

**SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Petri Pihlajamäki**

**Terhi Poso**

**JULKISIVUN VAAKA-AVOSAUMAVERHOUKSEN  
LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA**

**Tekniikka Pori**

**Rakennustekniikan koulutusohjelma**

**Ympäristö- ja rakennussuunnittelun suuntautumisvaihtoehto**

**2006**

# **JULKISIVUN VAAKA-AVOSAUMAVERHOUKSEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA**

---

Pihlajamäki, Petri Lasse Patrikki  
Poso, Terhi Kaarina  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Pori, Tekniikantie 2, 28600 PORI, (02) 620 3000  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Ympäristö- ja rakennussuunnittelun suuntautumisvaihtoehto  
Syyskuu 2006  
Ohjaaja: Kallio, Jukka, DI  
Sivuja: 75  
UDK: 69.022.3, 699.82, 728.22

---

Asiasanat: Kosteus, lämpö, sade, tuuletus, avosaumajulkisivuverhous

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää avosaumatun levyverhouksen ja lisälämmöneristeen kosteuskäyttäytymistä peruskorjatulla ulkoseinällä. Työn taustana oli Eteläkoivulan Lämpö Oy:n tarve saada selvitys peruskorjattujen julkisivujen toimivuudesta.

Tutkimuskohteena ollut kerrostalo on rakennettu vuonna 1972. Selvitystä varten kosteus- ja lämpötilamittauksia tehtiin talon päätyseinästä kahdesta mittauspisteestä, sekä vaaka-avosaumoihin asennettiin kolme vedenkeräintä, joiden avulla seurattiin sadeveden kertymistä rakenteeseen. Mittaukset suoritettiin vuoden 2006 ensimmäisen puoliskon aikana.

Lämpötilamittausten avulla todettiin lisälämmöneristys onnistuneeksi. Kosteuspitoisuudet olivat normaalilla tasolla, eikä avosaumoista aiheutunut poikkeavaa rasitusta rakenteelle.

# **THERMAL AND MOISTURE FUNCTION OF HORIZONTAL – EXPOSED JOINT PANEL FACING OF FAÇADE**

---

Pihlajamäki, Petri Lasse Patrikki

Poso, Terhi Kaarina

Satakunta University of Applied Sciences

School of Technology Pori, Tekniikantie 2, 28600 PORI, (02) 620 3000

BSc Degree Programme in Construction Engineering

September 2006

Supervisor: Kallio, Jukka

Pages: 75

UDC: 69.022.3, 699.82, 728.22

---

Keywords: Moisture, heat, rain, ventilation, façade panel facing

---

The aim of this final year study was to determine the moisture behaviour of exposed joint panel facing and extra heat insulation in a renovated exterior wall. The study was commissioned by Eteläkoivulan Lämpö Inc and Ammatti-Isännöitsijät to obtain a report of the functionality of the renovated facades.

The subject of the research was an apartment house built in 1972. Moisture and thermal measurements were made for the report on two different measurement points at the end wall of the apartment house. Three water collectors were installed in the horizontal exposed joints to collect rainwater. The measuring was done during the first half of the year 2006.

Based on the temperature measuring, the extra heat insulation was found out to be successful. The moisture contents were at a normal level and the exposed joints did not cause any unusual stress on the structure

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### SYMBOLI- JA TERMILUETTELO

## 1 JOHDANTO

## 2 TEORIATAUSTA

### 2.1 Rakenne

### 2.2 Julkisivurakenteisiin kohdistuvia rasituksia

### 2.3 Rakenteen tuuletus

## 3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ

### 3.1 Vaaka-avosaumaisen julkisivurakenteen tutkimus

### 3.2 Työn tarkoitus

### 3.3 TTY:n tutkimusselostuksen nro 1307 havainnot avosaumaisesta julkisivusta

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Dataloggeri

### 4.2 Vedenkeräin

## 5 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT

### 5.1 Vedenkeräinten mittaustulokset

### 5.2 Dataloggerien mittaustulokset

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Vedenkeräimiin kertyneet vesimäärät

### 6.2 Lämpö- ja kosteusmittausten tulokset

### 6.3 Mittausten mahdolliset virhetekijät

### 6.4 Rakenteen U-arvo



7 YHTEENVETO

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

## SYMBOLI- JA TERMILUETTELO

$\Phi$ , kW tarkoittaa seinämän läpi kulkeutuvaa lämpövirtaa. (Mäkelä toim. 1999, 200)

