



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ENERGIAMITTAREIDEN LIITTÄMINEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN RAKENNUKSESSA 37

Viljami Kujansivu

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka

KUJANSIVU, VILJAMI:

Energiamittareiden liittäminen automaatiojärjestelmään rakennuksessa 37

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 1 sivua

Toukokuu 2018

Tämä opinnäytetyö käsittelee Puolustushallinnon rakennuslaitoksen energiamittareiden luennan muuttamista tehokkaammaksi ja mielekkäämmäksi automaattiluennaksi. Työn tarkoituksena on selvittää vaihtoehtoja automaattisen mittarinluennan toteuttamisesta ja energiamittareiden liittämisestä olemassa olevaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Esi-merkkikohteena on sotilaskoti-ruokalan tai toisin sanoen rakennuksen 37 mittarointi. Työ alkoi rakennuksen 37 mittaroinnin nykytilan selvittämisellä.

Työssä kuvataan energiamittareiden liittämistä kiinteistöautomaatiojärjestelmään eri tiedonsiirtotekniikoilla, joita ovat pulssi- ja väylätiedonsiirto. Mittarointia tarkastellaan etenkin sähköenergiamittareiden osalta, mutta myös vesi- ja lämpöenergiamittareiden tilannetta on selvitetty. Mittaroinnin toteuttamisen kustannuksia on laskettu eri mittarimalleilla ja eri tiedonsiirtotekniikoilla.

Mittarijärjestelmän päivitystä ei tätä kirjoittaessa ole vielä toteutettu käytännössä, eikä toteuttamisesta ole täysin päätetty. Kuitenkin tämä työ toimii pohjana ja tietolähteenä, mikäli mittarijärjestelmää lähdetään uudistamaan.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Automation Engineering

KUJANSIVU, VILJAMI:

Connecting Energy Meters to an Automation System in a 37-building

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 1 pages
May 2018

This thesis deals with the transformation of energy meter readings from the Construction Establishment of Defense Administration to a more efficient and more meaningful remote reading. The purpose of the work is to find out the options for implementing remote reading and connecting energy meters to the existing building automation system. An example of this is the metering of a military home pot, or, in other words, a 37-building. Work began with the study of the state of the metering in the 37-building.

The work describes the connection of energy meters to the building automation system with different communication techniques, such as pulse and bus data transfer. Metering is considered specifically for electricity meters but also the situation of water and heat meters has been investigated. The financial costs were compared with different meters and different data transfer techniques

The updating of the meter system has not yet been implemented in practice, and implementation has not been decided. However, this work serves as a basis and as a source of information if the meter system is decided to update.

Key words: energy monitoring, energy meters

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Yleistä	6
1.2	Puolustushallinnon rakennuslaitos.....	6
1.3	Työn tavoitteet	7
2	LÄHTÖKOHDAT.....	8
2.1	Sähköenergian mittaaminen rakennuksessa 37.....	8
2.2	Vesimittarit ja lämpöenergian mittaus rakennuksessa 37.....	10
2.3	Mittarilukematiedot ja kulutuksien jakautuminen	11
2.3.1	Manuaalinen/nykyinen toteutus	11
2.3.2	Automaattinen mittareiden luku.....	12
2.3.3	Ohjelmisto energianseurantaan	12
3	AUTOMAATTISEN MITTARINLUVUN TEKNIKKAA	13
3.1	Yleistä	13
3.2	Mittareiden ominaisuudet	14
3.3	Tiedonsiirto pulssilähtö vs. väylä	15
3.4	Modbus, M-bus ja BACnet.....	17
3.5	Valvomo.....	18
3.6	Mittarien liittäminen SIP-sovitinlaitteella	18
3.7	Sähköenergian mittauslaittevalmistajat	20
3.7.1	ABB:n sähköenergiamittarit.....	20
3.7.2	Carlo Gavazzin sähköenergiamittarit.....	22
3.7.3	Toimittajien vertailu.....	23
4	TOTEUTUSVAIHTOEHTOJA	24
4.1	Yleistä	24
4.1.1	Ehdotus 1.....	25
4.1.2	Ehdotus 2.....	26
5	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Carlo Gavazzi EM21 Modbus rekisteriosoitteet (Carlo Gavazzi)	29

LYHENTEET JA TERMIT

MID	Measuring Instrument Directive, mittauslaitedirektiivi
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
M-bus	Meter-bus, sarjaliikenneprotokolla
PHRAKL	Puolustushallinnon rakennuslaitos
RS-485	Sarjaliikennestandardi
SIP	Synapsys Solutionsin sovitinlaite energiamittareille
VAK	Valvonta-Alakeskus

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Työn toimeksiantaja on Puolustushallinnon rakennuslaitos (PHRAKL), jonka tehtävänä on hoitaa ja ylläpitää Senaatti-kiinteistöjen omistamia rakennuksia. Kiinteistöjen energiakulutuksia kuten vesi, sähkö ja kaukolämpö mitataan ja seurataan. Energiakulutustietojen kerääminen tapahtuu monissa PHRAKL kohteissa vielä nykyisin työläästi mittarinlukukierroksilla. Puolustushallinnon rakennuslaitos on kiinnostunut automaattisesti luettava energiämittarijärjestelmästä ja sotilaskoti-ruokala -rakennuksen tai toisin sanoen rakennuksen 37 mittarointi on otettu pilottikohteeksi käsiteltäväksi tässä työssä.

Esimerkkikohde rakennuksessa 37 on kaksi toimijaa. Rakennuksessa 37 on kaukolämmön ja veden osalta vain päämittarit, joten kulutuksien jakautuminen on epäselvää ja käyttäjäkohtaiset osuudet ovat arvioitu. Käyttäjakohtaisten alamittausten lisäämisellä saataisiin todelliset energiankulutustiedot. Energiämittarit tulisi liittää rakennuksessa olevassa olevaan automaatiojärjestelmään. Työssä on paneuduttu erityisesti sähköenergiamittareihin.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää mittarilukematietojen keräämisen tehostamista automaattisella luennalla. Työssä esitellään mittarien lukemisen nykytila, erilaisia mittarijärjestelmässä käytettäviä laitteita ja niiden ominaisuuksia sekä toteutusehdotuksia.

1.2 Puolustushallinnon rakennuslaitos

Puolustushallinnon rakennuslaitos on Puolustusministeriön alainen laitos. Rakennuslaitos vastaa puolustushallinnon kiinteistötoimen asiantuntija- ja hankintatehtävistä sekä palvelutuotannon järjestämisestä. Rakennuslaitoksen tehtävälueita on mm. puolustuskiinteistöjen ylläpito ja energiapalvelut. Puolustushallinnon rakennuslaitoksella on keskusyksikkö Haminassa ja yhdeksän palveluyksikköä. Puolustushallinnon rakennuslaitoksen henkilöstön määrä vuoden 2017 lopussa oli 702 henkilöä. Liikevaihto samana vuonna oli 137,6 milj. euroa. (PHRAKL 2018)

1.3 Työn tavoitteet

Opinnäytetyölle annettiin seuraavat tavoitteet:

