



Siltatien koulun rakennusauto- maatio

Eetu Peltomaa

OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

PELTOMAA, EETU:
Siltatien koulun rakennusautomaatio

Opinnäytetyö 52 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Maaliskuu 2024

Tässä opinnäytetyössä toteutettiin rakennusautomaatioprojekti yhteistyössä JIS-Automation Oy:n ja DDC-tekniikka Oy:n kanssa. Projektin automaatiojärjestelmä rakennettiin Fidelix laitteilla. Opinnäytetyön kohteena oli Ylöjärvelle valmistunut Siltatien uusi koulurakennus. Rakennuksessa automaatiolla ohjataan muun muassa ilmanvaihtoa, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmiä sekä ulkovalaistusta.

Työssä tutkittiin rakennusautomaatiota sekä sen rakennetta ja tuomia hyötyjä kiinteistössä. Lisäksi perehdyttiin prosessien toimintaan, rakennusautomaatiossa käytettyihin tiedonsiirtoprotokolliin, automaatioprojektin eri vaiheisiin sekä Fidelixin laitteisiin ja ohjelmistoihin.

Projektin automaatiojärjestelmä toteutettiin prosessien säätö- ja toimintakaavioita sekä toimintaselostuksia käyttäen. Järjestelmän ohjelmoinnissa hyödynnettiin projektissa käytettyjen automaatiolaitteiden valmistajien ohjekirjoja sekä edellisistä projekteista hyödynnettiin joitakin olemassa olevia materiaaleja. Tämän opinnäytetyön tekijä työskenteli projektissa asentajana JIS-Automation Oy:llä ja DDC-tekniikka Oy hoiti ohjelmointipuolen sekä työmaan projektinhoidon.

Asiasanat: fidelix, automaatio, rakennusautomaatio, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihto

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

PELTOMAA, EETU:
Building Automation of Siltatie School

Bachelor's thesis 52 pages, appendices 4 pages
March 2024

The objective of this thesis was to execute a building automation project in collaboration with JIS-Automation Oy and DDC-Tekniikka Oy. The automation system for the project was constructed utilizing Fidelix devices and software. The focus of this thesis was the new school building on Siltatie in Ylöjärvi. The automation system installed in the building aimed to control, monitor, and regulate ventilation, cooling, and heating systems, as well as outdoor lighting.

The study explored building automation, its structure and the benefits it brought to the properties. It involved an examination of process operations, data transfer protocols used in building automation, various phases of automation projects and Fidelix's devices and software.

During the project, the operation documents and other relevant documentation for the HVAC systems were utilized. Additionally, the manufacturer's manuals for the devices to be used were consulted, and the materials from previous similar projects were repurposed during the programming phase.

In the project, I worked as an installer at JIS-Automation Oy, while DDC-tekniikka Oy handled the programming aspect and the on-site project management.

Key words: Fidelix, automation, buildingautomation, cooling and heating system, ventilation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	AUTOMAATIO	9
2.1	Yleisesti.....	9
2.2	Rakennusautomaatio	9
2.3	Automaatiojärjestelmän rakenne	11
2.3.1	Hallintotaso.....	12
2.3.2	Automaatiotaso.....	12
2.3.3	Kenttätaso	13
2.4	Tiedonsiirto rakennusautomaatiossa.....	13
2.5	Verkontologia	14
2.5.1	Väylätologia.....	15
2.5.2	Tähtitologia.....	16
2.5.3	Rengastologia.....	16
2.5.4	Mesh-topologia	16
3	RAKENNUSAUTOMAATIO PROJEKTI.....	17
3.1	Projektin vaiheet.....	17
3.1.1	Suunnittelu	17
3.1.2	Projektin toteutus ja asennus	20
3.1.3	Käyttöönotto ja päättäminen	21
4	KOULUN RAKENNUSAUTOMAATIO	24
4.1	Ilmanvaihto.....	24
4.2	Jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmä.....	28
4.3	Muut järjestelmät.....	30
4.4	Valvonta-alakeskus	32
4.4.1	Moduulikotelot	32
5	FIDELIX AUTOMAATIO.....	34
5.1	CPU FDX Compact FX-3000-C.....	34
5.2	I/O moduulit.....	36
5.3	MultiLINK	38
5.4	FX-editor	39
5.5	Grafiikka	39
5.6	OpenPCS.....	40
6	PROJEKTIN TOTEUTUS	41
6.1	Asentajan näkökulmasta	41
6.2	Projektinhoitajan näkökulmasta.....	42
7	POHDINTA	46

LÄHTEET	47
LIITTEET	49
Liite 1. Ilmanvaihtokoneen TK01 säätökaavio. 1 (4).....	49

LYHENTEET JA TERMIT

VAK	Valvonta-alakeskus
IMS	Ilmamääräsäädin
I/O	Fyysiset tulo- ja lähtöliitännät
RAU	Rakennusautomaatio
TK	Tulokone
PK	Poistokone
LTO	Lämmöntalteenotto
CPU	Keskusyksikkö
LAN	Lähiverkko
TCP/IP	Transmission Control Protocol – Internet Protocol
TATE18	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo
Vmin, Vmax	Ilmamäärämittauksen virtauksen minimi- ja maksiarvo

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu yhteistyössä JIS-Automation Oy:n ja DDC-Tekniikka Oy:n kanssa. JIS-Automation tarjoaa asiakkailleen vahvaa projektiosaamista automaation ja savunpoiston parissa. Lisäksi he tarjoavat myös erilaisia ratkaisuja laitesuunnittelusta valmistukseen, käyttöönottoon, huoltoon ja kunnossapitoon. DDC-tekniikalla on tarjolla kokonaisvaltainen paketti, joka sisältää muun muassa automaatio urakointia ja suunnittelua, järjestelmien etähallintaa ja huoltopalvelua. Molempien yritysten pääkonttorit sijaitsevat Pirkkalassa, mutta toimintaa on myös ympäri Suomea.

Työn tavoitteena oli luoda toimiva automaatiojärjestelmä uuteen Siltatien koulurakennukseen. Koulun valmistuminen on jaettu kolmeen eri vaiheeseen, joista itse olin mukana ensimmäisessä vaiheessa. Ensimmäinen ja toinen vaihe valmistuivat noin puolen vuoden aikavälillä toisistaan ja kolmas vaihe valmistuu vuonna 2027. Ensimmäisessä vaiheessa valmistui opetustilat erityisen tuen oppilaille, esiopetukselle ja 1–4 luokkaisille, terveydenhuoltotilat eli neuvola ja oppilashuolto sekä valmistuskeittiö ja ruokala. Toinen vaihe pitää sisällään valmistuksessaan liikuntasalin, väestönsuojatilat ja musiikkiluokan, joka toimii samalla koulun näyttämönä. Viimeinen vaihe eli kolmas vaihe tulee sisältämään opetustilat 5–9 luokkalaisille ja koulun viereen tehdään myös täysimittainen pesäpallo- ja urheilukenttä. Siltatien koulu on valmistuttuaan moderni ja energiatehokas kokonaisuus, jota nykypäivän rakennuksilta odotetaan. Tämä on pystytty toteuttamaan suurelta osin rakennusautomaation avulla, jolla saadaan esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ja ilmanvaihdon hyötysuhteet mahdollisimman hyviksi sekä käyttökulut pieneksi. Myös monilla rakennusteknisillä asioilla ja materiaaleilla on paljon vaikutusta energiatehokkuuteen.

Automaatioprojektissa DDC-tekniikka hoiti ohjelmointipuolen, automaatiolaitteiden toimitukset ja työmaata yleisesti koskevat projektihoitotyöt sekä erinäiset työmaa- ja urakoitsijakokoukset. JIS-Automation toteutti laitteiden asennukset, kytkentätyöt ja testauksen sekä toimittivat valvonta-alakeskukset työmaalle, jotka

DDC-tekniikka olivat tilanneet JIS-Automationin keskusvalmistuksesta. Projektilla toimin itse asentajan roolissa JIS:llä ja DDC:n puolesta oli nimetty projektin-
hoitaja.

2 AUTOMAATIO

2.1 Yleisesti

Nykypäivänä automaatiota esiintyy useassa paikassa ja sen huomaa myös tavallisessa arkielämässä. Sen avulla pystytään automatisoimaan isompia ja pienempiä kokonaisuuksia tai yksittäisiä asioita toimimaan itsenäisesti. Automaatio on yksinkertaisimmillaan vesihanasta tulevan veden lämpötilan säätely ja kontrollointi tai oven aukeaminen itsenäisesti ihmisen kävellessä sisään tai ulos. Kun puhutaan automaatiojärjestelmästä niin yleisesti ihmiset ajattelevat sen suurena ja monimutkaisena kokonaisuutena. Todellisuudessa se voi koostua yhdestä ainoasta ohjelmoidusta logiikasta, joka ainoastaan aukaisee ovea tai se voi koostua myös kokonaisen tehtaan ohjaamista varten rakennetusta järjestelmästä (valmistajat n.d).

Automaatiojärjestelmät mahdollistavat nykypäivänä rakennuksien etävalvonnan, esimerkiksi tehtaan koko automaatioprosessia voidaan hallita ja tarkastella valvomosta käsin. Järjestelmien toiminnan mahdollistaa valvontakeskukset, jotka ovat olennainen osa kokonaisuutta. Keskuksien avulla pystytään ohjaamaan ja tarkkailemaan prosesseja, ne myös välittävät viestejä toimilaitteille ja vastaanottavat tietoa kentällä toimivilta lähettimiltä ja antureilta (valmistajat n.d).

2.2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on yksi oma osa-alue automaatiossa. Rakennusautomaation keskeisimpänä tavoitteena on saada rakennuksien ilmanvaihto, jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmät, hälytykset sekä valaistukset toimimaan itsenäisesti. Tällä pyritään saamaan aikaan mahdollisimman energiatehokkaita kokonaisuuksia ja samalla saadaan erilaisia säästöjä niin energian kuin kulujen kannalta. Automaation avulla saadaan kiinteistössä asuvien henkilöiden olotila pidettyä mahdollisimman mukavana. Optimaalisen lämpötilan mahdollistaa esimerkiksi sisälämpötilan mittaavat anturit, jotka lähettävät tiedon ohjaavalle logiikalle. Se ohjaa laitteita, jotka säätelevät jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmien toimintaa.

Voimmeko kysyä, että mistä rakennusautomaatio on tullut meidän ja rakennuksien käytettäväksi? Yleisesti automaatio on saanut alkunsa yli 2000 vuoden takaa, mutta suurimmilta osin sen kehitys on lähtenyt liikkeelle kunnolla 1900-luvun alkupuolelta.

Perustana rakennusautomaatiolle voidaan pitää säätötekniikan perusteita, koska 1900-luvun alkupuolella säädettiin manuaalisesti paikallisesti olevilla laitteilla esimerkiksi veden virtausta, lämpötilaa ja painetta. Pikkuhiljaa kehityksen mennessä eteenpäin manuaaliset säätötavat jäivät automaattisten säätötapojen jalkoihin. 1950- ja 1960-luvuilla koettiin ensimmäinen todellinen kehitys piikki, kun rakennusten ilmanvaihtotekniikka alkoi koneellistumaan. Tämä loi tarvetta luotettavalle lämmityspattereiden säädölle ja valvonnalle. Myöhemmällä kymmenluvulla hyväksyttiin uusi 4–20 mA analogiasignaalistandardi, joka on edelleen käytössä. Samoihin aikoihin markkinoille tullut edistynyt puolijohdetekniikka mahdollisti transistoritekniikkaan perustuvat sähköiset säätimet, joilla pystyttiin hallitsemaan useampi portaiset säätövaatimukset (Sähkötieto 2018, 13).

Rinnakkaisena vaihtoehtona sähköiselle puolijohdetekniikalle tuli teollisuuden puolelta alkunsa saanut pneumaattinen tekniikka. Pneumaattista tekniikkaa käytettiin 1970-luvulla toimistokiinteistöjen huonekohtaisissa mittauksissa. Tuolloin ei saatu kiinteistöautomaation toiminnasta tarpeeksi tietoa, joiden perusteella olisi voitu tehdä energiaa säästäviä toimia. Tämän vuoksi kehitettiin erillinen talonvalvontajärjestelmä, jolla pystyttiin seuraamaan ja säätämään entistä tarkemmin talotekniikan toimintoja. Saman vuosikymmenen lopulla asennettiin ensimmäiset talonvalvontajärjestelmän valvonta-alakeskukset niin sanottuihin ruuhkapaikkoihin eli lämmönjako, ilmastointi- ja sähköhuoneet. Nämä valvontajärjestelmät toimivat analogiatekniikalla, jossa jokainen hälytys-, indikointi-, mittaus-, ja käynnistystieto tarvitsivat oman parikaapelin (Sähkötieto 2018, 14).

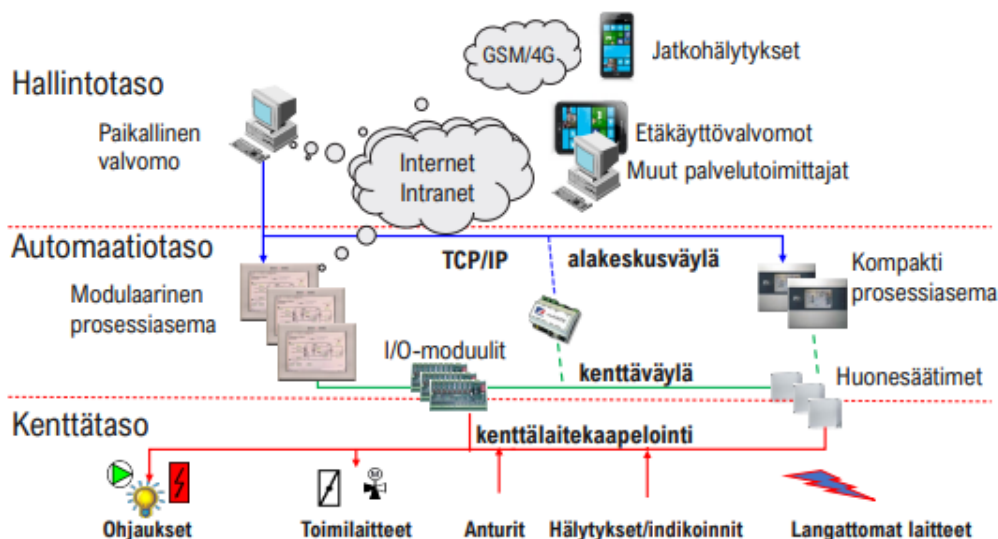
Vanhan puolijohdetekniikan siirtyessä vähitellen uuden digitaalisten signaalien käyttöön mahdollisti rakennusautomaation kehityksen kohti nykymuotoista rakennusautomaatiota. Tämän kehityksen ansiosta vakiintui edelleen käytössä oleva kolmetasoinen järjestelmä hierarkia. Internetin yleistyessä 2000-luvulla

saatiin ratkaistua pitkään vaivannut ongelma etävalvonnasta ja sen kehityksestä. (sähkötieto 2018, 16).

