

Matias Korkiakoski

Rakennusautomaatioprojektin hoitaminen uudiskerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinööriytyö

19.4.2018

Tekijä Otsikko	Matias Korkiakoski Rakennusautomaatioprojektin hoitaminen uudiskerrostalossa
Sivumäärä Aika	33 sivua + 6 liitettä 19.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarmo Tapio ryhmäpäällikkö Teemu Forsten
<p>Insinööriyön aiheena on rakennusautomaatioprojektin hoitaminen uudiskerrostalossa. Työn tilaajana on suomalainen rakennusautomaatiojärjestelmiä kehittävä ja urakoiva yritys, Fidelix Oy.</p> <p>Varsinainen rakennusautomaatioprojekti toteutettiin As Oy Espoon Maestro -nimiseen uudiskerrostaloon, jonka pohjalta tämä raportti on kirjoitettu. Työssä käydään läpi projektin hoitajalle kuuluvat työtehtävät ja kerrotaan, mitä kannattaa ottaa huomioon eri työvaiheissa. Projektinhoitamisen lisäksi, insinööriyössä käsitellään yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmää ja siihen liittyvää tekniikkaa perehtymällä järjestelmän perusrakenteeseen sekä keskeisiin väylätekniikoihin ja laitteisiin.</p> <p>Työn tavoitteena on saada toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä kerrostaloon ja selkeä ohjetyyppinen raportti rakennusautomaatioprojektien hoitamiseen Fidelix Oy:n näkökulmasta. Vaikka raportti on kirjoitettu uudiskerrostaloon liittyvän projektin hoitamisesta, työtä voi hyödyntää myös muiden projektityyppien hoitamiseen, ja sitä voidaan käyttää kokemattomien projektinhoitajien kouluttamiseen.</p> <p>Tuloksena syntyi työmaan aikataulussa tavoitteiden mukainen järjestelmä sekä raportti, jota uudet rakennusautomaation projektinhoitajat voivat käyttää hyödyksi.</p>	
Avainsanat	rakennusautomaatio, valvonta-alakeskus, projektinhoito

Author Title	Matias Korhikoski Managing a Building Automation Project in Apartment Building.
Number of Pages Date	33 pages + 6 appendices 19 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical building services
Instructors	Jarmo Tapio, Senior Lecturer Teemu Forsten, Group manager
<p>This Bachelor's thesis aimed at creating a functional building automation system in an apartment building, and a general guide for executing the building automation project using the system of the company commissioning the thesis for the management of the building automation project.</p> <p>The final year project included a case study, following the automation project in an apartment building in Espoo, Finland. The thesis examined the relevant tasks of the project manager at various stages of the project. In addition to project management, this thesis examined the general structure of a building automation system by looking into technical solutions, main bus technologies, and main field equipment.</p> <p>As a result of this thesis, the building automation project of the apartment building was completed in schedule, and both the technological and the financial goals were achieved. The thesis can be used for the training of new project managers. Although this thesis examines the building automation of an apartment building, it can be utilized in different types of projects due to the scalability of the systems. Furthermore, it can be used as a training tool for unexperienced new project managers.</p>	
Keywords	building automation, control segment controller, project management.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tekninen puoli	2
2.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne	2
2.2	Valvonta-alakeskus	3
2.3	I/O-pisteet	4
2.4	Kenttälaitteet	5
2.5	Econet-säädin	5
2.6	Modbus-väylä	5
2.7	M-Bus-väylä	6
3	Projektinhoito	6
4	Projektin aloitus	9
4.1	Aloituskokous ja urakoitsijapalaverit	9
4.2	Materiaaleihin tutustuminen	9
4.3	Aikataulun ja yhteystietojen selvittäminen	10
5	Työsuunnitelmat	10
5.1	Oman aikataulun luominen	10
5.2	VAK-layoutit	11
5.3	Luettelot	11
5.4	Kytkentäkuvat	14
6	Ala-aseman ohjelmointi	15
6.1	Grafiikkakuvat	15
6.2	Pistetietokannan luonti	18
6.3	IEC-ohjelmointi	21
6.3.1	Ohjelmoinnin toiminnan tarkastaminen	23
6.3.2	Ohjelmien lataaminen valvonta-alakeskukseen	23
7	Projektin taloudelliset asiat	23

7.1	Maksuerätaulukko	23
7.2	Laskuttaminen	24
8	Muut työtehtävät	24
8.1	Aliurakoitsijan kilpailuttaminen ja valinta	24
8.2	Laitetoimitukset	25
8.3	RAU-asennukset ja kytkennät	25
8.4	Lisätyöt	25
8.5	Vesimittarijärjestelmä	26
8.5.1	Fidelix-vedenmittausjärjestelmä	26
8.5.2	Vesimittarien täsmäytys	27
8.6	Toimintakokeet	28
8.6.1	Omat toimintakokeet	28
8.6.2	Urakoitsijoiden väliset toimintakokeet	28
8.6.3	Toimintakokeet	29
8.7	Virheiden ja puutteiden korjaaminen	29
8.8	Jatkohälytykset	30
8.9	Luovutus	30
8.9.1	Luovutusmateriaali	30
8.9.2	Käytönopastus	31
8.9.3	Käyttöönotto	31
9	Yhteenveto	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
Liite 1.	Combi-36, sisä-/ulostulo-yhdistelmämoduuli	
Liite 2.	IV-koneen ja Econet-säätimen säätökaavio	
Liite 3.	As Oy Espoon Maestron VAK1 layout	
Liite 4.	Kaukolämpöverkoston säätökaavio	
Liite 5.	Poistopuhaltimien toimintaselostukset	
Liite 6.	Vedenmittausjärjestelmän kulutuslukemien koontikuva	

Lyhenteet

AI	Analog input (analoginen sisääntulo)
AO	Analog output (analoginen ulostulo)
DI	Digital input (digitaalinen sisääntulo)
DN-koko	Putkikoko
DO	Digital output (digitaalinen ulostulo)
Heksadesimaali	16-kantaisen lukujärjestelmän mukainen luku
I/O-moduuli	Moduuli, jossa on DI-, DO-, AI- sekä AO-tulot/lähdöt
I/O-piste	Input/Output -piste (sisääntulo/ulostulo -piste)
kv-arvo	Suurin mahdollinen veden virtaama (m ³ /h)
LJH	Lämmönjakohuone
LTO	Lämmöntalteenotto
LVI	Lämpö, vesi ja ilma
M-Bus	Tietoliikenneprotokolla
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
RAU	Rakennusautomaatio

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena on rakennusautomaatioprojektin hoitaminen uudiskerrostalossa. Rakennusautomaatio on lyhykäisydessään rakennusten lämmitys-, ilmanvaihto-, valaistus-, valvonta- ja hälytysjärjestelmien ohjaamista automaattisesti. Sillä pyritään vähentämään rakennuksien energiankulutusta sekä lisäämään viihtyisyyttä ja turvallisuutta.

Työn tilaajana on suomalainen rakennusautomaatiojärjestelmiä kehittävä ja urakoiva yritys, Fidelix Oy. Insinööriyö toteutetaan uudiskerrostaloon, nimeltä As Oy Espoon Maestro. Insinööriyön aihe on saatu Fidelix Oy:ltä, ja työn tavoitteena on saada toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä ja selkeä ”ohje” rakennusautomaatioprojektien hoitamiseen Fidelix Oy:n näkökulmasta. Vaikka työn aiheena on rakennusautomaatiourakan hoitaminen uudiskerrostalossa, ohje soveltuu myös muiden projektityyppien hoitoon ja sitä voidaan käyttää tulevaisuudessa uusien sekä kokemattomien projektihoitajien kouluttamiseen, jotta he saavat hyvät valmiudet lähteä hoitamaan rakennusautomaatioprojekteja. Toisena tavoitteena on ollut oppia myös itse hoitamaan projekteja niin, että ajalliset, taloudelliset ja tekniset tavoitteet täyttyvät. Tavoitteet oli tarkoitus saavuttaa suorittamalla sekä raportti että varsinainen työ tunnollisesti ohjeita, aikatauluja, resursseja sekä suunnitelmia noudattaen.

Projektinhoitaminen vaatii monipuolista osaamista, kuten talotekniikkaan liittyvien laitteiden toiminnan ymmärtämistä, valvonta-alakeskuksen ohjelmointia sekä hyviä vuorovaiikutustaitoja etenkin työmaalla. Projektinhoito koostuu pääpiirteissään työsuunnitelmien laatimisesta, ohjelmointitöistä sekä työmaalle kuuluvista töistä. Työ kohdistuu As Oy Espoon Maestro -nimiseen uudiskerrostaloon, mutta raportissa käydään läpi myös yleisesti rakennusautomaatioprojektien hoitamista, oli kyseessä minkälainen rakennuskohde tahansa. Raportissa käydään läpi kaikki projektinhoitajalle kuuluvat työtehtävät ja kerrotaan, mitä kannattaa ottaa huomioon missäkin työvaiheessa. Itse projektinhoitamisen lisäksi insinööriyössä käsitellään rakennusautomaatiojärjestelmän tekniikkaa perehtymällä valvonta-alakeskuksiin, kenttälaitteisiin sekä väylätekniikoihin.

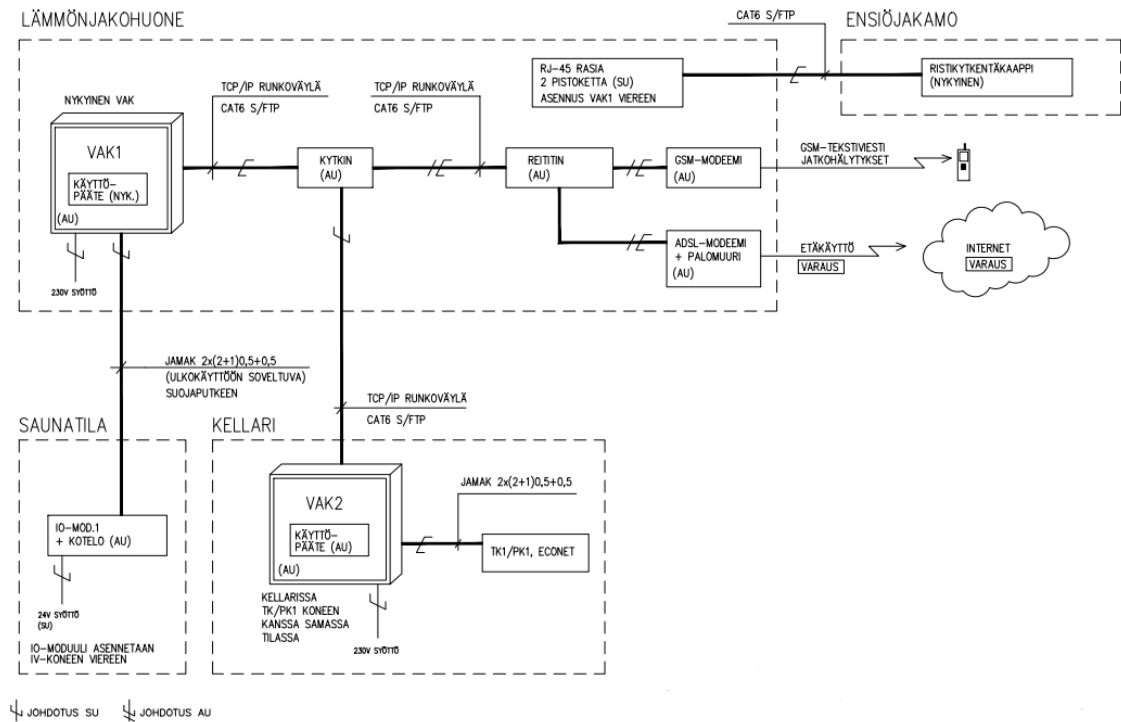
2 Tekninen puoli

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta osasta. Hierarkian alimpana ovat kenttälaitteet, seuraavassa tasossa alakeskukset ja ylimpänä valvomot. Rakennusautomaatiojärjestelmän kenttälaitteet ovat mitta- ja toimilaitteita, joilla vaikutetaan esimerkiksi rakennuksen lämmitykseen ja ilmanvaihtoon. Mittalaitteiden välittämät tiedot kerätään alakeskuksiin, joista välitetään ohjaukaskäskyjä toimilaitteille. Alakeskuksissa tapahtuu siis mittaviestien fysikaalisiksi suureiksi muuttaminen, ohjauksien laskeminen sekä muuta laskentaa. Valvomot toimivat ihmisen ja rakennusautomaatiojärjestelmän rajapintana, sillä valvomoissa havainnollistetaan mittauksia graafisesti ja toteutetaan manuaaliset ohjaukset sekä valvotaan järjestelmien toimivuutta. [1, s. 93 – 96.]

