



**TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Tietotekniikka**

**Tietoliikennetekniikka**

**INSINÖÖRITYÖ**

**MITTAUSYKSIKÖN SOVELTAMINEN IV-KONEIDEN  
LÄMPÖTILAMITTAUKSIIN**

**Työn tekijä: Reijo Riuttanen  
Työn ohjaajat: Aatte Saastamoinen**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2009**

**Timo Karilinna  
lehtori**



## ALKULAUSE

Tämä insinöörityö on suoritettu työnantajani BigMan Oy:n tilaamana taustaryhmän ohjauksessa. Taustaryhmässä ovat useiden työkavereiden lisäksi olleet aktiivisimmin mukana insinööri Aatte Saastamoinen sekä toimitusjohtajamme Matti Lintunen. Aatte Saastamoinen on toiminut myös tämän insinöörityön valvojana. Haluan kiittää heitä molempia mielenkiintoisesta työaiheesta ja kannustavasta tuesta opiskelussa.

Erityinen kiitos myös perheelleni, joka on kärsivällisesti jaksanut odottaa ja kannustaa minua koko opiskeluni ajan. Työssäkävyn opiskelijan, perheenisän ja aviomiehen rooleja ei ole aina ollut kovin helppo sovittaa yhteen siten, että kaikki osapuolet olisivat olleet tyytyväisiä.

Työn aikana kehityin useilla insinöörille tärkeillä osa-alueilla. Yhteistyö eri sidosryhmien välillä oli mielenkiintoista, ja kirjallisen osuuden lisäksi käytännön tutkimustyö eri kiinteistöissä oli antoisaa. Uskon saaneeni tästä työstä paljon hyödyllisiä kokemuksia ja tietoja sekä nykyistä toimenkuvaani että tulevaisuuden haasteita ajatellen.

Helsingissä 29.3.2009

Reijo Riuttanen

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Reijo Riuttanen	
<b>Työn nimi:</b> Mittausyksikön soveltaminen IV-koneiden lämpötilamittauksiin	
<b>Päivämäärä:</b> 29.3.2009	<b>Sivumäärä:</b> 30 s.
<b>Koulutusohjelma:</b> Tietotekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Tietoliikennetekniikka
<b>Työn ohjaaja:</b> lehtori Timo Karilinna <b>Työn ohjaaja:</b> sähköinsinööri Aatte Saastamoinen	
<p>Tämä insinööri työ tehtiin talotekniikan insinööritoimisto BigMan Oy:lle. Työssä pyrittiin löytämään tiedonkeruulaite, jota voitaisiin soveltaa ilmankäsittelykoneiden lämpötilamittaukseen yrityksen tekemissä energiakatselmuksissa.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla markkinoilla oleviin tiedonkeruulaitteisiin ja niiden sovelluksiin. Sen jälkeen pohdittiin vaihtoehtoja käyttökelpoisimman laitteen toteuttamiseksi. Lopulta päädyttiin tässä työssä käytettyyn versioon, jota on mahdollista laajentaa ja jolla voidaan mitata lämpötiloja useasta eri pisteestä samanaikaisesti.</p> <p>Tehtyjen mittausten perusteella saatiin hyvä käsitys siitä, kuinka monikanavainen mittalaite helpottaa katselmoinnin kenttätöitä. Samalla tulivat esille laitteen käytettävyyteen liittyvät ongelmat, jotka johtuivat lähinnä pitkistä anturikaapeleista. Jotta laiteesta saataisiin mahdollisimman suuri hyöty katselmoinnissa, sitä pitää hiukan kehittää. Pääpiirteisään työlle asetettu tavoite kuitenkin saavutettiin.</p>	
<b>Avainsanat:</b> Ilmankäsittelykone, mittausyksikkö, SmarT8, lämpötila	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Reijo Riuttanen	
<b>Title:</b> Application of Measuring Unit for Temperature Measurement of Air Conditioning Plant.	
<b>Date:</b> 29.3.2009	<b>Number of pages:</b> 30
<b>Department:</b> Information and Telecommunications Technology	<b>Study Programme:</b> Telecommunications
<b>Instructor:</b> Timo Karilinna, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences	
<b>Supervisor:</b> Aatte Saastamoinen, Electrical Engineer, BigMan Ltd	
<p>The purpose of this graduate project in engineering was done to create a data collector for temperature measurement of air conditioning plants during estate inspections. This graduate project was made for engineering office BigMan Ltd.</p> <p>This project was started by familiarizing with data collectors available in the markets. After that the devices were compared to determine the best alternative. Finally, a decision was made on the device considered in this study, as it can be expanded further and it enables measurement of several temperatures simultaneously.</p> <p>Based on the measurement conducted, it became clear how this kind of device can help the practical work of estate inspections. At the same time, some problems were detected in using this device. Therefore the device needs some further development, to gain maximum benefit. However, the main target was largely reached.</p>	
<b>Keywords:</b> air conditioning plant, measuring unit, SmarT8, temperature	

# KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

<b>Energiakatselmus</b>	Asiantuntijoiden ja tilaajan yhteistyössä suorittama perusteellinen selvitys kiinteistön tai tuotantoprosessin veden, lämpö- ja sähköenergian käytöstä sekä niiden taloudellisesti kannattavista tehostamismahdollisuuksista.
<b>Motiva Oy</b>	Energiakatselmustoimintaa valvova, kehittävä ja organisoiva yritys.
<b>KTM</b>	Kauppa- ja teollisuusministeriö.
<b>Ilmankäsittelykone</b>	Yleisnimitys laitteista, jotka sisältävät ainakin tulo- ja poistoilman siirtoon tarvittavat sähkötoimiset puhaltimet sekä tuloilman lämmityspatterin, mahdollisesti myös jäähdytyksen ja LTO-laitteiston.
<b>LTO</b>	Lämmöntalteenottolaite, joka hyödyntää poistoilmanvaihdosta saatavaa lämpöä joko nestetäytteisen patterin, pyörivän (ns. LTO-kiekko) tai kiinteän (ns. LTO-kuutio) lämmönvaihdinkennon avulla.
<b>LVISA</b>	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö ja automaatio.
<b>VAK</b>	Kiinteistöautomaatiojärjestelmän valvonta-alakeskus.

# SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## KÄSITTEITÄ JA MÄÄRITELMIÄ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 BIGMAN OY</b>	<b>2</b>
<b>3 ENERGIAKATSELMUKSET</b>	<b>3</b>
3.1 LÄHTÖKOHTA JA TAVOITTEET	3
3.2 KATSELMUSTOIMINNAN OHJEET	4
3.3 KATSELMOIJAN KRITEERIT	5
<b>4 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN MITTAUKSET</b>	<b>6</b>
4.1 KIINTEÄT ANALOGISET MITTALAITTEET	6
4.2 KIINTEÄT ELEKTRONISET MITTALAITTEET	8
4.3 KATSELMUKSISSA KÄYTETTÄVÄT MITTALAITTEET	10
<b>5 LAITEALUSTAN VALINTA</b>	<b>13</b>
5.1 TAVOITTEET JA VAIHTOEHDOT	13
5.2 LOPULLINEN LAITEVALINTA	14
5.3 SMART8 - MONIPUOLISUUTTA PIENESSÄ PAKKAUKSESSA	15
<b>6 SARJALIIKENNE JA RS232</b>	<b>16</b>
<b>7 MITTAUSYKSIKÖN TESTAUS</b>	<b>17</b>
7.1 VALMISTELEVAT TOIMENPITEET	17
7.1.1 Anturikaapeleiden jatkaminen	17
7.1.2 Mittausasetusten ohjelmointi	18
7.1.3 Käyttöliittymä	19
7.2 TESTIMITTAUKSET	19
7.2.1 Mittaukset kotilaboratoriossa	19
7.2.2 Ilmankäsittelykoneiden mittaukset	20
7.2.3 Mittauksissa ilmenneet ongelmat	21
<b>8 MITTAUSTULOKSET</b>	<b>22</b>
8.1 TULOSTEN ESITYSVAIHTOEHDOT	22
8.2 TULOKSET KOTILABORATORIOMITTAUKSISTA	23
8.3 TULOKSET KATSELMOINTIMITTAUKSISTA	24
8.3.1 Mittaukset Hyvinkäällä	24
8.3.2 Mittaukset Nummelassa	26
<b>9 LAITTEEN JATKOKEHITYS</b>	<b>28</b>
<b>10 YHTEENVETO</b>	<b>28</b>
<b>LÄHDEAINEISTO</b>	<b>30</b>

# 1 JOHDANTO

Järjestelmällinen energiakatselmuksitoiminta on Suomessa aloitettu vuonna 1993, jolloin perustettiin katselmuksitoimintaa koordinoiva organisaatio nimeltä Motiva [1]. Muualla Euroopassa energiakatselmuksia on tehty jo 1980-luvun alkupuolelta lähtien, ja esimerkiksi Tanskassa toiminta on lakisääteistä. Energiakatselmusten tavoitteena on Kauppa- ja teollisuusministeriön (raportissa myöhemmin KTM) ohjeiden mukaisesti selvittää kokonaisvaltaisesti katselmuskohteiden energian ja veden käyttöä sekä mahdollisuudet energiankäytön tehostamiseen ja kannattaviin säästötoimenpiteisiin [2, s. 1]. Katselmuksen suorittaja antaa selvityksestä tilaajalle kirjallisen raportin, jossa on esitetty katselmoinnin tulosten lisäksi mahdolliset säästötoimenpide-ehdotukset. Katselmoinnin tilaaja päättää, toteutetaanko ehdotukset vai ei.

Ilmanvaihtolaitteet ovat yksi tutkittavista järjestelmistä jokaisessa katselmuskohhteessa. Selvitettävänä ovat mm. ilmanvaihdon käyntiajat, ohjaustapa, lämpötilat sekä laitteiston kunto. Ilmankäsittelykoneiden käyntiaikoja verrataan kiinteistön käyttöaikaan. Lämpötiloja mitataan sekä itse ilmankäsittelykoneista että huonetiloista, joiden ilmanvaihtoa nämä koneet palvelevat. Lämpötilojen mittauksella pyritään selvittämään ilmankäsittelykoneiden hyötysuhteen lisäksi mahdolliset liian korkeat tai matalat lämpötilat. Erilaisille kiinteistötyypeille ja huonetiloille on laadittu taulukot suosituslämpötiloista energiansäästöä ja käyttömukavuutta ajatellen.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli löytää työn tilaajan BigMan Oy:n [3] käyttöön katselmoinnissa suoritettavia ilmankäsittelykoneiden mittauksia helpottava tiedonkeruulaite. Aluksi keskusteltiin työn ohjaajan, sähköinsinööri Aatte Saastamoisen kanssa siitä, millaisia toimintoja ja ominaisuuksia sovellettavalle laitteelle olisi mahdollista toteuttaa tämän insinööriyön puitteissa. Päättävöitteeksi asetettiin, että tiedonkeruulaite voitaisiin liittää kannettavaan tietokoneeseen, josta mittauksen eteneminen ja mittaustulokset olisivat nähtävissä reaaliaikaisesti. Lämpötilan mittausta tulisi olemaan laitteen ensisijainen ominaisuus, mutta mahdollisuuksien mukaan siihen lisättäisiin myös ilmamäärän mittaustoiminto.

