



Mika Palosaari

## **RAKENNEMITTAUSTEN LIITTÄMINEN FIDELIX- AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN**

# **RAKENNEMITTAUSTEN LIITTÄMINEN FIDELIX- AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN**

Mika Palosaari  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma, projektionnin suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä(t): Mika Palosaari  
Opinnäytetyön nimi: Rakennemittausten liittäminen Fidelix-  
automaatiojärjestelmään  
Työn ohjaaja(t): Timo Heikkinen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013  
Sivumäärä: 35 + 7 liitettä

---

Tämän insinööriyön toimeksiantajana oli Fidelix Oy. Muita samalla alalla toimivia yrityksiä ovat Ouman, Schneider Electric, Siemens ja YIT. Opinnäytetyön tavoitteena oli Pohjois-Suomen opiskelija-asuntosäätiön passiivikerrostalon rakennemittausten liittäminen Fidelix-automaatiojärjestelmään. Kiinteistön kokonaislämmitysenergian kulutus on tarkoitus pienentyä vuonna 1985 mitatusta noin 148 kWh/m<sup>2</sup>a:sta 85 kWh/m<sup>2</sup>a:han eli 63 kWh/m<sup>2</sup>a.

Rakenteista mitattuja lämpötila- ja kosteusarvoja sekä kiinteistön muita avainmittaustietoja on tarkoitus lähettää esimerkiksi kerran kuussa E2Rebuild-projektin yhteyshenkilöille ja Ruotsin teknilliseen tutkimuskeskukseen (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut). E2Rebuild on Euroopassa toimiva rakennusalan yhteistyöprojekti, joka pyrkii edistämään passiivitalokohteiden rakentamista eri maihin.

Projektikohde saatiin valmiiksi 28.2.2013. Opinnäytetyöni tehtäväalueeseen kuuluivat rakennusautomaation projektikohteen kenttäasennukset, joihin sisältyi muun muassa rakennemittaus- ja huoneantureiden ja IV-koneiden kytkentä. Mittauslaitteiston ja lämmönjakuhuoneen laitteiston testaus sisältyi myös tehtäviini. Kolmantena asiana oli E2ReBuild-yhteyshenkilöiden kanssa käytävä selvitystyö mittaustietojen lähettämisestä eteenpäin. Kosteuden ja lämpötilan mittaaminen talon rakenteista on yleistynyt tapa ehkäistä mahdollisia homeongelmia. Näin saadaan säästöjä ja pidennetään rakennusten elinikää.

---

Asiasanat:  
suhteellinen kosteus, rakennemittaus, valvomo, alakeskus, Fidelix Oy

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Automation Technology, Projection

---

Author(s): Mika Palosaari

Title of thesis: The adding of building measurements into Fidelix automation system

Supervisor(s): Timo Heikkinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2013

Pages: 35 + 7 appendices

---

This thesis was carried out for Fidelix Oy which is a building automation company in Finland. Other companies working on the same branch are Ouman, YIT, Siemens and Schneider Electric. The main goal was to achieve a reliable and accurate monitoring scheme for measuring temperature and relative humidity from wall structures. Total heating energy consumption of the real estate will be reduced from 148 kWh/m<sup>2</sup>a to approximately 85 kWh/m<sup>2</sup>a.

Collected measurement data which includes temperature, humidity and other key data will be send for example once a month for further analysis to E2ReBuild partners and to SP Technical Research Institute of Sweden. E2ReBuild is a collaboration project in Europe which aims to help the progress of building passive houses.

The passive house was completed on 28.2.2013. The tasks assigned for me in the thesis were installing the measuring equipment, including the building measurements and room sensors. Second task was testing the measuring and boiler room automation equipment. Third and last assignment was to contact the E2ReBuild collaboration project members about sending the measurement data. Measuring temperature and relative humidity in the structures is a growing trend in the world nowadays and there is much reason for it. Detecting mildew problems in time saves money and makes buildings last longer.

---

Keywords:

building automation, Fidelix Oy, space heating, relative humidity

## ALKULAUSE

Kiitän Fidelix Oy:n aluepäällikkö Arto Nissilää, joka tarjosi opinnäytetyöpaikan sekä huoltoinsinööri Ville Karhumaata, joka neuvoi projektiin liittyvissä työtehtävissä. Haluan myös kiittää koko Oulun konttorin työporukkaa kesätöiden ja opinnäytetyön kirjoittamisen aikana kertyneestä käytännön työkokemuksesta. Kiitos kuuluu myös rakennusyhtiö NCC:n työporukalle Virkakatu 8:ssa hyvästä työilmapiiristä. Lisäksi kiitokset arkkitehti Simon Le Roux'lle, jonka kanssa selvitettiin mittausarvojen tiedonsiirtoa. Opinnäytetyön ohjauksesta kiitän Oulun seudun ammattikorkeakoulun lehtori Timo Heikkistä ja lehtori Tuula Hopeavuorta.

Oulussa 10.5.2013

Mika Palosaari

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 RAKENNUSAUTOMAATIO	11
2.1 Ilmastointi	11
2.2 Lämmitysverkosto	13
2.3 Erillispisteet	13
3 PASSIIVITALO	15
3.1 Rakennustekniikka	15
3.2 Suomalainen passiivitalo	16
3.3 E2ReBuild	16
4 FIDELIX-AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	18
4.1 Alakeskus	18
4.2 Moduulit	19
4.3 Kenttälaitteet	21
5 RAKENNEMITTAUSTEN LIITTÄMINEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN	27
5.1 Asennus, ohjelmointi ja testaus	27
5.2 Historiat	29
5.3 Tiedonsiirto	30
6 LOPPUSANAT	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	35

## LYHENTEET JA SANASTO

AI8	8-kanavainen analogiatulomoduuli (mittaustieto)
AO8	8-kanavainen analogialähtömoduuli (jänniteviesti-ohjaus)
COMBI36	12-kanavainen DI, 8-kanavainen DO, 8-kanavainen AI ja 8-kanavainen AO
DI16	16-kanavainen digitaalitulomoduuli (tilatieto, laskuri)
DO8	8-kanavainen digitaalimoduuli (releohjaus)
IEC	International Electrotechnical Commission, sähköalan kansainvälinen standardisoimisjärjestö
I/O	Input/Output, tulo/lähtö
IV	Ilmanvaihto
kWh/m <sup>2</sup> a	Kilowattitunti neliometriä kohden vuodessa
LTO	Lämmöntalteenotto
LVI-tekniikka	Lämmitys-, vesi- ja ilmastointitekniikka
MOK	Moduulikotelo
NCC	Nordic Construction Company, ruotsalainen rakennus-yhtiö
PSOAS	Pohjois-Suomen opiskelija-asuntosäätiö
VAK	Valvomon (valvonnan) alakeskus
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen yksityisverkko

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimi tässä työssä Fidelix Oy. Muita Oulussa samalla alalla toimivia yrityksiä ovat Ouman, YIT, Siemens ja Schneider Electric. Fidelix Oy on perustettu vuonna 2002 ja se työllistää tällä hetkellä noin 90 henkilöä ympäri Suomea. Pääkonttori ja tuotekehitys- ja tuotanto-osasto sijaitsevat Vantaalla. Suomessa Oulun lisäksi muita aluekonttoreita on Turussa, Tampereella, Vaasassa, Kokkolassa, Kuopiossa, Joensuussa ja Lahdessa. Fidelix Oy:llä on myös jälleenmyyntipaikkoja Liettuassa, Ruotsissa ja Virossa ja yhteistyökumppaneita näiden maiden lisäksi Englannissa, Etelä-Koreassa, Norjassa ja Yhdistyneissä arabiemiirikunnissa (UAE). (Automaatio- ja turvallisuusratkaisut tehokkaaseen kiinteistönhallintaan 2013.)

Tämän opinnäytetyön aiheena oli passiivikerrostalon rakennemittausten liittäminen Fidelix-automaatiojärjestelmään. Automaatioprojekti oli osa passiivitalon saneerausprojektia. Kerättyjä mittaustietoja, muun muassa lämpötila ja kosteus, on tarkoitus lähettää säännöllisin väliajoin, esimerkiksi kerran kuussa, eteenpäin E2Rebuild-projektin yhteyshenkilöille ja Ruotsin teknilliseen tutkimuskeskukseen (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut).

Passiivitalolla tarkoitetaan rakennusta, jonka energian kulutus on erittäin pieni. Tämä saavutetaan tekemällä passiivitalon ulkoseinät paksuiksi lämpöhäviöiden minimoimiseksi. Ylä- ja alapohja sekä ikkunat ovat myös hyvin eristettyjä. Passiivitalossa käytetään myös ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa. Jotta rakennusta voitaisiin sanoa passiivitaloksi, on sen kokonaisenergiankulutuksen oltava alle  $140 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . (Lylykangas – Nieminen 2009, 1, 9.). Tämän opinnäytetyön kohteena olevassa talossa jätettiin myös vanhat betoniseinät uusien seinäelementtien kantaviksi rakenteiksi.

