

Jyri Kelin

# IMUKUIVAUKSEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikka


Huhtikuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  02.04.2013		
<b>Tekijä(t)</b>  Jyri Kelin	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Sähkötekniikka		
<b>Nimeke</b>  Imukuivauksen seurantajärjestelmä			
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän työn tarkoituksena oli tehdä järjestelmä, jolla on mahdollista arvioida imukuivauksessa olevien rakenteiden kuivuutta kuivauksen aikana. Järjestelmän tehtävänä oli mitata imukuivausprosessin poistoilman ja korvausilman lämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia. Laitteen oli määrä pystyä välittämään mitattuja arvoja etänä langattomasti. Järjestelmän avulla oli tarkoitus pystyä lyhentämään kuivausaikoja vähentämällä jo kuivuneiden rakenteiden kuivaamista.</p> <p>Työssä rakennettiin järjestelmä Mitsubishi Alpha 2-ohjelmoitavan logiikan ympärille. Alphaan liitettiin anturit mittamaan poistoilman ja korvausilman lämpötiloja ja suhteellisia kosteuksia. Alpha liitettiin internetyhteydessä olevaan tietokoneeseen. Tietokoneeseen asennettiin AlphaWebFX-tietokonesovellus, joka mahdollisti mittausarvojen lähettämisen internetiin tai sähköpostiin.</p> <p>Valmis järjestelmä tallensi määrätyin väliajoin mittaustulokset ja lähetti ne sähköpostilla. Mittaustulosten avulla oli mahdollista arvioida rakenteen kuivuutta. Järjestelmän avulla on mahdollista lyhentää kuivausaikoja ja näin ollen säästää kuivauksesta koituvia kuluja.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Seurantajärjestelmä, kuivuus, kosteusvahinko			
<b>Sivumäärä</b> 39 s. + liit. 3 s.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Kieli</b> Suomi</td> <td style="width: 50%;"><b>URN</b></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>		
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Jyrki Liikanen	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Famuso Oy		

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  02.04.2013	
<b>Author(s)</b> Jyri Kelin		<b>Degree programme and option</b>  Technology/Electrical engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Monitoring system for the suction drying process			
<b>Abstract</b>  <p>The aim of this thesis was to create a system which enables the monitoring of humidity in constructions during the suction drying process. The purpose of the system was to measure the temperature of the exhaust air and the supply air as well as the relative humidity levels. The system was designed to send the results of the measurements wirelessly to the Internet or to an email address. The aim of the system was to reduce the drying time by not drying the constructions already dried.</p> <p>The system was built around the Mitsubishi Alpha 2 Programmable Logic Controller (PLC). In order to measure the temperature in the exhaust air and the supply air as well as the relative humidity levels, sensors was attached to the PLC. The PLC was then attached to a computer with an Internet connection. Next, the AlphaWebFX PC application was installed to the computer, which enabled the system to send the results of the measurements to the Internet or to an email address.</p> <p>The system saves the data at fixed time periods and sends it via email. The data enables the monitoring of humidity in the constructions during the suction drying process. The results of this study clearly suggest that, with the help of the system, it is possible to reduce the drying time during a suction drying process and, thus, save in the drying costs.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  The suction drying process, drought, moisture damage			
<b>Pages</b> 39 p. + app. 3 p.		<b>Language</b> Finnish	
<b>URN</b>			
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b>  Jyrki Liikanen		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Famuso Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	FAMUSO OY .....	2
3	VESIVAHINKO .....	2
3.1	Vesivahingon havaitseminen .....	2
3.2	Vesivahingon aiheuttajat .....	3
3.3	Kosteusvahingon kuivaus .....	6
3.4	Kuivausurakointi.....	7
3.4.1	Kuivaintyyppjä.....	8
3.5	Imukuivaukseen soveltuvat lattiarakenteet.....	10
3.5.1	Kaksoislaattarakenne .....	10
3.5.2	Puukorotettulattia.....	11
3.5.3	Rakenteiden kosteustekninen toiminta .....	12
3.6	Vesivahingon korjaus .....	13
3.7	Ilman kosteus .....	13
3.8	Rakenteiden kuivumisen yleisperiaate .....	15
3.8.1	Veden painovoimainen siirtyminen .....	15
3.8.2	Veden kapillaarinen siirtyminen .....	15
3.8.3	Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla .....	16
3.8.4	Kosteuskonvektio.....	16
4	IMUKUIVAUKSEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ .....	16
4.1	Imukuivaus .....	16
4.2	Mittausjärjestelmä.....	19
4.2.1	Laitteet .....	20
4.3	AlphaWebFX.....	26
	Sovelluksen käytön aloitus.....	28
	Datapisteiden määrittäminen .....	29
	Client Setup.....	31
4.4	Seuranjärjestelmän testaus .....	33
4.4.1	Tulokset.....	35
5	POHDINTA .....	36
5.1	Kehityskohdat .....	38

LÄHTEET .....	39
LIITTEET .....	1
AL2-2PT-ADP:n kytkentä ja calibrointi .....	1
KytKentä .....	1
Lämpötila yksikön valinta.....	2
Calibrointi .....	2
Hienosäätö.....	3
Lähteet.....	3

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on kehittää mittausjärjestelmä, joka seuraa imukuivausta. Järjestelmä on tarkoitettu koota Mitsubishi alpha 2 ohjelmoitavan logiikan ympärille hyödyntäen AlphaWebFX-tietokonesovellusta. Järjestelmän tarkoitus on arvioida kuivauksessa olevan eristeen tai eristetilan kuivumista mittaamalla rakenteista poistettavaa kosteaa ilmaa ja kuivaa korvausilmaa. AlphaWebFX-tietokonesovellus kerää mitaustietoja ja lähettää niitä etänä käyttäjälle.

Kuivausurakointia suoritetaan yhä edelleen käsin mittaamalla, eli kun rakenteet on saatu kuivauskuntoon ja kuivaus aloitettu, käydään n. 1 - 2 viikon välein tarkistamassa rakenteiden kuivuus. Tyypillisesti kuivaukset kestävät 2 – 6 viikkoa riippuen kosteusvahingon laajuudesta. Kuivausaikojen on vaikea arvioida etukäteen, joten ainoa mahdollisuus on vain käydä käsin mittaamassa niin kauan, että rakenteen voi todeta kuivaksi.

Järjestelmän ideana onkin poistaa turhien käsin mittaukset ja lyhentää turhia kuivausaikoja. Nykyään jos kuivattava kohde on esimerkiksi 100 km päässä, aiheuttaa yksi mittausmatka turhia kuluja matkakulujen ja työajan myötä. Kohteesta täytyy ensin käydä pysäyttämässä kuivaus ja sitten odottaa muutama päivä, jotta kosteus on ilmassa ja rakenteessa tasaantunut. Tasaantumisen jälkeen voidaan suorittaa loppumittaus. Jos rakenteet ovat yhä kosteita, on jatkettava kuivausta. Tämä synnyttää kuivaukseen lisäkuluja asiakkaalle, hidastaa kuivausta ja vievät kuivausurakoitsijalta turhaan energiaa ja resursseja. Mikäli kosteusvahinko on niin suuri, että kiinteistön asukkaat joutuvat muuttamaan väliaikaisesti evakkoon, aiheutuu myös vakuutusyhtiöille tarpeettomia kuluja asukkaiden tilapäismajoituksesta kuivausajan ollessa pitkä. Asukkaita voidaan joutua majoittamaan muualla, vaikka rakenne olisikin jo kuiva, mutta sitä ei ole ehditty käydä toteamassa. Tämä myös lisää osaltaan muiden vakuutuksen ottaneiden vakuutusmaksuja.

Järjestelmän on tarkoitus mitata rakenteeseen puhallettavaa kuivaa ilmaa ja rakenteesta poistettavaa kosteaa ilmaa. Lähtöideana on, että kun kuivan korvausilman ja pois puhallettavan ilman suhteellinen kosteus olisivat lähellä toisiaan, voisi olettaa rakenteen olevan kuiva. Mittaustulosten perusteella olisi sitten mahdollista arvioida raken-

teen kuivuutta yhä tarkemmin kokemusperäisen tiedon karttuessa. Kokemusten perusteella olisi ehkä myös helpompaa arvioida kuivausten kestoja.

Järjestelmän mittaustuloksia on tarkoitus pystyä seuraamaan internetyhteyden tai GSM-verkon välityksellä hyödyntäen AlphaWebFX-sovellusta

## **2 FAMUSO OY**

Opinnäytetyön tilaaja Famuso Oy on vuonna 2008 perustettu yritys. Famuso Oy on lahtelainen yritys, ja se toimii pääsääntöisesti Lahdessa ja sen ympäristökunnissa. Famuso Oy on erikoistunut vesi- ja palovahinkojen saneeraustöihin, vesivahinkojen kartoitukseen ja kuivaukseen, hajun poistoon sekä kiinteistöjen remontointiin ja kunnossapitoon./1./

Famuso Oy:n perustajilla on kymmenien vuosien kokemus kiinteistö- ja vahinkosaneerauksista sekä JVT-töistä eli jälkivahinkojen torjuntatöistä. Saneeraus- ja JVT-töissä syntyviä sähkötöitä varten Famuso Oy on perustanut vuonna 2009 sisaryhtiön Famuso Electric Oy. Famuso Electric Oy suorittaa myös sähköurakointia ja kiinteistöautomaatiourakointia korjaustöiden lisäksi./1./

Famuso Oy työllistää 10 - 15 henkilöä. Henkilömäärä riippuu työn määrästä, jotka voivat vaihdella ja kasaantua. Vesi- ja palovahingot eivät seuraa, eivätkä ole riippuvaisia yleisistä taloussuhdanteista tai talouden näkymistä. Famuso Electric työllistää kolme sähköasentajaa./1./

## **3 VESIVAHINKO**

### **3.1 Vesivahingon havaitseminen**

Tyypillisesti vesivahingon aiheuttavat putkiston rikkoutuminen, rakennusvirheet tai kodinkoneen hajoaminen/2/.

Ensimmäiset havainnot vesivahingosta voivat olla esimerkiksi /2/:

- Veden ilmestyminen rakennuksen ulkopuolelle
- Veden tulo huonetilaan
- Pattereiden ilmaantuminen, kun vesi katoaa lämmitysverkosta
- Vesimittarin pyöriminen, vaikkei kulutusta kuuluisi olla
- Paineenkorotuspumppu käy lähes jatkuvasti
- Ennakoitua suuremmat vesi- tai lämmityskulut
- Kylmävesihanasta tulee lämmintä vettä
- Vuotoäänien kuuleminen, rappauksien lohkeilu ja irtoaminen
- Maalien väri muuttuu ja lattian rajassa maalit kupruilevat tai irtoilevat
- Puupinnat tummenevat
- Seinälevyt tai lattiaparketit turpoavat
- Laattojen irtoileminen
- Tunkkainen huoneilma ja kellarimainen haju.

### 3.2 Vesivahingon aiheuttajat

Vesivahinkojen yleisimmät aiheuttajat vakuutusyhtiöiden korvausmäärien perusteella ovat putkisto (60%), kylpyhuoneen eristeen pettäminen (27%) ja laiteviat (13%)/3/.

Finanssialan keskusliiton vuotovahinkoselvitys 2007 - 2008 osoittaa myös putkiston olevan suurin vesivahingon aiheuttaja. Selvityksessä on käyty 2210 vahinkotapausta Etelä-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan alueelta. Selvityksen mukaan suurin vahinkojen aiheuttaja on käyttövesiputkisto, joka oli vahingon syynä 624 tapauksessa. Seuraavaksi eniten vahinkoja aiheutti viemäriverkosto, joka oli vahingon syynä 442 tapauksessa. Kolmanneksi eniten vahingon aiheuttajana oli astianpesukone, joka aiheutti vahingon 308 tapauksessa. Neljänneksi eniten vahinkoa aiheutti lämmitysvesiverkko 203 tapauksellaan./4/

Finanssialan keskusliiton vuotovahinkoselvitys 2007 - 2008:n mukaan putkiston osuus vahingoista oli 57%. Putkiston jälkeen suurin yksittäinen osuus vahingoista aiheutuu astianpesukoneista, joiden osuus vahingoista oli 14 %.

