



# **ETÄLUETTAVA MITTAUSJÄRJESTELMÄ RAKENNUSTEKNISEN TUTKIMUKSEN APUNA**

Risto Stenfors

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2011  
Sähkötekniikka  
Automaatiotekniikka  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto

STENFORS, RISTO: Etäluettava mittausjärjestelmä rakennusteknisen tutkimuksen apuna

Opinnäytetyö 41 s., liitteet 9 s.  
Huhtikuu 2011

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee etäluettavaa mittausjärjestelmää, joka rakennettiin kesällä 2010 Tampereen ammattikorkeakoulun ENRO-tutkimushankkeen avuksi. ENRO-tutkimushanke tutkii uudenlaisen rossipohjarakenteen toimivuutta. Tavoitteena oli kehittää etäluettava mittausjärjestelmä, joka mittaa lämpötiloja ja kosteuksia kahden paritalon rakenteista.

Työssä käydään läpi mittausjärjestelmän toteuttamisen eri vaiheet suunnittelusta asennukseen, järjestelmän laitteisto ja mittausperiaatteet. Työssä käydään läpi myös laitekehitystä, jota työn aikana tehtiin yhteistyössä laitevalmistajan kanssa. Toteutettu mittausjärjestelmä pitää sisällään useita antureita, joiden mittauksia kerätään isäntälaitteeseen. Isäntälaitteet lähettävät keräämänsä mittausdatan GPRS-yhteyden avulla käyttäjän sähköpostiin.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Toimiva etäluettava mittausjärjestelmä asennettiin Vantaalla sijaitseviin paritaloihin, ja mittaukset ovat olleet käynnissä elokuusta 2010 lähtien. Mittausjärjestelmä lähettää keräämänsä mittausdatan ENRO-tutkimushankkeen edustajalle päivittäin ja näin avustaa rakenteiden toimivuutta tutkivien henkilöiden työtä.

## ABSTRACT

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

STENFORS, RISTO: Remote Readable Measuring System Assisting Construction Engineering Research Project

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 9 pages  
April 2011

---

This thesis is about remote readable measuring system that was built in summer 2010 to assist ENRO research project. ENRO research project studies the functionality of a new type of base floor. The aim was to produce a remote readable measuring system that would measure temperature and moisture from two semi-detached houses.

This thesis covers the stages of implementing the remote readable measuring system from planning to installing and systems equipment and measuring principles. Thesis also covers device development that was performed during the project in co-ordination with the component manufacturer. The implemented measuring system includes several sensors. The measuring data of these sensors is collected by host device. The host device sends the measuring data to user via email.

The goals of the thesis were achieved. A working remote readable measuring system was installed to two houses located in Vantaa and the measurements have been running from August 2010. The measuring system is sending the measuring data it collects to representative of ENRO research project daily.

---

Key words: Remote readable measuring system, temperature, moisture, measuring technology.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
1.1 ENRO-projekti .....	6
1.2 Tehtävä ja tavoitteet .....	7
2 MITTAUSKOHDDE .....	8
2.1 Mitattavat talot .....	8
2.2 Rossipohja .....	8
3 MITTAUSPERIAATTEET .....	10
3.1 Lämpötilan mittaus.....	10
3.1.1 Lämpötilan mittaaminen Pt-100-vastuslämpötila-anturilla.....	10
3.1.2 Lämpötilan mittaaminen termoelementillä .....	11
3.2 Kosteuden mittaus .....	12
3.2.1 Resisttiivinen kosteusmittaus .....	12
3.2.2 Kapasitiivinen kosteusmittaus.....	13
4 MITTAUSJÄRJESTELMÄN ESITTELY .....	14
4.1 Mittausjärjestelmän yleiskuvaus .....	14
4.2 Mittausjärjestelmän laitteet .....	14
4.2.1 Isäntälaitte GDU.....	14
4.2.2 Järjestelmän sähkönsyöttö.....	16
4.2.3 DAT-2-dataloggeri .....	17
4.2.4 TH-101 - kosteuden ja lämpötilan yhdistelmäanturi.....	20
4.2.5 Resistanssiipiikki.....	20
4.2.6 K-typin termoelementti .....	21
5 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTTAMINEN .....	22
5.1 Suunnittelu ja rakentaminen.....	22
5.2 Asennus kohteeseen .....	23
5.2.1 Rossipohjan ilmankosteus ja lämpötila.....	23
5.2.2 Alapohjan rakenteiden lämpötila ja kosteus .....	24
5.2.3 Maalämpötila.....	26
6 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TIEDONSIIRTO .....	28
6.1 Verkon rakenne .....	28
6.2 Kaapelointi .....	28
6.3 RS-485-sarjaliikenneväylä .....	28
6.4 Järjestelmän tiedonsiirtoprotokolla .....	30
7 VALVONTAOHJELMISTO MESLOG D .....	31
8 LAITTEISTON VAATIMUSTENMUKAISUUS .....	35
9 GDU:N KEHITYS PROJEKTIN AIKANA.....	37

	5
10 YHTEENVETO .....	39
LÄHTEET .....	41
LIITTEET .....	42

## 1 JOHDANTO

### 1.1 ENRO-projekti

ENRO – energiaa rossipohjasta -projekti on Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) tutkimushanke, jonka toimeksiantajana ja päärahoittajana toimii Pohjolan Design Talo Oy Oulunsalosta. Pohjolan Design Talo Oy on saanut rahoituksen Tekesiltä tutkimussuunnitelman toteuttamiseen (Päätöspöytäkirja 121 § ENRO – Energiaa rossista – projektin käynnistäminen). Energiaa rossipohjasta perustuu Antero Salakarin tutkimukseen rossipohjan käytöstä yhdessä ilmalämpöpumpun kanssa. Seuraava lainaus ENRO-projektin tutkimussuunnitelmasta kuvaa toimintaideaa hyvin:

”ENRO-hankkeessa tutkitaan rossipohjaan maasta nousevan lämmön sekä rossin ilmatilassa olevan vesihöyryn tiivistymisessä vapautuvan energian hyödyntämistä eri menetelmin.” (Tutkimussuunnitelma ENRO, energiaa rossipohjasta -tutkimus, tiivistelmä).

ENRO-projektin tavoitteena on kehittää pientalojen lämmöntuottoon liittyvää energiatehokkuutta. Tulosten perusteella pyritään kehittämään pientalorakennusmarkkinoille sopiva energiansäästöpaketti, joka hyödyntää optimaalisesti rossipohjasta saatavaa lämpöenergiaa. Arvioiden mukaan jopa 40 % Suomen energiankulutuksesta syntyy asumisesta. (Tutkimussuunnitelma ENRO, energiaa rossipohjasta -tutkimus, tiivistelmä).

ENRO-projekti toteutetaan Vantaalla. Kohteeseen on rakennettu kaksi paritaloa, jotka on nimetty taloiksi A ja B. Talossa A on rossipohja ja talossa B on maalaatta. Tarkoitus on suorittaa vertailua näiden kahden rakennuksen kesken.



KUVA 1. ENRO-projektin talot Vantaalla maaliskuussa 2011

## 1.2 Tehtävä ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa etäluettava mittausjärjestelmä kahteen paritaloon Vantaalla. Mittausjärjestelmä on osa Tampereen ammattikorkeakoulun ENRO-tutkimushanketta. Mittausjärjestelmällä on tarkoitus mitata taloista lämpötiloja ja kosteuksia. Mittaustulokset on pystyttävä lukemaan etäkäytöllä Tampereella.

## 2 MITTAUSKOHDE

### 2.1 Mitattavat talot

ENRO-projektin talot sijaitsevat Vantaalla Tuulensuuntiellä. Kohteessa on kaksi paritaloa, joista molemmista tehdään mittauksia. Molemmilla taloilla on oma itsenäinen mittausjärjestelmänsä, joka lähettää mittausdatan Internet-yhteyden avulla. Talosta A, jossa on rossipohja, tehdään paljon enemmän mittauksia kuin talosta B, jossa on maalaatta. Talosta A mitataan maalämpötilaa sekä rakennuksen alta että sen ympäristöstä. Talon A rossipohjasta mitataan lämpötilaa, ilmankosteutta ja rakenteiden kosteutta useasta eri pisteestä. Talosta B mitataan maalämpötilaa rakennuksen alta ja ympäristöstä. Talon B mittausjärjestelmään on kytketty myös ilmalämpömittari. Talon A pohjapiirustukset on esitetty liitteessä 1.

### 2.2 Rossipohja

Rossipohja-termillä tarkoitetaan rakennuksen tuulettuvaa alapohjaa. ENRO-projektissa tutkitaan uudenlaisen rossipohjan toimivuutta ja energiatehokkuutta. Näin ollen tarvitaan tietoa rossipohjan lämpötilasta, ilmankosteudesta ja rakenteiden kosteudesta. Normaali vanhanaikainen rossipohja oli tuulettuva, joten siellä kosteutta ei päässyt kerääntymään rakenteisiin, mutta ENRO-projektissa tutkittavaa rossipohjaa ei tuuleteta, koska rossipohjaan kerääntyvä lämpö halutaan käyttää rakennuksen lämmittämiseen. Rossipohjasta täytyy siis mitata sen ilmankosteutta, lämpötilaa ja rakenteiden kosteutta, jotta voidaan tehdä päätelmiä rakenteen toimivuudesta. Tutkimuksessa oletetaan, että rossipohjaan asennettava ilmalämpöpumppu poistaa sinne kertyvän ilmankosteuden ja näin estetään kosteutta pääsemästä rakenteisiin.





KUVA 2. A-talon rossipohja

Kuvasta 2 nähdään tutkittavan rossipohjan toimintaperiaatetta. Kaikkialla on vahva eristys, jotta rossipohjan yläpuolella olevassa alapohjassa olevat puurakenteet eivät pääse kostumaan. Mittausten toteuttamistapaa suunnitellessa piti siis ottaa huomioon eristyksiset. Mittauksia tehdään rakenteista, mutta ne eivät saa huonontaa rakenteiden eristyksiä.

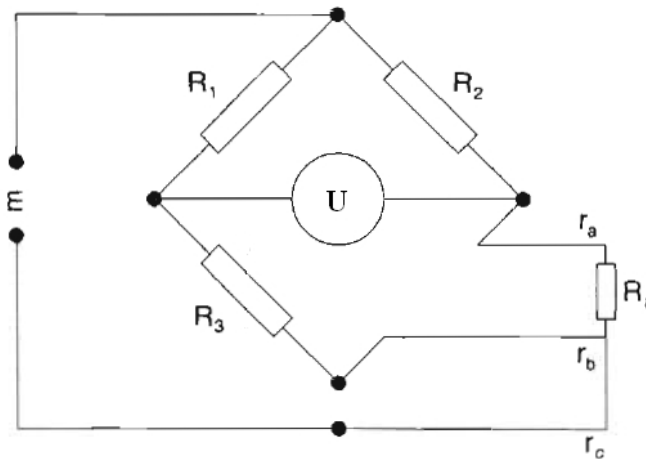
### 3 MITTAUSPERIAATTEET

#### 3.1 Lämpötilan mittaus

Lämpötilamittauksia on kohteessa kolmea eri tyyppiä. Lämpötilaa mitataan maasta, rossipohjan ilmasta ja alapohjan rakenteista. Maalämpötilat mitataan K-tyypin termoelementillä ja rossipohjan mittauksissa käytetään Pt-100-vastuslämpötila-anturia.

##### 3.1.1 Lämpötilan mittaaminen Pt-100-vastuslämpötila-anturilla

Pt-100-vastuslämpötila-anturin toiminta perustuu resistanssin lämpötilariippuvuuteen. Pt-100:n tuntoelin on valmistettu platinasta, jonka resistanssi muuttuu lähes lineaarisesti lämpötilan mukaan. Anturin nimitys Pt-100 tulee valmistusmateriaalista (Platina) ja sen resistanssiarvosta (100  $\Omega$ ) lämpötilassa 0 °C. Lämpötilan noustessa resistanssiarvo nousee, ja lämpötilan laskiessa se pienenee. (Wexon Oy, PT 100 vastusarvot, tarkkuudet ja kytkennät). Platinasta tehtyä tuntoelintä voidaan käyttää lämpötilavälillä -250...+850 °C (Halko, Härkönen, Lähteenmäki & Välimaa 1990, 36). Järjestelmän laitteistossa ei ole erillistä Pt-100-anturia, vaan se on sisällytetty TH-101-anturiin, jossa on myös kosteusanturi samassa. TH-101:n Pt-100-anturi on kolmijohdinkytkennässä, jossa johdinresistanssien vaikutus mittaustulokseen saadaan minimoitua. Kolmijohdinkytketty Pt-100-anturin mittaustulos on kytketty Wheatstonen siltaan kuvan 3 osoittamalla tavalla.

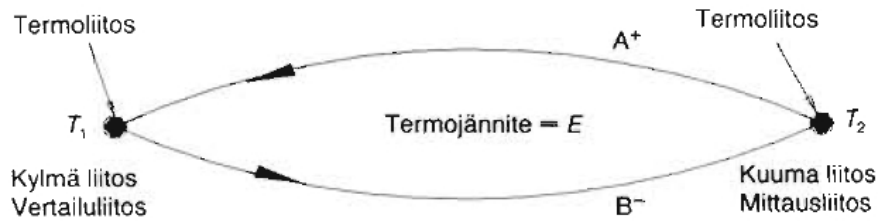


KUVA 3. Wheatstonen silta (Halko, Härkönen, ym. 1990, 39)

Kuva 3 on muokattu lähteen kuvasta järjestelmän laitteistoa vastaavaksi. Kolmijohdin-kytkennässä anturin mittaussvirta tuodaan omalla johtimella  $r_c$ . Johtimien  $r_a$  ja  $r_b$  johdinresistanssit eivät vaikuta mittaustulokseen, jos ne ovat yhtä pitkät. Kuvassa 3 vastus  $R_t$  on Pt-100:n platinasta valmistettu vastuselementti, jonka resistanssi muuttuu lämpötilan mukaan. Sillan sanotaan olevan tasapainotilassa, kun kaikki neljä vastusta ovat yhtä suuret. Epätasapaino sillaan syntyy, kun vastuksen  $R_t$  vastusarvo muuttuu lämpötilan vaikutuksesta. Epätasapaino sillassa aiheuttaa jännitteen  $U$ . (Halko, Härkönen, ym. 1990, 38-39).