E2Rebuild-yhteistyöprojektin kohteena oli tässä työssä Pohjois-Suomen opiskelija-asuntosäätiön passiivikerrostalo, joka sijaitsee Oulun Linnanmaalla Virkakatu 8:ssa (kuvat 1 ja 2). Rakennuksessa on yhteensä 8 kappaletta  $72 \text{ m}^2$ :n asuntoja. Betoniseinäinen, kaksikerroksinen rakennus on alun perin valmistunut vuonna 1985. Tuolloin sen lämmitysenergiankulutus oli noin  $148 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , ja



passiivitaloksi muuntamisen jälkeen sen energiankulutuksen on arvioitu olevan 30 kWh/m<sup>2</sup>a eli noin viidesosa aikaisemmasta. (E2ReBuild 2013, Demonstrations.)



*KUVA 1. PSOAS Virkakatu 8 -passiivitalo sivusta*



*KUVA 2. PSOAS Virkakatu 8 -passiivitalo edestä*

Kosteusmittaus on nykyään ajankohtainen ja kiinnostava aihe, koska kohtalaisen useista rakennuksista on löytynyt hometta puutteellisen rakennusvalvon-

nan, kiireellisen rakentamisaikataulun ja liian tiiviiksi rakennettujen talojen vuoksi. Kosteusmittauksista on hyvä tehdä automaattisia eli anturilta tuleva mittaus-tieto lähetetään kaapelia pitkin tai langattomasti esimerkiksi suoraan valvomon alakeskukseen, josta kiinteistön omistaja voi tietoa tarkkailla.

Kosteusmittauksesta on muutenkin hyötyä esimerkiksi betonin valamisen jäl-keen, jolloin halutaan tietää betonin kuivumisaste. Aikaisemmin betonista on mitattu kosteus ihmisen suorittamalla porareikämenetelmällä, mikä on saattanut aiheuttaa mittaustuloksiin poikkeamia. Mittauksiin lisätään yleensä historia, jos-ta voidaan vielä vuosienkin päästä todeta rakenteiden kosteusprosentit. Tästä on erityisesti hyötyä rakennuksen myyntitilanteessa, jolloin voidaan osoittaa, ettei minkäänlaisia kosteusvaurioita ole tullut kiinteistön elinkaaren aikana. (La-vento 2013, 62–63.)

Fidelix Oy:llä ei ole aiemmin ollut projektikohdetta, jossa olisi mitattu rakenteista kosteutta ja lämpötilaa. Tästä johtuen opinnäytetyötä tehtäessä jouduttiin selvit-tämään rakennemittausantureiden asennukseen liittyvää tietoa, esimerkiksi las-kentakaava IEC-standardin mukaista ohjelmointia varten. Mittausten liittämises-sä valvomon alakeskukseen jouduttiin hyödyntämään myös peruselektroniikan komponenttia, jänniteseuraaajaa.

Opinnäytetyöni tehtäväalueeseen kuuluivat rakennusautomaation projektikoh-teen kenttäasennukset, joihin sisältyi muun muassa rakennemittaus- ja huo-neantureiden ja IV-koneiden kytkentä. Mittauslaitteiston ja lämmönjakohuoneen laitteiston testaus sisältyi myös tehtäviini. Kolmantena asiana oli E2ReBuild-yhteyshenkilöiden kanssa käytävä selvitystyö mittaustietojen lähettämistä eteenpäin.

## 2 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatio on Suomessa koko ajan kasvava tekniikanala uusien rakennuksien ja saneerauskohteiden myötä. Nykyaikaiset haasteet ympäristöystävällisyydestä aiheuttavat vaatimuksia talojen energiankulutuksille. Automatisoimalla esimerkiksi lämmönjakohuoneen siten, että lisää lämmitysverkoston meno- ja paluuviesiputkiin lämpötila-anturit ja menopuolelle valvomon alakeskuksella ohjattavan säätöventtiilin (moottoriventtiili), saadaan rakennuksen lämmityskustannuksia pienennettyä ja kiinteistöhoitajille ajankohtaista tietoa lämmitysenergian kulutuksesta. Rakennusautomaatiolla saadaan tarkempaa säätöä ja paremmat olosuhteet asuntoihin.

### 2.1 Ilmastointi

Uusissa rakennuskohteissa on nykyään ilmastointikone, johon sisältyy tulo- ja poistokanava, joista mitataan lämpötiloja ja paine-eroja sekä usein ilman virtausnopeutta ( $\text{m}^3/\text{h}$  tai  $\text{l/s}$ ). Molemmissa kanavissa on lisäksi sulkupellit ja suodattimet. Ilmastointikoneen koko ja tehokkuus määräytyvät tarvittavan ilmamäärän perusteella. Esimerkiksi kuvassa 4 oleva asuntokohtainen IV-kone, joita käytetään myös Virkakatu 8:ssä, on huomattavasti pienempi kuin kuvassa 3 oleva kiinteistön IV-kone.

Kuvassa 3 oleva ilmastointikone on teollisuustilassa, jossa IV on toteutettu keskitetyllä ilmastointikoneella. Kyseistä IV-konetta voidaan käyttää myös asuinrakennuksessa. Ilmanvaihtokoneissa käytetään paine-eromittausta suodattimien yli, mistä saadaan hälytys alakeskukseen, jotta ne osataan vaihtaa ajoissa ilman läpimenon parantamiseksi.

IV-koneessa käytetään yleensä lämmöntalteenottoa, jolla saadaan poistoilman lämpö hyötykäyttöön lämmittämällä poistoilmalla tuloilmaa. Liesituulettimen kautta poistuvaa ilmaa ei voida kierrättää LTO:n kautta, koska se on rasvaista.

Ilmastointikoneessa on myös lämmitys- ja jäähdytyspatterit, joilla saadaan talvikaikana ilma lämpimäksi ja kesällä puolestaan viilennystä lämpimään tuloilmaan.

Lämmityspatterissa on lämpötila-anturi, yleensä PT-1000, jonka avulla estetään vesipatterin jäätyminen alhaisilla lämpötiloilla talvella.

Rakennuskohtaisesti voidaan IV-koneeseen lisätä myös ilmankostutin, jolla saadaan kuiva sisäilma kosteammaksi ja näin ollen helpommaksi hengittää varsinkin talvella, kun ilman suhteellinen kosteus on alhaisempi kuin kesällä.



*KUVA 3. Ilmastointikone teollisuustilassa*



*KUVA 4. Ilmastointikone asuinhuoneistossa*

## **2.2 Lämmitysverkosto**

Jokaisessa rakennuksessa on lämmönjakohuone, jossa lämmönvaihtimeen tulee esimerkiksi lähialueen kaukolämpölaitokselta vapautuva lämpöenergia ns. kaukolämpönä. Kaukolämmön lämpöenergia siirtyy vaihtimessa veteen, jota kierrätetään rakennuksen lämmitysverkostossa. Lämmitysverkoston menopuolella on yleensä yksivaiheinen 230 V:n vaihtojännitteellä toimiva pumppu, jolla vesi saadaan kierrätettyä lämmitysverkostossa. Isommissa projektikohteissa voidaan käyttää esimerkiksi 400 V:n kolmivaihepumpppua. Pumpusta otetaan käyntitieto ja käynnistyksen ja pysäytyksen ohjaus valvomon alakeskukseen.

## **2.3 Erillispisteet**

Rakennusautomaatiojärjestelmällä voidaan tarvittaessa ohjata myös muun muassa kiinteistön autolämmityspaikkoja, ulkovalaistusta, ovilukkoja ja sähkökiukaita. Ulkovalaistus toimii ulkovaloisuusanturin ilmoittaman valoisuusmäärän perusteella, mitä varten alakeskukseen syötetään ala- ja yläraja-arvot. Ulkova-loihin on mahdollista lisätä myös aikaohjelma, jonka mukaan valot sammuvat

esimerkiksi joka yö klo 1.00 ja syttyvät klo 5.00. Ohjaus tapahtuu automaattisesti alakeskuksen ohjaamana, joten asukkaan ei tarvitse tehdä asialle mitään. Erilispisteisiin kuuluvat myös sadevesikourujen sulanapitolämmitykset talvisaikaan ulkolämpötilan mukaan.

### **3 PASSIIVITALO**

Passiivitalo on erittäin vähän energiaa kuluttava rakennus. Passiivitalon kriteerien täyttäminen edellyttää suunnitteluyhteistyötä ja rakennustöiden laadukasta toteutusta. Arkkitehtisuunnittelu vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen energiantarpeeseen. Passiivitalo ei ole rakennuskonsepti eikä tarkalleen ottaen myöskään standardi, vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite. Passiivitalon kriteerien ja ratkaisujen kehittäjä sekä Passivhaus Institutin perustaja, tohtori Wolfgang Feist, on kuvannut passiivitaloa lähestymistavaksi. Eri maissa on kehitetty uusia määritelmiä ja käsitteitä, joiden tavoitteena on ollut osoittaa perusteltu tavoite nykyistä rakennustapaa energiatehokkaammalle ja ympäristöystävällisemmälle rakentamiselle. (Lylykangas – Nieminen 2009, 1, 2.)