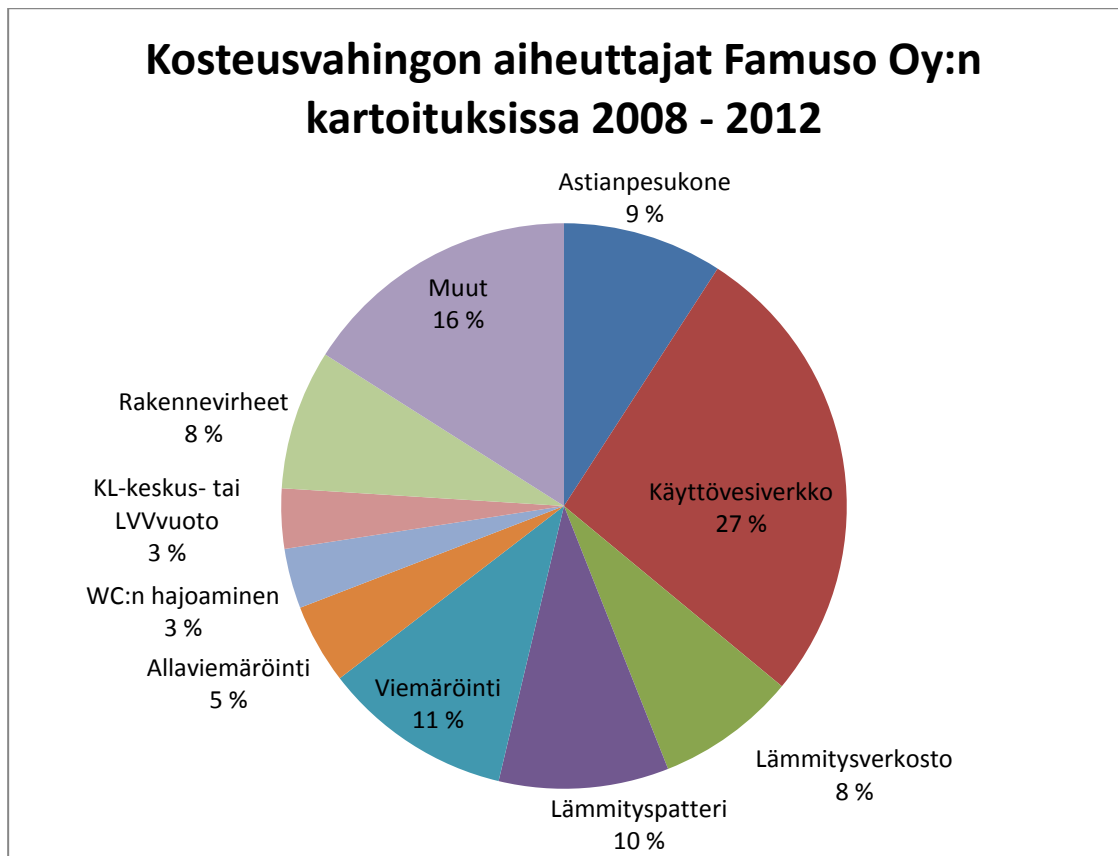




**KUVA 1. Finanssialan vuotovahinkoselvitys 2007 - 2008:n vahinkojen aiheuttajat/4/.**

Putkistojen, kylmälaitteiden ja vesikalusteiden vuodot johtuvat yleensä korroosion aiheuttamasta vauriosta, huonosta asennuksesta, heikosta liitoksesta tai huollon laiminlyömisestä. Kosteissa tiloissa vuotoriskejä aiheuttavat läpiviennit, viemärin kannen liitos ja vesieristeen liitokset./4./

Famuso Oy on suorittanut vuosina 2009 - 2012 yhteensä 175 vahinkokartoitusta. Kävin nämä kaikki kartoitukset läpi. Kartoituksista selvitin, mistä vahinko on aiheutunut ja onko sen korjaukseen ehdotettu imukuivausta. Kartoitukset ovat tehty Päijät-Hämeen alueella.



**KUVA 2. Kosteusvahingon aiheuttajat Famuso Oy:n kartoituksissa 2008 - 2012**

Famuso Oy:n tekemistä vahinkokartoituksissa putkiston vuotojen osuus on lähes 60%, kuten myös finanssialan vuotoselvityssä 2007-2008. Tilastot ovat samansuuntaisia. Famuson tilastossa muut käsittävät myös ulkopuoliset vedet. Ulkopuolisia vesiä ovat mm. aukinaisista ikkunoista tai ovista tulevat sadevedet, myrkyistä aiheutuvat vedet, tulipalonsammutus vedet tai tulvavedet. Muut vesivahingon syyt käsittävät myös kylmälaitteiden vuodot, lämpöpumppujen aiheuttavat vahingot, akvaariovahingot ja pesukonevahingot.

Famuso Oy:n kartoituksista selvisi, että 17 vahinkoon oli korjaustoimenpiteeksi ehdotettu imukuivausta. Vahingon aiheuttajasta ei voi päätellä, onko mahdollisesti käytettävä imukuivausta. Imukuivauksen tarpeeseen vaikuttaa ennen kaikkea kohta, jossa vuoto on tapahtunut, minkälainen on lattian rakenne ja käytetty lattian lämpöeriste. Imukuivausta voidaan käyttää kahdenlaisen lattiarakenteen kuivaukseen. Imukuivaukseen käyviä lattiarakenteita ovat maanvarainen kaksoislaattarakenne ja puukorotettu lattiarakenne. Rakenteen lämpöeristeen on oltava levyvillaa tai styrox-levyä, jotta niitä voidaan imukuivata.

### 3.3 Kosteusvahingon kuivaus

Kosteusvaurioon on syytä reagoida nopeasti, kun se on havaittu. Havainnon jälkeen on pyrittävä nopeasti selvittämään kosteusvaurion syy ja pysäytettävä vaurion eteneminen. Kosteusvaurion paikantamiseen käytetään pintakosteusmittauksia. Pintakosteusmittauksilla paikannetaan myös vahingon aiheuttaja. Kosteusvaurion syyn selvityä kartoitetaan kosteusvaurion laajuus, jossa niin ikään käytetään pintakosteusmittauksia. Lopulliset kosteusmittaukset suoritetaan rakennekosteusmittareilla./2./

Kosteusvaurion aiheuttajan ja laajuuden ollessa selvillä on korjattava vahingon aiheuttaja. Tämän jälkeen korjataan vaurioituneet rakenteet. Rakenteet uusitaan tai kuivataan riippuen rakenteesta ja sen uusimisen kalleudesta. Esimerkiksi lattiarakenteita on helpompi ja edullisempi kuivata kuin uusia kokonaan./2./

Kuivaus suoritetaan siis rakenteissa, joita ei ole taloudellisesti kannattavaa uusia, tai rakenteissa, joista kosteuden poistuminen luonnollisesti kuivumalla, veisi kohtuuttoman pitkän ajan.

Kuivaukseen laaditaan kuivaussuunnitelma, jossa otetaan huomioon rakennemateriaalien kuivumisnopeudet ja käytössä olevat kuivaimet. Kuivatusaikaan vaikuttavia tekijöitä ovat/2/:

- Kuivattava vesimäärä ja sen sijainti
- Kuivattavien materiaalien kuivumisominaisuudet
- Kuivausmenetelmä
- Kuivuustavoite

Kuivauksen alettua kuivausta seurataan suorittamalla tarkastuskäyntejä kuivattavassa kohteessa. Tarkastuskäynneillä rakenteiden kosteudet ja pidetään niistä pöytäkirjaa./2./

Kuivauksen kesto on aina tapauskohtaista. Kuivauksen lopetusajankohtaa kartoittaessa on tavoitteena oltava rakenteiden riittävä kuivuminen. Kuivauksessa kevyet rakenteet kuivuvat usein jopa kuivemmaksi, kuin mitä ne normaalitilanteessa olisivat. Sen sijaan betonin kuivaus on hidasta, eikä sitä tarvitsekaan kuivattava samalle kosteusta-

solle kuin kostumattomat osat. Betonirakenteissa on otettava huomioon rakenteen kosteuden kestävyys sekä kuivumismahdollisuudet uuden päällystämisen jälkeen päällysteen läpi. Betonin kuivaus voi nostattaa betonin pintaan suoloja, jotka vaurioittavat päällysteitä tai niiden kiinnityksiä./2./

Kosteusvaurion aiheuttajan poistamisen ja rakenteiden korjauksen ja kuivattamisen jälkeen on suoritettava lopputarkastus. Lopputarkastuksen tarkoituksena on varmistua korjauksen onnistumisesta ja laadusta. Lopputarkastus sisältää kuivausraportin ja jälkimittauksen tulokset./2./

### **Huoneilmankosteuden raja-arvoja/2/.**

<b>Kriteeri</b>	<b>Suhteellinen kosteus RH</b>
Huoneilma kesällä	30-40 %
Huoneilma talvella	25-45 %
Sisälle kulkeutuneet tai rakennusmateriaaleissa olevat itiöt eivät vielä pysty muodostamaan kasvustoa	50- 60%
Home alkaa kasvaa	70-80 %
Lahottajasienet alkavat kasvaa	90-95 %

### **3.4 Kuivausurakointi**

Kuivumisen edesauttamiseksi on ennen rakenteiden kuivausta purettava pintarakenteet, jotka haittaavat ja hidastavat rakenteen kuivumista. Käytännössä lattia- tai seinäpinta aukaistaan ja jyrsitään sen alta kostuneet tasoitteet, mattoliimat tai kiinnityslaastit kokonaan pois. Kaikki mitä ei ole tarkoitus kuivata poistetaan, esimerkiksi kastuneet eristeet. Kuivaus suoritetaan vain rakenteille, jotka säilyvät. Tilakuivauksissa kuivumista nopeutetaan johtamalla koneellisesti kuivattua ilmaa kostuneelle alueelle./5./

Kuivauksiin käytetään erikokoisia koneellisia kuivaimia, riippuen siitä millainen vahinko on käynyt. Kuivurityyppejä ovat mm. lämpöpuhaltimet ja -patterit, infrakuivaimet, korkeapaineimurit, sivukanavapuhaltimet ja kotelopuhaltimet./5/

Kuivauksessa kostuneeseen rakenteeseen johdetaan kuivattua ilmaa, jolloin rakenteessa oleva kosteus siirtyy huoneilmaan. Huoneilmaa kuivataan kuivauslaitteella, joka erottaa siitä kosteuden. Kuivaa ilmaa puhalletaan edelleen rakenteisiin ja kosteus poistetaan, eli vesihöyry poistetaan rakennuksesta puhaltamalla se ulos ikkunasta, poistoilmakanavasta tai korvausilmaventtiilistä. Pienissä vahingoissa, joissa kastunut alue on riittävän pieni, voidaan käyttää kohdennettua kuivausta. Kohdennetussa kuivauksessa puhallin tai infralämmitin suunnataan suoraan kastuneeseen alueeseen. Infralämmitin on tähän tarkoitukseen erityisen tehokas, mikäli sen kytkee toimimaan kellokytkimen kanssa, jolloin se saa lämpötilan nopeasti nousemaan ja laskemaan, jolloin myös ilma alkaa liikkua. Eristetilojen kuivaamisessa käytetään tilakuivureiden lisäksi korkeapaineimureita tai sivukanavapuhaltimia, jotta ilma eristetilassa saadaan liikkumaan./5./

Kuivausmenetelmä on valittava tilanteen mukaan. On otettava huomioon vaurioiden laajuus ja rakennemateriaalit. On myös hyvä ottaa huomioon asukas: mikäli hän haluaa kiinteistössä kuivauksen ajan, on hyvä minimoida kuivauksesta aiheutuvat haitat. Haittoja voi vähentää sijoittamalla putket ja kaapelit niin, että kulkeminen onnistuu. Äänihaittoja voi vähentää sijoittamalla kuivauslaitteet eri tilaan ja liikuttaa ilmaa kuivaustilaan putkilla./5./

Kuivausta seurataan mittaamalla kostutut rakenne noin viikon välein. Mittaukseen käytetään käsimittareita. Kuivausta jatketaan niin kauan, että kosteus on saatu raja-arvojen alapuolelle./5./

### **3.4.1 Kuivaintyyppejä**

Kondensiolla toimiva rakennuskuivaimen toiminta perustuu veden kondensioon. Se on rakennuskuivauksen peruslaite. Kone imee kosteaa ilmavirtaa ja erottaa siitä kosteuden puhaltamalla kuivan ilman takaisin huoneilmaan ja poistaen kosteuden ulos rakennuksesta. Rakenteen kuivuvat, kun niissä oleva kosteus siirtyy kuivaan sisäilmaan. Rakennuskuivainten erotustehot ovat n. 20-80l/vrk./3./

Adsorptiokuivain on myös rakennuskuivain. Sen toiminta perustuu myös veden kondensioon ja se toimii lähes samoin kuin edellä mainittu kondensiokuivain. Ainoa ero

kondensiokuivaimen on, että adorpriokuivain kerää kosteasta ilmasta erotellun veden itseensä ja pumppaa sen esimerkiksi lattiakaivoon./3./

Turbiinikuivamilla on tarkoitus kuivata paikkoja, joita varten pitäisi purkaa muutakin kuin vain pintarakenteet, eli sillä kuivataan erilaisia rakennekerroksia ja eristetiloja. Turbiinikuivamen lisäksi usein asennetaan rakennuskuivain, joka suorittaa kosteuden erottelun ja turbiini vain puhaltaa kuivaa ilmaa rakenteeseen./3./

Aksiaalipuhaltimilla siirretään kuivaa ilmaa kostuneille pinnoille. Aksiaalipuhaltimet ovat varsin tehokkaita, kun kuivataan laajoja kostuneita aloja./3./

Levykuivaimet ovat levyn muotoisia, ja niiden toiminta perustuu lämpösäteilyyn eli infrapunasäteilyyn. Kuivaimet asennetaan kiinni kostuneeseen pintaan, jolloin lämpösäteet kuivuttavat pinnan. Kuivaimia täytyy siirrellä, tai sitten niitä täytyy olla riittävästi, jotta voidaan peittää koko kastunut ala./3./



**KUVA3.Levykuivaimia**

## Vesivahingon puhdistus

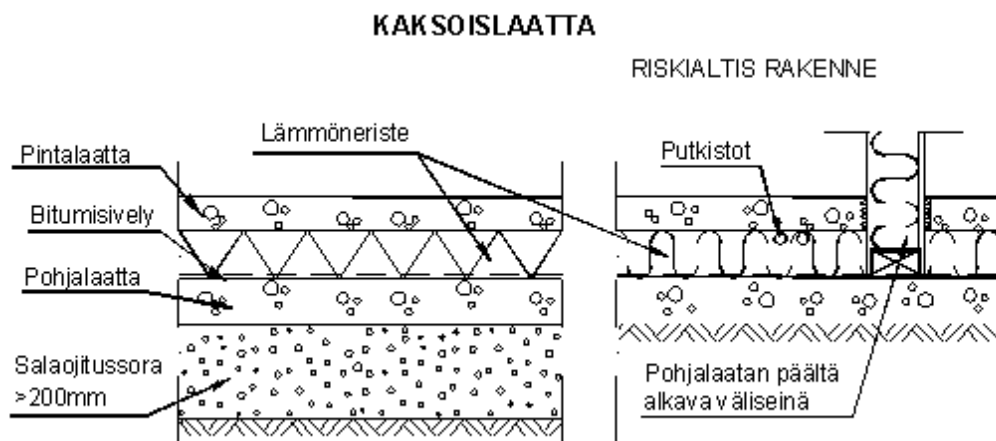
Rakenteen kuivuttua on rakenteet puhdistettava desinfiointiainein ja tarpeen vaatiessa käsiteltävä homeenestoaineilla, jotta voidaan varmuudella tietää, ettei niissä ole enää haitallisia homeitiöitä tai bakteereja, ja ne voidaan jättää rakenteen sisään. Tämän jälkeen rakenteet ovat valmiina uudelleen rakennusta varten. Puhdistus on varsin nopea toimenpide ja tyypillisesti se suoritetaan yhden päivän aikana./6./

### 3.5 Imukuivaukseen soveltuvat lattiarakenteet

Lattiarakenteita, joissa eristetilaa ja eristettä on mahdollista kuivata imukuivauksella, ovat ns. kaksoislaattarakenne ja puukorotettulattiarakenne. Mittausjärjestelmän avulla on tarkoitus pystyä arvioimaan juuri näiden lattiarakenteiden eristeiden tai eristetilojen kuivumista.