2.3 Automaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaation ja sen järjestelmien kehitykseen on vaikuttanut IT-tekniikan yleinen kehitys. Rakennusautomaatiojärjestelmä jakautuu hierarkkisesti kolmeen eri tasoon hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. Kyseinen hierarkia kehitettiin keskitettyjen järjestelmien aikaan, mutta ajan kuluessa hierarkioiden rajat ovat muuttuneet häilyvimmissä älyn levittäytyttyä yhä useampiin laitteisiin (sähkötieto 2018, 59).

Kuvassa 1. on esitetty rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne kokonaisuudessaan. Hallintotasolla esiintyy paikalliset- ja etävalvomot. Seuraavana hierarkiassa tulee automaatiotaso, joka koostuu valvonta-alakeskuksesta ja sen sisältämistä I/O moduuleista. Viimeisimpänä tulee kenttätaso, jossa tiedonkeräys prosessista tapahtuu antureiden avulla ja prosessin säätö toimilaitteilla.



KUVA 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne (sähkötieto 2018, 59).

2.3.1 Hallintotaso

Hallintotason keskeisin tehtävä on toimia käyttäjärajapintana prosessiin ja järjestelmään päin. Hallintotaso rakennusautomaatiojärjestelmässä tarkoittaa PC-valvomoita eli paikallisia- tai etävalvomoa. Paikallisia valvomoita voi olla yksi tai useampi automatisoitavan kiinteistön alueella sekä etävalvomossa, johon on keskitetty useampien kiinteistöjen järjestelmiä. Valvomoissa käyttäjä saa tiedot eri hälytyksistä, pystyy katselemaan graafisia kuvia prosessista sekä tekemään muutoksia säädettävään prosessiin (sähkötieto 2018, 59).

Paikallisesti tapahtuva kommunikaatio perustuu Ethernet-väylään ja etävalvonnassa käytetään laajakaistatekniikkaan pohjautuvia internetyhteyksiä. Etävalvonnassa käytetty laajakaistatekniikka (LAN- ja internetyhteydet) pohjautuvat TCP-IP-protokollaan. TCP-IP-protokolla tarjoaa luotettavan tiedonsiirtoyhteyden, mutta avoimella tiedonsiirrolla on olemassa omat riskinsä tietoturvan kannalta (sähkötieto 2018, 60).

2.3.2 Automaatiotaso

Automaatiotaso voidaan ajatella koostuvan itsenäisesti toimivista valvonta-alakeskuksista ja niiden sisältämistä I/O moduuleista. Alakeskus sisältää ladatut ohjelmat, jotka ohjaa I/O pisteisiin liitettyjä kenttälaitteita ja tätä kautta koko prosessia (sähkötieto 2018, 60).

Yleensä automaatiotason kommunikaatio perustuu LAN-verkkoon ja TCP-IP-protokollaan, samalla tavalla kuin hallintotaso. Paikallisesti toteutettu verkko perustuu Ethernet-tekniikkaan, mutta pidempiä verkkokaapelointeja toteutetaan optisella kuidulla. Verkossa liikkuu paljon tietoa, joka palvelee käyttäjää valvomossa tai alakeskusten välisiä tiedonsiirtotarpeita, esimerkiksi jokin ulkolämpötila, jota useampi alakeskus hyödyntää (sähkötieto 2018, 60).

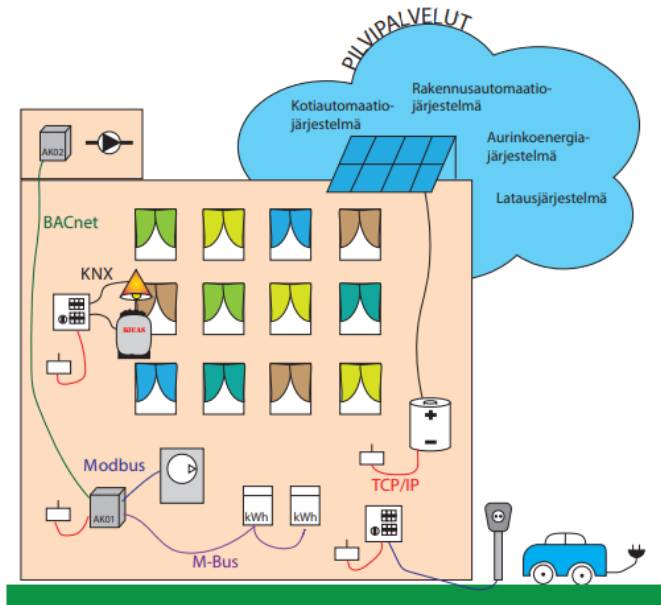
2.3.3 Kenttätaso

Kenttätasolla esiintyy ensisijaisesti vain automaation toimilaitteita ja antureita. Anturit lähettävät tietoa prosessin tilasta, joiden avulla alakeskuksien ohjelmistot vertailevat suunnitelmien ja käyttäjän asettamia tavoitteita esimerkiksi lämpötilan tai huonekosteuden suhteen. Vertailun jälkeen ohjelmistot ohjaavat toimilaitteita niin, että haluttu tavoitearvo saavutetaan.

Tällä tasolla esiintyy myös hajautettua I/O:ta, joka tarkoittaa alakeskuksen väylän kautta kommunikoivia I/O moduuleita. Lisäksi löytyy itsenäisiä säätimiä muun muassa pakettikoneisiin integroidut säätimet ja huonesäätimet. Taajuusmuuttajat sisältävät oman ohjauslogiikkansa, joka kommunikoi alakeskuksen kanssa. Kommunikointi alakeskuksen ja hajautetun I/O:n tai säätimien kanssa tapahtuu kenttäväylän välityksellä. Yleisimpiä väylästandardeja ovat BACnet, Mbus, ModBus ja KNX (sähkötieto 2018, 61).

2.4 Tiedonsiirto rakennusautomaatiossa

Nykyisin kiinteistöissä tarvitaan tietoverkkoja tiedonsiirtoa varten, joten niiden voidaan ajatella olevan olennainen osa talotekniikkaa. Etenkin rakennusautomaatiossa verkkoja on hyödynnetty jo vuosien ajan järjestelmän sisäiseen- sekä ulkoiseen tiedonsiirtoon etähallinnan mahdollistamiseksi.



KUVA 2. Rakennuksissa tietoverkkoja hyödyntävien järjestelmien määrä on kasvanut (sähkötieto 2022, 7).

Yllä olevassa kuvassa 2. on havainnekuva siitä, kuinka nykyisiin rakennuksiin ja kiinteistöihin laitetaan järjestelmiä, jotka vaativat tietoverkkoja tiedonvälitykseen. Tästä esimerkkinä on rakennusautomaatiojärjestelmä, joka hyödyntää tietoverkkoja ohjataksaan ja säätääksään ilmanvaihtoa, jäähdytys- ja lämmityspiirejä. Kotiautomaatiojärjestelmä säätelee huoneiston valaistusta ja sähköistä kuormaa. Kuvassa näkyy vielä aurinkosähkö- ja auton latausjärjestelmä. Muita yleisiä tietoteknisiä järjestelmiä ovat paloilmoitin-, energian mittaus-, kulunvalvonta-, rikosilmoitinjärjestelmä (sähkötieto 2022, 7).

2.5 Verkontopologia

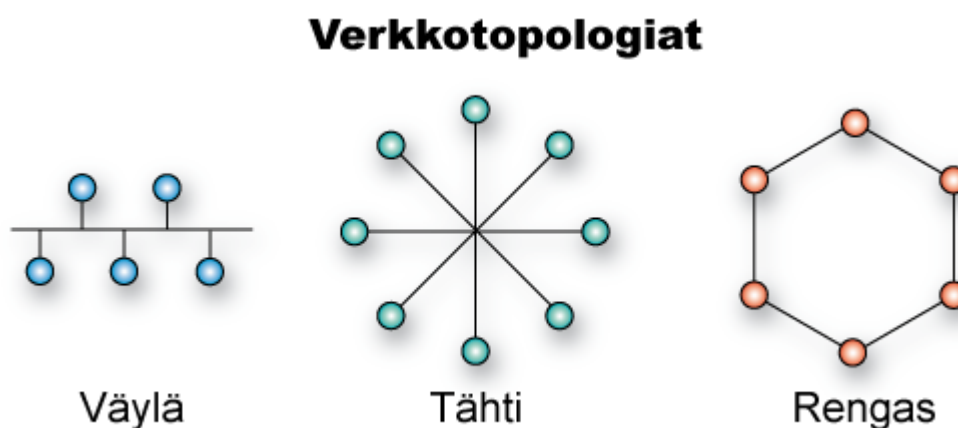
Topologialla tarkoitetaan verkon muotoa tai rakennetta. Sillä on kaksi erilaista käsitettä fyysinen- ja looginen topologia.

Fyysisellä topologialla tarkoitetaan verkon fyysistä rakennetta eli käytännössä kaapelointitapaa, joka voidaan selvittää esimerkiksi seuraamalla kaapeleita. Looginen topologia on verkon looginen toimintaperiaate, mutta sitä ei pysty selvittämään samalla tavalla kuin fyysistä. Yleisesti puhuttaessa topologiasta tarkoitetaan fyysistä topologiaa. Fyysisen verkon muodon valintaan vaikuttaa verkossa

olevien laitteiden ominaisuudet ja se minkäläistä tietoa verkossa kulkee (sähkö-tieto 2022, 16).

Yleisimpi verkkotopologian muotoja ovat: väylä-, tähti-, rengas-, ja Mesh-topologia. Näiden neljän topologian lisäksi on olemassa muitakin muotoja, jotka ovat edellä mainittujen topologioiden yhdistelmiä, mutta niitä ei käsitellä tässä opin- näytetyössä (sähkö-tieto 2022, 16).

Alla olevassa kuvassa 3. on esitetty kolme yleisintä verkkotopologiaa: väylä-, tähti- ja rengastopologia.



KUVA 3. Yleisimpiä verkkotopologioita (Verkkotopologia 2015).

2.5.1 Väylätopologia

Väylätopologiassa laitteet ovat liitettyinä samaan kaapeliin. Tällöin kaikkien laitteiden käytössä on vain yksi tiedonsiirtokaapeli, jolloin vain yksi laitepari kerrallaan voi kerrallaan viestiä väylällä. Väylä mallin topologia on kasvattanut suosiotaan viime vuosina etenkin rakennusautomaation puolella, koska sen toteuttaminen on yksinkertaista ja edullisempaa kuin perinteinen kaapelointimalli. Siihen on helppo liittää jatkossa uusia laitteita. Tämän topologian heikkous on väyläkaapelin katkeaminen, jolloin koko verkon toiminta yhtenä kokonaisuutena pysähtyy (sähkö-tieto 2022, 16).

2.5.2 Tähtitopologia

Tähtitopologiassa jokainen laite kytketään samaan keskusasteeseen, jonka kautta verkossa kulkevat viestit menevät. Tässä verkkorakenteessa yhden kaapelin tai laitteen hajoaminen ei estä verkon toimintaa kokonaisuutena. Heikkona kohtana voidaan pitää keskuksen hajoamista. Jos tämä tapahtuu, niin koko verkko putoaa pois pelistä. Uusien laitteiden lisääminen tai vanhojen poistamisen helppous verkosta riippuu keskuksen ominaisuuksista (sähkötieto 2022, 17).

2.5.3 Rengastopologia

Rengastopologiassa verkon runkokaapeli muodostaa käytännössä renkaan, jossa viestit kulkevat laitteelta laitteelle eli ainoastaan yksi laite kerrallaan kuulee sanoman. Tässä topologiassa yhden laitteen hajoaminen voi lamauttaa koko verkon toiminnan. Renkaassa verkon liittimet toimivat signaalitoistimina eli käytännössä ne ottavat yksi kerrallaan verkossa kulkevan sanoman lukuun ja lähettävät sen eteenpäin seuraavalle laitteelle (sähkötieto 2022, 18).

2.5.4 Mesh-topologia

Mesh-topologiassa kaikki laitteet ovat yhteydessä toisiinsa eli voidaan puhua yhdistetystä Mesh-verkosta. Käytössä on myös osittainen Mesh-verkko missä vain osa laitteista ovat yhteydessä toisiinsa. Tätä verkkomuotoa käytetään yleisesti langattomissa verkoissa, mutta ei juurikaan langallisissa verkoissa sen suurien kaapelointi määrien ja kustannusten vuoksi (sähkötieto 2022, 18).

3 RAKENNUSAUTOMAATIO PROJEKTI

3.1 Projektin vaiheet

Projektia aloittaessa sen kokonaisuus voidaan jakaa yleisesti neljään eri päävaiheeseen: valmistelu, suunnittelu, toteutus sekä projektin päättäminen. Jokaisella projektilla on määritelty alkamis- ja päättymispäivä ja näiden välinen ajanjakso tullaan lohkomaan edellä mainittuihin vaiheisiin. Tällä tavalla saadaan tarvittava kokonaiskuva projektista sen elinkaaren ajalta (MCS 2020).

