

# KIINTEISTÖJEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Olli Kuisma

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Olli Kuisma	Vuosi	2015
<b>Ohjaaja</b>	Tapani Rantapirkola		
<b>Toimeksiantaja</b>	Tilaliikelaitos		
<b>Työn nimi</b>	Kiinteistöautomaatiojärjestelmien vertailu		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	47 + 2		

---

Opinnäytetyöni tehtävänä oli tutkia rakennusautomaatiojärjestelmien toimivuutta ja selkeyttä. Tavoitteena on, että Rovaniemen kaupungilla olisi pelkästään yksi valvomo-ohjelmisto, johon olisi liitetty kolme automaatiojärjestelmää. Näin ollen hälytysten reititys olisi kaikille eri alajärjestelmille samanlainen ja etäyhteys kaikkiin alajärjestelmiin tulisi yhden valvomo-ohjelmiston kautta. Tällainen automaatiojärjestelmien integrointi yhteen valvomo-ohjelmistoon helpottaisi valvomotyöntekijöiden arkea ja toiminnan seuraamista.

Tärkeimpänä tutkimusmetodinä oli haastattelujen tekeminen asiantuntijoiden kanssa. Rakennusautomaatiojärjestelmien parissa työskentelevien työntekijöiden haastattelut ovat ensiarvoisen tärkeitä heidän käytännön kokemuksen kautta.

Opinnäytetyön tutkimus kohdistui rakennusautomaatiojärjestelmien valvomo-ohjelmistoon ja niiden toimivuuteen erilaisten protokollien kanssa. Saatavat tulokset antavat osviittaa siihen, mikä protokolla tulee olemaan Rovaniemen kaupungille paras mahdollinen vai onko järjestelmien hankkiminen kustannustehotonta ja tappiollista.

Avainsanat

BACnet, Modbus, M-bus, integraatio, protokolla.

School of Technology, Communication and Transport  
Degree programme in Civil Engineering

---

<b>Author</b>	Olli Kuisma	Year	2015
<b>Supervisor(s)</b>	Tapani Rantapirkola		
<b>Commissioned by</b>	Tilaliikelaitos		
<b>Subject of thesis</b>	Analysis of the Building Automation Systems		
<b>Number of pages</b>	47 + 2		

---

The objective of this thesis was to study the functionality of the building automation systems and to create a comparison for the city of Rovaniemi. The goal was only one control program for three automation systems. It would allow similar alarm routing for all the different subsystems, and the remote access would go through a single control program. This kind of integration of the automation systems to one control program would ease the daily lives of the control operatives and simplify the alarm checking.

The most important study method was conducting interviews with the experts in the field. These interviews with the building automation system operatives were crucial because of the level of experience they had.

This thesis focused on the control program for the various building automation systems and their functionality with different kinds of protocols. The results gave some guidelines on which protocol would be the best suited and the most cost-effective for city of Rovaniemi.

Key words                      BACnet, Modbus, M-bus, integration, protocol

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	ROVANIEMEN TILALIIKELAITOS.....	10
3	RAKENNUSVALVOMOJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ .....	11
3.1	Valvomojärjestelmien käytön yhdistäminen .....	11
3.2	Yhteinen protokolla .....	18
3.3	Protokollamuuntimet .....	18
3.4	Web-käyttö.....	18
3.4	Tietoturvallisuus .....	19
3.5	Kyberturvallisuus .....	22
3.6	Kaupallisten järjestelmien kustannustehokkuus.....	23
3.7	Järjestelmien ylläpito.....	30
3.7.1	Automaatiojärjestelmien ylläpito johdatus .....	30
3.7.2	Toimintojen testaus .....	31
3.8	Rakennusautomaatiojärjestelmien huolto -ja ylläpitosopimukset .....	34
3.8.1	Ylläpitosopimukset .....	34
3.8.2	Huoltotoimintojen ohjaaminen ja ajoittaminen .....	36
3.8.3	Huoltokirjat .....	37
3.8.4	Tarkastustaulukot tekniseen hoitoon ja huoltoon .....	39
3.8.5	Yleisimmin toteutetut toiminnot .....	40
3.8.6	Huolto-ohjelmistot.....	41
3.8.7	Tarjouspyyntö.....	42
4	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
5	POHDINTA .....	44
	LÄHTEET .....	46
	LIITTEET .....	47

## ALKUSANAT

Kiitän Rovaniemen Tilaliikelaitoksen henkilökuntaa, varsinkin johtajaa Pekka Latvalaa ja talotekniikankoordinaattori Erkki Huovista, joiden kautta sain idean tehdä tämän työn.

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

- BACnet** Kiinteistö- ja teollisuusautomaatiokäyttöön soveltuva ylätason (valvomotason) väyläteknikka. (Härkönen ym. 2012, 270.)
- ModBus** Väyläteknikka, jota käytetään erityisesti mittaustietojen keräämiseen ja välitykseen. (Rakennusautomaatiojärjestelmät, tietotekniset järjestelmät). (Härkönen ym. 2012, 276.)
- Avoimuus** Kaikkien hyödynnettävissä oleva mahdollisuus yhdistää usean toimittajan tuotteita joustaviksi ja toimiviksi järjestelmiksi tarvitsematta kehittää asiakaskohtaisia laitteita, ohjelmia tai työkaluja. (Forsman ym. 1998, 41.)

### Avoin rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennuksen sähköinen ohjaus-, säätö- ja valvontajärjestelmä. Johon liitettyjen laitteiden välinen tiedonsiirto noudattaa yhteistä *protokollaa* (yhteyskäytäntöä) ja täyttää muut *avoimuuden* ehdot. Avoiimeen rakennusautomaatiojärjestelmään katsotaan kuuluvaksi (kirjassa) sekä LVIS- että turvajärjestelmien ohjaus, säätö ja valvonta. Laajemmassa merkityksessä voidaankin käyttää myös nimitystä avoin *tietojärjestelmä*. (Forsman ym. 1998, 41.)

- Protokolla** Joukko sääntöjä, jotka määrittelevät tarkasti, miten datasiirto ja yhteydenpito solmujen välillä tapahtuu. LonWorks™-teknologiassa käytetään LonTalk™-protokollaa. Protokollan suomenkielinen nimitys on *yhteyskäytänt*. (Forsman ym. 1998, 41.)

### Talotekniikka

Talotekniikka-käsitteellä tarkoitetaan (kirjassa) yhteisnimitystä seuraaville järjestelmille: LVI-järjestelmät, sähköjärjestelmät sekä sähkötekniset tietojärjestelmät. (Forsman ym. 1998, 42.)

## Tietojärjestelmä

Rakennuksen sähkötekniisiin järjestelmiin kuuluva osa, joka käsittää rakennusautomaatio-, tele- ja turvallisuusjärjestelmät. (Forsman ym. 1998, 42.)

## Topologia

1) Kaapeloinnin fyysinen muoto. Tämä voi olla väylä, rengas (silukka) tai tähti. Vapaa topologia sallii minkä tahansa edellä mainituista tai niiden mielivaltaisen yhdistelmän.

2) Looginen topologia. Protokollan määritelmä viestien liikennöinti järjestys. LonWorks™-verkon looginen topologia on aina väylä riippumatta kaapeloinnin topologiasta. (Forsman ym. 1998, 43.)

## 1 JOHDANTO

Nykyaikana rakennustekniikassa nousee pelkän rakentamisen rinnalle rakennusten talotekniikka sekä rakennusautomaatiojärjestelmä. Rakennusautomaatio määritellään erilaisiksi automaattisiksi säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytystoiminnoiksi, joiden avulla hallitaan kiinteistöjen LVIS-prosesseja. Näistä järjestelmistä saadaan hyötyä parantuneiden olosuhteiden, energian säästön, rutiinityön vähentymisen sekä pienentyneiden taloudellisten ja henkilöriskien kautta. (Forsman ym.1998, 27.)

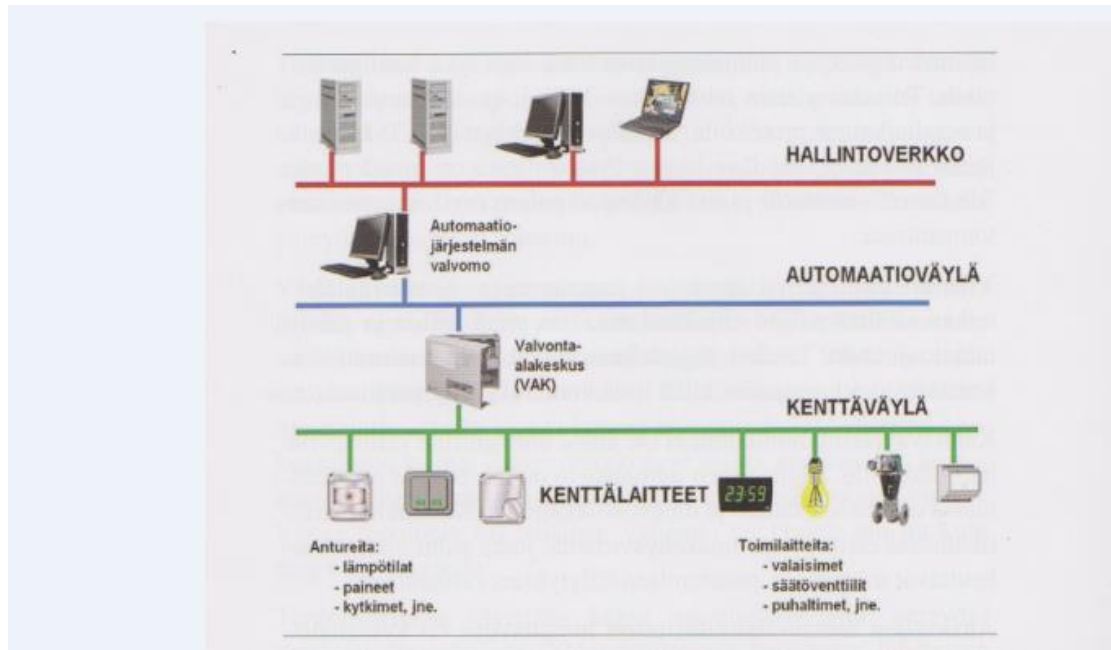
Rakennusautomaatiojärjestelmällä on hierarkkinen rakenne, jossa on kolme päätasoa. Nämä päätasot ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Hallintotasoon kuuluvat valvomot ja niiden tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Automaatiotasoon kuuluvat alakeskukset I/O-moduuleineen. (Kuvio 1.)

Alakeskukset sisältävät ohjelmat, jotka ohjaavat siihen liittyvien I/O-pisteiden välityksellä itse prosesseja. Kenttätasolla tarkoitetaan ensisijaisesti antureita ja toimilaitteita. Anturit välittävät reaaliaikaista tietoa prosessien tilasta ja olosuhteista, kuten tilojen lämpötiloista. Toimilaitteina voi olla myös itsenäisiä säätimiä. Puhallimia ja pumppuja ohjaavat taajuusmuuttajat sisältävät oman ohjauskeskuksensa. Ohjauskeskus kommunikoi alakeskuksen kanssa. (Härkönen ym. 2012, 93–95.)

Rovaniemellä on tällä hetkellä käytössä kolme laitetoimittajan laitetta ja kolme valvomo-ohjelmistoa. Tämän tilalla olisi tarkoituksena tutkia mahdollisuutta käyttää yhtä ainoaa valvomo-ohjelmistoa. Tällaisella tavalla toimisi esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmä nimeltä BACnet, joka on avoin rakennusautomaatiojärjestelmä (VEM MOTORS FINLAND OY.) Tavoitteena on saada aikaan helpokäyttöisempi järjestelmä valvomon työntekijöille sekä mahdollisia säästöjä. Yksi valvomo-ohjelmisto samalla selkeyttää henkilöstön työtä, raporttien tekemistä sekä säätöprosessien seuranta.



Rakennusautomaatiota käytetään päivittäin apuna jokapäiväisessä elämässä. Mielenkiintoisena kohtana voidaan pitää rakennusautomaatiojärjestelmien integroimista kiinteistöjen LVIS-prosesseihin ja laitteiden hallintaa etäältä. Tulevaisuudessa erinäköisiä visioita voi olla todella monia, jos niitä löytyy jo tämän päivän elämässä lähes joka puolelta.



Kuvio1. Automaatioverkon hierarkkinen rakenne (Härkönen ym. 2012, 144)

## 2 ROVANIEMEN TILALIIKELAITOS

Rovaniemen Tilaliikelaitos on kaupungin omistama liikelaitos, joka on perustettu 1.1.2008. Liikelaitoksen tehtävä on tarjota toimitilat kaupungin toimintoja varten. Liikelaitos vastaa rakennusomaisuuden kehittämisestä, ylläpidosta sekä hyvästä vuokrausasteesta.

Liikelaitos vastaa kaupungin investointi- ja peruskorjausohjelmiin sisältyvien kohteiden rakennuttamisesta kaupunginvaltuuston hyväksymän investointiohjelman mukaisesti.

Tilaliikelaitoksen hallinnoiman kiinteistöomaisuuden määrä on n. 220 000 m<sup>2</sup>. Julkisia rakennuksia on 140 kpl ja muita noin 80 kpl.

Tilaliikelaitoksen vuosittainen liikevaihto on noin 19 miljoonaa euroa ja investoinnit ovat noin 8,5 miljoonaa euroa.

