



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Vainionpää

# RAKENNUSAUTOMAATIO SÄHKÖASEMILLA

Tekniikka  
2022

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Niko Vainionpää
Opinnäytetyön nimi	Rakennusautomaatio sähköasemilla
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	52
Ohjaaja	Timo Rinne

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada VEO Oy:n toimittamiin sähköasemarakennuksiin uusi vakioratkaisu lämmönmittaukselle ja -säädölle. Uuden vakioratkaisun tavoitteena on automatisoida lämmönmittaus ja -säätö sähköasemalla ja korvata nykyinen huonetermostaateilla toteutettu ratkaisu.

Työssä on tehty kirjallinen katsaus rakennusautomaatiojärjestelmistä ja sen eri osa-alueista, mitkä ovat olennaisessa osassa lämmönmittausta ja -säätöä. Työn lopussa esitellään erilaisia mahdollisia logiikkapohjaisia ratkaisuja sekä tehdään kustannusvertailua nykyisen ja uuden ratkaisun välillä.

Opinnäytetyön aikana uutta vakioratkaisua ei toteutettu, vaan työssä käydään läpi erilaisia vaihtoehtoja, miten automatisoitu lämmönmittaus ja -säätö voitaisiin toteuttaa sähköasemilla käyttäen hyödyksi ohjelmoitavaa logiikkaa. Opinnäytetyöstä on hyötyä, mikäli tulevaisuudessa lämmönmittaus ja -säätö aiotaan automatisoida hyödyntämällä ohjelmoitavia logiikoita.

---

Avainsanat rakennusautomaatio, ohjelmoitavat logiikat, kenttäväylät, sähköasema, lämmönmittaus ja -säätö.

## ABSTRACT

Author	Niko Vainionpää
Title	Building Automation in Substation
Year	2022
Language	Finnish
Pages	52
Name of Supervisor	Timo Rinne

---

The objective of the thesis was to obtain a new standard solution for heat measurement and regulation for substation buildings supplied by VEO Oy. The new standard solution aims to automate heat measurement and control at the substation and replace the current solution implemented with room thermostats.

The thesis was carried out as a written review of building automation systems and its various aspects, which are an essential part of heat measurement and control. At the end of the work, various possible logic-based solutions were studied and cost comparisons were made between the current and the new solution.

Thesis time the new standard solution was not implemented, but the work goes through various options for how automated heat measurement and control could be implemented in substations using programmable logic. The thesis will be useful if in the future, the heat measurement and control are to be automated by using programmable logics.

---

Keywords	Building automation, programmable logics, fieldbuses and-substation
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	SÄHKÖASEMARAKENNUKSEN POHJAPIIRRUSTUS .....	9
3	LÄMPÖTILA SÄHKÖASEMILLA.....	10
4	RAKENNUSAUTOMAATIO .....	13
	4.1 Rakennusautomaatiosta saatavia hyötyjä.....	13
	4.2 Aikaohjelmat .....	14
	4.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne .....	14
	4.3.1 Hallintotaso .....	15
	4.3.2 Automaatiotaso.....	16
	4.3.3 Kenttätaso .....	16
	4.4 Ohjelmoitava logiikka .....	16
	4.5 I/O-moduulit .....	17
	4.6 Lämpötila-anturi .....	19
5	VERKON FYYSINEN RAKENNE .....	21
	5.1 Väylätologia .....	21
	5.2 Tähtitologia.....	22
	5.3 Rengastologia .....	23
	5.4 OSI-Malli.....	24
6	KENTTÄVÄYLÄT .....	26
	6.1.1 Fyysiset liitännät.....	27
	6.1.2 RS-232 .....	27
	6.1.3 RS-485 .....	28
	6.1.4 RS-422 / RJ45.....	28
	6.2 MODBUS .....	29

6.3	BACNET .....	30
6.4	Yhdyskäytävä .....	32
7	PROJEKTISSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET .....	34
7.1	Väylämuuntimet .....	36
7.2	Ohjelmoitava logiikka .....	38
7.3	Ohjauspaneeli .....	39
7.4	Laajennusmoduulit .....	40
7.5	Jännitelähde .....	43
8	VERTAILU .....	45
9	TUTKIMUKSEN LOPPUTULEMA .....	49
	LÄHTEET .....	50

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Sähköasemarakennuksen pohjapiirros.....	11
<b>Kuva 2.</b> Lämpötila-arvoja sähköasemarakennuksissa.....	13
<b>Kuva 3.</b> Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne.....	17
<b>Kuva 4.</b> Väylätologia.....	22
<b>Kuva 5.</b> Tähtitologia.....	23
<b>Kuva 6.</b> Rengastologia.....	24
<b>Kuva 7.</b> OSI-mallin kerrokset.....	25
<b>Kuva 8.</b> Modbus-protokollan tiedonvaihto.....	32
<b>Kuva 9.</b> Bacnet-laitteiden objektitunnus.....	31
<b>Kuva 10.</b> Laitetunnusten asetukset.....	31
<b>Kuva 11.</b> Yhdyskäytävän OSI-kerrokset.....	35
<b>Kuva 12.</b> Havainnointikuva sähköaseman rakennusautomaatiojärjestelmästä....	38
<b>Kuva 13.</b> Procon A1M ja Intesisbox me-ac-mbs-1.....	40
<b>Kuva 14.</b> Schneider Electric Modicon M221 TM221CE24T ja Unitronics Vision570 V570-57-T20B-J.....	41
<b>Kuva 15.</b> Schneider Electric Magelis ohjauspaneeli.....	42
<b>Kuva 16.</b> Modicon TM3, AI.....	42
<b>Kuva 17.</b> I/O-liitäntämoduuli V200-18-E2B.....	43
<b>Kuva 18.</b> EX-A2X I/O Laajennusadapteri ja IO-ATC8 Laajennusyksikkö.....	44

<b>Kuva 19.</b> TMC2SL1 laajennusmoduuli.....	44
<b>Kuva 20.</b> Tasajännitemuunnin 110VDC / 24 VDC ja ABLS1A24031 Schneider Electric jännitelähde.....	45
<b>Taulukko 1.</b> Schneider-laitteiden hinnasto.....	47
<b>Taulukko 2.</b> Schneider-laitteiston hinta. ....	47
<b>Taulukko 3.</b> Unitronics-laitteiston hinta. ....	48
<b>Taulukko 4.</b> Huonetermostaateilla toteutettu ratkaisu.....	48

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin VEO Oy:n sähköasemasuunnittelu osastolle. Työn aiheena on korvata nykyinen vakioratkaisu lämmönmittauksessa ja -säädössä uudella logiikkapohjaisella ratkaisulla, josta olisi tarkoitus tulla uusi vakioratkaisu VEO Oy:n toimitamiin sähköasemarakennuksiin. Opinnäytetyössä esitellään rakennusautomaatiojärjestelmään kuuluvia komponentteja, mutta keskitytään enemmän tämän työn kannalta olennaisiin osa-alueisiin.

Uuden vakioratkaisun tarkoituksena olisi korvata nykyiset huonetermostaatit logiikkapohjaisella ratkaisulla. Logiikkapohjainen ratkaisu tarkoittaisi, että sähköasemarakennuksiin tultaisiin lisäämään rakennusautomaatiojärjestelmä. Toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyössä keskitytään lämmönmittauksen ja -säädön automatisointiin.

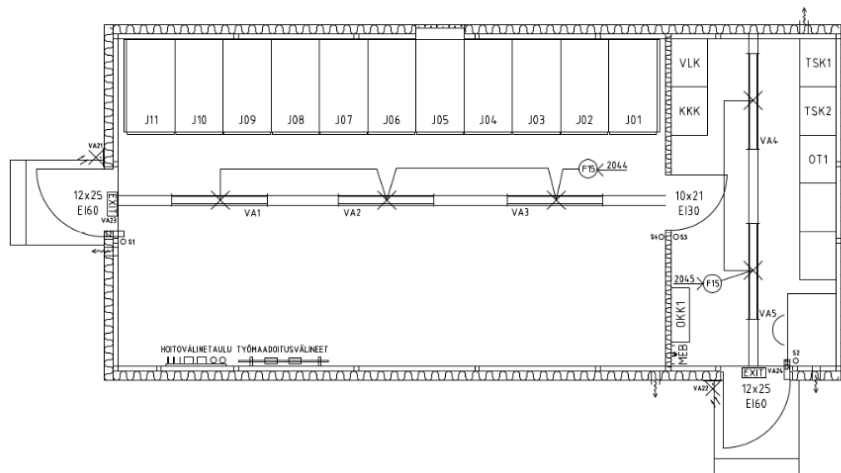
Logiikkapohjaisessa ratkaisussa lämpötilan mittaustiedot tuotaisiin lämpötila-anturilta logiikalle, joka ohjaisi rakennuksessa olevia eri lämmönlähteitä asetettujen arvojen ja mittaustulosten perusteella. Rakennusautomaatiota ei ollut tarkoitus yhdistää sähköaseman omaan automaatiojärjestelmään vaan tarkoituksena oli pitää rakennusautomaatio omana järjestelmänään, mutta tulevaisuudessa etäohjaus voisi olla mahdollista. Rakennusautomaatio pystyttäisiin yhdistämään sähköaseman automaatiojärjestelmään ja rakennusautomaation asetuksia pystyttäisiin muuttamaan myös etävalvomosta.



## 2 SÄHKÖASEMARAKENNUKSEN POHJAPIIRRUSTUS

Uudella vakioratkaisulla olisi korvattu nykyiset huonetermostaatit, joita käytetään sähköasemarakennuksen lämmönsäätöön sekä -mittaukseen. Termostaatit ovat huonekohtaisia ja niiden lukumäärä sähköasemalla riippuu rakennuksen koosta, sekä tarpeista. Alla olevassa kuvassa on esimerkkinä sähköasemarakennuksen pohjapiirros, siinä termostaatteja on käytetty säteilylämmittimien ohjaukseen, sekä ylä- ja alalämpötilahälytyksiin.

Sähköasemarakennuksien pääsääntöisestä lämmityksestä ja jäähtytyksestä vastaa ilmalämpöpumput ja lisälämmittiminä toimii säteilylämmittimet. Uudella vakioratkaisulla tavoiteltiin lämmönmittauksen ja -säädön automatisointia logiikka-pohjaisella ratkaisulla.



**Kuva 1.** Sähköasemarakennuksen pohjapiirros<sup>1</sup>

<sup>1</sup> VEO Oy. Yrityksen sisäinen intranet-tiedosto. 2021. Viitattu 13.2.2022.

### 3 LÄMPÖTILA SÄHKÖASEMILLA

Ilmalämpöpumpun sisäyksikkö pystyy normaalisti rakennusmuodosta ja tilan koosta, sekä pumpun sijoittamisesta riippuen lämmittämään tai jäähdyttämään 30-100m<sup>2</sup> kokoisen tilan.<sup>2</sup> Sähköasemarakennukset saattavat olla hyvinkin suuria, mutta yleensä rakennuksen sisätilat on eroteltu osiin, joten ilmalämpöpumppu riittää hyvin lämmittämään tai jäähdyttämään eri tiloja sähköasemalla.