Rakennusautomaatiojärjestelmällä valvotaan, säädetään ja ohjataan rakennuksien LVI- ja sähköjärjestelmien toimintaa, jolloin voidaan vaikuttaa merkittävästi kiinteistön energiankulutukseen. LVI-järjestelmät sisältävät esimerkiksi rakennuksen lämmityksen, käyttöveden ja ilmanvaihdon. Jotta maksimaalisiin energiansäästöihin päästäisiin, tulee edellä mainittujen lisäksi järjestelmää huoltaa ja kunnossapitää osaava henkilöstö. [1, s. 93 – 96.]

Kuvassa 1 on esimerkki rakennusautomaatiojärjestelmän järjestelmäkaaviosta, josta näkee järjestelmän perusrakenteen: Miten valvonta-alakeskukset liittyvät toisiinsa, missä ne sijaitsevat ja mitä muita laitteita järjestelmään kuuluu?



Kuva 1. Erään rakennusautomaatiojärjestelmän järjestelmäkaavio, jossa on esitetty kaikki järjestelmän komponentit.

2.2 Valvonta-alakeskus

Rakennusautomaatiojärjestelmän keskeinen osa on I/O-moduulit sisältävä alakeskus, joka ohjaa I/O-moduulien välityksellä järjestelmiä, kuten IV-koneita, kaukolämpökeskusta jne. I/O-moduuliin kytketään kaikki kenttälaitteet. Automaatiotason kommunikaatio perustuu usein LAN-verkkoon ja TCP-IP-protokolla, ja kaapelointina käytetään nykyään CAT6:n mukaista kaapelointia. Tässä verkossa liikkuu tietoa alakeskuksien välillä. Rakennuskohteeseen asennetaan yleensä vain yksi ulkolämpötila-anturi, jonka mittaus-tieto saadaan näin siirrettyä jokaiseen rakennuksen alakeskukseen. [1, s. 94 – 95.]

2.3 I/O-pisteet

Kenttälaitteet liitetään alakeskuksessa I/O-moduuleihin. Tällaiset liitynnät ovat fyysisiä liityntöjä. I/O-moduuliin voidaan usein liittää DI-, DO-, AI- ja AO-pisteitä. DI-pisteet ovat digitaalisia sisääntuloja, DO-pisteet ovat digitaalisia ulostuloja, AI-pisteet ovat analogisia sisääntuloja sekä AO-pisteet ovat analogisia ulostuloja. Fidelix-rakennusautomaatiojärjestelmässä usein käytetty I/O-moduuli on liitteen 1 mukainen Combi-36-sisä-/ulostuloyhdistelmämoduuli. Kyseinen moduuli sisältää DI-, DO-, AI- ja AO-pisteet. Liitteen kuvasta näkee I/O-pisteiden (DI-, DO-, AI- ja AO-pisteiden) liittimien sijoittumiset moduulissa. AI-pisteet voidaan ”dipata” kuvan mukaan joko vastus-, virta- tai jänniteviestiksi riippuen mitattavan laitteen ominaisuuksista.

Kosketintietoon perustuvat hälytykset ja tilatiedot liitetään alakeskukseen DI-pisteiden (digitaalinen sisääntulopiste) avulla. Kenttälaitteen kosketin on joko avautuva tai sulkeutuva. Jos kosketin on sulkeutuva, silloin esimerkiksi IV-hätäseispainiketta painettaessa virtapiiri on suljettu, minkä seurauksena DI-moduulilla oleva merkkivalo syttyy kertoen pisteen tilan. [1, s. 104 – 107.]

On/off-tyyppiset toiminnot liitetään alakeskuksessa DO-pisteisiin (digitaalinen lähtö). Näissä pisteissä on usein 230V:n releet, joiden kautta voidaan ohjata koneita päälle ja pois päältä. Ohjausreleen tilan kertoo usein DO-moduulilla oleva led-merkkivalo. Lisäksi releessä on käsikytkin, jolla voidaan ohjata ohjauspiste päälle, pois tai automaatile. [1, s. 104 – 107.]

Alakeskuksen AI-pisteisiin (analoginen sisääntulopiste) liitetään mittaussanturit. Lämpötilaa mitattaessa anturien mittaussignaalit ovat yleensä joko NTC- tai PTC-tyyppisiä vastusarvoja. NTC-vastusarvojen lämpötilakerroin on negatiivinen. PTC-vastusarvot kasvavat taas lämpötilan noustessa. Muut mittaustyyppit esimerkiksi paine- ja pitoisuusmittaukset ovat 0 – 10 VDC-viestityyppejä. Näiden perusteella viestit skaalataan alakeskuksessa. Jotta prosessin säätö onnistuu, anturin oikean mittausalueen valinta on välttämätöntä. Mittaustietojen luotettavuus voidaan varmistaa tarkistamalla mittausalue, mittauksen stabiilisuus sekä anturin ja kaapeloinnin kunto. [1, s. 104 – 107.]

Analogisiin lähtöihin (AO-pisteet) liitetään portaattomalla jänniteviestillä ohjattavat venttiilien ja peltien toimilaitteet. Analogiset jänniteviestit toimilaitteille ovat yleensä 0 – 10 tai 2 – 10 VDC. [1, s. 104 – 107.]

2.4 Kenttälaitteet

Anturit ja toimilaitteet ovat kenttälaitteita. Anturit välittävät alakeskuksiin mittaustietoa, kuten ilman lämpötilaa tai painetta. Alakeskukset vertaavat mittaustietoa asetettuihin tavoitteisiin, minkä perustella ohjataan ja säädetään toimilaitteita, kuten venttiili- ja peltimoottoreita. Kentällä voi olla myös itsenäisiä säätimiä, kuten huonesäätimiä, jotka ohjaavat laitteita säätimiin saapuvien tietojen perusteella. [1, s. 95.]

Puhaltimien ja pumppujen taajuusmuuttajat sisältävät omat ohjauskeskuksensa, jotka kommunikoivat alakeskusten kanssa. Säätimien ja alakeskusten välinen kommunikointi tapahtuu kenttäväylän avulla, joita on esimerkiksi Modbus, Lon, KNX. Modbus on sarjaliikenneprotokolla, joka määrittelee viestien rakenteen ja käsittelytavan. [1, s. 95.]

2.5 Econet-säädin

Fläkt Woodsin valmistama Econet-säädin on IV-koneen LTO:n (lämmöntalteenotto) säätöön tarkoitettu nestekiertoinen laite, jonka tavoitteena on saavuttaa jopa 80-prosenttinen lämmöntalteenoton hyötysuhde. Econet-säädin ja alakeskus kommunikoivat keskenään, ja toimiakseen alakeskus antaa Econet-säätimelle käyttiluvan sekä tiedon lämmitystarpeesta ja tuloilmapuhaltimen virtauksesta. Alakeskukseen halutaan vastaavasti tiedot Econet-säätimeen liitettyjen anturien mittauksista ja LTO-pumpun tilatiedosta. Liitteessä 2 näkyy Econet-säätimen liittyminen IV-koneeseen. Liitteen kaaviossa on myös esitetty lämmitys- ja LTO-laitteiston anturien ja toimilaitteiden liittymiset Econet-säätimeen. [2, s. 8.]

2.6 Modbus-väylä

Modbus on master-slave-sarjaliikenneprotokolla, joka määrittelee viestien rakenteen ja käsittelytavan. Master-slave-protokolla tarkoittaa sitä, että samassa väylässä on yksi master-laite (kyselijä) ja ainakin yksi slave-laite (vastaaja). Fidelix Oy:n rakennusautomaatiojärjestelmässä master-laitteena on usein ala-asema ja slave-laitteena jokin kenttälaite. Tiedonsiirron aloittaa aina master-laite lähettämällä pyynnön tietylle slave-laitteelle, jolla on yksilöllinen osoite välillä 1...247. Tietoa kysytään ilmoittamalla vastaanottajan osoite, funktiokoodi ja datamäärä. [3.]

Modbus-sanoma koostuu aina HEXA-desimaali (16-kantainen lukujärjestelmän mukainen luku) muotoisesta datasta, jossa on osoite, funktiokoodi, data ja tarkistussumma. Funktiokoodi on master-laitteen lähettämä kuvaus slave-laitteelle siitä, minkälaista tietoa haetaan, mistä taulukosta haetaan ja luetaanko vai kirjoitetaanko taulukkoon. Data pitää sisällään kyselyviestissä taulukon indeksin, eli kohdan, mistä kohtaa taulukkoa dataa luetaan sekä lukumäärän montako indeksiä taulukosta luetaan. [3.]

2.7 M-Bus-väylä

M-Bus on kenttäväyläratkaisu, jolla voidaan siirtää mittaustietoja, kuten vesi-, energia- ja sähkömittareiden kulutustietoja. M-Bus-protokolla on määritetty eurooppalaisen standardin EN1434 mukaan. Protokolla ei sovellu hälytysten ilmaisemiseen, joten hälytystilassa oleva laite on muutettava rakennusautomaatiojärjestelmässä hälytykseksi. Yksinkertaisessa järjestelmässä M-Bus-laite on mediamuuntimen välityksellä liitetty ala-asemaan, joka kerää mittaustiedot. Tiedonsiirto tapahtuu aina ala-aseman lähettämistä kyselysanomista päätelaitteelle ja päätelaitteen lähettämistä vastaussanomista takaisin ala-asemaan. Lisäksi tiedonsiirto tapahtuu aina vain yhteen suuntaan ja vain yhden M-Bus-laitteen sekä ala-aseman välillä. [4, s. 22 – 24.]

Tieto ala-aseman ja päätelaitteen välillä siirtyy kaksijohdinkaapelissa, eikä kaapelille ole erityisvaatimuksia. Verkon rakenne voi olla sarja-, tähti- tai yhdistelmäkytkentä, mutta silmukatopologia ei toimi M-Bus-protokollassa. [4, s. 22 – 24.]