### 3.1.2 Lämpötilan mittaaminen termoelementillä

Termoelementin toiminta perustuu Seebeckin ilmiöön, jossa lämpötilaero synnyttää jännitteen kahden metallilangan välille. Termoelementti rakentuu kahdesta metallilangasta, jotka ovat toisesta päästään yhdistetty. Metallilankojen tulee olla eri metalleista valmistettu (Simons, L., 1970, 507). Työssä käytettyjen K-tyyppin termoelementtien metallilangat on valmistettu Nikkeli-Kromista ja Nikkeli-Alumiinista. K-tyyppin termoelementin käyttöalue on  $-200\dots+1300$  °C. (Halko, Härkönen, ym. 1990, 43).



KUVA 4. Termoelementin toimintaperiaate (Halko, Härkönen, ym. 1990, 41)

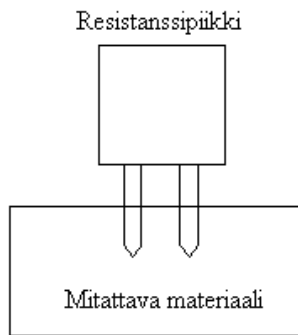
Kuvan 4 mukaisesti termojännite syntyy, jos vertailuliitos ja mittausliitos ovat eri lämpötiloissa. Termojännitteen  $E$  suuruus riippuu johtimien  $A^+$  ja  $B^-$  materiaaleista ja lämpötiloista  $T_1$  ja  $T_2$ .

### 3.2 Kosteuden mittaus

Järjestelmässä mitataan kosteutta sekä ilmasta että kiinteästä aineesta. Ilmankosteutta mitataan kapasitiivisella HHH-4000-anturilla, joka on Honeywellin valmistama. HHH-4000-anturit on sisällytetty TH-101-yhdistelmäanturiin. HHH-4000:lla mitataan myös kosteutta alapohjan eristeistä. Alapohjan puupalkkien kosteuden mittaamiseen käytetään resistanssiipiikkiä.

#### 3.2.1 Resisttiivinen kosteusmittaus

Työssä käytetään resistanssiipiikkejä puun kosteuden mittaamisessa. Resistanssiipiikin toiminta perustuu siihen, että piikkien välinen resistanssi on väliaineen vesipitoisuuden funktio. Resistanssiipiikin piikit työnnetään mitattavaan materiaaliin sisälle ja piikkien välinen resistanssi mitataan. Mitä enemmän mitattavassa materiaalissa on kosteutta, sitä pienempi on sen aiheuttama resistanssi piikkien välille. (Härkönen, Lähteenmäki & Välimaa, 1992, 66).



KUVA 5. Resistanssiipäkin toimintaperiaate

### 3.2.2 Kapasitiivinen kosteusmittaus

Työssä ilman suhteellista kosteutta mitataan HIIH-4000-kosteusanturilla, jonka toimintaperiaate on kapasitiivinen kosteudenmittaus. Kapasitiivinen kosteudenmittaus perustuu elektrodien välisen materiaalin permittiivisyyden muuttumiseen ympäröivän kaasun kosteuden muuttuessa. Kun ilmassa oleva kosteus kasvaa, niin myös permittiivisyys kasvaa. Permittiivisyyden kasvaessa kapasitanssi kasvaa. Mitattu kapasitanssi ilmaisee ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden. Kuivan ilman suhteellinen permittiivisyys on noin 1, kun taas veden vastaava on 80. (Härkönen, Lähtenmäki & Välimaa, 1992, 62).

## 4 MITTAUSJÄRJESTELMÄN ESITTELY

### 4.1 Mittausjärjestelmän yleiskuvaus

ENRO-projektissa on kaksi erilaista taloa, joissa molemmissa on oma itsenäinen etälueittava mittausjärjestelmä. Kummassakin talossa on useita antureita, jotka mittaavat lämpötilaa ja kosteutta. Anturit on kytketty DAT-2-yksikköihin, jotka on edelleen kytketty RS-485-sarjaliikenneväylään, jota kautta ne ovat yhteydessä talojen teknisessä tilassa olevaan GDU-isäntälaitteeseen. GDU kerää antureiden mittausdatan ja lähettää sen sähköpostilla käyttäjälle kerran vuorokaudessa. GDU lähettää kullekin DAT-2-yksikölle kyselyn mittautiedosta kerran tunnissa ja tallettaa samaansa mittausarvon. Järjestelmän yleiskuvaus on esitetty liitteessä 2.

### 4.2 Mittausjärjestelmän laitteet

Tässä kohdassa käydään läpi mittausjärjestelmässä käytetyt anturit, lähettimet, kaapelit ja verkon rakenne. Järjestelmä koostuu seuraavista laitteista: anturit, DAT-2-yksiköt, RS-485-sarjaliikenneväylä, virtalähde ja isäntälaitte GDU.

#### 4.2.1 Isäntälaitte GDU

GDU on koko järjestelmän isäntälaitte. GDU on turkulaisen Envic Oy:n kehittämä datankeräyslaitte. GDU kokoaa anturien mittausdatan DAT-2:n avulla. Järjestelmän kaikki DAT-2-yksiköt ovat yhteydessä GDU:hun RS-485-sarjaliikenneväylän kautta. Kyseessä on master/slave-tyyppinen tietoliikenne, GDU toimii masterina ja DAT-2:t slaveina. GDU lähettää kyselyn kullekin DAT-2:lle vuorollaan. Nämä vastaavat lähettämällä sen hetkisen mittautiedon GDU:lle. GDU tunnistaa DAT-2:t niiden yksilöllisten osoitteiden avulla. GDU tallentaa muistiinsa kerätyn mittausdatan ja lähettää sen kerran vuorokaudessa käyttäjälle langattoman Internet-yhteyden avulla. Järjestelmästä saatavaa mittausdataa on esitetty liitteessä 8.

Koska kyseinen mittausjärjestelmä tuli olla etäluettava, valittiin isäntälaitteeksi GDU sen GPRS-valmiuden vuoksi. GDU:lla on langaton Internet-yhteys, jonka avulla se lähettää vuorokauden aikana keräämänsä mittausdatan käyttäjän määrittämään sähköpostiosoitteeseen. Etäluettavuus on erittäin tärkeä ominaisuus järjestelmälle, koska mittauskohde on Vantaalla, ja tutkimus tehdään Tampereen ammattikorkeakoululla. GDU:hun saadaan yhteys Internetin kautta, kun tiedetään laitteen IP-osoite, eli laitetta voidaan hallinnoida etäyhteydellä.

From: [GDU1moduuli@envic.fi](mailto:GDU1moduuli@envic.fi)  
Date: November 11, 2010 1:09:19 PM GMT+02:00  
To: [ce.tamk.fi](mailto:ce.tamk.fi)  
Subject: Trendidataa

IP:087.095.038.221  
PORT:01024  
MEMORYFULL:NO  
0,0,0,0,0  
pv.kk.vu\_hh.mm.ss;CH165535;CH265535;CH165534;CH265534;CH165  
265531;CH165530;CH265530;CH165523;CH265523;CH165510;CH265  
100000;CH200000;CH100000;CH200000;CH100000;CH200000;CH100  
200000;CH100000;CH200000;CH100000;CH200000;CH100000;CH200  
100000;CH200000;CH100000;CH200000;CH100000;CH200000;CH100

#### KUVA 6. Mittausdata sähköpostissa

Kuvassa 6 on esitetty malli GDU:n päivittäin lähettämästä sähköpostiviestistä. Viesti pitää sisällään päivän IP-osoitteen, porttinumeron, muistin tilatiedon ja vuorokauden aikana kerätyn mittausdatan. Mittausdata voidaan avata tilasto-ohjelmassa. Liitteessä 8 on esitetty mittausdataa avattuna Microsoft Excelissä.



KUVA 7. Isäntälaitte GDU

Kuvassa 7 on GDU-yksikkö, joka oli testikäytössä Tampereen ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriossa. Tähän yksikköön on kytketty DAT-2-ryhmä, jossa on kuusi DAT-2-yksikköä, joihin kuhunkin on kytketty kaksi K-tyypin termoelementtiä. GDU:lle tulee siis kahdentoista K-tyypin termoelementin mittaustieto. Kuvassa 7 GDU:n näytön vasemmassa yläkulmassa näkyy valittuna oleva kanava (CH1), oikeassa yläkulmassa näkyy valittuna olevan DAT-2-yksikön osoite (65529) ja keskellä näytössä on näkyvillä kyseisen anturin mittaustieto (21,6).

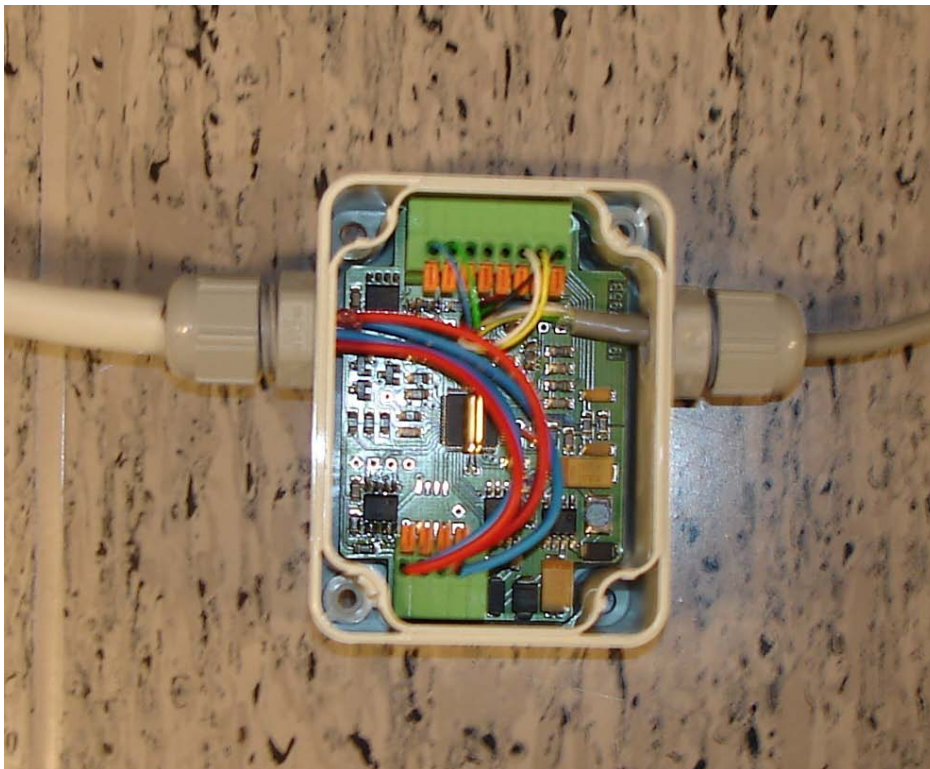
#### 4.2.2 Järjestelmän sähkönsyöttö

Talojen mittausjärjestelmät ottavat syöttönsä verkkojännitteestä, joka muunnetaan järjestelmän verkkolaitteessa 24 V:n tasajännitteeksi. Verkkolaite hankittiin Pietiko Oy:ltä järjestelmän mukana. Verkkolaite pitää sisällään liittimet 230 V:n syöttöjännitteelle, sulakkeet, tasasuuntausjärjestelmän ja muuntajan. Verkkolaitteet on asennettu molempien talojen tekniseen tilaan, jonne myös GDU:t on asennettu. Verkkolaite pitää sisällään myös akkuvarmistuksen, kaksi 12 V:n akkua sarjakytkenässä, joista saatavalla energialla järjestelmä pysyy toiminnassa sähkökatkon sattuessa. Verkkolaitteessa on myös riviliitinrima, jonka kautta järjestelmän signaalikaapeli viedään GDU:lle.



### 4.2.3 DAT-2-dataloggeri

DAT-2 on Pietiko Oy:n markkinoima 2-kanavainen, erilaisille sisäänmenoille konfiguroitavissa oleva dataloggeri, joka toimii järjestelmässä A/D-muuntimena ja lähettimenä. Kaikille järjestelmän antureille on varattu oma kanava DAT-2-yksiköstä, johon ne on liitetty. DAT-2-yksiköiden kautta anturit ovat yhteydessä GDU-isäntälaitteeseen. DAT-2 kerää mittausdatan anturilta, tekee sille 16-bittisen A/D-muunnoksen ja lähettää sen GDU:lle RS-485-sarjaväylää pitkin (Envic Oy. Dat-2/USB 2-kanavainen dataloggeri, 1). Kuvassa 8 on esitetty DAT-2-yksikkö kansi avattuna, kytkettynä RS-485-väylään ja TH-101-anturiin.



KUVA 8. DAT-2-dataloggeri

Kuvasta 8 nähdään, että DAT-2:ssa on kaksi erillistä riviliitintä. Kuvassa ylempänä olevaan riviliittimeen on kytketty TH-101-anturi ja alempaan riviliittimeen on kytketty KJAAM 2x(2+1)\*0.5+0.5-kaapeli, jolla tuodaan RS-485-sarjaväylän signaali toisessa parissa ja toisessa parissa tuodaan syöttöjännite 24 VDC.

DAT-2:ssa on kaksi kanavaa, joten yhdellä DAT-2-yksiköllä voidaan käsitellä kaksi erillistä mittausta. TH-101 sisältää kaksi anturia ja näin ollen kullekin TH-101:lle pitää

olla oma DAT-2-yksikkö. Resistanssiipiikkejä ja K-tyyppin termoelementtejä kytkettiin kuhunkin DAT-2-yksikköön kaksi kappaletta.

Järjestelmän kaikilla DAT-2-yksiköillä on oma yksilöllinen väyläosoite. Osoitteen perusteella GDU kommunikoi kunkin DAT-2:n kanssa. Osoitteet ovat muotoa 655XX.

Järjestelmän kaikkien (25 kpl) DAT-2-yksiköiden osoitteet on esitetty taulukoissa 1 ja 2.