- rakennuksen 37 sähkömittareiden ja mittarinluvun nykytilan kuvaus
- kuvaus mittarinluvusta automaattisesti ja sen vertailu nykyiseen manuaalisen mittarinlukuun
- mittareiden/mittarijärjestelmien esittely/vertailu ABB ja Carlo Gavazzi
- selvitys miten uusien mittareiden liittäminen tapahtuisi rakennuksessa olemassa olevaan automaatiojärjestelmään
- selvitys mittareiden tiedonsiirtotekniikoiden (pulssi, väylätekniikka) eduista ja haitoista
- pohdinta mittareiden tarpeellisista ominaisuuksista (loisteho, harm. yliaallot jne.)
- selvitys mahdollisuuksista siirtää mittareiden lukemat suoraan energianhallinnan ohjelmistoon
- kustannuslaskelma mittaroinnista rakennukseen 37
- mahdollisesti jonkin järjestelmän kokeilu, josta asennuksen ja toiminnan raportointi

Suunnitteilla olevassa järjestelmässä olisi:

- alamittarit energiaseurantaan
- tämän työn osalta mittaukset ainakin sähkön, jossain määrin veden ja kaukolämmön osalta automaatiojärjestelmään

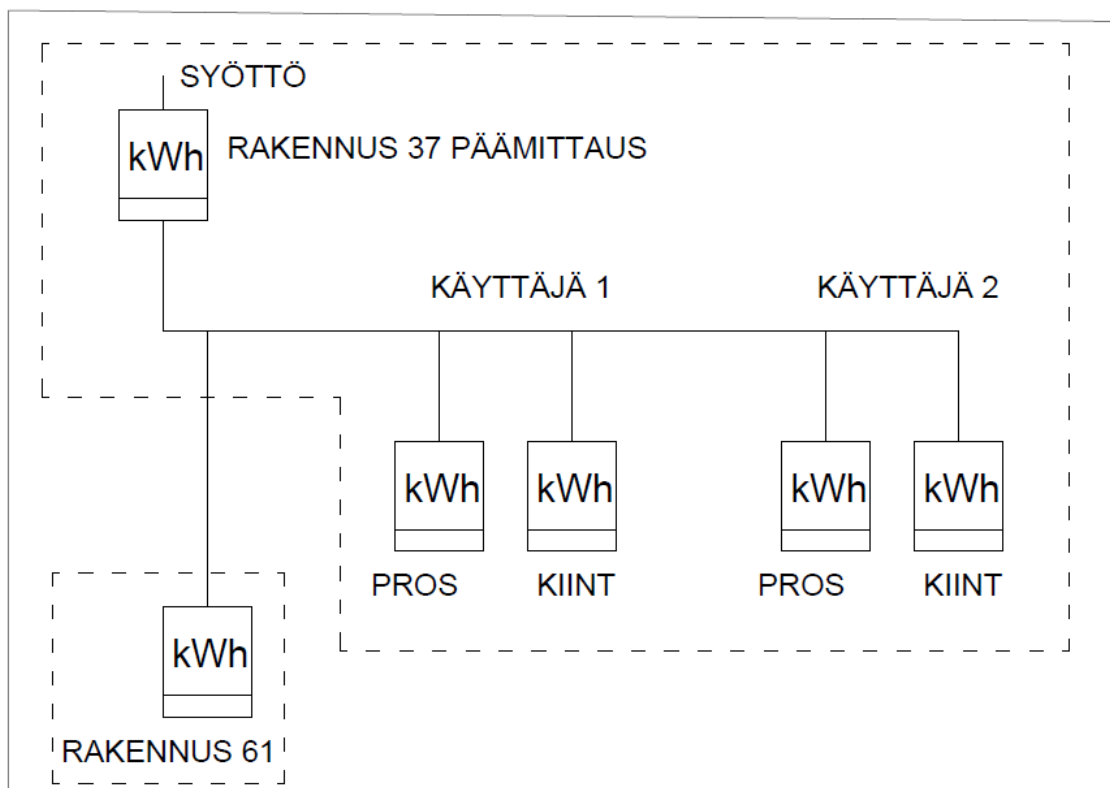
2 LÄHTÖKOHDAT

Tässä osiossa käydään läpi energianmittareiden nykytilaa. Rakennuksessa 37 on sähköpääkeskushuone, jossa sijaitsevat sähköenergiamittarit sekä lämmönjakohuone, jonne on sijoitettu kaukolämpöenergian mittari, vesimittarit ja automaation alakeskus VAK.

2.1 Sähköenergian mittaaminen rakennuksessa 37

Nykyisin rakennuksessa 37 sähköenergian mittaus tapahtuu seuraavasti:

Sähköpääkeskuksessa on päämittari kaikelle kulutetulle sähköenergialle. Päämittarin jälkeen sähkö syöttö haarautuu rakennuksen 37 kahdelle käyttäjälle ja lisäksi rakennukseen 61. Käyttäjien kulutus on vielä eritelty prosessi- ja kiinteistösähköön. Prosessisähkö käsittää ruoanvalmistukseen käytettyjen keittiökoneiden käyttämän sähköenergian. Kiinteistösähkö on käyttäjän tilojen kaikki muu sähkön kulutus. Rakennuksen 37 viisi sähköenergiamittaria sijaitsevat sähköpääkeskuksessa ja rakennuksen 61 sähköenergiamittari rakennuksessa 61 alla olevan kuvan 1 mukaisesti. Vähentämällä päämittarin lukemasta rakennuksen 61 lukema saadaan rakennuksen 37 kokonaiskulutus.



KUVA 1. Periaatekaavio sähköenergian mittauksesta

Päämittari, käyttäjän 1 prosessimittari ja käyttäjän 2 prosessimittari ovat vanhanaikaisia elektromekaanisia rullamittareita, joita ei voi liittää automaatiojärjestelmään. Käyttäjän 1 kiinteistömittari ja käyttäjän 2 kiinteistömittari ovat jälkeempään lisättyjä nykyaikaisempia mittareita. Käyttäjän 1 kiinteistömittarin malli on Carlo Gavazzi EM21. Mittaria ei ole liitetty automaatiojärjestelmään. Carlo Gavazzin EM21 -mittari esitellään kappaleessa 3.7.2. Käyttäjän 2 kiinteistömittarin malli on Hager EC364M. Mittarissa on pulssiulostulo, jota ei myöskään ole liitetty automaatiojärjestelmään. Carlo Cavazzin mittarissa virran mittauksessa käytetään virtamuuntajaa ja Hagerissa virta menee mittarin kautta.



