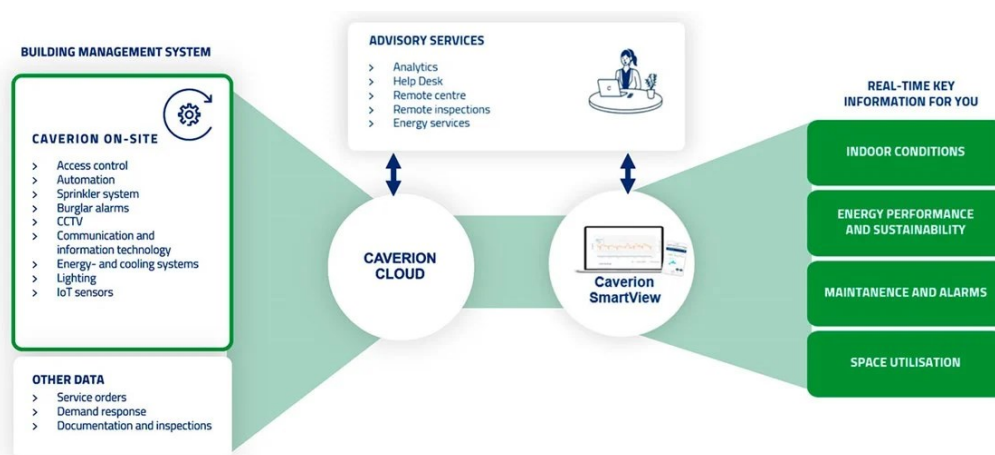
Tavoitteena on luoda standardinmukainen XML- ja Web Services -ohjeistus, joka helpottaa tiedonvaihtoa älykkäiden rakennusten välillä, mahdollistaa yrityssovellusten integroinnin ja tuo esiin todellisen järjestelmäintegraation. IT-alan laajalti käyttämiin standardeihin perustuva OBIX-ohjeistus parantaa toiminnan tehokkuutta ja parantaa kiinteistöjen johtajien ja kiinteistöjen omistajien tunte-  
musta ja hallintaa. Koko kiinteistöjärjestelmäteollisuuden edustajista koostuva OBIX sisältää turvallisuus-, LVI-, rakennusautomaatioprotokollan, avoimen protokollan ja IT-alojen ammattilaisia. OBIX -komitean tehtävänä on kehittää julkisesti saatavilla oleva verkkopalvelurajapintamääritelmä, jonka avulla voidaan saada tietoja yksinkertaisesti ja turvallisesti LVI-, kulunvalvonta-, apu- ja muista rakennusautomaatiojärjestelmistä sekä tarjota tiedonvaihtoa kiinteistöjärjestelmien ja yrityssovellusten välillä. Lisäksi toimikunta kehittää tarpeen mukaan to-  
teutusohjeita helpottamaan verkkopalvelurajapintaa käyttävien tuotteiden kehittä-  
mistä. [9.]

## **7 Caverion-Drive kiinteistöhallintajärjestelmä**

Caverion Drive (kuva 6) on Caverionin kehittämä kiinteistönhallintajärjestelmä, joka integroi kiinteistön toiminnot käyttäjäystävälliseen muotoon niin että kiinteistöä käyttävien henkilöiden on helppo käyttää ja havainnoida kiinteistöään. Caverion Drive integroi yhteen käytännössä kaikki kiinteistön tekniset järjestelmät, kuten rakennusautomaatiojärjestelmä, paloilmoitinjärjestelmä, kameravalvonta, kulunvalvonta, savunpoisto ja sprinklerit. Integroimalla yhteen järjestelmiä niitä voidaan hallita kokonaisuutena siten, ettei energiaa kulu hukkaan. Yhden järjestelmän mallissa esimerkiksi päällekkäistä jäähdytystä ja lämmitystä ei pääse helposti tapahtumaan. [10.]



Caverion Driven web-pohjaisen käyttöliittymän avulla eri järjestelmien toimintaa voidaan valvoa etäyhteyksien avulla tai paikan päältä paikallisilta käyttöpäätteiltä. Web-pohjaisuus tarkoittaa, että järjestelmään pääsee käsiksi tavallisen internet selaimen avulla. Caverion-Driveen liittyvien analysointityökalujen, kuten Caverion Cream ja Caverion SmartViewin, avulla kiinteistön prosesseista saadaan muodostettua raportteja. Raporttien avulla on helppo tutkia prosessien toimintaa ja vertailla niitä historiatietoon tai vastaaviin muihin kiinteistöihin. [10.]