## 2 BIGMAN OY

Tämän insinööriyön tilaaja, Espoossa sijaitseva talotekniikan insinööritoimisto BigMan Oy [3] on perustettu Vihdissä vuonna 1990. Tuolloin yrityksen nimi oli Vihdin LVI-neuvonta Oy. Vuonna 1996 yritys jakaantui kahdeksi erilliseksi yhtiöksi, jotka saivat nimekseen Vihdin LVI-neuvonta Oy ja ETC Oy. Yrityksen nimenä on ollut myös Insinööritoimisto Visual LVIS-Neuvonta Oy, kunnes vuoden 2003 lopulla nimi muutettiin BigMan Oy:ksi. Yrityksen henkilökunnan lukumäärä on vaihdellut suhdanteiden mukaan viidestä kymmeneen ja vuosittainen liikevaihto on noin 700 000 euroa. Yrityksellä on vuosien aikana ollut toimipaikkoja kolmella paikkakunnalla, mutta tätä nykyä toiminta on keskitetty Espoon Olariin.

BigMan Oy:n [3] päätoimialaa ovat LVISA-suunnittelu, konsultointi ja työmaavalvonta. Yritys on ollut aktiivisesti mukana jo muutaman vuoden bioenergiaa hyödyntävien lämpölaitosten suunnittelussa ja toteutuksessa. Kohtuullista osaa työkanasta näyttävät myös kiinteistöjen kuntokartoitukset ja energiakatselmukset. Yritys on ollut mukana energiakatselmustoiminnassa siitä saakka, kun Motivan [1] mallin mukaisia katselmuksia on Suomessa tehty. Asiakkaina eli katselmusten tilaajina ovat mm. kaupungit ja kunnat, asuntoyhtiöt sekä isännöitsijätoimistot. Yleensä jokaisesta katselmointikohteesta on löytynyt joitakin säästömahdollisuuksia, ja ilmanvaihtojärjestelmät ovat olleet yksi säästötoimenpiteiden kohde. Pelkäämään ilmanvaihdon käyntiaikoja muuttamalla saatetaan kiinteistön energiankulutuksessa päästä huomattaviin säästöihin.



## 3 ENERGIAKATSELMUKSET

### 3.1 Lähtökohta ja tavoitteet

Alati kasvavan sähköenergian tarpeen sekä energiantuotannossa, teollisuudessa ja liikenteessä lisääntyvän fossiilisten polttoaineiden käytön on todettu johtavan väistämättä vakaviin ympäristö- ja ilmasto-ongelmiin. Maailmanlaajuisen ilmastonmuutoksen havahduttamana ihmiskunta on alkanut pohtia keinoja maapallon tulevaisuuden pelastamiseksi. Kansainvälisesti tärkeänä lähtökohtana tälle pohdinnalle voidaan pitää Riossa 1992 solmittua YK:n ilmastonmuutosta koskevaa puitesopimusta. Siinä tavoitteena oli vakauttaa ilmakehän kasvihuonekaasupäästöt sellaiselle tasolle, että estetään ihmisen toiminnan vaaralliset vaikutukset maapallon ilmastoon. Kaikille osapuolille tuli velvoitteeksi laatia ja toteuttaa kansallisesti ilmastonmuutoksia hillitseviä ja siihen sopeuttavia toimenpiteitä sekä seurata kasvihuonekaasupäästöjen määrää. Sopimuksen on tähän mennessä ratifioinut noin kaksisataa sopijaosapuolta.

Rion sopimusta täydentää vuonna 1997 solmittu Kioton sopimus, jossa määriteltiin osapuolia velvoittavat määrälliset tavoitteet kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. Vuonna 2001 julkistettiin Suomen ensimmäinen kansallinen ilmastostrategia, joka pohjautuu Kioton sopimukseen. Tämän ilmastostrategian toimeenpano on parhailaan käynnissä ja uusi strategia julkistettaneen vuoden 2005 aikana. Lisäksi Suomessa on solmittu vapaaehtoisia energiansäästösopimuksia KTM:n ja kahdeksan eri toimialan kesken. Myös energiakatselmukset ovat osoittautuneet erittäin tehokkaaksi menetelmäksi niin taloudellisesti kuin käytännön tulostenkin kannalta. Viime vuosina on panostettu erityisesti myös uusiutuvien kotimaisten energiamuotojen käytön lisäämiseen.

Kansallisten ja kansainvälisten sopimusten velvoittamana Suomi haluaa omalta osaltaan toimia aktiivisesti kestävä kehityksen hyväksi. Ilmastostrategian, energiansäästösopimusten ja energiakatselmusten tavoitteena on energian säästäminen, sen käytön tehostaminen ja näiden kautta myös ilmastomuutoksen hillitseminen. Kioton sopimuksessa Suomen tavoitteeksi on asetettu vuosien 2008-2012 aikana pitää kasvihuonepäästöjen taso vuoden 1990 tasolla. Kasvihuonepäästöille asetetut vähennystavoitteet korostavat tulevaisuudessakin energiakatselmustoiminnan jatkuvuuden tärkeyttä. Energiansäästösopimusten ja katselmusten vaikutusta ja säästötoimenpiteiden toteutumista seurataan vuosiraporttien muodossa.

### **3.2 Katselmustoiminnan ohjeet**

Suomessa energiakatselmuksia on tuettu KTM:n toimesta taloudellisesti vuodesta 1992 lähtien. Katselmuksiin varatun taloudellisen tuen saamiselle on ehtona KTM:n ohjeiden noudattaminen. Ensimmäinen virallinen katselmustoiminnan kansallinen ohjeistus on julkaistu vuonna 1994. Ohjeistus voidaan jakaa kolmeen osaan:

1. KTM: n yleisohjeet
2. katselmoinnin mallikohtaiset ohjeet (Motiva)
3. energiakatselmoijan käsikirja (Motiva).

Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet on KTM:n vuosittain julkaisema katselmustoiminnan ohjeisto, ja se on tarkoitettu noudatettaviksi kaikissa katselmustyypeissä. Yleisohjeissa on selostettu katselmusten suorittamistapaa aina aloituksesta seurantakatselmuksiin saakka. Ne sisältävät myös kulloinkin voimassa olevat hyväksyttävät kustannukset.

Mallikohtaiset ohjeet tarkentavat ohjeistusta katselmustyypeittäin, joita on käytössä kaikkiaan yhdeksän. Energiakatselmoijan käsikirja kertoo hyvän katselmointitavan sekä antaa ohjeita siitä, kuinka katselmointi kannattaisi käytännössä suorittaa. Kaikki edellä luetellut ohjeistukset ovat saatavilla Motivan internetsivuilta. Tosin katselmoijan käsikirjan lukeminen vaatii kirjautumista Motivan Ekstranet- palveluun.

### 3.3 Katselmoijan kriteerit

Energiakatselmus voidaan toteuttaa joko tilaajan omana työnä tai yhteistyössä tilaajan ja ulkopuolisen organisaation kanssa. Mitä suurempi ja monimutkaisempi katselmointikohde on kyseessä, sitä tärkeämpi on tilaajan oman organisaation osallistuminen katselmoinnin kenttätyöhön. Päivittäisestä huolto- ja käyttötyöstä vastaavat henkilöt tuntevat parhaiten oman järjestelmänsä toiminnan ja sen mahdolliset puutteet. Katselmoija saa heiltä arvokasta tietoa katselmusraportin laatimista varten ja katselmuksesta saadaan näin suurin mahdollinen hyöty.

Omalla kustannuksellaan voi kukin teettää katselmuksen kenellä haluaa. Energiatuen saamisen edellytyksenä on kuitenkin kahden pätevän ja KTM:n /Motivan hyväksymän vastuuhenkilön nimeäminen tukihakemukseen. Toisen vastuuhenkilön tulee olla sähkötekniikan ja toisen LVI-tekniikan asiantuntija. Tarvittavan pätevyyden voi hankkia Motivan vuosittain järjestämällä kurseilla, joissa tutustutaan katselmoinnin periaatteisiin ja ohjeisiin. Kurssin päätteeksi suoritetaan kirjallinen tentti, jonka hyväksytysti läpäisseet saavat todistuksen katselmoijan pätevyydestä.

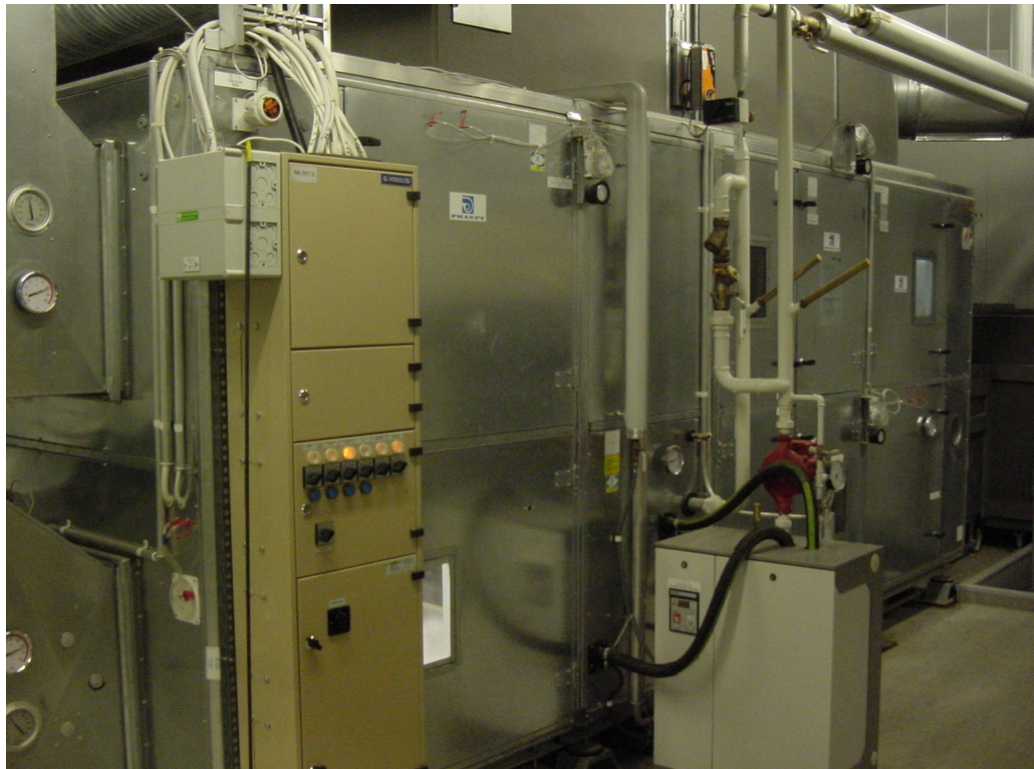
Katselmusten tasoa seurataan jatkuvasti, ja tässä on tärkeä rooli niin katselmuksia organisoivalla Motivalla kuin katselmusten tilaajillakin. Kaikista energiakatselmuksista, jotka ovat saaneet KTM:n tuen, tallennetaan kohteen perustiedot, kulu- tustiedot ja ehdotetut säästötoimenpiteet Motivan katselmustietokantaan. Lisäksi jokainen katselmusraportti käydään läpi kulloinkin voimassa olevien tarkastuskriteerien mukaan.