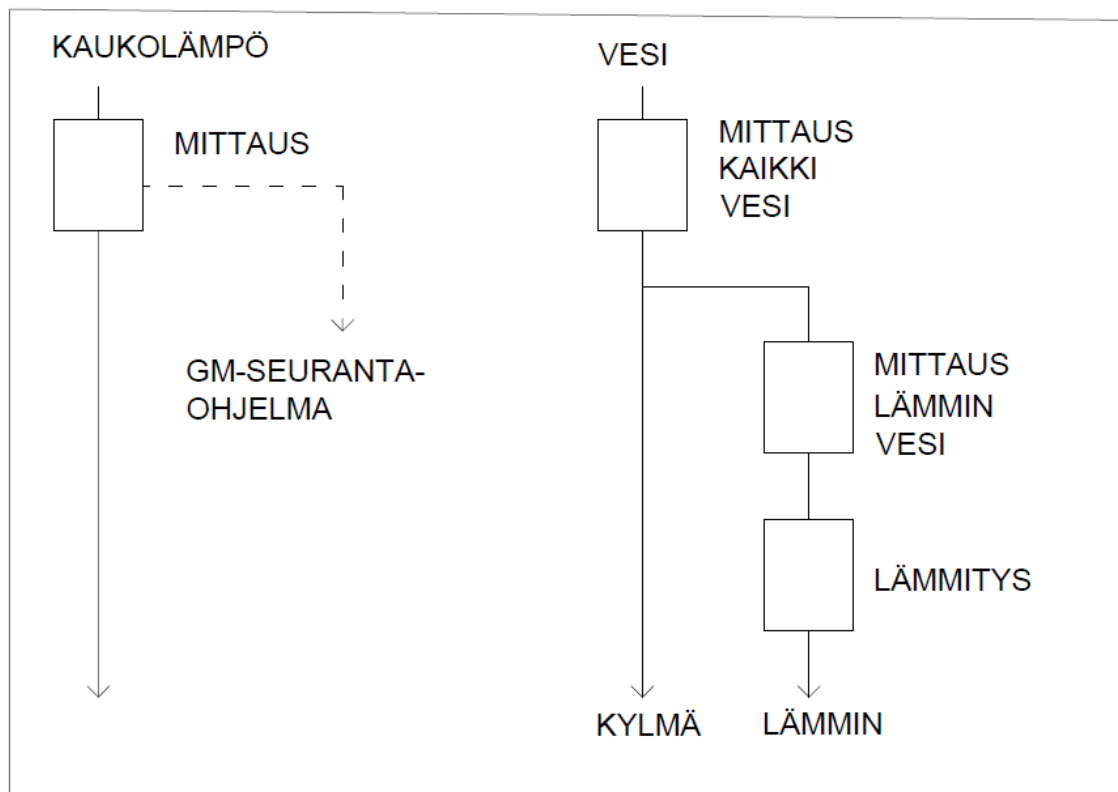
KUVA 2. Esimerkki vanhanaikaisesta elektromekaanisesta mittarista (www.electric-energymeter.com, 2018)

Vanhat elektromekaaniset mittarit tulee vaihtaa nykyaikaisempiin, olemassa olevia uudempia mittareita voi mahdollisesti hyödyntää riippuen halutusta tiedonsiirtotekniikasta. Rakennuksen 37 käyttäjien neljä sähköenergiamittaria, päämittaus sekä rakennuksen 61 mittaus halutaan muuttaa automaattisesti luettavaksi.

2.2 Vesimittarit ja lämpöenergian mittaus rakennuksessa 37

Rakennuksen 37 veden ja kaukolämpöenergian mittaukset tehdään lämmönjakohuoneessa. Veden kokonaiskulutusmittarissa on pulssiulostulo, josta se on jo kytketty automaatiokeskukseen. Lämmitetyn veden kulutus mitataan mekaanisella mittarilla, jossa ei ole mitään lähtöä. Lämpimän veden mittarilukematieto halutaan automaatiojärjestelmään. Minkäänlaisia käyttäjäkohtaisia mittauksia ei ole veden osalta. Kiinnostavaa voisi olla tieto eritellysti prosessin ja kiinteistön vedenkulutuksista.

Lämpömäärän kokonaiskulutus mitataan Sharky-mittarilla. Energiakulutustiedot menevät Granlund Manager -energiaseurantaohjelmaan tunnin välein kaukolämpöpalvelun tarjoajan kautta. Lämpö jakautuu lämmitykseen, ilmanvaihtoon ja käyttövedelle, joille on omat lämmönsiirtimensä. Käyttäjäkohtaisia mittauksia ei ole.



KUVA 3. Periaatekuva kaukolämpöenergian ja veden mittauksesta rakennuksessa 37

2.3 Mittarilukematiedot ja kulutuksien jakautuminen

Rakennuksessa 37 on kaksi eri käyttäjää, joiden sähkön-, kaukolämmön- ja vedenkulutukset halutaan erotella. Nykyisin molemmilla käyttäjillä on omat mittarit vain sähkön osalta. Veden ja kaukolämmön osalta on vain päämittarit, joten kulutuksien jakautuminen käyttäjien kesken on epäselvää ja ne ovat arvioitu %-määräisesti. Rakennukseen 37 tulisi saada alamittaukset käyttäjien tarkkojen kulutustietojen selvittämiseksi veden ja kaukolämmön osalta. Uudet tarkentavat alamittaukset tulisi myös liittää olemassa olevaan kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Mittarilukematiedot olisivat tällöin luettavissa kiinteistövalvomon tietokoneelta tai ihanteellisessa toteutuksessa suoraan energiankulutuksen seurantaohjelmasta. Kaukolämmön kokonaiskulutustieto on jo nykyisin mahdollista lukea seurantaohjelmasta. Käyttäjakohtaisten kulutuksien lisäksi kiinnostavaa olisi myös erotella prosessi- ja kiinteistökulutukset.

2.3.1 Manuaalinen/nykyinen toteutus

Nykyisin Puolustushallinnon rakennuslaitoksen sähkö- ja vesimittarit yleisesti ovat pääasiassa mekaanisia ja niiden lukematiedot luetaan manuaalisesti. Manuaalisessa luennassa huoltohenkilökunta kiertää jokaisen mittarin, jota ei ole liitetty automaatioon ja kirjaa mittarilukemat lukulistaan. Lukulistan lukemat kirjataan tietokoneelle energiankulutuksen seurantaohjelmaan.

Kuvailtu mittarinluenta tehdään kerran kuukaudessa. Manuaalinen mittarienluenta ja kirjaaminen on työlästä. Puolustushallinnon rakennuslaitoksen Tampereen toimiston hallinnoimilla yhdeksällä alueella mittareiden manuaaliseen luentaan käytetään arviolta 80 työtuntia kuukautta kohden. Tämä 80 työtuntia toisin ilmaistuna vastaa noin kymmentä täyttä työpäivää kuukaudessa. Toisaalta mittarien manuaalisessa luennassa käydään säännöllisesti teknisissä tiloissa, jolloin luodaan myös yleissilmäys tiloista.

2.3.2 Automaattinen mittareiden luku

Mittareiden luennan tapahtuessa automaattisesti mittarilukematiedot on luettavissa valvomon tietokoneelta. Automaattinen mittareiden luku vapauttaa rutiininomaiseen lukemiseen käytetyn ajan muihin tehtäviin. Oikein toteutettuna automaattinen mittarinluenta vähentää tai minimoi mahdollisia inhimillisiä virheitä. Tarkemmalla mittausdatalla energiaraportit tarkentuvat ja siitä voi olla apua mahdollisten poikkeamien ilmi tulemiseen.

Kaukolämmön osalta on käytössä automaattinen etäluenta, josta tiedot menevät energianhallintaohjelmisto Granlund Manageriin tunnin välein. Energiayhtiöiden päämittaukset tapahtuvat automaattiluennalla.

2.3.3 Ohjelmisto energianseurantaan

Energiankulutuksen seurantaan varten Puolustushallinnon rakennuslaitoksessa on käytössä Granlund Manager -niminen ohjelma. Tällä hetkellä mittareilta luetut ja lukulistaan käsin kirjatut lukemat kirjataan sähköiseen muotoon Granlund Manager -ohjelmaan. Automaattisella mittarinlukemisella mittarilukematiedot saadaan kiinteistövalvomon tietokoneelle. Parhaassa tapauksessa mittarilukematiedot menisivät myös suoraan Granlund Manager -ohjelmaan.

Aikaisemmin mittausjärjestelmän tietojen siirtämisestä kulutusseurantaohjelmaan on Jokinen Petri selvittänyt työssään Energiakulutustietojen kerääminen Puolustushallinnon rakennuslaitoksessa (2006).