Ensimmäinen passiivitalo valmistui Darmstadtin vuonna 1991. Passivhaus Institut perustettiin vuonna 1996. Vuonna 2008 Passivhaus Institutin määritelmän täyttäviä rakennuksia arvioitiin olevan yli 10 000 eri puolilla maailmaa. Suomeen ensimmäinen Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen passiivitalomääritelmän mukainen pientalo rakennettiin Vantaan Tikkurilaan. (Lylykangas – Nieminen 2009, 2; Piironen 2008.)

#### **3.1 Rakennustekniikka**

Passiivitalossa pieni energiantarve saavutetaan ulkovaipan ominaisuuksien avulla sekä ilmanvaihdon tehokkaalla lämmön talteenotolla. Passiivisuus viittaa siihen, että energiansäästökeinojen pääpaino ei ole teknisissä laitteissa. Passiivitalon tyypillisiä ratkaisuja ovat mm. hyvä lämmöneristys, ulkovaipan ilmatiiviys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyys sekä varaavan massan ja ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen. Vaikka lämmitystarve on hyvin pieni, passiivitalo tarvitsee lämmitysjärjestelmän, esimerkiksi lämpöpumpun. (Lylykangas – Nieminen 2009, 2.)

Passiivitalon määritelmä perustuu kolmeen tunnuslukuun, jotka ilmaisevat tilojen lämmitysenergiantarpeen, rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen ja mittaukseen perustuvan ilmavuotoluvun (Lylykangas – Nieminen 2009, 2).

### 3.2 Suomalainen passiivitalo

Pohjois-Suomessa kansainvälisen passiivitalon kriteerit johtavat mitoitukseltaan ja kustannuksiltaan kohtuuttomiin rakenteisiin. VTT:n tutkijat laativat ehdotuksen suomalaisen passiivitalon määritelmästä eurooppalaisessa IEE-ohjelman projektissa PEP – Promotion of European Passive Houses. Ehdotettua määritelmää on käytetty mm. vuonna 2009 valmistuneissa pilottikohteissa Espoossa, Vantaalla ja Valkeakoskella sekä useissa rakenteilla olevissa pientalokohteissa eri puolilla maata. Laskennallisesti määritelmän on osoitettu soveltuvan energiatehokkuustavoitteeksi myös mm. rivitalokohteisiin, koulurakennuksiin ja korjausrakennushankkeisiin. (Lylykangas – Nieminen 2009, 9.)

Suomalaisen passiivitalon kriteerit ovat maan pohjoisosissa seuraavat:

- lämmitysenergiantarve  $\leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- kokonaisprimäärienergiantarve  $\leq 140 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- ilmavuotoluku  $n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$  (Lylykangas – Nieminen 2009, 9).

Suomalaisessa passiivitalomääritelmässä käytettävä pinta-ala on lämmitettävä bruttoala, joka lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman esittämällä tavalla. Tämä muodostaa merkittävän eron keskieuropallaiseen määritelmään nähden. Suomalaisen ja saksalaisen bruttoalan ero on huomattava erityisesti passiivitaloissa, joissa ulkoseinärakenteet ovat paksuja tavanomaisia lämmöneristeitä käytettäessä. Bruttoala tarkoittaa koko rakennuksen pinta-alaa seinät mukaan lukien. (Lylykangas – Nieminen 2009, 9.)

Suomalaisen passiivitalon laskentatyökalu on vapaasti valittavissa, mutta uudisrakennuksen rakennuslupavaiheen energiaselvitys on tehtävä rakennusvalvonnan edellyttämällä tavalla. Kesäkauden viilennystarpeen ja sisäolosuhteiden tarkempi analysointi edellyttää dynaamisen simulointiohjelman käyttöä. (Lylykangas – Nieminen 2009, 9.)

### 3.3 E2ReBuild

E2Rebuild on Euroopassa toimiva kahdeksan maan välinen yhteistyöprojekti, joka pyrkii rakentamaan passiivitalokohteita eri maihin, tässä tapauksessa



Suomeen (kuva 5). Kohteita on Oulun lisäksi Augsburgissa, Halmstadissa, Münchenissä, Roosendaalissa, Thamesmeadissa Lontoossa ja Voironissa. Tulevaisuuden visiona projektissa on muuttaa nykyinen energiaa kuluttava ja resurssipohjainen rakentaminen innovatiiviseksi ja energiatehokkaaksi. (Demonstrations 2013.)

Tavoitteena tässä projektissa oli saavuttaa mahdollisimman pieni energiankulutus sekä mitata rakennuskohteiden rakenteista lämpötiloja ja kosteuksia, joista voidaan päätellä paksujen eristeiden toimivuus Suomen olosuhteissa.

E2Rebuild-yhteistyöprojektissa pyritään lisäämään energiatehokkaiden talojen määrää

- tutkimalla ja esittelemällä kehittyneitä energiansäästöstrategioita
- löytämällä siedettäviä uusimISRatkaisuja energiankulutuksen laskemiseksi vähintään maakohtaiselle tasolle
- vähentämällä lämmitysenergiankulutusta noin 75 %
- kehittämällä kokonaisvaltainen, teollistunut prosessi minimoimaan teknisten ja sosiaalisten häiriötekijöiden vaikutusta asukkaiden energiatehokkaaseen asumiseen (About E2ReBuild 2013).



*KUVA 5. E2ReBuild-mainosjuliste projektikohteessa*

## 4 FIDELIX-AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Fidelix-automaatiojärjestelmä koostuu vapaasti ohjelmoitavasta alakeskuksesta ja siihen liitettävistä moduuleista. Järjestelmän suurena etuna on sen selainpohjaisuus eli alakeskukseen saa etäyhteyden käyttäjän tietokoneen sijainnista riippumatta ilman erillistä valvomo-ohjelmistoa. Kirjautumiseen tarvitaan aina käyttäjätunnus ja salasana. Alakeskuksen ja käyttäjän tietokoneen välinen yhteys voidaan tapauskohtaisesti suojata käyttämällä VPN-yhteyttä (Virtual Private Network). Tällöin ulkopuoliset ja ei-halutut tahot eivät pääse käsiksi automaatiojärjestelmän tietoihin ja muuttamaan säätöjärjestelmän asetusarvoja.

### 4.1 Alakeskus

Fidelix-automaatiojärjestelmän alakeskuksen perusmalli on tällä hetkellä FX-2025A (kuva 6). Käyttöjännitteenä käytetään 24 V:n tasajännitettä. Alakeskuksessa on 128 MB:n Flash-muistikortti ja 10,4”-n kapasitiivinen kosketusvärinäyttö, jota voidaan käyttää erillisellä kosketuskynällä tai sormella koskemalla. Alakeskus perustuu teollisuuskäyttöön tarkoitettuun Windows CE -versioon, jonka päällä suoritetaan Fidelix Oy:n käyttöliittymäselain. (FX-2025A 2012.)

Alakeskuksessa on kaksi Ethernet-porttia (RJ45), joihin voidaan liittää esimerkiksi automaatiohuoltohenkilön kannettava tietokone. Toinen portti kytketään yleensä kiinteistön Internet-verkkoon tai siihen liitetään 3G-modeemi. Alakeskuksessa on näiden kahden liittimen lisäksi Modbus RTU -portti (RS-485), joka on ulkoisten moduulien välinen tietoliikenneväylä. FX-2025A:han voidaan myös liittää ulkoinen näyttö VGA-kaapelilla esimerkiksi kiinteistön lämmityskustannusten näyttämiseen asukkaille huoltorakennuksen seinällä. (FX-2025A 2012.)

Kuvassa 6 näkyy, että alakeskuksessa on yksi hälytys. Tämä hälytystieto on lähetetty tekstiviestinä GSM-modeemin avulla esimerkiksi kiinteistöhoitajan matkapuhelimeen.

FX-2025A:ssa on valmiina muutamia säätöohjauksia, esimerkiksi lämmönjako-  
huoneen laitteiston säätö, johon ei tarvitse erikseen tehdä ohjelmaa IEC-

ohjelmointikielellä. Monimutkaisempiin ohjauksiin kirjoitetaan ohjelmat, jotka ladataan alakeskukseen.