#### 3.5.1 Kaksoislaattarakenne

Kaksoislaattarakenne on kevytrakenteinen lattiarakenne, joka on tehty maanvastaisen lattian päälle (kuva 4). Kosteusriskirakenteeksi sen tekee se, että lattiarakenteen päällä on lämmöneriste, jolloin alempi laatta on kylmemmässä tilassa ja kosteus voi tiivistyä sen ja eristeen väliin. Riskiä voi pienentää laittamalla lämmöneristys myös betonilattian alle./6./



**KUVA 4. Kaksoislaattarakenne/6/**

Alalaatan varaan tehty puuseinä on liian kylmässä tilassa kosteusvaurioriski. Laatan reuna-alueen alapuolella oleva lämpötila on n. 5 - 10 °C. Sisäilman ollessa liian kostea

voi puuseinän alaosaan tiivistyä kosteutta aiheuttaen kosteusvaurion. Kaksoislaattarakenteen pohjalaatan päällä olevat väliseinät ovat riskialttiita, sillä kivirakenteet nostattavat kosteutta ja puurakenteen kärsivät./6./

Keskellä laattaa vaikuttaa rakenteen sisältä tulevat lämpövuodot, joiden johdosta laatan lämpötila on n. 7 - 12 °C. Seinän alaosan kosteus vastaa maaperän kosteutta, koska olennainen lämpötilaero puuttuu./6./

Suurta vahinkoa voi aiheutua, jos ulkopuolinen pintavesi tai putken vuodosta johtuva vesi pääsee eristetilaan. Veden edetessä laajalle tulevat vauriotkin isoiksi./6./

Putket, jotka ovat kaksoislaattarakenteen sisällä, aiheuttavat kosteusvahinkoriskin. Kaksoislaattarakenteen eristemateriaalit vaikuttavat riskialttiuteen. Mikäli eriste on purua, kuten vanhoissa rakennuksissa yleisesti, voi vahingosta syntyä isompi, kuin mitä se olisi, jos eriste olisi jotain muuta materiaalia. Puru ei päästä kosteutta lävitseen vaan imee kosteutta itseensä ja näin laajentaa vaurioaluetta./6./

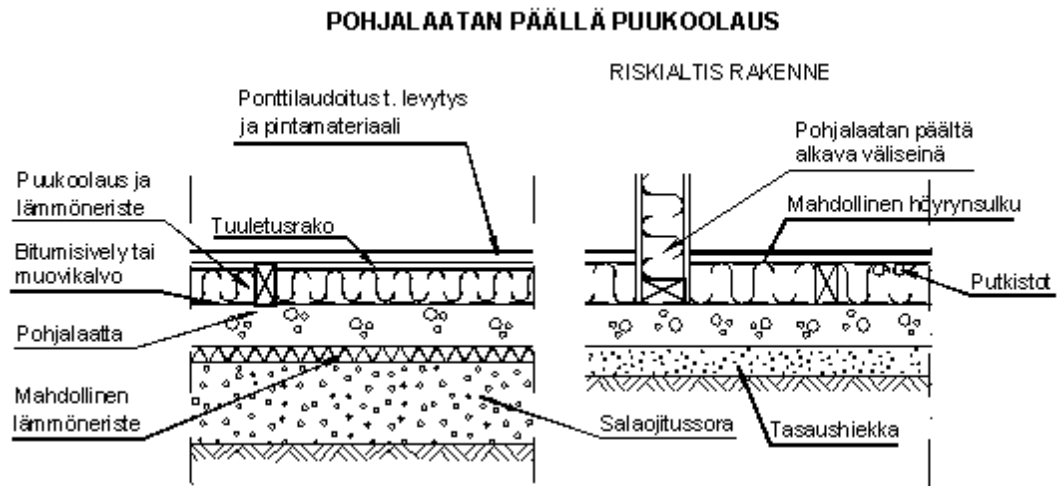
Putkivuoto pintalaatassa tai eristetilassa voi aiheuttaa rakenteiden kostumista laajalla alueella. Putkivuodon löytäminen on usein vaikeaa, ja sen esiintulo voi kestää usein kuukausia ja pahimmillaan jopa vuosia. Esiintulon pitkittyessä homevaurioiden lisäksi puuseinissä ja –rakenteissa voi alkaa esiintyä lahovaurioita. Lämmöneristeissä syntyy homekasvustoa, kun vuoto on jatkunut pitkään. Homekasvustoa ruokkii rakennusvaiheessa rakenteisiin jäänyt sahan puru ja vuotavassa vedessä mukana liikkuvat ravinteet. Tulipalon sammutus voi vastata pahaa putkivuotoa./6./

Eristetilaan ulkopuolelta valunut vesi havaitaan monesti tunkkaisen hajun perusteella. Tunkkainen haju syntyy, kun eristetilaan kasvaa kosteuden takia sädesieniä, jotka aiheuttavat hajun./6./

### **3.5.2 Puukorotettulattia**

Puukorotetun lattian rakenteessa on kerros, joka toimii höyrysulkuna, jolloin maastanouseva kosteus ei haihdu, vaan se pysähtyy höyrysulkuun ja imeytyy rakenteen alaosaan (kuva 5). Myös betonin rakennusaikainen kosteus voi siirtyä rakenteisiin ja myöhemmin vaurioittaa lattiarakenteita./6./





**KUVA 5. Puukorotettu lattia/6/**

Mikäli rakenteessa ei ole höyrysulkua, voi sisäilman kosteus tiivistyä varsinkin lattialaatan reuna-alueilla, joissa lattialaatan lämpötila on kylmempi kuin laatan keskellä, kylmän laatan pintaan./6./

Kosteus lattian sisällä voi synnyttää mikrobivaurion. Mikrobivaurio lattian sisällä synnyttää itiöitä, rihmastoa ja aineenvaihduntatuotteita, joita kulkeutua huoneilmaan, lattian tiiviydestä ja pintamateriaalista riippuen. Aineenvaihduntatuotteet ovat kaasumaisia, ja ne voivat kulkeutua kevyiden rakenteiden läpi ja vaurioittaa esimerkiksi betonin./6./

### 3.5.3 Rakenteiden kosteustekninen toiminta

Betonilaatan lämpötila on miltei sama kuin on maan lämpötila. Näin ollen betonilaatan suhteellinen kosteus on lähes 100 % ja kosteuden hallintaan on annettu seuraava ohje: ”Betonilaatta on erotettava muusta lattiarakenteesta kosteussululla, joka sijaitsee eristeen kylmällä puolella. Kosteussulun tulee olla alkankestävää ja sen tulee olla yhtenäinen koko betonilaatan alueella. Kosteussulkua ei saa puhkoa, kun tehdään yläpuolisia rakenteita.”/6./

Betonilaatan alta ja itse laatasta on poistettava kaikki lahoamista tai homeutumista aiheuttava eloperäinen aines. Valuun unohdetut naulauspuut ja puukiilat ovat tyypillisiä vaurion aiheuttajia ja niiden todettu mikrobivaurioituneen jo alle vuoden aikana./6./

Puunkorotus nostattaa betonilaatan lämpötilaa paikallisesti korokkeen kohdalta, koska korotus synnyttää kylmäsilan. Betonihuokosten suhteellinen kosteus pienenee korokkeen lähellä. Lämpötila ei kuitenkaan vaikuta kapillaarisuuteen, ja tärkeää onkin, että kapillaarinen vedennousu katkaistaan. Betonilaatan päällä oleva kosteussulku voidaan toteuttaa tekemällä vedeneristyskerros, jolloin varmistutaan kapillaarisen veden nousun katkaisusta. Puut täytyy aina erottaa betonista huopakaistalla./6./

Aikaisemmin on annettu ohjeita, että betonilaatan alle olisi asennettava muovikalvo katkaisemaan maasta nousevan kosteuden kulku. Muovikalvon pysyminen ehjänä laatan tekovaiheessa on kuitenkin äärimmäisen vaikeaa. Kalvo estää myös laatan kuivumista alaspäin, mikä pitkittää rakennusaikoja. Kalvon ja laatan väliin voi myös päästä kosteutta kalvon reunoilta ja vaurioittaa laattaa./6./

Huonetilan korkea kosteus aiheuttaa vaurioita lattian koolaukselle ja korotukselle. Lattiapalkit ja niiden korotuksen alaosat varsinkin ulkoseinien läheisyydessä ovat niin kylmässä lämpötilassa, että rakenteisiin voi kondensoitua kosteutta tai suhteellinen kosteus voi paikoin nousta korkeaksi./6./

### **3.6 Vesivahingon korjaus**

Kosteusvaurion havaittua on selvitettävä jatkotoimenpiteet. Kosteusteknisissä tutkimuksissa selvitetään korjauksen tarve. Korjaussuunnittelua varten kosteusteknisessä tutkimuksessa on suoritettava rakenteiden avaukset ja puurakenteiden ja eristeen mikrobitutkimukset./6./

Korjaustyöstä tehdään yksityiskohtainen korjaussuunnitelma kosteusvaurion ja sen aiheuttajasta riippuen./6./

### **3.7 Ilman kosteus**

Ilma sisältää vesihöyryä. Ilman voi sisältää sitä enemmän vesihöyryä, mitä lämpimämpää ilma on. Ilman sisältämää kosteutta ilmaistaan yleensä absoluuttisena kosteutena tai suhteellisena kosteutena./7./

Absoluuttinen kosteus  $p$  tarkoittaa vesihöyryn massaa tilavuutta kohden, eli monta grammaa vesihöyryä yksi kuutio ilmaa sisältää ( $\text{g}/\text{m}^3$ ). Ilma voi sisältää tietyssä lämpötilassa tietyn enimmäismäärän kosteutta  $p_{\text{kyl}}$ , jolloin ilma on kylläistä (Kuva )./7./

Suhteellinen kosteus RH (Relative Humidity) kertoo prosentteina, miten lähellä ilman absoluuttinen kosteus on maksimi kosteutta tietyssä lämpötilassa. Ilman suhteellinen kohteus voidaan siis esittää muodossa/7/:

$$RH = \frac{p}{p_{kyl}} \times 100\%$$

Maksimi kosteuden määrää tietyssä lämpötilassa, kutsutaan kastepisteeksi. Kastepisteessä ilman suhteellinen kosteus on 100 % ja kosteus alkaa tiivistyä pisaroiksi./7./

Lämpötila ° C	Maksimikosteus g/m <sup>3</sup>	Palne kPa	Lämpötila ° C	Maksimikosteus g/m <sup>3</sup>	Palne kPa
-30	0,33	0,037	16	13,6	1,82
-25	0,55	0,063	17	14,5	1,94
-20	0,88	0,103	18	15,3	2,06
-15	1,39	0,165	19	16,3	2,20
-10	2,36	0,287	20	17,3	2,34
-9	2,54	0,310	21	18,3	2,49
-8	2,74	0,335	22	19,4	2,64
-7	2,95	0,362	23	20,6	2,81
-6	3,17	0,391	24	21,7	2,98
-5	3,41	0,422	25	23,0	3,17
-4	3,66	0,455	26	24,3	3,36
-3	3,93	0,490	27	25,7	3,56
-2	4,21	0,527	28	27,2	3,78
-1	4,52	0,568	29	28,8	4,01
0	4,85	0,611	30	30,3	4,24
1	5,19	0,657	35	39,5	5,62
2	5,56	0,706	40	51,1	7,38
3	5,95	0,758	45	65,3	9,58
4	6,36	0,813	50	82,5	12,3
5	6,79	0,872	55	104	15,7
6	7,26	0,935	60	129	19,9
7	7,74	1,00	65	160	25,0
8	8,25	1,07	70	197	31,2
9	8,83	1,15	75	238	38,3
10	9,41	1,23	80	290	47,3
11	9,99	1,31	85	350	57,8
12	10,6	1,40	90	418	70,1
13	11,4	1,50	95	497	84,5
14	12,1	1,60	100	588,4	101,3
15	12,8	1,70			

**Kuva 6. Maksimi kosteus ja kylläisen vesihöyryn paine /7/**

### 3.8 Rakenteiden kuivumisen yleisperiaate

Rakenteet kuivuvat eri kosteudensiirtoilmiöiden vaikutuksesta. Suhteellisen kosteuden ollessa kapillaarialueella, eli suhteellinen kosteus on yli 98 %, Kosteus siirtyy kapillaarisesti rakenteessa olevien materiaalien sisältä rakenteen pinnoille. Ilmavirtaukset kuivattavat rakenteen pinnalle siirtynyttä kosteutta. Suhteellisen kosteuden ollessa hygroskooppisella alueella eli suhteellinen kosteus on alle 98 %, kosteus siirtyy materiaalin sisältä diffuusion ja ilmavirtausten avulla. Kosteutta poistuu materiaalista myös painovoimaisesti. Rakenteet eivät voi kuivua, painovoimasta johtuvaa kosteuden siirtymistä lukuun ottamatta, jos ympäristön suhteellinen kosteus on 100 %./8./