Projektilla tarkoitetaan useimmiten jotakin kertaluontaista tehtävää, jonka tavoitteet ovat valmiiksi tiedossa sekä tähän käytettävä budjetti, aika ja resurssit ovat valmiiksi laskettu ja suunniteltu. Rakennusautomaatio projekteissa päävaiheet voidaan jakaa karkeasti seuraavanlaisiin vaiheisiin: aloitus ja suunnittelu, toteutus ja asennus sekä käyttöönotto.

3.1.1 Suunnittelu

Rakennusautomaatio projektin suunnittelu vaatii monialaista osaamista, koska RAU-suunnittelua tehtäessä tulee ottaa huomioon muutkin talotekniikan suunnittelualat, kuten esimerkiksi LVI-, sähkö-, kylmä- ja palosuunnittelu. RAU-suunnittelu sisällytetään yleensä osaksi LVI-suunnittelua. RAU-suunnittelun tavoitteena on tuottaa mahdollisimman turvallinen, kustannus- ja energiatehokas, helppokäyttöinen sekä laajennettavissa oleva järjestelmä asiakkaalleen (sähkötieto 2018, 133).

Talonrakennuksen eri toimialojen suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn sekä suunnittelukokonaisuuksien hallintaan on käytettävissä rakennusalan yhteinen tehtäväluettelo TATE18. Luettelo on suunniteltu käytettäväksi uudis- ja saneerauskohteissa sekä erilaisten rakennusten ja järjestelmien suunnittelussa, kaikkien hankinta- ja palkkiomuotojen kanssa. TATE18 sisältää talonrakennushankkeen talotekniset suunnittelutehtävät ja niiden tulokset (Rakli 2017, 1).

TATE18:ssa hanketta ei ole määritelty eri vaiheisiin kuten edellä mainitussa, vaan jokainen hankevaihe on korvattu tehtäväkokonaisuuksilla taulukon 1 mukaisesti. Tehtäväkokonaisuuksilla pyritään ottamaan huomioon uudet hankkeiden toteutusmuodot.

TAULUKKO 1. TATE18 tehtäväluettelon tehtävävaiheet.

A.	Tarveselvitys
B.	Hankesuunnittelu
C.	Suunnittelun valmistelu
D.	Ehdotussuunnittelu
E.	Yleissuunnittelu
F.	Rakennuslupatehtävät
G.	Toteutussuunnittelu
H.	Rakentamisen valmistelu
I.	Rakentaminen
J.	Käyttöönotto
K.	Takuuaika

Jokaisessa tehtävävaiheessa A-K ei ole RAU-suunnittelutarpeita, vaan yleensä ne alkavat vasta ehdotussuunnittelussa (D) sekä pienemmissä kohteissa vasta toteutussuunnittelussa (G). Käytännössä RAU-suunnittelu tapahtuu suurimmilta osin toteutussuunnittelussa, mutta sillä on työvaiheita vielä rakentamisen- ja käyttöönotonkin aikana (työvaiheet G, I ja J).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa dokumentoidaan automaatiojärjestelmästä valitut vaihtoehdot hankeselvitykseen. Hankeselvityksessä kerrotaan minkä tasoinen RAU-järjestelmästä halutaan eli tehdään järjestelmäkuvaus. Järjestelmätasoon vaikuttavia asioita ovat muun muassa valvonnan tapahtuminen yhdestä vai useammasta valvomosta, laajennettavuus, tulevaisuuden tarpeet, energiatehokkuus, integrointitarpeet, mobiilikäytettävyys ja muuntojoustavuus. Lisäksi hankeselvitykseen määritellään investointipäätöksen pohjaksi hankkeen laajuus-, laatu-, kustannus- ja aikataulutavoitteet (sähkötieto 2018, 136).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa tehdään RAU-suunnittelun johdolla yhteensovituskaavio, josta selviää eri taloteknisten järjestelmien väliset liitynnät ja yhteistoiminta, siinä selvitetään myös mitä tietoa järjestelmien välillä liikkuu. Järjestelmien välissä siirrettäviä tietoja ovat esimerkiksi

- savuilmaisimien hälytystieto -rajoituspeltien toimintaa varten.
- paloilmoittimien huoltotieto RAU-järjestelmään.
- paloilmoitinjärjestelmän ohjaustieto hisseille.
- rikosilmoitinjärjestelmän murtohälytystieto valaistuksenohjausjärjestelmään valaistuksen sytyttämistä varten.

Edellä mainittujen tietojen välittäminen ja niihin liittyvät toiminnot, laitteet ja kaapelointi ovat esitettyinä tarkemmin säätökaaviossa (sähkötieto 2016, 2).

Projektin yleissuunnittelu (E) alkaa toteuttamis- tai suunnittelupäätöksen jälkeen. Yleissuunnitteluvaiheessa ehdotussuunnitelma kehitetään toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitteluvaiheessa yhdistetään eri suunnittelualojen ratkaisut yhteen ja suoritetaan suunnitelmien sisäinen laadunvarmistus. RAU-järjestelmien ratkaisut dokumentoidaan seuraavasti

- rakennusautomaation järjestelmäkaavio
- rakennusautomaatiojärjestelmän tilakohtaisten säätöjärjestelmien periaatteelliset säätökaaviot
- kaaviot IV-koneista
- kaaviot jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmistä
- monimutkaisemmissa ratkaisuissa kaavio lämmityksen ja jäähdytyksen hybridijärjestelmästä
- investointikustannuslaskelma rakennusautomaatiojärjestelmän pistemäärän arvioinnin avulla.

Tässä tulee ottaa huomioon, että kaavioiden tarve on sovittava hankekohtaisesti. Mikään kohde ei ole samanlainen, jolloin pistemäärät vaihtelevat ja investointikustannuslaskeman tarve on tapauskohtainen (sähkötieto 2018, 136).

Toteutussuunnittelussa (G) kehitetään aikaisemmin tehty yleissuunnitelma rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemää-

rittelyksi. Toteutussuunnittelu sisältää tuote- ja järjestelmäosasuunnittelun. Toteutussuunnittelu jaetaan kahteen vaiheeseen, hankintoja palvelevaan ja toteutusta palvelevaan suunnitteluun. Hankintoja palvelevissa suunnitteludokumenteissa eli urakkalaskentasuunnitelmissa esitetään suunnitelmat ja vaatimukset yksityiskohtaisesti. Näiden pohjalta voidaan laskea urakkahinta. Toteutusta palveleva suunnittelu eli työpiirustukset syntyvät rakennus projektin TATE18 ensimmäisen vaiheen aikana, kun urakoitsijat ovat valittuina, järjestelmä- ja laitevalinnat tehtyinä ja suunnitelmat eli RAU-pohjakuvat, järjestelmä- ja säätökaaviot sekä selostukset ja luettelot ovat täydennettyinä. Työpiirustusleiman saaminen piirustuksiin edellyttää valvojan, urakoitsijoiden ja rakennuttajien yhteistä hyväksyttyä päätöstä (sähkötieto 2018, 137).



KUVA 4. RAU-suunnittelu vaiheen tehtävät esitettynä pähkinän kuoressa (sähkötieto 2018, 141).

3.1.2 Projektin toteutus ja asennus

Projektin toteutusvaiheessa suunnittelu RAU:n osalta on saatu jo niin pitkälle, että ohjelmointi ja asennustyöt automaation osalta voidaan aloittaa. Toteutusvaiheen alkaessa automaatio kaapelointi on usein jo aloitettu, joten asennustyöt päästään aloittamaan. Asennustyö aloitetaan kytkemällä ensin kentällä olevat laitteet ja anturit, jonka jälkeen hoidetaan valvonta-alakeskuksen kytkennät.

Tässä vaiheessa automaation projektinohitaja tahdittaa RAU-asennuksia ja tekee keskuksien grafiikkakuvia sekä prosesseihin liittyviä ohjelmointeja. Grafiikoiden, ohjelmien ja kytkentätöiden ollessa valmiita, aloitetaan testaukset itselle luovutuspöytäkirjaa varten. Itselle luovutuspöytäkirjaa tehtäessä merkataan suunnitelmiin muuttuneet ja korjatut asiat, joista laaditaan punakynät. Valmiit punakynät lähetetään suunnittelijalle puhtaaksi piirtoa varten (Ståhl 2020).

Rakennusautomaatiojärjestelmän asennus koostuu käytännössä neljästä vaiheesta, jotka ovat

1. automaatiojärjestelmän laitteiston, kuten PC:n, näyttöjen valvonta-alakeskuksien asentaminen
2. järjestelmäverkon, kuten reitittimien, kenttäväylien ja järjestelmäväylien asennus ja kytkentä
3. ohjelmien lataaminen
4. perinteisellä tekniikalla toteutettujen liityntöjen ja syöttöjen kytkentätöitä.
(Ajo n.d).

3.1.3 Käyttöönotto ja päättäminen

Rakennusautomaatio projektin lopulla pidetään järjestelmän toimittajan ja rakennuttajan väliset toimintakokeet. Kokeissa varmistetaan järjestelmän toiminta suunnitelmien mukaiseksi ja tarkastetaan kytkettyjen laitteiden fyysiset pisteet sekä säätöjen oikeanlainen toiminta. Toimintakokeissa laaditaan puutelistat, johon merkitään havainnot ja virheet, jotka korjataan. Ennen virallisia toimintakokeita on tehty itselle luovutus ja pidetty urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset ja -kokeet, joihin on tehty toimintatarkastus suunnitelma pääurakoitsijan johdolla. Rakennusautomaatiourakoitsijan suositellaan olevan mukana toimintatarkastusten koordinoinnissa, koska hänellä on merkittävä rooli eri järjestelmien rajapinnoissa ja toiminnassa.

Urakoitsijoiden saatua lopulliset säädöt ja viritykset kiinteistön taloteknisille järjestelmille suoritetaan koekäytöt. Koekäyttö voidaan tehdä vain yksittäiselle järjestelmälle tai voidaan pitää yhteiskoekäytöt, jossa tutkitaan kaikkien järjestel-

mien ja niihin liittyvien rakennusautomaation-, hälytys- ja ohjausjärjestelmien toiminta mukailten rakennuksen tulevaa käyttöä vaativissa olosuhteissa. Osalle järjestelmistä tehdään myös kuormituskokeet toimintakokeiden ja viritysten jälkeen, kuormituskokeita tehdään esimerkiksi jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmille, varavoimakoneille sekä lämpöpumpuille (sähkötieto 2018, 213).



KUVA 5. Vastaanottoa valmistelevat toimenpiteet (sähkötieto 2018, 211).

Lähestyttäessä projektin vastaanotto vaihetta, RAU-järjestelmän toimittaja pitää rakennuttajan nimeämille henkilöille käyttökoulutuksen ja käytönopastuksen. Rakennuttajan hyväksynnällä käyttökoulutuksesta laaditaan yksityiskohtainen kou-

lutussuunnitelma suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa. Projektin vastaanotossa urakoitsijat osoittavat tilaajalle rakennuksen ja järjestelmien sopimukseen mukaisuuden. Urakan vastaanoton yhteydessä sovitaan tilaajan ja RAU-urakoitsijan kanssa välisestä urakan taloudellisesta loppuselvityksestä. Loppuselvitys voidaan pitää myös vastaanoton jälkeen, jos urakoitsijalla on tiedossa valmiiksi yksilöitynä kaikki urakkaan liittyvät kustannukset (sähkötieto 2018, 215).

4 KOULUN RAKENNUSAUTOMAATIO

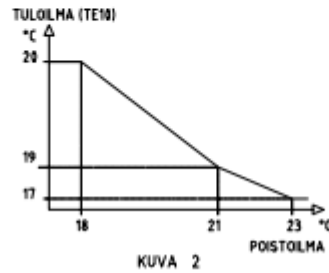
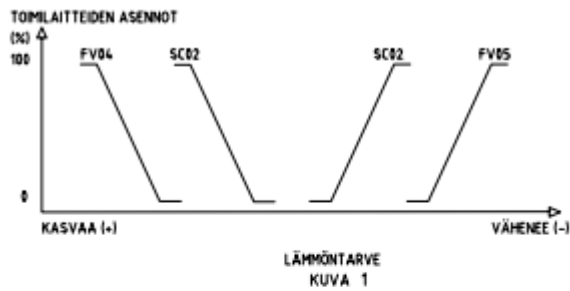
Nykyään isommissa rakennuksissa ja kiinteistöissä, kuten kouluissa rakennusautomaatiolla on erilaisia vaikutuksia niiden elinkaaren aikana. RAU:n ohjauksessa, säädössä ja valvonnassa olevilla järjestelmillä, kuten lämmityksellä- ja jäähdytyksellä, ilmanvaihdolla ja muilla oheisjärjestelmillä saadaan aikaiseksi erilaisia säästöjä muun muassa kustannuksissa, energian ja lämmityksen kulutuksessa. RAU-järjestelmän etävalvonnalla ja huoltoyhtiölle lähtevien jatkohälytyksien avulla voidaan saada aikaan erilaisia säästöjä, kun niiden avulla pystytään välttämään ja jopa ennakoimaan vikatilanteiden aiheuttamia vahinkoja.

Eryteisesti isommissa kouluissa rakennusautomaatiolla on suuri vaikutus rakennuksessa olevien henkilöiden viihtyvyyden kannalta. Tästä esimerkkinä on suurempi luokkatila, jossa on paljon väkeä päivän aikana. Luokkatilassa olevien ihmisten hengittäessä erittyy hiilidioksidia, jolloin hiilidioksidipitoisuudet nousevat ja ilmanlaatu heikkenee. Lopputuloksena saadaan tila, jossa ilmanvaihtokoneella tulee yhden päivän aikana todella vaihtelevia tilanteita. Näin ollen RAU:n tulee pystyä reagoimaan erilaisiin tilanteisiin.

Työssä käsiteltävään Siltatien koulun ensimmäisen vaiheen rakennusautomaatioon oli suunniteltu kaksi valvonta-alakeskusta. VAK:ien lisäksi oli kolme moduulikotelo, jotka ovat yhteydessä väylän kautta valvonta-alakeskuksiin.