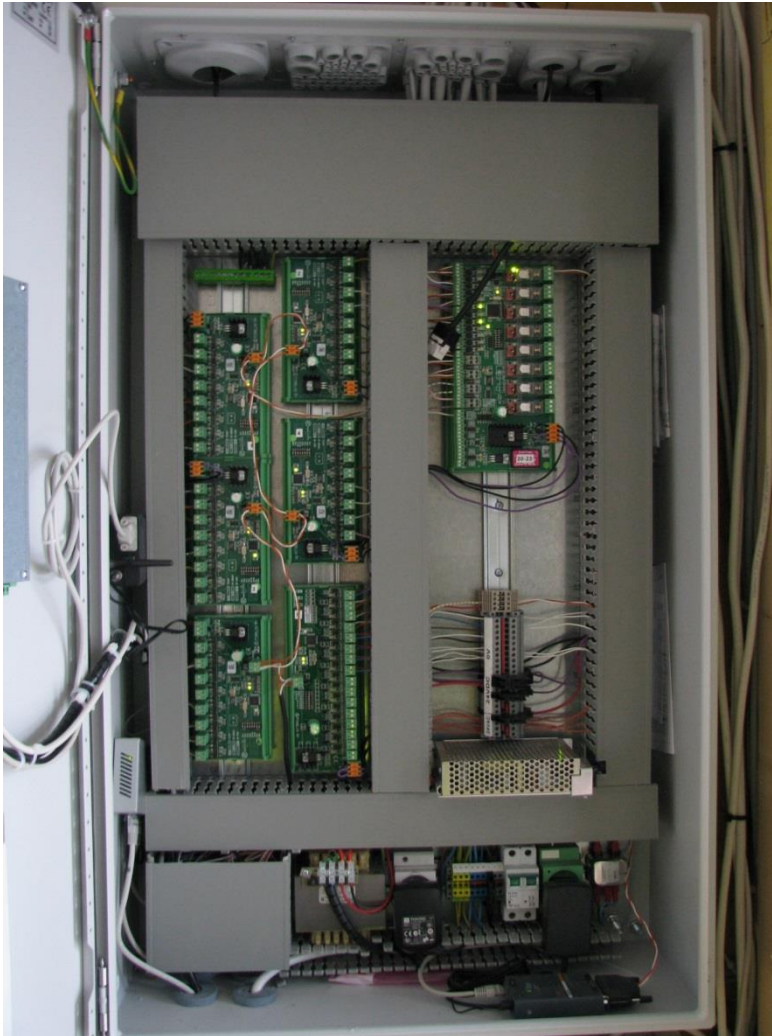
KUVA 6. Fidelix FX-2025A -alakeskus

## 4.2 Moduulit

Valvomon alakeskukseen liitetään yleensä I/O-moduuleita, joihin saadaan kytettyä lämpötilanmittauksia, valojen ohjauksia ja tilatietoja eli indikoiteja. Virkakatu 8:n projektikohteen A-osassa sijaitsevassa alakeskuksen kaapissa on viisi AI-8-korttia, yksi DI-16-kortti ja yksi COMBI-36-kortti (kuva 7). Näiden lisäksi rakennuksen B-osassa on oma moduulikotelo, jossa on yksi DI-16-kortti ja kolme AI-8-korttia. Kuvassa 6 on valvomon alakeskuksen kaappi, itse alakeskus on kiinnitetty kuvan vasemmassa reunassa olevaan oveen.

Alakeskus kommunikoi moduulien kanssa Modbus RTU (RS-485) -väylällä, joka on Modiconin vuonna 1979 kehittämä kenttäväyläteknikka (Modicon 2013, Modbus FAQ: About the Protocol). Väyläliikenne kulkee moduulien ja alakes-

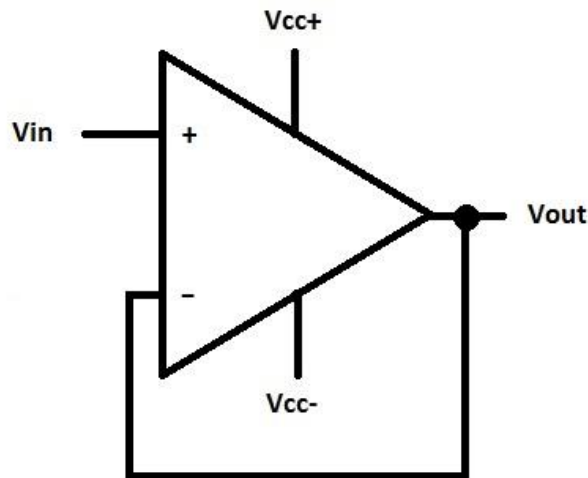
kuksen välillä kahden johtimen kautta, joilla moduulit on ketjutettu sarjaan. Moduulit käyttävät myös käyttäjännitteenään 24 V:n tasajännitettä.



*KUVA 7. Fidelix-automaatiojärjestelmä*

Automaatiojärjestelmään jouduttiin lisäämään moduulien lisäksi jänniteseuraajia, joilla käytännössä vahvistetaan rakennemittausantureiden lähettämää jännitesignaalia. Jänniteviesti tulee ensin anturilta jänniteseuraajan tuloliittimeen  $V_{in}$  ja edelleen vahvistettu jänniteviesti  $V_{out}$ -lähdestä mittaustarkoitukseen käytävän analogimoduulin (AI-8) liittimeen. Jänniteseuraaja tarvitsee myös käyttäjännitteen, joka kytketään liittimiin  $V_{cc+}$  ja  $V_{cc-}$ . Jänniteseuraaja on elektronikan peruskomponentti, johon on päässyt teoriassa tutustumaan jo koulussa elektronikan kursseilla. Tässä kohtalaisen yksinkertaisessa ja helposti ymmärrettävässä operaatiovahvistinkytkennässä on suuri tuloimpedanssi ja pieni lähtöimpedanssi sekä negatiivinen takaisinkytkentä, minkä vuoksi se soveltuu hyvin

esimerkiksi tässä projektissa tarvittavaan jänniteviestin vahvistamiseen (Perälä 2001, 58). (Kuva 8.)

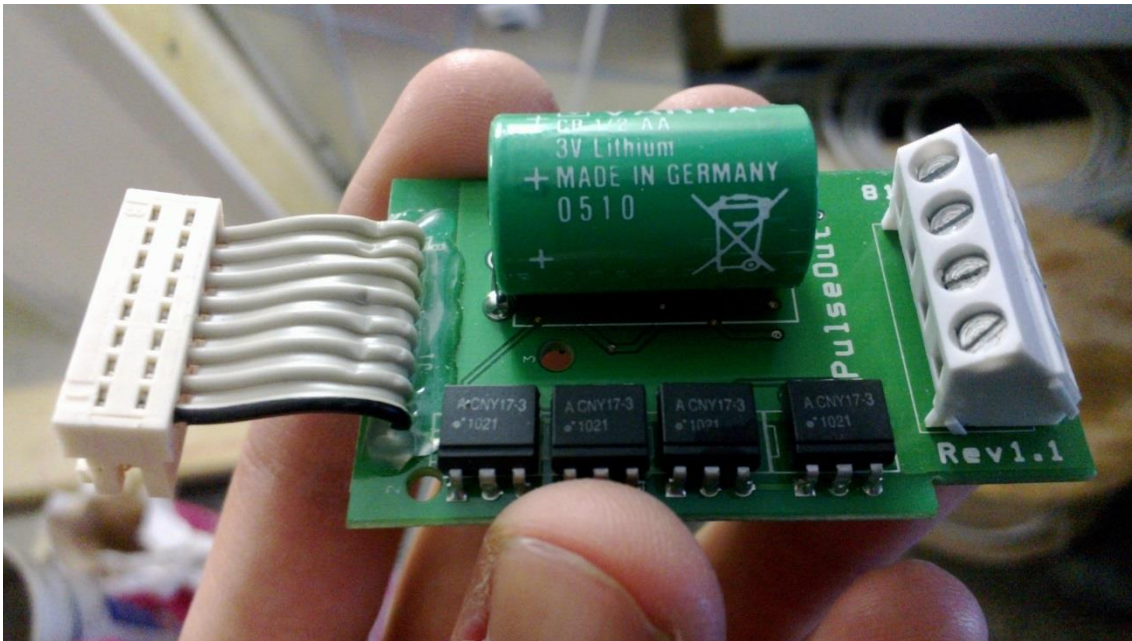


*KUVA 8. Jänniteseuraajan toimintaperiaate (Perälä 2001, 58.)*

### 4.3 Kenttälaitteet

Fidelix FX2025 -automaatiojärjestelmän moduuleihin kytketään ns. kenttälaitteet. Kaapelityyppinä on yleensä NOMAK, JAMAK ja KLMA. Kaapelin sisältämä johdinparimäärä riippuu siitä, mitä tietoja kenttälaitteelta tulee alakeskukseen. Yleisesti ottaen lähes kaikki kenttälaitteet tarvitsevat 24 VAC:n käyttöjännitteen ja 0–10 V jänniteviestin tiedonsiirtoa varten.

Kuvassa 9 on Virkakatu 8:n kiinteistön kokonaislämmitysenergian mittauksessa käytettävän Saint-Gobainin valmistaman Sharky 775:n sisältämä pulssikortti. Energiamittari mittaa lämmitysverkoston putkessa kulkeneen vesimäärän ultraäänitekniikalla sekä meno- ja paluulämpötilat ja laskee näiden tietojen perusteella kuluneen lämmitysenergian. Pulssikortti lähettää mittaustiedon valvomon alakeskukseen JAMAK-kaapelia pitkin. Alakeskuksesta määritetään skaalauskerroin, esimerkiksi 100 pulssia on yhtä kuin 1 kWh, jonka perusteella saadaan määritettyä lämmitysenergian kulutus.



*KUVA 9. Energiamittari Sharky 775:n pulssikortti*

Jokaiseen asuntoon menevässä lämpimän käyttöveden menoputkessa on lämpötila-anturi TENA NTC10 ja vesimittari, jolla saadaan laskettua asuntokohtainen lämmitysenergian kulutus alakeskuksessa. Huoneistoista mitataan lisäksi kylmän ja lämpimän veden kulutusta m<sup>3</sup>:inä sekä käyttövesien lämpötiloja. Käyttöveden ja sähköenergian kulutustiedot siirretään Modbus-väylää pitkin Fidelix Room Display -huonenäytöille (kuva 11). Näyttöyksikköön voidaan vapaasti piirtää grafiikka, joka halutaan esittää. Tässä projektikohteessa huonenäyttöön haluttiin edellisen vuorokauden, viikon ja päivän aikana kulunut sähköenergia, käyttövesimäärä ja ulkolämpötila.