Tilaaaja lähettää TE-keskukselle energiatuen maksatushakemuksen mukana erillisen laadunvarmistuslomakkeen, jonka avulla varmistutaan katselmuksen perusedellytysten toteutumisesta sekä hyvän katselmointitavan noudattamisesta. Laadunvarmistuskaavakkeeseen sisältyy myös asiakastyytyväisyyskysely. Edellä lueteltujen toimenpiteiden tarkoituksena on varmistaa katselmusten ja katselmoijien keskimääräinen laatutaso ja kehittää katselmuksitoimintaa. Katselmusten tulosten kannalta on tärkeää, että kenttätyössä osataan keskittyä oleellisiin asioihin ja että raportointi laskelmineen on selkeää ja luotettavaa.

## 4 ILMANKÄSITTELYKONEIDEN MITTAUKSET

### 4.1 Kiinteät analogiset mittalaitteet

Ilmastointijärjestelmän rakennusvaiheessa ilmkäsittelykoneisiin asennetaan käyttöpaikalla erilaisia mittareita, joiden avulla koneiden toimintaa voidaan tarkkailla käytön aikana. Painemittareilla ilmaistaan mm. suodattimien puhtautta ja puhaltimen pyörimistä. Ilmamäärämittarit osoittavat tulo- ja poistokanavien ilmamäärän kuutiometreinä sekunnissa. Lämpömittareiden avulla voidaan tarkkailla tulo- ja poistoilman lämpötiloja sekä jäähdytys- ja lämmöntalteenottolaitteiden (*LTO*) toimintaa. Lämpömittarit ovat tavallisesti osoittavia analogisia mittareita, kun taas ilmamäärä- ja ilmanpainemittarit voivat olla joko osoittavia tai nestepatsasmittareita eli manometreja. Painemittareiden yleisin mittayksikkö on Pascal (*Pa*).



KUVA 1: Ilmankäsittelykone, jossa osoittavia lämpö- ja ilmanpainemittareita.

Ilmankäsittelykoneisiin asennettavien analogisten mittareiden tarkkuus on vuosi vuodelta parantunut, mutta niiden näyttämään tulee kuitenkin suhtautua tietyllä varauksella. Ne ovat enemmänkin suuntaa antavia eikä niiden perusteella voida tehdä tarkkoja säätötoimenpiteitä. Esimerkiksi ilmankäsittelykoneiden lämpömittareita kalibroidaan melko harvoin, joten niiden näyttämä saattaa poiketa useita asteita todellisesta lämpötilasta.



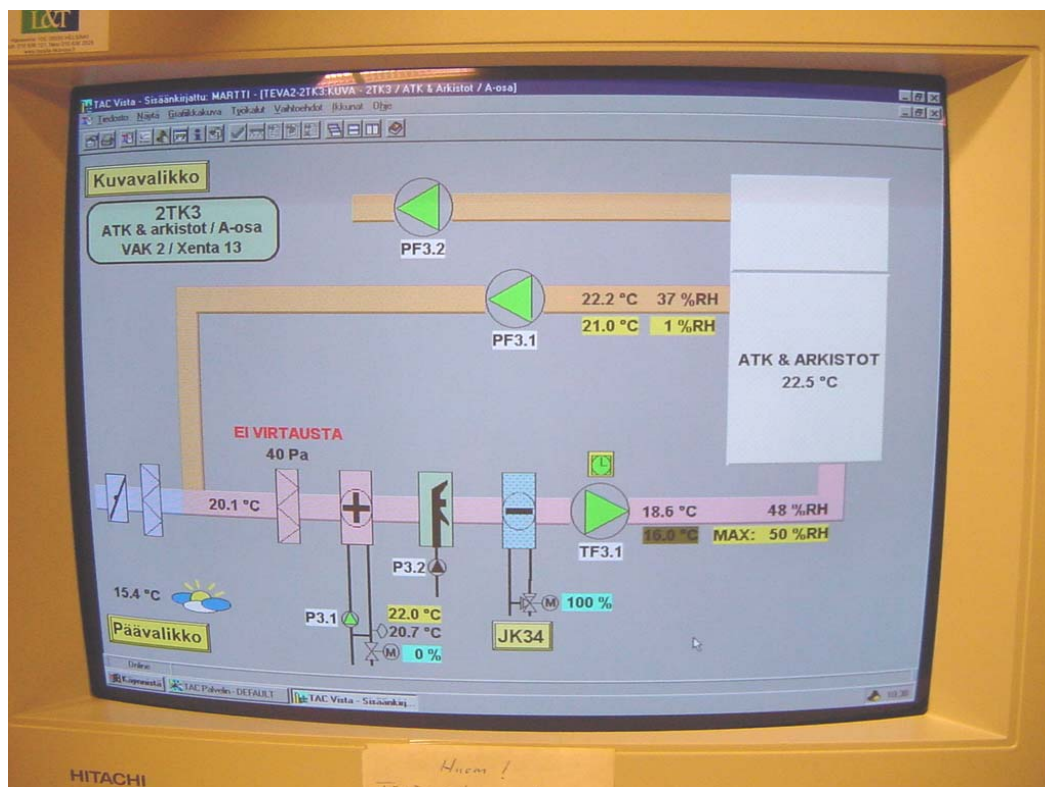
KUVA 2: Osoittava painemittari ja nestepatsmittari eli manometri.

## 4.2 Kiinteät elektroniset mittalaitteet

Nykyisin uudisrakentamisessa ja usein myös laajemmissa saneerauksissa asennetaan isompiin kiinteistöihin lähes poikkeuksetta kiinteistöautomaatiojärjestelmä, johon liitetään mm. valaistuksen, lämmityksen ja ilmastoinnin ohjauksia [4]. Järjestelmän toiminta perustuu joko kenttäväylä- tai DDC- tekniikkaan. Lyhenne DDC tulee sanoista *Direct Digital Control* eli suora numeerinen säätö. Asennettava kokonaisuus sisältää yleensä ainakin yhden valvomon sekä valvonta-alakeskuksia (VAK) ja kenttälaitteita kiinteistön koon ja tarpeiden mukaan. Valvomo koostuu keskustietokoneesta, mahdollisesta tulostimesta sekä näyttöpäätteestä.

Valvonta-alakeskuksissa sijaitsevat tarvittavat AD/DA- muuntimet, kenttälaitteiden kytkentäliittimet sekä tiedonsiirtoon tarvittavat laitteet. Kenttälaitteet ovat erilaisia antureita ja toimilaitteita, kuten esimerkiksi lämpötila-antureita ja säätöventtiileitä. Uusimmissa kiinteistöautomaatiojärjestelmissä käyttö- ja seurantatoimenpiteet ovat mahdollisia myös internetselaimen välityksellä, jolloin käyttäjän ei tarvitse olla aina välttämättä paikan päällä kiinteistössä [5]. Tällainen järjestelmä myös nopeuttaa huoltotoimenpiteitä mahdollisissa vikatapauksissa.

Järjestelmän avulla voidaan keskitetysti hallita kiinteistön toimintoja. Laitteiden käyntiajat, valaistuksen ja ovien lukituksen toiminta-ajat, lämmityksen säätökäyrät sekä ilmanvaihdon lämpötilat voidaan asetella kiinteistön käytön mukaan. Valvomopäätteeltä on mahdollista myös seurata reaaliaikaisesti laitteiden toimintaa sekä saada välittömästi indikointi ja hälytys virheellisestä toiminnasta tai viasta. Kiinteistön laitteista ja tiloista tehdään tietokoneelle periaatteelliset prosessikaaviot, joihin sijoitetaan käytössä olevien laitteiden tilatiedot, mittauspisteiden mittaustulokset sekä asetusarvot.



KUVA 3: Esimerkkikuva VAK:n tietokoneen näyttöpäätteellä nähtävästä ilmapäättelykoneen toimintakaaviosta.

Ilmapäättelykoneisiin asennetut elektroniset lämpötila- ja ilmapaineanturit liitetään valvonta-alakeskusten välityksellä kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Anturien ulostulot ovat yleensä analogisia virta- tai jänniteviestejä. Esimerkiksi tuloilman lämpötilan muuttuminen asteella voi merkitä anturissa 10 mV:n muutosta. Valvonta-alakeskuksissa anturien analoginen viesti muutetaan digitaalseksi. Digitaalinen viesti siirretään edelleen kaapeleiden välityksellä järjestelmän keskustietokoneelle, jossa se käsitellään ohjelmallisesti vastaamaan oikeaa suurenta ja arvoa. Kyseinen lukema voidaan havaita näyttöpäätteen grafiikalla. Järjestelmä säätää tarvittaessa asetusten ja mittaustulosten perusteella ilmapäättelykoneeseen liitetyn lämmitys- ja/tai jäähdytyspatterin venttiiliä tai puhaltimen pyörimisnopeutta ohjaavaa taajuusmuuttajaa.



KUVA 4: Ilmankäsittelykone, jossa digitaalisia ilmanpaine- ja lämpötila-antureita sekä osoittavia painemittareita.

### 4.3 Katselmuksissa käytettävät mittalaitteet

BigMan Oy:n katselmustoiminnassa ilmankäsittelykoneiden mittaukset suoritetaan siirrettävillä mittalaitteilla. Lämpötilojen mittaaminen tapahtuu poistamalla ensin koneissa sijaitsevat osoittavat lämpömittarit ja työntämällä sen jälkeen siirrettävän lämpömittarin anturi irrotetun mittarin asennuskauluksesta sisään koneeseen. Mittarin näytöltä luetaan hetkellinen lämpötila. Ilmamäärän mittaaminen suoritetaan poraamalla tarpeellinen määrä reikiä tulo- ja poistoilmakanaviin, ellei niissä satu olemaan valmiita reikiä aikaisempien mittausten jäljiltä. Sen jälkeen anturiputki työnnetään mitattavaan kanavaan ja mitataan ilmamäärä siirtämällä putkea kanavassa kanavan koon määräämällä tavalla.