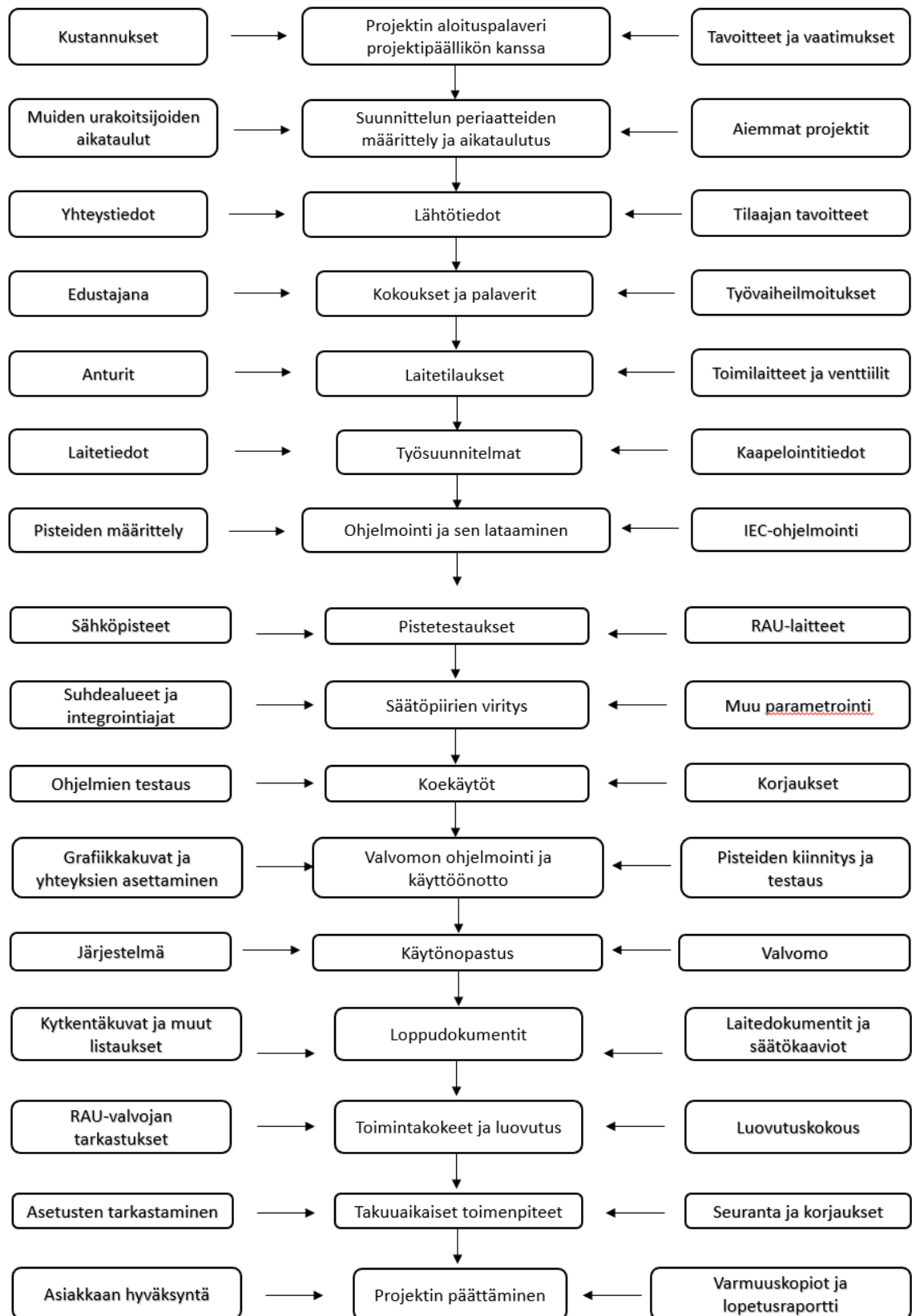
3 Projektinhoito

Projektinhoitaminen rakennusautomaatiourakoissa on kokonaisuudessaan monipuolista työtä ja vaatii projektinhoitajalta monenlaisia taitoja sekä pelisilmää urakan toteuttamiseksi. Pienissä rakennusprojekteissa, kuten kerrostaloissa, projektinhoidosta vastaa yleensä yksi projektinhoitaja, jolloin kaikki työvaiheet tulee toteuttaa itsenäisesti. Suuremmissa kohteissa, kuten kauppakeskusprojekteissa, projektia saattaa hoitaa usea projektinhoitaja, ja silloin osakokonaisuuksia voidaan jakaa kollegoiden kesken.

Työstä monipuolista tekee se, että työvaiheita on useita, niitä tehdään työpaikan toimistolla tai mahdollisesti etänä sekä työmaalla. Työpaikan toimistolla suoritettavat tehtävät

ovat esimerkiksi työsuunnitelmien tekeminen, erilaisten asiakirjojen ja sopimuksien luominen, muiden urakoiden etenemisen seuraaminen sekä ala-aseman ohjelmointiin liittyvät tehtävät. Työmaalle kuuluvia tehtäviä on lukuisia. Niistä yleisimpiä ovat muun muassa RAU-asentajien (rakennusautomaatioasentajien) ohjeistaminen, ohjelmien sekä grafiikkakuvien lataaminen ala-asemaan, eri toimijoiden väliset toimintakokeet, käytöno-
pastus, virheiden ja puutteiden korjaaminen sekä projektin luovutus tilaajalle. Työn monipuolisuutta on myös se, että kaikki rakennusautomaatioprojektit ovat erilaisia, vaikka kohteet olisivatkin samanlaisia. Kuvassa 2 on esitetty projektinhoitajan tehtävät aikajärjestyksessä.

Työssä yhdistyy siis sekä käytännön ymmärrys että ohjelmointitaidot. Myös hyvät vuorovaikutustaidot ovat etuna, sillä projektin edetessä työmaakokouksissa ja urakoitsijapalavereissa sovitaan yhdessä esimerkiksi urakan toteutustavoista ja erimielisyyksistä. Silloin on hyvä olla asiallinen ja hoitaa ristiriidat sovinnolla.



Kuva 2. Projektinhoitajan tehtävät. [1, s. 33 – 34.]

4 Projektin aloitus

4.1 Aloituskokous ja urakoitsijapalaverit

Yleensä rakennusprojekteissa pidetään RAU-aloituskokous, johon osallistuu ainakin rakennusautomaatiourakoitsija, LVIA-valvoja, LVIA-suunnittelija, tilaajan edustaja sekä pääurakoitsija. Aloituskokous on hyvä pitää, jotta päästään yhteisymmärrykseen epäselvistä asioista ja jotta RAU-urakoitsijalla olisi selkeämpi näkemys urakan läpiviemiseen. As Oy Espoon Maestron aloituskokoukseen ei pyydetty RAU-urakoitsijaa osallistumaan, koska epäselvyyksiä ei ollut ilmennyt siihen mennessä. Kokoukseen kutsumatta jättäminen johtui myös rakennusautomaatiourakan pienestä koosta verrattuna muihin urakoihin.

Talotekniikkaan liittyvien urakoiden toteutumisen kannalta on tärkeää pitää ainakin urakoitsijapalaverieja. As Oy Espoon Maestron työmaan alkuvaiheessa pidimme urakoitsijapalaverin sähköurakoitsijan kanssa, jossa kävimme läpi RAU-järjestelmäkaaviot ja urakoiden aikataulut. Tarkistimme, onko RAU-järjestelmä mahdollista toteuttaa järjestelmäkaavioiden perusteella. Havaitimme ristiriitoja sekä puutteita kaavioissa ja korjasimme ne piirustuksiin.

4.2 Materiaaleihin tutustuminen

Yksi tärkeistä työtehtävistä projektin alkuvaiheessa on tutustua taloudellisiin- ja teknisiin asiakirjoihin, kuten järjestelmäkaavioihin, urakkasopimukseen -ja tarjouksiin sekä urakkarajoihin. Tutustuttuani projektin järjestelmäkaavioihin sain kokonaiskuvan siitä, mitä rakennusprojekti sisältää rakennusautomaatiourakan osalta ja miten eri järjestelmien halutaan toimivan. Havaitsin säätökaavioissa ristiriitoja sekä puutteita, joista ilmoitin kaaviot suunnitelleelle henkilölle. Ristiriitojen sekä puutteiden korjaaminen ja niiden ilmoittaminen on RAU-urakkaan liittyvien urakoiden toteutumisen kannalta oleellista.

Rakennusalan yleisten sopimusehtojen YSE1998 mukaan, eri sopimusasiakirjoilla on keskinäinen pätevyysjärjestys. Siksi on tärkeää käydä läpi urakkasopimukset -ja tarjoukset sekä urakkarajat, jotta tietää, minkä asiakirjan mukaan urakka toteutetaan mahdollisten ristiriitojen ilmaantuessa. Näiden asiakirjojen läpi käyminen on myös siksi tärkeää, että tietää, mitä on sovittu ja mikä työvaihe kuuluu mihinkin urakkaan. [5, s. 5 – 6.]

4.3 Aikataulun ja yhteystietojen selvittäminen

Sekä tässä projektissa että muissakin rakennusprojekteissa on oleellista pyytää pääurakoitsijalta/tilaajalta pääurakoitsijan laatima aikataulu, jotta RAU-urakan työvaiheet voidaan yhteensovittaa pääurakoitsijan ja muiden urakoitsijoiden aikatauluun. Yleensä suurin osa työmaalla tapahtuvista RAU-töistä toteutetaan projektin loppuvaiheessa, mutta on olemassa joitakin poikkeuksia. Jos projekti toteutetaan niin, että rakennukseen halutaan lämmöt päälle aikaisessa vaiheessa, kannattaa tämä ottaa huomioon toimittaessa väli aikaista lämmönsäädintä kohteeseen.

RAU-urakan etenemisen ja asioiden selvittämisen kannalta on välttämätöntä selvittää rakennusprojektiin kuuluvien eri toimijoiden – suunnittelijoiden, valvojien, vastaavan työnjohtajan ja urakoitsijoiden – yhteystiedot. Tämä kannattaa tehdä heti projektia aloitettaessa kommunikoinnin parantamiseksi.

5 Työsuunnitelmat

5.1 Oman aikataulun luominen

Projektin sujumisen kannalta on tärkeää tehdä oma rakennusautomaatiotöiden aikataulu, josta näkee eri työvaiheiden suunniteltu toteutuminen. Aikataulussa on hyvä ilmetä ainakin työvaiheiden aloitus- ja lopetusajankohdat. RAU-aikataulu pitää yhteensovittaa muiden urakoitsijoiden töiden kanssa. Suurissa rakennusprojekteissa RAU-urakoitsijan kannattaa ja pitää osallistua projektin alussa pidettäviin aikataulupalaveriin, jossa muodostetaan kohteen yleisaikataulu. RAU-urakoitsijan kannattaa olla aktiivinen projektin luovutusvaihetta suunniteltaessa. Tällöin voidaan varmistaa riittävän pitkä käyttöön-ottojakso. Riittävän pitkä käyttöönottojakso takaa sen, että eri järjestelmiä voidaan ottaa käyttöön vaiheittain. Näin aikaa jää myös omiin pistetestauksiin, tarkastuksiin, yhteiskoekäyttöihin sekä puutteiden korjaamisiin.

RAU-urakan aikataulu kannattaa toimittaa LVIS- ja pääurakoitsijalle, jotta nämä ovat tietoisia siitä, että RAU-urakoitsija tarvitsee työmaan loppuvaiheessa riittävästi aikaa edellä mainittuihin työvaiheisiin.

5.2 VAK-layoutit

Kun RAU-suunnitelmiin on tutustuttu ja on selvillä, kuinka paljon I/O-pisteitä sekä muita laitteita kuhunkin VAKiin (valvonta-alakeskukseen) on suunniteltu, voi aloittaa VAK-layoutien suunnittelemisen. Layoutit piirretään esimerkiksi CADS Client -ohjelmalla niin, että ne ovat selkeästi luettavissa sekä suunnitelmien mukaisia. Piirtäessä kannattaa jättää VAKiin sopivasti tilaa I/O-moduuleille siltä varalta, jos myöhemmin halutaan liittää lisää I/O-pisteitä. Valmis layout voidaan lähettää Fidelix Oy:n VAK-tuotantoon valmistettavaksi. Liitteessä 3 on esimerkki As Oy Espoon Maestron VAK1 layoutista. Liite sisältää ala-asemakaapin layoutin, jossa on VAK sisältöineen sekä tärkeimmät tiedot valmistusta varten. Tämä kaappi sisältää 2 kpl Combi-36-yhdistelmämoduulia, ZyXEL-kytkimen, gsm-modeemin, mediamuunnin-multilinkin sekä tarvittavat sähkölaitteet.

Yleensä valvonta-alakeskus asennetaan työmaalla seinälle silloin, kun haluttu kohta seinästä on maalattu. Täten kannattaa ajoittaa suunnittelu siten, että VAK ehditään valmistaa ja toimittaa aikataulun mukaisesti.