Sähköasemarakennuksissa tilojen sisäilmasto on tehtävä käyttö- ja sähkölaitteille sopivaksi. Sisäilmastoa pyritään optimoimaan tilakohtaisella ilmanvaihdolla, lämmityksellä, jäähdytyksellä tai rakennusfysikaalisella suunnittelulla. Sähköasemarakennuksen tilojen kokonaisuus syntyy sähkölaitteista ja apulaitteistosta. Rakennuksen sisällä ilmanlämpötila saa enintään olla + 40 °C, eikä sisälämpötila saa keskiarvoltaan ylittää 24 tunnin aikana yli + 35 °C. Alimmillaan rakennuksen sisällä lämpötila saa olla enintään - 25 °C ja ulkolämpötila enintään - 40 °C, eikä ilmankosteus voi ylittää 95 % rajaa. Lämpötilavaatimukseen vaikuttaa myös laitekohtaiset standardit. Toimittaja ja tilaaja voivat tietyissä tilanteissa sopia sähköasemarakennuksen käyttövaatimuksista erikseen, mikäli olosuhteet niin vaativat, kuten - 5 °C asteen apulaitteiden käytössä.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Motiva Oy. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. 2020. Viitattu 4.4.2022 [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu\\_tukilammityslahteenä](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä)

<sup>3</sup> Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS 6001. 2018. Viitattu 10.4.2022 <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/679252.html.stx>

Tila	Maksimi-lämpötila	Minimi-lämpötila	Käyttö-lämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatustarve
Muuntajatilat luokka 01	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 10K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 20K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Muuntajatilat luokka 30K1	Huom. 1a	Huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	Huom. 3	
Pääkeskus tila	40 °C	5 °C	15...28 °C	Suosittelava kosteus 20 % – 85 %	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		Huom. 6
Moottorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			Huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2 Tarkista tilan räjähdysvaarallisuus		Huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	30 °C	15 °C	25 °C	Suosittelava kosteus 20 % – 75 %	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	27 °C	20 °C	22 °C	toleranssi yksi aste Suositeltava kosteus 45 % – 55 % huom 7	Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Invertteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		Huom. 3	Huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			Huom. 4 tai 5

## Kuva 2. Lämpötila-arvoja sähköasemarakennuksissa<sup>4</sup>

Sähköaseman sähkötilojen olosuhteiden tulee luoda edellytykset häiriöttömälle toiminnalle koje- ja laitetiloissa oleville sähkölaitteille. Mitä enemmän atk- tai automaatiolaitteita tila sisältää, sitä tarkemmin olosuhteet tulee muodostaa.<sup>4</sup>

Sähköasemien tiloja voidaan luokitella ilmastonin laatuvaatimusten mukaan. Sähköasemilla on kuitenkin poikkeavuuksia tilojen ilmastonin laatuvaatimuksesta, esimerkiksi kaapelitiloilla ilmastonin vaatimustaso on alhaisempi, kuin huoneissa, joissa on sähkötekniälaitteita, kuten ohjaustauluja tai akkuja.

Kuvassa 2 on esitettyä eri sähköasemarakennuksen tilojen maksimi-, minimi- ja käyttölämpötiloja, mutta nämä arvot ovat kuitenkin vain ohjeellisia. Kojeistotilat ja tilat, jotka pitävät sisällään automaatiolaitteita, jaetaan tyypillisesti keskenään tapauskohtaisesti. Jotkin sähköasemarakennuksen tilat antavat mahdollisuuden lämpötilan laskemiseen, kuten kaapelitilat. Mikäli lämpötilaa lasketaan

<sup>4</sup> Sähkötieto Oy. ST 682.10 Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys. 2017. Viitattu 10.4.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/637?search=53.61>

sähköasemarakennuksilla, saattaa se aiheuttaa kosteuden tiivistymistä, josta voi syntyä laitteiden hapettumista ja tämä heikentää niiden käyttövarmuutta.

## 4 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennuksen taloteknisten järjestelmien automatisointia ja pyritään saamaan yksittäisistä laitteista käyttäjäystävällinen kokonaisuus, sekä maksimoimaan rakennuksen energiatehokkuutta. Rakennusautomaation avulla voidaan rakennuksen toiminnallisuutta optimoida vähentämällä teknisten järjestelmien manuaalisia toimenpiteitä. Rakennusautomaatiolla voidaan ohjata, säätää, valvoa ja hallita kaikkia järjestelmiä, jotka ovat osana rakennuksen tekniikkaa.<sup>5</sup>

### 4.1 Rakennusautomaatiosta saatavia hyötyjä

Rakennusautomaatiojärjestelmä vastaa rakennuksen käytöstä ja huollosta ja sillä pyritään optimoimaan rakennuksen toiminnallisuutta niin, että tavoitellut sisäolosuhteet saavutettaisiin mahdollisimman pienellä energiankulutuksella. Edellytyksenä on tehokas rakennusautomaation ohjelmien ja ominaisuuksien hyödyntäminen. Rakennusautomaatiolla pystytään hallitsemaan energiankulutusta siten, että tähän vaikuttavia tekijöitä ohjataan vain tarpeiden mukaan, kuten ilmanvirtausta, lämpötilaa ja valaistusta. Erilaisia ohjauksia hyväksikäyttämällä pystytään optimoimaan energian kulutusta. Sähköasemarakennuksen lämpötilaa voidaan ohjelmallisesti vaihtaa lepotilaan, jolloin rakennuksessa lämpötilaa lasketaan. Tällaista toimintatapaa voidaan hyödyntää, mikäli rakennuksen käyttöaste on pieni.<sup>5</sup>

Rakennuksen hyvä energiatehokkuuden ylläpito ja optimointi on jatkuvaa prosessia, jonka täytyy perustua oikeisiin tietoihin olosuhteista, laitteiden kunnosta ja vika- sekä häiriötilanteista. Haasteena tässä on välttää turhaa energiankäyttöä ja samalla varmistua hyvästä sisäolosuhteen laadusta.

---

<sup>5</sup> Sähköinfo OY. ST-Käsikirja 17 Rakennusautomaatio järjestelmät. 2018. Viitattu 17.2.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/234?search=17>

## 4.2 Aikaohjelmat

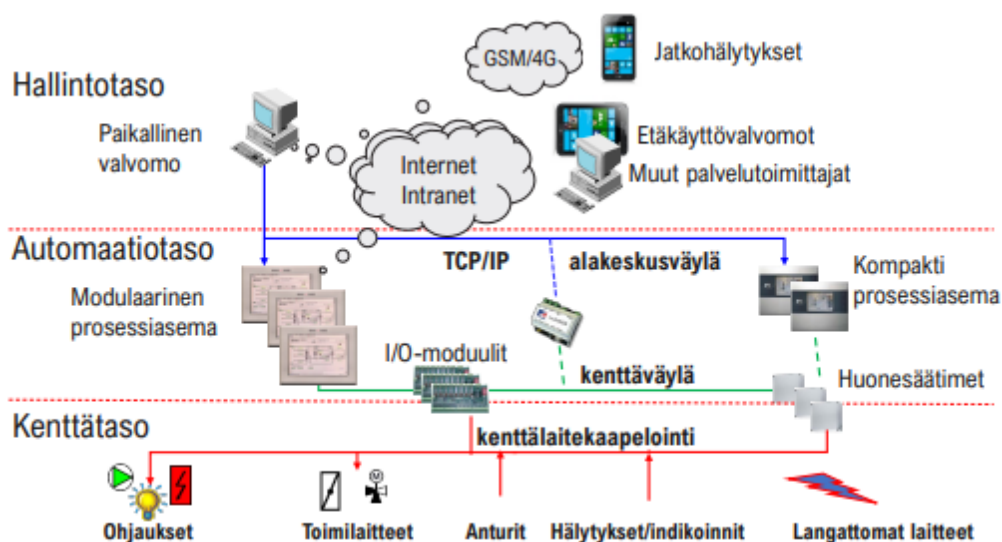
Aikaohjelmat ovat merkittävässä roolissa rakennuksen energiankäytössä ja onkin tärkeää, että aikaohjelmat on asetettu vastaamaan tilojen mahdollisia käyttöaikoja. Niitä muutettaisiin, mikäli tilojen käyttöajat muuttuvat ajan saatossa. Aikaohjelmissa voidaan määrittellä esimerkiksi viikoittainen asetus, joka pystyy toteuttamaan tiettyjä ohjauksia toistuvasti.

Aikaohjelmia hyödynnetään rakennusjärjestelmien prosessien ohjaamiseen. Tyypillisesti aikaohjelmia hyödynnetään lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, valojen sekä ovien sähkölukkojen ohjaamisessa.

Aikaohjaus voi olla myös jonkin laitteen käyntilupana, jolloin aikaohjelmalla ei suoranaisesti ohjata laitteen käynnistymistä tai pysähtymistä, vaan se toimii lupaehdona. Tätä voidaan hyödyntää, mikäli rakennuksen käyttöaste on pieni, jolloin saadaan karsittua turhaa energiankulutusta.<sup>5</sup>

## 4.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä voidaan jakaa kolmeen eri tasoon, jotka ovat hallintaso, automaatiotaso ja kenttätaso. Hallintotasolla on paikallisvalvomot ja etävalvomot. Automaatiotasolla on alakeskukset ja niihin kuuluvat I/O-moduulit. Alimmalla tasolla, eli kenttätasolla on rakennusautomaatiojärjestelmään kuuluvat kenttälaitteet.<sup>5</sup>



**Kuva 3.** Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne<sup>5</sup>

#### 4.3.1 Hallintotaso

Hallintotason päätehtävänä on toimia järjestelmän käyttäjärajapintana. Hallintotasoon kuuluu paikallisvalvomot, jotka sijaitsevat itse rakennuksen sisällä ja etävalvomot, joihin on keskitettynä useamman rakennuksen valvonta tai vaihtoehtoisesti valvomot voidaan toteuttaa pilvipalveluna. Valvomoihin kerätään dataa rakennuksen prosessista, jota voidaan hyödyntää prosessin analysointiin ja ohjaukseen, kuten lämpötilan asetusarvojen muutokseen.

Hallintotasolla tiedonsiirto pohjautuu avoimeen TCP/IP-protokollaan. Kommunikointi automaatiotasolta etävalvomoon toteutetaan laajakaistaverkkoa pitkin, tyypillisesti valokuidulla ja paikallisvalvomoiden kommunikointi toteutetaan Ethernet-väylää hyödyntämällä. Tiedonsiirto-ongelmat, jotka rajautuvat valvomoon voivat kadottaa yhteyden automaatiotasoon, mutta prosessi rakennuksessa pysyy silti toimimaan normaalilla tavalla.

### 4.3.2 Automaatiotaso

Automaatiotasolla alakeskuksiin lisätyt ohjelmat ohjaavat I/O-moduuleihin liitettyjen kenttälaitteiden välityksellä itse prosesseja. Erilaisia alakeskustyyppejä on modulaariset- ja kiinteäpistemääräiset alakeskukset. Modulaarisessa alakeskustyyppissä ohjelmoitava logiikka voidaan liittää kenttälaitteisiin I/O-moduuleilla. Kiinteäpistemääräinen alakeskus muodostetaan yhdestä elektroniikkakortista, johon pystytään liittämään kiinteä määrä liitäntäpisteitä. Kommunikointi automaatiotasolla toteutetaan tyypillisesti TCP/IP-protokollaan pohjautuviin kenttäväylä-ratkaisuihin ja LAN-verkkoon.