TAULUKKO 1. A-talon mittausjärjestelmän laitteet

Ryhmä	Anturi	Mitattava suure	Selite	Osoite
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65524
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65525
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65526
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65527
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65528
1.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65529
2.1	DAT-2 pulssilaskuri	Kpl	kWh x 2	65508
2.1	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Ulkoilma	65522
4.1	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Ryömintätilan ilma	65516
4.2	Resistanssiipiikki	Suhteellinen kosteus	Resistanssiipiikki x2	65512
4.2	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Ryömintätilan ilma	65517
4.2	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Rakenteet	65520
4.2	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Rakenteet	65521
5.1	Resistanssiipiikki	Suhteellinen kosteus	Resistanssiipiikki x2	65511
5.1	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Ryömintätilan ilma	65514
5.1	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Rakenteet	65518
5.1	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Rakenteet	65519
5.2	TH-101	Lämpötila ja suht. kosteus	Ryömintätilan ilma	65515

TAULUKKO 2. B-talon mittausjärjestelmän laitteet

Ryhmä	Anturi	Mitattava suure	Selite	Osoite
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65530
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65531
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65532
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65533
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65534
3.1	K-tyyppin termoelementti	Lämpötila	Maalämpötila x2	65535

Mittausjärjestelmän anturit on jaettu ryhmiin taulukoiden 1 ja 2 osoittamalla tavalla. Ryhmä määräytyy anturin sijainnin mukaan. Taulukoissa 1 ja 2 näkyvä osoite on kunkin anturin DAT-2-dataloggerin osoite. Kunkin anturi lähettää tietonsa DAT-2:n kautta järjestelmän isäntälaitteelle GDU:lle. Taulukoista 1 ja 2 huomataan myös, että yksi DAT-2-yksikkö pystytään jakamaan kahteen kanavaan, jolloin yhdellä DAT-2:lla voidaan käsitellä kahden eri 2-johdinanturin mittaukset. 2-johdinantureita järjestelmässä ovat K-tyypin termoelementit ja resistanssiipiikit. TH-101 sen sijaan sisältää sekä Pt-100-anturin 3-johdinkytkenällä että suhteellisen kosteuden anturin 2-johdinkytkenällä. DAT-2:ssa on kahdeksan liitintä, joten kukin TH-101 vaatii oman DAT-2-yksikön.



KUVA 9. DAT-2-yksiköt rossipohjassa

Asennusta varten kukin DAT-2-ryhmä kiinnitettiin tukkiin kuvan 9 osoittamalla tavalla. DAT-2-yksiköiden koteloihin kiinnitettiin tarra, josta selviää, minkä anturin DAT-2-yksikkö on kyseessä ja DAT-2-yksikön osoite. Nämä toimenpiteet helpottavat mahdollisia huoltotoimenpiteitä. Ilman tarroja DAT-2-yksiköitä on vaikea erottaa toisistaan, koska ne ovat ulkomuodoltaan kaikki lähes samanlaisia.

#### 4.2.4 TH-101 - kosteuden ja lämpötilan yhdistelmäanturi

TH-101 on turkulaisen Pietiko Oy:n markkinoima yhdistelmäanturi, joka mittaa lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Anturi on suunniteltu käytettäväksi ahtaissa tiloissa ja siirrettävissä mittausjärjestelmissä. TH-101 on muokattu versio Envic Oy:n THCS-2E-anturista. Erona on, että TH-101 toimii DAT-2-yksikön kanssa. Muilta ominaisuuksiltaan anturit ovat identtiset. Lämpötilan mittaus tapahtuu Pt-100-anturilla, joka on 3-johdin kytkennässä. Suhteellista kosteutta mitataan Honeywellin kapasitiivisella HIH-4000-anturilla. Kosteusmittaus perustuu monikerros polymeeri-anturiin, joka takaa hyvän stabiiliuden ja suojan ympäristön vaikutuksilta. HIH-4000 antaa lineaarisen jännitevasteen väliltä 0 - 1 V suhteelliselle kosteusprosentille. (HIH-4000 Series, 2). Taulukossa 3 on esitelty anturin tekniset ominaisuudet.

TAULUKKO 3. TH-101:n tekniset ominaisuudet (THCS-2E-manuaali, 1)

Mittausalue	0...100% RH
Toimintalämpötila	-40...+70°C
Tarkkuus (25°C)	±2% 0...90%RH, ±5% >90%RH
Lämpötilariippuvuus	±0,02%/°C
Ulostulo	0-1 (10)V 0...100%RH
Syöttöjännite	24VDC±10%
Lämpötilamittaus	Pt-100 ohm RTD 3-johdinkytkentä
Liitännät	Vapaat johdinpäät riviliitinkytkentää varten

#### 4.2.5 Resistanssiipiikki

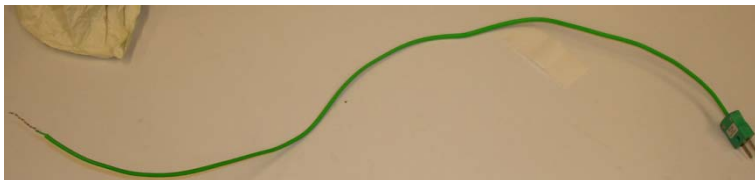
Alapohjan puurakenteiden kosteutta mitataan resistanssiipiikeillä. Resistanssiipiikit hankittiin Pietiko Oy:ltä.



KUVA 10. Resistanssiipiikki

#### 4.2.6 K-tyyppin termoelementti

Maalämpötilojen mittaamiseen käytettiin työssä K-tyyppin termoelementtejä. Termoelementit hankittiin Pietiko Oy:ltä.



KUVA 11. K-tyyppin termoelementti

Termoelementit on asennettu maahan mittaamaan lämpötilaa. Kunkin termoelementin johdon liitin on kytketty DAT-2-yksikköön. Termoelementtien DAT-2-yksiköt on jaettu kahteen ryhmään taloittain. Molemmissa ryhmissä on kuusi DAT-2-yksikköä asennettuna omaan koteloonsa. A-talon ryhmäkotelo on sijoitettu rossipohjaan ja B-talon kotelo on sijoitettu talon ulkoseinän alaosaan. B-talon kotelolle rakennettiin myös metallinen lisäsuojakotelo suojaamaan sitä ympäristön vaikutuksilta.

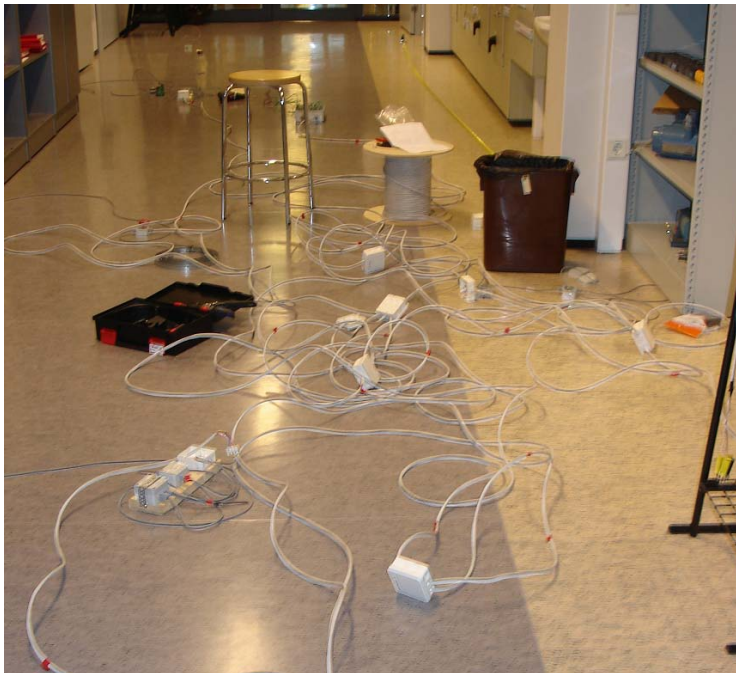
Mittausjärjestelmän antureista laadittiin sijaintikartta ja PI-kaaviot. Anturikartta ja PI-kaaviot on esitetty liitteissä 4 - 6.

## 5 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TOTEUTTAMINEN

### 5.1 Suunnittelu ja rakentaminen

Mittausjärjestelmä toteutettiin siten, että laitteisto rakennettiin TAMK:n automaatiolaboratoriossa niin valmiiksi kuin on mahdollista. Tämä tehtiin sen vuoksi, että asennuskohde oli melko vaikea paikka työskennellä. Rossipohjassa oli kosteaa, pölyistä ja sen korkeus oli vain noin 1 m.

Koko järjestelmän kaapelointi ja testaus suoritettiin TAMK:n automaatiolaboratoriossa. Mittausjärjestelmä jaettiin osiin asennuspaikan perusteella. Osat koottiin ja testattiin yksitellen. Kun kaikki osat oli saatu koottua ja testattua omina kokonaisuuksinaan, koottiin järjestelmän kaikki laitteet yhteen ja aloitettiin testaamaan koko järjestelmän toimintaa. Testaamiseen käytettiin aluksi DAT-2-lukijaa, joka on usb-liitäntäinen laite PC:lle. DAT-2-lukija toimii ikään kuin GDU:n tilalla. DAT-2-lukijaa käytettiin testauksessa siitä syystä, että sen avulla saatiin suora yhteys PC:n Meslog D-valvontaohjelmiston ja DAT-2-yksiköiden välille. GDU:n yhteys on hitaampi ja toimii Internet-yhteyden kautta.



KUVA 12. Mittausjärjestelmä kokoamisvaiheessa automaatiolaboratoriossa

Järjestelmän suunnittelu tehtiin täysin kohteen pohjapiirustusten perusteella. Kiireen vuoksi asennuskohteessa ei ehditty käymään ennen itse asennusta. Tämä aiheutti pieniä ongelmia kaapelien sijoitteluiden suhteen, koska ei ollut varmaa tietoa siitä, että oliko kohteessa esimerkiksi tehty putkiasennuksia, jotka estäisivät kaapelien vetämisen niiden kohdalta. Kaapelien sijoitus sinänsä ei ollut kohteessa ongelma, koska rossipohja ei ollut asukkaiden käytössä. Kaapelit pyrittiin kuitenkin vetämään siisteinä nippuina rossipohjan katossa.

Järjestelmästä löytyi testattaessa ongelmia, kuten huonoja liitoksia ja vääriä osoitteita. DAT-2-yksiköiden osoitteiden määrittelystä kerrotaan tarkemmin luvussa 7. Järjestelmän vikoja korjattiin ja se saatiin toimimaan. Järjestelmän isäntälaitte löysi kaikki kytkeytyt laitteet ja sai niiltä mittausdataa. Kun järjestelmä oli saatu koottua ja testattua kokonaisuudessaan DAT-2-lukijaa käyttäen, toistettiin testit vielä käyttäen GDU:ta. Kun ongelmia ei enää ilmennyt, pakattiin järjestelmä asennusta varten.

## 5.2 Asennus kohteeseen

Mittauksia on neljää eri päätyyppiä. Tässä kohdassa esitellään eri mittaustyyppit, joita projektissa toteutettiin ja niitä koskevien anturien asennustavat. Rossipohja on tila, jota ei käytetä arkikäytössä. Tästä syystä anturit voitiin asentaa parhaaksi katsotulla tavalla ilman, että tarvitsi ottaa huomioon niiden aiheuttamia haittoja asukkaille.

Taulukossa 1 esitetyt DAT-2-pulssilaskurit ovat kytketty A-talon sähkökeskuksen energiankulutusmittareihin. Niillä tehtäviä mittauksia ovat ilmalämpöpumpun tehonkulutus ja varaajan lämmitysvastuksen tehonkulutus. Nämä kytkennät sähkökeskukseen suoritti sähköasentaja.

### 5.2.1 Rossipohjan ilmankosteus ja lämpötila

Rossipohjasta mitataan sekä lämpötilaa että ilmankosteutta. Mittauksiin käytettiin Envic Oy:n TH-101-anturia, jossa on sekä ilman suhteellisen kosteuden että lämpötilan anturi.





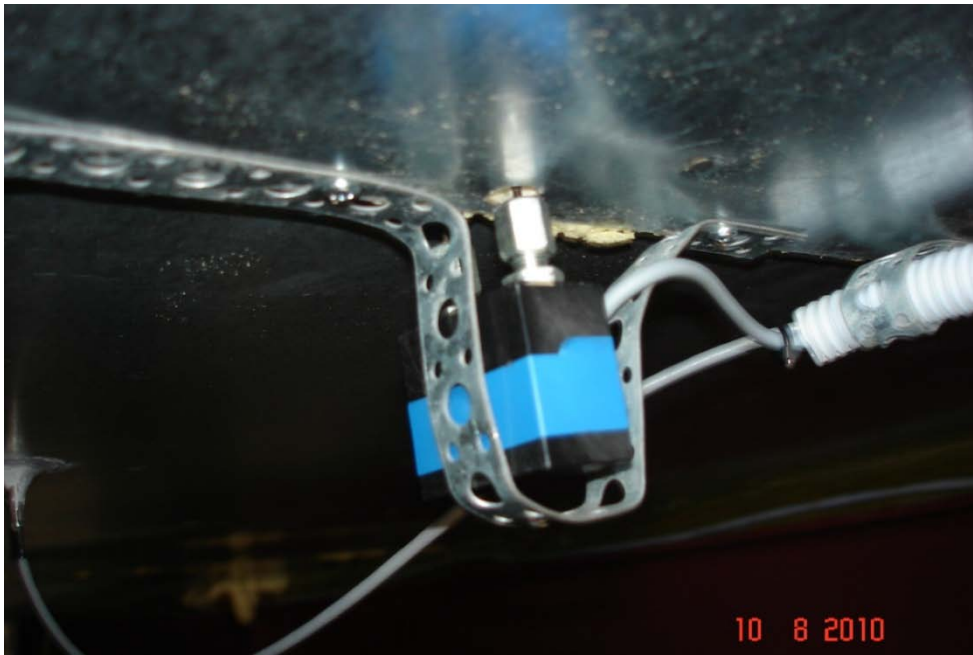
KUVA 13. Lämpötilan ja ilmankosteuden mittaus rossipohjassa

Kuvan 13 mukaisia TH-101-antureita asennettiin rossipohjaan neljään eri pisteeseen. Anturit sijoitettiin rossipohjaan mahdollisimman laajalle alalle, jotta erilaiset lämpötilat ja kosteudet voitaisiin havaita rossipohjan eri osissa, mikäli niitä esiintyisi. Antureiden sijoitus on esitetty liitteessä 4. Anturit pyrittiin asentamaan korkeussuunnassa mahdollisimman keskelle.