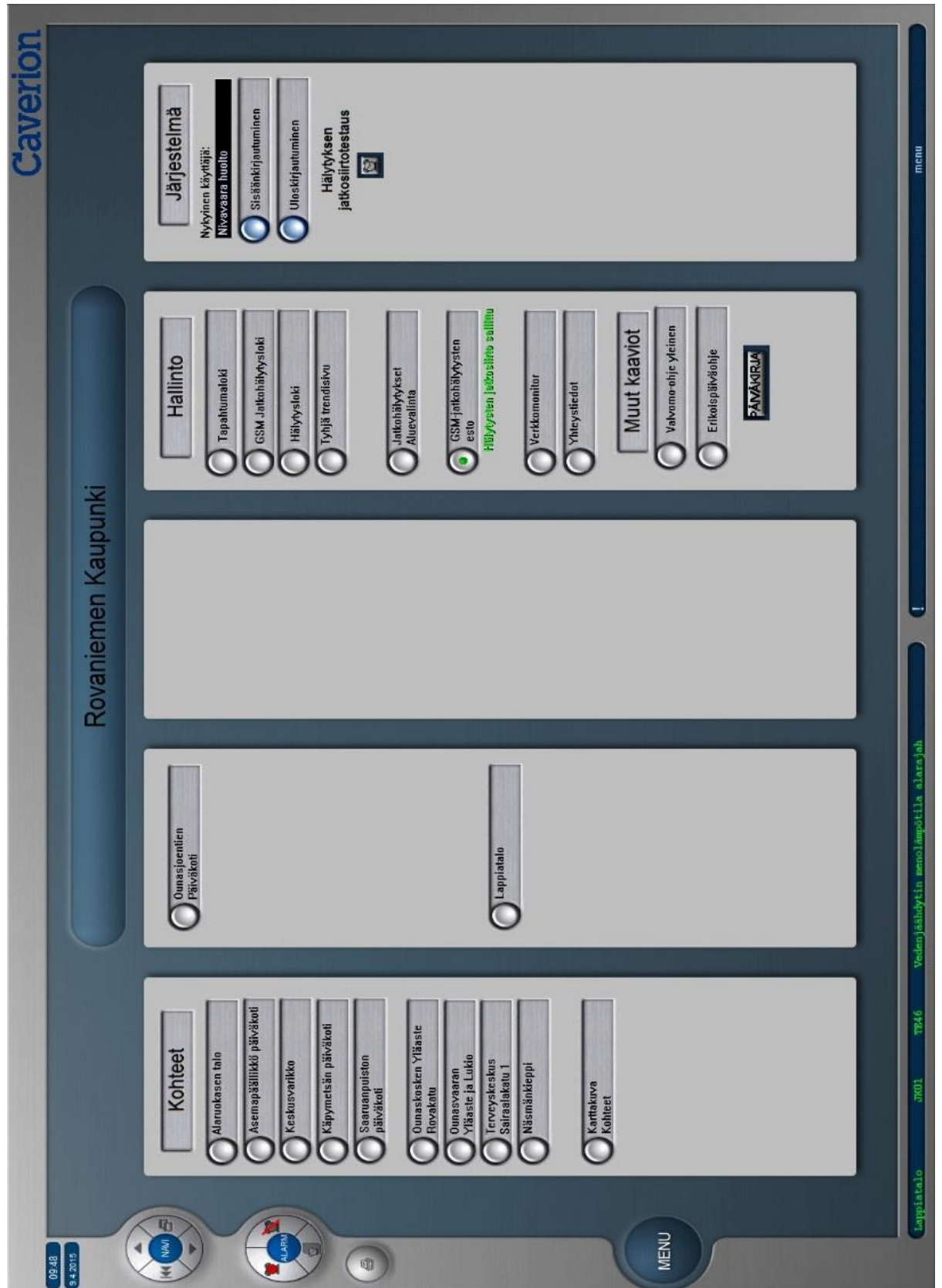
### 3 RAKENNUSVALVOMOJÄRJESTELMIEN KÄYTTÖ

#### 3.1 Valvomojärjestelmien käytön yhdistäminen

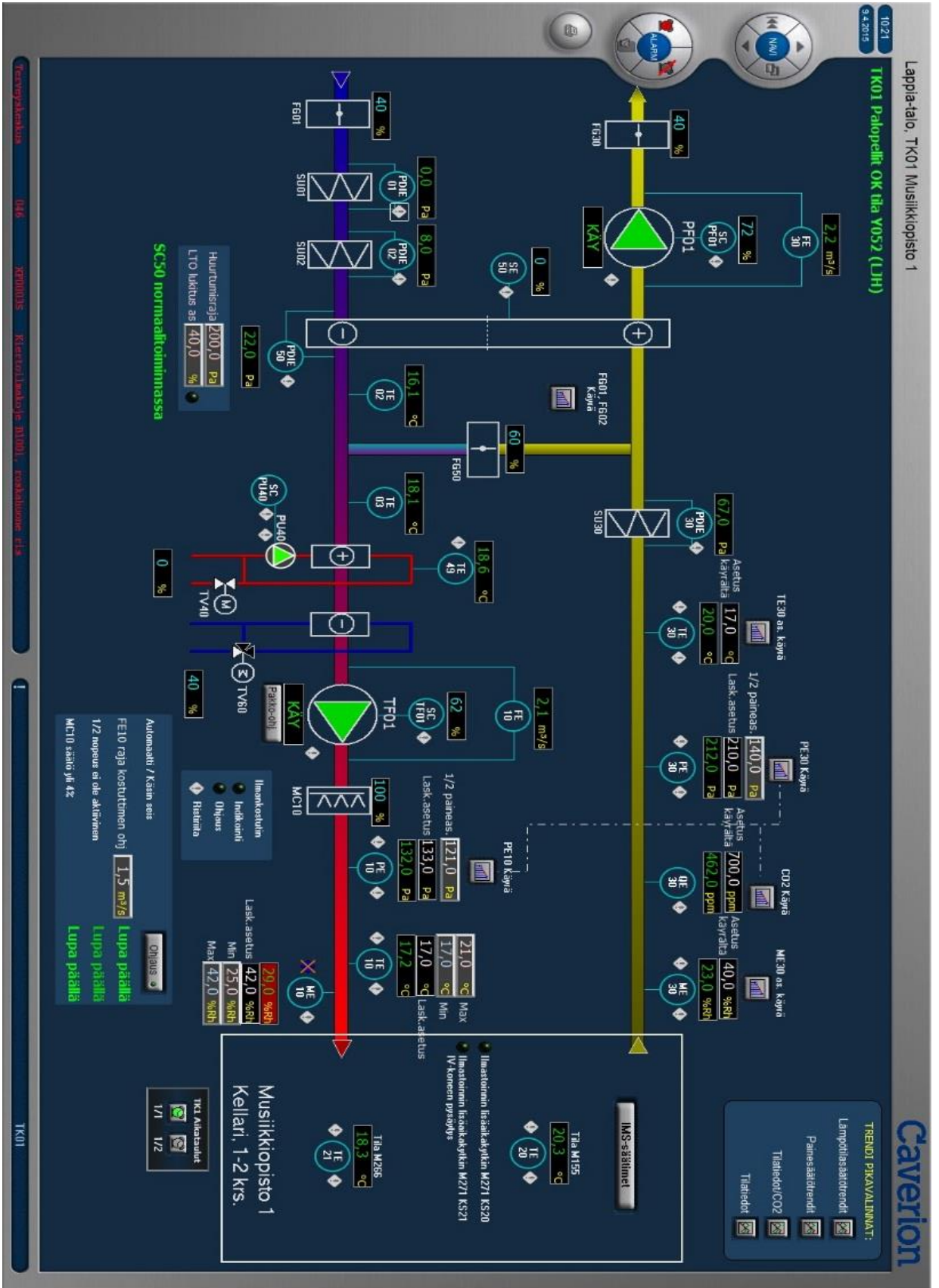
Rovaniemen kaupungin omistaman Tilaliikelaitoksen tulevaisuuden visiona olisi päästä irti kolmesta laiteohjaimesta ja kolmesta valvomo-ohjelmistosta. Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää nykyisten valvomojärjestelmien käytön yhdistämisen sopivuus ja mahdollisuus esim. BACnet-protokollan tai jollain muulla järjestelmällä. Valvomojärjestelmistä tulee selvittää niiden web-käyttö, yhteinen protokolla, protokolla muuntimet sekä muut mahdollisuudet. Näiden selvittämisen jälkeen tutkitaan laiteohjaimien ja valvomo-ohjelmiston kustannustehokkuus, tietoturva, kyberturvallisuus, kilpailutusohjeet ja järjestelmien huolto.

Käytössä olevat laitejärjestelmät ovat Caverionin Compu, Pyramid, Siemensin, Besigo ja Stenforssin oma ohjelmisto, joiden teknisiä ominaisuuksia ei aleta tässä opinnäytetyössä erittelemään. Laitevalmistajilta tulee selvittää, että sopivatko laitejärjestelmät tähän tarkoitukseen sekä aiheuttaako kolmen laitejärjestelmän integrointi yhteen valvomo-ohjelmistoon kuormitus- tai muita ongelmia. Tässä opinnäytetyössä ei keskitytä laitejärjestelmien teknisiin ominaisuuksiin vaan laitteiden käytön hyviin ja huonoihin ominaisuuksiin.

Caverion-järjestelmän positiivisuus näkyy kehityksessä. Selkeytynyt ohjelma helpottaa työntekijöiden työtä ja käyttöä. Lisäksi etäkäytön mahdollisuus parantaa työskentelyä. Kehittymisen varaa olisi puutteellisessa vuosiohjelmoinnissa samoin kuin hälytysluokkien muokkaamisessa. Hälytysluokkien muuttaminen eivät ole tällä hetkellä työntekijöiden käytettävissä.

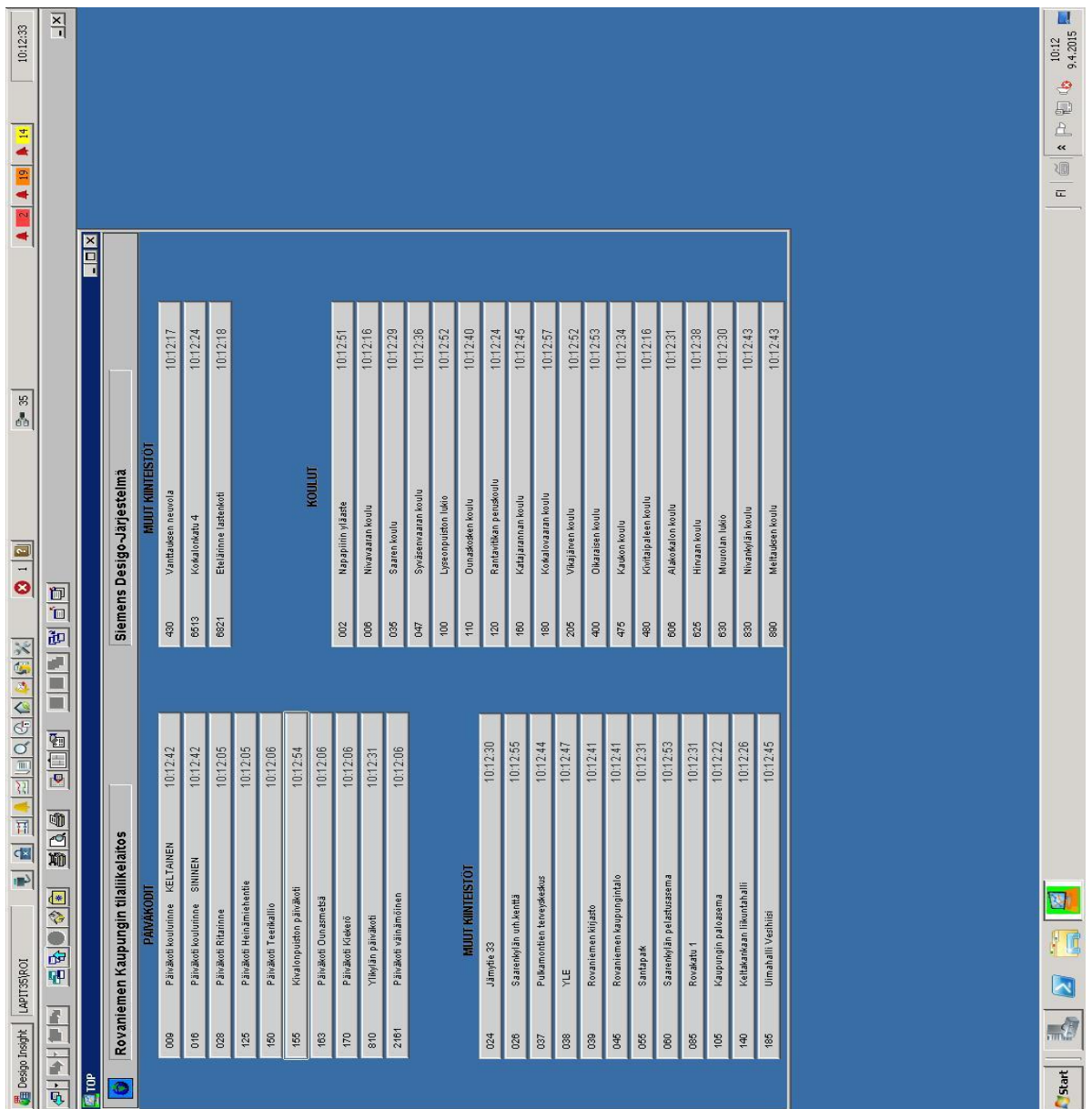


Kuvio 2. Caverion-järjestelmän etusivu (Rovaniemen kaupunki)