3 AUTOMAATTISEN MITTARINLUVUN TEKNIKKAA

Tässä kappaleessa selvitetään automaattiseen mittarinlukuun käytettäviä laitteita etenkin sähköenergian mittaukseen. Näitä ovat itse energiamittarit, väyläliityntälaite ja virtamuuntaja. Myös väylä- ja pulssitekniikkaa sekä valvomoa käsitellään.

3.1 Yleistä

Lähtökohtaisesti Puolustushallinnon rakennuslaitoksen hoidossa olevat kiinteistöt ovat vanhoja ja niiden sähkökeskukset ovat vanhoja. Mittareita uudistaessa on huomioitava uusien mittareiden fyysinen sijoittelu vanhoihin keskuksiin. Rakennuksessa 37 on käytössä Trend automaatiojärjestelmä.

Alla lueteltuna ne rakennuksen 37 energiamittaukset, jotka halutaan liittää automaatiojärjestelmään.

Sähkö

- Päämittaus
- Käyttäjä 1 prosessi
- Käyttäjä 1 kiinteistö (valmius pulssi)
- Käyttäjä 2 prosessi
- Käyttäjä 2 kiinteistö (valmius pulssi)
- Rakennus 61

Vesi

- Kokonaiskulutus
- Lämmin vesi
- Käyttäjä 1 prosessi
- Käyttäjä 1 kiinteistö
- Käyttäjä 2 prosessi
- Käyttäjä 2 kiinteistö

3.2 Mittareiden ominaisuudet

Energiamittareita on tarjolla eri ominaisuuksin varustettuina, minimissään pulssiulostuloa käyttävistä perusmalleista enemmän mittaustietoa sisältäviin energia-analysointilaitteisiin. Sähköenergiamittareista Puolustushallinnon rakennuslaitokselle kiinnostavin tieto on kWh-lukema. Muita haluttuja mittaustietoja voivat olla esimerkiksi harmoniset yliaallot, harmoninen särö, loisteho ja huipputeho. Esimerkiksi loistehon tai vaiheiden kuormituserojen tarkkailulla voidaan ennakoida vikatilanteita, mikäli kyseiset suuret jostakin syystä kasvavat kohtuuttomasti.

Joissakin tapauksissa kuormituksen rajoilla voisi huipputehon perusteella pudottaa tai jättää ohjatusti sähkönsyöttöä eri kohteisiin ylikuormituksen välttämiseksi. Käytännössä sähkölämmitys voisi olla sopiva kohde sähkötehon rajoittamiseen ja rakennuksessa 37 on kaukolämmitys, joten tässä tapauksessa sähkönsyötön rajoittamisella ei saada hyötyjä.



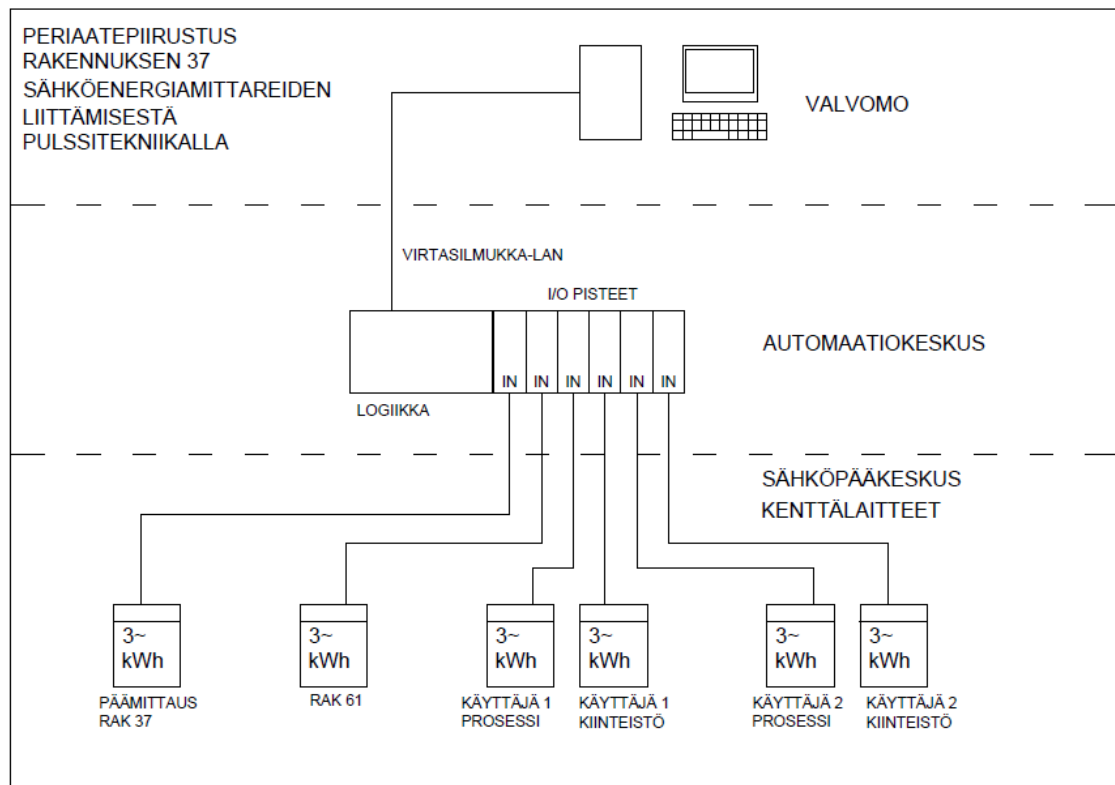
KUVA 4. Carlo Gavazzi TCD-1 virtamuuntaja (Carlo Gavazzi 2018)

Sähkövirran mittaaminen tapahtuu suoramittauksella tai virtamuuntajaa käyttämällä. Suoramittausta käytetään usein 63A suuruusluokkaan asti, kun taas sitä suuremmilla virroilla käytetään virtamuuntajaa. Virtamuuntaja asennetaan mitattavan johtimen ympärille. Virtamuuntaja muuntaa nimensä mukaisesti virtaa määrättyllä muuntosuhteella, esimerkiksi 100/5A. Varsinainen mittari toimii tavallisesti 5A alueella ja virran määrä on vastaavalla kertoimella palautettu alkuperäiseksi. Virtamuuntajia on myös avattavia malleja, joita asentaessa johtimia ei tarvitse irrottaa.

Energiamittareiden tarkkuutta määrittelee mittauslaitedirektiivi eli MID-direktiivi (Measuring Instrument Directive). MID-direktiivin mukaista mittaria voi käyttää virallisesti laskutukseen. MID-direktiivin mukaisuutta ei vaadita rakennuksen 37 mittaroinnissa. Mittarivalintaan vaikuttavia tekijöitä ovat ominaisuudet, hinta ja varaosat tulevaisuudessa. Mittarijärjestelmän käyttöiäksi odotetaan ainakin 25 vuotta.