### 5.2.2 Alapohjan rakenteiden lämpötila ja kosteus

Alapohjan rakenteista mitattiin joko pelkkää suhteellista kosteutta tai lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Pelkkää suhteellista kosteutta mitattiin puupalkeista. Alapohjan eristeistä mitattiin lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Puupalkkien kosteuden mittaukseen käytettiin Envic Oy:n resistanssipiikkejä.





KUVA 14. Puun kosteuden mittaus

Resistanssiipiikit asennettiin kuvan 14 mukaisesti poraamalla reiät rossipohjan katon peltiin. Asennuksessa tuli ottaa huomioon se, etteivät anturin piikit ole millään osin yhteydessä peltiin, vaan ovat kokonaisuudessaan puupalkissa. Resistanssiipikkejä asennettiin neljään eri kohtaan rossipohjassa. Puupalkit on käsitelty kestämään kosteutta.

Alapohjan eristeistä mitattiin suhteellista kosteutta ja lämpötilaa neljästä eri pisteestä. Nämäkin mittauspisteet jaettiin laajalle alalle rossipohjaan samalla periaatteella kuin rossipohjan ilman mittauksessa. Mittaukseen käytettiin samaa anturia kuin rossipohjan ilman mittaamiseen, eli TH-101:tä.



KUVA 15. Alapohjan eristeiden lämpötilan ja kosteuden mittaus

Alapohjan eristeiden lämpötilan ja kosteuden mittaaminen toteutettiin kuvan 15 osoittamalla tavalla. Anturia varten porattiin rossipohjan peltikattoon reikä, jonka läpi TH-101 asennettiin mittaamaan alapohjan eristeiden lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Anturin ympärille levitettiin eristemassaa, jotta ylimääräistä kosteutta ei eristeisiin pääsisi.

### 5.2.3 Maalämpötila

Maalämpötilaa mitattiin molempien rakennusten alta ja ympäristöstä. Lämpötilan mittaukseen käytettiin K-tyypin termoelementtejä. Kummankin talon alla on kahdeksan mittauspistettä, ja talojen seinien ulkopuolella on neljä mittauspistettä. Talon ympäristössä olevat neljä mittauspistettä sijaitsevat 50 cm:n ja 100 cm:n etäisyydellä ulkoseinästä. Mittauspisteet on esitetty liitteissä 5 ja 6. B-talon maalaatan alta mittaavat anturit asennettiin ennen perustuksia. Ympäristön ja A-talon anturit asennettiin myöhemmin. Anturit mittaavat lämpötilaa kahdelta eri syvyydeltä, 10 cm ja 50 cm. Anturit sijoitettiin muoviseen suojaputkeen, joka kaivettiin maahan. Kuhunkin suojaputkeen sijoitettiin kaksi anturia eri syvyyksille.



KUVA 16. Maalämpötilan mittaus rossipohjassa

Kuvassa 16 nähtävät valkoiset muoviputket menevät 50 cm:n syvyyteen maahan. Putkessa on kaksi K-tyyppin termoelementtiä. Termoelementtien johdot suojattiin kuvassa näkyvään punaiseen suojaputkeen. Suojaputkien päät eristettiin vahvasti.

## 6 MITTAUSJÄRJESTELMÄN TIEDONSIIRTO

### 6.1 Verkon rakenne

Tässä kohdassa esitellään mittausjärjestelmän verkon rakenne. A-talon verkon rakenne suunniteltiin talon pohjapiirustuksen perusteella, koska anturit tuli sijoittaa laajalle alalle talon rossipohjaan. Verkon topologia on väylämäinen, jossa DAT-2-yksiköt ovat kukin kytketty suoraan RS-485-sarjaliikenneväylään ja sitä kautta GDU-isäntälaitteeseen. A-talon verkon kytkentäkaavio on esitetty liitteessä 4. Kytkentäkaaviossa olevat riviliitinrimat ovat jakorasioita, joissa yhdistetään eri suunnista tulevia RS-485-väyläkaapeleita. GDU:lle tulee lopulta vain yksi parikaapeli, johon on yhdistetty kaikki väylän laitteet. Parikaapelin toisessa parissa on GDU:n ja DAT-2-yksiköiden välinen tietoliikenne ja toisessa parissa on 24 V:n käyttöjännite väylän laitteille.

### 6.2 Kaapelointi

Järjestelmän verkon kaapeloinnissa käytettiin kolmea eri johtotyyppiä. Pääväylän kaapeloinnissa käytettiin Helkaman parisuojattua KJAAM  $2 \times (2+1) \times 0.5+0.5$ -kaapelia. DAT-2-yksiköt liitettiin pääväylään Taskerin C2015  $2 \times 0.15$ - ja C4015  $4 \times 0.15$ -kaapelilla, koska KJAAM on hieman liian suurta poikkipinnaltaan liitettäväksi DAT-2-yksiköiden riviliitinrimaan. Taskerin C2015  $2 \times 0.15$  on kaksijohtiminen tiedonsiirtoon tarkoitettu kaapeli ja C4015  $4 \times 0.15$  on nelijohtiminen. Taskerin kaapelit yhdistettiin jakorasioilla KJAAM:lla tehtyyn pääväylään ja jakorasioilta jatkettiin GDU:lle käyttäen ainoastaan KJAAM-kaapelia. Järjestelmän kaapelointi dokumentoitiin kaapeliluetteloon. Kaapeliluettelo on esitetty liitteessä 9.

### 6.3 RS-485-sarjaliikenneväylä

Mittausjärjestelmän tiedonsiirtoliikenne toimii RS-485-sarjaliikenneväylässä. RS-485 on standardi, joka määrittää tiedonsiirtoon käytettävän väylän fyysiset ominaisuudet. RS-485 ei tee määrittystä koskien käytettävää tiedonsiirtoprotokollaa.

TAULUKKO 4 RS-485-ominaisuudet (Lammert Bies, RS-485 serial information; Texas Instruments 2010, 23)

Standardi	EIA RS-485
Kaapelointi	Kierretty pari
Laitteiden maksimimäärä	33
Väylän maksimi pituus	1200m
Toimintatapa	Differentiaalinen
Liikennöinti	Vuorosuuntainen (half-duplex)
Tiedonsiirtonopeus	Riippuu väylän pituudesta

RS-485-väylän maksimitiedonsiirtonopeus riippuu täysin väylän pituudesta. Työssä käytetyssä järjestelmässä tiedonsiirtonopeus on 9600 bit/s, johon RS-485 riittää hyvin myös sen maksimipituudella 1200 m. 1200 m:n pituisen RS-485-väylän maksiminopeus on 100000 bit/s. Mitä lyhyempi väylä on, sitä suurempi on sen maksimi tiedonsiirtonopeus. (Lammert Bies, RS-485 serial information).

RS-485 on niin sanottu differentiaalinen sarjaliikenneväylä. Differentiaalisuudella tarkoitetaan sitä, että väylässä kulkevan signaalin jännitetasoa ei verrata yhteiseen maapotentiaaliin, vaan väylässä on kaksi signaalitasoa, positiivinen ja negatiivinen, ja niiden välistä erotusta vastaanottaja vertaa. Tällä toimintatavalla vältetään ongelmat, joita syntyy yhteiseen maapotentiaaliin perustuvissa tietoliikennestandardeissa, kuten RS-232. Yksi merkittävä ongelma on maapotentiaalin heilahtelut, jotka aiheuttavat suuria muutoksia siirrettävään tietoon. Kun poistetaan yhteinen maapotentiaali ja lähetetään kaksi erillistä signaalia, päästään eroon näistä ongelmista. Se tarkoittaa kaapelointikustannusten nousua, koska lähetettäviä signaalitasoja on kaksi yhden sijasta. (Lammert Bies, RS-485 serial information).

Liikennöinti RS-485-sarjaliikenneväylässä on vuoropohjaista, eli vain yksi laite voi lähettää tai vastaanottaa väylässä kerrallaan. Järjestelmän tiedonsiirtoprotokolla on master/slave-periaatteella toimiva, eli isäntä (master) lähettää kyselyn, johon orja (slave) vastaa. Väylässä oleva liikenne on siis aina vuoropohjaista tätä tiedonsiirtoprotokollaa käytettäessä.

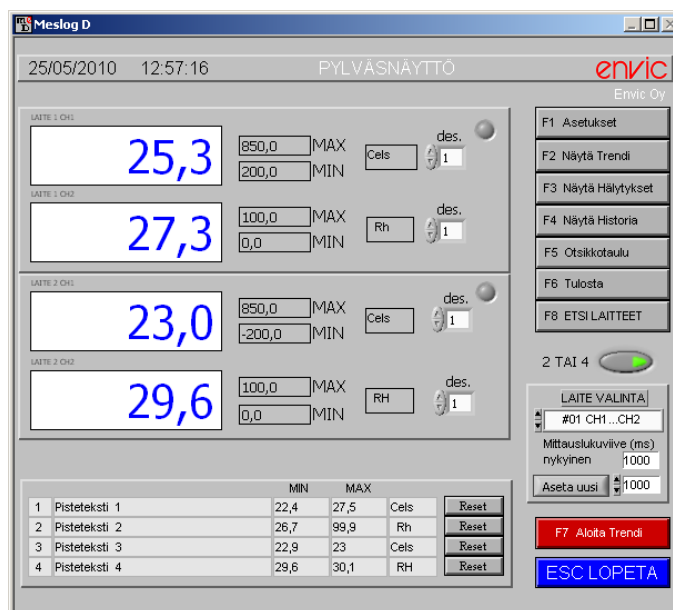
#### 6.4 Järjestelmän tiedonsiirtoprotokolla

Järjestelmässä käytettävä tiedonsiirtoprotokolla on Envic Oy:n kehittämä. Liikennöinti on vuoropohjaista, jossa GDU toimii isäntälaitteena ja DAT-2-yksiköt orjina. Periaatteena on, että GDU lähettää kyselyn kullekin DAT-2:lle vuorollaan ja kyseinen DAT-2 vastaa kyselyyn sen saatuaan. Tiedonsiirron parametrit ovat 9600 —, 8 databittiä, yksi stop-bitti, ei pariteettia. (DAT-2 Tiedonsiirtoprotokolla, Envic Oy 2009, 1).

Tieto kulkee väylässä ASCII-koodattuna. ASCII-koodaus on tapa esittää yleisesti käytettyjä merkkejä binäärimuodossa, jossa jokaiselle merkille on oma 7-bittinen koodinsa. ASCII pitää sisällään 128 merkin kokoelman, 7-bitillä tämän enempää ei merkkejä voisi olla. Esimerkki tietoliikenteestä järjestelmän väylässä on esitetty liitteessä 7. Liitteen 7 esimerkissä käydään läpi GDU:n ja DAT-2:n välinen keskustelu.

## 7 VALVONTAOHJELMISTO MESLOG D

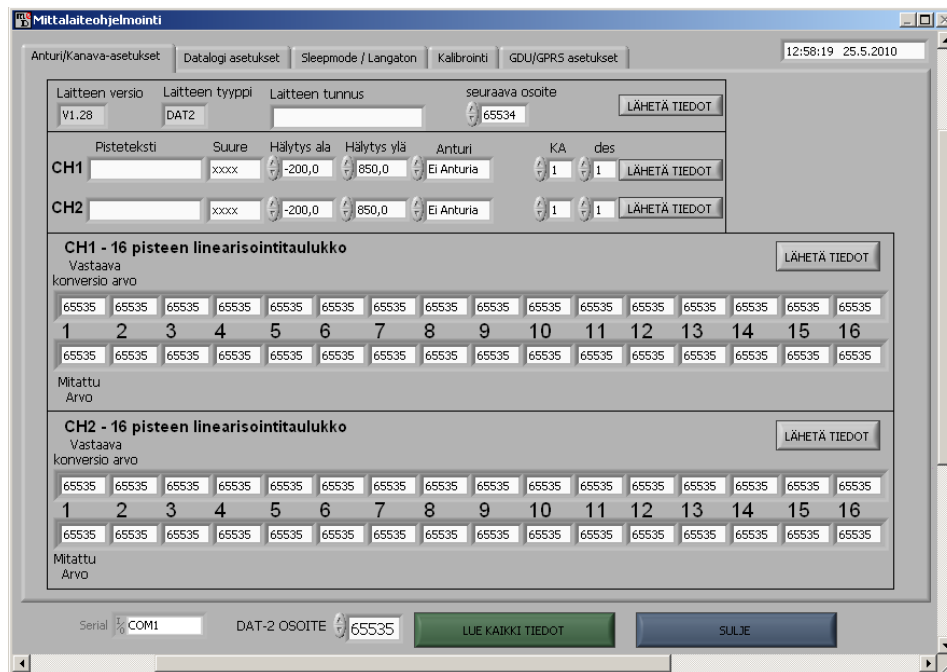
Järjestelmän valvontaohjelmistona toimii Envic Oy:n kehittämä Meslog D. Meslog D on Labview-pohjainen valvontaohjelmisto, joka on tarkoitettu DAT-2-yksiköihin liitettyjen antureiden mittaustietojen lukemiseen ja tallentamiseen. Ohjelmistolla voidaan myös luoda taulukoita, trendinäyttöjä ja käyriä tallennetun mittaustietojen perusteella. Meslog D:llä voidaan ottaa yhteys GDU:hun Internet-yhteyden avulla mistä vain. Kun yhteys GDU:hun on luotu, voidaan lukea siihen kytkettyjen anturien tietoja ja muokata GDU:n asetuksia. Yhteys GDU:hun saadaan sen IP-osoitteen avulla. GDU lähettää IP-osoitteensa käyttäjän sähköpostiin, koska laitteen IP-osoite vaihtuu tasaisin väliajoin. Yhteys GDU:hun luodaan sen viimeksi lähetetyn IP-osoitteen avulla (kuva 6). Huomattavaa on, että sähköpostilla saadusta IP-osoitteesta on poistettava ylimääräiset nollat kun se syötetään Meslog D:hen. Kuvassa 6 esitetty päivän IP-osoite 087.095.038.221 tulee muuttua muotoon 87.95.38.221, jotta yhteys GDU:hun saadaan muodostettua.