### 4.3.3 Kenttätaso

Kenttätaso koostuu toimilaitteista ja antureista, sekä niiden tilatiedoista. Anturit mittaavat reaaliaikaista tietoa rakennuksen olosuhteista, kuten lämpötilaa ja näiden mittaustulosten perusteella alakeskuksessa tehdään tarvittavat ohjaukset. Alakeskus vertailee anturilta saatuja mittaustuloksia käyttäjän asettamiin tavoitteisiin ja pyrkii toteuttamaan ohjauksilla halutun tavoitteen, kuten tietyn lämpötilan rakennuksessa. Kenttätasolla voidaan myös hyödyntää kenttäväyliä ja tällöin I/O-moduuleita pystytään hajauttamaan rakennuksen sisällä. Tyypillisiä kenttäväyliä, joita kenttätasolla käytetään kommunikointiin, on ModBus, KNX, M-Bus ja Bacnet. Nämä kenttäväylät ovat avoimia, joten ne sopivat monen eri laitevalmistajan kanssa keskenään, eikä automaatiojärjestelmän tarvitse olla yhden saman laitetoimittajan valmistama.

## 4.4 Ohjelmoitava logiikka

Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkiassa ohjelmoitavat logiikat (PLC) sijaitsevat automaatiotasolla. Niitä käytetään sähkömekaanisten prosessien automaatiointiin. PLC:n on mahdollista olla vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa konfiguroinnissa, hälytysraportoinnissa tai jokapäiväisessä hallinnassa. Tähän tarkoitukseen voidaan logiikkaan liittää ohjauspaneeli HMI (Human Machine Interface).



Yksinkertainen järjestelmä voi käyttää painikkeita ja valoja vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa. Saatavilla on tekstinäyttöjä sekä graafisia kosketusnäyttöjä. Monimutkaisemmat järjestelmät käyttävät tietokoneeseen asennettuja ohjelmointi- ja valvontaohjelmistoja PLC: n ollessa kytkettynä tietoliittymän kautta.

Ohjelmitaviin logiikoihin on kommunikointia varten rakennettu yleensä 9-nastainen RS-232 sarjaliitin tai yleisemmin käytössä olevat RS-485 tai Ethernet-sarjaliitintä mahdollisuudet. Useimmat nykyaikaiset PLC: t voivat kommunikoida verkon kautta johonkin muuhun järjestelmään, kuten tietokoneeseen, jossa on SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) -järjestelmä tai verkkoselain. Suuremmissa I/O-järjestelmissä käytettävissä PLC-järjestelmissä voi olla point-to-point (P2P) -tiedonsiirto prosessorien välillä. Tämä mahdollistaa monimutkaisen prosessin erillisillä osilla olevan yksilöllisen hallinnan samalla, kun osajärjestelmät voivat koordinoita viestintäyhteyden kautta. Näitä tietoliikenneyhteyksiä käytetään usein myös HMI-laitteissa tai PC-tyyppisissä työasemissa.<sup>6</sup>

#### 4.5 I/O-moduulit

I/O-pisteet voidaan jakaa neljään eri kategoriaan; Digital Input (DI), Digital Output (DO), Analog Input (AI) ja Analog Output (AO) -pisteisiin. Kenttätason laitteet ovat kytketty I/O-moduuleihin, jotka kommunikoivat alakeskuksen kanssa. I/O-pisteet voidaan myös jaotella fyysisiin pisteisiin, sekä ohjelmallisiin pisteisiin<sup>5</sup>.

DI eli digitaalisia sisääntulomoduuleja voidaan käyttää potentiaalivapaiden kärkitietojen tai hälytystietojen lukemiseen. DI-liityntäpiste voidaan ketjuttaa

---

<sup>6</sup> Perlego. Temperature Control Technologies & Home Automation. 2014. Viitattu 13.3.2022. <https://www.perlego.com/book/1295846/temperature-control-technologies-home-automation-pdf>

analogiapisteeseen, jolloin voidaan havaita kaapelin vioittumisen. Jokainen kanava pystytään määrittelemään yksilöllisesti ja moduulissa on LED-merkkivaloja, joista pystytään tarkastella visuaalisesti mikä tilatieto kulloinkin on kyseessä<sup>5</sup>.

DO eli digitaalista ulostulomoduulia voidaan hyödyntää erilaisissa päälle/pois toimintojen ohjauksissa. DO-moduulin kanavassa voi olla rele, jolloin puhutaan RO-moduulista (relay output), jolloin kanavassa on potentiaalivapaita koskettimia. Mikäli DO-moduulissa ei ole relettä, voidaan vaihtoehtoisesti käyttää välireleitä ohjauksissa. Moduulia voidaan ohjata myös moduulilta käsin ohjelmoidun ulostulon ohittamiseksi tai asettaa se automatiikalle. Tietoliikenteen katketessa prosessoripohjainen moduuli pystyy säilyttämään nykyisen tilansa tai vaihtaa ohjelmoituun tilaan. DO-moduulissa on myös LED-merkkivalo, joka ilmaisee tilatiedon<sup>5</sup>.

Erilaisia mittausantureita, kuten aktiivisia tai passiivisia antureita, liitetään AI eli analogia tulomoduuleihin. AI-moduuleilla pystytään lukemaan virta- ja jänniteviestejä tai resistanssin arvoja antureista. AI-moduuleja on erilaisia, joten mittauksien lukemiseen täytyy valita oikeanlainen AI-moduuli, esimerkiksi lämpötila-antureille on siihen tarkoitettu AI-moduuli. Mittausviesti muunnetaan ala-asemassa esimerkiksi jänniteviestistä lämpötilaksi.

AO:lla eli analogisella lähtömoduulilla voidaan toteuttaa erilaisia portaattomia säätöjä, joissa käytetään jänniteohjaussignaaleja. Jännitesignaalit ovat tyypillisesti 0-10V tai 2-10V, mutta virtasignaaleja käytetään harvemmin. Joissakin AO-moduuleissa on myös oma prosessori, tällaiselle moduulille voidaan ohjelmoida itsenäisiä toimintoja. Itsenäiset AO-moduulit ovat hyödyllisiä, mikäli alakeskuksessa tulee häiriö ja siitä huolimatta laitetta täytyy ohjata<sup>5</sup>.

Rakennusautomaatiojärjestelmän alimmalle tasolle kuuluvat kenttälaitteet, joita ensisijaisesti ovat toimilaitteet ja anturit. Rakennusautomaatiossa antureiden pääsääntöinen tehtävä on mitata eri tilojen reaaliaikaisia suureita ja välittää niitä eteenpäin alakeskuksille, joka vertaa mitattuja tietoja automaatio suunnitelmien ja käyttäjän asettamien rajojen välillä.<sup>5</sup>

Kenttälaitteita kaapeloidessa tulee huomioida laitteiden mittauseriaatteen, toimilaitteiden toimintaperiaatteen ja toimilaitteiden käyttöjännite, sekä laitteiden toimittajien ohjeet. Edellä mainittujen tekijöiden perusteella kenttälaitteille valitaan sopiva kaapelointi. Passiivisten antureiden, kuten lämpötila-antureiden kaapelointiin voidaan käyttää mm. NOMAK 2 x 2 x 0,5 + 0,5 tai KLMA n x 0,8 + 0,8.<sup>5</sup>

#### 4.6 Lämpötila-anturi

Rakennusautomaatiossa antureiden pääsääntöinen tehtävä on mitata eri tilojen reaaliaikaisia suureita ja välittää niitä eteenpäin alakeskuksille, joka vertaa mitattuja tietoja automaatio suunnitelmien ja käyttäjän asettamien rajojen välillä.<sup>5</sup>

Rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyistä antureista suurin osa on lämpötila-antureita, joiden mittaus perustuu mittauselementin resistanssin mittaukseen, jossa elementin vastus muuttuu ympäristön lämpötilan funktiona. Mikäli sähköinen vastus kasvaa lämpötilan noustessa anturilla on positiivinen lämpötilakerroin, eli puhutaan PTC-antureista (Positive Temperature Coefficient). Vastaavasti mikäli anturilla on negatiivinen lämpötilakerroin, eli sähköinen vastus laskee lämpötilan noustessa, on kyseessä NTC-anturi (Negative Temperature Coefficient).

Käytetyimpiä anturityyppejä rakennusautomaatiojärjestelmissä ovat PT100-, PT1000-, Ni1000-, NTC10k- ja NTC20k anturit. PT100 ja PT1000 lämpötila-antureiden elementti on valmistettu platinasta ja Ni1000- antureiden elementti nikkelistä. NTC- ja PTC-antureiden elementit on puolijohteita eli termistoreja. Puolijoh-teiden etuna on niiden suuri ominaisresistanssi, jonka vuoksi asennuskaapeleista johtuvaa lisäresistanssia ei tarvitse kompensoida erikseen.

Antureilta saatuja mittaustietoja käsitellään vielä ohjelmallisesti ennen niiden hyödyntämistä, jotta voidaan varmistua tuloksien luotettavuudesta. Mittaustietojen tarkastelulla pyritään selvittämään onko mittaustulos anturin normaalilla mitta-alueella ja varmistetaan, että kaapeli sekä anturi ovat käyttökuntoisia. Valittaessa

lämpötila-antureita tulee ottaa huomioon sen fyysinen rakenne, asennustapa, kotelointiluokka ja käyttökohde sekä toimintanopeus.

## 5 VERKON FYYSINEN RAKENNE

Topologialla tarkoitetaan sitä, miten verkko on rakennettu fyysisesti, eli miten laitteiden välinen tiedonsiirtokaapelointi on toteutettu. Topologia myös käsittelee aiheen millä tavoin data kulkee verkkopisteiltä toisille, tätä kutsutaan loogiseksi topologiaksi. Tyypillisiä topologiatyyppejä ovat väylä-, tähti- ja rengastopologiat.

Valittaessa laitteiden kaapelointitapaa tulee ottaa huomioon verkkoon liitettyjen laitteiden ominaisuuksia, sekä minkälaisia tietoja laitteiden välillä kulkee. Verkon rakenteesta saadaan sitä tehokkaampi, mitä suurempia ja lyhyempiä matkoja viestit saadaan kuljetettua laitteelta toiselle. Hyvällä tietoliikenneverkon suunnitella pystytään tehostamaan verkon toimintaa, parannettua verkon ylläpitoa ja sillä voidaan tukea tietoturvallisuutta.

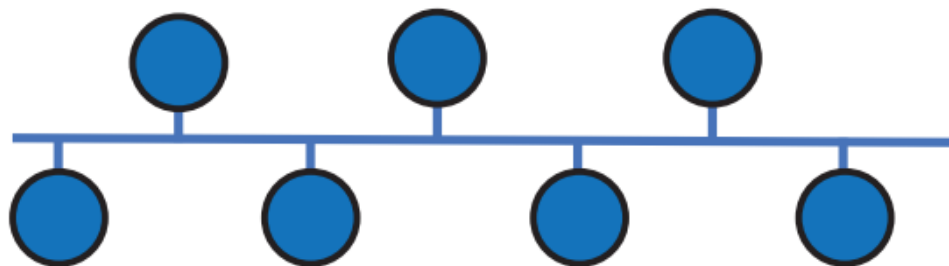
Jokainen viesti, joka lähetetään missä tahansa topologiamuodossa on aina osoitteellinen, eli viestit voidaan lähettää yksilöllisesti topologiamuodosta riippumatta.<sup>14</sup>

### 5.1 Väylätologia.

Väylätologiassa on käytössä yksi runkokaapeli mihin jokainen verkossa oleva laite liitetään. Verkon päihin tulee asentaa vastukset, jotka estävät viestien heijastumisen takaisin väylään. Väylätologiassa kaikki laitteet vastaanottavat ja lähettävät viestejä runkokaapelia pitkin, mutta täytyy huomioida, että runkokaapelissa voi kulkea ainoastaan yksi viesti kerrallaan.