Hetkellisten lämpötilojen mittauksia varten BigMan Oy:ssä on käytössä kaksi K-tyypin termoelementtilämpömittaria, *ETI 2001* sekä *Microtherma 2K*. Ilmamäärän mittauksissa käytetään *SwemaAir 300* -ilmamäärämittaria. Lämpömittareissa on



mm. näytön pysäytystoiminnot (*HOLD*) sekä alhaisen paristojännitteen ja anturikatkoksen varoitustoiminnot. Lämpömittareihin voidaan liittää useita erityyppisiä antureita, jotka ovat saatavissa lisävarusteena toimittajalta (*Pietiko Oy*) [6]. Microtherma 2K kalibroi itsensä automaattisesti mikroprosessori-ohjauksen ansiosta. Mittarin lämpötila on kalibroitu koko mittausalueelle 0,2 asteen tarkkuudella. Taulukossa 1 on esitetty lämpömittareiden ominaisuuksia ja teknisiä tietoja.

TAULUKKO 1: Lämpömittareiden teknisiä tietoja

	ETI 2001	Microtherma 2K
Lukematarkkuus	0,1 °C alle 200 °C 1,0 °C yli 200 °C	0,1 °C alle 200 °C 1,0 °C yli 200 °C
Mittausalue	-50...+1000 °C	-210...+ 1372 °C
Mittaustarkkuus		
<200 °C	+/- 1 % +/-0,5 °C	+/- 0,2 °C
>200 °C	+/- 0,5 % +/-1 °C	+/- 1 digit
Toiminnot	Hold, °C/F, paristovaroitus, anturin katkosvaroitus	Hold, Max/Min, °C/F, paristovaroitus, anturin katkosvaroitus
Anturivaihtoehdot (myös muita antureita saatavilla)	Puikkoanturi, pinta-anturi, teleskooppinen ilma-anturi, liitoslanka-anturi, putkianturi, liesilevyanturi	Puikkoanturi, pinta-anturi, teleskooppinen ilma-anturi, liitoslanka-anturi, putkianturi, liesilevyanturi
Mitat	33 x 73 x 141 mm, 220g	35 x 73 x 141 mm, 220g

Koska katselmointityössä käytettävissä mittareissa ei ole mittaustietojen tallennusmahdollisuutta, pitempiäaikaisen seurantamittauksen suorittaminen niiden avulla olisi työlästä. Tämän vuoksi kutakin mittauspistettä kohden kirjataan käsin paperille yksi hetkellinen mittaustulos ja usein myös vertailun vuoksi ilmankäsittelykoneen kiinteän mittarin lukema. Pidempiaikaisia seurantamittauksia varten yrityksellä on käytössä ohjelmoitavia tiedonkeräimiä eli lämpötila/kosteusloggereita sekä *Ibutton*-mittalaite, joka koostuu ohjelmointityökalusta ja ohjelmoitavista nappi-

antureista. Mittauksista saadut tulokset siirretään tietokoneelle tallennettaviksi sähköisessä muodossa, jolloin ne voidaan hyödyntää asiakkaalle luovutettavassa katselmusraportissa joko erillisenä liitteenä tai taulukon muodossa, kuten taulukossa 2.

Taulukkoon on kirjattu katselmoitavan kohteen kaikki ilmankäsittelykoneet, niiden käytössä olevat toiminta-ajat sekä mitatut lämpötilat. Taulukkoon on kirjattu myös mahdolliset ehdotukset toiminta-aikojen ja lämpötilojen muutoksista energiansäästöä ajatellen. Alla oleva taulukko on liitetiedosto Hyvinkään Martintalon energia-katselmusraportista.

TAULUKKO 2: Katselmusraportin liite, jossa on esitetty ilmankäsittelykoneiden käyntiajat, ilmavirrat ja lämpötilat taulukkomuodossa.

LIITE 1

Martintalo																
Ilmanvaihtokoneiden perus- ja toimintatiedot sekä käyntiajat																
Kone-tunnus	Sijainti	Palvelualue	Käyntiajat		Ilmavirta m <sup>3</sup> /s			Lämpötilat °C				LTO-Hyötysuhde %	Lämpöenergian kulutus MWh	Sähköenergian kulutus MWh		
			Nykyinen	Ehdotettu	Summa	Mitatut	Ehdotettu	Sisäänpuhallus		LTO-lämpötilat					Poistolma	
								Mitatut	Ehdotettu	Ennen	Jälkeen					Ennen
TK1	IV-konehuone, 2 krs.	Eriyiskoulu	I/1-teho ma-pe klo 7:15-15:30 I/2-teho ma-pe klo 6:00-7:15 15:30-16:30	I/1-teho ma-pe klo 8:00-15:30 I/2-teho ma-pe klo 6:30-8:00 15:30-16:30		2			18	18	5	18	22	79	10	9
TK2	IV-konehuone, 2 krs.	Tekniset opetustilat	I/1-teho ma-pe klo 8:00-15:30 I/2-teho ma-pe klo 6:00-8:00 15:30-16:00	I/1-teho lisäkapainikkeella I/2-teho ma-pe klo 7:00-16:00		3			20	20	5	16	21	72	27	14
TK3	IV-konehuone, 2 krs.	Koulu	I/1-teho ma-pe klo 8:00-15:30 I/2-teho ma-pe klo 6:00-8:00, 15:30-16:30	I/1-teho ma-pe klo 8:00-15:30 I/2-teho ma-pe klo 6:00-8:00, 15:30-16:30		5			18	18	10	14	21	29	93	23
TK4	IV-konehuone, 2 krs.	Keittiö	I/1-teho ma-pe klo 6:30-16:00 I/2-teho ma-pe klo 6:00-6:30, 16:00-17:00	I/1-teho ma-pe klo 6:30-15:00 I/2-teho ma-pe klo 6:00-6:30, 15:00-16:00		2			20	19					96	13
TK5	IV-konehuone, 2 krs.	Monitoimi- ja ruokailutilat	I/1-teho ma-pe klo 7:00-21:00 la-su 8:30-20:30 I/2-teho ma-pe klo 6:30-7:00, 21:00-22:00 la-su 8:00-8:30, 20:30-21:30	I/1-teho ma-pe klo 10:00-13:00 + lisäkapainike I/2-teho ma-pe klo 7:00-10:00, 13:00-14:00		4			18	18	12	17	20	61	108	36
TK6	IV-konehuone	Musiikki- ja kerhotilat	I/1-teho ma klo 7:30-19:30 ti-to 7:30-18:30 pe 7:00-21:00 I/2-teho ma-pe klo 6:30-7:30 ma 19:30-21:00 ti 18:30-22:00 ke 18:30-19:30 to 18:30-21:00 pe 19:30-22:00	I/1-teho ma-pe klo 7:30-15:30 I/2-teho ma-pe 6:30-7:30, 15:30-16:00		2			20	20	12	19	21	74	30	18
TK7.1	Yli IV-konehuone	Liikuntahalli lohko 1	I/1-teho ma-pe klo 6:00-22:00	CO2-anturiohjaus		3			20	20	12	19	20	82	55	54
TK7.2	Yli IV-konehuone	Liikuntahalli lohko 2	I/1-teho ma-pe klo 6:00-22:00	CO2-anturiohjaus		3			19	19	11	19	20	82	51	54
TK7.3	Yli IV-konehuone	Liikuntahalli lohko 3	I/1-teho ma-pe klo 6:00-22:00	CO2-anturiohjaus		3			20	20	12	19	20	83	54	54
TK8	Yli IV-konehuone	Pesu- ja pukuhuoneet	I/1-teho ma-pe klo 7:00-21:45 la-su 8:00-21:15 I/2-teho ma-pe klo 6:15-7:00, 21:45-22:30 la-su 7:15-8:00, 21:15-22:00	I/1-teho ma-pe klo 7:00-21:45 la-su 8:00-21:15 I/2-teho ma-pe klo 6:15-7:00, 21:45-22:30 la-su 7:15-8:00, 21:15-22:00		2			22	22	12	18	21	68	54	27
TK9	IV-konehuone, 2 krs.	Koulu ja päiväkotit	I/1-teho ma-su klo 4:00-22:00	I/1-teho ma-su klo 5:30-18:30		4			20	20	10	20	21	86	51	46

## 5 LAITEALUSTAN VALINTA

### 5.1 Tavoitteet ja vaihtoehdot

Mittalaitteen suunnittelu sai alkunsa katselmustoimintaan sopivan laitteen puutteesta. Markkinoilla on kyllä nykyisin tarjolla monenlaisia mittalaitteita ja tiedonkerääjiä, mutta juuri tilaajan tarpeisiin sopivaa laitetta ei ole löytynyt tai sitten laitteiden hinnat ovat olleet liian korkeita. Niinpä toteutettavalle mittalaitteelle asetettiin muutamia erityisvaatimuksia, jotta se soveltuisi käytettäväksi katselmustoiminnassa ja helpottaisi työskentelyä:

- Laite tulee voida liittää esimerkiksi sarjakaapelin avulla kannettavaan tietokoneeseen mittaustapahtuman reaaliaikaiseksi seuraamiseksi ja mittaustulosten tallentamiseksi jatkokäsittelyä varten.
- Laitteessa tulee olla vähintään kuusi mittauskanavaa.
- Laitteen tulisi toimia ilman ulkoista jännitelähdettä, jotta sen käsittely mittaustyössä olisi mahdollisimman joustavaa ja nopeaa.
- Laitteeseen liitettävien antureiden tulee olla riittävän ohuita mah- tuakseen sisään osoittavien mittareiden asennuskauluksesta.
- Laitteen tulisi olla kevyt ja pienikokoinen käsittelyn ja kuljetuk- sen helpottamiseksi.
- Laite tulee koteloida siten, että anturikaapelit ja välikaapeli voi- daan säilyttää laitekotelossa.

Ensimmäiseksi laitealustavaihtoehdoksi valittiin työtä valvovan opettajan ehdotuk- sesta *Zilog*-mikro-ohjainkitti *Z8 Encore Flash* [7]. Tämä oli piirikortille koottu ko- konaisuus, joka sisälsi mm. mikro-ohjaimen, AD-muuntimen, IR-linkin sekä erilai- sia liittimiä ulkoisia liitäntöjä varten. Kokonaisuuteen oli myös integroitu kehitys- työkalu laitteen ohjelmointia varten.