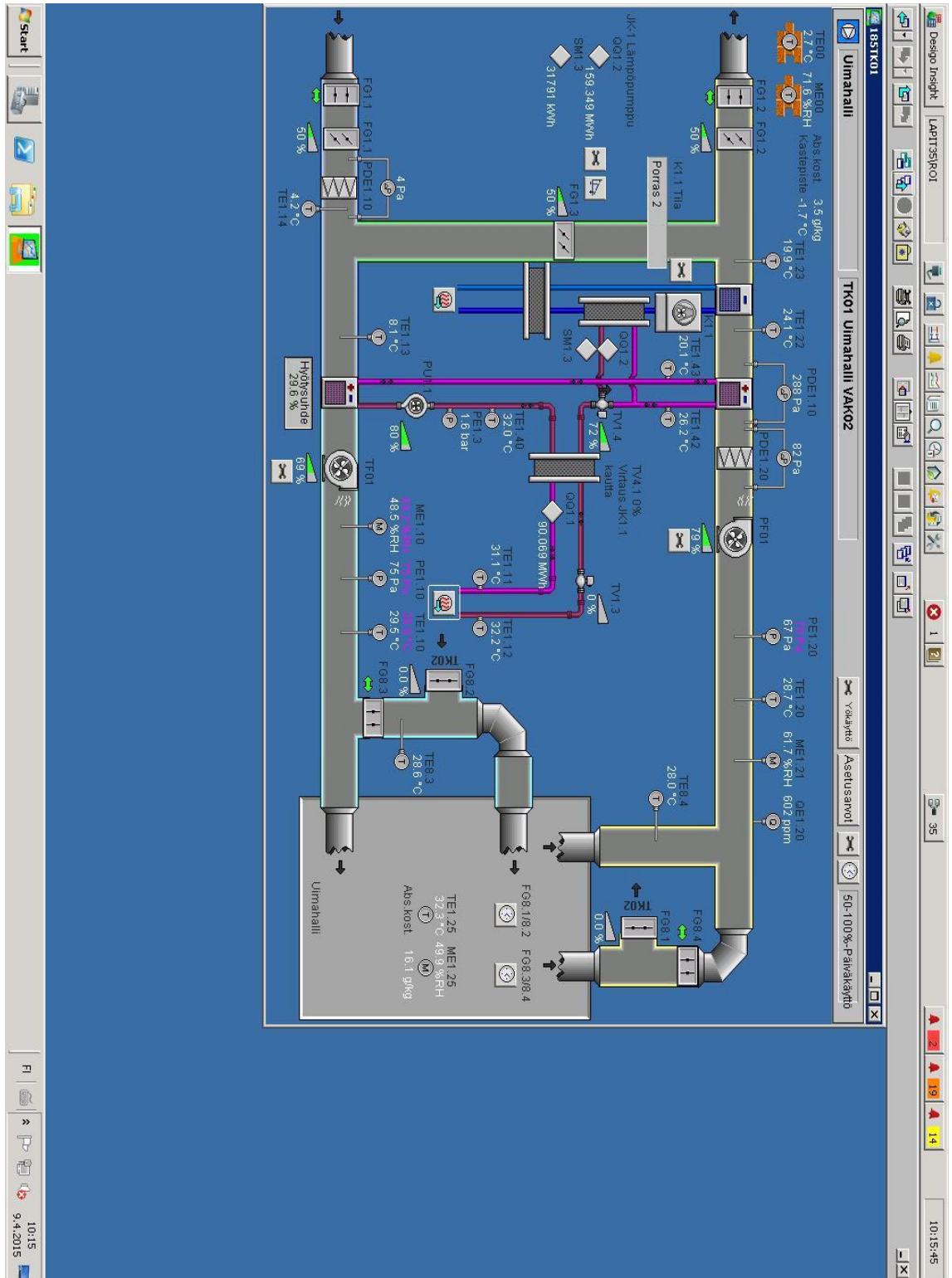


Kuvio 3. Caverion-järjestelmän toimintanäkymä Lappiatalosta (Rovaniemen kaupunki)

Siemensin Besigossa ohjelman käyttöliittymä on hyvä. Positiivista on myös Siemensin kansainvälinen asema ja etäkäyttö mahdollisuus. Samaan aikaan Siemensin kansainvälinen asema näkyy negatiivisena asiana. Rovaniemen valvomolle Siemensin tarjoama ohjelmisto on liian monipuolinen verrattuna tarvittavaan ohjelmistoon. Otollinen ympäristö olisi teollisuusympäristö, jonne ohjelmisto on oikeasti suunniteltu. Grafiikkapuolella Siemensin ohjelma kaipaa myös parantamisen varaa, koska näytön skaalaus on puutteellista.



Kuvio 4. Siemens-järjestelmän etusivu (Rovaniemen kaupunki)



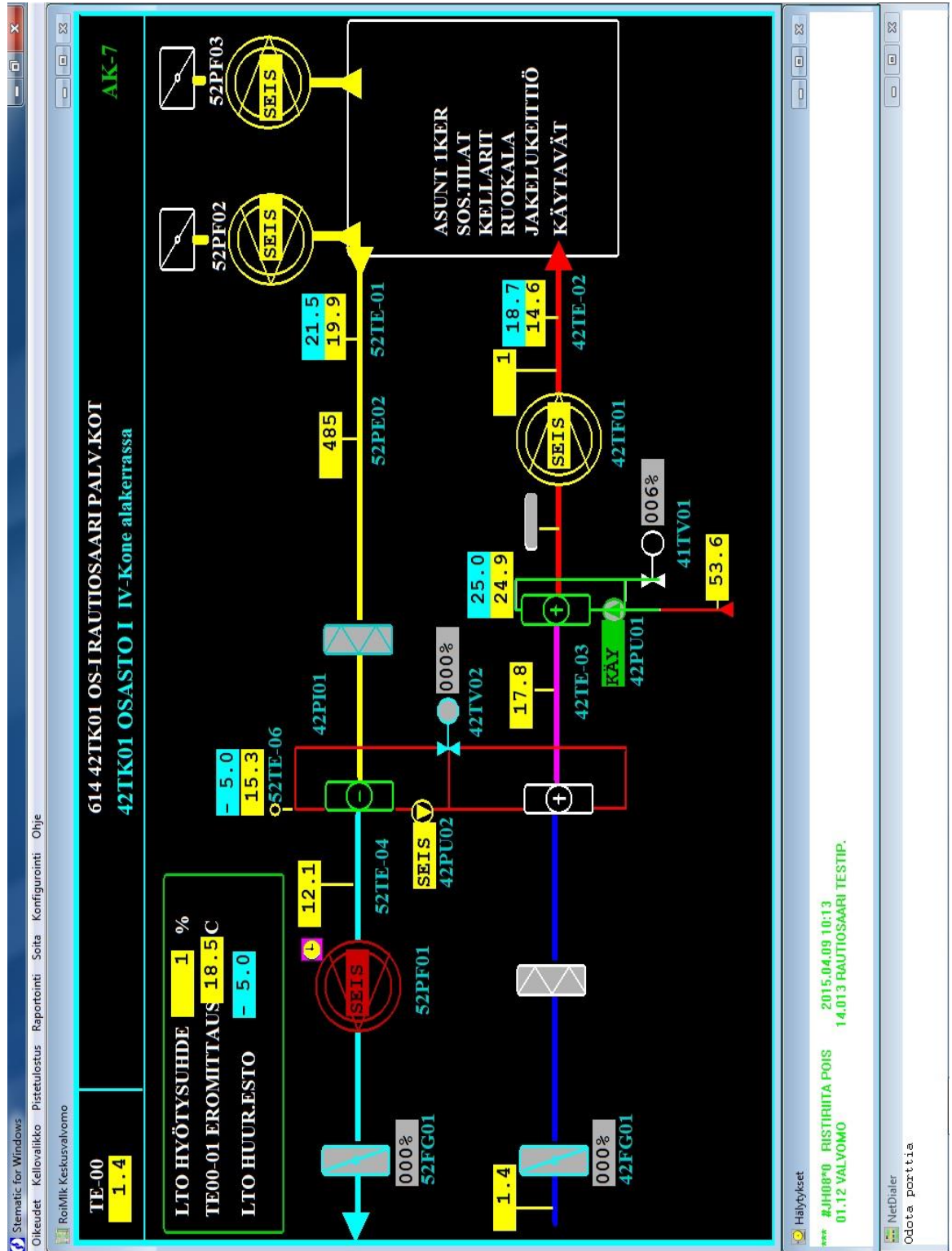
Kuvio 5. Siemens-järjestelmän toimintanäkymä uimahalli Vesihiedestä (Rovaniemen kaupunki).

Stenfors-ohjelmajärjestelmän vahvuuksia on helppokäyttöisyys ja vapaa muokkaaminen. Lisäksi ns. vapaapäivä muokkaaminen on hyödyllinen asia työntekijöille. Negatiivisia puolia ovat rajalliset käyttömahdollisuudet, etäkäytön puuttuminen ja vuosiaikataulun puutteellisuus.



Kuvio 6. Stenfors-järjestelmän etusivu (Rovaniemen kaupunki)





Kuvio 7. Stenfors-järjestelmän toimintanäkymä Rautiosaaren palvelukodista (Rovaniemen kaupunki)

### 3.2 Yhteinen protokolla

Rakennusautomaatiojärjestelmiin olisi ideana saada yksi yhteinen avoin protokolla, johon kykenisi liittämään useampia eri laitevalmistajien tuotteita. Tarkoitus olisi selvittää eri protokollien vaihtoehdot ja eroavaisuudet, jotta oikealla tavalla toimiva protokolla löytyisi, käyttöönottoon ei liittyisi suuria investointikustannuksia, työn suorittaminen olisi vaivatonta sekä protokollaan kykenisi integroimaan eri laitteita ilman, että esiin tulisi ongelmia. Avoimia rakennusautomaatiojärjestelmienprotokollia on markkinoilla tarjolla useita esim. BACnet, Modbus ja LonWorks.

### 3.3 Protokollamuuntimet

Eri rakennusautomaatiojärjestelmää valittaessa tulee huomioida muunnettavuus. Mahdollista on, että eri protokollat eivät välttämättä ala toimimaan rakennusautomaatiojärjestelmissä, kuten on tarkoitettu. Järjestelmän tulee voida toimia protokollan antamissa olosuhteissa ja protokollan tulee voida muuttaa omaa käyttäytymistään, jotta järjestelmä alkaisi toimia. Osa protokollista kykenee toimimaan niin, että se ohjelmoi itsensä toimimaan uudessa järjestelmässä.

### 3.4 Web-käyttö

Tietotekniikan avulla voidaan yhteys keskusvalvomoon luoda internetin, asiakkaan oman LAN-verkon tai 3G-modeemin avulla. Mahdollinen poikkeustilanne kiinteistössä aiheuttaa hälytyksen, joka siirretään valvomoon sähköpostilla, tekstiviestillä tai vanhemmissa järjestelmissä robottipuhelimella. Valvomoissa on yleensä jatkuva päivystys ja tulleen hälytyksen myötä kohteeseen ohjataan asian osaava huoltomies. (Härkönen ym. 2012, 100.)

Etäkäyttöyhteyden myötä voidaan kiinteistönhuoltoa ohjata muualtakin kuin kohdekiinteistöstä. Sen avulla kiinteistöhuolto voidaan myös ohjata kohteesta toiseen. Tämän mahdollisuuden avulla tarjotaan vaihtoehtoja päivystysten ja kiinteistöhoitajien sijaisuuksien järjestämiseen. Etäkäyttöyhteyden avulla voidaan

kiinteistöstä saatavia tietoja siirtää esim. energialaitokselle tai isännöitsijälle. (Härkönen ym. 2012, 100.)

Valvomot toimivat nykyisin web-selainohjelmilla, jonka myötä markkinoille on tullut internetin selainohjelmiin perustuvia etäkäyttöyhteyksiä. Näin ollen etäkäytön voi suorittaa millä tahansa laitteella, jossa on internetyhteys ja selainohjelma. Mahdollisuudeksi on tullut myös, että kiinteistöön ei välttämättä tarvita erillistä valvomoa. Valvomo voi toimia myös kannettavasta laitteesta, jota voidaan käyttää suoraan esim. IV-kojehuoneesta IV-kojeen vierestä. Näin saadaan paremmin selville kojeen toimintaa kuin valvomosta käsin. (Härkönen ym. 2012, 100.)

Web-selainvalvomot mahdollistavatkin sen, että kiinteistöjen kiinteistöhuolto voidaan vapaasti järjestää kiinteistön käyttäjien kulloinkin haluamalla tavalla ilman, että valittu talotekninen tietojärjestelmä rajoittaa kiinteistöhuollon järjestelyä, kuten aiemmin on ollut. Apuna voidaan käyttää myös asiantuntijaorganisaatiota, jotka käyttävät toiminnassaan valvomon etäyhteyksiä. (Härkönen ym. 2012, 100.)