Kuva 6. Caverion Drive.

## 7.1 Caverion Smartview

Caverion SmartView tuo yhteen kaikki kiinteistöjen avainmittarit aina olosuhteiden hallinnasta tärkeiden asiakirjojen säilytykseen. Digitaalisen alustan avulla on mahdollista tarkastaa muutamalla klikkauksella esimerkiksi neuvotteluhuoneiden varaustilanne, sisäilman laatu ja se, toimiiko tilojen lämmitys ja ilmanvaihto toivotulla tavalla (kuva 8). Näin palvelu tarjoaa tarpeelliset tiedot sekä työympäristön että erilaisten infrastruktuurihankkeiden hallintaan. Kiinteistönhallintajärjestelmä yhdistettynä IoT- sensoreihin edesauttaa kiinteistön olosuhteiden optimointia, tarjoaa kiinteistön käyttäjille terveet ja turvalliset olosuhteet ja auttaa energiankulutuksen hallinnassa. SmartViewin käyttöönottoaminen hankkeessa tulee tunnistaa ja tiedostaa jo ennen hankkeen alkua sekä tarjousprosessissa.

## 7.2 Caverion Cream

Cream-käyttöliittymästä on mahdollista katsella järjestelmän trendejä tarvittaessa laajemmin. SmartView itsessään toimii eri tietolähteiden ”peilinä” ja tarjoaa tilannekuvan. Mikäli hankkeessa tarvitaan esimerkiksi laajempaa tai kohdenne-tumpaa näytönantoa tai raportointia mahdollistaa Cream tämän. Cream-palvelin voidaan toteuttaa myös paikallisesti.

Käynnistettäessä hanke on valittava, tehdäänkö Cream-palvelin paikallisesti vai konesalipalveluna. Valinnan perusteena käytetään jatkuvuuden todennäköisyyttä kohteessa. Mikäli jatkuvuuteen kohteessa uskotaan tai se on luonnostaan olemassa, tehdään toteutus aina konesalipalveluna.

Konesalipalvelimista on automaattinen varmuuskopiointi, jota paikallisessa toteutuksessa ei ole saatavilla. Mahdollinen palvelimen siirto esimerkiksi konesalista paikalliseen palvelimeen aiheuttaa lisäkustannuksia, töiden ja laitehankintojen muodossa. [10.]

## 8 Energian ja veden kulutusseuranta sekä raportointi

Kiinteistönhuollon keskeisiä tehtäviä on rakennuksen kulutusten seuranta, ja sen perusteella tehty raportointi on perusedellytys sille, että rakennusta pystytään käyttämään ja ylläpitämään energiatehokkaasti. Perinteisesti on seurattu vain pääkulutuksia: lämmitysenergiaa (jos muu kuin sähkö), sähköenergiaa ja vedenkulutusta. Jos kuitenkin halutaan saada tarkemmin selville, mihin energia kuluu, on myös osakulutuksia mitattava. [5.]

### 8.1 Kohteen mittaukset

Kohteesta on mahdollista saada tiedot seuraavista kulutuksista ja tuotoista:

- kokonaisostoenergian kulutus verkkoanalysaattorilta
- ryhmäkeskusten ja pääkeskuksen sähkönkulutus
- ulkovalaistuksen sähkönkulutus
- sisävalojen sähkönkulutus
- sulanapitojen sähkönkulutus
- oviverhohuuhaltimien sähkönkulutus
- iv-koneiden sähkönkulutus
- ilmanpuhdistimet ja rasvanerotuskoneen sähkönkulutus
- aurinkosähkön tuotto
- kaukolämmön kokonaiskulutus
- päävesimittaus
- lämmitysenergia maalämpö
- käyttövesiverkoston kierron lämmitysenergian kulutus
- lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutus
- iv-verkoston lämmitysenergian kulutus
- keittiön IV-verkoston lämmitysenergian kulutus
- keittiön kylmänvedenkulutus
- keittiön lämpimänvedenkulutus.