Laitteeseen oli tarkoitus kytkeä K-tyyppin termoelementtejä mittaasantureiksi. Ter- moelementtianturien etuna on pieni koko ja nopea reagointi lämpötilan muutoksiin, mutta niiden antama jännitesignaali todettiin liian pieneksi AD- muuntimen sisään- tuloon. Kytkentään olisi pitänyt lisätä jännitevahvistin. Vaikeutena oli myös jatko- liitosten tekeminen antureihin siten, että niistä ei olisi aiheutunut virhettä mittaustu-

loksiin. Termoelementtianturin normaali pituus on noin 1 metri. Ilmankäsittelykoneiden lämpötiloja mitattaessa anturikaapeleiden pituuden on oltava 4-8 m, jotta mittaus voidaan suorittaa yhdellä kertaa suurempienkin koneiden kaikista mittauspisteistä. Tässä laitealustassa on lisäksi ulkoisen jännitesyötön vaativa virtalähde, mikä hidastaisi huomattavasti mittaustyöskentelyä. Ilmanvaihtokonehuoneissa on harvoin pistorasioita niin sopivissa paikoissa, että sähköä olisi aina tarjolla jokaisen koneen mittausta varten. Jatkojohdon käyttäminen vaikeuttaisi työtä entisestään. Edellä mainituista syistä tämän laitealustan jatkokehittely päätettiin lopettaa.

## 5.2 Lopullinen laitevalinta

Seuraavana mahdollisena vaihtoehtona tutkittiin erästä Yleiselektronikka Oy:n valikoimissa ollutta lämpötilan mittaussyksikköä. Siihen voitiin liittää ainoastaan neljä anturia, joten se ei soveltuisi erityisen hyvin tilaajan tarpeisiin. Etsintää jatkettiin ja joitakin sopivilta vaikuttavia laitteita löytyikin, mutta aina joku ennalta asetettu vaatimus jäi saavuttamatta. Sopivaksi mittalaitteaihioksi valikoitui lopulta Tampere-laisen Probyte Oy:n mallistosta löytynyt mittaussyksikkö *Smart8*, johon voidaan liittää tarvittaessa jopa kahdeksan anturia [8]. Laitteesta on myöhemmin tullut markkinoille versio, johon voi liittää 24 anturia.

Käytettävään mittaussyksikköön on kytketty valmiiksi kuusi täysin digitaalista lämpötila-anturia, joiden liitoskaapeleita voidaan jatkaa käyttötarkoituksen vaatimaan pituuteen. Valmiiden anturikaapeleiden toimituspituus oli 1 m. Lisämaksusta anturit olisi saanut myös 10 m liitosjohdolla varustettuna. Anturi mahtuu helposti sisään ilmankäsittelykoneiden osoittavien mittareiden asennus-kauluksesta, sillä sen halkaisija on kutistemuovikerroksen kanssa vain noin 5 mm.

Mittaussyksikkö kytketään sarjakaapelin avulla tietokoneeseen, jonka sarjaportista se saa myös tarvitsemansa käyttöjännitteen. Tarvittaessa sarjakaapeliin voidaan kytkeä 9 V:n paristo tai käyttää erillistä virtalähdettä, mikäli mittauksissa käytettävän tietokoneen sarjaliitännästä saatava käyttöjännite on liian pieni. Uusimmista kannettavista tietokoneista puuttuu usein sarjaliitännämahdollisuus, mutta mittalaitte voidaan liittää tällaisen tietokoneen USB-väylään erillisen USB-sarjaliitännämuuntimen avulla, joita on saatavana alan liikkeistä. Mittaustuloksia voidaan seu-

rata mittauksen edetessä reaaliaikaisesti tietokoneelta, ja tulokset tallentuvat tekstitiedostona käyttäjän määrittelemään kansioon. Tekstitiedostoa voidaan myöhemmin tarkastella esimerkiksi Wordilla tai Notepadilla ja muokata tarvittaessa vaikkapa Excel-taulukoksi.



KUVA 5: Jatketuilla anturikaapeleilla varustettu mittauslaite SmarT8.

### 5.3 SmarT8 - monipuolisuutta pienessä pakkauksessa

Nykyisten elektroniikkakomponenttien pieni koko mahdollistaa toiminnaltaan hyvinkin monipuolisten laitteiden kokoamisen pieneen tilaan, mikä helpottaa laitteiden käyttöä ja säilytystä. SmarT8 on hyvä esimerkki tällaisesta laitteesta. Kokoa sillä on koteloineen vain 30 x 57 x 90 mm ja painoa n. 50 g. SmarT8 on täysin digitaalinen mittaus- ja ohjausyksikkö, joka liitetään tietokoneen sarjaporttiin. Mittausyksikön ja tietokoneen välinen tiedonsiirto tapahtuu RS232- sarjaliikenneprotokollan välityksellä. Tiedonsiirtonopeus on 2400 baudia, joka tarkoittaa signaalin muuttumisnopeutta sekunnissa. Yksikköön voidaan kytkeä enimmillään kahdeksan digitaalista lämpötila-anturia tai neljä analogista anturia, joilla voi mitata mm. ilman-

kosteutta ja tuulen voimakkuutta. Sen avulla voidaan myös käsitellä kahdeksaa digitaalista I/O-kanavaa. Samanaikaisesti Smart8:ssa voi olla toiminnassa kahdeksan anturia [9, s. 2].

Mittausyksikön toimintoja ohjaa Microchip Technologyn mikro-ohjain PIC 16F872-1/SP. Mikro-ohjaimen tehtäviin kuuluu mm. mitata antureiden pulssisuhde ja hoitaa sekä sanomaliikenteen seuranta että vastaussanomien [9, s. 3]. Laitteessa käytettävät lämpötila-anturit SMT160-30 ovat Smartecin valmistamia digitaalisia PWM-tyyppisiä antureita. Lämpötila-anturien kotelointimalli on TO-92 ja niiden koko on 3 x 4 x 2 mm. Pieni koko edesauttaa anturien maatumista kiinteiden lämpömittareiden läpivientikauluksesta ilmakehään.

Anturien liitoskaapelit on kytketty piirilevyyn 3-napaisilla lattaliittimillä. Valmistaja on ilmoittanut anturien mittaustarkkuudeksi 0,7 °C [10]. Käyttölämpötila antureilla on -45...+130 °C [9, s. 2]. Samalla mittausyksiköllä voidaan mitata lämpötilan lisäksi myös ilmankosteutta ja valoisuutta liittämällä siihen tarvittavat analogia-anturit. Mittausohjelmistoa tai ohjelman asetuksia ei tarvitse muuttaa. Antureille pitää vain antaa kanavakohtaisesti omat osoitteet, joiden perusteella prosessori lukee anturien antamaa mittaustietoa. Mittaustulosta voidaan tarkastella samalla grafiikkaohjelmalla kuin lämpötilamittauksiakin.

## 6 SARJALIIKENNE JA RS232

Tiedonsiirto laitteen sisällä tai kahden laitteen välillä tapahtuu tietokonemaailmassa joko rinnakkais- tai sarjamuodossa. Molemmilla tavoilla on sekä hyvät että huonot puolensa ja tarkoituksenmukaisimmat käyttökohteensa. Sarjaliikenteen etuna on liitoskaapeleiden yksinkertaisuus verrattuna rinnakkaismuotoiseen tiedonsiirtoon. Mikäli kaapeliin liitettävän laitteen vaatima käyttöjännite otetaan erillisestä jännitelähteestä, tarvitaan kaapelissa ainoastaan kolme johdinta – GND (*maa*), RX (*vastaanotto*) ja TX (*lähetys*). Yleensä sarjakaapeleissa on kuitenkin enemmän johtimia useamman toiminnon mahdollistamiseksi.

Sarjaliikenteen huonona puolena voidaan pitää tiedonsiirron hitautta verrattuna rinnakkaisliikenteeseen. Sarjamuotoisessa tiedonsiirrossa siirrettävä tavu lähetetään perättäisinä bitteinä, kun rinnakkaismuodossa kokonainen tavu lähetään kerralla. Niinpä sarjamuotoista tiedonsiirtoa käytetään sovellutuksissa, joissa tiedonsiirron nopeudella ei ole kovin suurta merkitystä. Sarjamuotoinen tiedonsiirto voidaan jakaa *asynkroniseen ja synkroniseen tiedonsiirtoon*. Alun perin RS 232-C kehitettiin Yhdysvalloissa 1969 sikäläisen standardoimiselimien EIA:n (*Electronic Industries Association*) toimesta päätteen ja tiedonsiirtolaitteen väliseen liitäntään. Pääasiallinen käyttö liittyi päätteen yhdistämiseen keskustietokoneeseen joko suoraan tai modeemeilla puhelinverkon välityksellä [11].

## 7 MITTAUSYKSIKÖN TESTAUS

### 7.1 Valmistelevat toimenpiteet

#### 7.1.1 Anturikaapeleiden jatkaminen

Laitetoimittajan mukaan lämpötila-anturien kaapeleita voi jatkaa aina kahteen metriin saakka mittaustulosten kärsimättä. Kaapeleista voi kuitenkin tehdä jopa 20 m mittaisia, kunhan kytkee esimerkiksi 0,1  $\mu\text{F}$ :n kondensaattorin anturin Power- ja GND-liitinten väliin. Käsiteltävänä olevassa laitteessa suurin tarvittava anturikaapelipituus on noin 8 m. Tällöin anturit ylettyvät mittaussyksikköä siirtämättä il-mankäsittelykoneen kaikkiin mittauspisteisiin. Niinpä Nummelassa suoritettujen mittausten jälkeen kaikkia valmiita anturikaapeleita jatkettiin 7 metriä. Antureiden tunnistamisen helpottamiseksi mittaustilanteissa anturikaapelit numeroitiin muovisilla tarranumeroilla.

Kaapelin jatkamiseen käytettiin taipuisaa hienosäikeistä kaapelia, joka liitettiin olemassa olevaan anturikaapeliin juottamalla. Koska anturikaapeleiden lattaliittimet oli liimattu piirikorttiin kiinni, tehtiin jatkoliitos kahteen kohtaan lattaliittimien uusimisen välttämiseksi. Liitoskohdat suojattiin kutistemuovilla. Jatkettuihin anturikaapeleihin ei aluksi lisätty kondensaattoreita, vaan päätettiin ensin kokeilla, kuinka anturit toimivat pidemmällä liitoskaapeleilla. Suoritetuissa mittauksissa ha-

vaittiin, ettei anturikaapeleiden jatkaminen vaikuttanut mittaustuloksiin tai antureiden toimintaan.

Anturikaapeleiden jatkaminen aiheutti sen, että laitetta oli hiukan hankalampi liikutella kaapelipun kanssa. Laitteelle piti alkaa miettiä kotelointia, jolla laitteen käyttäminen työkohteissa helpottuisi ja joka suojaisi laitetta säilytyksessä. Kotelo ei saisi olla liian suuri mutta kuitenkin riittävä, jotta anturikaapelit mahtuisivat sinne. Kotelon tulisi myös olla saranoidulla kannella varustettu käytön helpottamiseksi.

### **7.1.2 Mittausasetusten ohjelmointi**

Jotta perinteiset uuden tekniikan käyttöönotossa tapahtuvat virheet olisi voitu välttää, tutustuttiin laitteen mukana tulleisiin käyttö- ja asennusohjeisiin huolellisesti [9]. Oppaassa kerrotaan sekä yleistietoa laitteesta että myös tarkemmin sen ominaisuuksista. Laitetoimitukseen sisältyi ohjelmalevyke, jossa on sekä mittaustulosten katseluun tarvittava ohjelma *Display.exe* että tiedonkeruu- ja ohjausohjelma *SmartTLog* [11]. Kun ohjelmat on asennettu annettujen ohjeiden mukaisesti mittauksissa käytettävään tietokoneeseen, mittaussyksikön käytön vaatima ohjelmointi on helppo suorittaa.