### 3.4 Tietoturvallisuus

Erilaiset tiedonsiirtoratkaisut ovat tulleet nykyajan rakennusautomaatioon ja talotekniikkaan. Tietoturvakysymyksiin tulee suhtautua vakavasti. Tietoturvan kolme tavoitetta ovat luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus. Luottamuksellisuudella tarkoitetaan, että vain valitut tahot, joilla on lupa, voivat lukea tai muokata tietoa. Eheydellä tarkoitetaan, että ilman lupaa tietoja ei voida muokata. Saatavuudella tarkoitetaan, että tarvittaessa tieto on saatavilla. (Härkönen ym. 2012, 145.)

Riskianalyysin perusteella turvallisuustavoitteet on määriteltävä järjestelmän käyttöön ja toimintaan liittyvinä tekijöinä. Analyysissa kartoitetaan uhkatekijät itse asennuskohteelle, järjestelmän toiminnalle sekä käyttäjille itse järjestelmästä ja sen käytöstä. Samalla kartoitetaan uhkatekijöiden ehkäisy- ja torjuntakeinot sekä

riskien sallittu siedettävyy- ja hyväksyntätaso. Näin pystytään määrittämään ha-  
luttu turvallisuustavoite, eikä suojausmenetelmiä tai järjestelmää ylimitoiteta.  
(Härkönen ym. 2012, 145.)

Mahdollisesti järjestelmän käyttöön voi sisältyä itsestään tiettyjä riskejä, joiden  
esiintymistodennäköisyys on pieni, suojaustoimenpiteet ovat kustannuksiltaan  
suuret ja kestoaika lyhyt voidaan riskit hyväksyä osaksi järjestelmän toimintaan  
liittyvinä. Riskit voivat olla tiedostettuina, mahdollisina haittoina ja häiriötekijöinä,  
ja niitä saattaa esiintyä epäsuotuisissa olosuhteissa. Tällaisia riskejä tyypillisesti  
ovat mm. sähkökatkojen aiheuttamat lyhytaikaiset toimintahäiriöt ja käyttökes-  
keytykset, esim. hätäkuulutusjärjestelmän lyhytaikainen toimintakatkko ennen va-  
ravoimageneraattorin käynnistymistä. (Härkönen ym. 2012, 146.)

Uhkatekijät, jotka vaarantavat henkilö- tai paloturvallisuutta, eivät ole hyväksyt-  
tyjä missään muodossa. Nämä riskit on joko poistettava tai torjuttava joltain suo-  
jausmenetelmää käyttämällä. Esimerkiksi voidaan ottaa palokuulutusjärjestelmä,  
jonka käynnistysohjaukset siirretään paloilmoitinkeskukselta väylän kautta. Kaa-  
pelin mahdollinen katkeaminen ei saa vaarannuttaa väylän toimintaa, vaan kaa-  
peli on joko kahdennettava tai siirtoyhteys varustaa vikavalvontatoiminnalla. Jär-  
jestelmän tulee testata viestien perillemeno ohjauslähettimen- ja vastaanotti-  
men välillä jatkuvasti. Kaapelit voivat olla myös palonkestäviä. (Härkönen ym.  
2012, 146.)

Aidonnettuja viestejä tulee yksinkertaisesti käyttää sovelluksissa, joiden turvalli-  
suusvaatimukset ovat suuria. Tällaisessa tapauksessa vastaanottava toimilaite  
lähettää varmennusviestin ohjaavalle yksikölle, johon pyydetään kuitattua ja oi-  
keaksi todettua vastausta sekä odottaa sen saapumista ennen mahdollista halut-  
tua ohjaustapahtumaa. Näin estetään niin virheelliset, vahingolliset kuin erheelli-  
sesti vastaanotettuihin viesteihin perustuvat ei-sallitut ohjaustoiminnot. Näitä  
saattaa ilmentyä verkostoissa vaikuttavien ulkoisten häiriöiden vuoksi. (Härkönen  
ym. 2012, 146.)

Väylien liikenne voi tukkeutua, mikäli vikaantuneiden toimielimien aiheuttamia viestejä järjestelmä ei kykene ohjelmallisesti kytkeytymään irti ja siten toipua viikatilanteesta. Suunnitellessa järjestelmiä on lähtökohtana, että järjestelmien on oltava jossain määrin huolimatta. Viranomaisten ohjeet ja säädökset on otettava huomioon turvallisuustavoitteita määrittäessä. (Härkönen ym. 2012, 146.)

Tietoturvallisuuteen kuuluvat vaaratekijät ja suojausmenetelmät on otettava erityiseen huomioon ja kartoitettava. Monimutkainen ja monipuolinen järjestelmä on haavoittuvaisempi järjestelmä tietoturvallisuuden kannalta. Tietokannat, jotka liitetään järjestelmään voivat sisältää erityyppin luottamuksellisia laskutustietoja tai järjestelmää käyttävien henkilöiden omia henkilötietoja integroituja rekisterejä, joiden joutuminen ulkopuolisten käsiin tulee voida estää. Asia tulee huomioida jo järjestelmän suunnittelussa asennuspaikkojen- ja reittien valinnassa sekä käyttöliittymän laatimisen yhteydessä. (Härkönen ym. 2012, 147.)

Järjestelmien kytkentätelineet ja -rasiat sekä aktiivilaitteet, kuten reitittimet ja toistimet on sijoitettava lukittuihin koteloihin ja paikkoihin. Tarvittaessa ne voidaan varustaa rikosilmoitinjärjestelmän ilmaisimilla. Järjestelmän toiminnallinen haavoittuvaisuus on toinen olennainen ongelma hajautetuissa järjestelmissä. Järjestelmän toiminta voi keskeytyä ja aiheuttaa huomattaviakin vahinkoja, mikäli järjestelmän parametreja voidaan omin päin muuttaa järjestelmän kykenemättä itse estämään varmennustoimenpitein. Vaarana on, että järjestelmä keskeytyy ja syntyy huomattavia vahinkoja, mikäli ulkopuolinen tai asiaan kykenemätön henkilö sotkee järjestelmään liittyvät asetukset. (Härkönen ym. 2012, 147.)

Järjestelmän käyttöliittymät tulisi rakentaa niin, että valikot varustetaan hierarkia-tasoisilla salasanasuojauksilla ja aidonnusrutiineilla, vaikka järjestelmä olisi hajautettuja. Asiaankuulumattomien ja ulkopuolisten pääsy järjestelmän asetuksiin tekemään muutoksia estetään turvatoimilla. Vahingossa tapahtuvien järjestelmän muutosten tekeminen tulisi myös estää ohjelmallisesti esimerkiksi vaatimalla muutosten toistamista tai latausohjelman uudelleenkäynnistämistä ennen muutosten voimaantuloa. (Härkönen ym. 2012, 147.)

### 3.5 Kyberturvallisuus

Tietoturvallisuuden keskittyessä tietojen luottamuksellisuuden, eheyden ja saatavuuden takaamiseen, kyberturvallisuudessa katetaan paljon laajempi kokonaisuus. Tarkoitus on varmistaa kyberympäristön luottamuksellisuus ja tarkoituksenmukaisuudesta voidaan huolehtia. Kyberympäristö tarkoittaa sähköistä, tietojenkäsittelyyn tarkoitettua ympäristöä, joka koostuu tietojärjestelmistä.

Kybertoimintaympäristöön kohdistuu muitakin tietoturvallisuuteen, toiminnan jatkuvuuteen tai yksityisyyden suojaan liittyviä uhkia. Uhat eivät aina edes synny sähköisten järjestelmien kautta, vaan luonnonkatastrofit ja ihmisten inhimilliset virheet voivat synnyttää uhan. Kyberturvallisuus keskittyy vahvasti ICT-järjestelmien turvaamiseen niiden toimintaa uhkaavia riskejä vastaan. Pääpaino on ympäristöissä, jotka ovat yhteyksissä tietoverkkoihin ja internetverkkoon. Kyberturvallisuuden pettämiseen liittyvät kyberhyökkäykset koskevatkin useimmiten internetverkon kautta tehtyjä hyökkäyksiä. Hyökkäyksien avulla on heikennetty tietoturvallisuutta (esim. päästy muuttamaan tietojen sisältöä), yksityisyyden suojaa (vuodettu henkilötietoja) sekä heikennetty toimintojen käytettävyyttä (tehty palvelunestohyökkäys ja estetty palvelujen toiminta). (Rousku 2014, 54–57.)

Rakennusautomaatiojärjestelmissä kyberturvallisuuden osa on nykypäivä yhtä suuressa osassa kuin tietoturvallisuus. Automaatiojärjestelmiin integroitu tieto- ja automaatiotekniikka ovat samalla tavalla haavoittuvaisia kuin tavalliset tietokoneet arkielämässä, joten kyberturvallisuus tulee kiinnittää huomiota samalla tavalla kuin tietoturvallisuuteen.

Rakennusautomaatiojärjestelmiin kohdistuvat uhat eivät vaikuta pelkästään itse laitteeseen, vaan samalla koko kiinteistöön ja mahdollisesti moniin kiinteistöihin. Tietojärjestelmiin murtautuminen tietotekniikan avulla voi aiheuttaa todella suuret taloudelliset kustannukset, jos ulkopuolinen henkilö kykenee murtautumaan automaatiojärjestelmiin ja muuttamaan oletusarvoja. Huoltohenkilökunnan tulee voida varmennuksien kautta päästä käsiksi laitteiden oletustietoihin.

### 3.6 Kaupallisten järjestelmien kustannustehokkuus

Kaupallisten tuotteiden kirjavuus ja standardiominaisuus on hajautetuille järjestelmille tyypillistä, koska tekniikka on verrattain uutta ja nopeasti kehittyvää. Eri-laisia järjestelmiä on markkinoilla paljon, joilla on niin yhtenäisiä piirteitä, kuin järjestelmäkohtaisia erityispiirteitä. Erityispiirteet voivat poiketa toisistaan hyvin paljon. Sen takia järjestelmät eivät ole vaihtokelpoisia eivätkä usein edes yhteensopivia. (Forsman ym. 1998, 57–58.)

Talotekniikan hajautettuihin tietojärjestelmiin kuuluvia tietojärjestelmiä on maailman markkinoilla useita kymmeniä kaupallisia järjestelmiä, kuten esimerkiksi Euroopassa, jossa on useita järjestelmiä. Joukosta erottuu selvästi muutamat järjestelmät, joilla on suuremmat markkinaosuudet. Merkittävimmät kenttäväylien osalta olevat järjestelmät, jotka Euroopan markkinoilla ovat:

- BatiBUS, joka on Merlin-Gerin-yhtiön Ranskassa kehittämä järjestelmä.
- EHS, joka on kehitetty usean eurooppalaisen yrityksen yhteistyönä.
- EIB, joka Siemens-yhtiön Saksassa kehittämä järjestelmä.
- LonWorks™, joka Echelon-yhtiön Yhdysvalloissa kehittämä järjestelmä.

Aikaisemmin mainitut järjestelmät ovat Euroopassa kaupallisesti merkittävämmät tällä hetkellä. Järjestelmät ovat valittu myös valmisteilla olevien eurooppalaisten standardien perustaksi. Standardeja valmistellaan CENin komiteassa TC 247 ja CENELECin komiteassa TC205. tosin standardointi on osoittautunut erittäin vaivalloiseksi ja ja hitaasti edistyväksi. Käytännössä tulee tapahtumaan niin, että tietyt järjestelmät saavuttavat hyvien ominaisuuksien perusteella de-facto standardin aseman ennen virallisten standardien valmistumista. Samoin on käynyt tietotekniikan alueilla (esim. IBM-yhteensopiva PC, Intel-prosessorit, Windows-käyttöjärjestelmät, jne.) BACnet (Building Automation and Control Network)-järjestelmä on eurooppalaisessa standardointityössä otettu huomioon.

Tärkeimmät kriteerit eri kenttäväyliä vertailtaessa ovat seuraavat:

- **Tekniset ominaisuudet.** Tiedonsiirtoprotokolla, käytettävissä olevat fyysiset siirtotiet (parikaapeli, koaksiaalikaapeli, radiotaajuus, valokaapeli, infrapunayhteys) ja tiedonsiirtokapasiteetti ovat tärkeimmät.
- **Tuotekehitystuki.** Tärkeimmät näkökohdat ovat laitteisto- ja ohjelmistotarjonta sekä kehitystyökalujen saatavuus ja niihin liittyvät ehdot.
- **Lisenssimaksut.** Hankittavan kehitystyökalun hintaan tai sen edellytyksenä voi olla järjestelmän taustavoimina toimivien järjestöjen jäsenyys, joka voi sisältyä tuotekehityksen hintaan. Järjestelmän todellisen avoimuuden kannalta tällä on keskeinen seikka.
- **Markkina-asema.** Markkina-alueella ja markkina-asemalla on merkitystä. Vahva markkina-asema sekä kansallisesti laajempi markkina-alue takaavat niin paremman tuotekehitystuen kuin saatavuuden sekä yleensäkin paremmat edellytykset kansainväliselle huipulle.
- **Tuotteiden tarjonta ja sovellusalue.** Mitä laajempi tuotteiden tarjonta ja mitä useampiin järjestelmiin sovellusta voidaan käyttää, sitä paremmat edellytykset ovat olemassa käytön kasvulle ja järjestelmän yleistymiselle.
- **Liitettävyyys muihin järjestelmiin.** Tietojärjestelmät tulee olla liitettävissä muihin järjestelmiin, kuten lähiverkkoihin (LAN), alueverkkoihin (WAN) ja yleiseen televerkkoon, koska tietojärjestelmät eivät ole itsenäisiä eristettyjä saarekkeita.
- **Standardointiasema.** Vaikka standardointi on vielä alkutekijöissä, järjestelmän mukanaolo standardoinnissa antaa sille kuitenkin myönteisiä statusarvoja sekä uskottavuutta.