Väylätologiaan voidaan liittää uusia laitteita vaivattomasti eikä uuden laitteen lisääminen vaikuta muiden laitteiden tiedonsiirtoon. Väylässä tapahtuva

tiedonsiirtonopeus on verrattavissa siihen, miten monta laitetta väylän runkokaapeliin on kytketty<sup>7</sup>.



**Kuva 4.** Väylätologia<sup>5</sup>

## 5.2 Tähtitologia

Tähtitologiassa on keskuslaite, jonka kautta kaikki verkossa liikkuvat viestit kulkevat. Tiedonvaihto tapahtuu aina keskuslaitteen kautta, mikäli jokin väylään kytketty laite lähettää viestin, se kulkeutuu aina keskusyksikön kautta, jossa keskusyksikkö tarkistaa osoitteen ja välittää viestin eteenpäin kohdelaitteelle. Tähtitologiassa jokaisella laitteella on oma tiedonsiirtoväylä keskuslaitteelle, joten muiden kuin keskuslaitteen vioittuminen ei vaikuta muun verkon toimintaan. Verkkoon pystytään myös liittämään uusia laitteita ilman, että se häiritsee kokonaisuudessaan verkon toimintaa.<sup>8</sup>

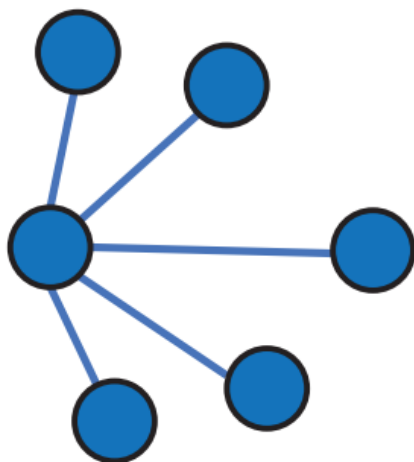
---

<sup>7</sup> ALTITUDETVM.Tietoverkkotologia – määritelmä, tyypit, vahvuudet ja heikkoudet. 2020. Viitattu 14.3.2022

<https://altitudetvm.com/fi/networking/1989-topologi-jaringan-komputer-8211-pengertian-jenis-kelebihan-dan-kekurangannya.html>

<sup>8</sup> Perlego. Fieldbus and networking in Process Automation. 2017. Viitattu 14.3.2022

[https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=9d64aec6db9d44c54da7d70167f8fd7a&index=prod\\_BOOKS&gridPosition=1](https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=9d64aec6db9d44c54da7d70167f8fd7a&index=prod_BOOKS&gridPosition=1)

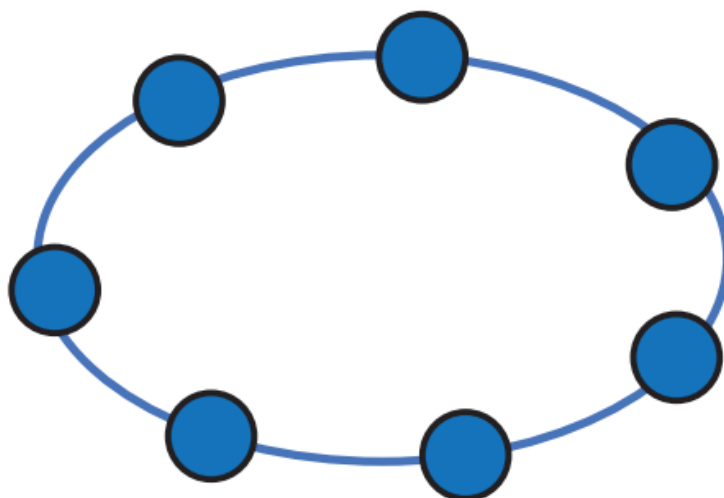


**Kuva 5.** Tähtitopologia<sup>5</sup>

### 5.3 Rengastopologia

Rengastopologiassa solmupisteet muodostavat renkaan muotoisen verkon. Peräkkäisten laitteiden välillä on pisteestä pisteeseen (point-to-point) yhteys, jossa laitteet ovat kytkettynä sarjaan. Näin saadaan muodostettua suljettu silmukka ja edelliseltä solmupisteeltä saatu viesti kulkeutuu seuraavalle laitteelle. Kommunikointi voi tapahtua vain yhteen suuntaan ja vain yksi laite voi kerrallaan lähettää viestiä eteenpäin, näin estetään viestien törmäykset.

Mikäli rengastopologiaan kytketty laite tai kaapeli rikkoutuu, saattaa se pahimmillaan aiheuttaa katkoksen koko verkon viestintään.<sup>8</sup>



**Kuva 6.** Rengastopologia<sup>5</sup>

#### 5.4 OSI-Malli

Keskeinen näkökohta kenttäväyläjärjestelmien hyväksymiselle oli niiden avoimuus. Julkisesti saatavilla olevien eritelmien ja lopulta standardien saatavuus mahdollisti niin kutsuttujen monitoimijärjestelmien perustamisen, joissa eri valmistajien kehittämät komponentit toimivat yhdessä yhteisen toiminnallisuuden saavuttamiseksi. ISO (Internaton Standards Organization) on tehnyt käsitteellisen mallin avointen järjestelmien yhteenliittämiseen, tätä kutsutaan OSI (Open Systems Interconnection) -malliksi. OSI-malli jaetaan pienempiin osiin, joita on seitsemän kappaletta ja niitä kutsutaan kerroksiksi. Jokainen kerros on kokoelma samanlaisia toimintoja, jotka tarjoavat palveluja sen yläpuolelle ja vastaanottaa palveluja sen alapuolella olevasta kerroksesta. Kerros, joka tarjoaa virheetöntä



viestintää verkon kautta, tarjoaa sen yläpuolella oleville sovelluksille niiden tarvitseman polun.<sup>9</sup>

Teknisten järjestelmien tiedonsiirtoa pystytään tutkia riippumatta käytetyn laitteen teknologiasta. Tiedonsiirtopalvelut toteutetaan OSI-mallin alimmilla kerroksilla, joihin kuuluu neljä ensimmäistä kerrosta. Kolmella ylemmällä kerroksella määritellään missä määrin laitteet ja sovellukset voivat todella toimia yhdessä.

7	Sovelluskerros	Application layer
6	Esitystapakerros	Presentation layer
5	Yhteyskerros (myös istuntokerros)	Session layer
4	Kuljetuskerros	Transport layer
3	Verkkokerros	Network layer
2	Siirto(yhteys)kerros	Data link layer
1	Fyysinen kerros	Physical layer

**Kuva 7.** OSI-mallin kerrokset<sup>14</sup>

---

<sup>9</sup> Perlego. Industrial Communications Systems. 2021. Viitattu 15.3.2022  
[https://www.perlego.com/book/2580253/mobile-communications-systems-development-a-practical-introduction-to-system-understanding-implementation-and-deployment-pdf?queryID=a6c9b615199640dd88dd6ad5e135a534&index=prod\\_BOOKS&gridPosition=1](https://www.perlego.com/book/2580253/mobile-communications-systems-development-a-practical-introduction-to-system-understanding-implementation-and-deployment-pdf?queryID=a6c9b615199640dd88dd6ad5e135a534&index=prod_BOOKS&gridPosition=1)

## 6 KENTTÄVÄYLÄT

Kenttäväylä on tietoliikenneprotokolla, joka käyttää kaksisuuntaista multidrop-tietoliikenneyhteyttä älykkäiden kenttälaitteiden välillä<sup>10</sup>. Multidrop-tietoliikenneyhteys mahdollistaa useamman toimilaitteen ja antureiden yhdistämisen samaan tietoliikenneväylään. Tiedot siirtyvät kenttäväylässä valitun protokollan mukaan laitteelta toiselle. Älylliset laitteet, jotka kykenevät toteuttamaan toimintoja itsenäisesti, vähentävät monimutkaisten ohjausjärjestelmien tarvetta<sup>11</sup>.

Perinteisessä järjestelmässä käytetään useita analogia-digitaalimuuntimia, jolloin jokainen yksittäinen muunnos lisää mittausvirheitä. Kenttäväylä on täysin digitaalinen ja siitä aiheutuvat virheetkin ovat myös pienempiä. Laitteet voivat toimia ilman toiminnallisia menetyksiä, koska useimmat kenttäväylälaitteet ovat yhteensopivia ja näin yhteentoimivuudesta ei seuraa ongelmia.

Kenttäväyläratkaisu mahdollistaa hajautetun järjestelmän käytön, jossa kenttälaitteet suorittavat perustoimintoja, kuten skaalauksia ja erilaisia muunnoksia. Ennen kenttäväyliä yleistyminen erilaisia suureita, kuten lämpötilaa, säädettiin manuaalisesti paikallisilla laitteilla. Väylälaitteiden lisääntyminen tuo uusia mahdollisuuksia automaatiojärjestelmien käyttöön<sup>10</sup>.

Kenttäväylää hyödyntämällä mahdollisuus kytkentävirheille pienenee ja se nopeuttaa mahdollisia korjaustoimenpiteitä. Kaapeleita pystytään vähentämään verrattuna perinteiseen järjestelmään, josta seuraa kustannussäästöjä.

Kenttäväylään liitettyjen laitteiden parametreja voidaan myös ohjelmallisesti asettaa, mikä nopeuttaa järjestelmän käyttöönottamista. Mikäli kenttäväylään

---

<sup>10</sup> Sähköinfo Oy. ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017. Viitattu 6.4.2022

<sup>11</sup> Perlego. Fieldbus and Networking in Process Automation. 2017. Viitattu 7.4.2022  
[https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=5c3a3bde998a184acc4d28f2a73b91ee&index=prod\\_BOOKS&gridPosition=1](https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=5c3a3bde998a184acc4d28f2a73b91ee&index=prod_BOOKS&gridPosition=1)

liitetään uusia laitteita tai vaihtoehtoisesti niitä poistetaan, voidaan ne toteuttaa, vaikka järjestelmä on jo käytössä. Tähän kuitenkin vaikuttaa mitä verkon rakennetta käytetään. Kenttäväylän yksinkertaisuus tuo mukanaan lisää käyttövarmuutta ja automaatiojärjestelmän ylläpitokustannukset laskevat.

Kenttäväylät tuovat automaatiojärjestelmään laitediagnostiikan, jolla voidaan auttaa prosessin käytettävyyttä<sup>11</sup>.

### **6.1.1 Fyysiset liitännät**

Fyysisiä liitännöitä käytetään kenttäväylien liittämiseen eri laitteisiin. Erilaisia fyysisiä liitännöitä ovat RS-422/EIA-422, RS-485 ja RS-232 liitännästandardeja, jotka ovat määriteltyjä standardeja. Liitännätavoilla on eri ominaisuuksia ja käytettävää liitännätapaa käytetään tarpeiden mukaan. Fyysiset liitännästandardit sijoittuvat OSI-mallin fyysiselle kerrokselle, eli ensimmäiselle kerrokselle. Maksimi kaapelien pituudet, mitä eri tietoliikenneväylillä voidaan käyttää, ovat riippuvaisia tietoliikenne nopeudesta.<sup>12</sup>

### **6.1.2 RS-232**

Suosittelun kaapelin maksimipituus RS-232 liitännälle on 25 metriä. Lyhyen kaapelin maksimipituuden vuoksi RS-232 sopii ainoastaan pieniin kohteisiin. RS-232 kommunikoi full duplexinä, eli se pystyy samanaikaisesti vastaanottamaan sekä lähettämään dataa.