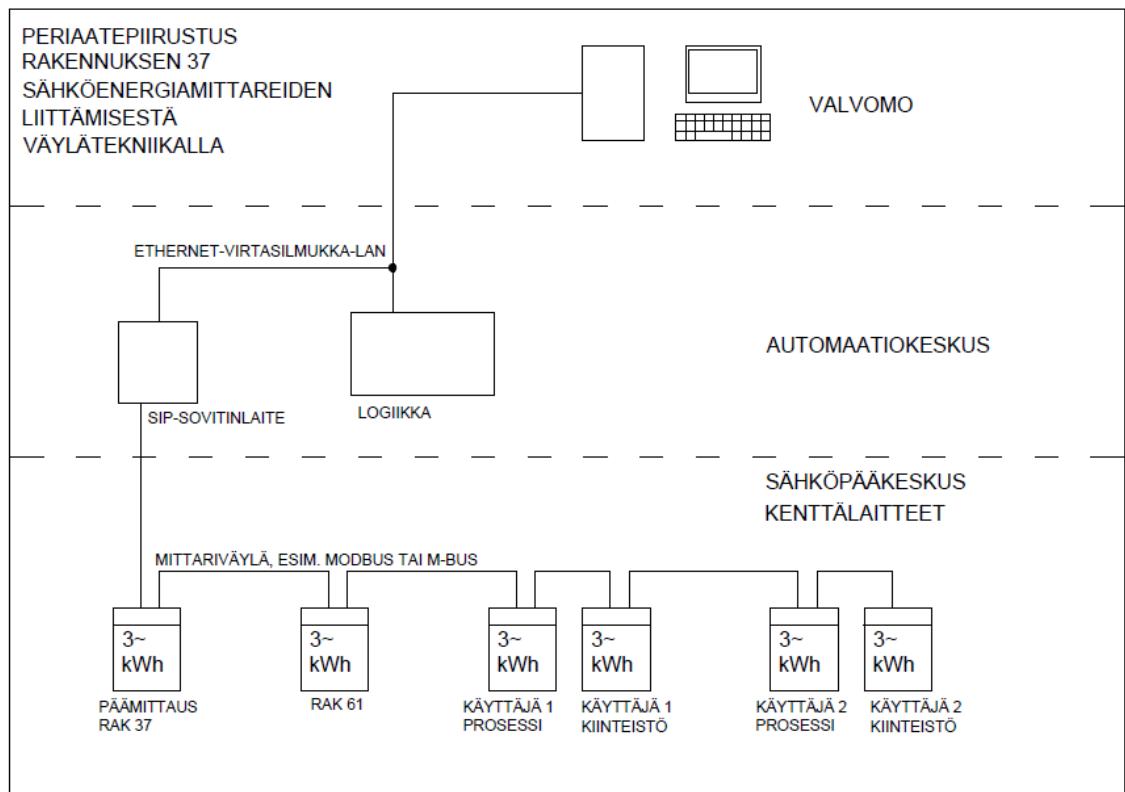
3.3 Tiedonsiirto pulssilähtö vs. väylä

Tiedonsiirto energiamittarin ja VAK välillä on mahdollista toteuttaa pulssi- tai väylätekniikalla. Pulssitekniikalla energiamittarin kosketinlähdestä lähetetään pulssisignaali määrättyä energiankulutusta kohden, joka usein ilmoitetaan esimerkiksi 10imp/kWh. Pulssit skaalataan kWh-yksikköön ja lukumäärän laskemisella kerrytetään kumulatiivista kWh-lukemaa. Mittareissa on usein vilkkuva LED-valo indikoimassa energiankulutuksen määrää. Pulssilähtö löytyy lähes kaikista mittareista. Pulssien tiedonsiirrossa voi tulla ongelmia, jolloin lukema voi vääristyä. Pulssitekniikalla tiedonsiirto ei ole valvottua. Sähkökatkot ym. häiriöt yleensä aina aiheuttavat jonkin verran virhettä, jota voi vuodenkin aikana jo kertyä jonkin verran (Saarela 2018).



KUVA 5. Periaatepiirustus rakennuksen 37 sähköenergiamittareiden liittämiseksi pulssitekniikalla

Pulssitekniikka käytettäessä mittari kytketään alakeskuksen fyysiseen I/O -pisteeseen. Jos mittareita on paljon, pitää niitä varten olla paljon I/O -pisteitä. Väylälaitteita ei tarvita kuin yksi väylää kohden. Yleensä tarvitaan jokin sovitinlaite tai erikseen hankittava ohjelma aina väylää kohden. Väylään saa mittareita ym. laitteita vähintään kymmeniä tai jopa 256 kpl. Samassa väylässä on oltavan kaikissa laitteissa samat tiedonsiirtoparametrit. (Saarela 2018)



KUVA 6. Periaatepiirustus rakennuksen 37 sähköenergiamittareiden liittämistä väylätekniikalla

Kuvassa 6 on esitetty mittarien kytkentä väylätekniikalla toteutettuna. Kuvassa oleva SIP-sovitinlaite esitellään kappaleessa 3.6. Virtasilmutta-LAN -tiedonsiirtoverkkoon liittämiseen käytetään lisäksi mediamuunninta. Moniin mittarimalleihin on saatavana lisäominaisuutena RS-485 portti. Mittarilukematiedon siirtäminen väylätekniikalla on tarkempaa ja älykkäämpää. Lukema on mittarissa, se luetaan sieltä väylän kautta. Väylätekniikkaa käytettäessä mittarilta on mahdollista lukea usean suuren tiedot, kuten kWh- ja kvarhukulutuslukema, hetkellinen teho kW, jännitteet ja virrat jne. Itse mittari ei ole juurikaan kalliimpi väylällä varustettuna.

Väylätekniikka:

- Useiden mittaussuureiden arvot luettavissa (kWh, kvar, kW, U, I jne.)
- Mittarilukematiedossa ei täsmäyksen tarvetta
- Yhteen sovitinlaiteeseen voi kytkeä useita laitetta
- Vähemmän kaapelointia

Pulssitekniikka:

- Vain kWh-lukematieto
- Tiedonsiirto ei valvottua, voi vaatia lukeman täsmäystä
- Yksi mittari vie yhden fyysisen I/O -pisteen
- Jokaiselta mittarilta oma parikaapeli I/O -pisteeseen

Luotettavin mittarilukematieto valvontajärjestelmään saadaan älykkäistä mittareista, joissa lukema välittyy standardiprotokollasanomana. Tällöin lukema vastaa aina mittarin ikkunassa olevaa lukemaa. Usein tyydytään käyttämään mittarin pulssilähtöä, jolloin luotettavuus heikkenee olennaisesti ja syntyy täsmäyksen tarvetta. (Sähkötieto ry 2008, 70)

Mittarit ovat nykyään hyvinkin varmoja pitämään arvonsa häiriötilanteissakin, varmistus on yleisesti tehty flash -tekniikalla, joka on sähköstä riippumaton. Pulssitekniikalla lukematieto on alakeskuksella ja se on sieltä mahdollista kadottaa esimerkiksi päivityksen yhteydessä. Trendin järjestelmässä ja luultavasti yleisesti muissakin merkeissä tiedot voidaan arkistoida valvomoon, se kannattaa tehdä riittävän usein varsinkin pulssimittareista, mutta myös väylämittareista. (Saarela 2018)

3.4 Modbus, M-bus ja BACnet

Puolustushallinnon Rakennuslaitoksella on käytössä ainakin Modbus, M-bus ja BACnet väyläprotokollat. M-bus eli Meter-bus on erityisesti mittarien tiedonsiirtoon tarkoitettu protokolla. BACnet eli Building Automation and Control on avoin rakennusautomaatiojärjestelmä.

Oleellisia tiedettäviä asioita rekisteriosoitteiden lisäksi Modbus -laitetta käyttöönottaessa ovat tiedonsiirtoparametrit:

- Databittien määrä
- Pariteetti
- Stop bittien määrä
- Baudinopeus

M-bus -väylässä näitä ei tarvitse asetella, ne on aina samat.