Huoneistoista A4 ja B2 mitataan edellä mainittujen mittasuureiden lisäksi huoneiden lämpötilaa ja kosteutta neljästä eri mittauspisteestä. Antureina käytetään ProDual KLH -kosteus- ja lämpötilalähettimeä (kuva 10), joita on asennettu huoneistojen keittiöön, kahteen makuuhuoneeseen ja huoneiston keskelle pesutilan oven viereen.



*KUVA 10. Pro dual KLH -kosteus- ja lämpötilalähetin*



*KUVA 11. Fidelix Room Display -huonenäyttö*

Virkakatu 8:n piharakennuksen päätyyn asennettiin Davies Vantage Pro 2 -sääasema (kuva 12), joka toimii langattomasti. Vastaanotin asennettiin alakeskuksen yläpuolelle ja siihen vedettiin väyläkaapeli tiedonsiirtoa varten. Sääasemassa on vesiastian lumisulatus koville pakkasilmoille, tuulimittari sekä kosteus-, lämpötila- ja valoisuusanturit. Vantage Pro 2 -asemasta saadaan myös paljon muita tietoja, joista suurin osa määritettiin näkymään valvomon alakeskuksen näytöllä.



*KUVA 12. Davies Vantage Pro 2 -sääasema*

Virkakatu 8:n passiivitalon ilmanvaihto perustuu huoneistokohtaisiin pesutiloissa sijaitseviin Enervent Pingvin ECO -IV-koneisiin, jotka on kytketty Modbus RTU -väylään (kuva 13). Katon paneeleihin tehtiin aukko mahdollisia tulevia huoltotöitä varten. Ilmastointikoneista saadaan väylän kautta monipuolista mittaustietoa, joka voidaan esittää valvomon alakeskuksen grafiikalla (liite 1). Liitteessä 2 on IV-koneen säätökaavio, jonka mukaan grafiikka on piirretty.



Jokaisen asunnon poistokanavaan asennettiin lisäksi hiilidioksidianturi huoneistojen ilmanlaadun tarkkailemista varten (kuva 14). Kuten aikaisemmin mainittiin, liian korkea CO<sub>2</sub>-pitoisuus aiheuttaa väsymystä ja heikentää myös keskittymiskykyä. Lisäksi huoneistoissa A4 ja B2 CO<sub>2</sub>-anturi Produal HDK asennettiin myös tulokanavaan sekä kosteusanturi poistokanavaan. Näiden anturien tiedot siirrettiin suoraan valvomon alakeskukseen, kun taas jokaisen asunnon IV-koneen poistokanavan CO<sub>2</sub>-anturi kytkettiin suoraan IV-koneen ohjauskorttiin, josta mittaukset luetaan Modbus-väylän kautta.

Ilmastointikoneissa on lisänä ohjauspaneeli, jolla huoneiston asukas voi säätää esimerkiksi tuloilman lämpötilaa IV-koneessa olevan sähköpatterin avulla. IV-koneen voi myös asettaa esimerkiksi poissa-tilaan oltaessa poissa kotoa, jolloin ohjauskortti ohjaa puhaltimen puhallustehoa pienemmäksi ja laskee huoneiston tuloilman lämpötilan esimerkiksi 17 °C:een. Huoneistoissa on kuitenkin vesikiertoiset lämmityspatterit, joiden termostaatteihin kotona-poissa-asetuksella ei ole vaikutusta.



*KUVA 13. IV-kone sisältä*



*KUVA 14. Poistokanavan CO<sub>2</sub>-anturi*

## 5 RAKENNEMITTAUSTEN LIITTÄMINEN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN

Opinnäytetyöni tehtäväalueeseen kuuluivat rakennusautomaation projektikohteen kenttäasennukset, joihin sisältyi muun muassa rakennemittaus- ja huoneantureiden ja IV-koneiden kytkentä. Mittauslaitteiston testaus ja grafiikkakuvien piirtäminen sisältyi myös tehtäviini.

### 5.1 Asennus, ohjelmointi ja testaus

Rakennemittausanturit, yhteensä 34 kappaletta, käytiin asentamassa valmiiksi talon seinäelementteihin niiden valmistustehtaalla (kuva 15). Lämpötilan mittaukseen käytettiin Produal TE NTC10 -anturia ja kosteuden tunnistamiseen Honeywell HIH-4010 -anturia. Rakennemittausanturit asennettiin mittauspisteisiin vierekkäin ja tiedonsiirtokaapelina antureiden ja valvomon alakeskuksen välillä käytettiin Liycyä. Varsinaisia IEC-standardin mukaisia ohjelmia, joiden avulla kosteus- ja lämpötila-arvot lasketaan, ei tässä työssä esitellä, koska ne ovat yrityksen sisäistä tietoa.



KUVA 15. Rakennemittausanturit seinäelementissä

Anturit testattiin elementtitehtaalla puhaltamalla seinärakenteen toiselle puolelle lämmintä ilmaa ja toiselle puolelle kylmää. Mittaustuloksia verrattiin myös sääaseman ilmoittamaan suhteelliseen kosteuteen elementtien ollessa paikalleen asennettuina Virkakatu 8:ssa. Toisena vertailuarvona käytettiin Ilmatieteenlaitoksen ilmoittamaa mittauservoa.

Rakennemittauksia varten tehtiin Fidelix Oy:n piste-editorilla kytkentäpisteet, jonka jälkeen ne siirrettiin tekstitiedostona valvomon alakeskukseen. Lisäksi liitteessä 3 on kytkentäkuva lämpötila-anturien kytkennöistä. Tämän jälkeen alakeskuksen näyttöyksikköä varten tehtiin grafiikkakuvat, joista on neljä esimerkkiä liitteissä 1, 4, 5 ja 6. Grafiikkaan suunniteltiin myös selkeä käyttöliittymä, jossa päästään tarkkailemaan rakennuksen seinärakenteiden mittaustuloksia seinärakenne kerrallaan.

Honeywell ilmoittaa kosteusanturilleen 5 vuoden toiminta-ajan, jonka aikana mittauksen tarkkuus saattaa vaihdella  $\pm 3\%$  (Honeywell 2007, HIH-4010/4020/4021 Series). Suhteellinen kosteus (RH, relative humidity) on yleisin kosteuden ilmoittamisyksikkö. Muita ovat esimerkiksi kosteussisältö, absoluuttinen kosteus, kyllästyskosteus ja kastepistelämpötila. Suhteellisesta kosteudesta saadaan selville, kuinka paljon tilassa on vesihöyryä suhteessa koko tilan vesihöyryn maksimimäärään (Ilmatieteenlaitos 2010, ilman kosteus).

HIH-4010-kosteusanturin manuaalissa (Honeywell 2007, HIH-4010/4020/4021 Series) on ilmoitettu laskentakaava, jonka mukaan saadaan jänniteviesti muunnettua suhteelliseksi kosteudeksi (kaava 1 ja 2). Kaavassa 2 otetaan huomioon lämpötilan vaikutus ilmassa olevan vesihöyryn määrään. Anturilta lähtee 0–5 V:n tasajänniteviesti, joka vahvistetaan aikaisemmin esitellyllä valvomon alakeskuksessa olevalla jänniteseuraajalla.

$$V_{OUT} = (V_{SUPPLY})(0,0062(\text{Sensor RH}) + 0,16), \text{ kun } T = 25\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{KAAVA 1}$$

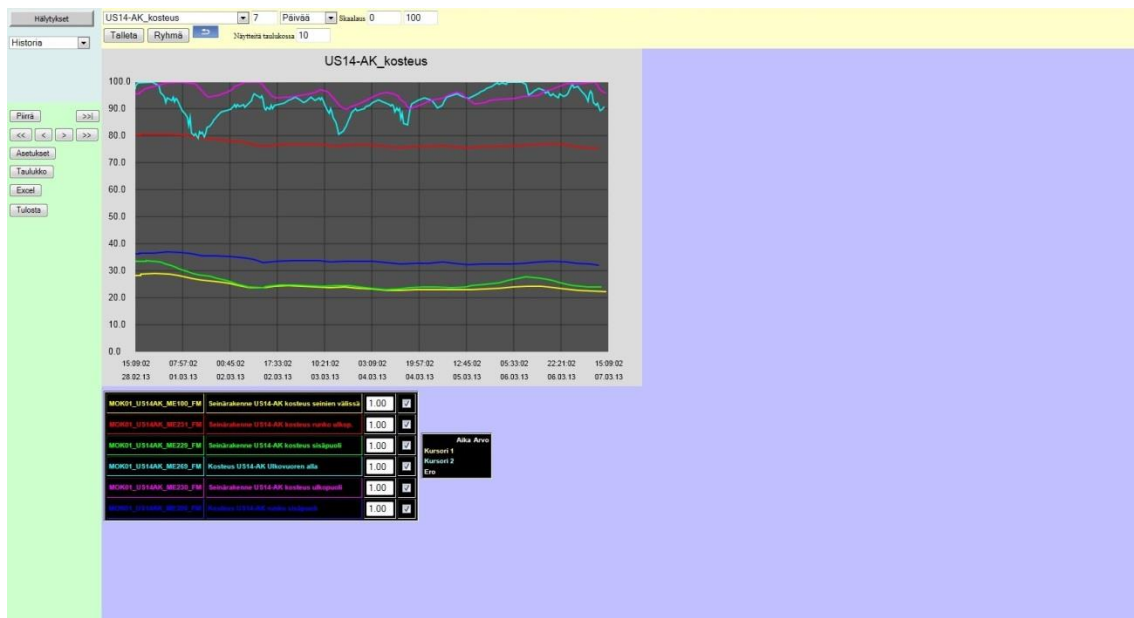
$$RH = \frac{\text{Sensor RH}}{1,0546 - 0,00216T}, [T] = \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{KAAVA 2}$$