As Oy Espoon Maestron on suunniteltu kaksi VAKia, toinen lämmönjakohuoneeseen, ja toinen IV-konehuoneeseen. Kyseisessä kohteessa LJH:n (lämmönjakohuone) VAK palvelee lähinnä kaukolämpöpakettia, vesimittareita, palopeltejä, erillispisteitä, kuivauspuhallinta ja paineenkorotusasemaa. IV-konehuoneen VAK palvelee pääasiassa IV-konetta, poistoilmapuhaltimia ja palopeltejä.

5.3 Luettelot

Työsuunnitelmiin kuuluvia luetteloita ovat venttiili-, veto-, laite- ja kilpiluetelo. Nämä luettelot ovat yleensä hyväksyttävä tilaajalla, valvojalla ja suunnittelijalla sekä venttiili-luettelo myös kaukolämpölaitoksella.

RAU-urakkaan kuuluvat säätävät venttiilit tulee kirjata venttiililuetteloon. As Oy Espoon Maestron venttiililuetteloon kirjataan IV-koneen lämmityspatterin venttiili sekä kaukolämpöpaketin käyttövesi-, patteri- ja iv-verkoston venttiilit. Venttiileitä valittaessa on otettava huomioon monia eri asioita. On selvitettävä venttiilin tyyppi, virtaama, verkostopaine, kv-arvo (suurin mahdollinen veden virtaama), käyttötapa, DN-koko (putkikoko) sekä, onko

venttiili 2- vai 3-tieventtiili. Hyväksytyn luettelon mukaiset venttiilit voidaan tilata venttiili-valmistajalta ja toimittaa LVI-urakoitsijalle sovittuna ajankohtana.

Venttiin kv-arvo voidaan laskea yhtälöillä 1 tai 2, kun tiedetään painehäviö sekä haluttu virtaama [6, s. 3.]:

$$Kv = 0,01 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} \quad (1)$$

q on nesteen virtaama (l/h)

Δp on painehäviö (kPa)

tai

$$Kv = 36 \frac{q}{\sqrt{\Delta p}} \quad (2)$$

q on nesteen virtaama (l/s)

Δp on painehäviö (kPa)

Esimerkinä As Oy Espoon Maestron LVI-suunnitelmissa on annettu käyttövesiverkoston venttiin virtaamaksi 1,56 l/s ja paine-eroksi 79 kPa. Näillä arvoilla saadaan kv-arvoksi:

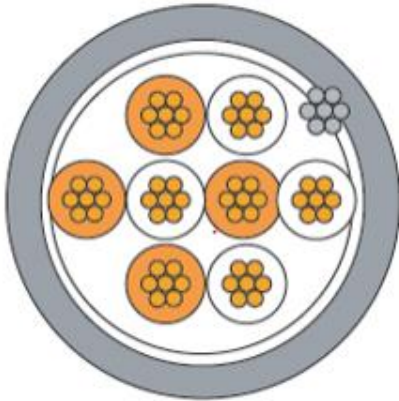
$$Kv = 36 \frac{1,56 \text{ l/s}}{\sqrt{79 \text{ kPa}}} = 6,3$$

q on nesteen virtaama (l/s)

Δp on painehäviö (kPa)

Yleensä rakennusprojektissa sähköurakoitsijalle kuuluu heikkovirtakaapeleidenkin kaapelointi, joten vetoluettelo tulee toimittaa tarpeeksi ajoissa sähköurakoitsijalle. Veto-luettelo sisältää rakennusautomaatiourakan heikkovirtakaapelit. Sääntökaavioista katsotaan, kuinka moniparisen kaapelin kukin laite tarvitsee, ja tiedot kirjataan muistiin.

Luetteloon on myös kirjattava, miltä laitteelta/sähkökeskukselta kaapeli halutaan kaapeloitavan sekä mihin VAKiin kaapeli päättyy. Suurin osa käytettävistä heikkovirtakaapeleista ovat NOMAK-HF Dca- sekä JAMAK-HF Dca- halogeenittömiä parikierrettyjä instrumentointikaapeleita. Kuvat 3 ja 4 ovat on poikkileikkauksuvia edellä mainituista kaapeleista, ja kuvateksteissä on kerrottu kaapeleiden koostumuksesta. JAMAK-HF Dca:ta käytetään varsinkin silloin, kun tarvitaan hyvää häiriösuojauskykyä. Tästä esimerkkejä ovat taajuusmuuttajat sekä paine-eroanturit. [7; 8.]



Kuva 3. NOMAK 4x2x0,5+0,5. Kaapeli koostuu neljästä monisäikeisestä parijohtimesta, jotka ovat parikierrettyjä. Lisäksi kaapelissa on yksi monisäikeinen häiriösuojajohdin. [9.]

As Oy Espoon Maestron valvonta-alakeskuksen on esimerkiksi haluttu säätävän patteriverkoston pumppua sekä on haluttu myös pumpun käyntitilatieta VAKille. Tällöin pumppuohjauskeskuksesta on kaapeloitava 2-parinen NOMAK VAKille. Liitteestä 4 näkee, millaisen kaapelin kukin laite tarvitsee täyttääkseen halutun toimivuuden. Esimerkiksi kaukolämmön menoveden lämpötila-anturista halutaan säätökaavion mukaan fyysinen mittaustieto, joten tätä tietoa varten tarvitaan yksi pari johtimia käyttöön.



Kuva 4. JAMAK 4x(2+1)x0,5. Kaapeli koostuu neljästä monisäikeisestä parijohtimesta, joilla jokaisella on oma monisäikeinen häiriösuojajohdin. Lisäksi kaapelissa on yksi yhteinen monisäikeinen häiriösuojajohdin. [10.]

Yleensä järjestelmäkaavioiden toimintaselostuksissa tai suunnittelijan tekemissä laiteluetteloissa on ilmoitettu RAU-laitteiden tekniset tiedot, joiden perusteella voidaan koota laiteluettelo. Joskus suunnitelmissa on valmiiksi ilmoitettu käytettävät laitteet. Kannattaa kuitenkin aina tarkistaa, että ilmoitetut laitteet ovat yhteensopivia järjestelmään. Valmiin laiteluettelon mukaiset laitteet voidaan tilata ja toimittaa työmaalle asennettavaksi.

Rakennusautomaatiourakkaan kuuluu monesti myös laitekilpien toimitus ja asennus RAU-laitteisiin. Sitä varten kannattaa tehdä kilpiluetelo ja tilata sen mukaiset kilvet yritykseltä, joka valmistaa kilpiä. Laitteen kilven on hyvä muodostua kolmirivisestä tekstistä. 1. riville laitteen tunnus, 2. riville ilmoitetaan, mihin järjestelmään laite kuuluu, ja 3. rivillä on laitteen nimi. Tämän jälkeen kilvet voidaan tilata ja toimittaa kohteeseen.

5.4 KytKentäkuvat

KytKentäkuvat ovat taulukkomaisia ”ohjeita”, jotka tehdään RAU-asentajia varten. Jokaiselle VAKille tehdään omat kytKentäkuvat, ja ne sisältävät RAU-laitteiden kaikki fyysiset DI-, DO, AI- ja AO-pisteet. Tärkeimmät tiedot ovat VAKin moduulin osoite sekä liittinnumero, jolloin asentaja tietää, mihin liittimeen kytketään mikäkin piste. Oleellisia tietoja ovat myös pistetunnukset, kaapelin tiedot sekä päivämäärä, jolloin kytKentäkuvat on luotu. Kuvassa 5 on esimerkki AI-moduulin kytKentäkaaviosta.

Combi36 IA8 moduuli			Osoite 22 (Port:3)					
Piste	Pistetunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Kaapeli	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite
1	MAESTRO_KL01_TE44_M	Mittaus, Kaukolämmön menon lämpötila	60			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			61					
2	MAESTRO_KL01_TE49_M	Mittaus, Kaukolämmön paluun lämpötila	62			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			63					
3	MAESTRO_LV01_TE40_M	Mittaus, Lämminkäyttövesiverkoston menon lämpötila	64			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			65					
4	MAESTRO_LV01_TE41_M	Mittaus, Lämminkäyttövesiverkoston kierroksen lämpötila	66			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			67					
5	MAESTRO_PV01_TE40_M	Mittaus, Lämmitysverkoston menon lämpötila	68			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			69					
6	MAESTRO_PV01_TE46_M	Mittaus, Lämmitysverkoston paluun lämpötila	70			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			71					
7	MAESTRO_IV01_TE40_M	Mittaus, IV-verkoston menon lämpötila	72			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			73					
8	MAESTRO_IV01_TE46_M	Mittaus, IV-verkoston paluun lämpötila	74			NOMAK 2x2x0.5+0.5		
			75					

Kuva 5. VAK 1, kytkentäkuva IA8-moduulista.

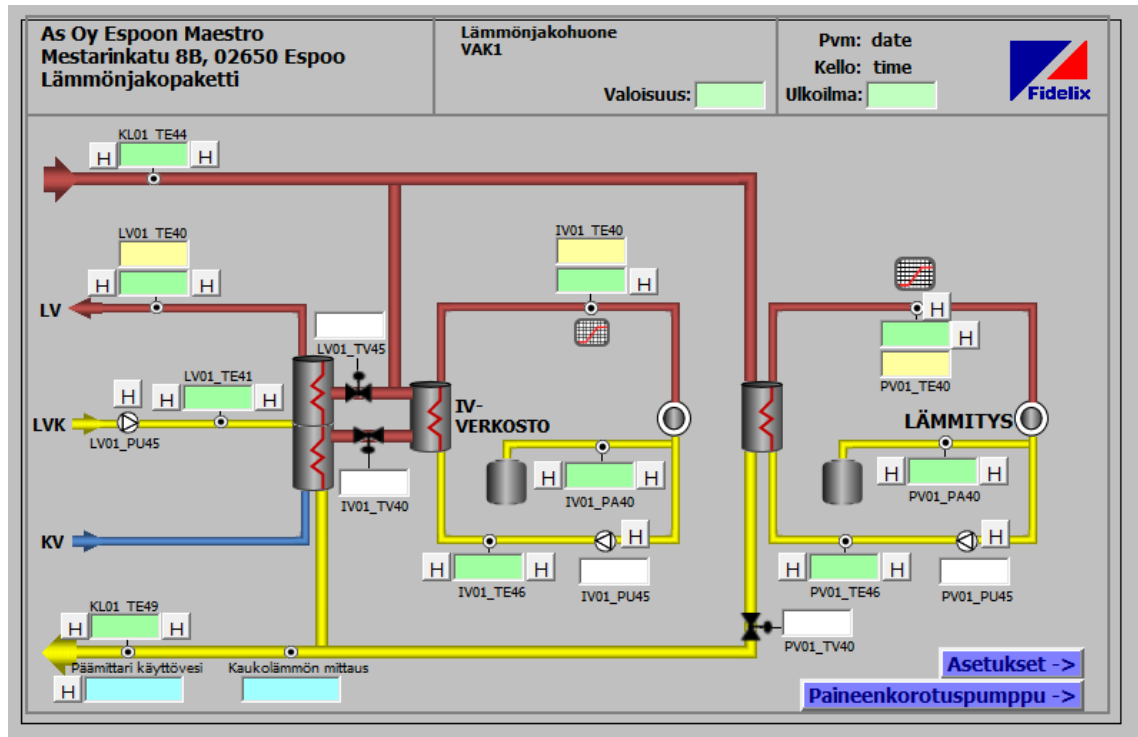
Kytkentäkuvat voidaan tehdä monella eri tapaa, muun muassa FxConnectionilla tai Fx-editorilla. Tässä projektissa kytkentäkuvat tehtiin Fx-editorilla excel-taulukkoon ”kytkäriytyökälulla”. Ensin kaikki fyysiset pisteet linkitetään hardware-konfiguraation moduuleihin, minkä jälkeen voidaan pisteet tuoda excel-taulukkoon. Tämä taulukko ei ole vielä tarpeeksi selkeä luettavaksi, jolloin se puretaan Fidelixin tekemällä ”kytkäriytyökälulla” luettavaan muotoon toiseen taulukkoon. [2, s. 14.]