KUVA 17. Meslog D:n mittausnäköm

Kun GDU:hun otetaan yhteys Meslog D:llä, niin ohjelma avaa kuvan 17 mukaisen mittausnäköm, josta voidaan seurata anturien lukemia reaaliajassa. Meslog D:n avulla voidaan myös suorittaa useita viritystoimintoja DAT-2-yksikölle. DAT-2 voidaan kalibroida antamalla sille parametrit tietyn tyyppistä mittausta varten. Meslog D:llä tehdään myös osoitemääritykset DAT-2-yksiköille. Työssä käytetyssä verkossa on olennaista

asettaa kullekin DAT-2-yksikölle oikea osoite. Jokaiselle DAT-2-yksikölle annetaan oma osoite ja tieto seuraavasta osoitteesta. Jokainen järjestelmän DAT-2 tietää siis oman osoitteensa ja verkossa itseään seuraavan DAT-2-yksikön osoitteen. GDU etsii verkon DAT-2-yksiköt niin, että sille syötetään verkossa oleva korkein osoite ja GDU aloittaa etsimään siitä osoitteesta alkaen kaikki seuraavat osoitteet ketjussa. Esimerkiksi, jos halutaan lukea järjestelmän B-talon anturit (taulukko 2), syötetään GDU:lle korkeimmaksi osoitteeksi 65535 ja se osaa etsiä kaikki verkossa olevat kuusi DAT-2-yksikköä, koska osoitteen 65535 DAT-2-yksikköön on ohjelmoitu seuraavaksi osoitteeksi 65534 ja osoitteen 65534 DAT-2-yksikköön on ohjelmoitu seuraavaksi osoitteeksi 65533 ja niin edelleen verkon kaikki DAT-2-yksiköt läpikäyden. Kun tämä ketju katkeaa, niin GDU olettaa verkon päättyvän siihen.

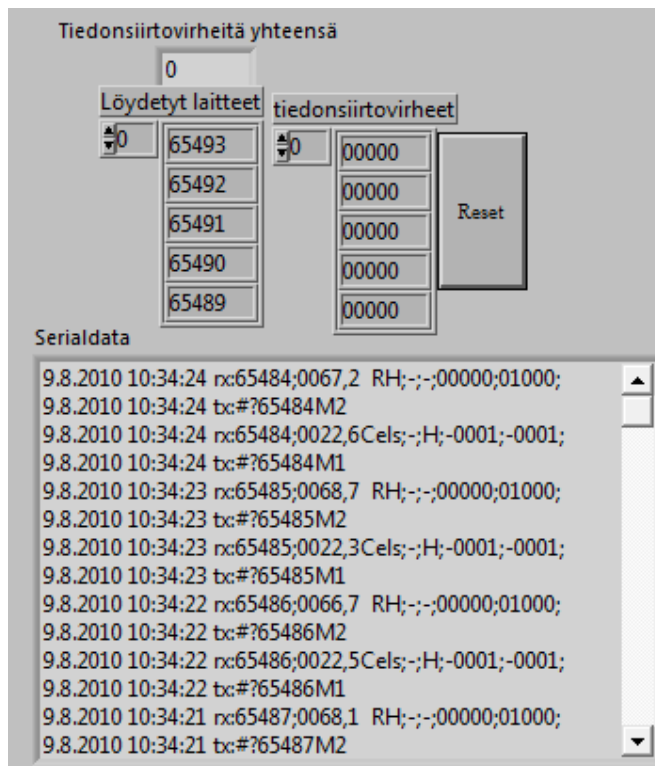


KUVA 18. Meslog D:n mittalaiteohjelmointinäkömä

Kuvassa 18 on esitetty Meslog D:n mittalaiteohjelmointinäkömä, jossa voidaan syöttää DAT-2-yksiköille kalibrointitietoja, hälytysasetuksia ja osoitetietoja. Tässä näkymässä DAT-2-yksikölle annetaan sille ominainen osoite ja myös sitä seuraavaan DAT-2-yksikön osoite. Meslog D:lle voidaan syöttää tiedot esikalibroidulta DAT-2-yksiköltä, jonka kalibrointiparametrit saadaan syötettyä eteenpäin muille DAT-2-yksiköille. (Envic Oy, 2009. Meslog D).

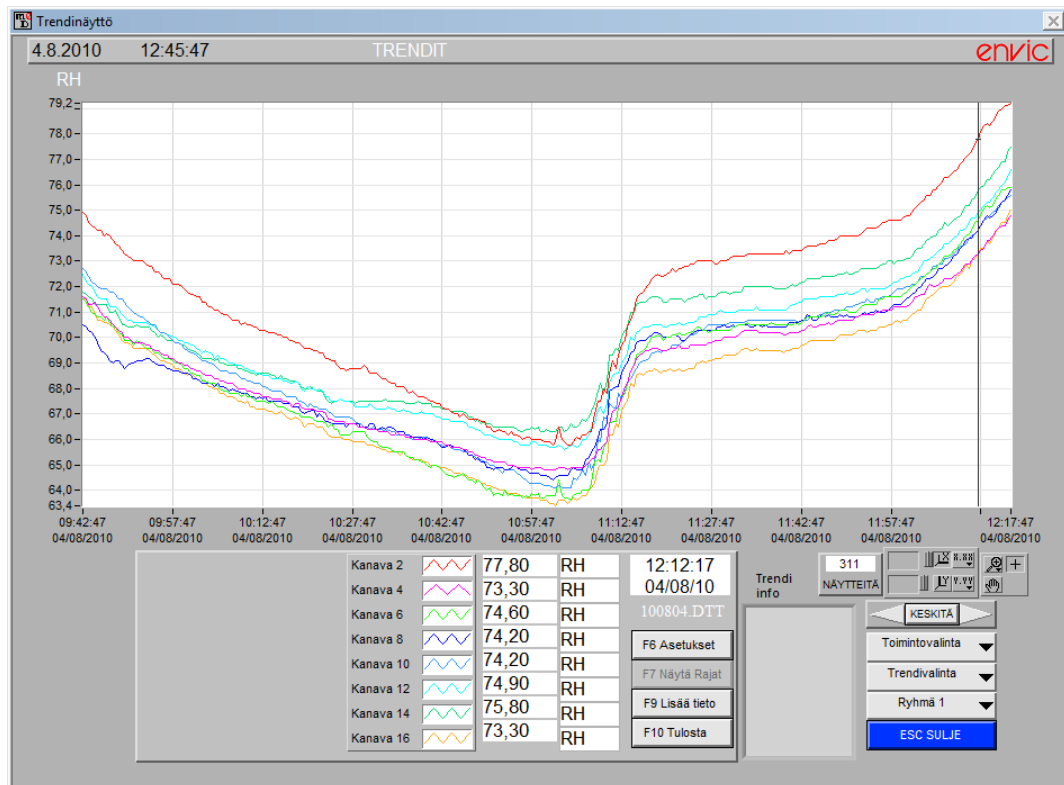


Meslog D pitää myös kirjaa tapahtuvasta tiedonsiirrosta ja tiedonsiirtovirheistä.



KUVA 19. Meslog D:n tiedonsiirron valvonta

Meslog D:n mittausnäkymän ohessa voidaan myös pitää esillä kuvan 19 esittämää tiedonsiirron valvontanäkymää. Tiedonsiirron valvontanäkymästä nähdään järjestelmän laitteet, tiedonsiirto reaaliajassa ja tapahtuneiden tiedonsiirtovirheiden määrä ja virheen aiheuttaneen laitteen osoite. Tiedonsiirron historiointi helpottaa vianetsintää järjestelmässä.

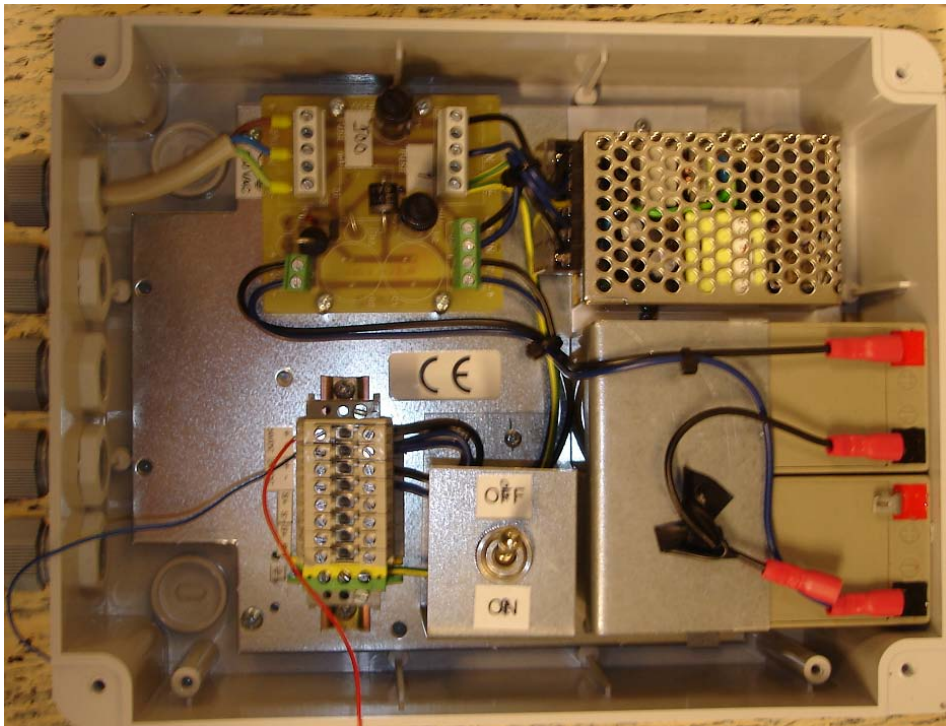


KUVA 20. Meslog D:n trendinäyttö

Kuvassa 20 on esitetty Meslog D:n trendinäyttö. Kuvaajaan voidaan asettaa näkymään kahdeksan mittaustietoa kerrallaan. Meslog D:n trendintallennus käynnistetään mittausnäkömystä (kuva 17) painamalla F7 tai klikkaamalla oikealla alhaalla olevaa ”Aloita trendi”-painiketta. Trendintallennuksen ollessa päällä kaikki mittaukset tallentuvat tietokoneen muistiin. Kun haluttu määrä mittauksia on kerätty, lopetetaan trendintallennus ja avataan trendinäyttö painamalla F2 mittausnäkömässä. Trendinäkömään valitaan halutut mittaustiedot. Kullekin mittaustiedolle voidaan asettaa omat värit ja viivatyypit. Trendiä voidaan skaalata ja zoomata tarpeiden mukaan. (Envic Oy, 2009. Meslog D).

## 8 LAITTEISTON VAATIMUSTENMUKAISUUS

Laitteiston vaatimustenmukaisuutta tarkastellaan pääasiassa koskien mittausjärjestelmän verkkolaitetta. Laitteiston sähköturvallisuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon, että laitteisto tuli opastettujen henkilöiden ja maallikoiden koottavaksi ja käytettäväksi, eikä niinkään sähköalan ammattilaisten. Tästä syystä lisäsuojauksien asentaminen mittausjärjestelmän verkkolaitteeseen olisi ollut aiheellista. Verkkolaitteen kanta jouduttiin avaamaan ja sulkemaan suunnittelu- ja kokoamisvaiheessa, koska verkkolaitteen virtakytkin sijaitsee laitteen kannen alla. Verkkolaitteen kannen ollessa avattuna kosketus-suojaus ei toteudu, laitteen jännitteellisiin osiin on mahdollista koskea työkalulla tai sormin.



KUVA 21. Mittausjärjestelmän verkkolaite

Kuvassa 21 on järjestelmän verkkolaite kansi avattuna. Laitteen virtakytkin on sijoitettu niin, että sen käyttö on mahdollista vain kansi avattuna. Verkkolaite on muutenkin hie- man epämääräisellä tavalla rakennettu. Verkkolaite on koottu komponenteista ja osista, jotka on koottu yhteiseen koteloon, merkinnät on kirjoitettu osittain käsin. Keskellä laitteen asennuslevyissä on CE-merkintä, jolla valmistaja takaa tuotteensa turvallisuuden omien tarkastuksensa perusteella. Sähköturvallisuusstandardit määrittelevät kaksi eri-

laista käyttötilannetta: normaaliolosuhteet ja vikaolosuhteet (Suomen standardisoimisliitto SFS, 2002). Järjestelmän verkkolaitetta on vaikea sanoa turvalliseksi edes normaaliolosuhteissa, koska normaalikäyttöön voitaneen lukea myös GDU-isänlaitteen resetointi, joka edellyttää virran katkaisemista. Suunnittelu- ja asennusvaiheessa laitetta joudutaan käyttämään kansi avattuna ja tällöin turvallisuus jää käyttäjän vastuulle. Kansi avattuna laite ei saa olla kytkettynä verkkovirtaan. Sähköalan ammattilainen tai opastettu henkilö todennäköisesti osaa huomioida sähköiskun vaaran laitetta käyttäessä, mutta maallikko ei välttämättä osaa huomioida vaaraa.

Koko mittausjärjestelmän vaatimustenmukaisuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon, että laitteistoa tilattaessa mittausolosuhteet oletettiin erilaisiksi, kuin ne todellisuudessa tulivat olemaan. Rossipohjan ilman lämpötilan oletettiin pysyvän yli 0 °C, rossipohjan ilma jäähtyi kuitenkin talven aikana jopa -11 °C:een. Kylmyydestä huolimatta mittausjärjestelmä toimi, lukuun ottamatta resistanssipiikkejä, jotka eivät anna oikeita kosteusarvoja alapohjan puurakenteista liian alhaisen lämpötilan vuoksi. Maalämpötilojen mittaamiseen käytettyjen termoelementtien liittimissä havaittiin korroosiota jo lyhyen käytön jälkeen. Termoelementtien liittimet eivät kestä rossipohjan korkeaa ilmankosteutta ruostumatta. Termoelementit ovat ruostumisesta huolimatta toimineet.