Passiivitalon yläpohjan mittauksessa käytettiin Proidualin valmistamaa KLU-kosteus- ja lämpötilälähetintä. Mittalähettämiä asennettiin välikatolle kaksi kappaletta, joista toinen on eristevillan päällä ja toinen sen alla muovin päällä (liite 7). Alapohjaan laitettiin Honeywellin HIH-anturi, joka työnnettiin sinne putkea pitkin betonin yläpuolelle. Liitteissä 5 ja 6 on esitetty mittaustulokset ylä- ja alapohjan rakennemittauksista maaliskuussa. Aikaisemmin olleessa kuvassa 14 näkyy välikaton pohjamuovi, jonka päällä on toinen yläpohjan antureista. Tästä johtuen alempi anturi näyttää lähes huoneiston lämpötilaa. Mittaustulokseen on vaikutusta myös sillä, että lämpö nousee ylöspäin.

Talon seinät on valmistettu tehtaalla valmiiksi niin sanottuina elementteinä, jonka jälkeen ne on asennettu rakennuksen entisen betoniseinän päälle lämmöneristävyuden parantamiseksi. Rakennemittauspisteitä on sijoitettu jokaiseen ulkoseinään, joihin on tehty huoltoluukut anturien tiedonsiirtokaapelien kytkemistä varten. Suurin osa antureista on asennettu sen verran syvälle seinärakenteen sisälle, että seinän joutuu purkamaan, jos anturiin tulee toimintavika. Liitteessä 4 on grafiikkakuva alakerran ulkoseinä US14AK:sta, josta nähdään kosteus- ja lämpötila-arvot eri kohdissa seinärakennetta.

## **5.2 Historiat**

Rakennemittauksista tehtiin valvomon alakeskukseen niin sanotut historiat, joista nähdään mittausarvon muutos ajan suhteen (kuva 16). Kerättäviä tietoja ovat muun muassa seinärakenteiden kosteus- ja lämpötila-arvot, huoneistojen A4 ja B2 kosteus- ja lämpötila-arvot sekä kiinteistön energiankulutus. Historiatiedot ovat tärkeässä roolissa rakennuksen kuntoa seurattaessa, koska niistä voidaan jälkikäteen tutkia, miten esimerkiksi seinärakenteiden kosteudet ovat muuttuneet tietyn ajanjakson välisenä aikana. Lisäksi tutkijat analysoivat paksujen eristeiden toimivuutta historiatietojen perusteella eri vuodenaikoina.



KUVA 16. Ulkoseinä US14AK:n kosteushistoriatiedot

Historiatiedot siirretään valvomon alakeskuksesta varsinaiselle valvomokoneelle, joka sijaitsee PSOASin konttorilla. Siirto tapahtuu käytännössä siten, että valvomokoneessa oleva Ignition-ohjelmisto lukee historiat alakeskuksesta OPC-rajapinnan kautta.

### 5.3 Tiedonsiirto

Rakennemittaustiedot siirretään valvomokoneelta vielä eteenpäin ensin PSOASin ylemmän tason valvomoon, josta tiedot lähtevät todennäköisesti taulukkopohjaisessa muodossa Ruotsin teknilliseen tutkimuskeskukseen ja E2ReBuild-yhteyshenkilöiden käyttöön. Mittaustiedot päätettiin E2ReBuild-kokouksessa lähettää kerran kuukaudessa. Valvomon alakeskukseen on myös aikaisemmin mainittu VPN-yhteys, jolla saadaan reaaliaikaista mittaustietoa. Aikaisemmin olleessa E2ReBuild-kokouksessa käsiteltiin myös asuntokohtaisten kulutuksien seurantatietojen lähettämistä eteenpäin. Kyseinen asia on hieman haastava, koska seurantatiedoissa on periaatteessa asukkaiden henkilökohtaista tietoa, muun muassa sähkön- ja vedenkulutus.

## 6 LOPPUSANAT

Tämän opinnäytetyön aiheena oli passiivikerrostalon rakennemittausten liittäminen Fidelix-automaatiojärjestelmään. Kerättyjä mittaustietoja, muun muassa lämpötila ja kosteus, on tarkoitus lähettää säännöllisin väliajoin, esimerkiksi keran kuussa, eteenpäin E2Rebuild-projektin yhteyshenkilöille ja Ruotsin teknilliseen tutkimuskeskukseen (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut).

Passiivitalo valmistui 28.2.2013, piha-alueita lukuun ottamatta. Kerrostalon kokonaislämmitysenergian kulutus pieneni aikaisemmin mainitusta noin 148 kWh/m<sup>2</sup>a:sta 85 kWh/m<sup>2</sup>a:han eli 63 kWh/m<sup>2</sup>a (43 %). Passiivitalon ikkunoista on mitattu vuonna 1985 lämmönläpäisykertoimeksi 2,1 W/m<sup>2</sup>K, ja nykyään se on uudenaikaisilla ikkunoilla 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Seinärakenteiden lämmönläpäisyker-toimiksi saatiin 0,11 W/m<sup>2</sup>K, kun se oli aikaisemmin 0,28 W/m<sup>2</sup>K. Kertoimesta voidaan päätellä rakennuksen tiiviys eli toisin sanoen mitä pienempi kerroin, sitä vähemmän lämpöä rakennuksesta siirtyy ulospäin. Nykyään vähimmäisarvoksi lämmönläpäisykertoimelle seinärakenteessa on määrätty 0,14 W/m<sup>2</sup>K ja ikkunoissa 0,8 W/m<sup>2</sup>K. (Le Roux 2013; Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2012.)

Rakennusautomaatioprojekti onnistui hyvin ja mittaukset näyttävät oikeaa tietoa. Fidelix Oy:llä ei ollut aikaisempaa kokemusta tällaisesta projektista. Rakennemittaustietoa tullaan hyödyntämään Ruotsin teknillisessä tutkimuskeskuksessa ja E2ReBuild-projektin muissa passiivitalokohteissa. Kosteuden ja lämpötilan mittaaminen talon rakenteista on nykyään kasvava trendi ja siihen on myös ai- hetta. Homeongelmiin puuttuminen ajoissa tuo säästöjä ja pidentää rakennus- ten elinikää.

Opinnäytetyön aihe tuntui haastavalta, koska siihen liittyi paljon uutta tietoa. Kirjoitusvaiheen aloittaminen oli myös hieman työlästä, mutta alkuvauhtiin pääs- tyä tekstiä alkoi tulla kohtalaisen helposti. Virkakatu 8:n projektikohteesta sai paljon käytännön asennuskokemusta, mistä on hyötyä tulevaisuudessa.

Ammattikorkeakoulussa jäi kaipaamaan lisää rakennusautomaation liittyviä kursseja, sillä nykyinen koulutus on liian teollisuuspainotteinen. Esimerkiksi LVI-

tekniikka ja sen ymmärtäminen on tärkeässä roolissa automaatioinsinöörin työtehtävissä rakennusautomaatiopuolella. Olisi myös hienoa ja mielenkiintoista, jos Fidelix Oy pystyisi tarjoamaan Oulun seudun ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorioon valvomon alakeskuksen. Projektien tekeminen FX-2025A-alakeskukseen toisi mukavaa vaihtelua Siemensin ja Metson järjestelmien lisänä.



## LÄHTEET

About E2ReBuild. 2013. E2ReBuild. Saatavissa:

<http://www.e2rebuild.eu/en/Sidor/default.aspx>. Hakupäivä 22.11.2012.

Automaatio- ja turvallisuusratkaisut tehokkaaseen kiinteistöhallintaan. 2013.

Fidelix Oy. Saatavissa:

[http://www.fidelix.fi/documents/Fidelix\\_yleisesite\\_v4.7\\_2013.03.11\\_FIN\\_WEB.pdf](http://www.fidelix.fi/documents/Fidelix_yleisesite_v4.7_2013.03.11_FIN_WEB.pdf). Hakupäivä 22.4.2013

Demonstrations. 2013. E2ReBuild. Saatavissa:

<http://www.e2rebuild.eu/en/demos/Sidor/default.aspx>. Hakupäivä 22.11.2012.