(Saarela 2018)

3.5 Valvomo

Valvomosta on yhteys rakennuksen 37 lämmönjakuhuoneessa sijaitsevaan valvonta-ala-keskukseen (VAK). Valvomo-ohjelmalla hallitaan rakennuksen 37 automaatiolaitteita, kuten ilmastointia, lämmitystä jne. Valvomo-ohjelmaan tulisi lisäyksenä uusi välilehti tai taulukko mittarilukemia varten.

3.6 Mittarien liittäminen SIP-sovitinlaitteella

Energiamittarit ovat liitettävissä automaatiojärjestelmään Sunapsys Solutionsin SIP-sovitinlaitteella. SIP-sovitinlaite integroi mittariväylän arvot Trend -järjestelmään. Ethernet laitteita, kuten SIP voi liittää virtasilmutta-LAN -verkkoon sitä varten olevalla mediamuuntimella. Valvomosta tarkasteltuna SIP-sovitinlaite on näkyvissä kuten alakeskukset. (Saarela 2018)

Mittariväylä kytketään laitteen alapuolella olevaan sarjaporttiin RJ45-liittimellä dippikyt- kinten asennosta riippuen RS-232, RS-422 tai RS-485 kommunikointi standardeilla. SIP-sovitinlaite muuntaa mittariväylän informaation Ethernet-verkkoon sopivaksi. SIP-sovitinlaite toimii isäntälaitteena siihen kytketyille mittareille. Laitetta on tällä hetkellä saavilla ainakin Modbus, M-bus ja BACnet väyläprotokollille. Käyttöjännite 9-40VDC.



KUVA 7. SIP-sovitinlaite. (Synapsys Solutions 2013)

Yhteen SIP-laitteeseen voi mallista riippuen liittää 4, 8, 16, 32 tai 100 kpl Modbus-mittareita. M-bus mittareita mallista riippuen 3, 20 tai 60 kpl. Malleja on erilaisia, joillain voi hakea ison määrän tietoja muutamasta mittarista ja joillain isosta määrästä mittareita muutaman tiedon (Saarela 2018).

Quantity	Details	Start reg (Hex)	Size	Res.	Unit	Data type
Active import	kWh	5000	4	0,01	kWh	Unsigned
Active export	kWh	5004	4	0,01	kWh	Unsigned
Active net	kWh	5008	4	0,01	kWh	Signed
Reactive import	kvarh	500C	4	0,01	kvarh	Unsigned
Reactive export	kvarh	5010	4	0,01	kvarh	Unsigned
Reactive net	kvarh	5014	4	0,01	kvarh	Signed
Apparent import	kVAh	5018	4	0,01	kVAh	Unsigned
Apparent export	kVAh	501C	4	0,01	kVAh	Unsigned
Apparent net	kVAh	5020	4	0,01	kVAh	Signed
Active import CO2	kVAh	5024	4	0,001	kg	Unsigned
Active import Currency	kVAh	5034	4	0,001	currency	Unsigned

KUVA 8. Osa ABB B23/24 -energiamittarin suureista sekä niiden rekisteriosoitteet (ABB)

SIP-sovitinlaitteen konfigurointiin päästään selaimella. Konfiguroinnissa rekisteriosoit-
teille voi joutua tekemään lukujärjestelmämuunnoksen. Esim. ABB B23/24 -mittarin
Reactive import 500C (hex) → 20492 (des), joka annetaan SIP:iin rekisterisoitteeksi.
Myös Carlo Gavazzi EM21 mittarin vastaavat Modbus rekisteriosoitteet liitteenä.

3.7 Sähköenergian mittauslaitevalmistajat

Tässä työssä käsitellään omaan käyttöön tarkoitettuja energiamittareita, energialaitosten
laskutuksissaan käyttämiksi mittareiksi on hyväksytty vain tietyt mittarimallit ja ne on
aina blommattu ja nykyään yleisesti GSM-tekniikalla etäluettavia. (Saarela 2018)

Markkinoilla on useiden valmistajien tuotteita automaattiseen mittarinlukuun ja Puolus-
tushallinnon rakennuslaitoksen kanssa käydyn keskustelun pohjata valikoitui kahden mit-
tauslaitevalmistajan tuotteita vertailtavaksi: ABB ja Carlo Gavazzi, sillä näiden valmis-
tajien tuotteita on jo valmiiksi käytössä Puolustushallinnon rakennuslaitoksessa.

3.7.1 ABB:n sähköenergiamittarit

ABB EQ-energiamittarit on jaettu kolmeen sarjaan:

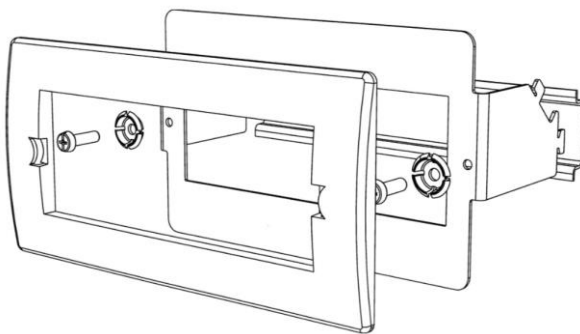
- A-sarja
- B-sarja
- C-sarja

A-sarjassa on saatavilla eniten ominaisuuksia ja C-sarjassa vähiten. Lisäksi ominaisuuks-
sia kuvataan teräs, pronssi, hopea, kulta ja platina tasoilla. Mittareita on saatavilla 1- tai
3-vaiheisina. Yksinkertaisin mittari on 1 DIN-moduulin kokoinen 1-vaiheinen C11 Teräs.
Eniten ominaisuuksia on A43/A44 Platina mallissa, jotka ovat 7 DIN-moduulin kokoisia.
C-sarjan mittareita on saavilla vain pulssiulostulolla ja suoralla mittauksella 40 A maksi-
mivirtaan asti.



KUVA 9. ABB A23/24 energiamittari (ABB 2018)

Kohteeseen sopivimmat mittarit ABB valikoimasta voisivat olla B-sarjasta mittarimallit B23 tai B24. Ne eroavat toisistaan siten, että B23 -mallissa virta mitataan suoraan maksimivirran ollessa 65A, kun taas B24 -malliin liitetään virtamuuntaja. B-sarjan mittarit ovat MID-hyväksytyjä. B-sarjan mittarit kiinnitetään DIN-kiskoon. Saatavilla on myös lisävarusteet paneeliasennukseen, seinäkiinnitykseen ja laipat eri modulikokoisina. ABB:lla on myös oma G-13 väyläliityntäyksikkö.



KUVA 10. Lisävaruste paneeliasennukseen (ABB)

B-sarjan mittarien tiedot voidaan kerätä pulssiulostulon tai sarjatiedonsiirron kautta. Pulssiulostulo on pulsseja suhteessa mitattuun energiaan luova puolijohderele. Mittarit voidaan myös varustaa sisäänrakennetulla sarjatiedonsiirtoliitännöillä M-Bus- tai Modbus RTU (RS-485) -protokollaa varten. (ABB 2013)

3.7.2 Carlo Gavazzin sähköenergiamittarit

Carlo Gavazzin valikoimasta kohteeseen sopiva mittarimalli voisi olla EM21. Rakennuksessa 37 on kyseistä mittarimallia nykyisin käytössä yksi kappale, jota ei kuitenkaan ole liitetty automaatiojärjestelmään.