## 9 GDU:N KEHITYS PROJEKTIN AIKANA

GDU:n toiminta oli koko projektin ajan epäluotettavaa, erityisesti datan lähetyksen osalta. Laite kyllä keräsi datan ja tallensi sen muistiinsa, mutta jätti lähettämättä sen eteenpäin. GDU:n pitäisi lähettää oma IP-osoitteensa ja mittausdata kerran vuorokaudessa käyttäjälle, mutta usein kului jopa viikkoja ilman mitään elonmerkkiä laitteen suunnalta. GDU:n toiminta ei tällaisenaan tietenkään ollut riittävän luotettavaa ja sen vikoja ryhdyttiin korjaamaan yhteistyössä laitteen kehittäjän Envic Oy:n edustajan kanssa. GDU oli aluksi asennettuna Vantaalla, jossa sen toiminta testattiin ja todettiin toimivaksi paikankäytöllä. Kun datan lähettäminen huomattiin epävarmaksi seuraavien viikkojen aikana, haettiin GDU TAMK:n automaatiolaboratorioon testattavaksi ja kehitettäväksi. Kehitys tapahtui niin, että raportoin Envic Oy:n edustajalle laitteen vikoja, joita hän pyrki ohjelmakoodia muokkaamalla korjaamaan. Kun Envic Oy oli saanut uuden version ohjelmakoodista valmiiksi, päivitettiin GDU ja jatkettiin testausta. Tämä toistettiin useita kertoja ja monia vikoja saatiin korjattua, mutta se suurin ongelma, eli datan lähetyksen epäluotettavuus, jäi korjaamatta vielä tässä vaiheessa.



KUVA 22. GDU kansi avattuna

Kuvassa 22 on nuolella merkittynä koskettimet, jotka tulee oikosulkea, jotta laite saadaan käynnistymään konfigurointimoodiin ja laitteen ohjelmistoversio voidaan päivittää.

Ongelmat GDU:n datan lähetyksen kanssa olivat erittäin vaikeita paikantaa, koska mahdollisia syitä oli paljon. Laitteen lähetys toimii GPRS-yhteyden avulla GSM-verkossa. GSM-verkon voimakkuus todettiin melko heikoksi asennuskohteessa, mutta kuitenkin riittävän vahvaksi. Lopulta ongelma ratkesi, kun Envic Oy:n edustaja tuli katsomaan laitetta asennuskohteeseen paikanpäälle. Ongelma oli siinä, että GDU oli alun perin ohjelmoitu Soneran GSM-verkon protokollien mukaan, mutta käytössä olleessa GDU:ssa oli DNA:n GSM-yhteys. Näiden kahden eri GSM-verkon välillä oli jokin pieni ero IP-osoitteiden saamisen ja lähettämisen kanssa. Tämä esti GDU:ta toimimasta oikein. Ongelman ratkettua GDU on ollut toiminnassa elokuusta 2010 eteenpäin ja toimintu moitteetta lähettäen mittausdataa päivittäin.

## 10 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli kehittää etäluettava mittausjärjestelmä lämpötilan ja kosteuden mittaamiseen kahden Vantaalla sijaitsevan paritalon pohjarakenteista. Tämä pohjarakenteiden tutkimus on Tampereen ammattikorkeakoulun tutkimushanke. Näin ollen pohjarakenteiden toimivuuden tutkimisen kannalta oli oleellista, että mittausdata saatiin luettua Tampereella etäkäytöllä. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin, mittausjärjestelmä asennettiin tutkimuskohteeseen kesän 2010 aikana.

Työtä tehtäessä huomattiin, kuinka oleellista laitteiston perinpohjainen testaaminen on. Mittausjärjestelmää rakennettaessa törmättiin moniin erilaisiin ongelmiin, ja niistä selvittiin yhteistyössä laitevalmistajien kanssa. Lisävaikeutta suunnitteluun ja rakentamiseen aiheutti projektin kiireellinen aikataulu, mistä syystä suunnittelussa jouduttiin tekemään nopeita ratkaisuja. Järjestelmän suunnitteluun, kokoamiseen ja testaamiseen oli aikaa noin yksi viikko ennen ensimmäisten asennusten tekoa. Asennuskäyntejä tehtiin yhteensä neljä. Nopeasta suunnitteluajataulusta kärsi eniten kaapelointi, joka olisi saatu paremmaksi ja siistimmäksi, mutta jostain oli karsittava. Kaapeloinnin sijoittelun suunnittelua vaikeutti myös se, että asennuskohteessa ei päästy käymään ennen asennusta. Kaapelointi saatiin kuitenkin riittävän hyväksi ja siistiksi huomioon ottaen, että asennuskohteen rossipohja ei ole asukkaiden käytössä. Jos vastaava järjestelmä asennettaisiin asuttuun tilaan, pitäisi kaapelointiin kiinnittää enemmän huomiota.

Työn suurimmaksi ongelmaksi muodostui mittausjärjestelmän isäntälaitteen toiminnan epäluotettavuus. Tämä vika teki järjestelmästä käytännössä täysin toimimattoman. Vian paikallistaminen osoittautui varsin hankalaksi. Lopulta usean viikon etsimisen jälkeen ongelman ratkaisu löytyi GDU:n tiedonsiirtoprotokollasta.

Työssä käytetyt laitteistot osoittautuivat pääosin erittäin toimiviksi ja monikäyttöisiksi. Laitteistolla voidaan luoda eri kokoisia hajautettuja mittausjärjestelmiä, riippuen käyttäjän mittaustarpeesta. Ainoan merkittävän rajoituksen mittausjärjestelmän laajuudelle tekee RS-485-sarjaliikenneväylän maksimipituus 1200 m. Järjestelmässä ei ole esiintynyt vikoja GDU:n ongelmien ratkeamisen jälkeen, vaikka järjestelmä on ollut toiminnassa alemmissa lämpötiloissa ja korkeammassa kosteudessa kuin alun perin oli tarkoitus.

Toteutettu mittausjärjestelmä on sovellettavissa muihinkin mittauskohteisiin. Kesän 2010 aikana toteutettiin myös toinen vastaava mittausjärjestelmä, joka tuli TAMK:n rakennuslaboratorion käyttöön. Rakennuslaboratoriossa järjestelmällä mitataan niin sanotun mittausseinän lämpötiloja ja kosteuksia. Kyseinen järjestelmä on keskitetympi versio tässä työssä esitellystä, mutta periaatteeltaan hyvin samanlainen. Rakennuslaboratorion mittausjärjestelmä pystyttiin rakentamaan keskitetyimmäksi, koska mittauspis-  
teet sijaitsevat kaikki samassa seinässä, näin ollen kaikki järjestelmän DAT-2-yksiköt voitiin sijoittaa yhteen suojakoteloon.



## LÄHTEET

Envic Oy, 2009. Meslog D Mittaus- ja valvontaohjelmisto DAT-2-dataloggereille.

Envic Oy, Tuomola, J., 2009. DAT-2 Tiedonsiirtoprotokolla.

Envic Oy. DAT-2/USB 2-KANAVAINEN DATALOGGERI-esite.

Envic Oy. THCS-2E-kosteuslähetin-esite.

Halko, P., Härkönen, S., Lähteenmäki, I., Välimaa, T., 1990. Teollisuuden mittaustekniikka. Perusmittauksia. Helsinki: VAPK-kustannus.

Honeywell. HIH-4000 Series Humidity Sensors -esite.

Härkönen, S., Lähteenmäki, I., Välimaa, T., 1992. Teollisuuden mittaustekniikka. Analyysimittaukset. Helsinki: VAPK-kustannus.

Lammart Bies. RS-485, specifications and in depth tutorial. Luettu 18.2.2011.  
<http://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-485.html>

Simons, L., 1970. Fysiikka korkeakouluja varten. Porvoo: WSOY.

Suomen standardisoimisliitto SFS, 2002. SFS-EN 61140 Suojaus sähköiskuilta. Asennusten ja laitteiden yhteiset ominaisuudet.

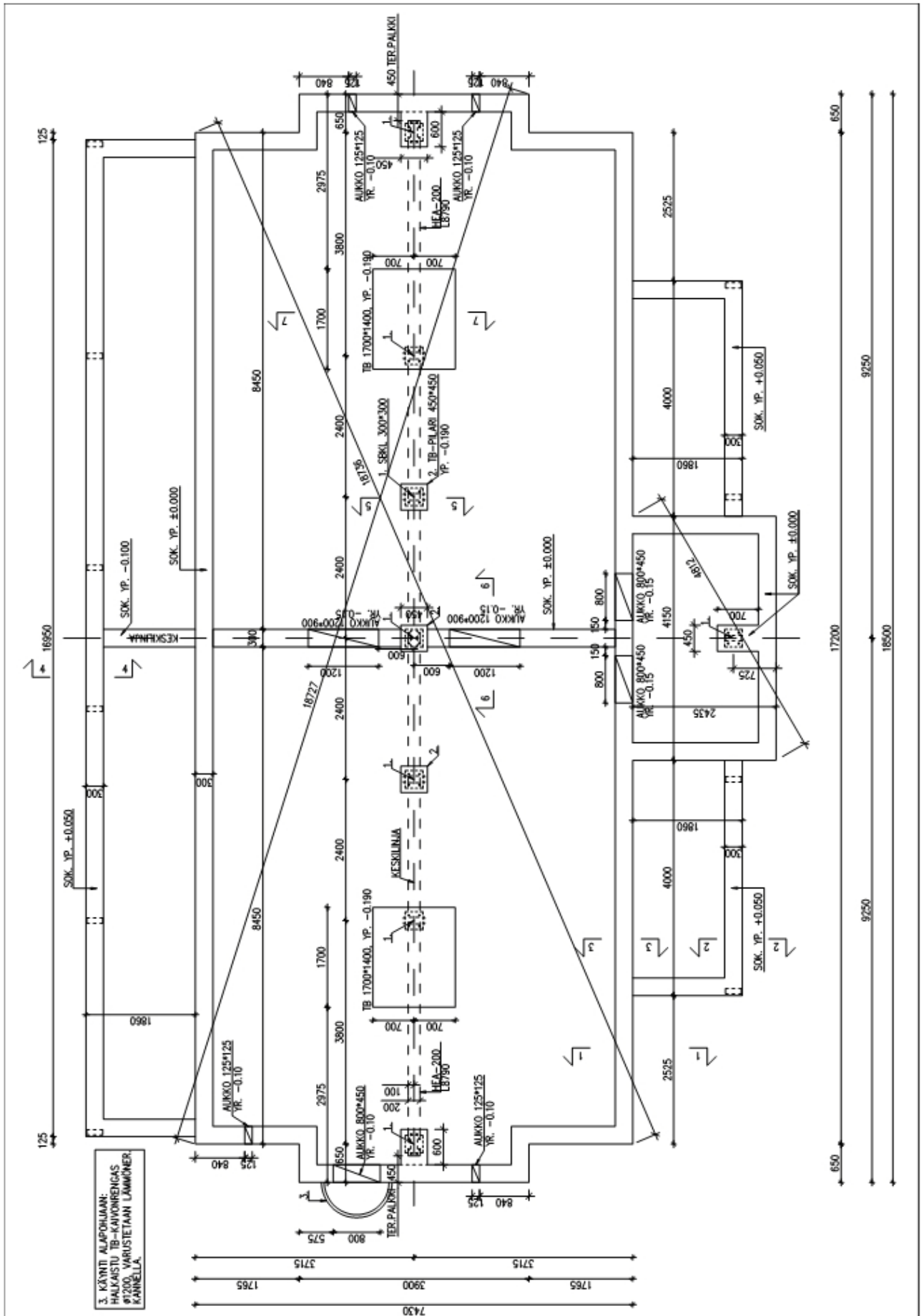
Tampereen ammattikorkeakoulu, 17.6.2008. Tutkimussuunnitelma ENRO, energiaa rossipohjasta -tutkimus.

Tampereen kaupunki Hyvinvointipalvelut, 25.5.2009. Päätöspöytäkirja 121 § ENRO - ENERGIAA ROSSISTA -PROJEKTIN KÄYNNISTÄMINEN.

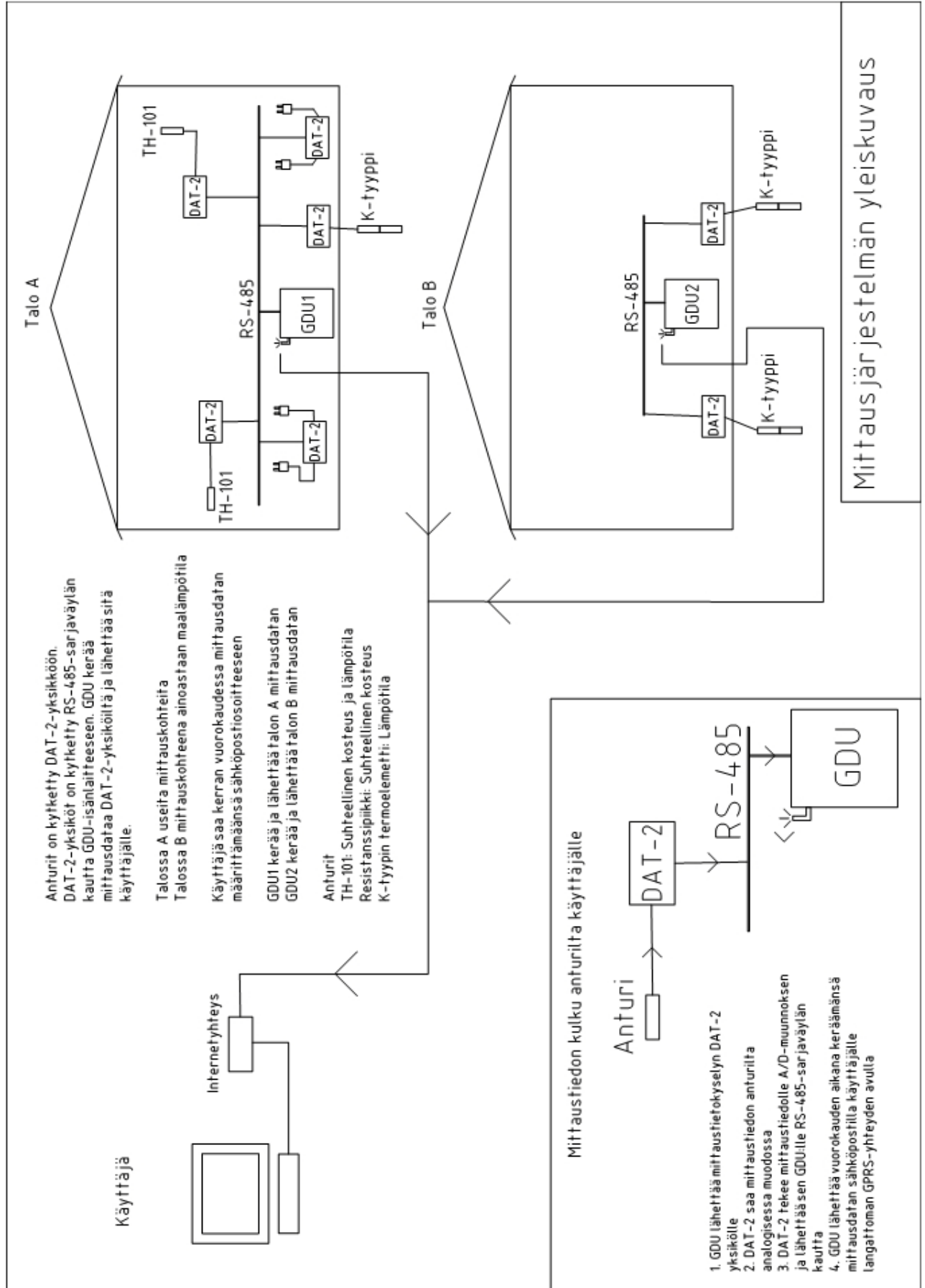
Texas Instruments, Soltero, M., Zhang, J., Cockril, C., 2010. RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations.