4.1 Ilmanvaihto

Koulurakennuksessa on seitsemän ilmanvaihtokonetta, joista jokaiselle koneelle on merkitty oma palvelualue. IV-koneiden tarkoituksena on hoitaa muun muassa koulurakennuksen yleisilmanvaihto. Opetustiloille suunnatut koneet huolehtivat riittävästä ilmanlaadusta ilmamääräsäätimien avulla. Työssä käsittelen yhtä IV-konetta TK01, joka palvelee VET- eli opetustiloja. Muut IV-koneet hoitavat muun muassa ensimmäisen ja toisen kerroksen opetustilojen, ruokalan, keittiön ja liikuntasalin ilmanvaihdot. IV-koneessa TK01 lämpötilansäätö on toteutettu pois-toilmatyyppisesti.



KUVA 6. Lämpötilasäädön säätökäyrät.

Poistoilmakanavassa olevalle lämpötila-anturille TE19 on määritetty asetusarvo, jolla säädellään tulokanavaan virtaavan raitisilman lämpötilaa ja samalla rakennukseen menevän ilman lämpötilaa. Tuloilman lämpötilaa säädellään lämmitys- ja jäähdytys patterilla sekä LTO-kiekkolla. Poistoilman kaskadisäädössä, poistoilman lämpötila anturilta tuleva tieto määrää lämpötilan säädön muutosta. Tämä säätömalli toimii hyvin isommissa rakennuksissa ja kiinteistöissä, joissa ei ole tarvetta äkillisesti lämmitettäville tai jäähdytetyille tiloille eli lämpötilat pysyvät taseisena (Kopakka 2020). Tarvittaessa rakennukseen virtaavan ilman lämpötilaa pystyttiin lämmittämään lisäksi jälkilämmityspattereilla, jotka sijaitsivat tietyissä huoneissa.

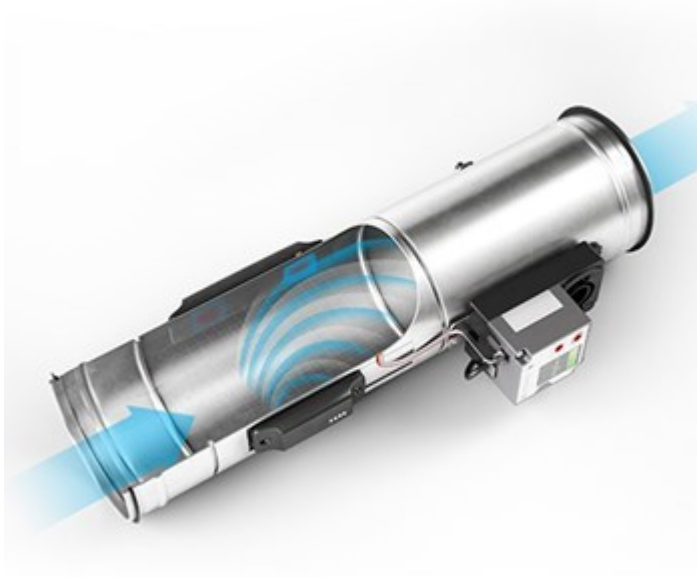
Lämmöntalteenotto oli toteutettu kyseisessä koneessa pyörivänä lämmönsiirtimenä. LTO:n huurtumista seurattiin painelähettimen avulla (PDIE02), joka mittasi kennon yliolevaa painetta. Mikäli tuloilmapuhaltimen käydessä paine-ero lähetin (PDIE02) huomaa LTO:n poistopuolella paineen nousseen järjestelmään asetetun raja-arvon yli, niin kenno alkaa pyörimään miniminopeudella.

Hitaasti pyörivässä LTO-kennostossa puolikkaan pyörintäliikkeen aikana lämminpoistoilma lämmittää kennoa. Kun vastaavasti toisella puolikkaalla pyörintäliikkeestä se kenno luovuttaa varastoidun lämpimän ilman takaisin rakennukseen menevään sisäilmaan (Energiatehokas 2020).

Ilmamääräsäädin eli IMS on laite, jonka tarkoituksena on saada mahdollisimman tarkka ilmavirran säätö esimerkiksi opetustilaan. Kiinteistössä säätimiä oli asennettu luokka- ja yleistiloihin, joissa tarvitsee olla hyvä ilmanlaatu. Ilmamääräsäädin voidaan ajatella eräänlaisena säätöpeltinä.

Tällä projektilla oli käytössä Fläkt Groupin valmistamia Optivent ultra ilmamääräsäätimiä. Säätimien toiminta perustuu ultraäänimittaukseen. IMS:n toimintaperiaate on, että laite lähettää signaalin 90 asteen kulmassa ilman virtaussuunnasta katsottuna ja kanavassa liikkuva ilma taivuttaa signaalia. ”Signaali lähtee 90 asteen kulmassa ilman virtaussuuntaan nähden. Ilman virtaus saa aikaan signaaliin taipuman, joka on lähes täysin lineaarisesti riippuvainen ilman virtausnopeudesta” (epressi 2017).

Katsottaessa kuvaa 7 huomataan, että ultraäänilähetin ja sen kaksi vastaanotinta sijaitsevat kanavan vastakkaisilla puolilla. Kun mitataan signaalin vaihe-ero vastaanottimien avulla, saadaan selville myös ilman virtausnopeus ja ilmavirta. Etuna perinteiseen tekniikkaan ultraäänimittauksessa on se, että kun laitteen lähettämä signaali kulkee koko kanavan yli niin mutkat, haarat tai muut häiriölähteet eivät vaikuta mittauksiin (Fläkt Group n.d).



KUVA 7. Fläkt Groupin valmistama ultraääni ilmamääräsäädin (Fläkt Group n.d).

Kuvassa 7 olevaa ilmamääräsäädintä voidaan käyttää tulo- ja poistokanavassa ilmamäärän säätöön. Sen tarkkuus koko ilmavirta-alueella ja pölynkestävyys varmistavat sen sopivuuden niin luokka- kuin potilashuoneissa. IMS:lle asetetaan kaksi asetusarvoa, virtauksen minimi ja maksimi. Virtaukselle käytetään yksikköä litraa sekunnissa (l/s). Minimi- ja maksimiarvot saadaan selville, kun ilmamäärämittajat ovat saaneet mitattua huonekohtaiset ilmamäärät päätelaitteita, IV-koneen puhallinnopeuksia ja säätöpeltien asentoa muuttamalla. Kyseinen IMS tukee ModBus RTU-väyläprotokollaa, joten se on mahdollista liittää rakennusautomaatiojärjestelmään. Yleisesti ottaen väyläkytkentöjen suunnittelussa tulee ottaa huomioon väylään kytkettävien laitteiden manuaaleissa kerrotut kytkentätopologiat.

Ilmamääriä säädetään esimerkiksi luokkatiloissa huoneen lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden avulla. Jos hiilidioksidipitoisuudet nousevat yli asetusarvon tai vastaavasti lämpötila, niin IMS avaa peltiä ja tilaan virtaa enemmän raitista ilmaa, kunnes mittaukset palautuvat asetusarvoihin.

4.2 Jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmä

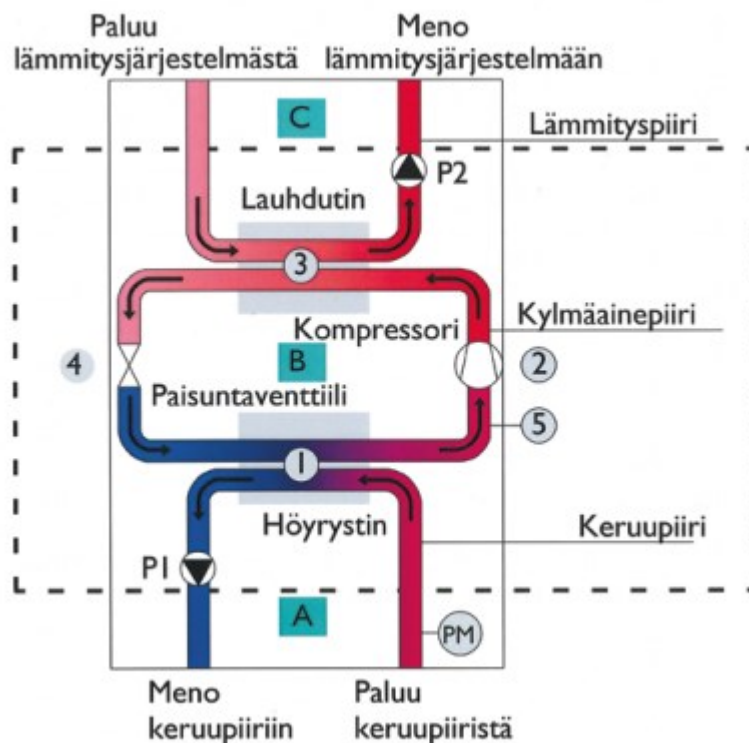
Nykypäivänä ja tulevaisuudessa suuremmissa ja pienemmissä uudiskohteissa pyritään toteuttamaan lämmitys- ja jäähdytysratkaisut mahdollisimman energiatehokkaasti. Suosittuja lämmitysmuotoja ovat esimerkiksi maalämpö, ilmavesilämpöpumput, suora sähkölämmitys ja kaukolämpö. Myös pellettilämmityksiä ja vastaavantyyppisiä lämmitysmuotoja käytetään ja asennetaan edelleen kaupunki keskuksien ulkopuolella.

Tämän opinnäytetyön kohteeseen oli valittu lämmitysmuodoksi energiatehokas kaukolämpö ja lämpöpumppujärjestelmä. Kaukolämpö on tällä hetkellä suomen yleisin lämmitysmuoto ja sen tuotannosta jo yli puolet on ilmastoneutraalia. Tulevaisuudessa energiatehokkuus tulee kasvamaan entisestään, kun tuotannossa syntyvät päästöt tulevat laskemaan entisestään sekä rakennuksien, lämmönjakokeskusten ja kaukolämpöverkkojen toimintalämpötiloja tullaan laskemaan (Motiva 2022). Motivan julkaisemassa kirjoituksessa Energiategollisuuden asiantuntija Tiitinen on todennut: ”matalampi lämpötila mahdollistaa entistä paremman erilaisten polttoon perustamattomien ja hajautettujen tuotantomuotojen hyödyntämisen kaukolämmössä” (Motiva 2022). Kaukolämpöä pystytään tuottamaan useammalla tuotantomuodolla, joista uusiutuvien ja hukkalämpöjen osuus on yli puolet. Tuotannossa käytettäviä polttoaineita ovat puuperäiset aineet, kuten metsähake ja teollisuuden puutähte. Myös maakaasu, kivihiili ja turve toimivat polttoaineina, mutta vähentyvissä määrin. Tuotannosta lähtevä kaukolämpö jaetaan asiakkaille maantieverkoston alle sijoitetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa. Asiakkaan kiinteistöllä kaukolämpö päättyy lämmönjakokeskukseen, joka lämmittää tarvittavan määrän käyttövedettä asiakkaalle ja siirtää lämmön kaukolämpöverkosta kiinteistössä sijaitseviin lämmönjakolähteisiin. Lämmönjakokeskuksesta kaukolämpöverkkoon palaava jäähdytetty vesi palautuu takaisin tuotantolaitokseen (Motiva 2022).

Lämpöpumppu on lämmitys- ja jäähdytysmuotona energiatehokas ja ennen kaikkea toimintavarma, kunhan se on huollettu oikein ja ajallaan. Se on taloudellinen vaihtoehto, koska oikein mitoitettuna se tuottaa noin 5 kilowattia energiaa per

kulutetulla 1 kilowatilla. Lämpöpumpput ovat ympäristöystävällisiä, koska sillä saadaan hyödynnettyä auringon tuottamaa lämpöä kalliosta, maaperästä, vedestä sekä ilmasta joihin lämpöenergia on varastoitunut. Lämmitysmuotona se on myös joustava, koska tarvittaessa sitä voidaan täydentää jollakin muulla lämmitysjärjestelmällä (Thermia n.d.).

Siltatien koulun lämmitys- ja jäähdytysenergia pyritään tuottamaan mahdollisimman pitkälle lämpöpumppujärjestelmällä. Jäähdytysenergia pyritään tuottamaan ensisijaisesti passiivijäähdytyksellä energiakaivokentästä (keruupiiristä). Kiinteistön energiakaivokenttä on mitoitettu jäähdytystehon perusteella. Talvikaudella sen lämpötila voi laskea niin alhaiseksi, että lämpöpumppujärjestelmän lämmityskäytön tehoa voidaan joutua rajoittamaan. Lämpöpumppujärjestelmän toimintaa ohjataan kiinteistön rakennusautomaatio järjestelmällä, joka antaa pumpuille käynti- ja pysäytyskäskyt. RAU-järjestelmästä asetetaan myös lauhdepuolen tuottolämpötilatavoite. Lämpöpumppujärjestelmän liuospiiri saa lämpöenergiansa jäähdytysverkon lauhteesta sekä energiakaivokentästä, mutta ensisijaisesti hyödynnetään jäähdytysverkostosta saatavaa energiaa.



KUVA 8. Havainnekuva Maalämpöpumpun toiminnasta (Juvonen 2013).

Maalämpöpumpun toiminta selitettynä yleisesti: 1. ”Höyrystimessä keruupiiristä (A) lämpöenergia siirtyy kylmäainepiiriin (B), jossa neste muuttuu kaasuksi. 2. Lämpöpumpun kompressorin puristaa kylmäainehöyryn korkeapaineiseksi kaasuksi, jolloin lämpötila kohoaa. Puristamiseen käytetty sähköenergia muuttuu lämmöksi ja nostaa myös kylmäaineen lämpötilaa. 3. Lämpöpumpun lauhduttimessa lämpöenergia siirtyy kylmäaineesta rakennuksen lämmitysjärjestelmään (C). Samalla kylmäaine muuttuu nesteeksi. Lämpöenergia voidaan hyödyntää sekä lämmitysverkostossa, että käyttöveden lämmityksessä. 4. Lämpöpumpun paisuntaventtiilissä kylmäaineen painetta alennetaan, jolloin kylmäaineen lämpötila laskee. Kylmäaine virtaa höyrystimeen ja prosessi jatkuu 1. kohdan mukaisesti” (Juvonen 2013).