FX-2025A. 2012. Fidelix Oy. Tuote-esite. Saatavissa vain Fidelix Oy:n työntekijöille. Saatavissa: <http://support.fidelix.fi>. Hakupäivä 26.1.2013.

HIH-4010/4020/4021 Series. Honeywell. Saatavissa:

<http://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-hih4010-4020-4021%20series-product-sheets-009020-1-en.pdf>. Hakupäivä 14.3.2013.

Ilman kosteus. 2010. Ilmatieteenlaitos. Saatavissa:

<http://ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus>. Hakupäivä 19.3.2013.

Lavento, Dakota 2013. Kosteusnuuskija paljastaa ongelmat. Talotekniikka nro 1. S. 62–63.

Le Roux, Simon. 2013. E2ReBuild WP2 Demonstrations. D2.2 Demonstration Oulu. Esitysmateriaali. Aalto-yliopisto.

Lylykangas, Kimmo - Nieminen, Jyri 2009. Passiivitalon määritelmä. Saatavissa: [http://www.passiivi.info/download/passiivitalon\\_maaritelma.pdf](http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf). Hakupäivä 9.4.2013.

Modbus FAQ: About the Protocol. 2013. Modicon. Saatavissa:

<http://www.modbus.org/faq.php>. Hakupäivä 8.4.2013.

Perälä, Rae 2001. Elektroniikka 2: mikropiirit ja sovellutuksia. S. 58. Espoo: Tietokotka Oy.

Piironen, Mikko. 2008. Ensimmäinen passiivitalo nousee Vantaalle. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/ensimmainen+passiivitalo+nousee+vantaalle/a59652>. Hakupäivä 9.4.2013.

Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. 2012. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. 2/11 ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 8.4.2013.

## **LIITTEET**

Liite 1 IV-koneen grafiikkakuva

Liite 2 IV-koneen säätökaavio

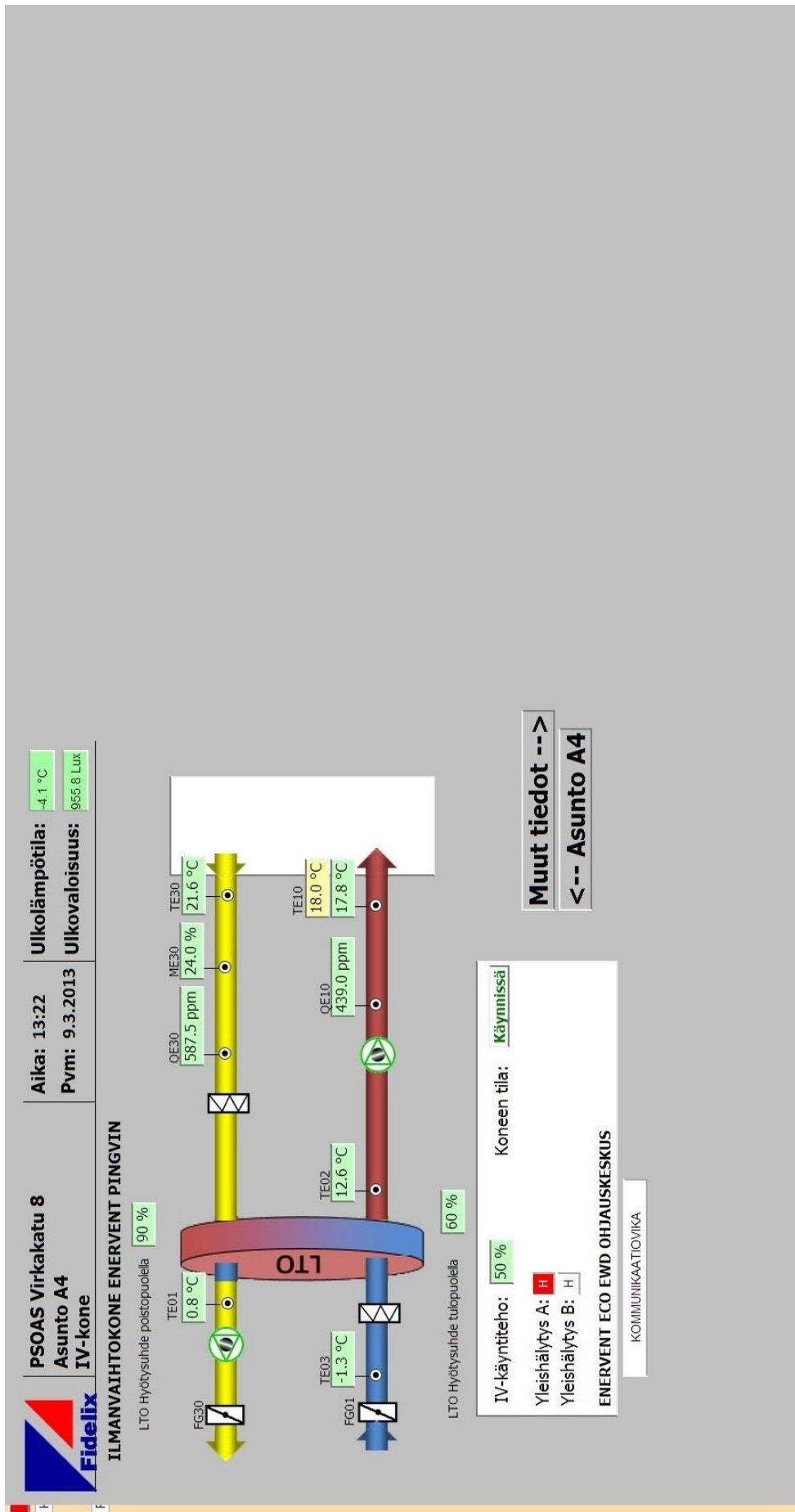
Liite 3 Rakennemittausanturien kytkentäkaavio