## 8.2 Kohteen raportointi

Kun raportointia suunnitellaan, on myös suunniteltava, kenelle ja miten raportoidaan. Raportin on kerrottava raportin saajalle hänen kannaltaan olennaiset tiedot. Liian pitkät ja yksityiskohtaiset raportit jäävät helposti lukematta. Esimerkiksi kiinteistön omistaja tarvitsee yleensä tiedon siitä, miten kulutukset suhtautuvat asetettuihin tavoitteisiin ja mitä ne ovat maksaneet, jotta hän voisi seurata, miten ne suhtautuvat suunniteltuun budjettiin.

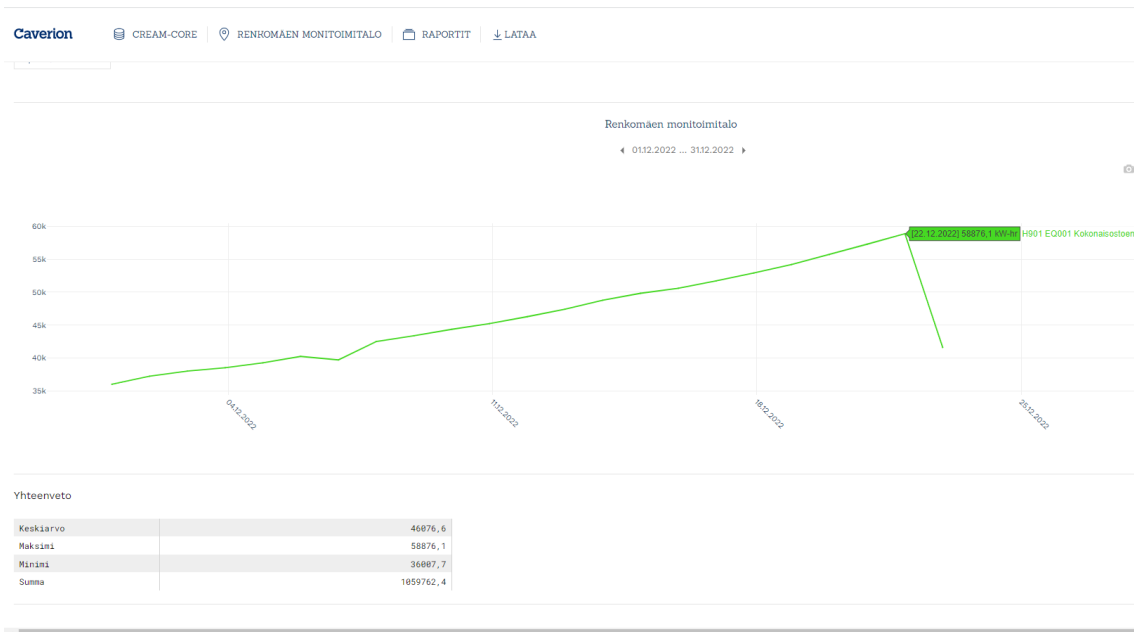
Kuitenkin on aina jo suunnitteluvaiheessa selvítettävä, millaisia raportteja tarvitaan ja kenelle niitä tuotetaan. Aktiivinen kulutusten ja olosuhteiden seuranta on edellytys sille, että kiinteistöä voidaan jatkuvasti käyttää energiatehokkaasti.

Kulutusta on seurattava tunneittain ja olosuhteita prosessin nopeuden takia kymmenestä minuutista tunnin näytteenottovälein. Rakennusautomaatiojärjestelmästä on hyvä tulostaa sähköiset kulutusraportit