Koulun lämpöpumpppujärjestelmällä tuotetulla lämpöenergialla lämmitetään kiinteistöä muun muassa vesikiertoisilla lattialämmitys-, IV-koneiden lämmitys- sekä patteri- ja säteilijäverkostolla.

Jäähdytysenergian toteuttaminen kiinteistöön pyritään hoitamaan mahdollisimman pitkälle passiivijäähdytyksellä. Maalämmön keruupiiristä tulevan liuoksen lämpötila on yleisesti ottaen 0–9 asteista, jolloin sitä voidaan käyttää jäähdytykseen. Keruupiiristä palaavan nesteen luovuttaessa energiaa höyrystin vaiheessa eli lämmönvaihtimessa sen lämpötila nousee, mutta lämpöenergia voidaan hyödyntää ottamalla se talteen lämpöpumpuilla ja viedä varastoon maalämpökaivoihin tai lämmitysvaraajaan tulevaa lämmityskautta varten. Jäähdytysenergiaa käytetään esimerkiksi TK01 IV-koneessa, jossa jäähdytyspatterin avulla pyritään jäähdyttämään tuloilmaa tarvittaessa. Myös kahdessa muussa ilmanvaihtokoneessa hyödynnettiin jäähdytysenergiaa jäähdytyspattereiden avulla.

4.3 Muut järjestelmät

Automaatiojärjestelmään liitettiin lisäksi aikaisemmin mainittujen prosessien lisäksi pienempiä kokonaisuuksia, joita RAU-järjestelmä valvoi ja ohjasi.

Kiinteistön erillisiltä järjestelmiltä, kuten paloilmoin-, rasvanerotuskaivolta, jätevedenpumppaamolta, hissiltä, äänentoisto- ja hätäkuulutusjärjestelmästä sekä rikosilmoinjärjestelmästä tuli rakennusautomaatiojärjestelmään erillishälytyksiä muun muassa vikatilanteita ja hälytysten valvontaa varten. RAU-järjestelmästä pystytään ohjaamaan hälytykset tehokkaasti eteenpäin kiinteistön huolto firmalle.

Koulurakennuksessa oli moottoroituja palopeltejä, jotka olivat kiinteistöautomaation ohjauksen perässä. Automaatiojärjestelmästä pystyi tarkastelemaan jokaisen pellin asentoa, joka on auki tai kiinni. Niille luotiin testaus ohjelma, jolla pystyi testaamaan palopeltien toimintaa säännöllisin väliajoin. Ohjelma sammutti ensimmäiseksi IV-koneen, jonka palvelualueella olevia palopeltejä haluttiin koeajaa, tämän jälkeen voidaan tarkistaa ja todentaa peltien oikeanlainen toiminta.

RAU-järjestelmällä ohjataan ulko-ovilla olevia oviverhokoneita. Oviverhokoneiden luomalla ilmaverholla ovien eteen saadaan tehokkaasti estettyä ulkoa tuleva kylmäilma pääsemästä sisälle, kun vastaavasti kesällä saadaan estettyä kuuma ja kostea ulkoilma tunkeutumasta jäähdytettyihin tiloihin. Tällä saadaan parannettua myös rakennuksen energiatehokkuutta. Tässä kohteessa oviverhopuhaltimet olivat vesikiertoisia. Oviverhokoneiden päälle/pois ohjausta ohjattiin ovikytkimillä, tuulikaapissa olevan lämpötila-anturin ja ulkolämpötilan avulla.

Ulkovalojen ohjaukset olivat RAU-järjestelmän perässä. Valojen ohjaukset tapahtuivat sähkökeskusten kautta. Kiinteistöautomaatioon avulla on helppo luoda ulkovalojen ohjaukselle aika ohjelmia ja mitata ulkoilman valoisuutta. Sähkökeskusten kautta hoitui myös saattolämmityksen ohjaukset. Automaatiolla luodaan ohjelma, jolla saattolämmityksen kontaktori lähtöjä ohjataan ja niiden määrävänä mittauksena toimii ulkoilman lämpötila mittaus. Savunpoistokeskukselta tuli kaksi tietoa, jotka olivat luukkujen auki indikoinnit sekä puhaltimen käyntitieto.

4.4 Valvonta-alakeskus

Valvonta-alakeskus vastaa kiinteistössä erilaisten laitteiden ja prosessien toiminnasta ja valvonnasta. VAK sisältää keskusyksikön, erilaisia komponentteja ja moduuleita, joilla mahdollistetaan järjestelmän tarkkailu ja toiminta. Alakeskuksen ovelta on paneeli graafisella käyttöliittymällä, josta käyttäjä pääsee katsomaan, antamaan käskyjä sekä ohjailemaan prosesseja ja laitteita. Muita alakeskuksista löytyviä laitteita ja komponentteja ovat verkkokytkimet, joilla saadaan keskusyksiköt yhdistettyä toisiinsa ja hälytyslaitteisiin. Hälytyksien välittäminen eteenpäin esimerkiksi kiinteistöhuolto firmalle menee yleensä GSM-modeemin kautta lähetettävänä tekstiviestinä tai netin kautta sähköpostilla. Myös väyläsovittimia käytetään keskuksissa, koska niiden avulla järjestelmä kommunikoi usean eri väyläprotokollan kanssa.

VAK sisältää myös sähkönjakelukomponentteja, 24 voltin muuntajat, jolla saadaan jaettua tasa- ja vaihtojännitettä virtapakoille. Lisäksi johdonsuoja katkaisijoita ja sulakkeita tulee olla, jotta virtapiirit saadaan katkaistua ja oikosulku-, vika- ja ylikuormitussuojaus toteutuu.

Jokaisesta valvonta-alakeskuksesta, jolla ohjataan ilmanvaihtokonetta ja sen toimintaa löytyy jäätymisvaaratermostaatti. Jäätymisvaaratermostaatti on IV-koneen lämmityspatterin varolaite, joka toimii myös lämmityspatterin paluuveden lämpötilalähtetimenä. Termostaatille asetetaan jokin asetusarvo ja kun patterin lämpötila laskee alle asetusarvon, termostaatti hälyttää ja pysäyttää tulokoneen. Vian poistuttua jäätymisvaaratermostaatti jää hälytystilaan ja poistuu vasta kun se on käyty fyysisesti kuittaamassa painikkeesta.

4.4.1 Moduulikotelot

Moduulikotelot liitetään valvonta-alakeskuksiin väylän avulla. Moduulikotelot ovat VAK:en ohjauksessa ja ne sisältävät moduulikortteja, joilla saadaan käytännössä laajennettua alakeskuksien älyä ja käytettävyyttä isommalle alueelle. Tässä projektissa moduulikotelot tulivat tarpeeseen, koska toinen VAK sijaitti konehuoneessa katolla ja toinen lämmönjakohuoneessa maantasolla. Konehuoneen

VAK:iin oli liitetty kolme moduulikoteloja. Yksi niistä sijaitsi konehuoneessa, mutta se ohjasi käytännössä vain maalämpöjärjestelmää. Kaksi muuta sijaitsivat rakennuksen toisessa kerroksessa. Lämmönjakohuoneessa sijaitsevaan alakeskukseen oli liitetty väylällä kaksi moduulikoteloja, Toinen koteloista sijaitsi ensimmäisen kerroksen opetustiloissa ja toinen liikuntasalin lähetyvillä väestönsuojaloissa. Moduulikoteloiden avulla saadaan muun muassa lyhennettyä kaapelointimääriä sekä saadaan mahdollisesti aikaan säästöjä.

5 FIDELIX AUTOMAATIO

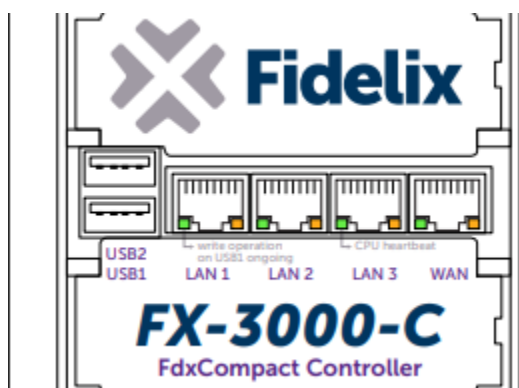
Fidelix on suomalainen yhtiö, joka on aloittanut toimintansa vuonna 2002 ja siitä heidän kehityksensä lähtenyt nousuun kohti pohjoismaiden yhdeksi johtavaksi rakennusautomaation yritykseksi. He tuottavat omaa järjestelmäratkaisuaan, jota he myyvät muiden yritysten käyttöön. Fidelixin järjestelmiä käytetään useissa erilaisissa kohteissa kuten kouluissa, sairaaloissa, hotelleissa, hoivakodeissa, pysäköintilaitoksissa ja ostoskeskuksissa (Fidelix n.d).

Heidän automaatiojärjestelmänsä kokoaa yhteen kaikki talotekniikan tarvittavat anturit, toimilaitteet, säätimet ja turvallisuusjärjestelmät. Koko järjestelmä perustuu avoimiin standardeihin, joka tarjoaa tehokkaan tavan yhdistää useimmat järjestelmät ja laitteet yhdeksi kokonaisuudeksi (Fidelix n.d).

5.1 CPU FDX Compact FX-3000-C

Siltatien koulun automaatiojärjestelmä kokonaisuudessa oli kaksi Fidelix keskusyksikköä (FX-3000-C), joista toinen sijaitsi IV-konehuoneen VAK:ssa ja toinen lämmönjaon keskuksessa. Keskusyksiköt ovat liitettyinä toisiinsa verkkokytkimien avulla samaan verkkoon.

Fidelix Oy:n luoma FX-3000-C on rakennusautomaatioon kehitetty keskusyksikkö. Se tarjoaa laitteiden väliseen kommunikointiin Modbus, Mbus- ja BACnet väylät sekä UDP/TCP-protokollan ja sisäänrakennetun NAT-reitittimen. Keskusyksikkö on helposti ohjelmoitavissa FX-editor ohjelmistolla, kun kiinteistön automaatiojärjestelmän kenttälaitteet ovat liitettyinä keskusyksikköön ja kiinteistön kaikki keskusyksiköt liitetään toisiinsa sekä keskenään liitetyt keskusyksiköt yhdistetään SCADA-palvelimeen, saadaan hallittua koko kiinteistön järjestelmää kerralla (Fidelix FDX n.d).



KUVA 9. Fidelix FX-3000-C keskusyksikkö (Fidelix FDX n.d).

Kuvassa 9. esitetylle CPU:lle eli keskusyksikölle syötetään virta joko sivusta tai pohjaan tulevan DIN-kiskoon asennettavan kytkentäliittimen kautta. Etuna DIN-kiskon kautta virtaa syöttävässä kytkentäliittimessä on, että samaan DIN-kiskoon ja virtalähteeseen voidaan kytkeä FDX-Compact moduuleja. (Fidelix FDX n.d).

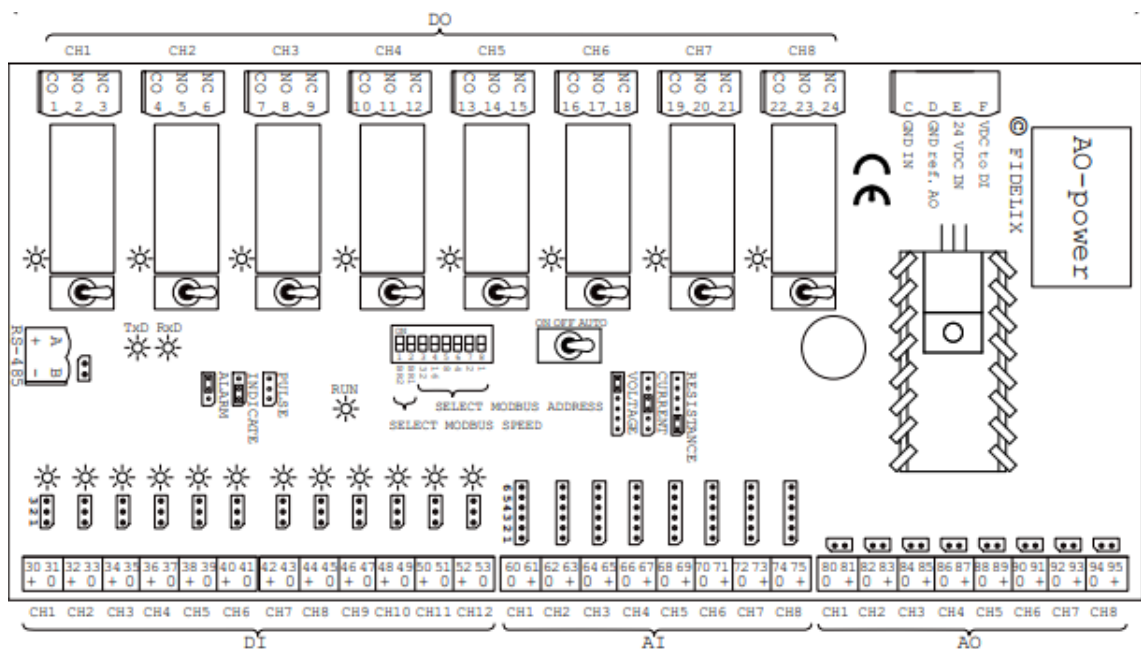
CPU:ssa on valmiina yksi (RS-485) sarjaportti, johon voidaan kytkeä enimmillään 63 FDX-Compact tai Classic moduulia. Sarjaporttien määrää voidaan lisätä Fidelix multiLINK-mediamuuntimella. Keskusyksikössä on etupuolella yksi Ethernet-portti (WAN), jolla se on mahdollista liittää ulkoiseen verkkoon. Kolme muuhun porttiin (LAN) etupuolella, voidaan kytkeä muun muassa kenttälaitteita, Fidelix multiLINK-mediamuunnin tai Visio-15C näyttöpaneeli. LAN-portteja voidaan käyttää myös sisäverkon laajentamiseen (Fidelix FDX n.d).