#### 3.8.1 Veden painovoimainen siirtyminen

Vesi kulkee painon voiman vaikutuksesta alaspäin. Kapillaariset voimat ovat usein painovoimaa suurempia, joten kapillaarisesti vettä imevissä materiaaleissa veden painovoimaisella siirtymisellä ei ole useinkaan merkitystä. Kapillaarisissa materiaaleissa veden painovoimainen siirtyminen on mahdollista, jos materiaali on karkeaa raetta./9./

Rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta valtava osa perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen. Vettä pyritään siirtämään erilaisilla kaltevilla pinnoilla, kuten kaadoilla, putkilla ja räystäillä. Ei toivottua veden painovoimaista siirtymistä voi esiintyä läpivienneissä, saumoissa, halkeamissa tai raoissa./9./

#### 3.8.2 Veden kapillaarinen siirtyminen

Kapillaarisesti vettä siirtyy materiaaliin veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin. Vesi voi siirtyä kapillaarisesti mihin tahansa suuntaan, sillä siihen kohdistuva huokosalipaine vaikuttaa kaikkiin suuntiin. Kapillaarinen kosteustasapaino saavutetaan kosteuden ollessa korkeudella, jossa maan vetovoima ja huokosalipaine ovat tasapainossa. Tällainen tilanne syntyy mm. maavastaisen lattian alla olevaan salaojakerrokseen./9./

Seinärakenteissa ilmaan haihtuva kosteus vaikuttaa tasapainotilanteeseen. Haihtuvan kosteuden määrä vaikuttaa kosteuden nousun korkeuteen. Kapillaarisesti siirtyvän ja haihtuvan kosteuden välille syntyy dynaaminen tasapainotilanne. Kosteuden siirtymi-

seen vaikuttaa myös rakenteiden materiaali, poikkipinta-ala ja ympäristön ilman kosteus. Eri materiaaleilla on erilaiset kyvyt siirtää kosteutta kapillaarisesti. Suurempi poikkipinta-ala pystyy siirtämään enemmän kosteutta, mutta jos ympäristön suhteellinen ilman kosteus on 100 %, ei ilma voi ottaa kosteutta vastaan ja kosteuden siirtyminen jatkuu kapillaarisesti rakenteessa./9./

### **3.8.3 Vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla**

Vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään vesihöyrypitoisuuteen. Eli suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään osapaineeseen. Diffuusiovirtaus on sitä suurempi, mitä on vesihöyrypitoisuuksien ero eri puolilla rakennetta. Materiaalinen vesihöyrynläpäisevyys vaikuttaa diffuusiovirtauksen nopeuteen. Eri materiaalit läpäisevät vesihöyryä eri lailla./9./

Rakennusten sisällä on useimmiten enemmän kosteutta kuin ulkopuolella. Diffuusiovirtauksen suunta on siis usein sisältä ulos. Diffuusion suuntaa ei määrää lämpötilaero. Kosteutta voi tulla kylmemmästä lämpimämpää diffuusiolla esimerkiksi alapohjarakenteissa. Rakenteeseen voi kylminä aikoina tiivistyä haitallisesti kosteutta, mikäli rakenteesta pääsee enemmän vesihöyryä rakenteeseen diffuusiolla kuin rakenteesta voi poistua./9./

### **3.8.4 Kosteuskonvektio**

Vesihöyry on yksi ilman osakaasu. Ilmavirta siirtää vesihöyryä, jos se on tiivistynyt ilman epäpuhtaushiukkasten ympärille muodostaen vesipisaroita. Tuuli voi siirtää sivuttaissuunnassa vesipisaraa tai vesikalvoa./9./

Kylminä aikoina kostean sisäilman virratessa rakenteisiin voi ilman sisältämän kosteuden tiivistyminen rakenteen sisään aiheuttaa kosteusvaurioriskin. Usein ongelmia esiintyy yläpohjassa, sillä usein yläkerta on ylipaineinen./9./

## **4 IMUKUIVAUKSEN SEURANTAJÄRJESTELMÄ**

### **4.1 Imukuivaus**

Imukuivausta käytetään eristeiden, eristetilojen ja erilaisten välitilojen kuivauksessa. Kuivattavia eristeitä ovat styrox-levyt ja levyvilla. Imukuivauksessa välitilasta ime-

tään ilmaa, joka on kostea kastuneiden eristeiden johdosta, ulos rakennuksesta. Tällöin välitilaan syntyy alipaine, ja välitilaan ohjataan korvausilmareikien avulla kuivattua ilmaa, jota kulkeutuu välitilaan alipaineen vaikutuksesta. Korvausilmaa voidaan kuivata ilman kuivaimilla./1./



**KUVA 7. Eristetilan imukuivaus**

Kuvassa 6 etualalla näkyy ilmankuivain, joka poistaa ilmasta irrotettua kosteutta ikkunasta ulos. Taaempana näkyy poistomuri, joka imee kostea ilmaa sinisillä letkuilla lattialaatan alta laattaan keskiosista. Imuri poistaa ilman myös ikkunasta. Lattialaatan reunoille on porattu pieniä korvausilmareikiä, joihin kuivattua ilmaa yritetään laitesijoittelulla suunnata. Lattialaatan päältä on poistettu kaikki kuivumista häiritsevät materiaalit. Kuivattua ilmaa voidaan suunnata kuivattavaan kohteeseen myös puhaltamalla kuvan 7 mukaan.



**KUVA 8. Kohdennettu puhallin**



**KUVA 9. Eristetilan kuivaus, imupuolen haaroitus**

Imureiän halkaisija on 35 mm ja korvausilmareikien halkisijat ovat 16 mm. Korvausilmareikiä porataan lattialaatan reunoille n. 30 cm välein. Korvausilmareikien tulee ulottua eristeen puoliväliin asti, jolloin voidaan olettaa ilman kulkevan eristeen läpi.

Imureikiin sijoitetaan halkaisijaltaan 35mm imuputket, jotka liittyvät 50mm putkiin laatan päällä. Imuputki asetetaan mahdollisimman lähelle muovia, koska kosteus va-luu muovin pinnalle. Muovin rikkoutumista on vältettävä, jottei pohjabetoni kostu./1./

Imukuivauksen tehokkuus riippuu siitä, miten hyvin ilma pääsee eristeessä liikku-maan. Kuivumisaikaa on lähes mahdotonta ennustaa. Eristeen kuivuuden loppumittaus voidaan tehdä vasta 2-3 vuorokautta imukuivauksen lopetuksen jälkeen, koska eristeli-lan kosteuden on annettava tasaantua, jotta loppumittauksien oikeellisuudesta voi-daan olla varmoja./1./

Eristetilöiden kuivuudesta ei ole olemassa kuivuuden määrittäviä rajoja. Alalla pitkään olleet kosteuskartoittajat pitävät yleisesti  $9\text{g/m}^3$  kostean eristetilan rajana./1./

## 4.2 Mittausjärjestelmä

Kuivauksen seurantajärjestelmän toteutuksen suurimpana päämääränä on pystyä lu-kemaan mitattua, paikkaansa pitävää tietoa kohteen ilman kosteuksista ja ilman läm-pötilasta etänä.

Järjestelmän avulla tarkoitus on mitata rakennuksesta pois puhallettavaa kosteaa il-maa, sekä kuivattua korvaavaa ilmaa ja verrata niiden erotusta. Mitattavia arvoja ovat lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ) ja suhteellinen kosteus (RH%). Mitattuja arvoja verrataan keskenään, jolloin voidaan arvioida, mikä on vallitseva kuivuuden tila. Mitatuista arvoista laske-taan absoluuttiset kosteudet, joiden erotusta verrataan.

Kuivauksessa yleensä nostatetaan sisäilman lämpötilaa lämmittimillä ja lämmitinpu-haltimilla kuivumisen tehostamiseksi. Lämpötilan nousu aiheuttaa voi aiheuttaa eris-teen lämpötilan nousua, jolloin eristeen suhteellinen kosteus pienenee. Lämpötilan laskiessa suhteellinen kosteus kuitenkin taas kasvaa. Lämpötila eristetilassa voi olla myös eri kuin huonetilassa. Näiden seikkojen takia on tärkeää mitata myös lämpötilaa, jotta voidaan laskea absoluuttinen kosteus.

Mittausjärjestelmä toteutetaan käyttämällä Alpha 2-ohjelmoitavaa logiikkaa, joka suo-rittaa mittauksen, sekä AlphaWebFX-tietokonesovellusta, joka kerää mittaustietoa ja lähettää tiedot etänä sähköpostiin. Ohjelmoitavaan logiikkaan kytketään anturit mit-taamaan ilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa imukuivausprosessin imu- ja korva-usilmapuolelle. Ohjelmoitava logiikka kytketään tietokoneeseen, jossa on internetyh-



teys. Tietokoneessa AlphaWebFX-tietokonesovellus kerää ohjelmoitavasta logiikasta mittaustietoja ja lähettää niitä eteenpäin.

#### 4.2.1 Laitteet

Järjestelmä on tarkoitettu rakentaa Mitsubishi Alpha 2-ohjelmoitavan logiikan ympärille. Syitä valinnalle ovat muun muassa edullinen hinta ja aiempi kokemus tästä kyseisestä ohjelmoitavasta logiikasta opinnoissani. Mitsubishi Alpha 2:sen mittaamaa tietoa on tarkoitettu kerätä Windows-pohjaisella tietokonesovellus AlphaWebFX:lla, jonka avulla ohjelmoitavasta logiikasta on mahdollista kerätä mittaustuloksia ja jakaa niitä internetiin tai sähköpostiin.

Tilasin Alpha 2:n, 230Vac/24Vdc-muuntajan, ohjelmointikaapelin ja CAB-GSM-adapterin Provendora Oy:lta Porista. Alphan 2:n ohjelmointi tarvitsee ohjelmointikaapelin, jolla Alpha 2 voidaan yhdistää tietokoneeseen sarjaportin kautta. CAB-GSM-adapteri on takoitettu yhdistämään Alpha 2 Alphan GSM-modeemiin. Tässä järjestelmässä CAB-GSM-adapteri yhdistää Alphan tietokoneeseen sarjaportin avulla. AlphaWebFX toimii vain CAB-GSM-adapterilla.

Käytettävien antureiden ulostulon tulee olla analogisia 0...10V jänniteviestejä, jotta Mitsubishi Alpha 2 pystyy niitä lukemaan. Antureita löytyy kaikenlaisiin tarkoituksiin, ja niiden hyödyistä ja heikkouksista on maallikon vaikea päästä perille. Siksi soitin muutamalle antureiden maahantuoajalle ja kysyin käyttööni sopivia antureita, kunnes viimein tilasin käyttööni sopivat anturi Wexon Oy:lta.

Järjestelmässä anturit mittaavat pois imettävän kostean ilman lämpötilaa ja suhteellista ilman kosteutta ja sisällä olevan kuivatun korvausilman lämpötilaa ja suhteellista ilman kosteutta. Anturit ovat kytkettyinä ohjelmoitavaan logiikkaan, joka on Alpha 2. Alpha 2 liitetään tietokoneeseen, johon on asennettu AlphaWebFX-sovellus. Tietokoneessa on oltava internet yhteys. AlphaWebFX-sovelluksella on mahdollista jakaa Alpha 2:n mittaamaa tietoa internetin yli tai sähköpostiin.

#### Mitsubishi alpha xl2

Mitsubishi alpha XL2 on Mitsubishi Electricin valmistama ohjelmoitava logiikka, joka on tarkoitettu käytettäväksi yksinkertaisiin ohjaus-, valvonta- ja mittaustehtäviin/10/.

Alpha 2:ssa on kahdeksan analogista sisääntuloa. Sisääntulojen resoluutio on 0...10V resoluutio jänniteviestille 9 bittiä. Moduulissa voi maksimissaan olla 15 integroitua sisääntuloa riippuen käytettävistä lisäadaptereista, joilla voidaan sisääntuloja lisätä. Lähtöjä on 6-9 riippuen käytettävistä lisäadaptereista. Alphaan on siis mahdollista saada erilaisia lisäosia, kuten PT-100-adapteri, termoadapteri tai analogialähtömoduuli./10./

Alpha 2:ssa on oma näyttö, johon voi valita arvoja tai tietoja, jotka koetaan tarpeelliseksi. Arvoihin ja tietoihin on myös mahdollista liittää lyhyt selittävä teksti./9/

- Koko: 124.6 x 90 x 52 (mm)
- Käyttöjännite: 24 Vdc
- Tehonkulutus: Max 7,5W
- Paino): 0,3kg
- Toimintalämpötila: -15...55°C./10./

Alpha 2-ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi tapahtuu Alpha vls-nimisellä ohjelmalla. Ohjelmassa sisältää monia valmiita ohjelmointilohkoja, kuten laskureita valmiina, sekä tietysti yleisimmät perusporttipiirilohkot. Yhteen ohjelmaan voi sisällyttää jopa 200 eri lohkoa. Alpha vls on sisäisen laskennan kannalta 16-bittinen sovellus, joten se ymmärtää luvut -32768 – (-32767). Tämä on otettava huomioon, kun ohjelmalla suoritetaan laskentalohkojen avulla erilaisia laskuja esimerkiksi analogisten antureiden skaalauksia. Laskuissa on huomioitava, että missään vaiheessa laskentaa arvot eivät mene edellä mainitun alueen ulkopuolelle, muuten laskennan tulos on virheellinen.