6 Ala-aseman ohjelmointi

6.1 Grafiikkakuvat

As Oy Espoon Maestron jokainen VAK on varustettu kosketusnäytöllisellä ohjausyksiköllä. Fidelix Oy tekee näihin käyttöliittymän Fx-editor-ohjelmalla. Ala-aseman ohjelmointi aloitetaan piirtämällä grafiikkakuvat, jotka tehdään Fx-editorin aliohjelmalla, Html-editorilla. Grafiikkakuvat ovat siis rakennusautomaatiosuunnitelmien mukaisesti piirrettyjä ala-aseman kuvia jokaisesta rakennusautomaatioon liittyvästä järjestelmästä. Joillekin järjestelmille piirretään myös asetusarvosivut, joihin on luotu esimerkiksi lämpötilojen asetusarvoja sekä hälytys-/valoisuusrajoja. Lopullinen käyttäjä voi tällöin tarvittaessa helposti muuttaa kyseisiä arvoja näytöltä. [2, s. 13.]

Kuvassa 6 on kuvakaappaus As Oy Espoon Maestron VAK1-kaukolämpöverkoston grafiikkakuvasta, josta näkyy miten eri lämmityspiirit muodostuvat. Kuvaan on luotu säätökaavion mukaisesti kaikki fyysiset ja fiktiiviset pisteet.



Kuva 6. Kuvassa As Oy Espoon Maestron lämmönjakopaketin grafiikkakuva ala-asemassa 1.

Näytölle luodaan myös päävalikko, jossa on jokaiselle järjestelmälle linkit. Linkkiä klikkaamalla siirrytään haluttuun järjestelmään. Grafiikkakuviin luodaan säätökaavioiden mukaisesti fyysiset ja fiktiiviset pisteet, joille luodaan pistekohtaisesti pistetunnukset. VA-Kiin kytkettyjen laitteiden pisteet ovat fyysisiä pisteitä. Kuvassa 7 on esimerkki kaukolämmön menoveden lämpötila-anturin mittauspisteestä. Fiktiiviset pisteet ovat ohjelmallisia pisteitä, eli ohjelma kirjoittaa pisteelle ohjelmoidun arvon. Tällainen piste on esimerkiksi kaukolämmön menoveden ylärajahälytyspiste.

Kuva 7. Kaukolämmön menolämpötilamittauksen KL01 TE44-pistetunnus. Mittaus on fyysinen, joten pistetunnuksen loppuosa on _M.

Kaikille pisteille luodaan pistetunnukset, jotka ovat pistekohtaisia. Fidelix-järjestelmässä käytetään yleensä alaviivaa erottamaan pistetunnuksen eri kohdat. Alla olevassa esimerkissä on kuvattuna, miten Fidelix-järjestelmässä pistetunnukset koostuvat:

Kohde_järjestelmä_laite_loppupääte

MAESTRO_KL01_TE44_M

Fyysisillä ja fiktiivisillä pisteillä on useita tunnuksen loppuosia, jotka kertovat pisteiden tyyppin. Loppupäätteet ovat usein järjestelmäkohtaisesti vakioituja. Taulukossa 1 on Fidelix-järjestelmässä usein käytetyt päätteet selityksineen.

Taulukko 1. Fidelix-järjestelmässä usein käytetyt fyysisten -ja fiktiivisten pisteiden päätteet.

	Fyysinen piste	Fiktiivinen piste
Mittauspiste	_M	_FM
Säätöpiste	_A	_C
Ohjauspiste	_O	_FO
Indikointipiste	_I	_FI
Hälytyspiste	_H	_FH
Ylärajahälytys		_YRH
Alarajahälytys		_ARH
Säätövikahälytys		_SVH
Aikaohjelma		_T
Muunnostaulukko		_LT

6.2 Pistetietokannan luonti

Fx-editorin ja sen aliohjelman, html-editorin kansiorakenne on sellainen, että kun grafiikkakuviin luodut pisteet tallennetaan, tiedot siirtyvät automaattisesti pistetietokannan luontiin tarkoitettuun Fx-editoriin. Editor sisältää erilaisia ”filttereitä”, joilla voidaan tuoda pisteitä pistetietokantaan. Sopivalla ”filtteröinnillä” saadaan asetettua pisteille automaattisesti osa asetuksista pistetunnuksen päätteosan mukaan. Pistetietokanta sisältää siis kaikki järjestelmän pisteet: hälytyspisteet, indikointipisteet, ohjauspisteet, mittauspisteet, säätöpisteet, aikaohjelmat sekä muunnostaulukot. Pisteiden ”filtteröinnin” jälkeen, jokaiselle pisteelle täytyy asettaa oikeanlaiset asetukset, jotta järjestelmä toimii suunnitelmien mukaisesti. [2, s. 13.]

Jos rakennusautomaatioprojekti sisältää kohteessa useamman VAKin, joudutaan monesti käyttämään globaaleita pisteitä. Globaalit pisteet ovat pisteitä, jotka luetaan toisesta VAKista. As Oy Espoon Maestrossa, esimerkiksi ulkolämpötila-anturi kytketään VAK2, jolloin VAK1 täytyy tehdä globaalipiste ulkolämpötilan mittauspisteestä. Näin VAK1-kytkettyjä kaukolämpöpaketin venttiilimoottoreita voidaan säätää ulkolämpötilan mukaan.

Pistetietokannan luontiin kuuluu myös hardware-konfiguraatio. Tähän toimintoon liittyy VAKin ohjausyksikköön liitettyjen IO-moduulien määrän ja tyyppin valitseminen sekä niiden osoitteiden määrittäminen. Lisäksi ohjauspisteet täytyy asettaa joko 24 tai 230 voltin

ohjauspisteiksi. Erijännitteiset johtimet eivät saa kulkea VAKin samoissa kaapelikouruissa jännitteen indusoitumisen vuoksi, joten hyvä nyrkkisääntö on, että 230 V:n ohjauspisteet ovat VAKin oikeassa laidassa IO-moduulilla, ja 24 V:n ohjauspisteet muualla VAKissa. [2, s. 14.]

Time schedule properties

Point

Pointname: View:

Text:

Picture: Auto History point

State Text

Time schedule

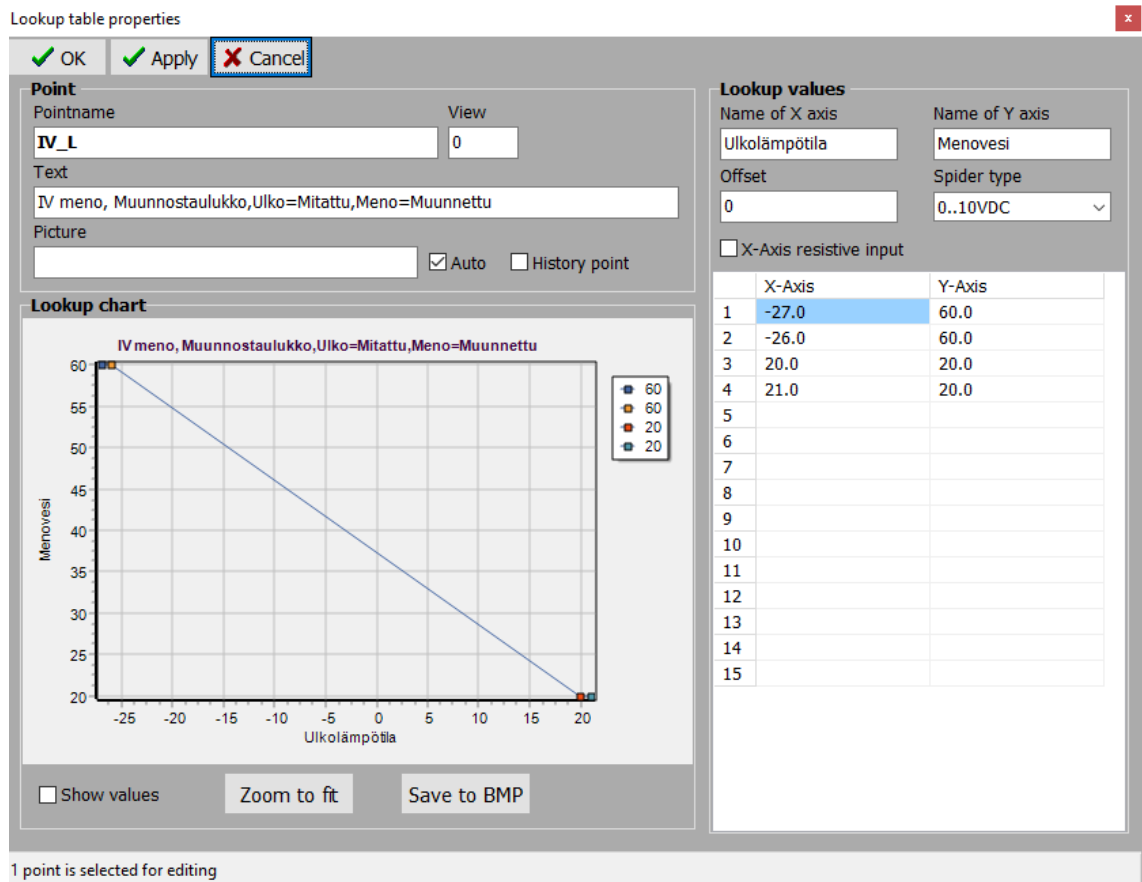
Use exception days
 Synchronize

Event	1	Value	2	Value	3	Value	4	Value	5	Value	6	Value
Mo	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
Tu	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
We	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
Th	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
Fr	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
Sa	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
Su	00:01	0	17:00	1	22:00	0						
E1												
E2												
E3												
H1												
H2												

1 point is selected for editing

Kuva 8. As Oy Espoon Maestron talosaunan kiukaan ohjauksen aikaohjelma.

Kuvassa 8 on kuvakaappaus talosaunan kiukaan aikaohjelman luomisesta editorissa. Tämä sisältää "lukujärjestyksen", johon merkitään päällä- ja poissaolon aikataulut. Pistetietokantaa luodessaan projektinohitaja ei välttämättä tiedä, millaiset päällä- ja poissaoloajat lopullinen käyttäjä haluaa. Aikaohjelmien oikeiden kellonaikojen asettamisesta vastaa kohteen huoltomies. Aikaohjelmia voi muuttaa alakeskuksen näytöltä tai valvomosta käsin.



Kuva 9. As Oy Espoon Maestron IV-verkoston lämpötilan muunnostaulukko.

As Oy Espoon Maestron rakennusautomaatiosuunnitelmissa on annettu lämpökaavio, jossa kerrotaan, minkä lämpöistä nestettä pitää IV-koneen lämmityspatterille virrata tiettyssä ulkolämpötilassa. Kaavion perusteella voidaan määrittää IV-verkoston venttiilimoottorin säätöpisteelle muunnostaulukko kuvan 9 mukaisesti.

6.3 IEC-ohjelmointi

Fidelixillä valvonta-alakeskuksien ohjelmointiin käytetään OpenPCS-ohjelmaa ja ohjelmointikielenä käytetään standardiin IEC-61131-3 kuuluvaa structured textiä. Tämä ohjelmointikieli sopii hyvin ohjelmitavaan logiikkaohjaimen. Ohjelmointi koostuu muuttujien esittelystä, arvojen lukemisesta pistetietokannasta järjestelmäfunktioiden avulla, varsinaisesta ohjelmasta (IEC-ohjelmointikielen funktiot ja operandit) sekä tuloksien kirjoittamisesta pistetietokantaan järjestelmäfunktioiden avulla.