Tämän kolmivaiheisen energiamittarin pääominaisuudet ovat päto- ja loisenergian mittaaminen kustannusten seurantaan, sekä yleisempien sähkösuureiden mittaaminen ja siirto. Virran mittaamiseen käytetään ulkopuolisia virtamuuntajia. EM21-72D -mittarissa on vakiona pulssilähtö energian kulutuksen siirtoon. Lisäksi mittari voidaan varustaa optiona 2-johdin RS-485 portilla. (Carlo Gavazzi 2017)



KUVA 11. Carlo Gavazzi EM21-72D -mittari (Carlo Gavazzi 2017)

EM21 72D Energiamittarin ominaisuuksia:

- DIN-kisko tai paneeliasennus
- kWh, kvarh, W, var, PF, Hz, vaihejärjestys
- VLL, VLN, A, PF
- Näyttö: 2 riviä LCD
- Hetkellissuureiden määrä: 3
- IP50
- 72x72x65mm
- Perusmalli tai MID-direktiivin mukainen

Carlo Gavazzi EM21 Modbus rekisteriosoitteet liitteenä.

3.7.3 Toimittajien vertailu

Sekä ABB B23/24 että Carlo Gavazzi EM21 -mittarit on asennettavissa DIN-kiskoon tai vaihtoehtoisesti keskuksen oveen. ABB:n B-sarjan mittarit ovat MID-hyväksytyjä, Carlo Gavazzin EM21 -mittaria on saatavilla joko MID-direktiivin mukaisesti tai ilman. Kumpaakin mittaria on saatavalla vain pulssiulostulolla varustettuna tai vaihtoehtoisesti optiona RS-485-portilla. Carlo Gavazzin EM21 -mittari käyttää aina virtamuuntajaa, ABB B-sarjan mittareita on saavilla virtamuuntajamallina tai suoraan kytkettynä.

Carlo Gavazzin EM21 -mittari tai ABB:n B-sarjan mittarit sisältävät ominaisuudet, jotka ovat riittävät rakennuksen 37 automaattisen mittarinluvun toteuttamisessa kenttälaitteiden osalta. Näitä kyseisiä mittarimalleja on käytetty myöhemmin esiteltävissä kustannuslaskelmissa.

4 TOTEUTUSVAIHTOEHTOJA

4.1 Yleistä

Mitä tehdään: olemassa on kaksi sähköenergiamittaria, joita on mahdollista hyödyntää liittämällä ne automaatiojärjestelmään pulssitekniikalla. Toinen vaihtoehto olisi siirtyä mittarilukematietojen lukemisessa väylätekniikkaan ja hankkia kaikkien mittarien tilalle uudet.

Kun mittareita liitetään useampia, väylätekniikan edut korostuvat kun liitälaitteen hinta jakautuu usealle mittarille. Kun taas usean pulssiliitynnän kanssa alakeskuksien fyysiset I/O -pisteet voivat täytyä. Sähköenergiamittarit rakennuksessa 37 käyttäisivät 6 pistettä. Etenkin jos tulevaisuudessa on tarkoitus lisätä automaattisesti luettavien mittareiden määrää, niin mittarilukematietojen siirto väylätekniikalla voisi olla järkevää.

Huomioitavaa on myös mittareiden asennus, kaapelointi automaatio- ja sähkökeskuksen välille, mediamuunnin sekä konfigurointi, joita ei ole otettu kustannuslaskelmiin.

Käyttäjä- ja prosessikohtaiseen veden mittaukseen siirtymistä on tutkittu Puolustushallinnon rakennuslaitoksessa ja on todettu sen olevan liian hankala ja kallis toteuttaa hyötyihin nähden. Käyttäjä- ja prosessikohtaisen veden mittauksen toteuttaminen vaatisi suuria putkistomuunnoksia. Käytännössä käyttäjä- ja prosessikohtaisen mittauksen toteutus olisi ajankohtaista toteuttaa seuraavan isomman peruskorjauksen yhteydessä. (Sillman, 2018)

Jos mittarilukemia joudutaan kuitenkin lukemaan manuaalisesti täsmäyksen takia, asennustapaan voi olla tarpeellista kiinnittää huomiota. Sähköpääkeskuksen oveen asennettuna mittarilukema on luettavissa avaamatta ovea. Maallikolla ei ole lupaa avata sähköpääkeskuksen ovea keskuksessa olevien jännitteisten osien takia. DIN-kiskoon asennettu mittari jää kaapin sisälle, ellei sitä varten ole erikseen tehty lukulasia oveen. (Pitkäranta, 2018)

4.1.1 Ehdotus 1

Mikäli mittarilukematietojen siirto päädytään toteuttamaan väyläteknikalla, niin järjestelmään tulisi 6 kpl uutta sähköenergiamittaria (esim. ABB tai Carlo Gavazzi) korvaamaan nykyiset mittarit sekä SIP-sovitinlaite mittareiden liittämiseksi järjestelmään. Alhaalla kustannuslaskelma laitteiden osalta, laskelmassa laitteiden kokonaishinta alimpana kohdassa YHT mittarit + CT + SIP. Kustannuslaskelmassa on vertailtu järjestelmän toteuttamista kolmella eri mittarimallilla. Mittareita mahdollista lisätä väylään myöhemmin. Virtasilukka-LAN -verkon ja Ethernet -verkon yhdistämiseen käytetään lisäksi mediamuunninta.

Rakennuksen 37 mittaroinnin kustannuslaskelma ehdotus 1			
Mittarityyppi	Carlo Gavazzi EM21 RS-485	ABB B24 RS-485 112-100	ABB B23 RS-485 112-100
kpl hinta	234,00 €	237,00 €	265,00 €
määrä	6		
YHT mittarit	1 404,00 €	1 422,00 €	1 590,00 €
MID-direkt. mukainen	Ei*	Kyllä	Kyllä
*MID-direktiivin mukainen malli yleensä kalliimpi kuin ei MID-vaatimusten mukainen Mittarien hinnat: fi.farnell.com			
Virtamuuntaja	Lisäksi virtamuuntaja C. Gavazzi CTD-1 60/5A	Lisäksi virtamuuntaja	suora 65A EI CT-malli
kpl hinta	19,00 €	19,00 €	
määrä	18		
ct yht hinta	342,00 €	342,00 €	- €
YHT mittarit + CT	1 746,00 €	1 764,00 €	1 590,00 €
Mittarien liittäminen järjestelmään SIP-laitteella, hinta noin			
	1 000,00 €	1 000,00 €	1 000,00 €
YHT mittarit + CT + SIP	2 746,00 €	2 764,00 €	2 590,00 €

4.1.2 Ehdotus 2

Jos energiamittareiden automaattinen lukeminen päätetään toteuttaa vain rakennuksen 37 mittareihin, eikä automaattista lukemista ole ajatus laajentaa, voisi mittarilukematietojen siirto pulsseilla olla kustannustehokas vaihtoehto. Tällöin kaksi olemassa olevaa sähköenergiamittaria liitetään järjestelmään, jonka lisäksi neljä uutta sähköenergiamittaria (esim. ABB tai Carlo Gavazzi) hankitaan korvaamaan vanhat rullamittarit. Kun käytetään pulssitekniikka tiedonsiirrossa voi olla tarpeellista huomioida mahdollinen mittarilukemien täsmäyksen tarve.