---

<sup>12</sup> Perlego. Industrial Process Automation Systems. 2014. Viitattu 8.3.2022. <https://www.perlego.com/book/1833103/industrial-process-automation-systems-design-and-implementation-pdf>

### 6.1.3 RS-485

RS-485 ja EIA-485 tarkoittavat samaa standardoitua sarjaliikenneväylää. Tätä standardia pystytään käyttämään pidemmällä etäisyyksillä, kun tavoitellaan nopeaa tiedonsiirtonopeutta, eikä sen käyttämälle kaapelille ole määritelty maksimipituutta. Kuitenkin signaali alkaa radikaalisti heikentyä 1200 m jälkeen. Signaalin vahvuus kuitenkin riippuu väylään liitettyjen laitteiden määrästä sekä sille määritellystä tiedonsiirtonopeudesta.

RS-485 kommunikoi half duplexina, eli se ei pysty samanaikaisesti lähettämään sekä vastaanottamaan dataa. RS485- väylään voidaan kytkeä 32 laitetta per väylä, eikä ole merkitystä, miten monta lähettäjä tai vastaanottajaa väylään on kytketty.<sup>13</sup>

### 6.1.4 RS-422 / RJ45

RS-422-liitäntästandardi kommunikoi half duplexina. Se tukee ainoastaan yhtä lähettäjä kerrallaan, mutta vastaanottolaitteita voi olla maksimissaan 10 kappaletta. RS-422 maksimikaapeli pituudet ovat verrattavissa RS-485 standardiin.

Yleisissä lähiverkko ja tietoliikenneverkoissa on käytetty RJ45-liitäntää. RJ45-liitäntää käytetään TCP/IP pohjaisten protokollien kanssa. RJ45-liitäntä kommunikoi full duplexina, eli sillä voidaan lähettää ja vastaanottaa dataa samanaikaisesti. RJ45:n hyvän häiriösuojauksen vuoksi datansiirto on hyvin varmennettua<sup>12</sup>.

---

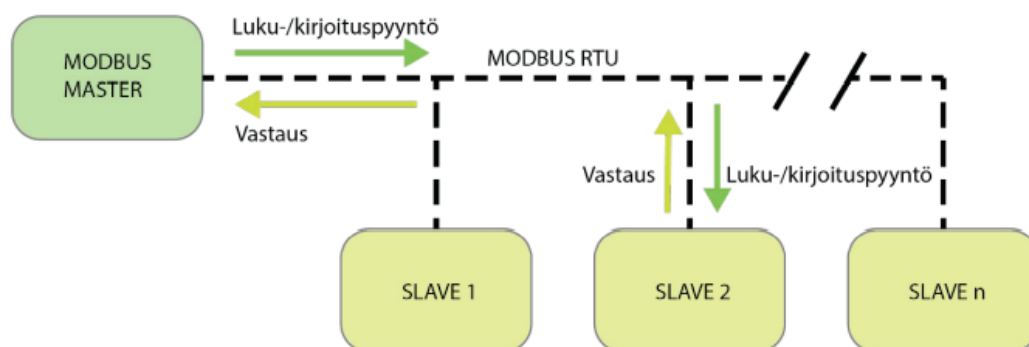
<sup>13</sup> Sähköinfo Oy. ST-Käsikirja 23 KNX-järjestelmän perusteet. 2019. Viitattu 15.3.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/5858?search=23>

## 6.2 Modbus

Modbus-protokolla on avoin Primääri-Sekundääri-protokolla. Väylässä toimii yksi primäärilaitte ja siihen voidaan liittää enintään 247 sekundäärilaitetta. Modbus:in oletusarvoiseksi tiedonsiirtonopeudeksi on asetettu 19200bps (bittiä sekunnissa). Muitakin tiedonsiirtonopeuksia voidaan halutessa käyttää, mutta näistä yksi yleisimpiä on 9600 bps. Tyypillisesti Modbus on käytössä instrumentointi- ja ohjauslaitteiden signaalien lähettämiseksi takaisin tiedonkeruujärjestelmään tai pääohjaimelle, esimerkkinä voidaan pitää järjestelmää, joka mittaa lämpötilaa ja välittää mittaustulokset logiikalle.<sup>12</sup>

Modbus-viestinnän aloittaa aina primäärilaitte. Sekundäärilaitteet eivät koskaan lähetä tietoja vastaanottamatta viestiä primäärilaitteelta, eivätkä ne kommunikoi keskenään.

Modbus-protokollaversioita on kolme kappaletta: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code For Information Interchange) ja Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Modbus TCP/IP on käytössä Ethernet ratkaisussa ja Modbus RTU / ASCII voivat käyttää fyysisinä siirtoteinä RS-485 tai RS232 rajapintoja. Yleisin on RS485 kaksijohtiminen liitäntä ja lisävaihtoehtona voidaan toteuttaa myös RS485-nelijohtiminen liitäntä. Mikäli tietoliikennesiirtotiet ovat lyhyitä, silloin tyypillisesti käytetään RS232 pisteestä-pisteeseen tiedonsiirtoa. Modbus-protokolla kattaa OSI-mallin 1 (fyysinen), 2 (siirtokehys), 7 (sovellus) tasot.



**Kuva 8.** Modbus-protokollan tiedonvaihto<sup>14</sup>

Modbus-viestintätapoja on monilähetys ja yksilöllinen lähetys. Yksilöllisessä lähetysmuodossa viesti lähetetään halutulle sekundäärilaitteelle, jolla on tietty (1–247) osoite, jotta sitä voidaan käsitellä yksilöllisesti riippumatta muista laitteista. Monilähetystilassa primääri-laite voi lähettää pyynnön kaikille sekundäärilaitteille, mutta ne eivät lähetä vastausta takaisin.

**6.3 BACNET**

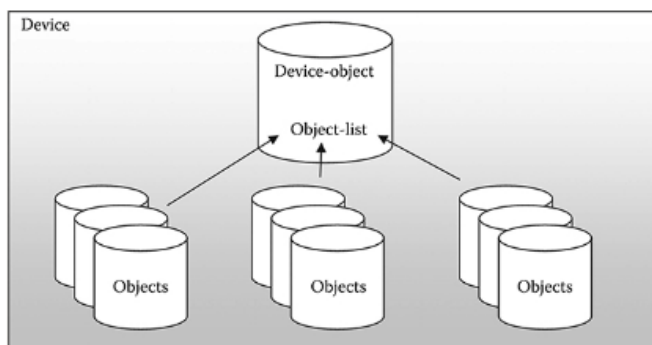
Bacnet on rakennusautomaatioon ja -ohjauksiin kehitetty avoin tietoliikenneprotokolla. Bacnet-protokollaa voidaan käyttää monissa eri rakennuksen ohjauksissa, kuten lämmityksessä, ilmanvaihdossa ja valaistuksen ohjauksessa.<sup>15</sup>

Bacnet käyttää hajautettua järjestelmää tallentaakseen fyysisiin ja virtuaalisiin tietopisteisiin liittyvän tiedon. Bacnet-verkkoon lisättyjä laitteita kutsutaan objekteiksi ja niille määritellä erilaisia asetuksia. Asetukset edustavat fyysisiä tai virtuaalisia tietoja. Objekteja ohjataan ja seurataan niille aseteltujen arvojen kautta. Laitetunnukset voivat olla analogisia, digitaalisia, monitilatuloja tai monitilalähtöjä sekä arvoja.<sup>9</sup>

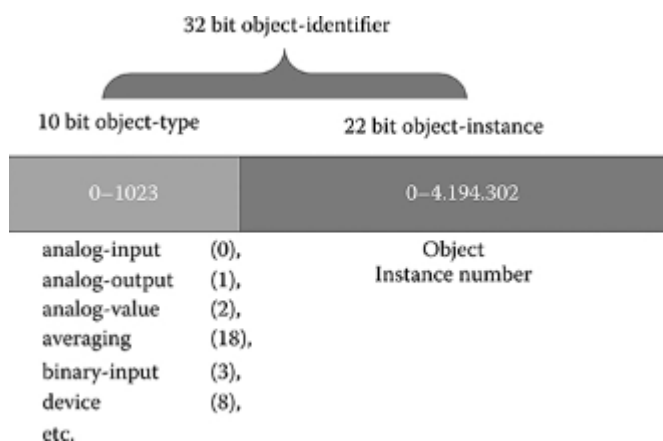
---

<sup>14</sup> Sähköinfo Oy. ST-käsikirja 21 Taloteknisten Järjestelmien Tiedonsiirto. 2022. Viitattu 19.5.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/231?search=21>

<sup>15</sup> Perlego. Internet of Things. 2011. Viitattu 19.4.2022 <https://www.perlego.com/book/1012388/the-internet-of-things-key-applications-and-protocols-pdf>



**Kuva 9.** Bacnet-laitteiden objektitunnus.<sup>9</sup>



**Kuva 10.** Laitetunnusten asetukset.<sup>9</sup>

Bacnet-laitteet esitetään verkossa laitetunnusten avulla. Jokaisen verkkoon kytke-  
 tyn laitteen ja laitetunnuksen tulee olla ainutlaatuinen. Laitetunnukset tarjoavat  
 kaiken datapisteeseen liittyvän tiedon laitteessa. Objektien yksilölliseen osoitta-  
 miseen Bacnet käyttää 32-bittistä tunnistetta, joka koostuu 10-bittisestä tyyppistä  
 ja 22-bittisestä ilmentymän arvosta. Lisäksi jokaisella objektilla on yksilöity tun-  
 nus.<sup>9</sup>

Bacnet-väylä on helposti käyttöönotettava sekä se soveltuu hyvin monimutkai-  
 sempien integraatioiden luontiin, kuten alakeskuksen ja valvomon väliseen liitän-  
 tään. Bacnet-laitteet voidaan toimittajariippumattomasti integroida eri järjestel-  
 miin sekä sertifiointin vuoksi laitteiden luomat rajapinnat ovat luotettavia.<sup>9</sup>

Bacnet pystyy käyttämään siirtoteinä RS485 tai RS232 sarjaliikenneväyliä (Bacnet MS/TP) ja sillä voidaan hyödyntää rakennuksen Ethernet kaapelointia (Bacnet IP).