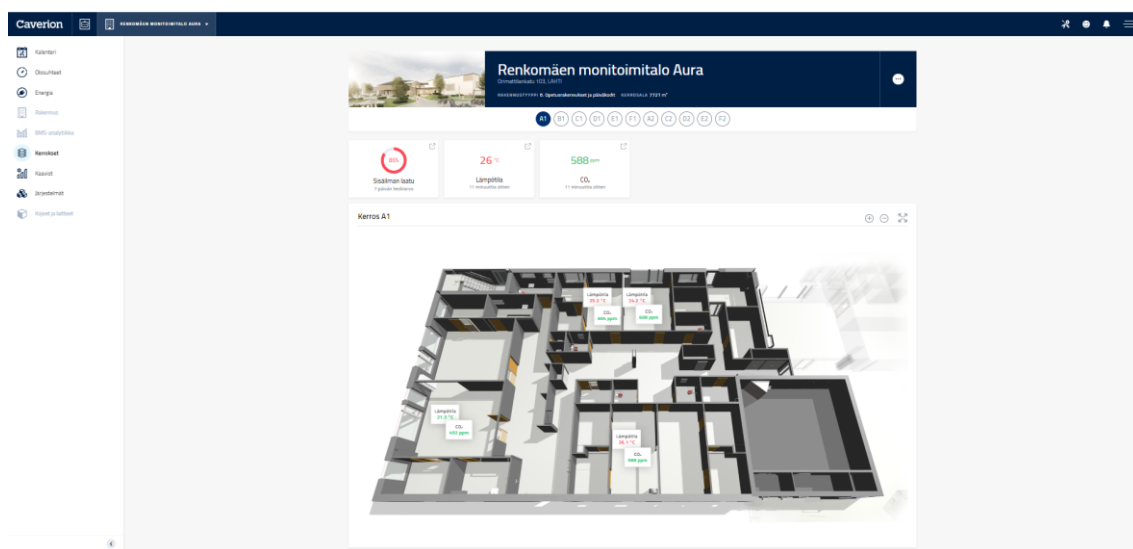
- energiamittauksista: kulutukset viikoittain, kalenterikuukausittain ja vuosittain
- lämpöenergiasta: mitattu kulutus, lämmitystarveluvuille normalisoitu kulutus ja kaukolämpöveden jäähtyminen
- sähköenergiasta: kulutus (erikseen päivä- ja yösähkö)
- vedenkulutuksesta: kulutus, raja-arvo, mikäli vuorokautinen kulutus yli asetetun rajan ja vuotohälytys, mikäli kulutus ei kahden vuorokauden kuluessa alita asetettua minimikulutusarvoa.

Tiedostossa säilytetään edellisen kalenterivuoden raportoinnin tiedot, ja ne tulostuvat raporteissa vertailutietoina. Vertailuarvoja on voitava syöttää myös käsin, jolloin voidaan syöttää esimerkiksi kiinteistölle suunnittelun yhteydessä laskettu tavoitekulutusarvo.

Raportointiohjelmalla on voitava käsitellä myös käsin syötettyjä kulutustietoja samoin kuin järjestelmän suoraan kulutusmittareista keräämiä tietoja [2]. Alla esimerkki Cream-palvelimen kautta saadusta raportista (kuva 7).



Kuva 7. Esimerkki Cream-raportista selaimessa(Kokonaisostoenergian kulutus).



Kuva 8. Esimerkki Smartview-kerroskuvasta.

## 9 Virtuaalimittarointi

Jotta kulutuksien mittaamisista saataisiin helpompilukusia, toteutettiin työssä myös virtuaalimittarointi. Tässä käytettiin Gfx-ohjelmaa, jossa tehtiin erilaisia ja-otteluita mittareille yhteen- ja vähennyslaskuilla (kuva 9). Sen sijaan, että saataisiin vain lukuja monilta mittareilta mittarikohtaisesti, yhdisteltiin ne tässä