Kutakin mittaustapahtumaa varten tarvitaan vain anturien nimen/tunnuksen ja määrän asettaminen sekä tiedoston tallennuspaikan, mittaustaajuuden ja -kertoimen määrittäminen. Kaikki nämä toiminnot voidaan suorittaa *Setup*-valikossa. Mikäli tietokone sammutetaan mittausten välillä, asetukset eivät jää muistiin, vaan ne täytyy tehdä seuraavalla mittauksella uudelleen. Tämä haittaa mittaustyötä jonkin verran varsinkin silloin, kun mittauksia suoritetaan useammassa IV- konehuoneessa ja tietokone halutaan sammuttaa siirryttäessä huonetilasta toiseen. Toisaalta nykyisissä kannettavissa tietokoneissa on sen verran tehokkaat akut, että ne kestävät mainiosti pidemmänkin työskentelyn ilman, että kone sammutetaan välillä.



### 7.1.3 Käyttöliittymä

Suunnittelun alkuvaiheessa todettiin työn ohjaajan Aatte Saastamoisen kanssa, että mittalaitteen käyttöliittymän tulee olla riittävän yksinkertainen työskentelyn helpottamiseksi. Monimutkainen ja epäselvä käyttöliittymä saattaa nostaa muutoin varsin helppokäyttöisen laitteen käyttökynnystä. Itse mittaustapahtuma on lyhytaikainen ja mittauksia tehdään muutaman mittauksen sarjoina, mutta suhteellisen harvoin. Mittalaitteen käytön opetteluun ei näin ollen saisi kulua liikaa aikaa. Työn kohteena olleessa mittaussyksikössä käyttöliittymä on helppotajuinen, ja se sisältyy laitteen ohjelmiin.

Käynnistettäessä *SmarTLog*-ohjelma näyttöön tulee *Setup*-valikko, jossa suoritetaan mittausta edeltävät parametrien asetukset. Lämpötilan mittaus käynnistyy automaattisesti samasta valikosta, samoin kuin mittauksen reaaliaikaisen tarkasteluun käytettävä ohjelma *Display.exe*. Toiminnan oppii suhteellisen nopeasti lukemalla laitteen mukana tulevaa käsikirjaa, jonka esitystavan selkeydessä tosin olisi parannettavaa. Tilaaajalle toimitetaan tämän työn yhteydessä erillinen käyttöohjekirja, jossa laitteen asetukset, toiminta ja käyttö esitetään selkeästi ja yksityiskohtaisesti.

## 7.2 Testimittaukset

### 7.2.1 Mittaukset kotilaboratoriossa

Mittaussyksikköä testattiin aluksi tavallisella kotitietokoneella, johon asennettiin yksikön mukana tulleella CD-levyllä olevat ohjelmat *SmarTLog* ja *Display.exe*. Ohjelmien asennuksen jälkeen kytkettiin SmarT8 tietokoneen sarjaporttiin välikaa-pelilla ja käynnistettiin *SmarTLog*-ohjelma. Ensin määriteltiin ohjelman *Setup*-valikossa antureille tunnukset ja tulostusväri grafiikkaa varten sekä tekstitiedoston tallennuskansio. Sen jälkeen asetettiin anturien lukumääräksi kuusi kappaletta, mittaustaaajuudeksi eli anturien lukukerroiksi aikayksikössä määriteltiin 1 kerta/s. Apuna asetusten tekemisessä käytettiin ohjelmalevykkeen mukana tullutta käsikirjaa.

Kun mittausasetukset oli saatu tehtyä, mittausantureista viisi asennettiin eri huoneisiin ja yksi anturi asennettiin ulos. Sen jälkeen käynnistettiin mittaustapahtuma ja *Display.exe*-ohjelma mittauksen etenemisen seuraamiseksi. Antureiden reagointinopeutta testattiin mm. vaihtamalla antureiden paikkaa ja lämmittämällä anturia kädessä. Mittaus kesti reilun puolen tunnin ajan. Lämpötiloja tarkkailtiin samaan aikaan myös siirrettävällä termoelementtilämpömittarilla antureiden mittaustarkkuuden toteamiseksi. Mittauksen jälkeen mittaustulokset tallennettiin tietokoneelle tekstitiedostona, josta tehtiin *Excel*-ohjelmalla kaavio.

### **7.2.2 Ilmankäsittelykoneiden mittaukset**

Mittausyksikön toimintaa testattiin myös ”aidossa” ympäristössä eli kahdessa IV-konehuoneessa. Mittaukset suoritettiin Vihdin Nummelassa sijaitsevassa torikeskuksen liikekiinteistössä ja Hyvinkäällä sijaitsevassa Martintalo-nimisessä kiinteistössä. Nummelassa mittaukset tehtiin erillisenä toimenpiteenä. Hyvinkäällä mittaus tapahtui kiinteistössä suoritettuna energiakatselmuksen yhteydessä.

Nummelassa koemittaus suoritettiin kiinteistön IV-konehuoneessa toimistotilojen ilmankäsittelykoneelle. Mitattavassa koneessa oli vesikiertoinen lämmityspatteri, poisto- ja tuloilmapuhallin ja lämmöntalteenottolaite. Tähän mittaukseen mennessä mittalaitteen anturikaapeleita ei ollut vielä jatkettu. Mittauksessa tuli hyvin esille se tosiseikka, että laitteeseen tehtaalla kiinnitetyt kaapelit olivat liian lyhyet. Vaikka mitattava ilman-käsittelykone oli kooltaan melko pieni, anturikaapelit hädin tuskin ylettyivät kaikkiin mittauspisteisiin.

Hyvinkäällä mittauksen kohteeksi valittiin kaksi eri huoneissa sijainnutta ilman-käsittelykonetta, joissa molemmissa oli tulo- ja poistoilmapuhaltimet, LTO-laite sekä vesikiertoinen lämmityspatteri. Ulkolämpötila Nummelassa oli mittaushetkellä noin +10 °C, mutta raitisilmakanavasta mitattu ulkolämpötilan näyttämä oli noin +16 °C. Tämä johtui siitä, ettei anturia saatu tarpeeksi lähelle ulkoilmasäleikköä. Hyvinkäällä ulkolämpötila vaihteli +12 °C ja +14 °C välillä.

Mitattavista ilmankäsittelykoneista poistettiin aluksi analogiset lämpömittarit mitattavista kohteista ja samalla kirjattiin ylös mittareiden osoittama lämpötila. Mitta-

usanturit asennettiin sen jälkeen mittareiden kiinnityskauluksien sisään. Kun tarpeelliset asetukset Setup-valikossa oli tehty, käynnistettiin mittausohjelma. Lämpötilaa mitattiin kuudesta pisteestä: tuloilmakanavasta ennen ja jälkeen LTO-laitteen, lämpöpatterin jälkeen, sisäänpuhalluskanavasta sekä poistokanavasta ennen ja jälkeen LTO-laitteen.

Lämpötilaa mitattiin vertailun vuoksi myös termoelementtilämpömittarilla mahdollisen mittausanturien kalibrointitarpeen havaitsemiseksi. Samalla tuli ilmi ilmankäsittelykoneeseen kiinteästi asennettujen lämpömittareiden mahdollinen näyttämävirhe. Mittausta tehtiin kaikkiaan noin kahdenkymmenen minuutin ajan. Välillä suoritettiin antureiden kalibrointi termoelementtilämpömittarin lukemien perusteella.

### **7.2.3 Mittauksissa ilmenneet ongelmat**

Vihdin Nummelassa suoritettussa mittauksessa ensimmäisellä käynnistyskerralla mittauksen seurantanäyttö ei toiminut oikein. Kaikki kanavat kyllä mittasivat lämpötiloja ja seurantagrafiikalle alkoi tulostua lämpötilakäyrästä, mutta kolmen kanavan mittauskäyrä pysähtyi kesken mittauksen. Numeraalinen näyttö kuitenkin osoitti mittauksen jatkuvan koko ajan. Ongelma ei poistunut, ennen kuin ohjelma ja tietokone sammutettiin ja käynnistettiin uudelleen. Tämän jälkeen mittaus sujui normaalisti.

Molemmilla koemittauskerroilla ulkoilman lämpötila oli sen verran korkea, että ilmankäsittelykoneiden lämmöntalteenottolaitteet eivät toimineet lainkaan. Tämä aiheutti sen, että mitatut lämpötilat olivat hyvin samankaltaisia. Katseltaessa mittaus tuloksia kaaviomuodossa lämpötilakuvaajien lukeminen saattaa olla vaikeaa, kun kuvaajat ovat liian lähellä toisiaan. Tilannetta helpottaa hiukan se, että kuvaajille voidaan valita asetuksista toisistaan erottuvat värit.

Anturikaapeleiden käsittely Hyvinkäällä oli hiukan hankalaa, koska kaapelit oli jatkettu mutta laitetta ei ollut vielä siihen mennessä koteloitu. Siirryttäessä ilmankäsittelykoneelta toiselle ja eri IV- konehuoneiden välillä kaapelit piti kerätä kiepil-

le. Erillinen säilytyskotelo olisi helpottanut tilannetta huomattavasti. Myös kannettavan tietokoneen kuljettaminen mukana saattaa tuntua raskailta silloin, kun suoritetaan mittauksia useissa eri huonetiloissa. Tosin katselmointitilanteissa on aina enemmän tai vähemmän erilaisia työkaluja, joita pitää kuljettaa mukana koko ajan.

## 8 MITTAUSTULOKSET

### 8.1 Tulosten esitysvaihtoehdot

SmarT8- tiedonkeruuyksikön mittaustulokset voidaan esittää kolmella eri tavalla:

- numeerisena tekstitiedostona
- *Excel*-taulukkona
- *Display.exe*-ohjelman taulukkona.

Käyttäjän kannalta kenties helpoin tapa esittää mittaustulokset on kopioida ja liittää *Display.exe*- ohjelman tekemä kaavio suoraan esitettävää raporttiin. Esimerkkinä tästä ovat kuvat 8 ja 9. Kaaviossa on valmiina eriväriset kuvaajat osoittamassa kunkin anturin mittaustulosta. Sama kaavio näkyy tietokoneen näytöllä mittauksen ajan. Puutteena tässä esitystavassa on se, ettei antureita voi nimetä kaavioon. Se helpottaisi tulosten lukemista. Kaavion voi nimetä tallennuksen yhteydessä haluamallaan tavalla. Kaavion oikeassa laidassa näkyvät myös alin ja ylin mitattu lämpötila, mittauspäivämäärä sekä kaavion tulostuksen kellonaika.