Antureiden skaalauksen voi suorittaa jo Alpha vls:ssä, jolloin tulokset saa myös ohjelmoitavan logiikan näytölle. Skaalaus Alpha vls:ssä ei ole kuitenkaan välttämätöntä AlphaWebFX:n kannalta, sillä AlphaWebFX pystyy suorittamaan skaalauksen itsessään.

Valmis ohjelma ohjelmoidaan Alphaan Alphan omalla ohjelmointikaapelilla, joka liitetään tietokoneen sarjaporttiin tai sen puuttuessa on käytettävä usb-sarjaporttiadapteria. Vls:ssä määritetään sarjaportin numero, jonka takana ohjelmoitava logiikka on liitettynä. Sarjaportin numeron löytää Windowsin ohjauspaneelistä: Ohjauspaneeli/laitehallinta/portit. Vls ymmärtää vain portit COM 1-10, joten portin

numeroa voi joutua vaihtamaan. Portin numeron vaihto onnistuu myös ohjauspaneelista: Ohjauspaneeli/laitehallinta/portit/asetukset/lisäasetukset.

Portin määrittämisen jälkeen ja ohjelmointikaapelin ollessa kytkettynä valitaan vls:sta control-valikon alta ”write to controller”, jolloin Alpha vls ohjelmoi ohjelman Alpha 2-logiikkaan.

## **Anturit**

### **Kanavakosteusanturi Pixys RH96**

Kanavakosteus anturi RH96 on suunniteltu mittaamaan ilman suhteellista kosteutta. Anturi lähettää 0...10V jänniteviestiä, joka osoittaa ilman suhteellista kosteutta. Kanavakosteusanturi RH96 kolmijohtimisen PT-100 anturin, joka mittaa ympäristön lämpötilaa. Alpha 2 tarvitsee PT-100 adapterin PT-100-viestiä varten (liite 1.)./11./

Tarkan mittaustuloksen takaamiseksi anturin on oltava jonkin aikaa samassa ilmastossa, jossa mittaus tapahtuu. Suuret ja nopeat lämpötilan muutokset voivat vaikuttaa mittaustuloksen tarkkuuteen. Anturia on suojattava suoralta kosketukselta veden kanssa./11./

- Koko: 126\*20 (mm)
- Käyttöjännite: 12...30 Vdc
- Virrankulutus: Max 3,5mA
- Vasteaika (25°C): 2 Sekuntia
- Tarkkuus (25°C): ±5%RH (15...90%RH)
- Toimintalämpötila: -10...60°C./11./



**KUVA 10. Kanavakosteus anturi Pixys RH96**

Ilman suhteellinen kosteus vaihtelee ympäristön mukaan, varsinkin ympäristön ollessa avoin, tai jos ympäristössä tapahtuu jatkuvaa tai äkillisiä lämpötilan muutoksia. Tämän vuoksi anturin asennuskohta on suunniteltava mahdollisimman otolliseksi siten, että anturi pystyy mittaamaan ilman siihen kohdistuvia ulkoisia häiriöitä, kuten roiskevesi tai kova ilmavirtaus.

#### **Galltec-mela DIK-Huoneistokosteusanturi**

Galltec-mela DIK-huoneistokosteusanturi mittaa huoneiston ilman suhteellista kosteutta 0...100% sekä lämpötilaa 0...100°C. Molemmista mitattavista suureista anturi lähettää 4...20mA virtaviestiä./12./

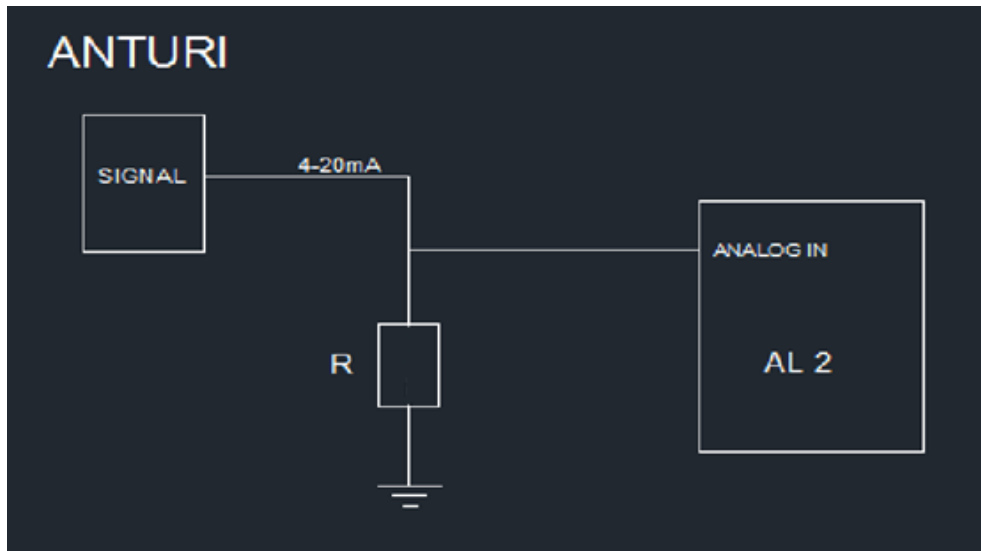
- Koko: 81\*81\*26,7 (mm)
- Käyttöjännite: 10...25 Vdc
- Virrankulutus: 7mA
- Tarkkuus (25°C): ±3%RH, ±4°C
- Toimintalämpötila: -10...60°C./12./



**KUVA 11. Galltec-mela DIK-huoneistokosteusanturi**

Mittaustuloksen oikeellisuuden varmentamiseksi anturia ei tule asettaa lähelle lämmitimiä tai puhaltimia. Anturia ei myöskään tule asettaa lähelle ulko-ovia, jolloin oven avaaminen aiheuttaa ilman kosteuden ja lämpötilan hetkellisen muutoksen ja sekoittaa mittaustulosta. Anturia ei myöskään tule asettaa sellaiseen paikkaan, jossa se altistuu suoralle auringon valolle. Aerosoleille ja savulle altistuminen voi rikkoa anturin./12./

Anturin lähettää 4...20mA viestiä, jota alpha 2 ei pysty lukemaan. Virtaviesti on muutettava jänniteviestiksi. Viestin muuttaminen onnistuu vastuksen (R) avulla. Vastus kytketään alphan analogisen sisään tulon rinnalle kuvan 12 mukaan.



**KUVA 12. Virtaviestin muuttaminen jänniteviestiksi**

Alpha 2:n analogiset sisääntulot ovat 0...10V. 4...20mA virtaviesti voidaan muuttaa 2...10V jänniteviestiksi 500 Ohm vastuksella, jolloin  $20\text{mA} \cdot 500\text{Ohm} = 10\text{V}$  ja  $4\text{mA} \cdot 500\text{Ohm} = 2\text{V}$ .

### Antureiden asettelu

Alun perin ideana oli mitata pois puhallettavan ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta suoraan poistoputkesta. Pian kävi kuitenkin ilmi, ettei suhteellisen kosteuden mittaukseen löydy anturia tällaiseen käyttöön, jossa on kova ilmavirtaus. Ongelmana suhteellisen kosteuden mittaukselle oli poistoputkessa tapahtuva kova virtaus. Virtaus oli saatava pysähtymään mittauskohdassa, jottei virtaus vaikuta mittausarvoihin.

Suhteellisen kosteuden mittaus onnistuu, jos poistoilmaputken halkaisijaa suurennetaan riittävästi osassa putkea, jolloin virtauksen nopeus hiljenee juuri tällä putken suurennetulla osuudella. Virtauksen ollessa tarpeeksi pieni se ei vaikuta mittaukseen heikentävästi.

Mittauksen voi myös toteuttaa liittämällä poistoilmaputkeen Y-haaran, jonka toinen haara on lyhyt ja suljettu. Ilma ei virtaa lyhyeen suljettuun mittaushaaraan, mutta ilman suhteellinen kosteus pyrkii kuitenkin tasaantumaan kauttaaltaan putkessa, jolloin lyhyestä haarasta on mahdollista mitata suhteellista kosteutta. Y-haara voi aiheuttaa kuitenkin liittymäkohtaan pyörteen, johon vaikuttavat mm. liitoskohdan muodot. Pyörrettä pyritään hillitsemään leventämällä mittaushaaraa liitoskohdan jälkeen.

Mittaushaaran toimivuutta kokeiltiin käsikosteusmittareilla asettamalla mittari mittaushaaraan ja toinen mittari huonetilaan. Tällöin puhalluksen ollessa käynnissä mittareiden pitäisi osoittaa samaa lukemaa, sillä imettävä ja huoneilma ovat samaa ilmaa. Kolmen tunnin kokeilun jälkeen mittarit näyttivät yhä samaa arvoa ilmankosteudelle ja lämpötilalle, joten mittaus toiminee mittaushaarassa.



**KUVA 13. Mittaushaara**

Alpha 2-ohjelmoitava logiikka, 24Vdc-muuntaja ja AL2-2PT-ADP-muunnin on koottu moduulilaatikkoon. Moduulilaatikossa on myös huoneilmaa mittaavaan anturin virtaviestin jänniteviestiksi muuttava kytkentä. Moduulilaatikkoon tulee kaapelit molemmilta antureilta sekä tietokoneeseen kytkettävä CAB-GSM-kaapeli.

### **4.3 AlphaWebFX**

AlphaWebFX on Windows-pohjainen PC-sovellus, jonka avulla on mahdollista yhdistää Mitsubishin Alpha 2- tai FX-sarjojen ohjelmoitavat logiikat tietokoneeseen. Sovellus pystyy lukemaan ohjelmoitavasta logiikasta analogisia ja digitaalisia sisääntuloja, analogisia ja digitaalisia ulosmenoja sekä muita analogisia arvoja ja digitaalisia tieto-

ja, jotka voidaan määrittää Alpha vls:ssä. AlphaWebFX muodostaa lukemistaan arvoista csv-tiedoston (comma-separated values), johon tallentuu jokaisen onnistuneen lukukerran aikaiset arvot. csv-tiedoston voi avata Microsoft Exceliin, jolloin tuloksista voidaan piirtää tarvittaessa käyrää. Lisäksi AlphaWebFX muodostaa HTML-tiedoston, jossa näkyy viimeisimmän lukukerran aikaiset arvot. AlphaWebFX-sovelluksen on kehittänyt englantilainen sähkösuunnitteluinsinööri Steve Torrance./12./

AlphaWebFX vaatii toimiakseen Windows-pohjaisen tietokoneen, jossa suositellaan olevan ainakin 1 Ghz prosessori ja 1 Giga RAM-muistia. Ohjelmoitava logiikka liitetään tietokoneen sarjaporttiin tai usb-porttiin, mikäli käytetään usb-sarjaporttiadapteria. Uudemmissa tietokonemalleissa ei enää ole sarjaporttia, joten yleensä onkin käytettävä usb-sarjaporttiadapteria. Usb-sarjaporttiadapteri tarvitsee toimiakseen ajurin, joka yleensä tulee adapterin mukana. Ajuri on myös mahdollista löytää ja ladata internetistä, mikäli adapterin valmistaja on tiedossa./12./

### **Mitsubishi alpha:n yhdistäminen AlphaWebFX:aan**

Ohjelmoitava logiikka yhdistetään tietokoneeseen ohjelmoitavan logiikan GSM-portin kautta. Ohjelmoitavaan logiikkaan kytketään A12 CAB-GSM adapteri, adapteriin liitetään nollamodemikaapeli, joka liitetään tietokoneen sarjaporttiin tai em. usb-sarjaporttiadapteriin. Yhteys onnistuu vain CAB-GSM–adapterin avulla. Logiikan ohjelmointiin käytettävä ohjelmointikaapeli ei käy./13./



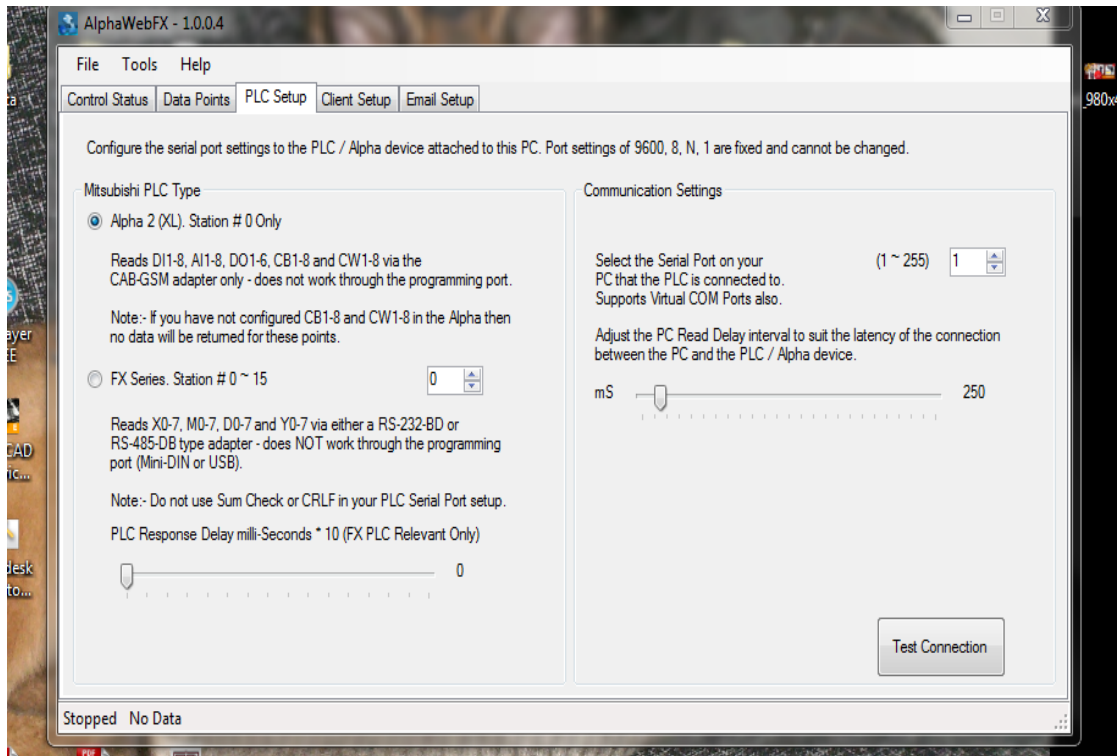


**KUVA 14. Kytettä tietokoneeseen Alphan GSM-portista**

### **Sovelluksen käytön aloitus**

PLC Setup-välilehdessä eli ohjelmoitavan logiikan asetuksissa valitaan ohjelmoitavan logiikan tyyppi, mikä on tässä tapauksessa Alpha 2. Kommunikointiasetuksissa valitaan sarjaportti, jonka taakse ohjelmoitava logiikka on kytketty./13./