Seuraavassa vertailussa ja tarkastelussa on kuusi kenttäväylää. BatiBUS, EHS, EIB, LonWorks™, BACnet ja Modbus. Lähtökohtana on verrata järjestelmiä edelliseen seitsemään kriteeriin. (Forsman ym. 1998, 57–58.)

## **BatiBUS**



BatiBUS on Merlin-Gerin-yhtiön Ranskassa kehittämä järjestelmä. Vahvin markkina-alue sillä on Ranskassa, missä se on saanut kansallisen esistandardiaseman. (Forsman ym. 1998, 59.)

BatiBUS-kenttäväylällä voidaan liittää yhteen rakennusautomaation toimilaitteita ja antureita. OSI-mallin liikenneprotokollaa toteutetaan kerrosten 1, 2 ja 7 toiminnot. Siirtotien varaus tapahtuu CSMA/CA-periaatteella. CSMA/CA tarkoittaa Carrier Sense Multiple Acces / with Collision Avoidance. Parikaapeli toimii fyysisenä siirtotienä ja tiedonsiirtonopeus on 4800 bit/s, eli mahdollista on lähettää 22 sanomaa sekunnissa. Parikaapelisegmentin enimmäispituus on 1000 m ja siihen voidaan liittää 72 asemaa (antureita tai toimilaitteita) enintään. Osoitevaraus käytännössä koko verkosta on 1000, mikä on verkkoon liitettävien laitteiden enimmäismäärä. BatiBUS-kenttäväylä voidaan liittää muun tyyppiseen verkkoon yhdyskäytävää käyttäen OSI-tasolla 7 (sovellustaso). (Forsman ym. 1998, 59.)

BatiBUSin kannalta paras ratkaisu suorituskyvyn puolesta on pienehköt järjestelmät, koska suuremmat järjestelmät edellyttävät suurempia tiedonsiirtonopeuksia ja osoitevarmuuksia kuin BatiBUS kykenee tarjoamaan. (Forsman ym. 1998, 59.)

BatiBUS-tiedonsiirtoprotokolla on patentoitu BatiBUS Club International-järjestön nimiin. Patentin hyödyntämisen edellytyksenä on liittyminen tähän järjestöön. Saatavilla on jonkin verran kehitystyökaluja ja elektronisia standardikomponentteja. Samalla järjestön kautta tapahtuu laitteiden testaus ja järjestön myöntämän hyväksymisen, BatiBUS-tuotemerkin käyttöoikeuden laitteille. (Forsman ym. 1998, 59.)

BatiBUSin edellytyksenä on teknologiaa hyödynnettäessä, että laitevalmistaja on valmis sitoutumaan järjestön jäseneksi ja sen asettamiin ehtoihin. Tämän vuoksi BatiBUS on vähemmän avoimempi teknologia kuin esim. LonWorks™-teknologia. Silti BatiBUS on mukana eurooppalaisessa rakennus- ja kotiautomaation standardointityössä. (Forsman ym. 1998, 59.)

**EHS**

EHS on kehitetty usean eurooppalaisen yrityksen yhteistyön tuloksena Euroopan unionin Esprit-ohjelmassa. Kenttäväylä on tarkoitettu erityisesti kotiautomaatio-sovelluksiin ja lyhenne EHS-kenttäväylälle tulee sanoista European Home System. (Forsman ym. 1998, 60.)

EHS-kenttäväylän myötä voidaan kotiautomaation (esim. viihde-elektroniikkaa ja kodinkoneita) laitteita liittää toisiinsa. Liikennöinti-protokolla toteuttaa OSI-mallin kerrosten 1, 2, 3 ja 7 toiminnot. Siirtotien varaus voi tapahtua joko CSMA/CA tai CSMA/CD-periaatteella. CSMA/CD tarkoittaa Carrier Sense Multiple Access / with Collision Detection, joka on mm. Ethernet-lähiverkoissa käytettävä varaus-tapa. Fyysisenä siirtotienä voi olla mm. Koaksiaalikaapeli, parikaapeli, sähköverkko, radiotaajuus tai infrapunayhteys. Tiedonsiirtonopeuden vaihtelu voi olla 1100 bit/s (infrapuna) ja 64 kbit/s (parikaapeli) välillä. Parikaapelisegmentin enimmäispituus on 500 m ja fyysinen topologia on vapaa. Koaksiaalisegmentin enimmäispituus on 150 m ja fyysinen topologia on aina väylä. Siirtotien pituudesta ja tyypistä riippuvat myös liitettävien asemien enimmäislukumäärä, joka on 40–256. Koko verkon osoitevaraus on kuitenkin käytännössä lähes rajaton (yli 1012). EHS-kenttäväylän liittäminen muun tyyppiseen verkkoon (yleiseen puhelinverkkoon) on mahdollista yhdyskäytävää käyttäen OSI-tasolla 7 (sovellustaso). (Forsman ym. 1998, 60.)

EHS-kenttäväylä on teknisesti suorituskykyinen ja joustava kenttäväylä. Mielenkiintoisen siitä tekee mahdollisuus käyttää erilaisia fyysisiä siirtoteitä, vaikka markkinoilla olevia lopputuotteita on hyvin vähän tarjolla toistaiseksi. Silti muita tuotekehitystyössä tarvittavia komponentteja ja tuotekehitystyökaluja on kuitenkin hyvin saatavissa. (Forsman ym. 1998, 60.)

EHSA-järjestö (European Home Systems Association) myöntää EHS-lisenssin. Nämä ovat mm. laitevalmistajia, ohjelmistoalan yrityksiä tai tutkimuslaitoksia. Samalla EHS-järjestön hyväksymät laboratoriot antavat tarvittavat EHS-hyväksynät. (Forsman ym. 1998, 60.)

Valmiita lopputuotteita on vain vähän saatavilla, minkä takia EHS:n markkina-asemaa on vaikea arvioida. EHS-tekniikan perusta on kuitenkin laajemmalla

pohjalla kuin esim. BatiBUS-tekniikan ja EHS on avoimempi järjestelmä kuin BatiBUS tai EIB. Samoin kuin BatiBUS, on EHS mukana eurooppalaisessa rakennus- ja kotiautomaation standardointityössä. (Forsman ym. 1998, 60–61.)

## **EIB**

EIB-kenttäväylä on Saksassa Siemens-yhtiön kehittämä rakennusautomaation kenttäväylä ja se tulee sanoista EIB European Installation Bus. EIB-väylästä käytetään myös nimitystä Instabus®. (Forsman ym. 1998, 61.)

EIB-kenttäväylällä voidaan liittää toisiinsa rakennusautomaation antureita ja toimilaitteita ja liikennöintiä toteuttaa OSI-mallin kerrosten 1, 2, 3, 4 ja 7 toiminnot. Siirtotien varaus tapahtuu CSMA/CD-periaatteella (CSMA/CD = Carrier Sense Multiple Access/with Collision Detection, mm. Ethernet-lähiverkoissa käytettävä varaustapa). Parikaapeli toimii fyysisenä siirtotienä ja tiedonsiirtonopeus on 9600 bit/s. Pienimpänä yksikkönä toimii linja, johon voidaan liittää enintään 64 liityntäyksikköä. Linjassa kahden liityntälaitteen (BCU) välinen etäisyys saa olla enintään 700 m ja kaapelointipituus saa olla enintään 1000 m. Haaroja saa olla linjassa mutta silmukoita ei. Päälinjalla voidaan yhdistää toisiinsa enintään 12 linjaa, jolloin muodostuu yksi toiminta-alue. Yhteensä 768 liityntälaitetta voi olla yhdessä toiminta-alueessa, pääväylällä voidaan liittää yhteen enintään 15 toiminta-aluetta, jolloin koko järjestelmässä voi olla yhteensä enintään 11520 liityntälaitetta. EIB-kenttäväylä voidaan liittää muun tyyppiseen verkkoon yhdyskäytävää käyttäen OSI-tasolla 7 (sovellustaso). (Forsman ym. 1998, 61.)

EIBA-järjestö (EIBA = European Installation Bus Association), omistaa EIB tuotemerkin ja Siemens toimii vahvana taustavoimana. Liittyminen edellyttää vuosittaisen jäsenmaksun maksamista ja liittymismaksun. Liittymismaksu määräytyy yrityksen liikevaihdon perusteella mutta vuosimaksu on kiinteä. EIB:n dokumentoinnin saa liittymällä järjestön jäseneksi tai ostamalla noin 500 DM hintaisen manuaalin, EIB-tuotemerkin käyttöoikeuden edellytyksenä on EIBA-järjestön jäsenyys. Lisäksi tuote tulee testata ja hyväksyttävä EIB-menettelyn mukaisesti. (Forsman ym. 1998, 61.)

EIB on mukana eurooppalaisessa rakennus- ja automaation standardointityössä. Saksassa EIB:llä on kansallisen standardin asema. (Forsman ym. 1998, 61.)

### **LonWorks™**

LonWorks™ on yhdysvaltalaisen Echelon-yhtiön kehittämä väyläteknologia ja LonTalk™ on siinä käytettävä tiedonsiirtoprotokolla. LonWorks™ termiä käytetään kun merkitään kyseiseen teknologiaan liittyvien tuotteiden ja palvelujen kokonaisuutta. LON lyhenne tulee sanoista Local Operating Network ja LonWorks™-teknologian sovellusalue on hyvin laaja. Sen vuoksi se sopii mm. rakennusautomaatioon, teollisuusautomaatioon ja kodinkoneiden automaatioon. (Forsman ym. 1998, 62.)

LON-väylällä voidaan liittää toisiinsa rakennusautomaation antureita ja toimilaitteita ja liikennöintiprotokolla toteuttaa OSI-mallin kerrosten 2–7 toiminnot. Siirtotien varaus toteutetaan CSMA-periaatteella, (CSMA = Carrier Sense Multiple Access). Parikaapeli, koaksiaalikaapeli, valokaapeli, sähköverkko, radiotaajuus- tai infrapunayhteydellä voidaan toteuttaa fyysinen siirtotie. Tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat 2400 bit/s – 1250 kbit/s välillä, koska nopeudet riippuvat käytettävästä väyläsovittamisesta ja siirtotien tyypistä.

Yleisin tiedonsiirtotyyppi on parikaapeli ja määriteltyjä kaapelityyppejä on useita. Kaapelointitopologia on vapaa tai väylä käytetyn väyläsovittimen mukaan. Jokaiselle väyläsovittintyypille on määritelty käytettävät topologiat, kaapelityypit, väyläsovittimen enimmäismäärät segmentissä ja segmentin kaapelointipituudet. Toistimia käyttäen voidaan segmenttejä yhdistää toisiinsa. Tällä tavoin muodostuu kanavia ja kanavia puolestaan voidaan yhdistää silloilla tai reitittimillä toisiinsa, jolloin aikaan voidaan saada suuria kokonaisuuksia. Osoiteavaruus on 32385, joka on yhden verkon väyläsovittimen enimmäislukumäärä ja lisäksi LonWorks™-järjestelmä voidaan liittää myös muuhun verkkoon yhdyskäytäviä käyttäen tai lähiverkkoon. (Forsman ym. 1998, 62–63.)

LonWorks™ on erittäin pitkälle kehitetty ja tuotteistettu teknologia. Valmiita valmiita kehitys- ja asennustyökaluja sekä muita tuotteita teknologian soveltajille

myy ja kehittää Echelon ja koulutustoiminta on myös keskeisellä sijalla. Tuotekehityksessä käytettäviä mikropiirejä valmistavat suuret kansainväliset piirivalmistajat, kuten Motorola ja Toshiba. Erillistä lisenssimaksua ei ole, vaan tuotekehityslisenssi sisältyy tarvittavan kehitystyökalun hintaan. Tämän myötä teknologia on varsin avoin ja helposti pienenkin yrityksen hyödynnettävissä. Markkinointi on hoidettu hyvin sekä laite- ja ohjelmistotarjonta on runsasta. (Forsman ym. 1998, 63.)

LonWorks™-teknologia on Suomessa lisännyt suosiotaan ja saavuttanut vankan aseman. Suosioon on vaikuttanut omalta osaltaan mm. RAKLIn SaMBA-ohjelma, johon on otettu LonWorks™-teknologia, joka on avainteknologiaksi valittu. Suomessa on monia LonWorks™-tuotteita valmistavia tai maahantuovia yrityksiä sekä käyttökokemuksia alkaa olemaan jo runsaasti. (Forsman ym. 1998, 63.)

LonWorks™ on mukana eurooppalaisessa rakennus- ja kotiautomaation standardointityössä. (Forsman ym. 1998, 63.)

## **BACnet**

BACnet on avoin protokolla, joka mahdollistaa eri laitevalmistajien järjestelmien liittämisen yhteen. Protokollaa voidaan käyttää kaikilla rakennusautomaatioita-soilla, mutta pääasiassa sitä on käytetty automaatiotason ja hallintotason välillä sekä eri järjestelmien hallintotasojen välillä. (Sandberg 2014, 291.)

BACnet-verkkoon liittyvät laitteet mallinnetaan objekteina, joilla on joukko ominaisuuksia. Objekteja ovat esimerkiksi järjestelmäpisteet, asetusarvot, aikaohjelmat ja kalenteriohjelmat.