14

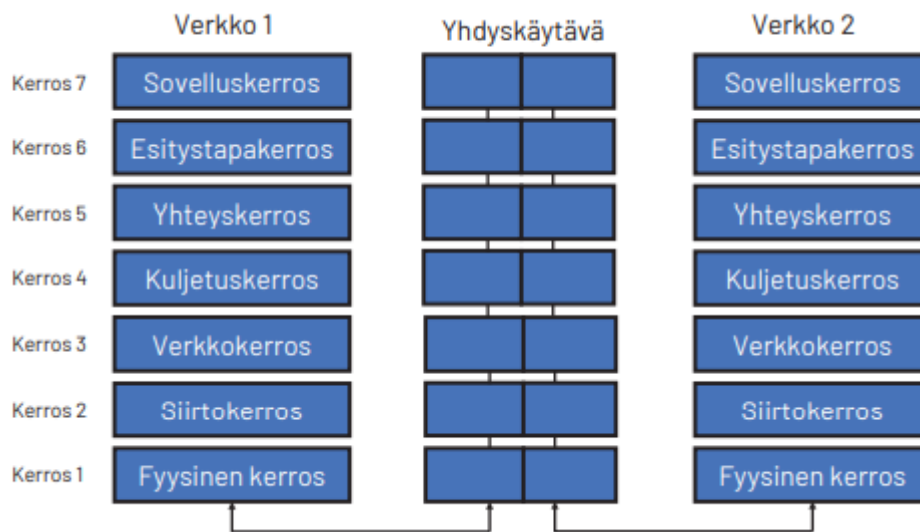
#### 6.4 Yhdyskäytävä

Gateway eli yhdyskäytävä on käytettävä verkkosolmu tietoliikenteessä. Yhdyskäytävät ovat periaatteessa protokollamuuntimia, jotka mahdollistavat kahden protokollan yhteensopivuuden ja toimivat millä tahansa avoimen järjestelmän yhteenliittämismallin OSI-kerroksella<sup>16</sup>. Yhdyskäytävä toimii verkon tulo- ja poistumispaikkana, sillä kaikkien tietojen on kuljettava sen läpi tai kommunikoitava sen kanssa. Yhdyskäytävä käy läpi kaikki OSI-mallissa olevat kerrokset. Väylämuuntimelle voidaan asettaa tiedonsiirtonopeudet ja mahdolliset osoitteet manuaalisesti tai ohjelmallisesti.<sup>14</sup>

---

<sup>16</sup> TechTarget. Network. 2019. Viitattu 14.4.2022.  
<https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/gateway>





**Kuva 11.** Yhdyskäytävän käyttämät OSI-kerrokset.<sup>14</sup>

Ongelmia yhdyskäytävien käytössä on, että se tuo järjestelmään monimutkaisuutta, minkä vuoksi laitteiden hinnat voivat olla korkeita. Mikäli verkkoon liitetään yhdyskäytävä, niin se usein määrittelee koko verkon siirtokyvyn ja voi mahdollisesti olla koko verkon pullonkaula. Monimutkaisemmissa järjestelmissä tästä syntyy suuri ongelma ja usein manuaalinen konfigurointi on välttämätöntä. Manuaalisesti laitteelle voidaan määritellä sen tiedonsiirtokyky, laitteosoite, muistirekisteri ja tietotyyppi sekä vaaditut protokollamuunnokset.

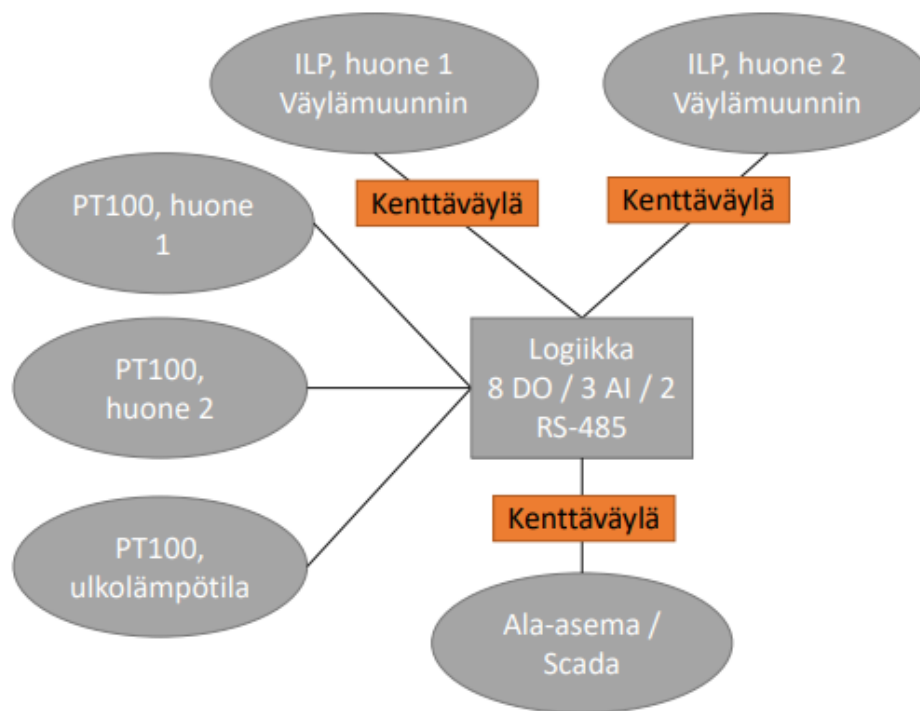
## 7 PROJEKTISSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

Kuvassa 11 on esitettyä havainnointi, miten sähköasemalla voitaisiin hyödyntää logiikkapohjaista ratkaisua lämpötilanmittauksessa ja -säädössä. Sähköasemilla käytetään yleisesti 110VDC-tasajännitettä ja tyyppillinen käyttöjännite logiikoissa on 24VDC.

I/O-moduulin liitäntäpisteiden määrään vaikuttaa ohjattavien laitteiden lukumäärä. Esimerkkinä voidaan käyttää sähköasemaa, jossa on kojeistotila ja akkuhuone, tällöin logiikkaan tarvittaisiin digitaalisia lähtöjä 8 kappaletta. Digitaalilähdöistä logiikka ohjaisi ali- ja ylälämpötilahälytykset, poistoilmapuhallinta ja lämmityksenohjausta. Lämmityksenohjaus ohjaisi sähköasemarakennuksessa olevia säteilylämmittimiä ja ylä- ja alilämpötilahälytykset ohjattaisiin sähköaseman SCADA-järjestelmään. Ylälämpötilahälytyksen raja-arvona on tyyppillisesti pidetty 35 °C ja alilämpötilahälytyksen raja-arvo on 5 °C.

Poistoilmapuhallin ei ole nykyisin yleisessä käytössä sähköasemilla, vaan niitä asennetaan rakennuksiin asiakkaan toiveiden mukaan. Puhallin on jäänyt pois, sillä ilmalämpöpumput pystyvät hoitamaan sähköasemarakennuksen lämmityksen ja jäähdytyksen.

Säteilylämmittimien määrä vaihtelee huoneiden koosta ja määrästä riippuen. Yhdellä digitaalisella lähdöllä pystyttäisiin ohjaamaan kaikkia huoneessa olevia säteilylämmittimiä. Säteilylämmittimet asetettaisiin ohjelmallisesti kytkeytymään päälle ennen ilmalämpöpumppua, jotta estetään jäähdytyksen ja lämmityksen yhdenaikaisuus.



**Kuva 12.** Havainnointikuva sähköaseman rakennusautomaatiojärjestelmästä

PT100 lämpötila-antureita varten logiikkaan on varattava vähintään 3 analogia tulokorttia, jolloin antureita voidaan kytkeä joko 2-, 3- tai 4-johdinliitännänä. PT100 antureiden määrä tulee myös riippumaan sähköasemarakennuksen huoneiden määrästä, mutta yksinkertaisuudessaan yksi lämpötila-anturi huolehtii yhden huoneen lämpötilamittauksesta. Mittaustulosten perusteella ja käyttäjän asettamien raja-arvojen mukaan logiikka pystyy ohjaamaan rakennuksen lämmitystä tai jäädytystä.

Ilmalämpöpumppuihin kytketään väylämuunnin, jotta pumppu voidaan liittää kenttäväylällä logiikkaan ja näin ohjaamaan pumppua. Mikäli ilmalämpöpumppu liitetään logiikkaan, saataisiin siitä enemmän hyötyä, jos logiikka pystyttäisiin kytkemään sähköasemarakennuksessa olevaan ala-asemaan. Etävalvomon käytössä

olisi muitakin hyötyjä kuin vain laitteiden etäohjaus, kuten raportointien ja historiatrendien hyödyntäminen.

Osa ala-asemista tukee Modbus-protokollaa. ABB:n RTU-560 ala-asema tukee Modbus-TCP/IP-protokollaa. Logiikan suoraankytkennällä ala-asemaan voitaisiin etävalvomosta ohjata myös rakennusautomaation ohjauksia, kuten ilmalämpöpumpun ohjausta. Ilman logiikkaan kytkemistä ala-asemaan, pumpun kytkemisellä logiikkaan ei saada tarpeeksi lisäarvoa verraten nykyiseen toimintatapaan, eli ilmalämpöpumppu asetetaan automaattiselle ohjaukselle, kun sähköasemalta poistutaan. Automaattisella asetuksella ilmalämpöpumppu pystyy ohjaamaan itsenäisesti lämmitystä ja jäähdytystä.

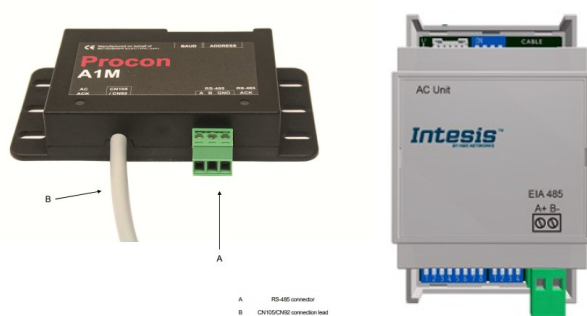
### **7.1 Väylämuuntimet**

Jotta ilmalämpöpumppuja voidaan ohjata kolmannen osapuolen kautta, ilmalämpöpumppuun täytyy liittää väylämuunnin. Väylämuunnin toimii verkon yhdyskäytävänä kolmannen osapuolen ja ilmalämpöpumpun välillä. Procon A1m ja intesis-box me-ac-mbs-1 ovat tarkoitettu pääsääntöisesti logiikkapohjaiseen ratkaisuun.

Procon A1m lukee jatkuvasti dataa siihen liitetystä järjestelmästä ja se pystyy tarvittaessa muuttamaan konfigurointeja, esimerkiksi lämpötilan asetusarvoja. A1m tallentaa aina ajantasaista tietoa ja näitä tietoja pystytään hyödyntämään ulkoisella laitteella RS-485 rajapinnan kautta Modbus RTU-protokollan avulla. Tietoa voidaan lukea ja muuttaa tämän yhteyden kautta. Procon A1m saa virtansa CN105/CN92-liittimen kautta, joten se ei tarvitse ulkopuolista virtalähdettä. Procon A1m tukee Modbus-protokollaa, joten sille täytyy asettaa oma Modbus-osoite

joko manuaalisesti tai ohjelmallisesti. Jokaiselle järjestelmässä olevalle Procon A1m väylämuuntimelle täytyy asettaa yksilöllinen osoite<sup>17</sup>.

Intesis-väylämuunnin tukee Bacnet, KNX, Modbus ja Home Automation kenttäväyläprotokollia. Intesis tarjoaa väylämuuntimia monille eri kenttäväylästandardeille ja ilmalämpöpumppuvalmistajille. Väylämuunnin asennetaan suoraan ilmalämpöpumpun sisäyksikköön, jonka jälkeen ilmalämpöpumppua voidaan ohjata halutulla kolmannen osapuolen laitteella, kuten logiikalla<sup>18</sup>.