Sarjaportin numeron saa selville Windowsin ohjauspaneelistä, laitehallinta/sarjaportit. Laittehallinnasta voi myös samalla tarkastaa portin asetukset. Portin asetusten tulee olla samat kuin kuvan 15 yläreunassa./13./



**KUVA 15. AlphaWebFX PLC Setup-välilehti**

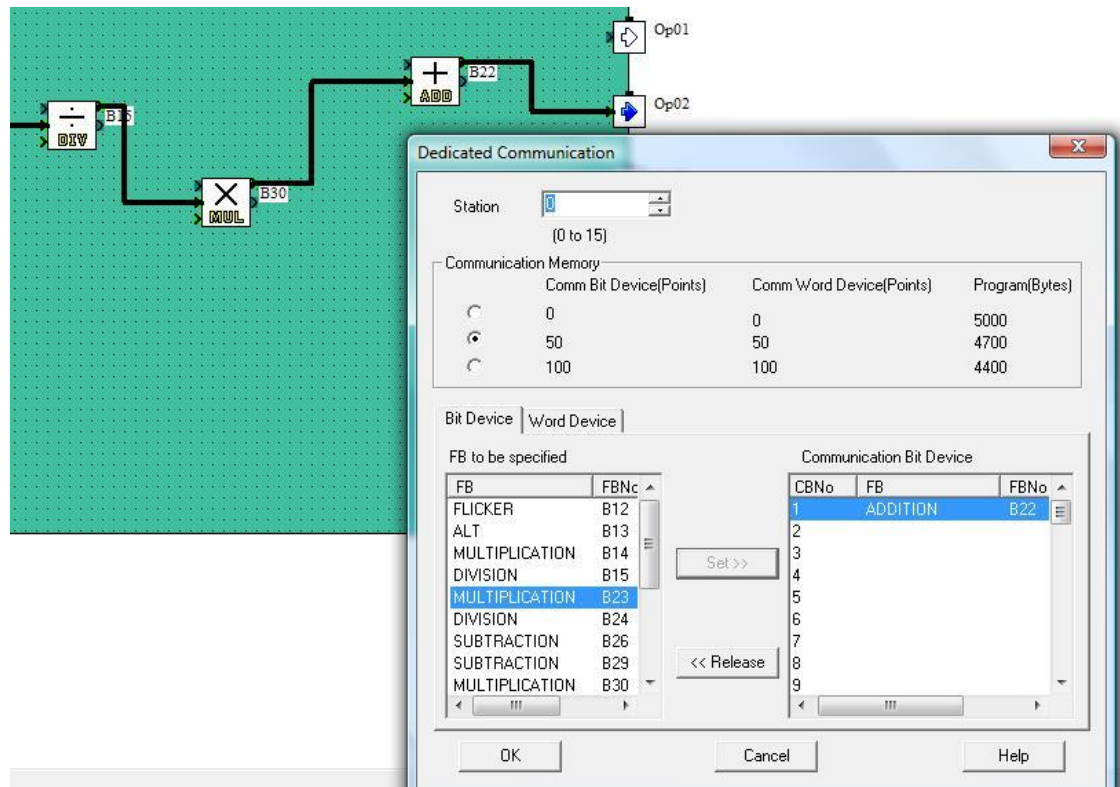
Kommunikointiasetuksissa voidaan lisäksi asettaa lukuaika tietokoneen ja ohjelmoitavan logiikan välille. Lukuajan pituuteen vaikuttavat kaapeleiden pituudet. Liian lyhyt lukuaika voi merkitä sitä, ettei tietokone ehdi saada tietoa ohjelmoitavasta logiikasta./13./

### **Datapisteiden määrittäminen**

Data points-välilehdessä määritetään tiedot, joita AlphaWebFX lukee ohjelmoitavasta logiikasta. Tietoja voidaan määrittää yhteensä 32 kappaletta. Tiedoille on mahdollista asettaa hälytyksiä, jotka AlphaWebFX lähettää käyttäjän sähköpostiin. Hälytyksille on mahdollista asettaa rajat asettamalla vertailuarvo, johon AlphaWebFX vertailee mitattua tulosta. Esimerkiksi kun lämpötila nousee määritetyn vertailuarvon yli tai ali, lähtee hälytys./13./

AlphaWebFX voi lukea tietoja Alpha 2:n sisääntuloista D1-8 ja A1-8 sekä lähdöistä DO1-6. Lisäksi AlphaWebFX voi lukea tietoa ennalta määritellyistä datapisteistä CB1-8 ja CW1-8, CB (user bits) ja CW (user words). Datapisteet täytyy määrittellä ohjelmointi vaiheessa ohjelmointiohjelma alpha vls:ssa./13./

Vls:ssa tietojen määrittäminen AlphaWebFX:aa varten onnistuu valitsemalla Option/Dedicated communications...



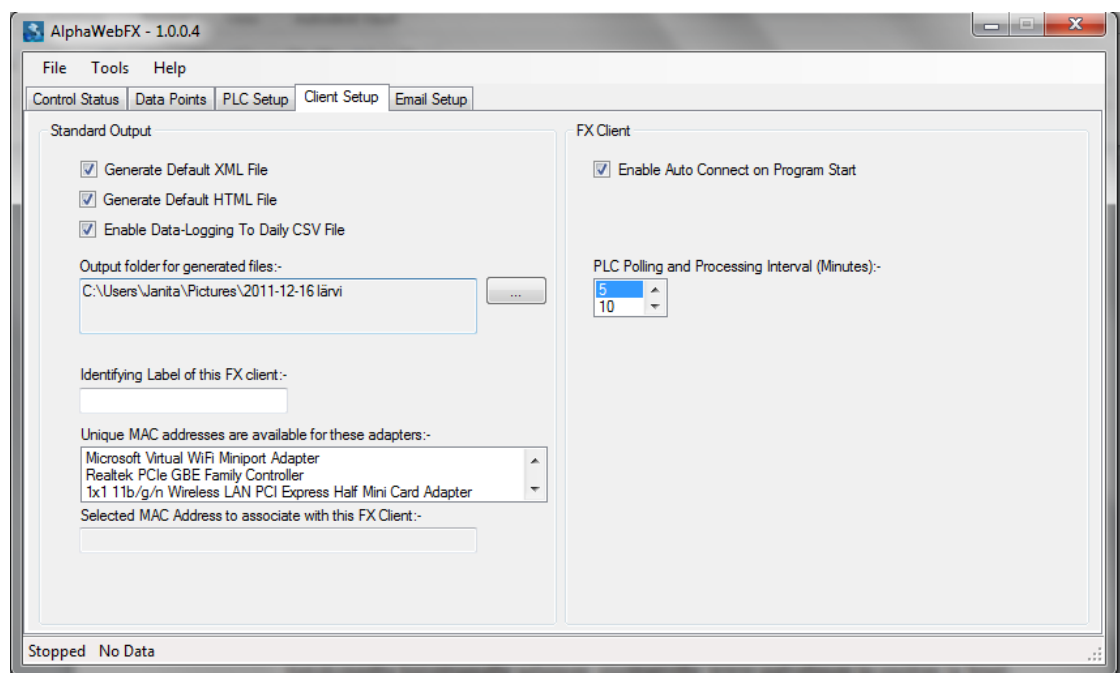
**KUVA 16. Datapisteiden määrittäminen Alpha vls:ssa**

Aukeavassa valikossa (KUVA 16) valitaan halutut tiedot. AlphaWebFX löytää valitut tiedot CB- tai CW-numeroiden avulla. Kuvan esimerkin mukaan B22 yhteenlaskulohkon tulos määritetään kohtaan CB1. Tulos saadaan näkymään AlphaWebFX:aan valitsemalla CB1 kohtaan data point.

AlphaWebFX pystyy lukemaan suoraan analogisia sisääntuloja ja skaalaamaan ne mitattaviksi arvoiksi. Esimerkiksi ohjelmoitavaan logiikkaan on liitetty analoginen 0...10V lämpötila-anturi, joka mittaa alueella -20C...110C. Asetetaan Datapoint-välilehdelle analogisen sisääntulon osoite esim. AI3 ja asetetaan mittausalueen ääripää ja mitattava suureen yksikkö. Tämän jälkeen AlphaWebFX laskee itse ohjelmoitavan logiikan analogisesta sisääntulosta sen hetkisen lämpötila-arvon. Digitaalisista arvoista AlphaWebFX ilmoittaa ON tai OFF. Lisäksi AlphaWebFX pystyy näyttämään Alpha vls:ssa määritettyjä tietoja./13./

## Client Setup

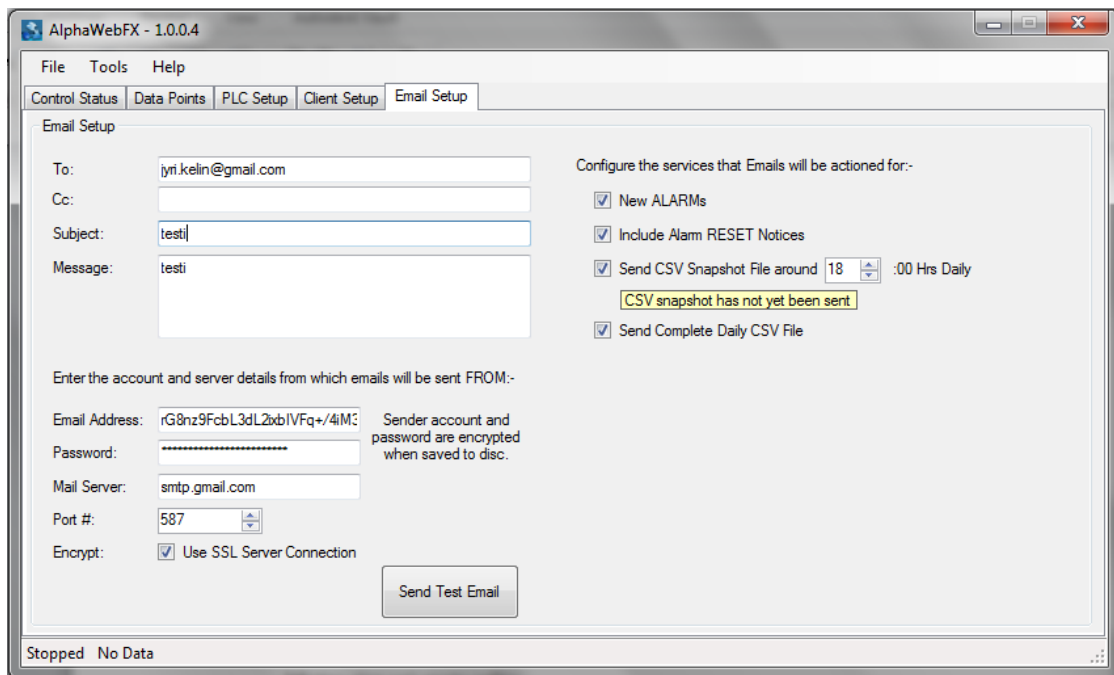
Client setup-välilehdessä (kuva 17) valitaan, millaisia tiedostoja halutaan AlphaWebFX:n muodostavan, ja valitaan niille tallennuskansio. Tallennettavalle prosessille täytyy antaa nimi ja määrittää MAC-osoite. Välilehdessä on lista erilaisista adaptereista ja niiden MAC-osoitteista. Listasta voidaan valita mikä tahansa adapteri ja sen MAC-osoite. Lisäksi välilehdessä voidaan valita jaksoaika AlphaWebFX:n tiedonluvuille, eli minkä ajan välein AlphaWebFX lukee määritetyt tiedot ohjelmoitavasta logiikasta. Aikaväliksi voi valita 1, 5, 10, 15, 30 tai 60 minuuttia kohdasta ”PLC Polling and Processing”./13./



**KUVA 17. Client Setup-välilehti**

## Sähköpostin asetukset

Email setup -välilehdessä määritetään sähköpostiosoite, johon AlphaWebFX:n halutaan lähettävän tiedot hälytyksistä ja päivittäisen csv-tiedoston. Sähköpostiviestin voi otsikoida ja kirjoittaa pieni viestin. Tiedostot tulevat viestissä liitteenä. Viestiin liitettävät viestit voi valita. AlphaWebFX lähettää csv-tiedoston kerran päivässä ja lähetysajan voi valita./13./



### KUVA 18. Email setup -välilehti

AlphaWebFX lähettää viestin sähköpostitilin kautta, jonka voi varta vasten luoda, tai käyttää omaa tiliä. Tilin osoite ja salasana kirjoitetaan välilehden alempaan osioon. Tämän jälkeen AlphaWebFX-sovellus on tallennettava ja käynnistettävä uudelleen. Uudelleen käynnistyksen jälkeen AlphaWebFX on kryptannut sähköpostitilin osoitteen ja salasanan. Vielä on valittava käytettävän sähköpostitilin serverin smpt-portti. Portin numeron saa selville sähköpostitilin serveriltä. Esimerkiksi gmail.com tileillä smpt-portin numero on 587. Muita tyypillisiä portteja ovat 465 ja 25./13./

Tämän jälkeen sähköpostiasetusten oikeellisuuden varmistamiseksi voi lähettää testi-viestin painikkeesta ”send test email”./13./

Kaiken ollessa valmista voidaan AlphaWebFX yhdistää ohjelmoitavaan logiikkaan valitsemalla File/Connect. Kaiken ollessa kunnossa sovellus alkaa lukea tietoja ohjelmoitavasta logiikasta ja tulostaa tiedostoja tallennuskansioon. Yhdistämisen aikana AlphaWebFX tarkastaa kaikki valitut asetukset, ja jos jossain asetuksissa on vikaa, ei yhdistäminen onnistu ja viasta tulee ilmoitus message centeriin, joka löytyy control status-välilehden oikealta puolelta./13./

## Mittaustulosten luku

Tallennuskansioon syntyvä html-tiedosto näyttää viimeisimmän tiedonluvun tulokset internetsivuna. Tätä tiedostoa voi jakaa internetiin, jos tietokoneeseen asennetaan www-palvelin, jonka jakokansio määritetään niin, että se jakaa em. html-tiedostoa. Näin on mahdollista päästä lukemaan tätä html-tiedostoa internetin yli toiselta tietokoneelta kirjoittamalla selaimen osoiteriville www-palvelimen ip-osoite ja html-tiedoston nimi. Esimerkiksi [http:// 84.251.187.164/mittaus.html](http://84.251.187.164/mittaus.html).