Tulosten esittäminen numeerisen tekstitiedoston muodossa on niin ikään helppoa, mutta käsittelijän kannalta se on vaikeaselkoinen. Tekstitiedostossa anturit on eritelty vain numeroilla ja mittaustulokset esitetään kellonaikoineen ja lämpötiloineen allekkain peräjälkeen. Kokonaiskuvan muodostaminen tällaisesta esitystavasta on vaikeaa.

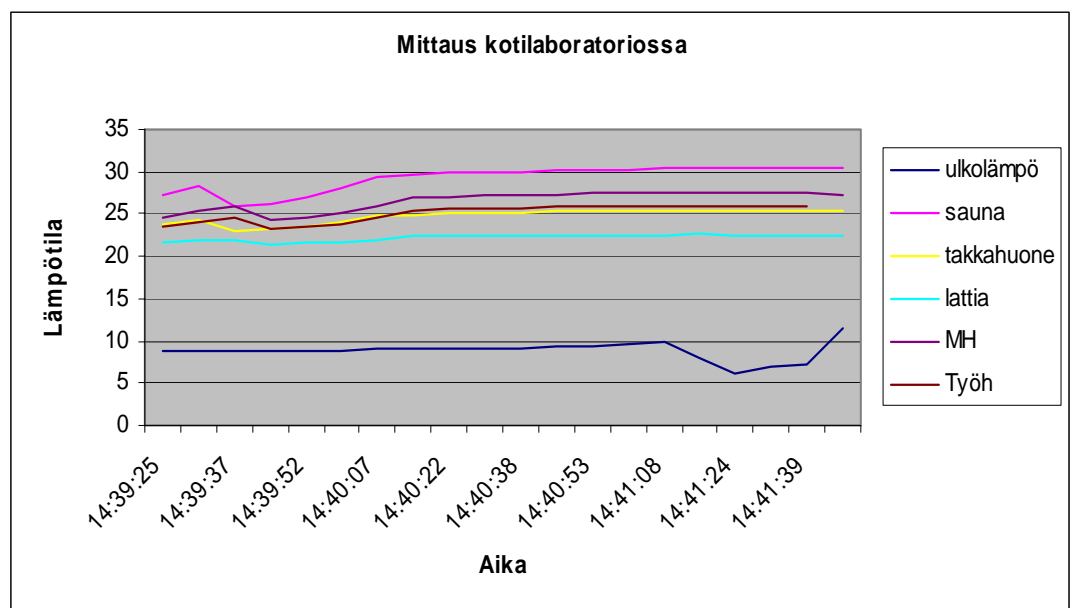
Tulosten käsittelijän kannalta paras mutta käyttäjän kannalta työläin tapa on esittää mittaustulokset *Excel*-taulukossa kuvan 7 osoittamalla tavalla. Tällöin anturit voidaan nimetä halutulla tavalla ja jokaiselle kuvaajalle voidaan antaa oma värikoodi. Mittausaika voidaan esittää myös esimerkiksi 15 minuutin välein. Tulosten luke-

minen on näin vaivattomampaa. Samalla kokonais kuvan saaminen mittauksesta helpottuu. Jos kohteessa tehdään vielä lisäksi muistiinpanoja esimerkiksi mittausjakson aikana tehdyistä säätötoimenpiteistä tai puhaltimien pysäytyksistä, on niiden vaikutus lämpötilaan luettavissa helposti taulukosta.

## 8.2 Tulokset kotilaboratoriomittauksista

Ensimmäiset mittaukset laitteella anturikaapeliin jatkamisen jälkeen suoritettiin marraskuussa tavallisessa omakotitalossa sijoittamalla lämpötila-anturit eri huone-tiloihin sekä ulos. Antureista vain kuusi oli käytössä mittauksen aikana. Anturien reagointinopeutta testattiin mm. laittamalla anturi nopeasti kylmempään tai kuumempaan materiaaliin. Havaittiin, että anturi reagoi nopeasti lämpötilanmuutokseen. Mittausjakso kesti kaikkiaan noin 75 minuuttia. Mittaustulokset tallennettiin tietokoneelle tekstitiedostona, josta muokattiin kuva 6 mukainen Excel-taulukko. Mittausjaksosta on esitetty taulukossa vain muutama minuutti.

Lämpötiloja seurattiin pistokoeluontoisesti eri huone-tiloissa samaan aikaan myös termoelementtilämpömittarilla. Nämä mittaukset osoittivat, että mittalaitteen näyttämä oli enimmillään vain 0,3 °C termoelementtilämpömittarin näyttämää suurempi. Näin ollen valmistajan ilmoittama 0,7 °C:n tarkkuus näyttäisi pitävän paikkansa.



KUVA 6: Lämpötilan mittaustulokset kotilaboratoriosta Excel-taulukkona.

## 8.3 Tulokset katselmointimittauksista

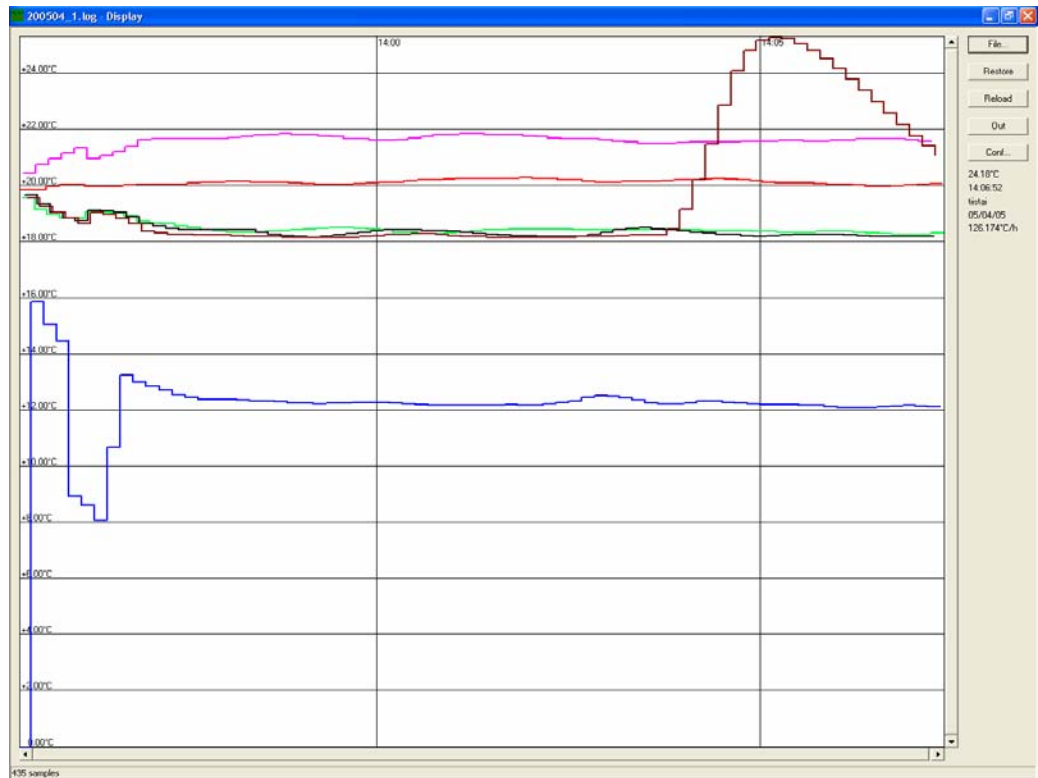
### 8.3.1 Mittaukset Hyvinkäällä

Lämpötilamittaukset Hyvinkäällä Martintalossa suoritettiin kiinteistön energiakatselmuksen yhteydessä huhtikuun alussa vuonna 2005. Mittauksen kohteena oli kaksi ilmapuhaltuslaitetta, joissa molemmissa oli tulo- ja poistoilmapuhaltimet, LTO-laite sekä vesikiertoinen lämmityspatterin. Koneet sijaitsivat eri konehuoneissa. Mittalaitteessa oli käytössä kaikki kuusi anturia mittauksen aikana. Lämpötilaa mitattiin

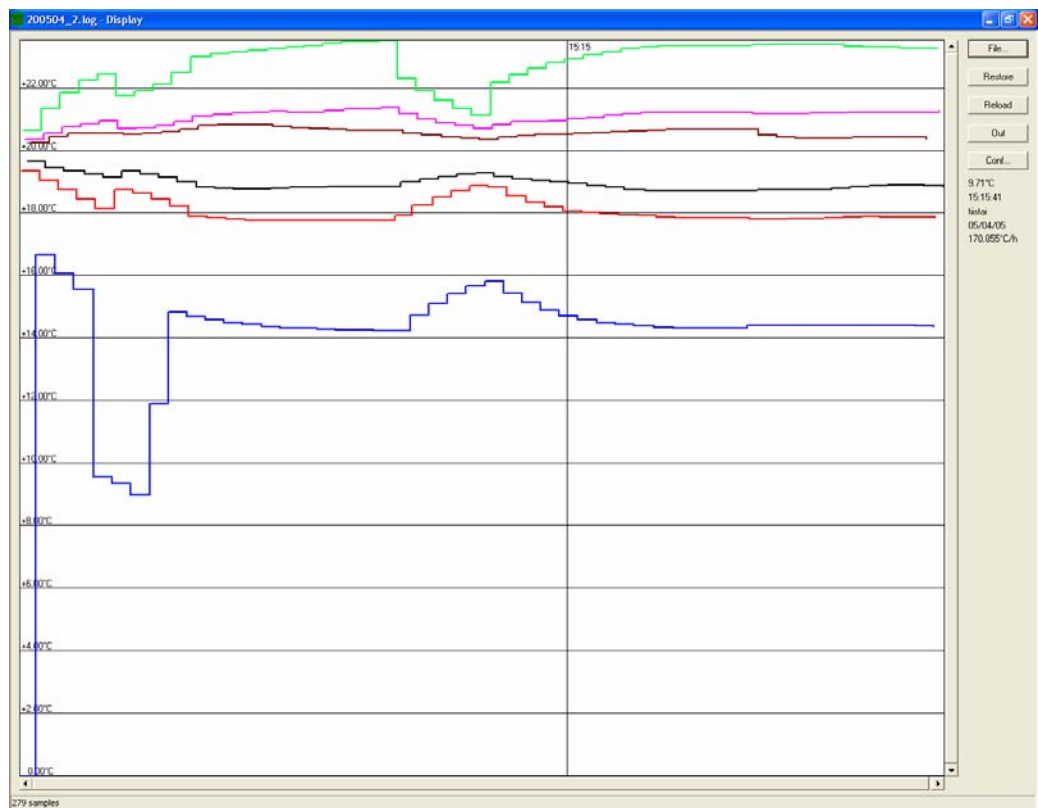
- ulkoilmasta (raitisilmakanava), anturi 0
- tuloilmakanavasta LTO- patterin jälkeen, anturi 1
- tuloilmakanavasta puhaltimen jälkeen, anturi 2
- poistoilmakanavasta ennen LTO- patteria, anturi 3
- poistoilmakanavasta LTO- patterin jälkeen, anturi 4
- konehuoneen huoneilmasta, anturi 5.