**Kuva 13.** Procon A1M ja Intesisbox me-ac-mbs-1

<sup>17</sup> Mitsubishi-les. Procon A1M Installation manual Version 1.6.0. 2014. Viitattu 3.3.2022 [https://www.mitsubishi-les.info/database/servicemanual/files/IM\\_V1.6.0\\_Procon\\_A1M\\_Apr\\_2014.pdf](https://www.mitsubishi-les.info/database/servicemanual/files/IM_V1.6.0_Procon_A1M_Apr_2014.pdf)

<sup>18</sup> HMS Industrial Networks. Installation Manual. 2022. Viitattu 6.3.2022 <https://www.intesis.com/products/ac-interfaces/mitsubishi-electric-gateways/mitsubishi-electric-modbus-ac-me-ac-mbs-1>

## 7.2 Ohjelmoitava logiikka

Schneider Electric Modicon M221 on ohjelmoitava logiikka, joka soveltuu pienempiin automaatiototeutuksiin, siitä huolimatta sillä voidaan toteuttaa myös monimutkaisempia ratkaisuja. Logiikkaa pystytään ohjelmoida Ecostruxure machine expert ohjelmistolla. Perusversio ohjelmasta on ilmainen ja ladattavissa Schneiderin omilta verkkosivuilta. Logiikassa on 9 digitaalista tuloa ja 7 digitaalista lähtöä. Logiikassa voidaan käyttää Ethernet- ja Modbus-kommunikointiprotokollia sekä siinä on RJ45 ja RS-232/RS-485 portit<sup>19</sup>.

Unitronicsin Vision 570 -logiikassa on integroituna 5,7 tuuman ohjauspaneeli, siinä ei tule mukana I/O liitäntäpisteistä. Logiikka asennetaan paneeliasennuksena ja siinä on IP65/66 luokitukset ja käyttöjännite logiikalle tulee olla 24VDC.

Logiikassa on USB portti ohjelmointia varten, joka toteutetaan Visilogic ohjelmalla. Unitronics Vision 570 -logiikassa on CANbus kommunikointiportti ja kaksi sarjavyöliityntäporttia RS-232 ja RS-485 kommunikointia varten sekä kolmas portti, jota voidaan käyttää Ethernet porttina tai kolmantena sarjavyöliitännänä<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Schneider Electric. Product data sheet. 2022. Viitattu 10.5.2022.

<https://www.se.com/ww/en/product/TM221CE24T/logic-controller-modicon-m221-24-io-transistor-pnp-ethernet/>

<sup>20</sup> KLINKMANN STORE. Technical Specifications. 2022. Viitattu 27.5.2022.

[https://www.unitronicsplc.com/wp-content/uploads/2015/12/V570-57-T20B-J\\_TECH-SPEC\\_06-12.pdf](https://www.unitronicsplc.com/wp-content/uploads/2015/12/V570-57-T20B-J_TECH-SPEC_06-12.pdf)



**Kuva 14.** Schneider Electric Modicon M221 TM221CE24T<sup>19</sup> ja Unitronics Vision570 V570-57-T20B-J<sup>20</sup>

### 7.3 Ohjauspaneeli

Ohjauspaneeli voidaan kytkeä logiikkaan sarjaliikenteen avulla käyttäen RJ45, RS-232 tai RS-485 sarjaliitännöitä ja se kommunikoi logiikan kanssa Modbus TCP/IP -protokollaa käyttäen. Ohjauspaneeli voi toimia primääri- tai sekundäärilaitteena, riippuen käyttäjän vaatimuksista. Ohjauspaneelita voidaan käyttää ohjauksiin ja mittausarvojen muuttamiseen, siihen voidaan myös lisätä trendikäyriä, mikäli se katsotaan tarpeelliseksi.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Schneider Electric. Tuotetiedot. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/ww/en/product/HMISTO715/touch-panel-screen-harmony-sto-stu-4-3-wide-rs-232-485-rj45/>



**Kuva 15.** Schneider Electric Magelis HMISTO715 ohjauspaneeli<sup>21</sup>

#### 7.4 Laajennusmoduulit

TM3 I/O-laajennusmoduulissa on 4 analogiatuloa, jotka toimivat 4...20mA, 0...20mA sisääntulovirroilla tai 0...10V, -10...10V sisääntulojännitteillä. Moduuli voidaan kytkeä suoraan logiikkaan, josta se saa tarvittavan käyttöjännitteensä 24VDC.<sup>22</sup>



**Kuva 16.** Modicon TM3, AI TM3TI4D<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Schneider Electric. Tuotetiedot. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/fi/fi/product/TM3TI4D/modicon-tm3-4-ai-termopari-ruuvi/?filter=business-1-teollisuusautomaatio&parent-subcategory-id=3930&range=62131-modicon-tm3-i-o-laajennus&selected-node-id=12145272474>



Vision 570-sarjan logiikassa ei tule mukana lähtö- tai tuloliitäntäpisteitä. Laajennuskortti on helposti asennettavissa logiikkaan, jonka jälkeen logiikka pystyy hyödyntämään laajennuskortissa olevia liitäntäpisteitä. Liitäntämoduulissa on 16 digitaalista tuloa, 2 analogiatuloa ja -lähtöä sekä 10 relelähtöä.<sup>23</sup>



**Kuva 17.** I/O-liitäntämoduuli V200-18-E2B<sup>23</sup>

EX-A2X I/O on laajennusadapteri, jolla pystytään liittämään ohjelmoitavaan logiikkaan laajennusmoduuleja. Adapterin käyttöjännite on 24VDC<sup>24</sup>.

Molemmat alla olevat laitteet ovat Unitronics-logiikan laajennusmoduuleja. EX-A2X I/O laajennusadapteri mahdollistaa Unitronics logiikkaan erilaisten laajennusyksiköiden lisäämisen, kuten IO/ATC8 laajennusyksikön. Se on 8 kanavainen laajennusyksikkö termopareille ja analogisille tuloille. Mittaviesteinä voidaan käyttää joko 0–10 V jänniteviestejä tai 0-20mA ja 4-20mA virtaviestejä<sup>25</sup>.

<sup>23</sup> Unitronics. Expandability: I/O & COM Modules Expansion. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://www.unitronicsplc.com/io-expansion-modules/>

<sup>24</sup> KLINKMANN STORE. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://store.klinkmann.com/tuote/a-ex-a2x-i-o-expansion-adapter-isolat/>

<sup>25</sup> KLINKMANN STORE. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://store.klinkmann.com/tuote/io-atc8-expansion-module/>



**Kuva 18.** EX-A2X I/O laajennusadapteri<sup>24</sup> ja IO-ATC8 laajennusyksikkö<sup>25</sup>

TMC2SL1 on sarjaliitântälaajennusmoduuli Schneiderin logiikkaan, jolla pystytään lisäämään sarjaliitântäporttien lukumäärää. Kyseisessä mallissa tulee RS232 ja RS485 sarjaliitântämahdollisuudet, laajennusmoduuli asennetaan suoraan logiikan etupaneeliin. Laajennusmoduuli tulee tarpeen, mikäli Schneiderin logiikkaan lisätään ohjauspaneeli ja ilmalämpöpumppujen ohjaukset. Näistä molemmat ohjaukset toimivat sarjaliitântäkommunikoinnilla.<sup>26</sup>



**Kuva 19.** TMC2SL1 laajennusmoduuli<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Schneider Electric. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/ww/en/product/TMC2SL1/serial-line-cartridge-modicon-m221-1-communication-extension/>

## 7.5 Jännitelähde

Phoenix Contact tarjoaa tasajännitemuuntimia, joilla pystytään muuntamaan 110VDC tasajännite logiikalle sopivaksi 24VDC tasajännitteeksi. Tasajännitemuuntimen tuloon kytketään 110VDC ja se muuntaa jännitteen 24 volttiin. Muuntimen lähtö kytkettäisiin logiikan tuloon, jolloin se saisi tarvitsevansa käyttöjännitteen<sup>27</sup>.

Logiikalle saadaan myös tarvittava käyttöjännite ABL51A24031 jännitelähteestä. Jännitelähde muuntaa 230V/50Hz yksivaiheisen vaihtojännitteen logiikalle ja sen komponenteille sopivaksi 24V tasajännitteeksi. Jännitelähteellä voidaan myös säätää ulostulojännitettä 22V ja 26,4V välillä<sup>28</sup>.

---

<sup>27</sup> RS Components. 2022. Viitattu 20.5.2022 <https://fi.rsdelivers.com/product/phoenix-contact/2905010/phoenix-contact-quint-ps/96-110dc/24dc/10-22w-isolated-dc-dc-converter-din-rail-mount-in/1682496>

<sup>28</sup> Schneider Electric. 2022. Viitattu 20.5.2022 <https://www.se.com/ww/en/product/ABL51A24031/regulated-power-supply-100240v-ac-24v-3-1-a-single-phase-optimized/>



**Kuva 20.** Tasajännitemuunnin 110VDC / 24 VDC<sup>27</sup> ja ABL1A24031 Schneider Electric jännitelähde<sup>28</sup>

## 8 VERTAILU

Vertailu käydään läpi automaattisen lämmönmittauksen ja -säädön, sekä huonetermostaateilla toteutetun ratkaisun välillä. Vertailtava kohde on kuvan 1 mukainen sähköasemarakennus, eli rakennuksessa on kaksi erillistä huonetta.

Huonetermostaattien määrä vaihtelee sähköasemilla huoneiden määrästä sekä haluttujen ohjaus- ja säätömahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi jokaisessa huoneessa on asennettuna neljä kappaletta termostaatteja. Termostaatit hoitavat alija yllämpötilahälytykset, poistoilmapuhaltimen ohjauksen ja kyseisessä huoneessa olevien säteilylämmittimien ohjauksen.

Automatisoidulla lämmönmittauksella ja -säädöllä pystyttäisiin korvaamaan kaikki sähköasemarakennuksessa olevat huonetermostaatit ja tehdä järjestelmästä täysin automatisoitu, jota voitaisiin ohjata myös etävalvomosta käsin. Ratkaisua voidaan myös soveltaa, eli mahdollisuuksien mukaan voidaan jättää pois ilmalämpöpumppujen ohjaus- ja etäkäyttömahdollisuus.

Lämpötilojen arvoja pystyttäisiin ohjamaan ohjauspaneelistä. Ohjauspaneeliin ohjelmoitaisiin käyttöliittymä, josta pystyttäisiin antamaan eri huoneille haluttuja lämpötila-arvoja.

Järjestelmien vertailuissa ei olla otettu huomioon asennuksista tulevia kustannuksia.

**Taulukko 1.** Schneider-laitteiden hinnasto

Tuote	Hinta
Schneider Electric Modicon M221	316 €
ABLS1A24031	85 €
TM3TI4D	242 €
Ohjauspaneeli HMISTO715	298 €
PT100 lämpötila-anturi / 3 kappaletta	120 €
TMC2SL1	74 €
Procon A1m väylämuunnin	247 €
<b>Yhteensä</b>	<b>1 382 €</b>

Taulukon 1 järjestelmä on toteutettu Schneider Electricin laitteistolla. Järjestelmään kuuluu ohjelmoitava logiikka, jännitelähde, analogia tulomoduuli, ohjauspaneeli, lämpötila-anturit ja sarjaliitännälaajennusmoduuli sekä väylämuunnin. Tällä toteutuksella järjestelmällä olisi valmiudet ohjata ilmalämpöpumppuja, toteuttaa vaaditut lämpötilojen ohjaukset ja mittaukset, ohjauspaneelilta prosessin ohjaus sekä mahdollisuus liittää etävalvomoon.