Csv-tiedoston voi avata Microsoft Exceliin. Tiedosto täytyy avata Excelille tekstitiedostona ja määrittää arvoja erottava merkki. AlphaWebFX:n muodostamien csv-tiedoston arvoja erottavana merkinä on tiedoston nimen mukaisesti pilkku (.). Tämän takia Excel ei osaa erottaa desimaaleja ja arvoja toisistaan, vaan Excel erottaa myös desimaalit omaksi luvukseen. Tämän voi korjata määrittämällä uusi desimaalin erotusmerkki windows:n ohjauspaneelin alue- ja kieliasetuksista, esimerkiksi piste (.). Yleensä ottaen csv-tiedostoissa arvot on eroteltu puolipisteellä, mutta AlphaWebFX:ssä erottelu tapahtuu pilkulla, eikä AlphaWebFX:ssä arvojen erottelumerkkiä voi määrittää tai vaihtaa.

### 4.4 Seurantajärjestelmän testaus

Seurantajärjestelmän testausta varten rakennettiin koelattia, jossa imukuivausprosessi voidaan suorittaa. Lattian pinta-ala on noin kaksi neliömetriä. Lattia on rakennettu puulavan päällä olevan vanerilevyn päälle, jotta sitä voi tarpeen mukaan siirtää. Lattian rakenne on muovi, 5cm styrox-levyeriste ja 5cm betonivalu.

Ennen betonivalun tekoa eriste kasteltiin. Valun kuivuttua betoniin porattiin mittausreikä, johon asennettiin Vaisalan HMI41-kosteuden mittauslaite. Mittausreikä tiivistettiin sinitarralla ja mittauslaitteen annettiin tasaantua yön yli. Aamulla mittauslaite näytti eristeen suhteelliseksi kosteudeksi 98,6%, lämpötilaksi 16,9°C ja absoluuttiseksi kosteudeksi 14,0g/m<sup>3</sup>. Mittaustulosten perusteella voitiin todeta, että eristetilassa on kosteusvahinko.

Kosteusvahinkoa kuivataan imukuivauksella. Imukuivauksesta varten valuun porattiin halkaisijaltaan 35mm imureikä keskelle lattiaa, josta imu suoritettiin. Lattialaatan reu-

noille ja kulmiin porattiin yhteensä kahdeksan kappaletta halkaisijaltaan 16mm korvausilmareikiä. Lattian viereen asetettiin ilmankuivain puhaltamaan lattian päälle.

Mittausta suorittaessa on varmistuttava, että korvausilma kiertää eristeen kautta. Korvausilmareikä on syytä porata eristeen puoleen väliin asti. Imukuivauksen alettua on syytä tunnustella aistinvaraisesti, kulkeeko ilma korvausilma reikään. Imupuolen putken on oltava tiiviisti kiinni valussa, jotta se ei ime huoneilmaa, jolloin myös mittaus epäonnistuisi. Imuputki on asetettava lähes muoviin asti, mutta varottava muovin rikkoutumista. Tiivisteenä käytetään sinitarraa.



**KUVA 19. Testilattian imukuivaus ja imukuivauksen seuranta**

Kuivauksen seuranta käynnistettiin klo 10:18 ja itse kuivaus käynnistettiin klo 10:40. AlphaWebFX määritettiin lähettämään mittaustulokset sähköpostiin seuraavana aamuna klo 11.

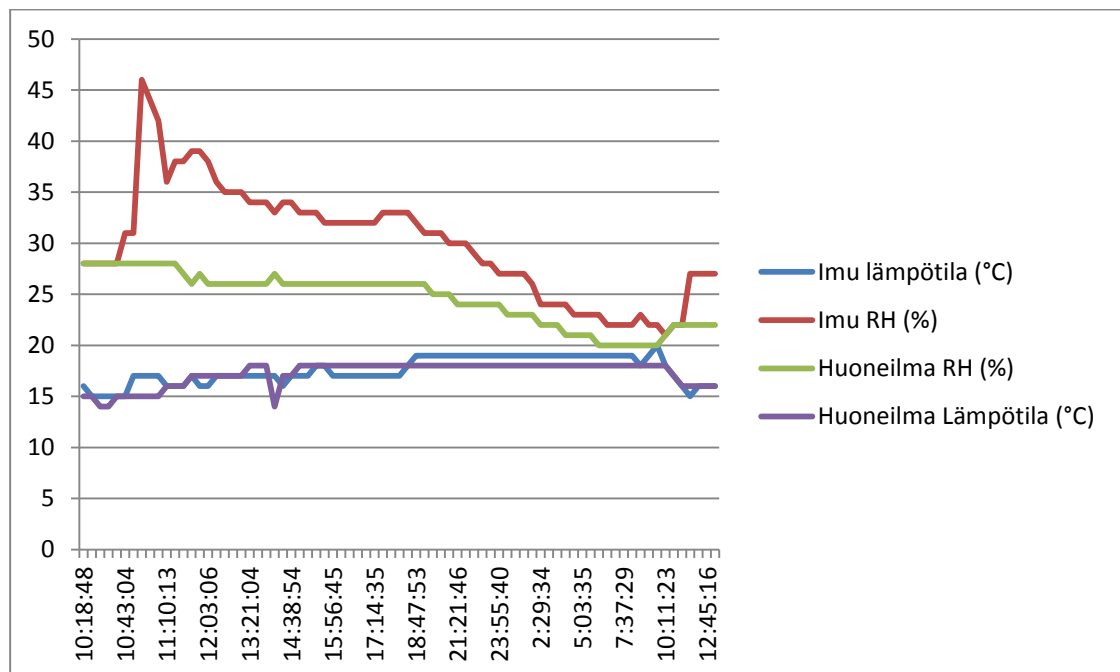
#### 4.4.1 Tulokset

Mittaustuloksista tehtiin heti arvio, että eristetila on kuivunut, koska viimeisimmät mittaustulokset näyttivät samoja arvoja imun ja huoneilman osalta. Imukuivaus keskeytettiin välittömästi ja odotettiin seuraavaan päivään, että kosteus tasaantuu eristetilassa. Seuraavana päivänä suoritettiin loppumittaus samalla Vaisalan HMI41-kosteusmittalaitteella. Loppumittauksen tulokset olivat RH 43,4 %, T 17,8°C ja absoluuttinen kosteus 6,6 g/m<sup>3</sup>. Eristetila voitiin todeta kuivaksi.

Mittaustuloksissa näkyy, kuinka sää ulkona kylmeni yön aikana ja aiheutti näin suhteellisen kosteuden pienenemistä. Tuloksissa näkyy myös noin klo 14 aikana tapahtunut hallin oven avautuminen huoneilman lämpötilan ja kosteuden muutoksena.

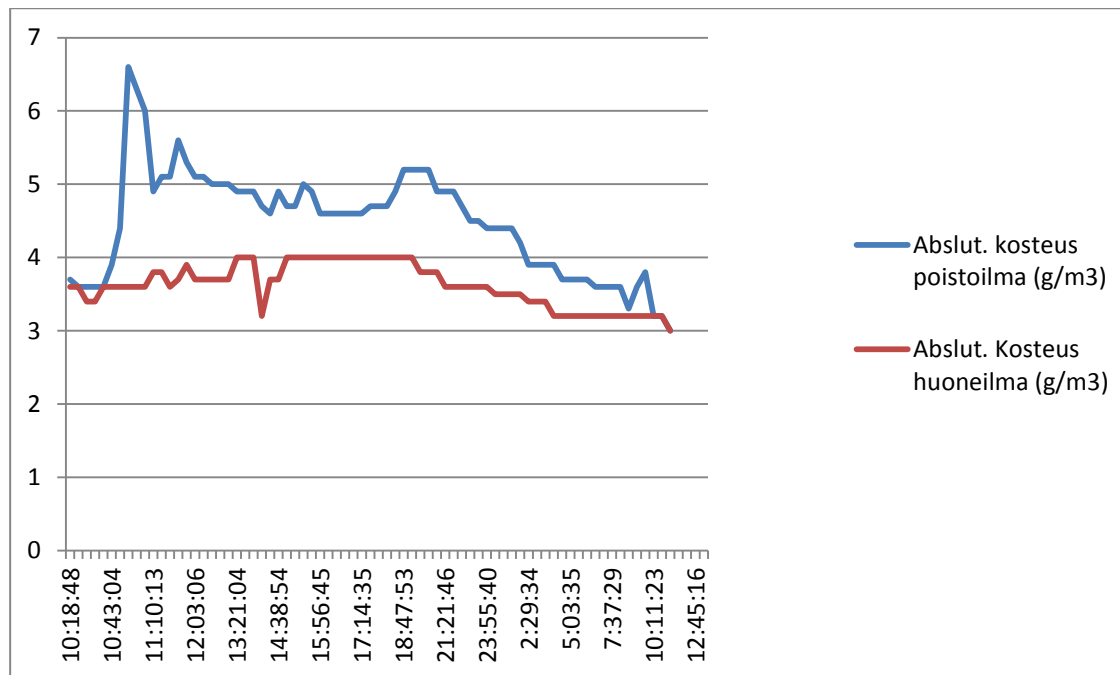
Imukuivauksen seurantajärjestelmän mittaustulosten perusteella pystyttiin tässä testissä eristetila kuivaksi.

Imukuivauksen päätyttyä mittaustulokset antureiden kesken alkoivat erkaantua, sillä imuputkeen todennäköisesti jäänyt kosteutta, joka ei liiku enää putkesta pois ilmavirtauksen loputtua.



**KUVA 20. Mittaustulokset**





**KUVA 21. Mittaustuloksista käsin lasketut absoluuttiset kosteudet**

## 5 POHDINTA

Mittausjärjestelmän rakentaminen vei aikaa enemmän, kuin aluksi olin odottanut. Aluksi oli selvítettävä, mitä imukuivaus on ja missä sitä käytetään. Vaikeuksia tuotti myös ilmankosteuden mittaaminen virtaavasta ilmasta, sillä anturia ei voi altistaa suoraan virtaukselle, jolloin mittaustarkkuus kärsisi. Aiheutin myös itse itselleni harmia hankkimalla anturit, jotka lähettivät Pt-100 ja virtaviestiä, sillä Alpha 2 lukee vain 0...10 jänniteviestejä. Pt-100 viesti vaati Pt-100 terminaalin ja virtaviestit täytyi muuttaa jänniteviesteiksi vastusten avulla. Terminaali vaati toimiakseen calibroinnin, jonka ohjeet sain viimein laitteen myyjältä.

AlphaWebFX:n käyttöön löytyy selkeät ohjeet sovelluksen kotisivuilta. Tietokoneen liittäminen Alpha 2:seen oli tuottaa vaikeuksia, koska en aluksi ymmärtänyt mikä on nollamodeemikaapeli ja kytkin sen tilalle normaalin, jossa on samannäköiset liittimet. Sarjaporttien numeroiden tarkistus ja vaihtaminen vei myös aikaa, kun en osannut käyttää windowsin ohjauspaneelia, josta sarjaporttien asetukset löytyvät.

Koottuani laitteen ja saatuani AlhaWebFX:n toimimaan oli keksittävä testauskohde. Koska oikeaa imukuivausta vaativaa kohdetta ei ollut, päätin rakentaa pienen testilattian, jolla voi testata järjestelmän toimivuutta. Testauksessa tein muutamia huomioita

järjestelmän asennuksessa. Huoneilma anturi on syytä sijoittaa niin, ettei se ole suoraan ilmankuivaajien vieressä, jolloin ilmavirta voi vaikuttaa mittaustulokseen. Lisäksi kanavakosteusanturi on asennettava joka asennuskerralla uudestaan poistoilmaputkeen. Tämä voi vaikuttaa mittaustulokseen jos mittarin asentaa väärään kohtaan tai huonoon asentoon. Imukuivauksessa käytettäviin putkiin on saattanut jäädä kosteutta edellisistä kuivauksista, joka voi vääristää poistoilman mittaustulosta. Kosteutta voi poistaa ns. tyhjäkäyttämällä imukuivasta, eli pitää alipaineistajaa käynnissä, vaikkei kuivausputkia ole asennettu vielä lattiaan, jolloin huoneilma kiertää putkissa.