Tämän projektin yksi ohjelmitavista laitteista on autohallin poistopuhallin. Ohjelmointi toteutettiin liitteen 5 toimintaselostuksen mukaan. Esimerkkikoodeissa 1 – 3 on esitetty kuvakaappaukset kyseisen puhaltimen ohjelmoinnista.

```
VAR_EXTERNAL
END_VAR

VAR_GLOBAL
END_VAR

VAR

Tulos:int;
Haka1:real;
Haka2:real;
Haka3:real;
Haka4:real;
Haka5:real;
Haka6:real;
asetus2:real;
PK2Haly:int;
PK2Tila:int;
IVHata:int;
IVHataKuitit:int;
PK2Puol:real;
PK2Tays:real;
hystereesi:real;
Haka_maximi:real;
IlmanYlaRaja:real;
IlmanHalyRaja:real;

END_VAR
```

Esimerkkikoodi 1. Muuttujien luonti.

Puhaltimen käyttö on ohjelmoitu esimerkkikoodissa 2 niin, että kone käy pienellä teholla aina, lukuun ottamatta tilannetta, jossa jokin autohallin monikaasuanturin epäpuhtauspi-toisuus ylittää tietyn raja-arvon. Tällöin puhallin käy täydellä teholla. Jos epäpuhtauspi-toisuus ylittää maksimiarvon, tapahtuu hälytys. Painettaessa IV-hätäseis-painiketta pu-haltimen on pysähdyttävä kokonaan. Ristiriitahälytykset on ohjelmoitu esimerkkikoo-dissa 3 niin, että jos puhallin ei indikoi, tapahtuu hälytys.

```
(*Autohallin poistopuhallin*)

Haka1 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE1_M');
Haka2 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE2_M');
Haka3 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE3_M');
Haka4 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE4_M');
Haka5 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE5_M');
Haka6 := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_QE6_M');
IlmanYlaRaja := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_RAJA_FM');
IlmanHalyRaja := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_HALYRAJA_FM');
PK2Puol := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_OSA_FM');
PK2Tays := getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_TAYS_FM');
hystereesi:= getanalogpointf ('MAESTRO_PK2_HYST_FM');

Haka_maximi:=max(Haka1,Haka2,Haka3,Haka4,Haka5,Haka6);

if Haka_maximi > IlmanYlaRaja then
  asetus2 := PK2Tays;
elsif Haka_maximi <= (IlmanYlaRaja-hystereesi) then
  asetus2 := PK2Puol;
end_if;

if Haka_maximi > IlmanHalyRaja then
  PK2Haly := 1;
else
  PK2Haly := 0;
end_if;

Tulos := SetDigitalPointF(Value:=PK2Haly, LockState:=1, Name:= 'MAESTRO_QE_MAX_FH');

if IVHata = 1 or IVHataKuit > 0 then
  asetus2 := 0.0;
end_if;

Tulos := SetAnalogPointF(Value:=asetus2, LockState:=1, Name:= 'MAESTRO_PK2_A');
```

Esimerkkikoodi 2. Puhaltimen käytön ja ohjelmallisen varoiminnan luominen. Tässä osiossa ylipänä on arvojen luku pistetietokannasta järjestelmäfunktioiden avulla. Sen jälkeen on varsinainen ohjelma, jossa on IEC-ohjelmointikielen funktiot ja operandit. Viimeisenä tulos on kirjoitettu pistetietokantaan järjestelmä-funktioiden avulla.

```
(*Autohallin poistopuhaltimen ristiriitahälytys*)

PK2Tila := getdigitalpointf ('MAESTRO_PK2_I');

if PK2Tila = 0 then
    Tulos := SetDigitalPointF(Value:=1, LockState:=1, Name:= 'MAESTRO_PK2_FH');
else
    Tulos := SetDigitalPointF(Value:=0, LockState:=1, Name:= 'MAESTRO_PK2_FH');
end_if;
```

Esimerkkikoodi 3. Ristiriitahälytyksien luominen.

6.3.1 Ohjelmoinnin toiminnan tarkastaminen

Kun grafiikkakuvat, pistetietokanta, hardware-konfiguraatio sekä IEC-ohjelmointi on suoritettu, kannattaa tarkistaa, että ohjelmointi toimii suunnitelmien mukaisesti. Toiminnan tarkastaminen tapahtuu siten, että esimerkiksi oman työpöydän ala-asemaan ladataan edellä mainittujen lisäksi grafiikkakuvien symbolit ja todetaan, että järjestelmät toimivat RAU-suunnitelmien toimintaselostuksien mukaisesti.

6.3.2 Ohjelmien lataaminen valvonta-alakeskukseen

Kun kaikki RAU-asennukset on tehty ja ala-asema on sähköissä, voidaan asennuksien pistetestauksia varten ladata ala-asemaan IEC-ohjelmia lukuun ottamatta kaikki muut edellisessä alajaksossa mainitut asiat. Laitteiden pistetestauksien jälkeen voidaan VA-Kiin ladata myös IEC-ohjelmat ja tarkistaa näin järjestelmien toimivuus.

7 Projektin taloudelliset asiat

7.1 Maksuerätaulukko

Rakennusautomaatiourakka jaetaan maksuerätaulukossa osakokonaisuuksiin ja hinnoitellaan niin, että osakokonaisuuksien summa on yhtä suuri kuin urakan sovittu kokonais-hinta. Yleensä urakoitsija esittää maksuerätaulukon työn tilaajalle, ja tilaaja joko hyväksyy tai hylkää sen.

Usein pienissä rakennusprojekteissa, kuten tässä projektissa, urakan osakokonaisuudet jaetaan maksuerätaulukkoon taulukon 2 mukaisesti:

Taulukko 2. Esimerkki maksuerätaulukosta.

Erä nro.	Työvaiheet	Prosenttiosuus
1.	RAU-suunnitelmat tehty ja hyväksytetty tilaajalla.	10 %
2.	Vesimittarit toimitettu.	32,00 %
3.	VAK 1 asennettu.	13,5 %
4.	VAK 1 kenttälaitteet asennettu.	7 %
5.	VAK 2 asennettu.	13,5 %
6.	VAK 2 kenttälaitteet asennettu.	7 %
7.	Toimintakokeet hyväksytysti suoritettu.	7 %
8.	Vastaanottotarkastus hyväksytysti suoritettu, virheet ja puutteet korjattu sekä hyväksyty loppudokumentointi suoritettu.	10 %
9.	Vakio lisä- ja muutostyöerä.	

7.2 Laskuttaminen

Kun rakennusautomaatioprojektissa jokin maksuerätaulukon osakokonaisuuksista on suoritettu, kannattaa heti laskuttaa urakan tilaajaa. Näin yrityksen talous pyörii tasaisesti. Ennen laskun toimeenpanoa on kuitenkin hyvä varmistaa tilaajalta, voidaanko heitä las-
kuttaa.

8 Muut työtehtävät

8.1 Aliurakoitsijan kilpailuttaminen ja valinta

Ennen aliurakoitsijoiden kilpailuttamista tulee selvittää, saako urakassa käyttää aliurakoitsijoita vai tuleeko käyttää Fidelixin omia asentajia. Jos ketjuttamiskieltoa ei ole, heti projektin alussa on järkevää kilpailuttaa aliurakoitsija, jotta sillä on riittävästi aikaa laskea hinta sekä tarjota urakkaa ennen työmaalla tapahtuvia töitä. Kilpailutuksen ajoittamisessa kannattaa myös ottaa huomioon se, että kiireelliset työt maksavat aina enemmän kuin kiireettömät työt. Tarjouspyynnöt kannattaa toimittaa yrityksille, jotka ovat aikaisemmin hyväksi koettuja ja joiden kanssa yhteistyö sujuu. Tarjouspyynnössä on hyvä mainita ainakin projektin nimi, valmistumispäivämäärä, työt eriteltynä, ehdot sekä muut oleelliset

asiat. Aliurakoitsijoille tulee toimittaa tarjouspyynnön lisäksi ainakin RAU-säätökaaviot sekä rakennusprojektin yleisaikataulu.

RAU-urakan asennustöille on laskettu hinta, ja se pitää ottaa huomioon valitessa aliurakoitsijaa. Varteenotettava tarjous ei saa ylittää liikaa asennustöille laskettua hintaa. Urakoitsijan valinnassa pitää huomioida hinnan lisäksi tarjouksen sisältö. Kun sopivin tarjous on valittuna, tarjouksen lähettäneelle yritykselle toimitetaan tilauksenvahvistus. Ennen tilauksenvahvistusta tulee kuitenkin selvittää Fidelixin omien asentajien työtilanne. Jos heillä on mahdollisuus tehdä urakan asennustyöt, voidaan silloin käyttää omia asentajia. Valitsin tähän projektiin Fidelixin omat asentajat.

8.2 Laitetoimitukset

Suurissa RAU-urakoissa voidaan pyytää laitevalmistajaa toimittamaan laitteet sovittuna ajankohtana suoraan työmaalle. Yleensä kuitenkin laitteet tilataan varastolle, josta niitä voi tarpeen vaatiessa toimittaa työmaalle. Tarjouspyynnössä sovitaan kuka toimittaa laitteet. Monesti se kuuluu aliurakoitsijalle.

8.3 RAU-asennukset ja kytkennät

Kun sähköurakoitsija on saanut vetoluettelon mukaisesti kaapeloitua osan RAU-laitteista, voidaan pyytää asentajat työmaalle kytkemään sekä laitteet että VAK. Pienissä urakoissa kytkennät voidaan toteuttaa kerralla, mutta yleensä asennukset ja kytkennät joudutaan tekemään monessa eri osassa. Jokaisen asennus- tai kytkentäkerran jälkeen projektinohitajan on hyvä tietää, missä vaiheessa urakka työmaalla etenee. Näin voidaan varmistaa, että asennustyöt saadaan tarpeeksi ajoissa valmiiksi.

8.4 Lisätyöt

Lisätyöt ovat urakan ulkopuolisia töitä, joita saatetaan ehdottaa joko projektin aikana tai luovutuspäivämäärän jälkeen. Monesti jo aloituspalaverissa säätökaavioita läpi käydessä huomataan, ettei jokin toiminto ole mahdollista ilman lisä- tai muutostyötä. Joskus urakan aikana suunnitelmiin tulee muutoksia, ja niistä aiheutuu lisätyötä.

Jos projektinhoitaja itse näkee jonkin järjestelmän tai toiminnon toimivan paremmin kuin on suunniteltu, voi hän myös itse ehdottaa lisätyötä tilaajalle tai valvojalle. Lisätyö laskeaan yksikköhintaluettelon mukaisesti ja siitä tehdään lisätyötarjous tilaajalle. Jos tilaaja hyväksyy sen, voidaan laskuttaa lisätyö työn toteuduttua.

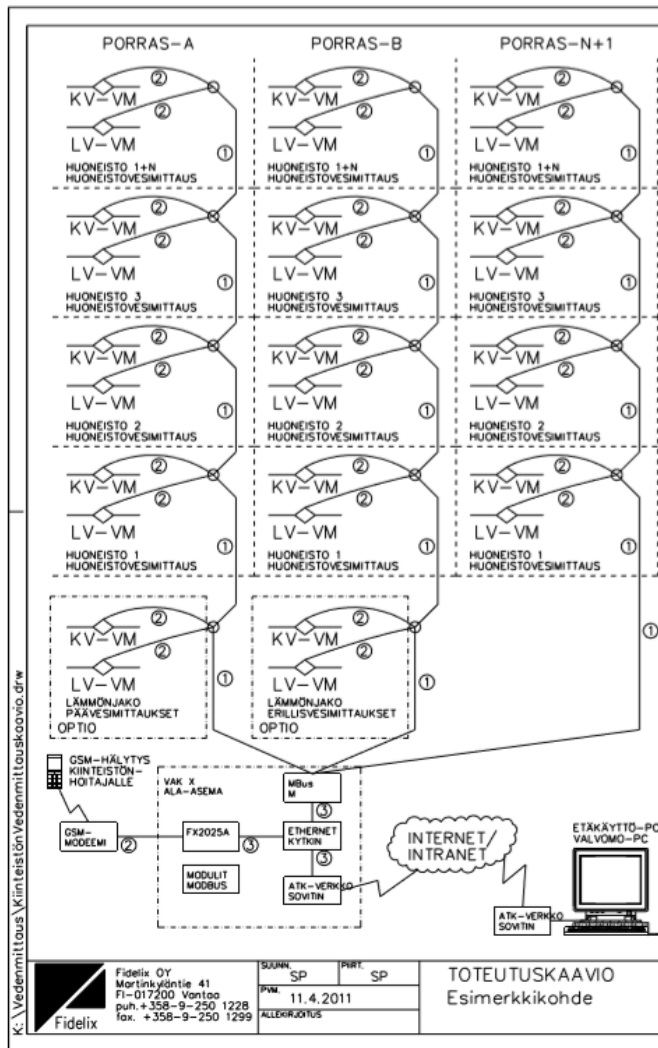
Tässä projektissa lisätöinä toteutetaan esimerkiksi kattokaivojen sulanapidon ohjaus. Lisätyöhön kuuluu siis digitaalilähtöpiste, grafiikkakuvan muutos sekä ohjausrajat ja ohjelmointi.