BACnetin vaatimuksesta laitetoimittajien on luotava tuoteseloste eli ns. PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) BACnet-ominaisuuksista. Dokumentti on välttämätön järjestelmähallinnassa. (Ylitalo 2012, 15–16.)

BACnet-standardissa on määritelty sovellutus- ja yksinkertainen verkkokerros. Siirtoyhteys- ja fyysistä kerrosta vastaavat viisi optiota, joilla BACnet on varustettu. (Ylitalo 2012, 15–16.)

## **Modbus**

Modbus-protokolla on alun perin ohjelmoitavien logiikkojen liittämiseen tarkoitettu avoimeen arkkitehtuuriin perustuva väylä ja Modbus-standardin spesifikaatiot voidaan ladata ilmaiseksi internetistä. Lisäksi laitteita voidaan valmistaa ilman korvausta väylän kehittäjille. (Ylitalo 2012, 17–18.)

Modbus-protokolla on laajalti käytössä teollisuuden sovelluksissa, rakennuskoh-teissa, energian optimointijärjestelmissä, pitkän matkan tiedonsiirrossa ja ohjaus-paneelien yhdistämisessä. Modbus-liikennöintiä käytetään myös etävalvonta-sovelluksissa, ja se onkin edullinen tapa liittää eri valmistajien laitteita yhteisellä protokollalla. (Ylitalo 2012, 17–18.)

Modbus perustuu isäntä-renki-protokollaan ja yhdellä isännällä voi olla 247 renkiä. Protokolla voidaan implementoida useiden erilaisten fyysisten kerrosten toteutusten päälle niin, ettei sovelluskerros muutu. Modbus-liikenne perustuu puolestaan funktioihin, esimerkiksi rekisterien kirjoittamis- ja lukufunktioihin. Kaikissa varianteissa isäntälaitte lähettää halutun funktion ja sen parametrit. Lisäksi lähettään variantista riippuvat tiedot.

(Ylitalo 2012, 17–18.)

Vaikka opinnäytetyössä mainitaan järjestelmät BatiBus, EIB ja EHS eivät ne ole osallisena vertailussa.

### **3.7 Järjestelmien ylläpito**

#### **3.7.1 Automaatiojärjestelmien ylläpito johdatus**

Nykyaikaisten kiinteistöjen rakennusautomaatiojärjestelmien edellytetään toimivan automaattisesti ja luotettavasti, jos käyttöön perustuvat käyttö, ylläpito ja

hoito. Järjestelmän tulee käynnistyä häiriötilanteiden jälkeen automaattisesti. Rakennusautomaatiojärjestelmiä on testattava systemaattisesti ja huoltoa ohjelmoitava, jotta ne toimisivat luotettavasti ja suunnitellulla tavalla. (Härkönen ym. 2012, 252.)

Toimimattomuus voi aiheuttaa huomattavia vahinkoja tai suuria taloudellisia vahinkoja, mikäli järjestelmä on epäkunnossa. Esimerkiksi jännitekatkon jälkeen järjestelmän käynnistymättömyys voi aiheuttaa kiinteistöissä mm. jäätyksiä tai vesivahinkoja, ilman informaation siirtymistä. Juhlapyhien aikaan voivat vahingot nousta huomattavan suuriksi. (Härkönen ym. 2012, 252.)

### 3.7.2 Toimintojen testaus

Rakennusautomaatiojärjestelmissä on tietyt ylläpitoa vaativat toimintarutiinit ja ennakoivat huolto- sekä ylläpitotoiminnot. Oman henkilökunnan käyttäminen kiinteistöjen tehtävissä mahdollisimman paljon edesauttaa henkilökuntaa toimimaan omatoimisesti ja ymmärtämään kiinteistön talotekniikkaa ja rakennusautomaatiojärjestelmää sekä sen toimintaa. (Härkönen ym. 2012, 252.)

#### Huoltotoimenpiteet

Ennakoivan huollon tehtävät ja toimenpiteet:

##### **Päivittäin**

- Hälytyslokin läpikäynti toimenpiteineen ja kommentteineen.
- Prosessikaavioiden selailu mahdollisten poikkeavuuksien havaitsemiseksi. Prosessikaavioiden nopeahko tarkastelu on usein täysin riittävä toimenpide olosuhteiden arvioimiseksi; harjaantunut käyttäjä oppii nopeasti keskittymään olennaisiin havaintoihin ja tarkastuksiin.

##### **Viikottain**

- Hälytyslokin kokoava läpikäynti mahdollisten toistuvien hälytysten kirjaamiseksi toimenpiteitä varten.
- Olosuhdemittausten historiatietojen läpikäynti kyseiseltä viikolta poikkeavuuksien havaitsemiseksi ja mahdollisista muutostarpeista päättämiseksi.
- Kenttälaitteiden ja järjestelmien toiminnan silmämääräinen tarkastus

- Virusten tarkastus

Näiden päivittäisten ja viikoittaisten perusrutiinien tueksi ja johtamisen apuvälineeksi tarvitaan kalenterikuukausittain laajempi ja dokumentoiva rutiini. Sen perusteella voidaan arvioida kiinteistönhoidon tämän osa-alueen onnistumista ja päättää mahdollisista osoitettavista ja hyödyllisistä korjauksista ja investoinneista.

### **Kuukausittain**

- Kovalevytilan tarkastus
- Ulkoisten laitteiden tarkastus (esim. tulostimet ja modeemi)
- Varmuuskopioinnin tarkastus

Varmuuskopio voidaan tallentaa automaattisesti aina kuukauden viimeisenä päivänä ulkoiselle palvelimelle tai muistikortille. Varmuuskopion sijaitessa samalla levyllä, ei sitä voida hyödyntää kovalevyn rikkoutuessa. Kahdennettuja kovalevyjä tulee käyttää, jos kovalevy sisältää kriittisiä toimintoja. Katkoksia ei synny, kun järjestelmä osaa ottaa automaattisesti toisen kovalevyn.

### **Energiaraportti**

Jokaisen kuukaudenvaihteen jälkeen tulostetaan graafinen vuosiraportti kuukausitasolla kustakin toteutuneesta sähkö-, lämmön- ja vedenkulutuksesta. Graafista ilmenee edellisen vuoden vastaava kulutus sekä tavoitekulutus. Mahdolliset poikkeamat raportoidaan ja tarvittaessa tehdään kirjattu korjaus tavoitekulutuksiin.

### **Vikaraportti**

Jokaisen kuukaudenvaihteen jälkeen tulostetaan A4-tulostuksena toteutuneet hälytykset määräjärjestyksessä. Hälytysten syitä kommentoidaan ja tehdään mahdollisia aloitteita korjaaviksi toimenpiteiksi.



## Olosuhderaportti

Jokaisen kuukaudenvaihteen jälkeen tulostetaan A4-tulostuksena toteutuneet sisälämpötila- (ja muut mahdolliset sovitut) mittaukset historiatrendinä. Mahdollisia poikkeamia ja niiden syitä sekä tarvittavia korjaustoimenpiteitä kommentoidaan. Palohälytykset testataan kuukausittain.

Kuukausitason raportoinnin läpikäynti on osa kiinteistöhoiton johtamista. Sen avulla hyvin selvillä niistä asioista, jotka rakennusautomaatiojärjestelmän kautta saadaan ilmennettyä.

## Neljännevuosittain tai useammin

- Järjestelmän käynnistyminen häiriötilanteen jälkeen (esim. sähkökatko)
- Palo- ja murtohälytykset
- Hissihälytykset
- Muut erittäin kiireelliset hälytykset
- Hälytysten edelleen annot
- Kulutusmittausten lukemien vertaaminen kentältä järjestelmän lukemiin
- Toiminnan kannalta keskeisten mittausten tarkistus.

## Kaksi kertaa vuodessa tai useammin

- Jännitevarmennusten toiminnan tarkastus
- Kiireellisten hälytysten toiminnan tarkastus ja testaus
- Pumppujen ja puhaltimien tilatiedot/hälytykset
- Säättöpiirien toiminnan tarkastus kentältä sekä trend-seurannalla
- Venttiilien karatiivisteiden kunto ja toimilaitteiden toiminta

## Vähintään kerran vuodessa

- Tarkistetaan huoltokirjasta valmistajan ohjeiden mukaan, miten tarkasti ja laajasti kaikkien pisteiden vuositarkastus tulisi tehdä. Joiltakin osin pelkkä valvomopäätteeltä, hälytys- tai tapahtumalokitiedoista tai historiatrendeistä suoritettava pisteiden toiminnan tarkastus riittänee vuositarkastuksessa (esim. ohjattavien laitteiden tai paikallisesti ohjattujen laitteiden käyttötilapisteet, mittauspisteet, joilla ei säädetä jne.) (Härkönen ym. 2012, 252–255.)

Viimesitään kolmen vuoden välein hälytyksiä aiheuttaneet aktiiviset pisteet tarkastetaan. Osa pisteistä on jatkuvan ”automaattisen tarkastuksen piirissä” normaalin peruskäytön yhteydessä. Tällaisia ovat mm. aikaohjatut pisteet ja niiden

käyttötilat, joiden toimimattomuudesta yleensä saadaan välitön käyttäjäpalaute ja järjestelmän antama ristiriitahälytys. (Härkönen ym. 2012, 252–255.)

Lämmityslaitteisiin liittyvät laitteet tarkastetaan syksyllä ja jäähdytyslaitteisiin liittyvät keväällä. On tärkeää, että esim. jäätymissuojatermostaatit ja kiertovesipumppujen toiminta sekä hälytykset tarkastetaan syksyllä heti lämmityskauden alettua. (Härkönen ym. 2012, 252–255.)

Yleensä, kun huolletaan IV-kojeita, on syytä tarkistaa myös kojeeseen liittyvät säätö- ja valvontalaitteiden toiminta sekä kunto. Samalla on tarkistettava myös LTO-laitteiden kunto ja likaisuus. (Härkönen ym. 2012, 252–255.)

### 3.8 Rakennusautomaatiojärjestelmien huolto -ja ylläpitosopimukset

#### 3.8.1 Ylläpitosopimukset

Nykyaikana rakennettuihin ja energiatehokkaisiin kiinteistöihin on integroitu paljon tietoteknisiä järjestelmiä, jonka myötä kunnossapito vaatii monialaista osaamista. Samalla korostuu se, että pelkästään yhden organisaation on vaikeaa ja kannattamatonta vastata niin kiinteistön perushoidosta kuin kiinteistön erikoisosaamisesta. Vaikeat erikoisosaamista vaativat työt voidaan ohjata suoraan erikoisammattialansa osaaville, ulkopuolisille yrityksille. Oman henkilökunnan hoitaessa käytön ja kunnossapidon perustehtäviä, käyttöhenkilökunta tuntee hyvin kiinteistön ja sen tekniikan sekä pystyy hyvin havaitsemaan häiriöt ja huoltoa vaativat laitteet. Käytön ja ylläpidon ulkoistaminen johtaa oman henkilökunnan heikkoon kiinteistötekniikan tuntemukseen. (Härkönen ym. 2012, 255.)

Toinen mahdollisuus on hoitaa ulkopuolisella yhtiöllä käyttö – ja kunnossapidon toteutukset etävalvomon kautta. Samalla sovitaan huolto-ohjelma, jonka mukaan vikakäynnit hoidetaan mahdollisten hälytysten ja häiriöiden ilmetessä sovitussa aikarajassa. Laskutus tällaisissa tilanteissa hoidetaan erikseen. (Härkönen ym. 2012, 255.)

Hyvä puoli huoltosopimuksen tekemisestä ulkopuolisen huoltoyhtiön kanssa on huoltoyhtiön koulutetut ammattilaiset. Huonona puolena on oman käyttöhenkilökunnan puute kiinteistössä sekä huonompi kiinteistön tuntemus. Lisäksi huoltoyhtiön kautta tulevilla henkilöillä on useampi kiinteistö hoidettavanaan, jolloin yhteen kiinteistöön ei ehditä perehtyä kunnolla. Kiinteistöhoitajaakaan ei ole mahdollista saada heti paikalle, koska hän voi olla samanaikaisesti toisessa kiinteistössä. (Härkönen ym. 2012, 255.)

Järjestelmien toimittajat ovat tarjonneet tietoteknisten järjestelmien kunnossapitoon yleisesti huolto- ja ylläpitosopimuksia, jossa sopimusten sisältö on vaihdellut suuresti eri tapauksissa ja sopimusehdot sekä hinnat ovat olleet varsin kirjavina. Sopimuksia on ollut vaikea verrata myös keskenään. (Härkönen ym. 2012, 255.)

Yleisesti huoltosopimus tarkoittaa sopimusta, joka sisältää järjestelmän huollon, erilaisia toimintatestauksia ja mahdollisesti myös ohjelmapäivityksiä, mutta ei yleensä laiteuudistuksia. Ylläpitosopimus tarkoittaa sopimusta, jonka perusteella järjestelmä pidetään toimintakunnossa ja se sisältää myös laiteuusinnat siten, että järjestelmä on koko ajan toimintakunnossa. (Härkönen ym. 2012, 255–256.)

Helppo tapa pitää järjestelmä toimintakunnossa on ylläpitosopimus. Ylläpitosopimuksen huono puoli voi olla kuitenkin sopimuksen korkea hinta. Alueilla, joilla tietojärjestelmien huolto- ja kunnossapidon tarjontaa ei ole, voi ylläpitosopimus olla ainoa vaihtoehto järjestelmän toiminnan takaamiseksi. (Härkönen ym. 2012, 255–256.)