Järjestelmän hallinta on yksinkertaista. Imukuivauksen ja seurantajärjestelmän asennuksen jälkeen on vain kytkettävä laitteet päälle, varmistuttava internet-yhteydestä ja AlphaWebFX-sovelluksen päällä olosta.

Testilattian imukuivauksessa mittausjärjestelmän mittaustulosten perusteella pystyttiin arvioimaan testilattian eristetilan olevan kuiva. Testilattia on kuitenkin verrattain pieni, ja eristeen paksuus on myös pienempi kuin normaalissa imukuivauksessa. Testilattian kuivuminen tapahtui myös verrattain nopeasti johtuen sen pienestä koosta. Normaaleissa imukuivauksissa, joissa kuivattavaa pinta-alaa on huomattavasti enemmän, kestää tyypillisesti useita viikkoja.

Testilattian kuivaus kuitenkin osoitti järjestelmän olevan hyödyllinen. Mikäli tilanne olisi ollut oikea imukuivauskohde, jonka kuivumista mitataan perinteisesti käsimittein paikan päällä käynnein, olisi lattian annettu kuivua 2-3 päivää. Riittävällä kuivausajalla varmistutaan kuivauksen riittävyydestä ja vältetään turhia mittauskäyntejä. Mittausjärjestelmä osoitti kuitenkin lattian olevan kuiva jo vuorokauden päästä kuivauksen aloittamisesta. Mittausjärjestelmä siis säästi turhaa kuivausta 1-2 päivää tässä tilanteessa. Isommissa kohteissa, jossa kuivausaikojen arviointi on huomattavasti hankalampaa, säästö voi olla enemmänkin.

Testilattia oli sijoitettu halliin, jolloin ilmankuivaajan käyttö oli lähes turhaa johtuen hallin koosta. Testilattiassa eristetilan lämpötila on myös suurin piirtein sama kuin huoneilman lämpötila. Tämä helpotti tulosten lukua, mutta oikeassa imukuivauksessa eristetilan lämpötila voi olla erilainen kuin huoneilman.

Mittausjärjestelmää tulisi käyttää oikeissa imukuivauksissa, jotta voidaan saada todellinen varmuus sen toimivuudesta.

## 5.1 Kehityskohdat

Imukuivausprosessi olisi hyvä saada sammutettua etänä. Näin ollen voidaan karsia ylimääräisiä matkoja kuivauskohteeseen, sillä kuivaus on sammutettava 2 - 3 päivää ennen loppumittausta. Etäsammutus onnistuu helpoiten käyttämällä etäkäytettäviä tekstiviestillä toimivia pistorasioita.

Järjestelmän voi koota pienempään modulilaatikkoon, johon voi myös asettaa mikro-tietokoneen. Näin järjestelmää saa pienemmäksi ja kätevämmäksi kuljettaa. Lisäksi ei tarvitsisi erikseen kuljettaa tietokonetta, vaan kaikki olisi samassa paketissa.

Mittaustarkkuutta voidaan parantaa laadukkaammilla antureilla. Antureita voi liittää järjestelmään lisää. Esimerkiksi puun kosteuden mittaus voisi olla oivallinen lisä kohteissa joissa on kostuneita puurakenteita. Tarpeellista olisi myös mitata, virtaako ilma korvaus reikiin. Näin varmistuttaisiin, että ilma kiertää oikein, eikä korvausilma tule esimerkiksi muovin alta.

Järjestelmään olisi hyvä saada ohjelma, joka laskee mitatuista arvoista suoraan absoluuttiset kosteudet. Laskun voinee suorittaa myös Excelissä tai Alphalla. Alphalla laskeminen on vaikeampaa ja se syö paljon Alphan sisäistä muistia ja näin ollen myös vie tilaa muilta mahdollisesti liitettäviltä antureilta.

Poistoilman anturille on kehitettävä kiinteä asennuskohta, johon anturi on helppo liittää, niin että se on aina samassa kohdassa ja asennossa.

Järjestelmän mittaustuloksista olisi mielenkiintoista tutkia, voiko niistä löytää matemaattista mallia, jonka avulla on mahdollista arvioida kuivausajan kestoa kuivauksen alku vaiheessa. Tätä varten järjestelmää pitäisi päästä käyttämään useaan otteeseen, joista kerätään mittaustulokset ylös. Kuivausaikaan vaikuttaa mm. eristetilan koko, ja ilman liikkuminen eristetilassa.

## LÄHTEET

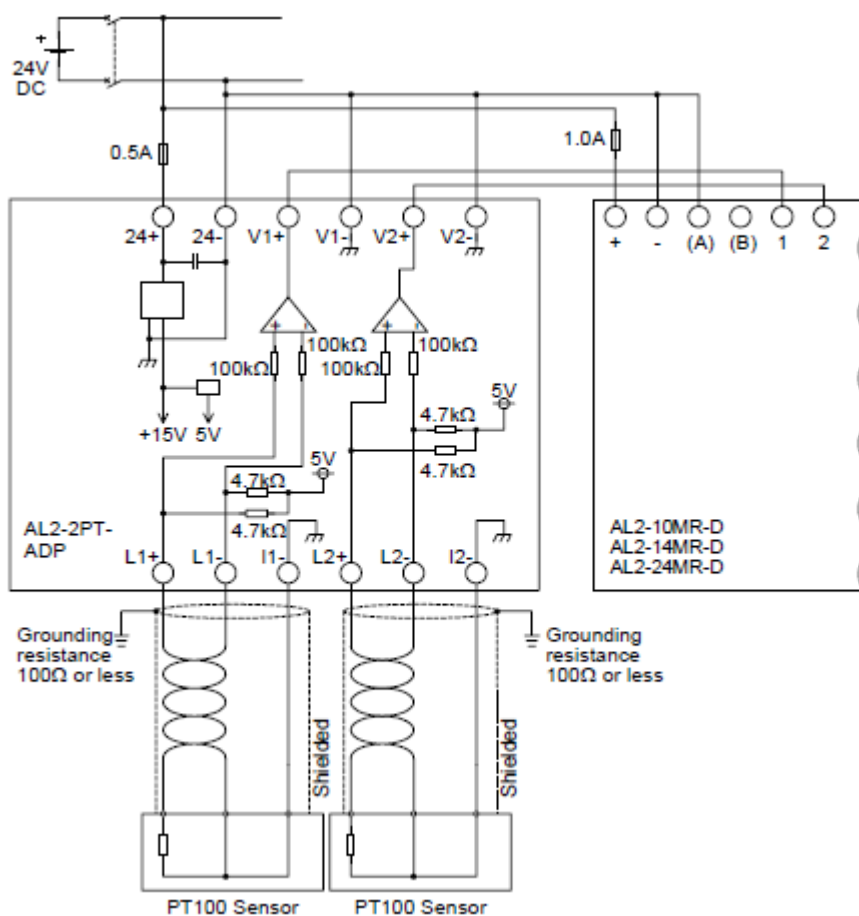
1. Kokko, Keijo, Haastattelu 7.1.2013. Rakennusmestari. Famuso Oy, 2013
2. Immonen, Kari ja Nummela, Mari-Jaana 2000. Kosteuskartoitusopas. Suomen vakuutusyhtiöiden keskusliitto.
3. Rytmirakennus 2012. Vesivahinkojen kuivaus. WWW-dokumentti.  
<http://www.rytmirakennus.fi/rakennevauriokorjaukset/vesivahinkojen-korjaus/vesivahingon-kuivaus/>. Päivitetty 12.12.2012. Luettu 12.12.2012
4. Finanssialan keskusliiton vuotovahinkoselvitys 2007 - 2008
5. VVT 2012. Kuivausurakointi. WWW-dokumentti.  
[http://www.vvt.fi/docs/TulostaOmalinkki.asp?linkki\\_id=90&yritys\\_id=1&polku=Kuivausurakointi](http://www.vvt.fi/docs/TulostaOmalinkki.asp?linkki_id=90&yritys_id=1&polku=Kuivausurakointi). Päivitetty 12.12.2012. Luettu 12.12.2012
6. Sisäilmayhdistys 2013. Maanvastainen kaksoislaatta tai puukorotettu lattia. WWW-dokumentti.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ja\\_korjaaminen/maanvastaiset\\_rakenteet/maanvastainen\\_kaksoislaatta/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ja_korjaaminen/maanvastaiset_rakenteet/maanvastainen_kaksoislaatta/). Päivitetty 15.12.2012 . Luettu 15.12.2012
7. Hautala Mikko, Peltonen Hannu 2009. Insinöörin Fysiikka 1. Lahden Teho-Opetus Oy
8. Sisäilmayhdistys .2013. Rakenteiden kuivuminen. WWW-dokumentti.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ja\\_korjaaminen/purku\\_kuivaus\\_ja\\_puhdistus/rakenteiden\\_kuivaus/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ja_korjaaminen/purku_kuivaus_ja_puhdistus/rakenteiden_kuivaus/). Päivitetty 15.02.2013. Luettu 15.02.2013
9. Sisäilmayhdistys 2013. Kosteuden siirtyminen. WWW-dokumentti.  
[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen\\_toiminta/kosteuden\\_siirtyminen/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/kosteuden_siirtyminen/). Päivitetty 15.02.2013. Luettu 15.02.2013
10. Mitsubishi electric. AL2-14. Laiteopas
11. Pixsys. RH96. Laiteopas
12. Galtek-Mela. DIK. Laiteopas
13. Xml control – software & automation 2013. AlphaWebFX Help. WWW-dokumentti. <https://sites.google.com/site/xmlcontrol/alphawebfx/alphawebfx-help>. Päivitetty 28.10.2011. Luettu 15.1.2013

## LIITTEET

## AL2-2PT-ADP:n kytkentä ja calibrointi

AL2-2PT-ADP kytketään ylivirtasuojattuun 24Vdc jännitelähteeseen. Kytkennät tehdään jännitteettöminä. Ulostulo- ja sisäänmeno johtimet on erotettava toisistaan, eivätkä ne saa olla samassa kaapelissa. Antureiden sisääntulokaapeli saa olla enintään 10m pitkä ja ulostulokaapeli, joka kytketään AL2:teen, saa olla enintään 3m pitkä. Kytkentöihin ei saa käyttää juotettuja johtimien päitä. Johtimien vahingoittamisen välttämiseksi on huolehdittava vedonpoistosta, niin että vetoa saa olla enintään 0,5-0,6 Nm. AL2-2PT-ADP täytyy säätää. Säätöä varten tehtävät kytkennät on tehtävä myös jännitteettöminä./1./

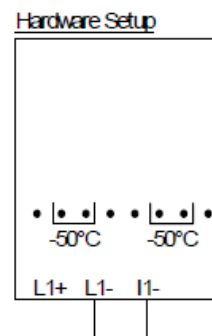
## Kytkentä



Kuva 1. Kytkentä/1/

### Lämpötila yksikön valinta

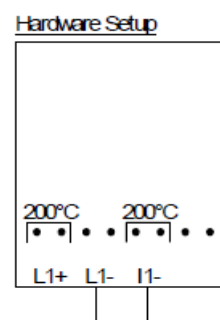
Lämpötilan yksikkö valitaan Alpha 2 ohjelmoitavan logiikan menusta. Käynnistä Alpha 2. Lämpötilan yksikön valinta löytyy menusta osoitteesta Topmenu/Others/Analog in/Temp. scale. Valittavissa on Celsius tai Fahrenheit. Ohjelmoitavaan logiikkaan voi valita vain yhden käytettävän lämpötilayksikön. Lämpötilan yksikkö calibroitimenussa on Celsius, vaikka ohjelmoitavaan logiikkaan sitä ei valitse. /1./



**KUVA 2. Hyppyliitin -50°C/1/**

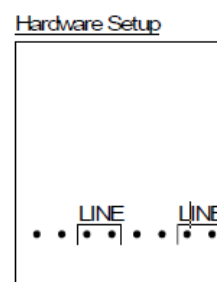
### Calibrointi

Calibroinin aluksi Alpha 2 ja AL2-2PT-ADP on sammutettava. Anturit on irrotettava tuloterminaalista. Tuloterminaalien on tehtävä kuvan mukainen kytkentä. AL2-2PT-ADP:n keskiosassa oleva hyppyliitin on kytkemällä keskimmäisiin nastoihin, eli kohtaan -50°C. Tämän jälkeen laitteen kytketään päälle. Alpha 2:n valikosta määritetään analogiseksi sisään tuloksi PT-100. Valinta tehdään osoitteessa Topmenu/Others/Analog in/I01/Mode. Vallinan jälkeen suoritetaan calibrointi -50°C samassa valikossa valitsemalla calibrate/-50°C. /1./



**KUVA 3. Hyppyliitin +200°C/1/**

Tämän jälkeen laitteet on sammutettava ja kytkettävä hyppyliitin vasemman puoleisiin nastoihin, eli kohtaan +200°C. Kytkennän jälkeen suoritetaan samat toimenpiteet kuin yllä mainittu, mutta lopuksi calibroitavalikossa on valittava +200°C. Calibroinnin jälkeen laitteet sammutetaan ja hyppyliitin asetetaan oikean puolimmaisiiin liittimiin, eli kohtaan line. Anturi kytketään sisääntuloterminaaliiin, jonka jälkeen laite on toiminta valmis. /1./



**KUVA 4. Hyppyliitin line/1/**

### **Hienosäätö**

Calibroinnin jälkeen voi tarpeen vaatiessa suorittaa hienosäädön. Hienosäätö on suoritettava Alpha 2:n menussa. Hienosäädön osoite menussa on Topmenu/Others/Analog In/PT100/Offset fine. Offset fine-valikossa voi säätää lämpötilalukemaa -15°C:sta +15,5°C:seen./1./

### **Lähteet**

1. AL2 Simple Application Controller Hardware Manual. Mitsubishi Electric  
2005