8.5 Vesimittarijärjestelmä

8.5.1 Fidelix-vedenmittausjärjestelmä

Fidelix Oy myy vedenmittausjärjestelmiä, jotka voidaan integroida muuhun rakennusautomaatiojärjestelmään. Tähän projektiin toteutetaan Fidelix-vedenmittausjärjestelmä. Jokaiseen asuntoon asennetaan väyläpohjaiset (Mbus) vesimittarit kylmälle ja lämpimälle vedelle. Mittarit kaapeloidaan ketjutetusti alakeskukseen kolmella eri väylällä. Vedenmittauksen kulutustietoja voidaan seurata etänä, etäyhteyden kautta. Alakeskukseen saadaan näkyviin liitteen 6 mukaisesti huoneistokohtaiset lämpimän ja kylmän veden kulutukset. Alakeskuksesta saadaan myös vedenkulutusta koskevat raportit päivä-, kuukausi-, sekä vuositasolla.

Kuvassa 10 on vesimittarijärjestelmän periaatekaavio. Kaaviosta näkee, että vesimittarikaapelointi voidaan toteuttaa väylä- ja tähtirakenteen yhdistelmällä. Lisäksi M-Bus-tiedonsiirto voidaan toteuttaa väylä-, tähti- tai rengasrakenteella, mutta viimeisintä ei suositella, koska rengasverkossa yhden laitteen tai kaapelin rikkoutuminen lamauttaa koko väylän toiminnan. Kaaviossa on esitetty myös kaikkien vedenmittausjärjestelmään liittyvien laitteiden yhteydet toisiinsa. Mittausdatan tiedonsiirto tapahtuu väylässä aina yksisuuntaisena ja keskuslaitteen käskystä. Keskusyksikkö lähettää pyyntöjä päätelaitteelle, johon päätelaite vastaa pyynnöstä. Päätelaitteet eivät myöskään kommunikoi keskenään. [11.]



Kuva 10. Vedenmittausjärjestelmän periaatekaavio [12].

Vedenmittausjärjestelmässä on myös hälytystoimintoja, kuten vuotohälytys- sekä jumiutumishälytystoiminto. Vuotohälytys aktivoituu, jos jonkin mittarin vedenkulutus kasvaa taukoamatta. Jumiutumishälytys taas aktivoituu, jos jokin mittarin lukema ei muutu tietyn ajan kuluessa.

8.5.2 Vesimittarien täsmäytys

Vesimittarien lukemat tulee täsmätä VAKin grafiikalla näkyvien lukemien kanssa. Täsmäytys tapahtuu esimerkiksi siten, että projektinhoitaja seuraa mittarien lukemia valvonta-alakeskuksesta ja asentaja käy tarkistamassa mittarien lukemat rakennuksen

jokaisesta asunnosta. Jos lukema mittarissa on eri kuin VAKin grafiikalla, tulee lukemaa korjata grafiikalta. Tämän jälkeen asentaja valuttaa muutamia litroja sekä kylmää että kuumaa vettä, minkä jälkeen tarkistetaan, ovatko lukemat muuttuneet. Jos lukemat kasvavat grafiikalla, mittaus tapahtuu oikein, eikä muita toimenpiteitä tarvita. Jos taas lukemat pienenevät, mittaus tapahtuu väärään suuntaan. Tällöin voidaan todeta, että mittari on asennettu väärinpäin.

8.6 Toimintakokeet

Toimintakokeisiin kuuluvat RAU-järjestelmän omat toimintakokeet, urakoitsijoiden väliset toimintakokeet sekä varsinaiset toimintakokeet. Toimintakokeet kannattaa suorittaa edellä mainitussa järjestyksessä, jotta varsinaisissa toimintakokeissa havaitaan mahdollisimman vähän puutteita.

8.6.1 Omat toimintakokeet

Ennen omia toimintakokeita kannattaa toteuttaa omien asennusten tarkastaminen, joka alkaa jo projektin alkuvaiheessa. Tässä vaiheessa tarkastetaan asennusten asennustapa sekä kytkentöjen toimivuus. Omissa toimintakokeissa, toisin sanoen itselle luovutuksessa varmistetaan, että rakennusautomaatiojärjestelmään liitetyt pisteet ja ohjelmat toimivat. Itselleluovutus alkaa fyysisten pisteiden toimivuuden tarkastamisella, minkä jälkeen voidaan testata ohjelmalliset lukitukset sekä ohjelmien toimivuus toimintaselostuksien mukaisesti. Tämän jälkeen voidaan tehdä säätöjen viritys. Kaikista edellä mainituista tulee tehdä pöytäkirjat. Ohjelmalliset lukitukset, mm. IV-hätäpysäytys, jäätymisvaara, palohälytys sekä palovaara ovat tärkeimmät testattavat asiat. Omat toimintakokeet ennaltaehkäisevät varsinaisten toimintakokeiden ongelmia. [1, s. 41.]

8.6.2 Urakoitsijoiden väliset toimintakokeet

Ennen varsinaisia toimintakokeita pidetään urakoitsijoiden väliset toimintakokeet. Näille kokeille on sovittava ajankohta yhdessä muiden urakoitsijoiden kanssa, jolloin varmistetaan, että kaikki pääsevät paikalle. Näissä toimintakokeissa jokainen urakoitsija testaa järjestelmien välisten pisteiden toimivuuden. RAU-urakoitsija testaa sähköurakoitsijan kanssa esimerkiksi valaistuksen ja sulatuksen ohjauksen, koska nämä liittyvät sekä

automaatiojärjestelmään että ryhmäkeskusohjauksiin. Myös nämä toimintakokeet ennaltaehkäisevät varsinaisten toimintakokeiden ongelmia. [1, s. 41.]

8.6.3 Toimintakokeet

Kun sekä omat että urakoitsijoiden väliset toimintakokeet on suoritettu, voidaan pitää varsinaiset toimintakokeet, joita suorittaa yleensä joko automaatiosuunnittelija tai LVIA-valvoja. Projekti voidaan luovuttaa eri valmiusasteissa, riippuen tarkastajasta, aikataulusta ja kohteesta. Jos on tiukka aikataulu ja tilat halutaan ottaa käyttöön, voidaan tarkastaa esimerkiksi vain tärkeimmät lukitukset ja keskeisimmät säädöt. Turvallisuuden ja laitteiden rikkoutumisen ennaltaehkäisyn vuoksi toiminnoista tärkeimpiä testattavia ovat IV-hätäseis, jäätymisvaaran lukitus ja ennakointi sekä palohälytys. Tärkeimpiä säätöjä ovat käyttöveden säätö, lämmitysverkostojen säädöt sekä ilmastoinnin perussäädöt ja rajoitukset. [1, s. 42.]

Jos toimintakokeissa havaitaan puutteita tai vikoja, sovitaan jälkitarkastuspäivämäärä, johon mennessä ohjelmat ja toiminnot tulee olla korjattuina. Jos puutteet ovat merkittäviä, voidaan keskeyttää toimintakokeet. Riippuen kiinteistöstä sekä tarkastajasta toimintakokeissa tarkastetaan järjestelmän fyysiset pisteet, ohjelmalliset toiminnot sekä säätöjen viritykset. Tavoitteena kuitenkin on, että toimintakokeisiin mennessä kaikki puutteet ovat korjattuina ja järjestelmä toimii toimintaselostuksien mukaisesti. [1, s. 42.]

Toimintakokeiden jälkeen voidaan suorittaa vastaanottotarkastus. Tässä tarkastuksessa selvitetään, onko järjestelmä sovitun mukainen. Jos asiakas hyväksyy järjestelmän, voidaan projekti luovuttaa, ja takuu aika saa alkaa. [1, s. 42.]

8.7 Virheiden ja puutteiden korjaaminen

Varsinaisissa toimintakokeissa saattaa ilmetä virheitä tai puutteita, jotka projektinohitaja on joko tahattomasti huolimattomuuttaan aiheuttanut tai joita ei ole aikataulullisista syistä ehditty korjaamaan. Yleensä valvojan kanssa sovitaan päivämäärä, jolloin virheiden ja puutteiden tulee olla korjattuina, ja silloin pidetään jälkitarkastus.

8.8 Jatkohälytykset

Rakennusautomaatiojärjestelmän kiireellisimmät hälytykset siirtyvät VAKin GSM-modeemin välityksellä huoltoyhtiöön. Jos rakennuskohteen kaikki VAKit ovat väylällä yhteydessä toisiinsa, tarvitaan vain yksi GSM-modeemi. Tämä kannattaa sijoittaa VAKiin, joka sijaitsee esimerkiksi IV-konehuoneessa, sillä usein lämmönjakohuoneessa on huono internetyhteys. Jotta hälytykset siirtyvät, tarvitaan myös SIM-kortti, joka asetetaan modeemiin. Tämän jälkeen voidaan GSM-hälytykset ottaa käyttöön. Yleensä käytönopastuksen yhteydessä hälytykset asetetaan siirtymään huoltoyhtiölle.

Ilman GSM-modeemia olevat VAKit lähettävät hälytykset sähköpostina VAKien välisen väylän kautta VAKille, jossa GSM-modeemi on. Kaikkien VAKien kiireelliset hälytykset on määriteltävä samannimisiksi hälytysryhmiksi, esimerkiksi "A-hälytys". Kiireellisiä hälytyksiä on esimerkiksi IV-hätäseishälytys, paloilmoittimen hälytykset, IV-koneen lämmityspatterin jäätymisvaarahälytys sekä lämmönjakopaketin pumppujen ristiriitahälytykset. [2, s. 20.]

8.9 Luovutus

Projekti voidaan luovuttaa asiakkaalle, kun toimintakokeet on suoritettu ja projekti on täysin valmis. Luovutuksesta alkaa 2 vuoden mittainen takuu-aika, jonka aikana automaatiourakoitsija korjaa mahdolliset laite- ja ohjelmaviat. Luovutettaessa projektia sovietaan takuuajan huollon päivämäärä, jolloin automaatiourakoitsija käy huoltamassa ja tarkastamassa rakennusautomaatiojärjestelmän kohteessa. Luovutuksen yhteydessä sovietaan myös seuranta-aika, jolloin kiinteistön käyttäjä kirjaa järjestelmästä havaitut puutteet, jotka automaatiourakoitsija korjaa seuranta-ajan päätyttyä. [1, s. 43.]

Projektinohitaja laatii luovutuksen jälkeen projektin päätösraportin, joka sisältää projektiin liittyneet henkilöt, loppudokumenttien tilanteen sekä budjettiin tulleet muutokset. Lisäksi ohjelmista on otettava varmuuskopiot. [1, s. 43.]