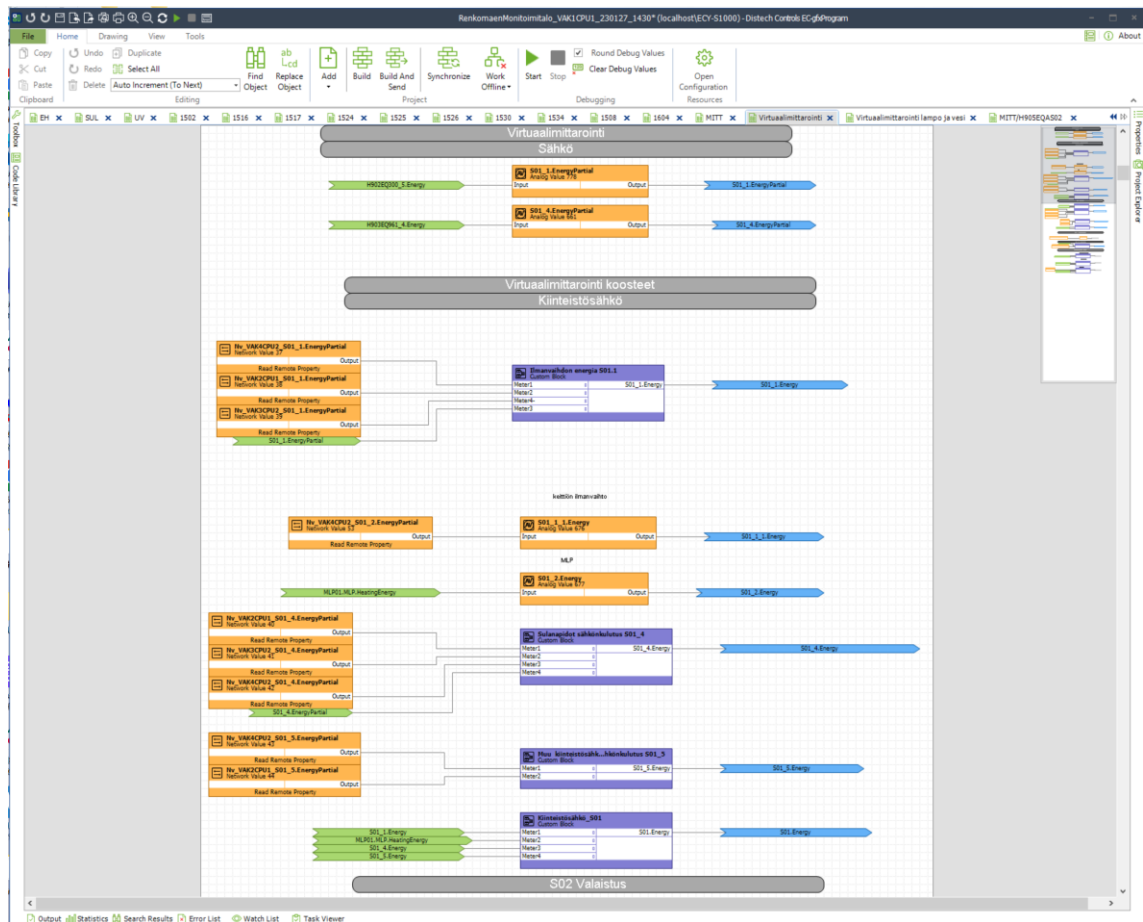
ryhmittäin yksinkertaisilla summa- ja erotus toiminnoilla, sekä nostettiin esiin muutamia yksittäisiä mittauksia. Kaikki virtuaalimittaukset laitettiin samalle cpu:lle ja sinne luettiin muiden mittareiden tiedot.

## 9.1 Sähkönkulutuksen mittaukset

Sähkönkulutuksen mittauksista tehtiin seuraavat virtuaalimittaroinnit:

- Ilmanvaihto: ilmanvaihtokoneet, tiloja palvelevat erillispuhaltimet, IV-pumput, sisältää keittiön ilmanvaihtokoneen
- keittiön ilmanvaihto
- lämpöpumppu
- sulanapito: kammiot, rännit, vesikourut, kattokaivot
- muu Kiinteistösähkö: hissit, pumppaamot, savunpoistokeskukset, sähkötilojen splitit, tuulikaappi, PKN, tuuletuspuhaltimet
- kiinteistösähkö: yhteenlaskettu summa ilmanvaihto, keittiön ilmanvaihto, lämpöpumppu, sulanapito ja muu kiinteistösähkö
- valaistus: sisä ja ulkovalaistus
- erillismittaukset: keittiön laitteet
- aurinkovoimala: kaksi aurinkokenttää
- päämittaus: päämittaus pääkeskuksessa. Kokonaisostoenergia.

Nämä mittaukset näkyvät Smartviewin sekä Cream-palvelimen kautta. Mittauksista laskettiin myös palveluntuottajan sähkö (mittaroitu järjestelmien kulutus), jossa laskettiin yhteen kiinteistösähkö ja valaistus. Palveluntuottajan sähkö (sopimuskulutus), jossa laskettiin kiinteistösähkö ja valaistus vähennettynä aurinkovoimalan tuotolla. Käyttäjäsähkö, jossa laskettiin päämittaus ja aurinkosähkö vähennettynä kiinteistösähköllä ja valaistuksen kulutuksella.



Kuva 9. Esimerkki GFX-ohjelman virtuaalimittauksen toteutuksesta.