FDX-3000-C yksikössä on itsessään sisäänrakennettu FTP- ja Web-palvelin. Näiden sisäänrakennettujen palvelimien ansioista, keskusyksikköön liitetyn Visio-15C käyttöpaneelilla näkyy täsmälleen sama näkymä kuin etähallinta käytössä. Keskusyksikön ohjelmointi, projektien hallinta ja ylläpito on helppoa sekä tehokasta Fidelix kehitysympäristön FX-Editor ohjelmalla. Ohjelman avulla pystyy yhdistää helposti web-sivut, pisteiden ohjelmoinnin ja PLC-koodin (Fidelix FDX n.d).

5.2 I/O moduulit

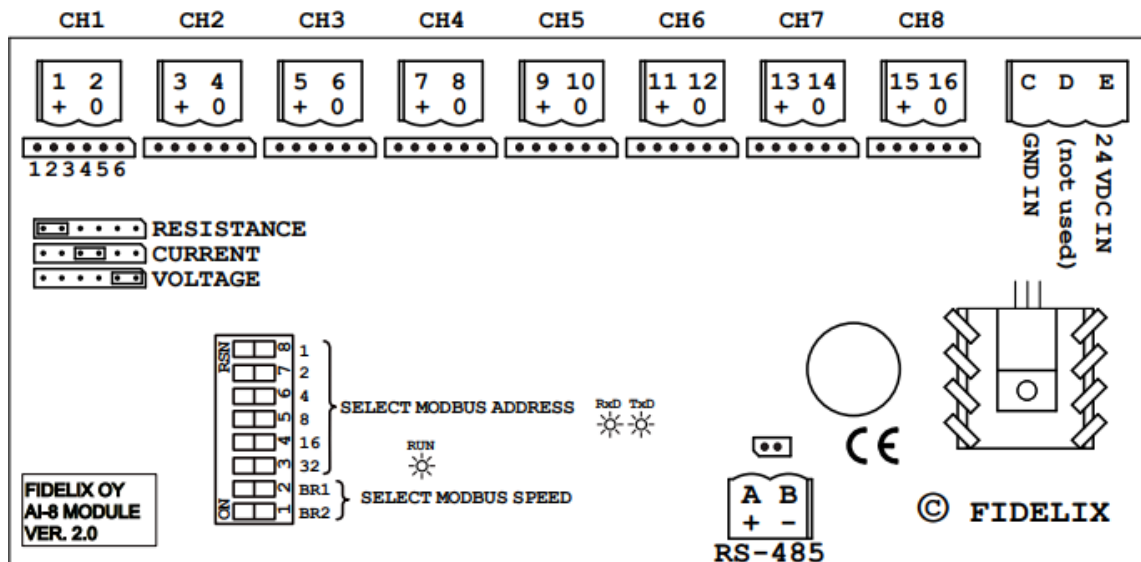
Rakennusautomaatiojärjestelmässä käytettiin Fidelix Classic- ja Compact sarjan I/O-moduuleita. I/O-moduulit ovat keskusyksikköön yhteydessä väyläliittymällä ja niiden avulla muun muassa ohjataan ja mitataan talotekniikan eri prosesseja.

Valvonta-alakeskuksissa ja moduulikoteloissa käytettyjä moduuleita olivat Classic sarjasta: Combi-36 ja AI-8 moduulit. Compact-sarjasta oli käytössä: AI-8-C, AO-8-C, DI-16-C ja DO-8-C moduulit.



KUVA 10. Combi-36 I/O-moduuli (Fidelix Combi n.d).

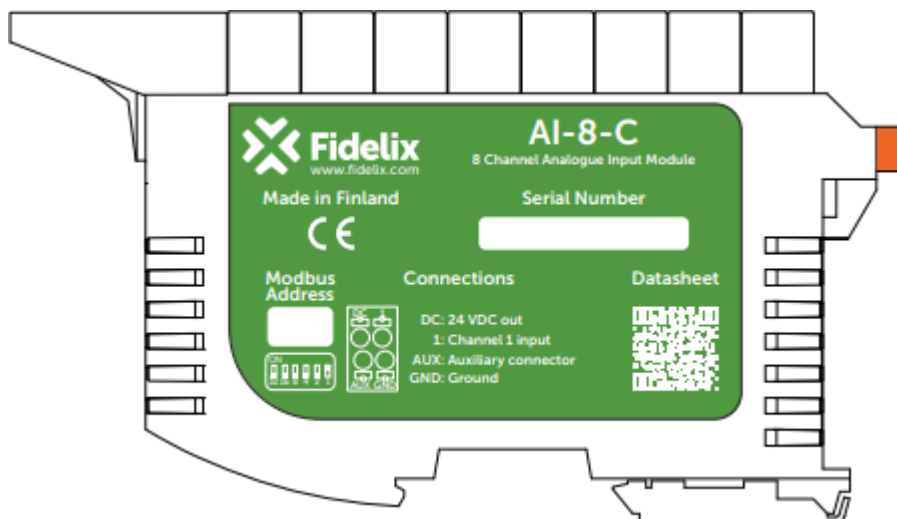
Combi-kortti (Kuva 10) on 36-kanavainen yhdistelmämoduuli, jota voidaan käyttää monenlaisissa automaatio-sovelluksissa. Combi-36 moduulissa yhdistyy neljän erillismoduulin nopeus ja tarkkuus, kytkentäliittimien suuri määrä mahdollistaa kortin käytön myös erillisenä I/O-liittymänä. Kaiken kaikkiaan kortissa on 12 DI-kytkentä pistettä, 8 AI-pistettä, 8 AO-pistettä ja 8 DO-kytkentä paikkaa.



KUVA 11. AI-8 moduuli (Fidelix AI. n.d).

8-kanavaisella AI-moduulilla (KUVA 11.) saadaan tietoa järjestelmään liitetyistä prosesseista aktiivisten ja passiivisten anturien lähettämällä tiedoilla. Moduulin jokaisen kanavan pystyy määrittelemään lukemaan itsenäisesti erilaisista resistiivisistä antureista, virtasilmukoista jänniteviesteistä ja digitaalisista laitteista. Tämä valinta voidaan tehdä kortissa olevilla oikosulkupaloilla (Fidelix AI. n.d).

Classic-sarjan korteissa (Combi36 ja AI-8) Modbus-osoite valitaan moduulissa olevien dip-kytkimien avulla. Kahdella ensimmäisellä kytkimellä valitaan Modbus-väylänopeus eli kuinka nopeasti tiedonsiirto tapahtuu väylässä. Käytettävissä olevia väylänopeuksia ovat: 9200 bps, 19200 bps, 38400 bps ja 57600 bps. Dip-kytkimillä 3–8 valitaan moduulin väyläosoite. Jokainen kytkin edustaa jotakin binääriarvoa ja ne ovat seuraavanlaiset: dip-kytkin 3 = 32 bittiä, -kytkin 4 = 16 bittiä, -kytkin 5 = 8 bittiä, -kytkin 6 = 4 bittiä, -kytkin 7 = 2 bittiä, -kytkin 8 = 1 bitti. Suurin Modbus-osoite rekisteri on 63.



KUVA 12. Compact-sarjan AI8-moduuli (Fidelix Compact n.d).

Tässä projektissa käytetyissä Compact-sarjan moduuleissa oli joko 8 tai 16-in-puttia tai outputtia riippuen kortti tyypistä. Ulkomuodoltaan jokainen moduuli näyttää samalta, mutta niiden ulkopuolella tekstit ja värit sekä sisältämät komponentit vaihtelee korttityypin mukaan. Kortit ovat helposti tunnistettavissa niiden värikyksen tai tekstin perusteella. Ne ovat jaoteltuna seuraavanlaisesti: AI-8-C moduuli on vihreällä värikyksellä, AO-8-C moduuli sinisellä-, DO-8-C punaisella- ja DI-16-C moduuli keltaisella värikyksellä.

Compact-moduuleissa valittiin samalla tavalla Modbus-osoite kuin aikaisemmin esitellyissä Classic-sarjassa, mutta väylän tiedonsiirtonopeuden moduuli tunnistaa itsenäisesti (Fidelix Compact n.d).

5.3 MultiLINK

MultiLink on monikäyttöinen mediamuunnin, jolla voidaan yhdistää Ethernet-, MBus-, Modbus- ja RS-232 liittymää käyttävät laitteet ja palvelut. ”MultiLink-moduuliin integroitu web-palvelin mukautettavine HTML-sivuineen mahdollistaa väylään kytkettyjen laitteiden ja järjestelmien tarkastelun, ohjauksen ja hallinnan” (Fidelix Multilink n.d).

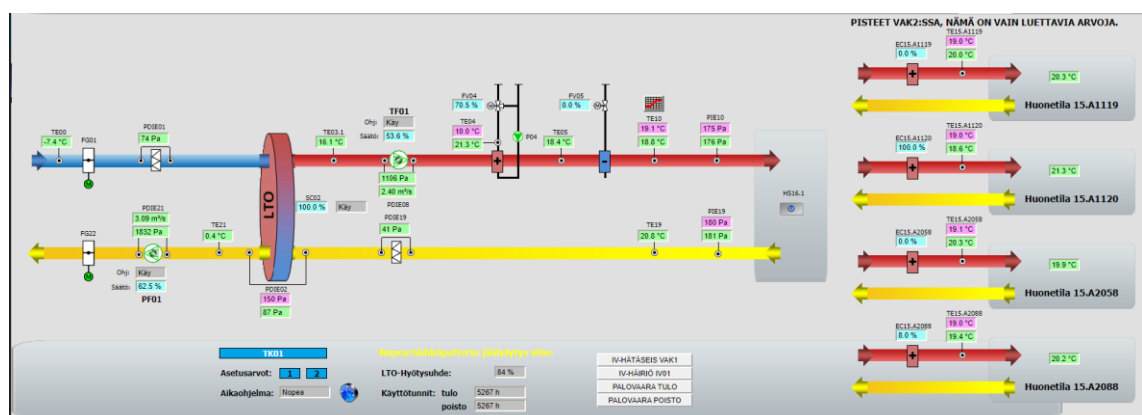
Etuna integroidussa web-palvelimessa on sen helppokäyttöisyys. MultiLink-moduuliin liitetyjä väylälaitteita ja järjestelmiä pystyy helposti tarkastella esimerkiksi tietokoneella tai mobiililaitteella verkossa perinteisellä selaimella.

5.4 FX-editor

FX-editor on projektinhallinta- ja ohjelmointityökalu, joka yhdistää ohjelmakoodit, pistetietokannat ja HMI-käyttöliittymän luonnin yhteen sovellukseen. FX-editor itsessään sisältää kirjastoja, joissa on valmiita mallipohjia yleisimpiin RAU-toteutuksiin. Editorissa yhdistyy tärkeimmät työkalut, joita ohjelmoinnissa tarvitaan. FX-editorin pisteenluontityökalulla voidaan luoda ja muokata kaikkia tarvittavia pistetyyppejä, joita projektissa esiintyy. Grafiikkatyökalulla pystytään luomaan tai muokkaamaan erilaisia grafiikkakuvia. Sen avulla pystytään myös asettamaan, erilaisille symboleille tunnus tai positio. Editorilla määritellään väylälaitteiden eli Modbus-laitteiden kutsuttavat rekisterit, joita IEC-ohjelman rajapintakoodi käyttää (Kopakka 2020).

5.5 Grafiikka

Yleensä grafiikoita luodessa käytetään valmiita pohjia, jotka muokataan kohteeseen sopiviksi. Kuvassa 13 on esiteltynä IV-koneen TK01 grafiikkakuva, jossa nähdään kokonaisuutena kyseisen koneen prosessinäkymä.



KUVA 13. Ilmanvaihtokoneen TK01 grafiikkakuva.

Vihreällä pohjalla olevat arvot ovat antureilta tai lähettimiltä sen hetkisiä luettuja arvoja. Sinisellä pohjalla olevat laatikot ovat asetettuja säätöarvoja esimerkiksi venttiilitoimilaitteille tai puhaltimille. Violetilla pohjalla esiintyvät laatikot ovat halettuja asetusarvoja lähettimille ja antureille. Kuvan 13 grafiikkakuvassa esiintyy neljän luokkatilan huoneanturien arvot, koska kyseisissä tiloissa on lisäksi lämmityspatterit, jos tuloilmaa ei saada lämmitettyä riittävän lämpimäksi IV-koneen lämmitysjärjestelmällä.

5.6 OpenPCS

Fidelix alakeskuksen ohjelmointiin käytettiin Open-PCS ohjelmointityökalua, joka perustuu IEC 61131-3 teollisuusstandardiin. IEC 61131-3 standardi on yleisesti Euroopassa käytetty. Sillä määritellään ohjelmoitavalle logiikalle ohjelmointikielet sekä käytettävät datatyypit. IEC 61131-3 standardissa määritellyt datatyypit ohjelmoitavalle logiikalle ovat boolean (totuusarvo), integer (kokonaisluku), real (reaaliluku), word (sana), byte (bitti), date (päivämäärä), time of day (aika) ja string (merkkijono). IEC 61131-3 määrittelee ohjelmoitavien laitteiden ohjelmointikielen syntaksin ja semantiikan. Tämä neljän ohjelmointikielen syntaksi ja semantiikka muodostuu kahdesta tekstikielestä: Structured Text (ST) eli strukturoitu teksti ja Instruction Text (IT) eli ohje- tai käskylista. Lisäksi kahdesta graafisesta kielestä Functional Block Diagram (FBD) ja Ladder Diagram (LD) (PLCopen 2013).