Termoparilämpömittarilla mitattiin lisäksi hetkellinen lämpötila jokaisesta mittauspisteestä. Verrattaessa näitä tuloksia mittalaitteen lämpötiloihin havaittiin, että mittalaitteen näyttämä oli vain 0,1–0,3 °C suurempi mittauspisteestä riippuen. Ilmapuhaltuslaitteiden kiinteiden lämpömittareiden näyttämät olivat sen sijaan keskimäärin 4 °C suurempia kuin termoparilämpömittarin.

Mittaustulokset tallennettiin kannettavalle tietokoneelle sekä tekstitiedostona että kuvien 7 ja 8 mukaisina kaavioina. Katselmusraporttiin lämpötilat tallennettiin perinteisessä muodossa eli lukuina valmiiseen Excel-taulukkoon, kuten taulukossa 2 on esitetty.



KUVA 7: IV-kone 1, lämpötilamittauksen kaavio.



KUVA 8: IV-kone 2, lämpötilamittauksen kaavio/Hyvinkää.

### 8.3.2 Mittaukset Nummelassa

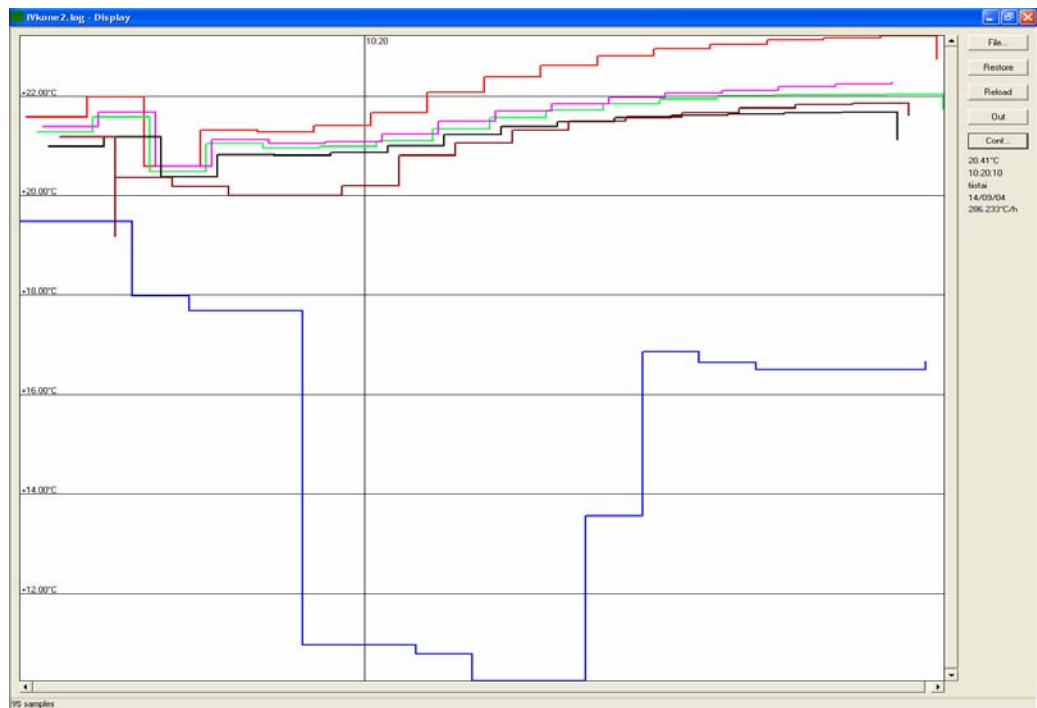
Lämpötilamittaukset Nummelassa torikeskuksen liiketalossa suoritettiin syyskuun puolella välissä vuonna 2004. Mittauksen kohteena oli ilmankäsittelykone, joka palveli toimistotilojen ilmanvaihtoa. Mittausjakso kesti noin 15 minuuttia. Lämpötilaa mitattiin kuten Hyvinkäälläkin

- ulkoilmasta (raitisilmakanava), anturi 0
- tuloilmakanavasta LTO- patterin jälkeen, anturi 1
- tuloilmakanavasta puhaltimen jälkeen, anturi 2
- poistoilmakanavasta ennen LTO- patteria, anturi 3
- poistoilmakanavasta LTO- patterin jälkeen, anturi 4
- konehuoneen huoneilmasta, anturi 5.

Termoparilämpömittarilla mitattiin lisäksi hetkellinen lämpötila jokaisesta mittauspisteestä. Verrattaessa näitä tuloksia mittalaitteen lämpötiloihin havaittiin, että mittalaitteen näyttämä oli vain 0,2–0,3 °C suurempi mittauspisteestä riippuen. Ilmankäsittelykoneiden kiinteiden lämpömittareiden näyttämät olivat sen sijaan 3-6 °C suurempia kuin termoparilämpömittarin.

Myös Nummelan mittaustulokset tallennettiin kannettavalle tietokoneelle sekä tekstitiedostona että kuvien 7 ja 8 mukaisina kaavioina. Katselmusraporttiin lämpötilat tallennettiin perinteisessä muodossa eli lukuina valmiiseen Excel-  
taulukoon, kuten taulukossa 2 on esitetty. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 9.





KUVA 9: IV- koneen lämpötilamittauskaavio/Nummela.

Alla on osalistaus Nummelan kohteen lämpötilamittauksen tuloksista tekstitiedostona.

09:54:04 1 20.7

09:54:05 2 20.3

09:54:07 3 20.6

09:54:08 4 20.2

09:54:09 5 20.4

09:54:13 0 17.4

09:54:14 1 21.2

09:54:15 2 20.6

09:54:17 3 21

09:54:18 4 20.6

09:54:19 5 20.7

09:54:23 0 17.1

## 9 LAITTEEN JATKOKEHITYS

Mittalaitetta tullaan kehittämään edelleen ainakin anturikaapeleiden ja koteloinnin osalta. Mittauskohteissa laitetta olisi parempi käsitellä, jos anturikaapelit saisi kerättyä helpommin kokoon säilytystä varten. Avoimella kiepillä säilytettävät kaapelit sotkeutuvat helposti toisiinsa siinä vaiheessa, kun niitä aletaan sijoittaa mittauspisteisiin. Pölynimurin liitosjohdossa käytettävä kelaratkaisu olisi hyvä, mutta jokseenkin vaikea toteutettava tähän laitteeseen.

Mittausyksikköön täytyy lisätä adapteri USB-liitäntää varten, koska enää hyvin harvoissa kannettavissa laitteissa on sarjaporttiliitäntä valmiina. Adapterin toinen kytkentäliitin sopii sarjaporttiliittimeen ja toisessa on USB-liitin. Kyseisiä adaptereita on tarjolla useita malleja eri tavarantoimittajilla.

Mittaustulosten käsittely helpottuisi, mikäli tietojen tallentamista ja esittämistä varten olisi valmis Excel-taulukkopohja. Sitä voisi sitten tarvittaessa kopioida uusiin projekteihin.

## 10 YHTEENVETO

Mittalaitteen sovellustyö on ollut erittäin antoisaa. Monia jo teoriassa opittuja asioita on saanut kokeilla ja soveltaa käytännössä. Aivan alkuperäinen tavoite eli mittalaitteen toteutus tässä insinööriyössä ei toteutunut. Sovellustyö on kuitenkin osoittanut sen, millaista on käyttää jotain laitetta hiukan erilaisessa tarkoituksessa kuin mitä valmistaja on ehkä ajatellut. Jo pelkästään sopivan laitteen etsiminen tutustutti mittalaitteiden monipuolistuvaan maailmaan. Erilaisten asioiden mittaaminen kuuluu osana insinöörin työhön, samoin kuin mittaustulosten tulkinta ja johtopäätösten tekeminen tulosten perusteella. Tämän työn aikana on saanut todeta sen, kuinka moni asia voi vaikuttaa hyvinkin merkittävästi mittaustuloksiin. Omaan työhön olisi aina osattava suhtautua tietyllä tavalla kriittisesti.

Lämpötilamittaukset ovat tärkeä osa ilmanvaihtolaitteiden katselmustoimintaa, ja sen vuoksi niiden tekeminen tulisi olla suhteellisen helppoa ja luotettavaa. Tässä työssä käytetyn mittalaitteen havaittiin helpottavan työtä olennaisesti ja myös jonkin verran nopeuttavan sitä. Laite tullaan lähitulevaisuudessa koteloimaan läpinäkyvään muovikoteloon, jolloin sen käytettävyys pitkien anturikaapeleiden kanssa paranee entisestään. Mittalaitetta tullaan hyödyntämään myös pidempiaikaisissa lämpötilojen seurantamittauksissa.

Yksinkertaisuudestaan huolimatta tai ehkä juuri siitä johtuen laite tulee olemaan oikeasti käytössä yrityksessä. Laitteen mittaustarkkuus on riittävä katselmustoinnassa.

## LÄHDEAINEISTO

- [1] *Motiva Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 7.3.2004] <http://www.motiva.fi>.
- [2] *Energiakatselmoijakoulutus 3. – 4..12.2002.* Kurssiaineisto. Motiva Oy: Helsinki 2002.
- [3] *BigMan Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 7.3.2004.] <http://www.bigman.fi>.
- [4] *Fidelix Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 10.8.2004] <http://www.fidelix.fi>.
- [5] *Fidelix Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti.. [Luettu 10.8.2004] <http://www.fidelix.fi>.
- [6] *Pietiko Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti.. [Luettu 10.8.2004] <http://www.pietiko.fi>.
- [7] *Zilog Companyn kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 7.3.2004] [http://www.zilog.com/index.php?option=com\\_product&Itemid=26&mode=showProductDet&productId=Z8F08A28100KIT&businessLine=1&familyId=6](http://www.zilog.com/index.php?option=com_product&Itemid=26&mode=showProductDet&productId=Z8F08A28100KIT&businessLine=1&familyId=6).
- [8] *Probyte Oy:n kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 10.8.2004] <http://www.kolumbus.fi/probyte/>.
- [9] SmarT8 käsikirja. Probyte Oy. Tampere 18.12.2003.
- [10] *Smartec- yhtiön kotisivu.* WWW- dokumentti. [Luettu 10.8.2004] [http://www.smartec.nl/temperature\\_sensor.htm](http://www.smartec.nl/temperature_sensor.htm).
- [11] Jari Koskinen. *Mikrotietokonetekniikka – sulautetut järjestelmät.* Keuruu 2002. Otava.
- [12] SmarT8 käsikirja. Probyte Oy. Tampere 18.12.2003.