## 9.2 Lämpöenergian kulutuksen mittaukset

Kohteesta suoritettiin seuraavat lämpöenergian kulutuksen mittaroinnit: kauko-lämpö päämittaus ja virtuaalimittarointeja. Virtuaalimittarointeja tehtiin seuraavista mittauksista: radiaattorit ja lattialämmitys yhteenlaskettuna (kaukolämpö), radiaattorit ja lattialämmitys yhteenlaskettuna (lämpöpumppu) ja kaukolämpö ja lämpöpumppu yhteenlaskettuna (tilalämmitys).

Muita lämpöenergian mittauksia olivat:

- ilmanvaihto: Mittaus IV-verkon KL-vaihtimen toisiopuolella, lämpöpumppu ei palvele ilmanvaihtoa

- keittiön ilmanvaihdon lämmitysenergia
- lämpöpumppu: Lämpöpumpun kokonaislämmöntuotto. Palvelee tilalämmitystä
- lämpimän veden kulutus: Mittaus kylmän veden ja lämpimän veden väliltä
- lämpimän veden kierron energia: Mittaus kiertojohdon ja lämpimän veden väliltä
- lämmin käyttövesi: Lämpimän veden kulutus + kierron energia.

Nämä mittaukset näkyvät SmartViewin, sekä Cream palvelimen kautta. Mittauksista laskettiin myös: palveluntuottajan lämmitysenergia, kaukolämpö päämitaus vähennettynä Lämpimällä käyttövedellä ja käyttäjän lämmitysenergia, lämmin käyttövesi.

### 9.3 Veden kulutuksen mittaukset

Veden kulutuksesta otettiin seuraavia mittauksia: päämittaus (kiinteistön päävesimittari), joka saatiin pulssina, lämmin vesi (kiinteistön lv:n kulutus, käyttöveden energiamittarilta), kylmä- ja lämmin vesi (keittiö). Nämä mittaukset näkyvät SmartViewin sekä Cream-palvelimen kautta.

## 10 Tulokset

Työn tuloksena saatiin mittarit toimimaan väylällä, tarkistettiin mittareiden toiminta fyysisesti, ohjelmallisesti sekä pilvipalvelimella. Mittarit näkyvät monella eri alustalla mukaan lukien Caverionin grafiikkanäkymällä, joka näyttää huollolle mittareiden tilan sekä mittarilukeman. Virtuaalimittarointi antaa selkeän kuvan kulutuksista eri alueilla, ja näistä saa raportit Cream-palvelimelta. Tämän lisäksi saatiin SmartView-näkymä selaimen kautta toimimaan, mistä pystyy seuraamaan muun muassa lämpötiloja, kulutuksia sekä virtuaalimittarointeja. Esimerkki kuva päämittausten raportista tammikuulta (kuva10).



## Renkomäen monitoimitalo

Aika	G200FQ01 Päävesimittaus mittarilukema Keskiarvo (m³)	H901 EQ001 Kokonaisostoenergian kulutus, verkkoanalysointilukema mittarilukema Keskiarvo (kWh)	G110QQ01 Kaukolämpö lämmitysenergia mittarilukema Keskiarvo (MWh)	G100 QQ_FQ01 Lämmitysenergia maalämpö Keskiarvo (m³)	Group 4 Keskiarvo (MWh)	Group 3 Keskiarvo (m³)	Group 2 Keskiarvo (m³)	Group 1 Keskiarvo (MWh)
01.01.2023		79507,5		3442,8				
02.01.2023		81377,9		2091,2				
03.01.2023		83429,5		0,0				
04.01.2023	125,5	85596,6		0,0				
05.01.2023	135,7	87802,0		0,0				
06.01.2023	136,9	89718,4		0,0				
07.01.2023	137,0	91497,4		0,0				
08.01.2023	137,1	93308,3		3524,9				
09.01.2023	139,7	95549,6		4862,1				
10.01.2023	145,7	97917,4		5046,3				
11.01.2023	152,0	100185,9		5221,4				
12.01.2023	158,1	102471,8		5396,5				
13.01.2023	164,7	104746,3		5571,1				
14.01.2023	168,1	106658,0		5741,5				
15.01.2023	168,1	108250,4		5911,5				
16.01.2023	171,1	110180,2		6084,3				
17.01.2023	177,8	112409,8	99,2	6259,2				
18.01.2023	185,0	114689,4	546,5	6438,2				
19.01.2023	191,6	116992,1	926,8	6614,1				
20.01.2023	197,9	119307,0	929,6	6790,3				
21.01.2023	201,1	121377,1	933,5	6973,3				
22.01.2023	201,2	123139,4	937,4	7157,2				
23.01.2023	204,1	125324,6	941,3	7340,8				
24.01.2023	210,3	127724,8	944,6	7524,1				
25.01.2023	216,7	130001,2	947,6	7702,9				
26.01.2023	223,2	132260,1	950,1	7875,4				
27.01.2023	230,5	134577,4	953,3	8056,7				
28.01.2023	234,3	136228,3	956,1	8198,4				
29.01.2023								
30.01.2023								
31.01.2023								
Yhteenveto								
Keskiarvo	176,5	107579,6	838,8	4993,7				
Maksimi	234,3	136228,3	956,1	8198,4				
Minimi	125,5	79507,5	99,2	0,0				
Summa	8826,7	6024456,3	20132,0	279648,3				