Wexon Oy. PT 100 vastusarvot, tarkkuudet ja kytkennät. Luettu 7.3.2011.  
<http://www.wexon.fi/sivu.php?id=61>

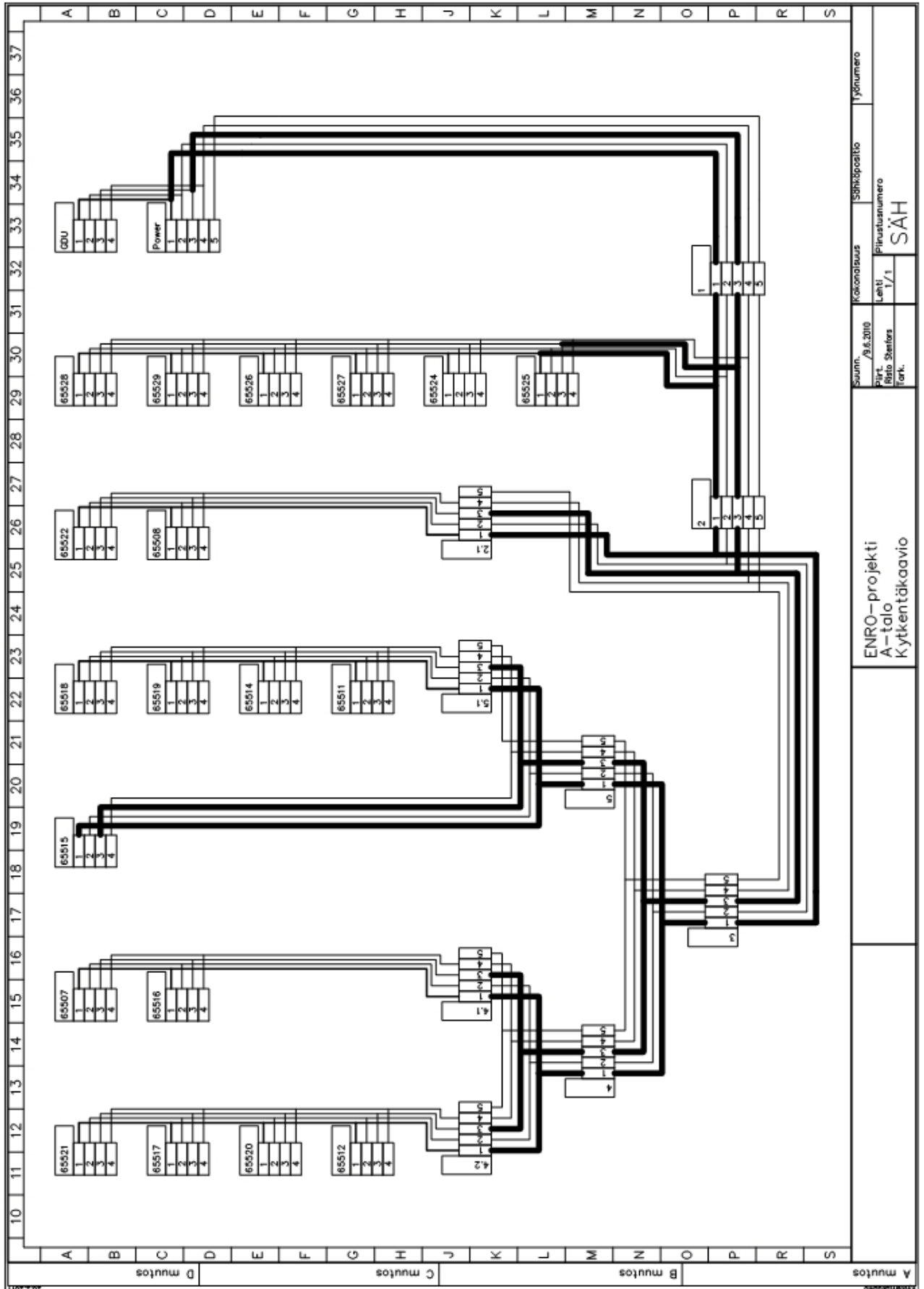
A-TALON POHJAPIIRUSTUS



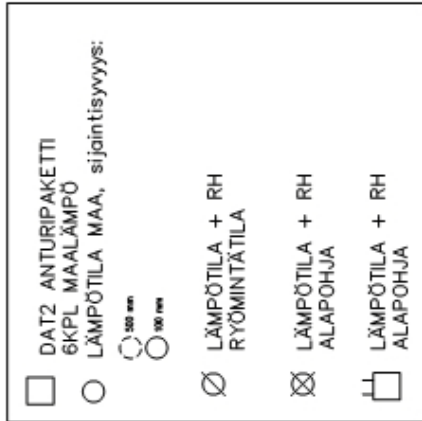
## MITTAUSJÄRJESTELMÄN YLEISKUVAUS



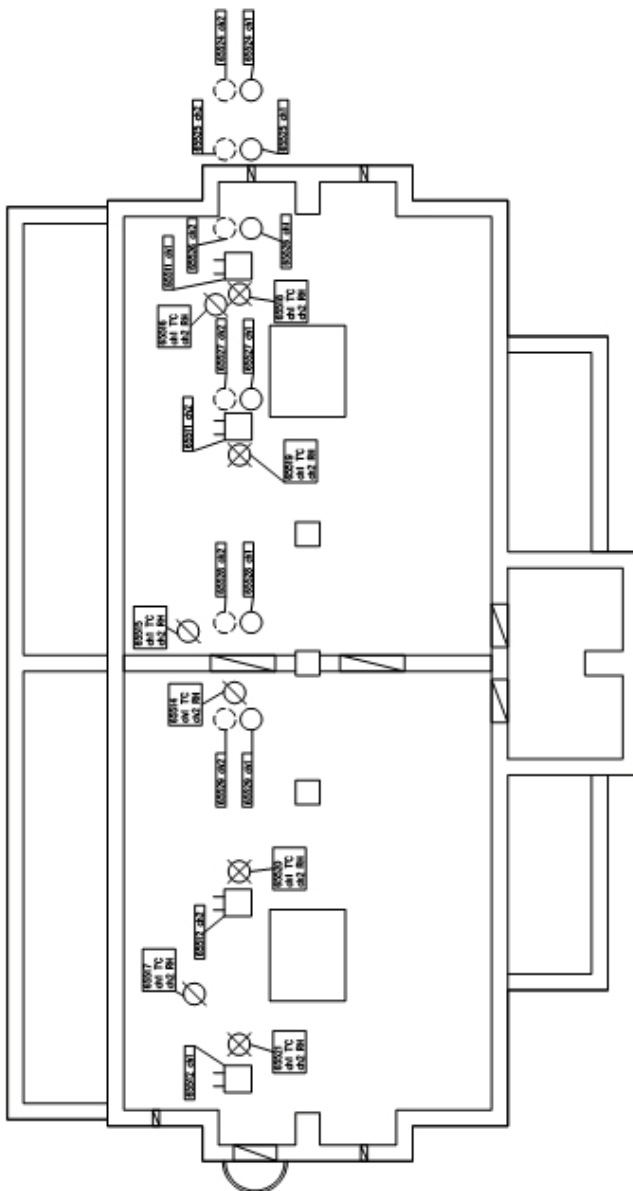
A-TALON KYTKENTÄKAAVIO



A-TALON ANTURIKARTTA

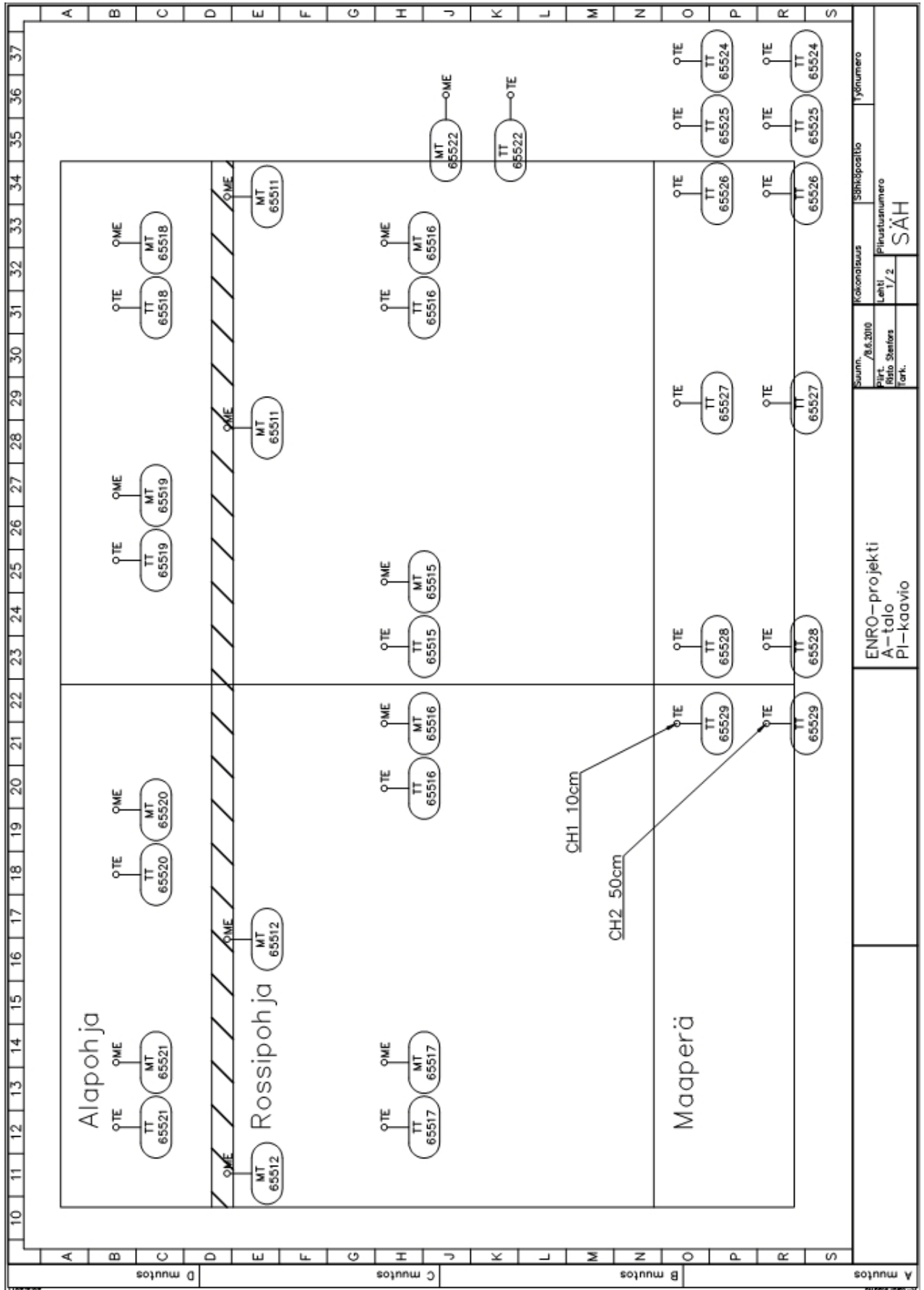


Osoite	Ryhmä	Anturi	Selite
65524.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65525.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65526.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65527.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65528.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65529.1.1	K-tyyppi	Maalämpötila	
65508.2.1	Pulsilaskuri	KWh x 2	
65522.2.1	RH-T	Ulkolämpötila/ilman kosteus	
65507.4.1	Pulsilaskuri	Vesimäärä	
65516.4.1	RH-T	Ryömintätilan ilma	
65512.4.2	Kosteus	Resistanssipiikki	
65517.4.2	RH-T	Ryömintätilan ilma	
65520.4.2	RH-T	Rakenteet	
65521.4.2	RH-T	Rakenteet	
65511.5.1	Kosteus	Resistanssipiikki	
65514.5.1	RH-T	Ryömintätilan ilma	
65518.5.1	RH-T	Rakenteet	
65519.5.1	RH-T	Rakenteet	
65515.5.2	RH-T	Ryömintätilan ilma	