Fidelix keskusyksikön (FX-3000-C) ohjelmointiin käytetään IEC standardiin kuuluvaa tekstipohjaista Structured text-ohjelmointikieltä. OpenPCS avataan FX-editorin ohjelman kautta. OpenPCS:llä pystyy etsimään ohjelmissa käytettyjä pistetunnuksia ja esittämään ne eräänlaisessa käyttämättömien pisteiden kolumnissa. Ohjelmoinnissa käytetty IEC tekstipohjainen ohjelmointikieli perustuu suurelta osin muuttujista ja IF-lauseista. IF-lause tarkoittaa, että jos tietyt ehdot tapahtuvat niin sen jälkeen tapahtuu jotakin. IF-lauseeseen pystytään luoda ehtolauseita, joiden täytyy olla voimassa, että jotakin tapahtuu. I/O pisteistä saatujen tai luetujen tietojen mukaan ohjataan analogi- ja digitaaliulostuloja. Ohjelmaan on myös mahdollista rakentaa Modbus väylään tulevien laitteiden Modbus rajapintoja.

6 PROJEKTIN TOTEUTUS

Toimin itse projektilla automaatioasentajan roolissa, joten käsittelen tässä kapaleessa projektin toteutusta asentajan näkökulmasta sekä sivuan aihetta lisäksi projektinhoitajan näkökulmasta. Asentajana en osallistunut kohteen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluun, ohjelmointiin, työmaakokouksiin, käyttäjäkoulutuksiin tai luovutukseen.

6.1 Asentajan näkökulmasta

Automaatioasentajalle kuuluu työmaalla muun muassa alakeskusten paikalleen kiinnitys, kaapelointi- ja kytkentätyöt, laitteiden asennukset sekä -testaukset. Asentajan tulee perustasolla osata tehdä vaadittavia asennuksia ohjatusti sekä hänellä pitää olla ymmärrystä taloteknisistä laitteista ja prosesseista. Useimmiten nämä asiat opitaan työn ohessa. Taloteknisistä järjestelmistä hänen tulee tuntea muun muassa lämmitykseen ja energiantuotantoon liittyvät järjestelmät sekä niiden keskeiset osat. Lämmönjakomenetelmät, lämpöjohtoverkon komponentteja, LTO:lla varustetun IV-koneen toiminta ja väyläratkaisut. Valaistuksien ohjausjärjestelmät, energian varastointi, rakenteiden ilmatiiveyden merkitys sekä ilmanvaihdon ja jäähdytyksen yhteisvaikutukset (Sähkötieto 2016, 266).

Työmaalla ensitöinä tutustuttiin työmaaympäristöön sekä RAU-järjestelmä kokonaisuuteen säätökaavioiden toimintaselostuksien ja pohjakuvien avulla. Kytkentätyöt aloitettiin kentän päästä kytkemällä ensimmäisenä kiireellisimmät paikat, kuten alakaton yläpuolella olevat laitteet IMS-pellit ja paine-eromittausten letkutukset esimerkiksi ulko- ja sisätilan välillä. Seuraavana aloitettiin ilmanvaihtokoneiden kalustamiset ja kytkennät. Samaan aikaan päästiin tekemään maalämpöpumppu verkoston merkkkaus. Tässä vaiheessa tehtiin myös erillispisteiden kytkennät sekä aloitettiin vetämään alakeskuksiin ja moduulikoteloihin kaapeleita sisään, kuorimaan ja kytkemään.

KytKentä töiden jälkeen päästiin aloittamaan automaatiolaitteiden ja -järjestelmän testaukset yhdessä projektinhoitajan kanssa. Tämän kokoluokan projektissa testausvaiheessa menee usein noin muutamasta päivästä viikkoon. Jos testauksissa ilmenee vikoja tai ongelmia kuten väärin kytkentöjä, laitteiden mekaanisia vikoja tai muita haasteita, voi mennä pidempään. Kun testaukset on saatu hoidettua ja automaatiojärjestelmä on todettu toimivaksi kytkentöjen sekä asennuksien osalta, niin asentajan rooli projektissa on tullut päätökseen.

6.2 Projektinhoitajan näkökulmasta

Projektinhoitajalle kuuluu monenlaisia työtehtäviä suunnittelusta käyttöönottoon. Hänen tulee osata asentaa ja käyttöönottaa automaatiojärjestelmä kokonaisuudessaan sekä ohjelmoida tarvittavat osat. Hänen tulee osata myös liittää yhteen erilaisia järjestelmiä ja integroida eri talotekniikan prosessit yhdeksi toimivaksi ja energiatehokkaaksi kokonaisuudeksi, eli toisin sanoen hänen tulee hallita koko työkenttä. Yksi oleellisimmista tehtävistä projektinhoitajalla on muiden urakoitsijoiden kanssa toimiminen ja kanssakäyminen. Normaalisti hän on yhteydessä muihin projektilla toimiviin tahoihin puhelimitse sekä toisin tavoin. Projektinhoitajan tulee osata toimia itsensä ja yrityksensä eduksi erilaisissa työmaa- ja urakoitsijapalaverissa, vaikka olisi asioista eriäviä mielipiteitä. Tässä asiassa usein tyytyväinen asiakas on vakioasiakas (Sähkötieto 2016, 267).

Projektin alussa automaatiojärjestelmän toteuttaminen alkoi tutustumalla kohteessa olevien järjestelmien toimintakaavioihin sekä muihin taloteknillisiin suunnitteludokumentteihin. Kaikki mahdolliset suunnitelmat, järjestelmä- ja säätökaaviot sekä pohjakuvat olivat Sokopro-projektipankissa kaikkien käyttäjien saatavilla. Sokoprohon ladataan aina uusimmat päivitykset, revisiot kaavioista ja kuvista rakennuttajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden saataville.

RAU-urakoitsijan (projektinhoitajan) tehtäviin kuuluu myös venttiili-, laite-, kytkentä- ja kilpiluetteloiden laatiminen. Venttiililuetteloon kirjataan RAU-urakkaan kuuluvat säätöventtiilit, joihin kuuluu yleensä ainakin lämmönjakokeskuksen- ja IV-koneiden säätöventtiilit. Lisäksi tähän voi sisältyä myös muiden järjestelmien säätöventtiileitä, kuten tässä projektissa kaukolämmön ja maalämmön venttiilit.

Valmis venttiililuettelo lista toimitetaan tilaajalle ja suunnittelijalle hyväksyttäväksi, jonka jälkeen ne voidaan tilata ja toimittaa putkiurakoitsijalle.

Lähtötietojen pohjalta luotiin vetolistat kaapelointia varten. Vetolistaan merkataan yleensä mitä kaapeloidaan, millä kaapelityypillä sekä kaapeloitavan toimilaitteen, anturin tai lähettimen positio. Vetolistat tehdään usein VAK kohtaisesti. Tällöin myös kaapelointi urakan suorittavan tekijän on helpompi nähdä mitä ja kuinka paljon kaapelia tulee yhdelle keskukselle. Kaapelinvetoluettelot toimitetaan urakkarajoista riippuen, joko sähkö- tai RAU-urakoitsijalle, joka hoitaa kaapelointi työt. Laiteluetteloa tehdessä on hyvä ottaa huomioon, että valitut toimilaitteet, anturit ja lähettimet ovat yhteensopivia muiden laitetoimittajien laitteiden kanssa. Jos automaatiojärjestelmään tulee Modbus- tai Mbus-väylän kautta ohjattavia laitteita, niin valmistajalta tulee pyytää rekisterilistaus ajoissa, jonka perusteella saadaan ohjelmoitua väylä laitteen ja Fidelix järjestelmän välille. Kun laiteluettelot saatiin hyväksytyttyä, ne voitiin laittaa tilaukseen ja toimittaa työmaalle RAU-urakoitsijan asennettavaksi.

Vetolistojen ja venttiili- sekä laiteluetteloiden jälkeen projektinhoitajalla on karkeasti tiedossa jokaisen VAK:in I/O-pisteet, jolloin voidaan piirtää VAK-layoutit. VAK-layoutista selviää I/O-moduulien määrä, tyyppi sekä sijainti alakeskuksessa. Layout kuvia piirtäessä tulee ottaa huomioon suunnitelmien muutokset, jolloin keskukseseen suositellaan jätettävän tyhjää tilaa muutamille moduuleille. Näin saadaan helposti tehtyä pistelisäyksiä.

Tässä vaiheessa alkoi graafisten käyttöliittymien teko. Jokaiselle RAU-järjestelmälle luotiin oma käyttöliittymägrafiikka, jotka luotiin RAU-suunnitelmien pohjalta. Grafiikoista pyrittiin luomaan mahdollisimman selkeät ja helppokäyttöiset. Graafisten käyttöliittymien lisäksi luotiin graafisia asetussivuja, joiden kautta käyttäjä pääsee muokkaamaan ja määrittelemään esimerkiksi järjestelmien hälytys-, lämpötila-, hiilidioksidipitoisuus-, valoisuusarvoja sekä aikaohjelmia.

Käyttöliittymägrafiikoiden pohjalta luotiin pistetietokanta, joka sisältää järjestelmän jokaisen pisteen eli hälytys, ohjaus, indikointi ja säätöpisteet sekä aikaohjelmat ja muunnostaulukot. Järjestelmän toiminnan varmistamiseksi tulee huomi-

oida, että käyttöliittymässä ja tietokannassa olevat pisteet ovat samalla tunnuk-sella. Ohjelmaisen jokaisen pisteen asetukset määritellään suunnitelmien mukai-sesti.

Kuvassa 13 olevan TK01 ilmanvaihtokoneen grafiikoita luodessa muokattiin val-miista pohjakuvasta prosessi- ja laitetunnukset toimintaselostuksien mukaisiksi. Grafiikkakuvista on helppo katsella prosessi kokonaisuutta sekä erilaisten pro-sessien toimivuutta muun muassa testauksien, käyttöönoton tai huollon aikana. Niiden kautta voidaan katsoa myös puhaltimien ja pumppujen toiminta.

Pisteiden luonti onnistuu Fidelix järjestelmässä useammalla tavalla, jos grafiikat ovat luotu valmiiksi niin pisteet voidaan tuoda projektiin suodattimen läpi, joka tulkitsee pisteen loppuosan mukaan sen kyseiseksi pisteeksi ja luo uuden pis-teen. Uudelle pisteelle täytyy käydä muokkaamassa käsin kaikki asetukset ja pis-tepositiot. Käynnissä olevasta projektista on usein olemassa valmis pohja pis-teistä, jotka kannattaa myös tuoda. Niiden tuonti onnistuu luomalla valmiista poh-jasta .xls-tyypin tiedosto, mikä voidaan kopioida FX-editoriin. Pisteiden luonti on-nistuu myös tyhjästä manuaalisesti käsin, mutta on todella hidas tapa. Olemassa olevia pisteitä voidaan käyttää, jolloin niistä voidaan luoda uusi piste ja muutetaan tämän uuden pisteen tunnus.

Pisteiden nimi ja rakenne muodostuu useimmiten alkutermistä esimerkiksi ”01 tai 02”, joka viittaa alakeskukseen, johon se on kytketty. Tässä tapauksessa kuvasta 15 otetun pisteen tunnus olisi ”01_TK01_TE10_M”, jossa viitataan VAK1:een, prosessiin TK01 ja prosessin lämpötila anturiin TE10.

Pisteiden luonnin ja I/O-moduuleille asettamisen jälkeen tehtiin kytkentäkuvat alakeskuksille ja moduulikoteloille. Kytkentälistojen luonti onnistuu, kun FX-edi-torista pystyy tuomaan kaikkien I/O-moduulien pisteet taulukkolaskentaohjelmis-ton ymmärtämään tiedostoon. Kytkentäkuvien teko onnistuu myös perinteisenä käsityönä tai pistetestauslistan työkaluilla.

Projektissa toteutettiin liitteen 1 (1, 2) ohjelmoinnin avulla toimintakaavioissa vaa-dittuja toiminallisuuksia kuten lukituksia, ohjauksia ja säätöjä. Pohjana ohjelmoin-nille käytettiin aikaisemmissa projekteissa käytettyjä ohjelmia.

Valmiit grafiikkakuvat ladattiin alakeskuksen keskusyksikköön, kun VAK oli saatu käyttöön, jonka jälkeen alkoi testaukset itselle luovutusta varten. Projektissa oli kaksi valvonta-alakeskusta, joista molemmista linkitettiin käyttöliittymägrafiikat samaan valvomoon. Valvomon avulla pystytään jatkossa tarkastelemaan ja ohjamaan koko rakennuksen automaatiojärjestelmää.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Siltatien kouluun toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä Fidelixin järjestelmällä. Ennen tämän työn toteuttamista Fidelixin järjestelmä oli entuudestaan tuttu työmailta ja olenkin päässyt fyysisesti tutustumaan siihen asennustyön merkeissä. Itse toimin projektilla automaatioasentajana, jolloin hoidin työmaalla asennukset kytkennät sekä toimin mukana itselle luovutusvaiheen testauksissa. Projektinhoitaja tuli DDC-tekniikalta, joka teki automaatiojärjestelmään grafiikkakuvat, vaadittavat ohjelmat ja pisteet.

Tämän opinnäytetyön aiheena olevan Siltatien koulun avulla pääsin perehtymään syvällisemmin talotekniikan eri prosesseihin sekä isompiin rakennuksiin liittyviin erityispiirteisiin. Erityispiirteillä tarkoitetaan muun muassa ilmastointia, jäähdytystä ja lämmitystä sekä niihin liittyviä ratkaisuja, joita on käsitelty tässä kirjallisessa raportissa.

Projektia tehdessä työmaavaiheessa tuli vastaan uusia asioita, kuten esimerkiksi maalämpöpumput ja niiden liittäminen automaatiojärjestelmään sekä lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmään. Kyseiset asiat vaativat hieman selvitystyötä ja aikaa, mutta pääasiassa ollessani asentajana hommat menivät samalla tavalla kuin aikaisemmissa projekteissa, joissa olen ollut mukana. Kirjallista raporttia kirjoittaessani pääsin perehtymään itselleni uusiin asioihin, kuten ohjelmointi, grafiikkakuvien-, pisteiden ja pistetietokantojen luonti sekä ohjelmistot, joilla kyseiset työt onnistuivat.

Projektinhoitajana toimimisesta itselläni ei ole kokemusta, mutta tämän kirjallisen raportin avulla onnistuttiin luomaan selkeän kuvauksen siitä, mitä heidän työkuvaansa kuuluu.