Kuva 10. Esimerkkikuva Cream-raportin tulosteesta.

## 11 Yhteenveto

Insinööritöön tarkoituksena oli liittää sähkö-, vesi- ja energiamittareiden etäluenta ja raportointi pilvipalvelimeen. Työ tehtiin Caverion Suomi Oy:lle. Tavoitteena oli tuoda asiakkaalle esiin eri alustoilla kerättävää tietoa energian, sähkön ja veden kulutuksista rakennuksessa ja pääsy seuraamaan, mistä kulutus syntyy. Mittarointien tulokset nimettiin selkeästi mitattavan kohteen mukaan. Tästä on hyötyä, kun saa selkeästi näkyviin, onko esimerkiksi pystytty kulutusta pienentämään kuukausi- tai vuositasolla. Tämä antaa avaimet järkevään kiinteistönhallintaan.

Oman arvion mukaan saavutettiin johdannossa määritellyt tavoitteet. Tiedot yksittäisistä mittauksista ja kootuista virtuaalimittauksista siirtyivät selaimelle SmartViewiin sekä pilvipalvelimelle. Nämä luovat käyttäjälle erilaisia raportteja kuukausittain, sekä näyttävät hetkittäisiä ja päivittäisiä tietoja.

Työn aikana pääsin perehtymään M-Bus-protokollaan, väylän liittämiseen, ohjelmointiin sekä pilvipalveluihin. Työn tekeminen sujui hyvin ja pääsin sen aikana tekemään myös muita projektinhoitajan työtehtäviä kohteessa.

## Lähteet

- 1 Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. 2021. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>>. Luettu 11.2.2023.
- 2 Liedes, R; Härkönen, P; Mikkola, J; Piikkilä, V; Sahala, A; Sahlstén, T; Sandström, B; Sirviö, A; Spangar, T & Sulku, J. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät tietotekniset järjestelmät.ST-käsikirja 17. Espoo: Sähkötieto ry.
- 3 Bamberg, H; Tuomas, J; Laaksonen T; Piikkilä, V; Sahala, A; Sahlstén, T; Spangar, T & Sulku, J. 2008. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo. Sähkötieto ry.
- 4 Härkönen, P; Mikkola, J; Piikkilä, V; Sahala, A; Sahlstén, T; Sandström, B; Sirviö, A; Spangar, T & Sulku, J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3 painos. Espoo: Sähkötieto ry.
- 5 Energiamittari Carlo Gavazzi - EM330 3V 5A Ik B 3-DIN M1 - C Energiamittari Carlo Gavazzi. Verkkoaineisto.<<https://www.sahkonumerot.fi/6706048>>. Luettu 1.1.2023.
- 6 Energiamittari Kampstrup MULTICAL® 603. Verkkoaineisto. <<https://www.kamstrup.com/fi>>. Luettu 10.12.2022.
- 7 Liedes, R; Uusitalo, S; Reinikainen ,V; Erkkilä ,V & Koivisto, P. 2022. Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto st-käsikirja 21.Espoo: Sähkötieto ry.
- 8 MQTT: The Standard for IoT-Messaging.Verkkoaineisto. <<https://mqtt.org/>>. Luettu 12.2.2023.
- 9 oBIX: Open building information exchange. Verkkoaineisto. <<http://www.obix.org/>>. Luettu 16.1.2023.
- 10 Caverion-Drive -kiinteistönhallintajärjestelmä. Verkkoaineisto. Caverion. <<https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/caveriondrive>>. Luettu 10.12.2022.