Ylläpito- ja huoltosopimukset olisi kilpailutettava samalla tavalla kuin koko järjestelmän hankinta. Tämä voidaan tarkastella hankintaa kokonaisuudessa ja vertailla huolto- ja ylläpitokustannuksia. Tarjouspyynnössä pitäisi määritellä, miten pitkäksi aikaa ja mille tasolle sopimus on tarkoitus tehdä. Kilpailutilanteessa toimittajat mitoittavat yleensä ylläpito- ja huoltosopimuksensa todellisen tarpeen mukaan ja ovat myös valmiita neuvottelemaan sopimuksista. Hyvä sopimus on edullinen antaen kuitenkin riittävän turvan vikatilanteiden varalta. Sopimuksen on oltava oikeassa suhteessa muihin vahinkoihin, joita järjestelmän toimintahäiriö tai vika voi aiheuttaa. (Härkönen ym. 2012, 255–256.)

Teollisuudessa automaation vikaantuminen voi aiheuttaa koko tuotannon pysähtymisen, mistä koituu huomattavia tuotannollisia tappioita. Huolto- ja ylläpitosopimukseen on määritelmät, kuinka nopeasti huollon on oltava paikalla vikatilanteessa. Sopimukseen voi liittyä myös viivästymissanktiot, jotka mitoitetaan vahinkojen suuruuden mukaan. (Härkönen ym. 2012, 255–256.)

Kiinteistöhuollon perusteella ei tietojärjestelmien vikaantuminen yleensä aiheuta tuotantoseisokkia. Vahinkojen seurauksena on yleensä tilojen toiminta- ja työskentelyolosuhteiden huonontuminen. Kiinteistöpuolen sopimukseen on kuitenkin syytä lisätä määritelmät, kuinka nopeasti kiireelliset viat on korjattava sekä vähemmän kiireellisille toimenpiteille sovitut toimitusajat. (Härkönen ym. 2012, 255–256.)

Markkinoille on tullut yritysten tarjoamia malleja, joissa yritys vastaa kiinteistöjen tietoteknisten järjestelmien käytöstä ja ylläpidosta. Sopimukseen voi kuulua vastuu kiinteistön olosuhteista sekä energiatehokkuus kustannuksia vastaan. Ylläpitoyritys joutuu maksamaan ns. sakkomaksun, mikäli sovituissa tavoitteissa ei pysytä ja yrityksen saatua säästettyä energiaa ja olosuhteet ovat pysyneet savutulla tasolla, ylläpitoyritys saa pitää sovittun osan syntyneestä säästöstä. (Härkönen ym. 2012, 256–257.)

### 3.8.2 Huoltotoimintojen ohjaaminen ja ajoittaminen

Kiinteistön huoltotoimintoja kyetään ohjata laitteiden todellisen käytön mukaan rakennusautomaatiojärjestelmän käyttötuntimittauksia käyttämällä, joihin asetellaan hälytysraja. Käyttötuntilaskennan hälytysrajan hälyttäessä, laite tai koje huolletaan. Tämä jälkeen käyttötuntilaskuri käynnistetään taas lähtötilanteesta laskemaan seuraavaa huoltojaksoa. Huoltotoimintoja voidaan ohjata myös mitaustietojen perusteella, kuten suodattimien paine-eromittaus, verkoston vedenkorkeuden mittaus, LTO:n paine-ero- tai hyötysuhteen mittaus jne. Mittauksiin asennetaan hälytysrajan joka ilmoittaa huoltotarpeen. (Härkönen ym. 2012, 235.)

IV-kojeiden paine-eromittauksia voidaan käyttää ilmanvirtausvartijoina, jolloin esim. kojeen hihnojen katkeaminen, palopellin laukeaminen, raitisilmasäleikön tukkeentuminen tai jokin muu vastaava seikka vähentää ilmavirtausta, mikä näkyy paine-eron pienenemisenä. (Härkönen ym. 2012, 235.)

Käyttötuntilaskentoja voidaan hyödyntää arvioimaan kojeen kuntoa. Kylmäkojeiden vikaantuminen voidaan ennakoida kojeen käyttötuntien alkaessa kasvaa samoissa olosuhteissa. Tällöin käyttötuntilaskentoja verrataan toisiinsa eli edellisiin kuukausiin tai vastaaviini ajankohtiin ja käyttötuntilaskennat täytyy tallentaa kuukausittain raporttiohjelman tiedostoihin. Energiakulutuksia vertailu kuukausittain voidaan vertailla tämä avulla. (Härkönen ym. 2012, 235.)

Rakennusautomaatiojärjestelmissä on yleensä käyttötuntilaskennat valmiina mutta niitä ei hyödynnetä. Niiden avulla kiinteistöhoitaja kykenisi helpottamaan omaa työtään ja arvioida hoitamansa kiinteistön laitteiden kuntoa. (Härkönen ym. 2012, 235.)

### 3.8.3 Huoltokirjat

Kiinteistöihin vaaditaan rakennushankkeen yhteydessä laatimaan huoltokirja, jonka on ajateltu kiinteistön hoitohenkilöstön työkaluksi. Huoltokirjan toivotaan parantavan ja selkeyttävän kiinteistön hoitoa, koska siitä käy ilmi kiinteistön hoitaminen, huoltaminen ja asennettujen laitteiden tiedot. Huoltokirjaan merkitään lisäksi kaikki kiinteistössä tehtävät muutokset, jotta se pysyisi ajan tasalla. (Härkönen ym. 2012, 261.)

Huoltokirjassa esitetään sekä tavoiteolosuhteet että ohjeelliset toiminta-arvot sallittuine poikkeamineen. Toimitilakiinteistön monet tavoiteolosuhteet määräytyvät kiinteistön ja sen tilojen liikeidean perusteella, ja tavoiteolosuhteiden ja toiminta-arvojen määrittelyssä huomioidaan tilojen viihtyvyys, terveellisyys, turvallisuus, energiataloudellisuus sekä voimassa olevat viranomaismääräykset.

Tavoiteolosuhteita ovat mm. tilojen

- Sisälämpötila
- Sisäilman suhteellinen kosteus
- Ilman nopeus (veto)

- Ilman vaihtuvuus
- Hiilidioksidipitoisuus (CO<sub>2</sub>)
- Äänitasot (melu)
- Valaistustasot.

Tavoiteolosuhteiden edellytyksenä on, että kyseisten teknisten järjestelmien ja laitteiden toiminta-arvot on aseteltu oikein ja että järjestelmät ja laitteet hälytysjärjestelmineen ovat kunnossa. Tyypillisiä tavoiteolosuhteisiin vaikuttavia toiminta-arvoja ovat mm.

- Lämmitysverkostojen ohjaukset (säätökäyrät, pudotusjaksot)
- Lämmitysverkostojen asetukset (meno- ja paluuveden lämpötilat, verkostojen paineet)
- Ilmanvaihto- tai ilmastointijärjestelmän käyntiajat ja muut ohjaukset
- Lämmityksen ja ilmanvaihdon aika-, termostaatti- ja muut ohjaukset
- Ulko- ja sisävalaistuksen ohjaukset. (Härkönen ym. 2012, 262.)

Muita huoltokirjassa esitettäviä ohjeellisia toiminta-arvoja ja lähtötietoja ovat mm.

- Kylmän ja lämpimän käyttöveden verkostojen asetukset (lämpötilat, paineet)
- Ovien lukitukset, kulunvalvontajärjestelmät, autopaikoitusalueiden sähköpisteiden ohjaukset
- Erikoistilojen koneiden ja laitteiden ohjaukset (esim. jäädytyslaitteet, kylmätilat, kylmäaltaat, saunojen kiukaat)
- Tilaustehot (kaukolämpö, sähkö)
- Energian ja veden kulutustavoitteet
- Sähköisten sulatusjärjestelmien ohjaukset (ajoliuskat, sadevesikaivot)
- Sähköisten saattolämmitysten ohjaukset (ajoliuskat, sadevesikaivot)
- Aurinko- ja tuulivoimaloiden tuoton tavoitearviot
- Lämpöpumppujen toiminta-arvot ja tuottotavoitteet. (Härkönen ym. 2012, 262.)

Uudisrakennuksen ohjeelliset toiminta-arvot tarkentuvat takuuajana kiinteistöä käyttäessä. Huoltokirjan laatijat tarkistavat tavoiteolosuhteet ja ohjeelliset toiminta-arvot kun takuuajana on päättymässä. Mikäli muutoksia tulee, huoltokirjan laatijat korjaavat kyseiset huoltokirjan kohdat. Kiinteistön tilaaja, kiinteistöhoitoyrityksen edustaja ja huoltokirjan tekijä käyvät läpi tavoiteolosuhteet ja toiminta-arvot yhdessä. Yhteydessä arvioidaan samalla, että ovatko käytössä olevat tavoitteet, ohjaukset ja asetukset järkevät vai muutetaanko niitä. (Härkönen ym. 2012, 262–263.)

### 3.8.4 Tarkastustaulukot tekniseen hoitoon ja huoltoon

Teknisen hoidon ja huollon tarkastustaulukot ryhmitellään esimerkiksi seuraavasti:

- Päivä-, viikko- ja kuukausitehtävien luettelot
- Kalenterivuoden tarkastustaulukot
- 10-vuotiskauden tarkastustaulukot

Tarkastustaulukoihin liittyy myös käyttöpäivämäärä, johon poikkeukselliset havainnot ja toimenpiteet merkitään. Tarkastustaulukoiden laadinnassa käytetään muistilistana valittua nimikkeistöä ja niihin sisällytetään myös tilojen tarkastukset. Uudiskohteen ja käytössä olevan kohteen tarkastustaulukot eroavat toisistaan. (Härkönen ym. 2012, 263.)

Toimenpiteet uudis- ja peruskorjauskohteen tarkastustiheyksineen valitaan kiinteistön käyttötarkoituksen, tavarantoimittajilta saatavan tuotekohtaisen- ja kokemusperäisen tiedon avulla. (Härkönen ym. 2012, 263.)

Huoltokirjan taulukoiden tehtävien, tarkastustiheyden ym. Valinnassa voidaan hyödyntää vakiintuneita käytäntöjä. Tekijä voi käyttää olemassa olevia piirustuksia ja kiinteistökatselmuksen tietoja ja haastatella kiinteistöhoitajaa. Tekijä käy tilaajan kanssa läpi kiinteistöhoitosopimukset, halutut tavoitearvot ja laatutasot sekä tilojen tarkastustavan. Suoritusohjeet tulevat liitteeksi huoltokirjaan. Taulukoissa, suoritusohjeissa ja paikantamispiirustuksissa käytetään yhtenäistä nimikkeistöä ja laitetunnusjärjestelmää. Näin kohde, toimenpide suoritusohjeineen ja kohteen paikantamistieto voidaan yhdistää helposti esimerkiksi kiinteistöhoito-organisaation käyttöön.

Huoltokirjan rakentamisesimerkki:

A-osa. Ylläpitotiedot

- Yleistieto
- Kiinteistön hoito
- Kiinteistön kunnossapito

B-osa. Huoltotyökirja

- Kiinteistön hoitosuunnitelma
- Kulutusseuranta

C-osa. Liitteet

- Yhteyshenkilöluettelo
- Asiakirjaluetelo
- Tarkastus-, hoito- ja huolto-ohjeita (omat)
- Tavarantoimittajien tuotekohtaisia käyttö-, hoito- ja huolto-ohjeita
- Kojekortit
- Mittaus-, säätö- ja virituspöytäkirjat
- Käyttöaikataulukko
- Vaikutusalueet
- Paikantamispäirustukset (A3/A4)
- Pintamateriaalit
- Poikkeus- ja häiriötilanneohjeita
- Huoltokirjaan perehdyttäminen
- Arkisto

#### D-osa. Tilakohtaisia käyttökohteita

- B-osa on tarkoitettu varsinaiseksi hoitohenkilöstön työkaluksi ja muut osat ovat osa kiinteistön loppudokumentointia

Sovitusohjelmia on rakennettu sähköisten huoltokirjojen yleistyessä rakennusautomaatiojärjestelmien ja huoltokirjainohjelmien väliin, joiden avulla on linkitetty yhteen em. ohjelmien toimintoja. Käytännön toteutumismahdollisuudet riippuvat kohteen rakennusautomaatiojärjestelmän valvomo-ohjelmistosta tai huoltokirja-kombinaatiosta sekä em. toimittajien ohjelmiensa räätälöintivaatimuksista ja yhteistyöstä. (Härkönen ym. 2012, 263–264.)

### 3.8.5 Yleisimmin toteutetut toiminnot

#### Rakennusautomaatiosta huoltokirjaan

- hälytystapahtumat ja huoltopyynnöt laitteilta, joiden huoltovälit eivät perustu kalenteriin
  - o esimerkiksi suodattimien likaantumisen tulevat automaattiset ilmoitukset ja laitteiden käyntiaikaan tai käyntikertojen määrään liittyvät automaattiset huoltopyynnöt
- teknisten järjestelmien, niiden laitekertojen sekä käyttö- ja huolto-ohjeiden linkitys rakennusautomaatiojärjestelmän prosessikaavioihin
- energiankulutustietojen siirtäminen huoltokirjan kulutustietojen seuranta- ja käsittelyohjaimiin. (Härkönen ym. 2012, 264.)