**Taulukko 2.** Schneider-laitteiston hinta.

Tuote	Hinta
Schneider Electric Modicon M221	316 €
ABLS1A24031	85 €
TM3TI4D	229 €
PT100 lämpötila-anturi / 3 kappaletta	120 €
<b>Yhteensä</b>	<b>750 €</b>

Taulukossa 2 järjestelmän kokoonpano on myös rakennettu Schneider Electricin komponenteista. Järjestelmä koostuu ohjelmoitavasta logiikasta, jännitelähteestä, analogiatulo moduulista ja lämpötila-antureista. Yllä oleva järjestelmä on koottu ajatellen ainoastaan automatisoimalla sähköasemarakennuksen lämpötilaohjauksen ja -säädön.

**Taulukko 3.** Unitronics-laitteiston hinta.

Tuote	Hinta
Unitronics Vision570	519 €
EX-A2X I/O	58 €
IO-ATC8	218 €
V200-18-E2B	314 €
Yhteensä	1 365 €

Taulukon 3 järjestelmä on rakennettu Unitronicsin komponenteilla, jossa on käytössä Schneiderin jännitelähde. Unitronics Vision 57 on todella monipuolinen logiikka, joka soveltuu vaativienkin järjestelmien ohjaukseen.

**Taulukko 4.** Huonetermostaateilla toteutettu ratkaisu.

Tuote	Kpl	Hinta
EBERLE RTR-E 6747	8	86 €
Yhteensä		688 €

Taulukko 4 on tehty käyttäen esimerkkinä missä sähköasemalla on kaksi huonetta; kojeistotila ja akkuhuone, sekä molemmissa huoneissa on neljä termostaattia. VEO Oy:n sähköasemille alihankkija toimittaa huonetermostaatit sekä huolehtii niiden asennuksista.

Ohjelmoitavilla logiikoilla pystytään hallitsemaan suurempia kokonaisuuksia ja toteuttamaan monia erilaisia ohjauksia sekä mittauksia, riippuen logiikkaan liitetystä komponenteista. Logiikat tarvitsevat laajennusmoduuleita toimiakseen täydellä potentiaalilla, esimerkiksi lämpötilanmittaukselle tarvitaan erillinen PT100 tai termopareille tarkoitettu analogiatulo moduuli. Logiikka käyttää käyttöjännitteenä 24V tasajännitettä, joten jännitelähde on pakollinen. Mikäli logiikkaan asettuja arvoja halutaan nopeasti muuttaa ilman ohjelmointia, tarvitaan vielä lisäksi ohjauspaneeli, josta pystytään muuttamaan ohjauksia sekä asetteluarvoja

paikallisesti. Kaikki nämä laajennusmoduulit tuovat huomattavasti lisäkustannuksia logiikalle.

Huonetermostaatit on suunniteltu paljon yksinkertaisemmin, mikä on tietysti suoraan verrannollinen sen kustannuksiin. Termostaateilla ei kuitenkaan pystytä suorittamaan läheskään niin laajasti erilaisia mittauksia tai ohjauksia kuin logiikalla. Termostaatit soveltuvat yksinkertaisiin lämmönmittauksiin ja -säätöihin.



## 9 TUTKIMUKSEN LOPPUTULEMA

Työn alkuperäinen tavoite oli automatisoida VEO Oy:n toimittamien sähköasemarakennuksien lämmönmittaus ja -säätö. Nykyään sähköasemilla lämpötilanmittaus ja -säätö toteutetaan huonetermostaateilla. Opinnäytetyössä käydään läpi logiikkapohjaista ratkaisua automatisoidulle lämmönmittaukselle ja -säädölle. Projektia ei pystytty toteuttamaan kustannussyistä. Logiikan komponenttien hinnat osoittautuivat paljon korkeammiksi, kuin nykyinen ratkaisu, joka toteutetaan huonetermostaateilla. Mikäli logiikkapohjaisessa ratkaisussa käytettävien järjestelmäkomponenttien hinnat tulevaisuudessa olisi suotuisampi, pystyttäisiin sähköasemalla lämpötilanmittaus ja -säätö toteuttaa automatisoidusti.

Opinnäytetyö käsittelee rakennusautomaatiosta kirjallisen katsauksen, sekä tähän projektiin olennaisia asioita, kuten kenttälaitteita ja kenttäväyliä sekä työn lopussa esitetään mahdollisia automatisoituja ratkaisuja.

Sähköasemarakennukset ovat kooltaan vaihtelevia, joten lämpötilanmittauksen ja -säädön automatisoinnilla ei saada tarpeeksi hyötyjä pienissä kohteissa verrattuna nykyiseen järjestelmään. Automatisoidun järjestelmän hankintaperusteena ei voida pelkästään pitää energiatehokkuuden parantamista, vaan sitä voitaisiin perustella rakennuksen etäohjauksen lisäämisellä. Etäohjaus tuo mukanaan rakennukseen lisää toiminnallisuutta ja monipuolisuutta, sen avulla voidaan valvoa ja ohjata laitteita etävalvomosta.

Etävalvomoa hyödyntämällä rakennusautomaatiossa, pystyttäisiin säästymään huoltohenkilöiden ylimääräisiltä tarkastuksilta sähköasemilla, koska etävalvomosta pystyttäisiin seuraamaan laitteiden tilatietoja.

Vaikka projektia ei saatu toteutettua työ osoittautui kuitenkin mielenkiintoiseksi ja mielenkiinto automaatioon kasvoi. Työtä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa, mikäli VEO Oy päätyy käyttämään automatisoitua lämmönmittausta ja -säätöä vakioratkaisuna sähköasemilla.

## LÄHTEET

ALTITUDEVM. Tietoverkkotopologia – määritelmä, tyypit, vahvuudet ja heikkoudet. 2020. Viitattu 14.3.2022 <https://altitudetvm.com/fi/networking/1989-topologi-jaringan-komputer-8211-pengertian-jenis-kelebihan-dan-kekurangannya.html>

HMS Industrial Networks. Installation Manual. 2022. Viitattu 6.3.2022 <https://www.intesis.com/products/ac-interfaces/mitsubishi-electric-gateways/mitsubishi-electric-modbus-ac-me-ac-mbs-1>

KLINKMANN STORE. Technical Specifications. 2022. Viitattu 27.5.2022. [https://www.unitronicsplc.com/wp-content/uploads/2015/12/V570-57-T20B-J\\_TECH-SPEC\\_06-12.pdf](https://www.unitronicsplc.com/wp-content/uploads/2015/12/V570-57-T20B-J_TECH-SPEC_06-12.pdf)

KLINKMANN STORE. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://store.klinkmann.com/tuote/a-ex-a2x-i-o-expansion-adapter-isolat/>

KLINKMANN STORE. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://store.klinkmann.com/tuote/io-atc8-expansion-module/>

Mitsubishi-les. Procon A1M Installation manual Version 1.6.0. 2014. Viitattu 3.3.2022 [https://www.mitsubishi-les.info/database/servicemanual/fi-les/IM\\_V1.6.0\\_Procon\\_A1M\\_Apr\\_2014.pdf](https://www.mitsubishi-les.info/database/servicemanual/fi-les/IM_V1.6.0_Procon_A1M_Apr_2014.pdf)

Motiva Oy. Ilmalämpöpumppu tukilämmityslähteenä. 2020. Viitattu 4.4.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/lampopumput/lampopumputeknologiati/ilmalampopumppu\\_tukilammityslahteenä](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumputeknologiati/ilmalampopumppu_tukilammityslahteenä)

Perlego. Temperature Control Technologies & Home Automation. 2014. Viitattu 13.3.2022. <https://www.perlego.com/book/1295846/temperature-control-technologies-home-automation-pdf>

Perlego. Fieldbus and networking in Process Automation. 2017. Viitattu 14.3.2022 [https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=9d64aec6db9d44c54da7d70167f8fd7a&index=prod\\_BOOKS&gridPosition=1](https://www.perlego.com/book/1499775/fieldbus-and-networking-in-process-automation-pdf?queryID=9d64aec6db9d44c54da7d70167f8fd7a&index=prod_BOOKS&gridPosition=1)

Perlego. Industrial Communications Systems. 2021. Viitattu 15.3.2022 [https://www.perlego.com/book/2580253/mobile-communications-systems-development-a-practical-introduction-to-system-understanding-implementation-and-deployment-pdf?queryID=a6c9b615199640dd88dd6ad5e135a534&index=prod\\_BOOKS&gridPosition=1](https://www.perlego.com/book/2580253/mobile-communications-systems-development-a-practical-introduction-to-system-understanding-implementation-and-deployment-pdf?queryID=a6c9b615199640dd88dd6ad5e135a534&index=prod_BOOKS&gridPosition=1)

Perlego. Industrial Process Automation Systems. 2014. Viitattu 8.3.2022.  
<https://www.perlego.com/book/1833103/industrial-process-automation-systems-design-and-implementation-pdf>

Perlego. Internet of Things. 2011. Viitattu 19.4.2022  
<https://www.perlego.com/book/1012388/the-internet-of-things-key-applications-and-protocols-pdf>

RS Components. 2022. Viitattu 20.5.2022 <https://fi.rsdelivers.com/product/phoenix-contact/2905010/phoenix-contact-quint-ps/96-110dc/24dc/10-22w-isolated-dc-dc-converter-din-rail-mount-in/1682496>

Schneider Electric. Product data sheet. 2022. Viitattu 10.5.2022.  
<https://www.se.com/ww/en/product/TM221CE24T/logic-controller-modicon-m221-24-io-transistor-pnp-ethernet/>

Schneider Electric. Tuotetiedot. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/ww/en/product/HMISTO715/touch-panel-screen-harmony-sto-stu-4-3-wide-rs-232-485-rj45/>

Schneider Electric. Tuotetiedot. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/fi/fi/product/TM3TI4D/modicon-tm3-4-ai-termopari-ruuvi/?filter=business-1-teollisuusautomaatio&parent-subcategory-id=3930&range=62131-modicon-tm3-i-o-laajennus&selected-node-id=12145272474>

Schneider Electric. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/ww/en/product/TMC2SL1/serial-line-cartridge-modicon-m221-1-communication-extension/>

Schneider Electric. 2022. Viitattu 20.5.2022  
<https://www.se.com/ww/en/product/ABLS1A24031/regulated-power-supply-100240v-ac-24v-3-1-a-single-phase-optimized/>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS 6001. 2018. Viitattu 10.4.2022 <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/SFS/ID2/6/679252.html.stx>

Sähköinfo OY. ST-Käsikirja 17 Rakennusautomaatio järjestelmät. 2018. Viitattu 17.2.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/234?search=17>

Sähkötieto Oy. ST 682.10 Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäähdytys. 2017. Viitattu 10.4.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/637?search=53.61>

Sähköinfo Oy. ST-Käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät 21. 2017. Viitattu 6.4.2022

Sähköinfo Oy. ST-Käsikirja 23 KNX-järjestelmän perusteet. 2019. Viitattu 15.3.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/5858?search=23>

Sähköinfo Oy. ST-käsikirja 21 Taloteknisten Järjestelmien Tiedonsiirto. 2022. Viitattu 19.5.2022 <https://severi.sahkoinfo.fi/item/231?search=21>

TechTarget. Network. 2019. Viitattu 14.4.2022.  
<https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/gateway>

Unitronics. Expandability: I/O & COM Modules Expansion. 2022. Viitattu 27.5.2022 <https://www.unitronicsplc.com/io-expansion-modules/>

VEO Oy. Yrityksen sisäinen intranet-tiedosto. 2021. Viitattu 13.2.2022.