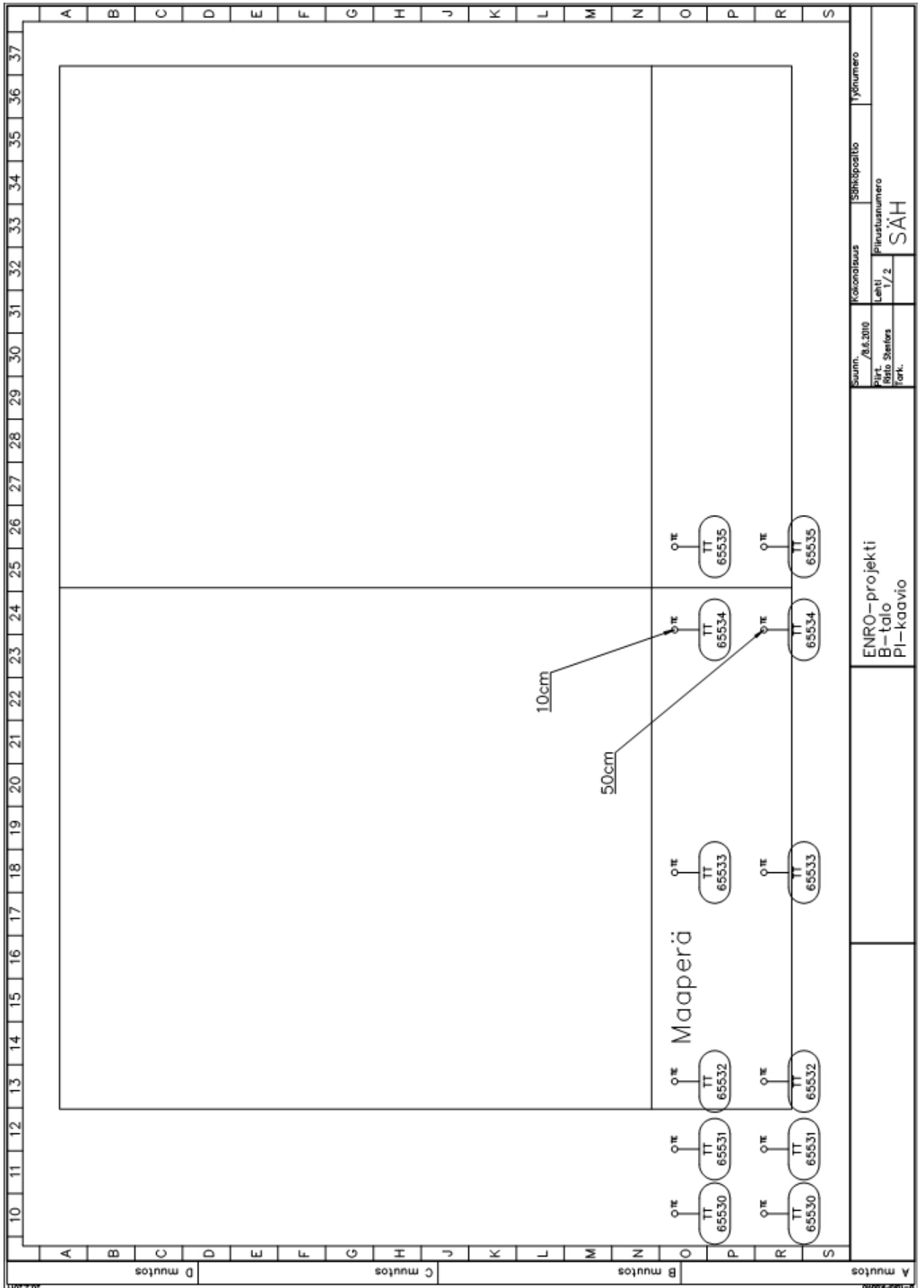


Kuvaus	Maalaus	Kaikki	Maalaus	Maalaus
01_PAKKALA_01002	01-933-08-A	01-933-08-A	01-933-08-A	01-933-08-A
LUODERAKENNUS	ANTURIKARTTA	ANTURIKARTTA	ANTURIKARTTA	ANTURIKARTTA
AS OY TUULENSUUNTE 1	TALO A	TALO A	TALO A	TALO A
01010 VANTAA	RAK	RAK	RAK	RAK
28.6.2010	Arttu Lehtonen/Risto Stenfors	Arttu Lehtonen/Risto Stenfors	Arttu Lehtonen/Risto Stenfors	Arttu Lehtonen/Risto Stenfors
01				

A-TALON PI-KAAVIO



B-TALON PI-KAAVIO



## GDU - DAT-2-TIEDONSIIRTO

GDU tekee mittauskyselyn DAT-2:lle, jonka osoite on 65535, kanava 1.

GDU lähettää viestin: #?65535M1

Kysely ASCII muodossa:

# = 35	? = 63	1 = 49
6 = 54	5 = 53	
3 = 51	M = 77	

=> 35 63 54 53 53 51 53 77 49

GDU:n lähettämä kysely binäärisenä stop-bitit merkattuna:

```
0010 0011 1 0011 1111 1 0011 0110 1 0011 0101 1 0011 0101 1 0011 0011 1 0011 0101 1
0100 1101 1 0011 0001 1
```

81 bittiä => 9600 bit/s => aikaa tiedonsiirtoon kuluu  $\frac{81bit}{9600 \frac{bit}{s}} = 0,00843s = 8,4ms$

DAT-2 vastaa osoitteensa, mittaustuloksen, mittaussuureen, ala- ja ylähälytyksen tilan, ala- ja ylähälytysrajat.

DAT-2 lähettää viestin: 65535;24,545Cels;-;-50,00;+100,0;

Vastaus ASCII muodossa:

6 = 54	C = 67	, = 44	s = 115
5 = 53	e = 101	+ = 43	0 = 48
3 = 51	l = 108	; = 59	
2 = 50	- = 45	4 = 52	

=> 54 53 53 51 53 59 50 52 44 53 52 53 67 101 108 115 59 45 59 45 59 45 53 48 44 48  
48 59 43 108 48 48 44 48 59

DAT-2:n vastaus stop-bitit merkattuna:

```
0011 0110 1 0011 0101 1 0011 0101 1 0011 0011 1 0011 0101 1 0011 1011 1 0011 0010 1
0011 0100 1 0010 1100 1 0011 0101 1 0011 0100 1 0011 0101 1 0100 0011 1 0110 0101 1
0110 1100 1 0111 0011 1 0011 1011 1 0010 1101 1 0011 1011 1 0010 1101 1 0011 1011 1
0010 1101 1 0011 0101 1 0011 0000 1 0010 1100 1 0011 0000 1 0011 0000 1 0011 1011 1
0010 1011 1 0110 1100 1 0011 0000 1 0011 0000 1 0010 1100 1 0011 0000 1 0011 1011 1
```

324 bittiä => aikaa tiedonsiirtoon kuluu  $\frac{324bit}{9600 \frac{bit}{s}} = 0,03375s = 33,75ms$



## MITTAUSDATA

pv.kk.vu	hh.mm.ss	CH165529	CH265529	CH165528	CH265528	CH165527	CH265527	CH165526	CH265526	CH165525	CH265525	CH165524	CH265524	CH165522	CH265522
28.10.2010	11:59:08	5	5,9	5,8	6,5	0	7,2	6,7	7,6	5	7,3	5,4	5,9	17,5	46,5
28.10.2010	12:59:08	5	6,1	5,7	6,6	6,1	7,3	6,4	7,6	5,2	7,2	0	5,8	14,3	62,6
28.10.2010	13:59:08	5	6,2	5,8	6,5	6,1	7,4	6,6	7,8	5,7	7,5	5,3	6	18,4	46
28.10.2010	14:59:08	5,2	5,9	5,9	6,7	6,2	7,4	6,6	7,5	6	7,4	5,4	5,8	22,9	32,8
28.10.2010	15:59:07	5,2	5,9	5,8	6,6	6,3	7,4	6,6	7,7	6,3	7,4	5,4	6	24,6	29,9
28.10.2010	16:59:07	5,3	6,1	5,9	6,7	6,2	7,4	6,7	7,6	6,5	7,4	5,4	5,8	25,4	28,8
28.10.2010	17:59:07	5,2	5,9	5,8	6,6	6,3	7,5	6,6	7,6	6,7	7	5,5	5,9	26,3	27,9
28.10.2010	18:59:06	5,3	6,2	5,9	6,6	6,2	7,4	6,7	7,8	6,8	7,3	5,5	6,1	26,6	27,4
28.10.2010	19:59:06	5,3	5,9	5,9	6,4	6,3	7,3	6,7	7,6	6,8	7,3	5,6	6,1	27,2	26,5
28.10.2010	20:59:06	5,3	5,9	5,9	6,6	6,4	7,5	6,7	7,5	6,8	7	5,6	5,9	27,3	26,7
28.10.2010	21:59:06	5,5	5,9	6	6,5	6,4	7,4	6,7	7,7	6,8	7,2	5,8	5,9	27,4	26,3
28.10.2010	22:59:05	5,5	6,2	5,9	6,6	6,3	7,3	6,7	7,6	6,8	7	5,8	6,2	28	25,5
28.10.2010	23:59:05	5,5	5,9	6	6,4	6,4	7,3	6,7	7,8	6,9	7,2	5,8	5,9	28,1	25,5
29.10.2010	0:59:05	5,5	6,2	6	6,4	6,4	7,4	6,8	7,6	6,8	7	5,7	5,9	28,1	25,6
29.10.2010	1:59:05	5,5	6,2	6	6,6	6,5	7,4	6,8	7,6	6,8	7	5,7	6,2	28	25,4
29.10.2010	2:59:04	5,6	6,2	6,1	6,5	6,4	7,2	6,7	7,8	6,8	7	5,9	6,2	28,5	24,6
29.10.2010	3:59:04	5,6	6	6,1	6,6	6,5	7,5	6,8	7,7	6,8	7,3	5,9	6,2	28,5	24,6
29.10.2010	4:59:04	5,6	6,2	6	6,7	6,5	7,4	6,8	7,5	6,7	7,2	5,9	6	28,6	24,6
29.10.2010	5:59:04	5,6	6,3	6	6,4	6,6	7,5	6,8	7,8	6,7	6,9	6	6,2	28,5	24,5
29.10.2010	6:59:03	5,5	5,9	6,1	6,6	6,6	7,3	6,8	7,7	6,7	7,2	6,1	6,3	28,6	24,4
29.10.2010	7:59:03	5,6	6,2	6,1	6,5	6,6	7,5	6,8	7,5	6,8	7,2	6,1	6,3	28,6	24,2
29.10.2010	8:59:03	5,6	6,3	6,1	6,6	6,5	7,4	6,9	7,5	6,9	7	6	6,2	28,9	23,8
29.10.2010	9:59:02	5,5	5,9	6,1	6,4	6,6	7,3	6,9	7,5	6,8	7,2	6,1	6,3	28,9	23,9
29.10.2010	10:59:02	5,6	6	6,1	6,5	6,7	7,4	6,9	7,8	7	7	6,2	6,3	29	23,8
29.10.2010	11:59:02	5,6	6	6,1	6,4	6,6	7,4	7	7,8	7	7,3	6,3	6,3	28,9	23,6
29.10.2010	12:59:02	5,6	6,2	6,1	6,6	6,7	7,5	6,9	7,7	7,1	7,2	6,3	6	28,9	23,8
29.10.2010	13:59:02	5,7	6	6,2	6,6	6,6	7,4	6,9	7,5	7,4	7,3	6,2	6	29,2	23,1
29.10.2010	14:59:02	5,6	6,2	6,1	6,4	6,6	7,4	7	7,7	7,5	7,3	6,4	6,1	29,3	23,5
29.10.2010	15:59:02	5,8	6	6,1	6,4	6,7	7,4	7	7,7	7,6	7	6,6	6,4	28,7	24,2
29.10.2010	16:59:02	5,7	5,9	6,2	6,4	6,7	7,3	7,1	7,8	7,8	7	6,7	6,4	29,1	23,5
29.10.2010	17:59:02	5,6	5,9	6,2	6,6	6,7	7,3	7,1	7,8	7,8	7,3	6,6	6,3	29	23,6
29.10.2010	18:59:02	5,8	6	6,1	6,6	6,7	7,4	7	7,7	7,5	7	6,6	6,3	29	23,4
29.10.2010	19:59:02	5,8	6,1	6,3	6,5	6,8	7,4	7	7,5	7,3	7,1	6,4	6,1	29,4	22,8
29.10.2010	20:59:02	5,7	6,1	6,2	6,7	6,7	7,5	7	7,5	6,6	7,1	6,4	6,2	29,3	22,5
29.10.2010	21:59:02	5,6	6	6,3	6,7	6,7	7,4	7	7,5	6,2	7,1	6,1	6,1	29,3	22,6
29.10.2010	22:59:02	5,5	6	6,3	6,7	6,6	7,5	7,1	7,6	5,8	7,1	5,8	6,4	29,1	22,9
29.10.2010	23:58:59	5,5	6	6,2	6,5	6,7	7,6	7,1	7,6	5,3	7,1	5,5	6,4	29,1	23

## KAAPELILUETTELO

Kaapelitunnus	Kaapelityyppi	Mistä	Mihin
2117	C4015 4x0.15	65521	65517
1720	C4015 4x0.15	65517	65520
2012	C4015 4x0.15	65520	65512
PA112	C2015 2x0.15	Piikkianturi 1	65512
PA212	C2015 2x0.15	Piikkianturi 2	65512
12JR4.2	C4015 4x0.15	65512	JR4.2
0716	C4015 4x0.15	65507	65516
16JR4.1	C4015 4x0.15	65516	JR4.1
15JR5	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	65515	JR5
1819	C4015 4x0.15	65518	65519
1914	C4015 4x0.15	65519	65514
1411	C4015 4x0.15	65514	65511
PA311	C2015 2x0.15	Piikkianturi 3	65511
PA411	C2015 2x0.15	Piikkianturi 4	65511
11JR5.1	C4015 4x0.15	65511	JR5.1
2208	C4015 4x0.15	65522	65508
08JR2.1	C4015 4x0.15	65508	JR2.1
2829	C4015 4x0.15	65528	65529
2926	C4015 4x0.15	65529	65526
2627	C4015 4x0.15	65526	65527
2724	C4015 4x0.15	65527	65524
2425	C4015 4x0.15	65524	65525
25JR1	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	65525	JR1
JR2.1JR2	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR2.1	JR2
JR4.1JR4	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR4.1	JR4
JR4.2JR4	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR4.2	JR4
JR5.1JR5	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR5.1	JR5
JR4JR3	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR4	JR3
JR5JR3	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR5	JR3
JR3JR2	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR3	JR2
JR2JR1	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR2	JR1
JR1Power	KJAAM 2x(2+1)*0.5+0.5	JR1	Power
PowerGDU	C4015 4x0.15	Power	GDU