8.9.1 Luovutusmateriaali

Kun projekti on valmis, tehdään kutakin alakeskusta kohden luovutusdokumenttikansio, joka sisältää lopulliset dokumentit automaatiojärjestelmästä, järjestelmäkaavion,

pisteluuettelot, laiteluuettelot, kytkentäkuvat, ohjelmalistaukset sekä laite-esitteet. Luovutuskansio pitää siis sisällään lopulliset versiot automaation periaatekaavioista ja toimintaselostuksista sekä järjestelmän kytkentäkuvista. Laiteluettelon tulee sisältää laitteiden lisäksi niiden tekniset tiedot, käyttöohjeet sekä toimintaohjeet vikatilanteissa. Luovutuskansioista tehdään urakkasopimuksen mukaan sarjoja, joista yksi toimitetaan asiakkaalle, toinen valvomoon ja kolmas jää urakoitsijalle. [1, s. 42.]

8.9.2 Käytönopastus

Jotta saavutetaan maksimaaliset säästöt rakennuksen energiankulutuksessa sekä optimaaliset olosuhteet, on rakennusautomaatiojärjestelmän ylläpito- ja käyttöhenkilökunta koulutettava käyttämään järjestelmää. Käytönopastus tapahtuu, kun projektin järjestelmä on valmis, ja siihen on varattava riittävästi aikaa. Koulutuksessa käydään läpi automaatiojärjestelmään liitetyt laitteet, niiden toiminnot sekä toimintaohjeet, jos laitteet tai järjestelmä menee vika- tai hälytystilaan. [1, s. 40.]

8.9.3 Käyttöönotto

Kun viranomaiset antavat luvan, voidaan rakennus ottaa käyttöön. Joskus rakennus joudutaan aikataulusyistä luovuttamaan puutteellisena, minkä seurauksena käyttöönoton jälkeen rakennuksessa tapahtuu urakoitsijoiden viimeistelyjä. Toimintakokeissa määrätty jälkitarkastuspäivämäärä sijoittuu yleensä käyttöönottovaiheeseen. Yleisimmät puutteet kyseisessä tarkastuksessa liittyvät laitteiden merkintöihin, säätöjen lopulliseen viritykseen, hälytysreititykseen, muutos- ja lisätöihin sekä valvomon grafiikoihin. Takuuaikana joudutaan joka tapauksessa tarkastamaan säädöt, johtuen vuodenaajoista ja niihin liittyvistä toiminnoista. [1, s. 44.]

9 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoitus oli saada toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä uudiskerrostaloon sekä ”ohje” rakennusautomaatioprojektien hoitamiseen etenkin uusille ja kokemattomille projektinhoitajille. Kerrostalon rakennusautomaatiojärjestelmä toteutui niin ajallisten, taloudellisten kuin teknistenkin vaatimusten mukaisesti. Myös opinnäytetyön raporttiosuus toteutui tavoitteiden mukaisesti sisältäen kaikki projektinhoitajan työhön kuuluvat työvaiheet.

Työ suoritettiin uudiskerrostaloon, jonka pohjalta raportti kirjoitettiin. Raporttia voi kuitenkin hyödyntää kaikenlaisiin rakennusautomaatioprojekteihin, sillä kaikki projektit etenevät suunnilleen samassa järjestyksessä ja jokaiseen projektiin kuuluvat raportissa käytyt työvaiheet. Kokemattomat projektinhoitajat voivat käyttää tätä työtä hyödyksi aloittaessaan itse hoitamaan ensimmäisiä rakennusautomaatioprojekteja.

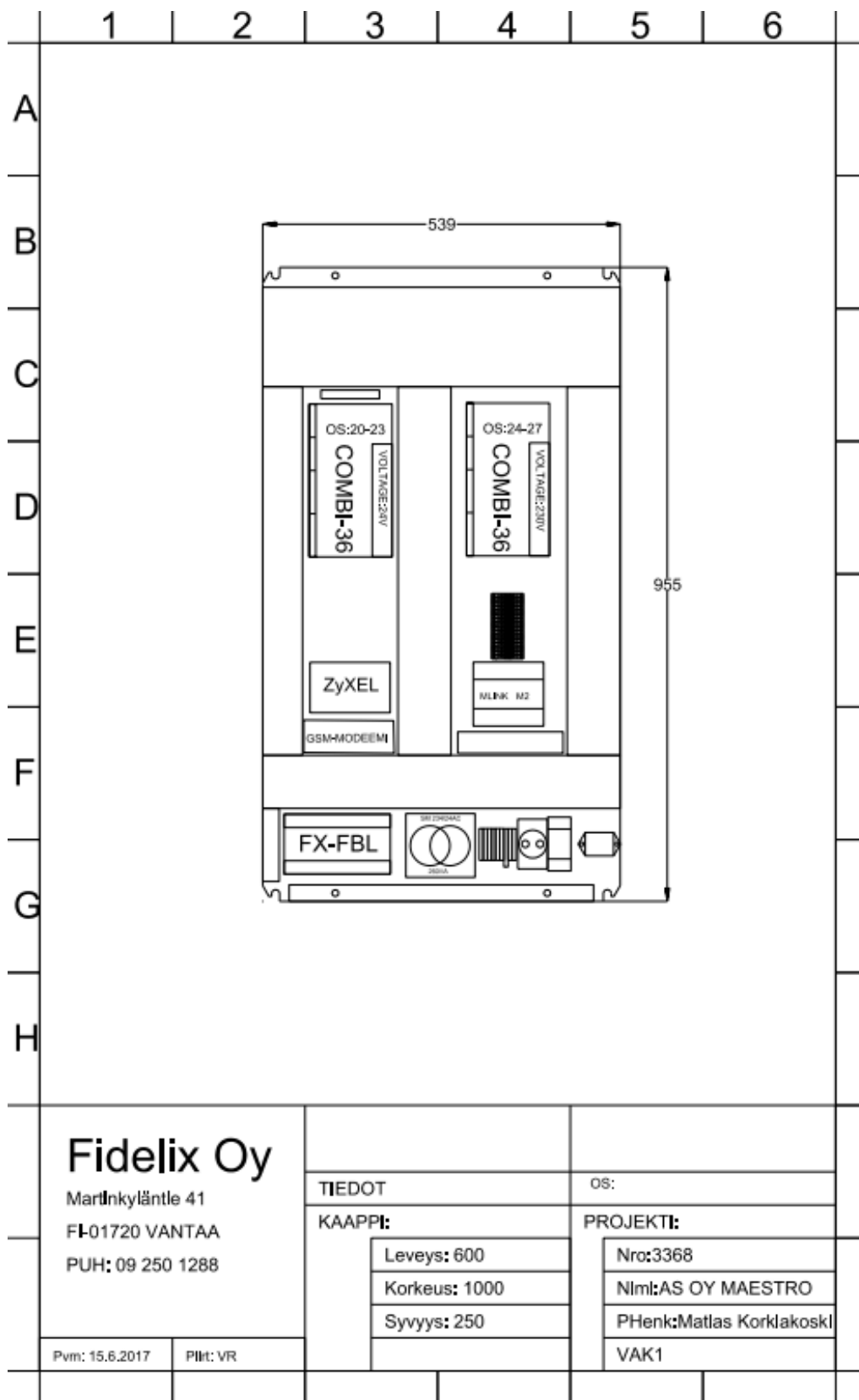
Opinnäytetyötä tehdessäni opin paljon rakennusautomaatiojärjestelmistä, niiden toiminnasta, projektinhoidosta sekä toimimaan muiden projektiorganisaatioon kuuluvien henkilöiden kanssa.

Haluan kiittää opinnäytetyöprosessissa mukana olleita ohjaajia avusta sekä Fidelix Oy:tä, joka on mahdollistanut tämän opinnäytetyön tekemisen.

Lähteet

- 1 Härkönen Pentti, Mikkola Juhana, Piikkilä Veijo, Sahala Antti, Sahlsten Toivo, Sandström Börje, Sirviö Arto, Spangar Tapani, Sulku Jukka. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 Parviainen, Henri. 2017. Rakennusautomaatioprojektin hoito. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Modbus. 2016. Verkkoaineisto. Fläktwoods Oy. <<http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=5ae5d3e3-2af6-46c6-9244-f7d3e1304f54>>. Luettu 5.4.2018.
- 4 Ylitalo, Jesse. 2012. Rakennusautomaation väylät ja integraatio. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. 1998. Verkkoaineisto. <<http://www.lieto.fi/download/noname/%7B87629A7E-EAEF-4A07-A8DE-8B1370653503%7D/13519>>. Luettu 4.2.2018.
- 6 Stad linjasäätöventtiilit. Verkkoaineisto. LVI-dahl. <https://www.lvi-dahl.fi/uploads/tx_mscproducts/LINJASAATOV_TA_STAD_SK.pdf> Luettu 20.2.2018.
- 7 JAMAK-HF Dca. 2018. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/cpr%20JAMAK-HF%20Dca_150118.pdf>. Luettu 15.2.2018.
- 8 NOMAK-HF Dca. 2018. Verkkoaineisto. Prysmian Group. <https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/cpr%20NOMAK-HF%20Dca_150118.pdf>. Luettu 15.2.2018.
- 9 NOMAK. Verkkoaineisto. Draka. <<http://www.drakauc.com/nomak/>> Luettu 15.2.2018.
- 10 JAMAK. Verkkoaineisto. Draka. <<http://www.pns.by/news/draka/148.html>>. Luettu 15.2.2018.
- 11 Huoneistokohtainen veden ja energian mittausjärjestelmä. 2017. Verkkoaineisto. PAM. <<http://www.pamline.fi/ratkaisut/veden-ja-energianmittaus/m-bus-mittarin-luentajarjestelma>>. Luettu 10.4.2018
- 12 Vedenmittauskaavio. 2011. Verkkoaineisto. Fidelix Oy. <https://fidelixfi.sharepoint.com/projektit/Shared%20Documents/Vesimittarit/Fidelix_HuoneistoKohtainen_VedenmittausJarjestelma_ToteutusKaavio.pdf> Luettu 10.4.2018.

As Oy Espoon Maestron VAK1 layout



Vedenmittausjärjestelmän kulutuslukemien koontikuva

As Oy Espoon Maestro		Vedenmittausjärjestelmä		17.04.2018	
Mestarinkatu 8B 02650 Espoo		Koontikuva asunnot 1-41		21:17:39	
Takaisin					
Kylmä	Asunto 1	Asunto 2	Asunto 3	Asunto 4	Asunto 5
	1050 L	632 L	548 L	755 L	467 L
Lämmin	Asunto 9	Asunto 10	Asunto 11	Asunto 12	Asunto 13
	419 L	451 L	558 L	324 L	518 L
Kylmä	Asunto 17	Asunto 18	Asunto 19	Asunto 20	Asunto 21
	539 L	426 L	407 L	399 L	307 L
Lämmin	Asunto 25	Asunto 26	Asunto 27	Asunto 28	Asunto 29
	413 L	222 L	196 L	133 L	132 L
Kylmä	Asunto 33	Asunto 34	Asunto 35	Asunto 36	Asunto 37
	8592 L	331 L	323 L	319 L	384 L
Lämmin	Asunto 41	Asunto 40	Asunto 39	Asunto 38	Asunto 37
	12 L	118 L	147 L	171 L	163 L
Kylmä	Asunto 25	Asunto 26	Asunto 27	Asunto 28	Asunto 29
	473 L	437 L	427 L	424 L	528 L
Lämmin	Asunto 33	Asunto 34	Asunto 35	Asunto 36	Asunto 37
	180 L	342 L	223 L	171 L	323 L
Kylmä	Asunto 33	Asunto 34	Asunto 35	Asunto 36	Asunto 37
	548 L	401 L	619 L	448 L	366 L
Lämmin	Asunto 41	Asunto 40	Asunto 39	Asunto 38	Asunto 37
	177 L	232 L	355 L	149 L	231 L
Kylmä	Asunto 41	Asunto 40	Asunto 39	Asunto 38	Asunto 37
	523 L	406 L	854 L	1405 L	501 L
Lämmin	Asunto 41	Asunto 40	Asunto 39	Asunto 38	Asunto 37
	429 L	265 L	548 L	501 L	231 L