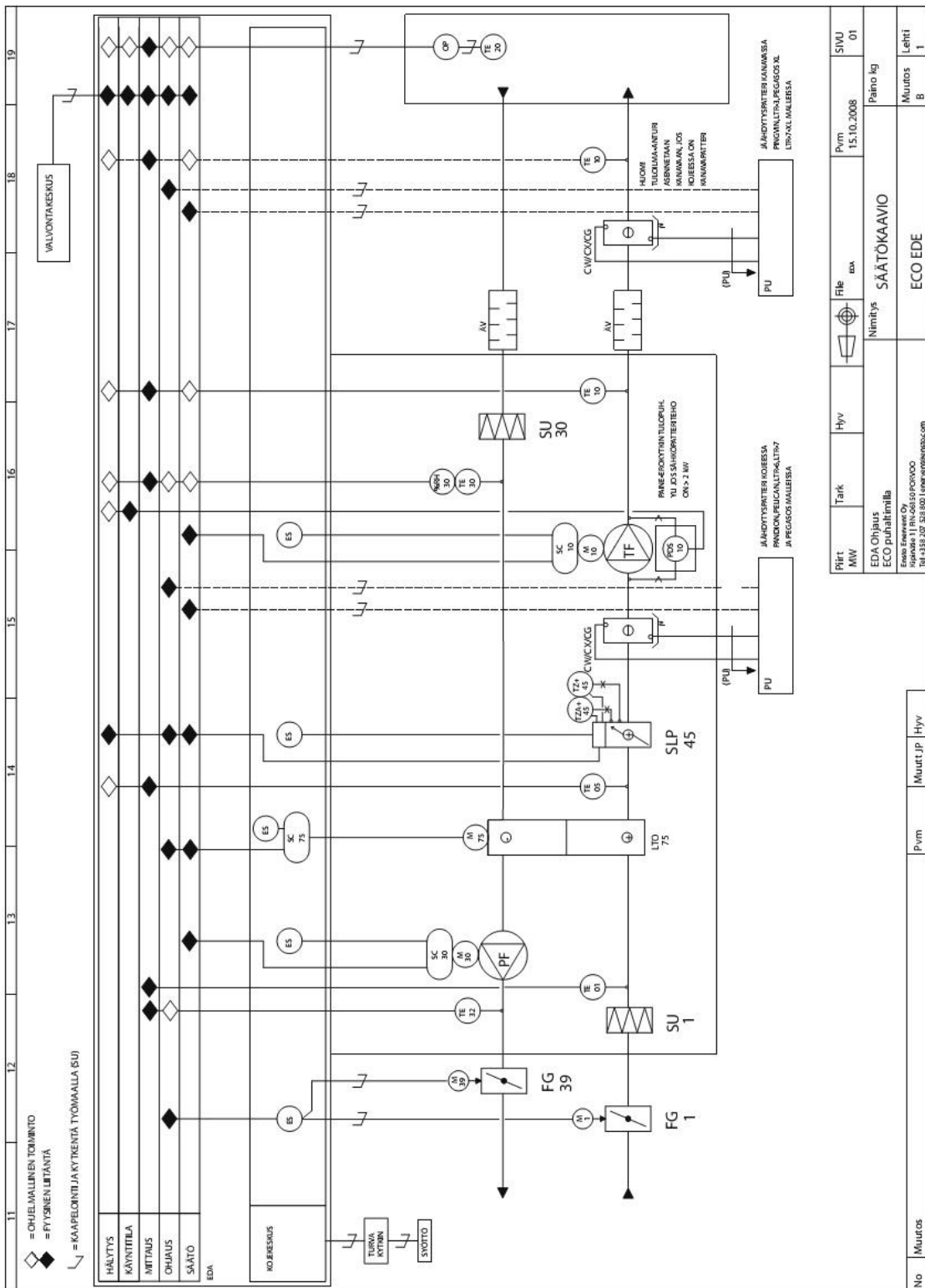
Liite 4 Rakennemittaus ulkoseinästä

Liite 5 Rakennemittaus yläpohjasta

Liite 6 Rakennemittaus alapohjasta

Liite 7 Rakennemittausanturit yläpohjassa

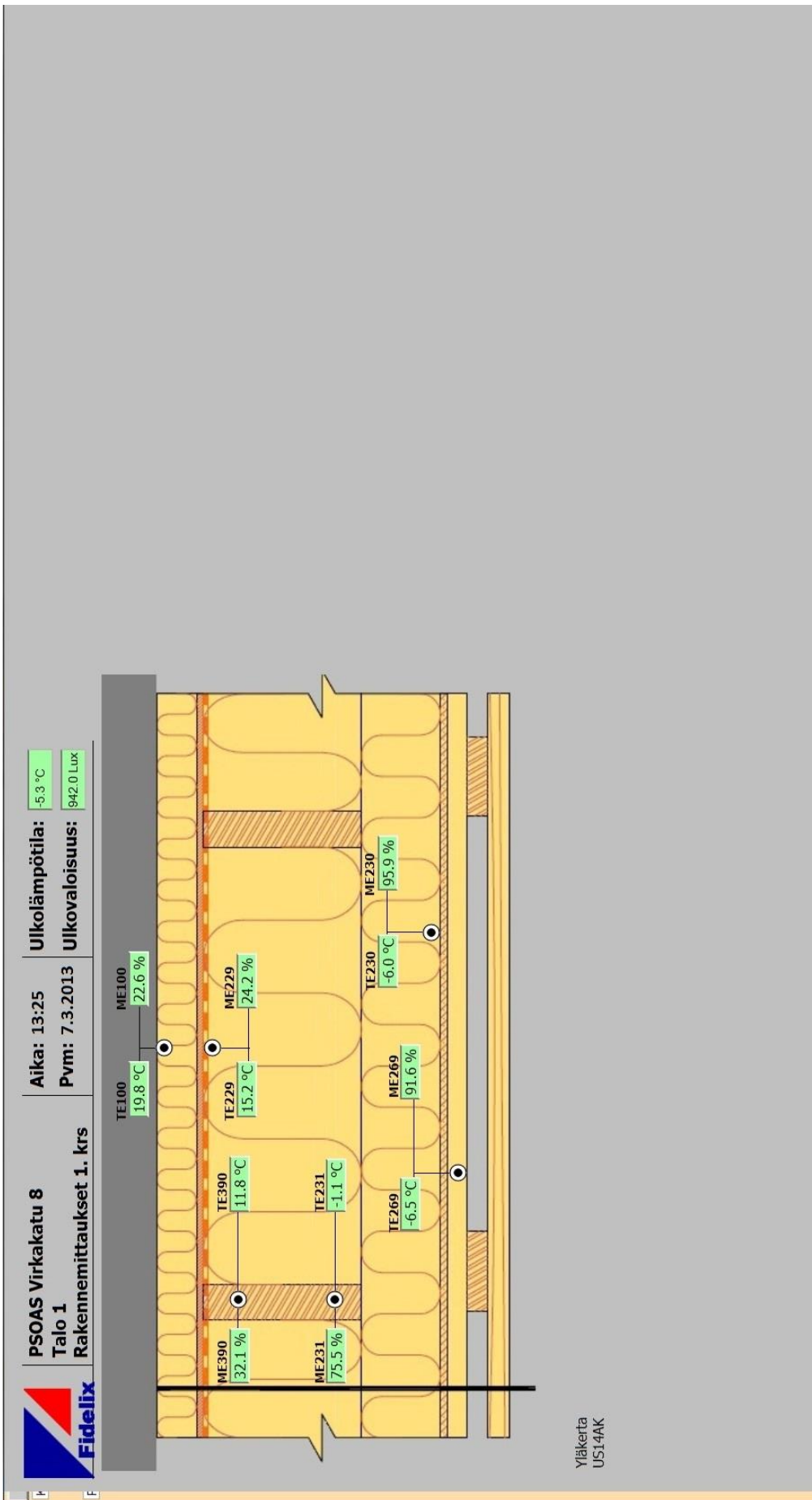


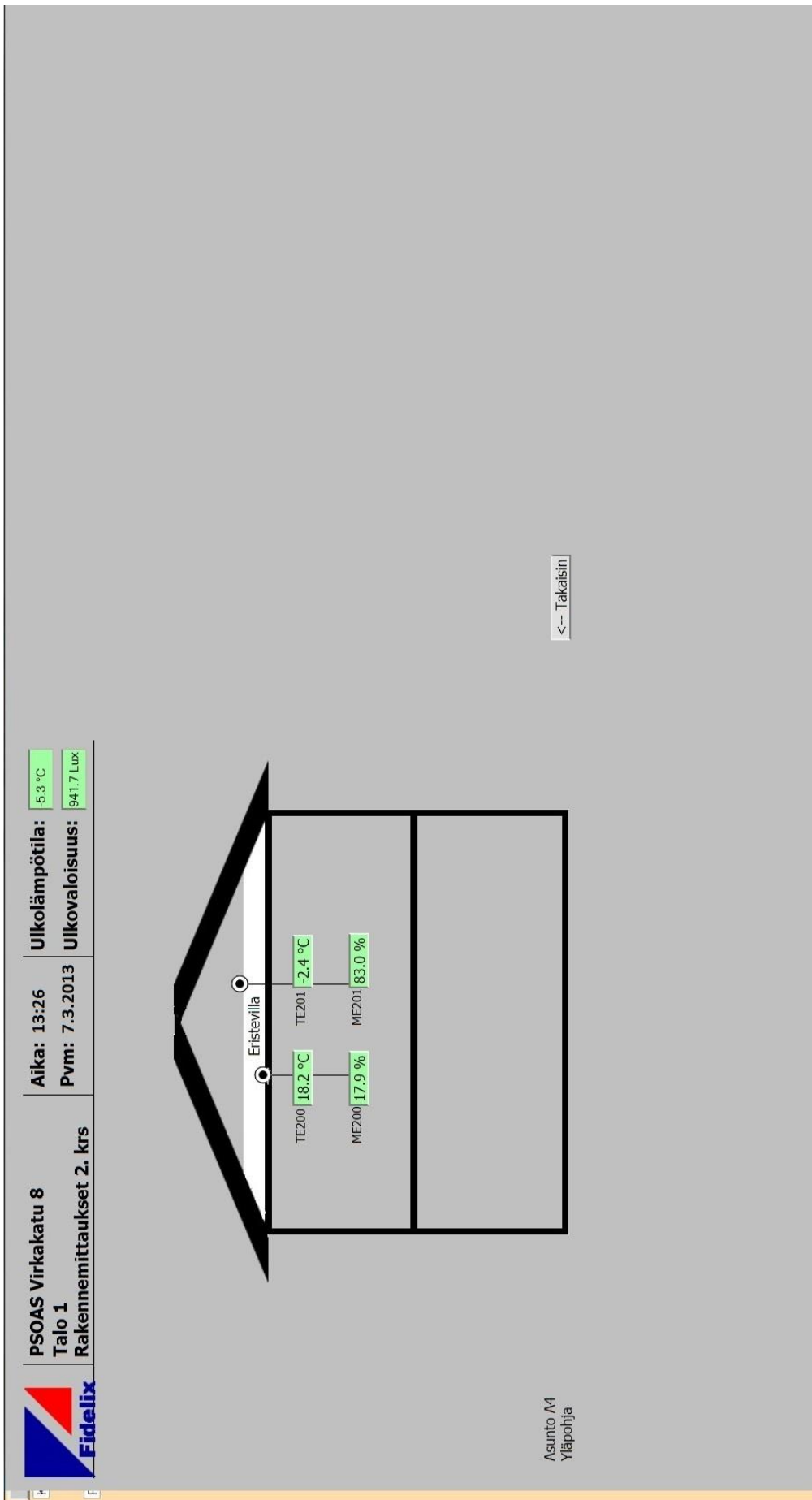


Phitt	MW	Tarkk	Hyv	File	003	Pvm	15.10.2008	SIVU	01
EDA Ohjauk					Nimitys	SAÄTÖKAAVIO			
ECO puhaltimeilla						Paino kg			
Esko Ervent Oy					Muutos		B		
Tel: 010 318 207 523 800   info@eskoervent.com					ECO EDE		Lehti		
					Muutos		1		

No	Muutos	Pvm	Muutt.IP	Hyv
----	--------	-----	----------	-----







PSOAS Virkakatu 8  
Talo 1  
Rakennemittaukset 2. krs

Aika: 13:26  
Pvm: 7.3.2013

Ulkolämpötila:  
Ulkovaloisuus:

-5.3 °C  
941.7 Lux

Asunto A4  
Yläpohja