Kustannuslaskelma laitteiden osalta yhteensä kohdassa YHT mittarit + CT. Tässä ei ole huomioitu mahdollisesti tarvittavia lisä I/O-pisteitä. Kustannuslaskelmassa on vertailtu järjestelmän toteuttamista kolmella eri mittarimallilla.

Rakennuksen 37 mittaroinnin kustannuslaskelma ehdotus 2				
Mittarityyppi	Carlo Gavazzi EM21 Pulssi	ABB B24 Pulssi 111-100	ABB B23 Pulssi 111-100	
kpl hinta	167,00 €	195,00 €	201,00 €	
määrä	4			
YHT mittarit	668,00 €	780,00 €	804,00 €	
MID-direkt. mukainen	Ei*	Kyllä	Kyllä	
*MID-direktiivin mukainen malli yleensä kalliimpi kuin ei MID-vaatimusten mukainen Mittarien hinnat: fi.farnell.com				
Virtamuuntaja	Lisäksi virtamuuntaja C. Gavazzi CTD-1 60/5A	Lisäksi virtamuuntaja	suora 65A EI CT-malli	
kpl hinta	19,00 €	19,00 €		
määrä	12			
ct yht hinta	228,00 €	228,00 €	- €	
YHT mittarit + CT	896,00 €	1 008,00 €	804,00 €	

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rakennuksen 37 energiamittareiden automaattisen lukemisen toteutusta. Opinnäytetyötä aloittaessa oli selvää energiamittareiden automaattisen lukemisen kartoitus ainakin sähkön osalta sekä jossain määrin veden ja lämpöenergian osalta, tarpeen vaatiessa. Opinnäytetyön teko antoi hieman tuntemusta rakennusautomaatiotekniikkaan, josta työn kirjoittajalla ei ollut juurikaan kokemusta aikaisemmin.

Rakennuksen 37 sähköenergiamittarit ovat nykyhetkellä eroteltu käyttäjä- ja prosessikohtaisesti, mutta mittareiden lukeminen suoritetaan vanhanaikaisesti rutiininomaisella mittarinlukukierroksella. Sähköenergiamittarit voisi liittää automaatiojärjestelmään pulssitai väylätekniikalla riippuen tulevaisuuden tarpeista. Väylätekniikka hyödyntää laajemmin mittareiden ominaisuuksia eri suureiden tarkasteluun sekä väylätekniikkaa käyttämällä välttämään mahdollisesta mittarilukemien täsmäyksen tarpeesta.

Käyttäjä- ja prosessikohtainen vesimittaus rakennukseen 37 olisi haluttua, mutta tutkitusti sen toteuttaminen olisi liian hankalaa ja kallista vaatien isompia putkistomuunnoksia. Käyttäjä- ja prosessikohtaisen vesimittauksen toteutus voisi olla ajankohtaista seuraavan isomman peruskorjauksen yhteydessä.

Kaukolämmöstä mitataan rakennuksen 37 kokonaiskulutus ja mittaustieto menee automaattisesti Granlund Manager -energiaseurantaohjelmaan ja tähän ollaan tällä hetkellä tyytyväisiä Puolustushallinnon Rakennuslaitoksessa.

Opinnäytetyön raportin kirjoitushetkellä on energiamittareiden automaattinen lukeminen rakennuksessa 37 vasta suunnitteluvaiheessa, joten järjestelmän asennus tai käyttöönotto ei sisälly tähän raporttiin.

LÄHTEET

ABB B23/B24 Manuaali. Luettu 26.1.2018

https://library.e.abb.com/public/17d9ba907144b09fc1257b98004c513a/2CMC485003M0201_A_en_B23_B24_User_Manual.pdf.pdf

ABB. Energiamittarit Modulaarirakenteisille koteloille ja DIN-kiskoille. 2013

Carlo Gavazzi EM21 72D Energiamittarin esite. Luettu 23.11.2017

<https://www.gavazzionline.com/pdf/EM2172DDS.pdf>

Carlo Gavazzi virtamuuntajan kuva. Luettu 4.4.2018

<https://www.gavazzionline.com/pdf/CTD-1XDSENG270907.pdf>

Carlo Gavazzi EM21 rekisteriosoitteet. Luettu 4.4.2018

<https://partners.trendcontrols.com/trendproducts/cd/de/pdf/en-ta201081-uk0yr0715h.pdf>

Elektromekaanisen kWh-mittarin kuva. Luettu 4.5.2018

<http://www.electric-energymeter.com/sale-7557866-iec-62053-11-single-phase-electro-mechanical-energy-meter-mechanical-watt-hour-meter.html>

Pitkäranta, M, Sähköasentaja, PHRAKL.

Saarela, T, Trentec Team Oy. 2018. Sähköpostiviestit.

Salminen, P, Sähköinsinööri, PHRAKL.

Salo, A, Energiapäällikkö, PHRAKL.

Sillman, J, Kiinteistöpalvelupäällikkö, PHRAKL.

Sähkötieto ry. 2008. Kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Puolustushallinnon rakennuslaitoksen toimintakertomus 2017. Luettu 4.5.2018

<http://phrakl.fi/documents/5332170/5841418/2017+Toimintakertomus>

LIITTEET

Liite 1. Carlo Gavazzi EM21 Modbus rekisteriosoitteet (Carlo Gavazzi)

MODBUS: read only mode with functions code 03 and 04

Table 2.3-1

Modicom address	Physical address	Length (words)	VARIABLE ENG. UNIT	Data Format	Notes
300001	0000h	2	V L1-N	INT32	Value weight: Volt*10
300003	0002h	2	V L2-N	INT32	
300005	0004h	2	V L3-N	INT32	
300007	0006h	2	V L1-L2	INT32	
300009	0008h	2	V L2-L3	INT32	
300011	000Ah	2	V L3-L1	INT32	
300013	000Ch	2	A L1	INT32	Value weight: Ampere*1000
300015	000Eh	2	A L2	INT32	
300017	0010h	2	A L3	INT32	
300019	0012h	2	W L1	INT32	Value weight: Watt*10
300021	0014h	2	W L2	INT32	
300023	0016h	2	W L3	INT32	
300025	0018h	2	VA L1	INT32	Value weight: VA*10
300027	001Ah	2	VA L2	INT32	
300029	001Ch	2	VA L3	INT32	
300031	001Eh	2	VAR L1	INT32	Value weight: var*10
300033	0020h	2	VAR L2	INT32	
300035	0022h	2	VAR L3	INT32	
300037	0024h	2	V L-N Σ	INT32	Value weight: Volt*10
300039	0026h	2	V L-L Σ	INT32	
300041	0028h	2	W Σ	INT32	Value weight: Watt*10
300043	002Ah	2	VA Σ	INT32	Value weight: VA*10
300045	002Ch	2	VAR Σ	INT32	Value weight: var*10
300047	002Eh	1	PF L1	INT16	Negative values correspond to lead(C), positive value correspond to lag(L)
300048	002Fh	1	PF L2	INT16	
300049	0030h	1	PF L3	INT16	
300050	0031h	1	PF Σ	INT16	Value weight: PF*1000
300051	0032h	1	Phase sequence	INT16	The value -1 corresponds to L1-L3-L2 sequence, the value 0 corresponds to L1-L2-L3 sequence. The phase sequence value is meaningful only in a 3-phase system
300052	0033h	1	Hz	INT16	Value weight: Hz*10
300053	0034h	2	KWh(+) TOT	INT32	Value weight: kWh*10
300055	0036h	2	Kvarh(+) TOT	INT32	Value weight: kvarh*10