#### Huoltokirjoista rakennusautomaatiojärjestelmään

- rakennusautomaatiojärjestelmän prosessikaavioiden linkitys huoltokirjan järjestelmäobjekteihin tai huoltokirjan rakennuksen pohjakuviin, joihin on merkitty IV-kojeiden ja lämmitysverkostojen vaikutusalueet sekä taloteknisten laitteiden sijainnit.



- rakennusautomaatiojärjestelmän kerrospohjakuvien linkitys huoltokirjan rakennus- tai kerrosobjekteihin. (Härkönen ym. 2012, 265.)

Kuvattujen linkitysten tekeminen edellyttää yleensä aina rakennusautomaatio- ja huoltokirjatoimittajan välistä sovitusyötä. Joidenkin huoltokirjaohjelmien ja rakennusautomaatiojärjestelmän toimittajien välillä on valmiita yhteensovituksia, joissa on tietyt perustoiminnot on valmiiksi tehtyjä. (Härkönen ym. 2012, 264–265.)

Tapauskohtaisesti harkitaan, että minkä tasoisena linkitys on mahdollista toteuttaa, kuinka se on ylläpidettävissä sekä mitä hyötyä siitä on saatavissa. (Härkönen ym. 2012, 265.)

### 3.8.6 Huolto-ohjelmistot

PC:llä toimivia huolto- ja hoito-ohjelmistoja on markkinoilla tarjolla ja niiden tarkoituksena on automatisoida kiinteistöjen hoito- ja huoltosuunnitelmien teko sekä ylläpitää kiinteistöjen perustietoja sähköisesti. Huolto-ohjelmistoja on myös paljon tarjolla markkinoilla ja osa ohjelmista pitää sisällään melkein kaiken kiinteistön hoidon- ja kirjanpidon väliltä. Lisäksi hinnat vaihtelevat suuresti. (Härkönen ym. 2012, 265.)

Huolto-ohjelmistot ovat kehittyneet nopeasti. Nykyään monilla huolto-ohjelmistoilla voidaan huoltokirja tehdä sähköiseen muotoon ja tulostaa tarvittavat osat siitä paperille. Joissakin huolto-ohjelmistoissa on linkit rakennusautomaatiojärjestelmään, jolloin järjestelmästä automaattisesti kerättyjä tietoja voidaan käyttää huolto-ohjelmistossa. Internetin välityksellä voidaan muodostaa yhteys osiin huolto-ohjelmistoihin. Varsinainen ohjelmisto on sen valmistajan palvelimella, josta sitä käytetään internetin välityksellä. Huolto-ohjelmistojen ominaisuudet vaihtelevat. Osassa mukana on myös muita kuin kiinteistön huoltoon tai ylläpitoon tarkoitettuja ominaisuuksia.

(Härkönen ym. 2012, 265.)

### 3.8.7 Tarjouspyyntö

Tarjouspyynnössä on asiakirja, jolla pyydetään tarjousta kaupallisten ja teknisten asiakirjojen mukaan urakoitsijalta. Tarjouspyyntömalli on esitetty RT-kortissa 80279. Seuraavassa on pääkohdat tarjouspyynnöstä:

- Hankkeen nimi
  - Rakennuttaja tai tilaaja
  - Rakennuskohde
  - Urakan sisältö
  - Tarjoushintaa koskevat vaatimukset
  - Yksikköhintaluettelo
  - Tarjous jätetään viimeistään
  - Tarjous toimitetaan osoitteeseen
  - Kuoreen merkintä
  - Tarjouksen voimassaoloaika
  - Tarjousten avaaminen
  - Lisätietoja
  - Paikka ja aika
  - Allekirjoitukset
- Liitteet. (Härkönen ym. 2012, 178.)

#### 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyöstäni saadut tulokset antoivat kuvan, jonka mukaan Rovaniemen kaupungin olisi hyvä miettiä kiinteistöautomaatiojärjestelmien päivitystä. Oikeanlaisen protokollan hankkimisesta tulee käydä tarkempaa keskustelua alan asiantuntijoiden kanssa tarkemmin. Itselläni kumminkin luotettavimmaksi protokollaksi nousi BACnet-protokolla, joka on vielä varsin uusi järjestelmäprotokolla Suomessa. Tuloksiin vaikuttivat paljolti alan työntekijöiden mielipiteet ja kokemus työstä.

## 5 POHDINTA

Rakennusautomaatiojärjestelmät vaikuttavat nykyaikaiseen elämään paljon enemmän kuin voisi äkkiseltään kuvitella. Sen tuomat avut helpottavat mm. työskentelyä, vaikuttavat työviihtyvyyteen ja tuovat turvallisuuden tunnetta. Hyvä sisäilma lisää työtehoa. Ilman nykyaikaista rakennusautomaatiojärjestelmiä olisi työskentely paljon uuvuttavampaa ja työhyvinvointi kärsisi paljon. Samalla oikein suunnitellut laitteet ja niiden käyttö saavat aikaan säästöjä niin energiataloudellisesti kuin työterveydellisesti.

Tavoitteena työssäni oli vertailla eri rakennusautomaatiojärjestelmien toimivuutta, käyttäytymistä sekä integroimista toiseen laitteeseen. Näiden kautta saatua vertailutietoa käytetään havaitsemaan, että onko järkevää hankkia rakennusautomaatioprotokollaa, pysyä vanhassa menetelmässä vai keskittyä tulevaisuudessa tuleviin protokollaohjelmiin.

Opinnäytetyöstäni saatava tieto antaa osviittaa siihen, että mikä rakennusautomaatiojärjestelmäprotokolla olisi omasta mielestäni paras vaihtoehto. Tärkeää on kumminkin suorittaa perusteellisempi tutkimus oikeanlaisesta ja yhteensopivimmasta järjestelmäprotokollasta asiantuntijoiden kanssa.

Jatkotutkimusten kannalta opinnäytetyöni antaa hieman pohjaa tulevaisuuden suuntaan automaatiotekniikassa. Järjestelmiä tulee varmasti enemmän ja niiden lisääntyminen Suomessa vaatii järjestelmäprotokollien tarkkaa tutkimista ja niiden soveltaminen eri kohteisiin vain lisää tarvittavaa repertuaaria. Voimalaitosten automatisoinnit voisivat olla mielestäni hyviä jatkotutkimuskohteita siinä mielessä, että käyttävätkö ne omia järjestelmäprotokollia vai onko heillä yleisesti markkinoilla olevia järjestelmiä ja järjestelmäprotokollia.

Koen omasta mielestäni, että opinnäytetyö toi itselleni uudenlaisen maailman, joka on tulevaisuudessa ympärillämme vielä tätäkin enemmän. Samalla työni herätti huomion kiinteistöjen riippuvuuden automaatioon sekä automaatiojärjestel-

mäprotokolliin. Kaikin puolin opinnäytetyön tekeminen vaati paljon aikaa ja erilaisia tutkimusmetodeja aiheeseen, joka ei aikaisemmin ollut itselleni tuttu millään tasolla.

Toivon suuresti, että työlläni Rovaniemen tilaliikelaitos saa osviittaa siihen suuntaan, että minkälainen automaatiojärjestelmä Rovaniemen kaupungin kannattaa hankkia vai onko hankinta edes ylipäätään järkevää.

## LÄHTEET

Forsman, J., Happonen, V., Kaleva K., ym. 1998 Avoimet rakennusautomaatiojärjestelmät, sähkötekniset tietojärjestelmät. ei lue painosta. Espoo: sähköinfo Oy.

Härkönen, P., Mikkola, J., Piikkilä, V., ym. 2012 Rakennusautomaatiojärjestelmät, tietotekniset järjestelmät. 3 uusittu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Lappeenrannan kaupunki 2013. Automaatio-ohje. Tekninen toimi. Tilakeskus. Viitattu 6.2.2015  
<http://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=db132ed2-a97d-4c31-8938-8f9baa78fb12>.

Rousku, K. 2014. Kyberturvaopas, tietoturvaa kotona ja työpaikalla. Viro. Print Best.

Rovaniemen kaupunki. Tilaliikelaitos. Valvomon Caverion-järjestelmän etusivu. Ei julkinen.

Rovaniemen Tilaliikelaitos. Viitattu 27.2.2015  
<http://www.rovaniemi.fi/fi/Palvelut/Rakentaminen/Tilaliikelaitos>

Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Talotekniikka-Julkaisut Oy

VEM MOTORS FINLAND OY. BACnet – Avoin rakennusautomaatiojärjestelmä. Viitattu 28.4.2015 <http://www.vem.fi/toimialaratkaisut/talotekniikka/bacnet-avoin-rakennusautomaatiojarjestelma>.

Ylitalo, J. 2012. rakennusautomaation väylät ja integraatio. Metropolia Ammatti korkeakoulu. Sähkötekniikka. Insinööriyö

## LIITTEET

Vertailutaulukko

Liite 1

Vertailu

Liite 2

## Vertailutaulukko

Laite	BACnet	Modbus	M-bus	LonWorks
Valmistaja/kehittäjä	ASHRAE SSPC	Modicon	Euroopan standardi EN1434	Echelon
Yhteensopivuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Laitetuki	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Tiedonsiirtonopeus	9,6kbit/s-76,8kbit/s	187,5 kbit/s	3kbit/s -9,6 kbit/s	76kbit/s
Väyläliitynnät	Mahdollinen	Mahdollinen	Mahdollinen	Mahdollinen
Integroituminen muihin järjestelmiin	Mahdollinen	Mahdollinen	Mahdollinen	Mahdollinen



## Vertailu

### BACnet

- Järjestelmäprotokollan hyvät puolet:
  - Laitteita, joissa on BACnet voidaan järjestelmään liittää kaikki BACnet –hyväksytyjä laitteita.
  - Saumaton yhteensopivuus
  - Ei lisenssimaksuja.

### Järjestelmäprotokollan huonot puolet:

- BACnet hyväksyntä maksaa ja edellyttää laitevalmistajilta investointia hyväksynnän saamiseksi. Voi karsia pieniltä laitevalmistajilta hyväksynnän tekemistö.
- BACnet on Suomessa kumminkin suhteellisen nuori järjestelmäprotokolla.

### Muihin järjestelmiin liittyminen:

- BACnet tapauksessa prosessi on melko yksinkertainen, koska integraatioon on olemassa valmiita työkaluja ja järjestelmän ylläpito on melko mutkatonta.

### BACnet-väylän vahvuus:

- Ainoa kolmannen osapuolen valvoma järjestelmä. Hyväksynnän tekee kolmas osapuoli, joka takaa laitteiden yhteensopivuuden hyväksynnän jälkeen. Desigo insightissä on online scanner työkalu, josta voi skannata valvomon lähiverkkoihin liitetyt automaatiolaitteet.

### BACnet-väylän heikkous

- Jos laite havaitsee uuden alakeskuksen, sen voi tuoda valvomon pistetietokantaan ainoastaan ns, ”drag%dropilla”.

## Tulevaisuus

- BACnet tulee olemaan isossa osassa ja sillä tulee olemaan valtauksia alalla Suomessa. Protokollaa käytettäessä tulee huolehdittua, että laitteet ovat hyväksytyjä.
- 
- 

## Modbus

### Ongelmakohdat:

- Modbus ei ole standardi, joten jokainen valmistaja voi toteuttaa tiedonsiirron konfiguraation haluamallaan tavalla. Voi aiheuttaa ongelmia liityntöjä tehdessä.

### Muihin järjestelmiin liittyminen:

- Modbusin liittämistyö toisiin laiteisiin tulee tehdä käsin sekä sen ylläpito voi olla haastavaa.
- 
- 
- 

### Järjestelmän vahvuudet:

- Toimii kenttätasolla hyvin.

### Järjestelmän heikkoudet:

- Modbus ei ole standardi
- Tiedonsiirron hitaus isoissa järjestelmissä.
  - Verkossa täytyy olla aina master-laite, joka huolehtii tiedonsiirrosta. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi laite huolehtii järjestelmän tiedonsiirrosta ja tällöin tiedonsiirto ei ole mahdollista suoraan slave-laitteiden välillä.
- Integraatiot ovat hitaita/epävarmoja tehdä.
- Pisteiden tuonti täytyy tehdä rivi riviltä, jokin pisteen lisäys myöhemmässä vaiheessa voi aiheuttaa koko pistetietokannan uudelleenteon.
-

Tulevaisuus:

- Kenttäjärjestelmässä (Modbus) huomionkiinnitys laitteen elinkaareen.

M-bus

- Väylän vahvuudet:
  - 
  - Vahva väylä (pitkät enimmäispituudet).
  - Eri valmistajien väylät sopivat yhteen toistensa kanssa.
  - Toimii yleensä hyvin
  - 
  -
- Väylän heikkoudet:
  - 
  - M-bus enimmäismitta vaikeasti määriteltävissä
  - Vaatii yleensä jännitesyöttölaitteita ja jonkinlaisia sovittimia automaatiojärjestelmästä riippumatta.
  - Visuaalinen puoli.
  -

Tulevaisuus:

- Huomion kiinnittäminen kulunvalvonnan ohjaukseen, toiminnallisuuteen.
- Kaapeloinnin vähentäminen on keskeisessä osassa.
- Kilpailutus.

LON

LON-protokolla on jäämässä pois tiedonsiirron hitauden ja LON-järjestelmien valmistajien yksipuolisuuden takia. Jokaisessa LON laitteessa on echelon:in valmistama LON-siru, josta maksetaan ko. valmistajalle. Tiedonsiirtopiirin valmistajia on vain yksi.