Tälle opinnäytetyölle asetetut tavoitteet toteutuivat, kun onnistuttiin luomaan toimiva automaatiojärjestelmä kokonaisuudessaan uudiskoulurakennukseen.

LÄHTEET

Aalto, O. 2018. Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa. PDF-dokumentti. Viitattu 29.12.2023. https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf

Ajo, R. Hakonen, S. Harju, H. Järvi, J. Kaskes, K. Lenardic, E. Niukkanen, E. Nurminen, T. Ritala, P. Tolppanen, M. Tommila, T. n.d. Laatu automaatiassa. PDF-dokumentti. Viitattu 3.1.2024 <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1426/laatuautomaatiassa.pdf>

Energiatehokas koti. 2020. Pyörivä lämmöntalteenotto. Verkkosivu. Viitattu 11.1.2024. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/ilmanvaihto/pyoriva_lammonsiirrin

epressi. 2017. Innovaatio mullistaa ilmanvaihdon. terveellinen sisäilma ekologisesti ultraäänien avulla. Verkkosivu. Viitattu 13.1.2024. <https://www.epressi.com/tiedotteet/rakentaminen/innovaatio-mullistaa-ilmanvaihdon-terveellinen-sisailma-ekologisesti-ultraaanen-avulla.html>

Fidelix. n.d. Tehokas ja skaalautuva työkalu talotekniikan täydelliseen hallintaan. Integroitavuus. Verkkosivu. Viitattu 16.1.2024. <https://www.fidelix.com/fi/rakennusautomaatio/>

Fidelix AI. n.d. AI-8. 8-kanavainen mittausmoduuli. PDF-dokumentti. Viitattu 20.1.2024. <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/ai8-fi.pdf>

Fidelix Combi. n.d. COMBI-36. Sisä-/ulostulo yhdistelmämoduuli. PDF-dokumentti. Viitattu 20.1.2024. <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/combi36-fi.pdf>

Fidelix Compact. n.d. fdxcompact-modules. PDF-dokumentti. Viitattu 27.1.2024. <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/fidelix-fdxcompact-modules-fi.pdf>

Fidelix FDX. n.d. FDX-Compact FX-3000-C. All-in-one BMS controller. PDF-dokumentti. Viitattu 20.1.2024. <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/fx-3000-c-fi.pdf>

Fidelix MultiLink. n.d. Monikäyttöinen mediamuunnin. PDF-dokumentti. Viitattu 27.1.2024 <https://www.fidelix.com/wp-content/uploads/multilink-fi.pdf>

Fläkt group. n.d. Optivent Ultra-Ulda ilmamääräsäädin. Verkkosivu. Viitattu 13.1.2024. <https://www.flaktgroup.com/fi/products/ilman-hallinta-ja-huonelaitteet/virtaussaatimet/muuttuva-ilmavirta/optivent-ultra-ulda-ilmamaarasaadin/?OPA&code=ULDA-5-400-1>

Juvonen, J. Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. PDF-dokumentti. Viitattu 14.1.2014. <https://www.pipelife.fi/content/dam/pipelife/finland/marketing/general/stakeholder-publications/brochures/ymparist%C3%B6opas-energiakaivo-2014.pdf>

Kopakka, M. 2020. Savukosken koulun rakennusautomaatio. Automaatiotekniikka. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 8.1.2024.

MCS. 2020. Projektin vaiheet ja elinkaari. Verkkosivu. Viitattu 2.1.2024. <https://mcs.fi/projektin-vaiheet-ja-elinkaari/>

Motiva. 2022. Kaukolämpöä entistä puhtaammin ja energiatehokkaammin. Verkkosivu. Viitattu 14.1.2024 https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2022/kaukolampoa_entista_puhtaammin_ja_energiatehokkaammin.18301.news

PLCopen. 2013. IEC 61131-3. Programming languages (edition 3.0–2013). Verkkosivu. Viitattu 1.2.2024. <https://plcopen.org/iec-61131-3>

Rakli ry. 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. ST 41.10. Rakennustieto Oy. Viitattu 2.1.2024 <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/461?search=st%2041.10>

Sähkötieto ry. 2016. Rakennusautomaatiosuunnittelun huolehtimis- ja urakkarat. ST 711.01. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 3.1.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/6342?search=711>

Sähkötieto ry. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. ST-käsikirja 17. 6., uud. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 31.12.2023. Viitattu käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/234?search=kasikirja%2017>

Sähkötieto ry. 2022. Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. ST-käsikirja 21. 3., uud. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. Viitattu 31.12.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi-sahkoinfo-fi.libproxy.tuni.fi/item/231?search=kasikirja%2017>

Ståhl, H. 2020. Rakennusautomaatioprojekti: suunnittelusta toteutukseen. Talotekniikka. Metropolia. Insinööriyö. Viitattu 4.1.2024 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/352194/stahl_hans.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Thermia. n.d. Miksi valita lämpöpumppu. Verkkosivu. Viitattu 14.1.2024. <https://www.thermia.fi/hyodyllista-tietoa/valitse-lampopumppu/>

Valmistajat. n.d. Automaatio ja automaatiojärjestelmät. Verkkosivu. Viitattu 28.12.2023. <https://valmistajat.fi/menetelmat/elektroniikka/automaatio-ja-automaatiojarjestelmat>

Verkkotopologia. 2015. ICT ja elektroniikan perusteet. Tietoliikenne ja verkkotopologiat. Verkkosivu. Viitattu 31.12.2023. <https://elektroniikanperusteet.blogspot.com/2015/03/teitoliikenne-verkot-ja-verkkotopologiat.html>

Ylöjärven kaupunki. 2023. Siltatien yhtenäiskoulu nousi harjakorkeuteen. Verkkosivu. Viitattu 28.12.2023. <https://www.ylojarvi.fi/siltatien-yhtenaiskoulu-nousi-harjakorkeuteen>

Osajärjestelmän toimintaan vaikuttavat seuraavat ohjelmat, joiden yksityiskohtainen toiminta on selostettu ohjelmaluettelossa.

NO	AIKAOHJELMAT
1	NORMAALIAIKAOHJELMA
2	POISOHJAUS/SAMMUTUSIMPULSSI

NO	TAPAHTUMAOHJELMAT
0	YLEISET TAPAHTUMAOHJELMAT
1	IV-HÄTÄPYSÄYTYS

OHJAUKSET

Tulo- ja poistoilmapuhaltimien TF01 ja PF01 käyntiä ohjataan rakennusautomaatiojärjestelmän aika- ja tapahtumaohjelmilla.

Puhaltimien TF01/PF01 käynnistyessä säätö- ja valvontajärjestelmä säätää puhaltimen pyörimisnopeuden kiihdytysajan (180sek.) kuluttua säädön mukaiselle nopeudelle.

Lämpöjohtopumppu P04 käy jatkuvasti.

Säätö- ja valvontajärjestelmä huolehtii sähköpattereiden jälkijäähdytyksestä. Ilmanvaihtokoneen pysähtyessä ensin katkeaa sähköpattereilta jännite ja vasta viiveen (esim.10min) jälkeen ilmanvaihtokone voi pysähtyä. IV-hätäseis toiminto pysäyttää ilmanvaihtokoneen ilman viivettä.

Säätö- ja valvontajärjestelmän grafiikalle ohjelmoidaan aikaohjelma sekä päivämäärärajoitus, jolla voidaan estää sähköisien jälkilämmityspattereiden toiminta.

Säätö- ja valvontajärjestelmä ohjaa vyöhykepeltien toimintaa aikaohjelman sekä paikallisen lisäaikapainikkeen avulla. Ilmamäärää kasvatetaan myös mikäli jonkin vyöhykkeen alueella olevan tilan lämpötila nousee yli asetusarvon (ja on sitä viiveen ajan). Paluu normaalisäätöön tapahtuu mikäli lämpötila laskee asetusarvoon (tai alle) ja on sitä viiveen ajan. Säätö- ja

valvontajärjestelmän grafiikalta voidaan estää vyöhykkeen ilmamäärän tehostus tarvittaessa.

LUKITUKSET

Tulopuhallin TF01 voi käydä vain, kun kaikki seuraavat ehdot toteutuvat:

- lämmityspatterin kiertopumppu P04 käy (ryhmäkeskuslukitus)
- jäätymisvaaratermostaatti TZA04 ei ole lauennut (ryhmäkeskuslukitus)
- tuloilman tai poistoilman palovaarähälytys TE10/TE19 ei ole voimassa (ohjelmallinen lukitus)
- hätä / seis-painiketta 300HS01 ei ole painettu (ohjelmallinen lukitus+ryhmäkeskuslukitus)
- Turva-/huoltokytin on kiinni

Poistopuhallin PF01

- käy, kun tulopuhallin TF01 käy (ohjelmallinen lukitus) ja turva-/huoltokytin on kiinni
- ei voi käydä, mikäli hätä / seispainiketta 300HS01 on painettu (ohjelmallinen lukitus+ryhmäkeskuslukitus)

Sähköpatterit eivät voi toimia, mikäli ilmanvaihtokone ei ole päällä.

SEIS-AIKA

Ulkoilmapelti FG01, poistoilmapelti FG22 ja jäähdytysventtiili FV05 ovat kiinni.

LTO-siirrin on seis.

Säätö- ja valvontajärjestelmä ohjaa lämmitysventtiiliä FV04 pitäen patteriveden paluulämpötilan TE04 asetusarvossa (esim. +15 °C).

Sähköpatterit ovat seis.

KONEEN KÄYDESSÄ

Ulkoilmapelti FG01 ja poistoilmapelti FG22 ovat auki.

Lämpötilasäätö

Säätö- ja valvontajärjestelmä ohjaa jäähdytysventtiiliä FV05, LTO-siirintä SC02 sekä lämmitysventtiiliä FV04 neljässä portaassa kuvan 1 mukaisesti pitäen sisänpuhallusilman lämpötilan TE10 kuvan 2 mukaisesti poistoilman lämpötilan mukaan määräytyvässä asetusarvossa.

LTO-siirintä käytetään jäähdytysportaana vain mikäli poistoilman lämpötila TE19 on vähintään 2 °C kylmempää kuin ulkoilma (TK01TE00).

Kanavapaineiden säädöt

Säätöohjelma ohjaa tulopuhaltimen TF01 pyörimisnopeutta pitäen tuloilmakanavan paineen PIE10 asetusarvossa.

Säätöohjelma ohjaa poistopuhaltimen PF01 pyörimisnopeutta pitäen poistoilmakanavan paineen PIE19 asetusarvossa.

Säätö- ja valvontajärjestelmään ohjelmoidaan kahdet eri paineen asetusarvot (täysiteho/osateho).

LTO:n huurtumisenesto

Mikäli tuloilmapuhaltimen käydessä paine-ero PDIE02 LTO:n poistopuolella nousee yli järjestelmään asetellun raja-arvon (ilmamäärän mukaan muuttuva raja-arvo), siirtyy LTO-siirintä (SC02) miniminopeudelle.

Yöhuuhtelu

Aikaohjelman ulkopuolella säätö- ja valvontajärjestelmä käynnistää tulopuhaltimen neljän tunnin välein 10 minuutiksi huolehtien näin tilojen ympärivuorokautisesta "huuhtelusta".

Säätö- ja valvontajärjestelmään ohjelmoidaan grafiikalle painike, jolla voidaan estää jälkilämmityspattereiden toiminta yöhuuhtelu-ohjelman aikana.

Huonesäädöt

Säätö- ja valvontajärjestelmä ohjaa palvelualue/tilakohtaisien sähkötoimisten jälkilämmityspattereiden tehoa pitäen sisänpuhallusilman lämpötilan patterin jälkeen ko. palvelualueen/tilan huonelämpötilan mukaan muuttuvassa asetusarvossa. Säätö tapahtuu minimissään 3pisteen muunnostaulukon avulla.

Grafiikalle ohjelmoidaan erikseen talvi/kesä asetusarvot. Säätö- ja valvontajärjestelmä ohjaa tilanteita 24h keskiarvon mukaan.

VAROTOIMINNOT JA HÄLYTYKSET**Jäätymisvaara**

Jäätymisvaaratermostaatti TZA04 estää patteriveden paluulämpötilaa TE04 laskemasta alle termostaattiin asetellun arvon ohjaamalla suhteellisesti lämmitysventtiiliä FV04. Mikäli patteriveden lämpötila edelleen laskee alle hälytysrajan, jäätymisvaaratermostaatti TZA04 hälyttää ja pysäyttää kojeen (kuitaus käsin termostaatista). Samalla koje siirtyy seis-aikaiseen säätöön.

Suodatinvahti

Paine-eron PDIE01/PDIE19 suodattimen yli noustessa yli järjestelmään asetellun raja-arvon tapahtuu hälytys (tulo- ja poistoilmamäärien mukaan muuttuvat raja-arvot).

Virtausvahti

Rakennusautomaatiojärjestelmä laskee tulo- ja poistoilmapuhaltimen paine-eromittausten PDIE08 ja PDIE22 perusteella ilmavirrat (m³/s)

ja laskennan tulokset esitetään grafiikalla. Paine-eromittauksen alarajahälytys on virtaushäiriöhälytys. Hälytyksessä on ohjelmallinen viive koneen käynnistyessä.

Mikäli kanavassa ei ole riittävä virtausta, sähkötoimiset jälkilämmityspatterit eivät voi toimia.

LTO-siirrin

Mikäli LTO-siirrin ei pyöri, vaikka säätöviesti pyörimistä edellyttäisi, hälyttää siirtimen ohjauskeskus.

LTO:n puhtaaksipuhallus

LTO-siirtimen ohjauskeskus huolehtii LTO-siirtimen puhtaaksipuhalluksesta (pyöräyttää määrääjain siirrintä, vaikka lämmitystarvetta ei olisikaan)

LTO-hyötysuhde

Mikäli tuloilmapuhaltimen TF01 käydessä ja ulkolämpötilan ollessa alle +5°C LTO:n hyötysuhde on vähintään 10 minuutin ajan alle järjestelmään asetellun raja-arvon, tapahtuu hälytys.