ABSOLUUTTINEN KOSTEUS on ilman todellinen vesihöyrymäärä tilavuusyksikköä kohden ( $\text{g}/\text{m}^3$ ). Absoluuttinen kosteus on talvella keskimäärin 2...3  $\text{g}/\text{m}^3$  ja vajaan 10  $\text{g}/\text{m}^3$  kesällä. (RT 05-10410 1989, 2)

ILMAN KOSTEUS on ilman sisältämä näkymätön vesihöyry (vesi kaasuna). Kosteuden määrä ilmaistaan eri tavoin, esimerkiksi absoluuttisena tai suhteellisena kosteutena. Mitä lämpimämpi ilma on, sitä enemmän se voi sisältää vesihöyryä tilavuusyksikköä kohti. (RT 05-10410 1989, 2)

JOHTUMINEN (konduktio) on liike-energiaa molekyylien välillä jolloin tapahtuu lämpövirtaus. Väliaineessa lämpö tasoittuu eli se liikkuu lämpimästä kylmempään. (Siikanen 1996, 37)

KYLLÄSTYSKOSTEUS sanotaan sitä vesihöyryn määrää, jonka ilma korkeintaan voi ao. lämpötilassa sisältää. Jos lämpötila laskee kyllästetyssä tilassa, osa vesihöyrystä tiivistyy näkyvään muotoon kasteeksi, sumuksi, kuuraksi jne. (RT 05-10410 1989, 2)

Se kuvaa tilaa kun ilman vesihöyryn suhteellinen kosteus on 100 %. Kyllästyskosteuden yksikkö on  $\text{kg}/\text{m}^3$ . (Siikanen 1996, 55)

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN (U),  $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$  ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen (RakMK C4 2003, 2).

NORMAALINEN LÄMMÖNJOHTAVUUS ( $\lambda_n$ ),  $\text{W}/(\text{mK})$  tarkoittaa annettua lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa käytännön rakennustoiminnan laskelmia varten (RakMK C4 2003, 2).

SADETUSKOKEEN avulla saadaan selville rakenteisiin kertyvää kosteutta. Koe toteutetaan säärasituslaitteistossa. Kokeen testaussykli koostui sadetusvaiheesta, valumisajasta, kuivumisvaiheesta ja jäähtymisvaiheesta. (TTY Tutkimusseloste nro 1307 2004,5)

SISÄ- JA ULKOPUOLINEN PINTAVASTUS ( $R_{si}$  ja  $R_{se}$ ), ( $m^2K$ )/W ilmoittaa rakennusosan pinnan ja sisä- tai ulkopuolisen ympäristön välisen rajakerroksen lämmönvastuksen (RakMK C4 2003, 2).

SUhteellinen KOSTEUS RH (%) ilmaisee absoluuttisen (todellisen) kosteuden ja kyllästyskosteuden välisen suhteen ja se ilmaistaan siten useimmiten prosentteina. Suhteellinen kosteus ilmoittaa siis, kuinka monta prosenttia ilman vesihöyrymäärä on suurimmasta mahdollisesta vallitsevassa lämpötilassa. Suhteellinen kosteus muuttuu nopeasti lämpötilan muuttuessa. Lämpötilan kohotessa se pienenee ja päinvastoin. Tästä syystä suhteellinen kosteus on varsinkin kesällä suurimmillaan auringon nousun aikaan (lämpötilan minimi) ja alimmillaan iltapäivällä (lämpötilan maksimi). Samoin riippuu huoneilman kosteus lämmityskauden aikana ratkaisevasti siitä, kuinka paljon ulkoilma lämpenee sisälle siirrettäessä, ts. huoneilman ja ulkoilman lämpötilaerosta. Mitä kovempi pakkanen ulkona, sitä kuivempi on huoneilma. Keskimääräinen suhteellinen kosteus on suuri talvella maksimiarvojen esiintyessä marras-joulukuussa ja pieni kesällä minimiarvojen esiintyessä touko-kesäkuussa. (RT 05-10410 1989, 2)

SÄTEILYLLÄ (emissio) tarkoitetaan energian siirtymistä, valon nopeudella, sähkömagneettisen aaltoliikkeen välityksellä. Kun pintaan osuu säteilyä, se osittain heijastuu ja imeytyy. (Siikanen 1996, 37)

Ts tarkoittaa sisälämpötilaa, °C (RakMK D5, 1985, 5).

Tu tarkoittaa ulkolämpötilaa, °C (RakMK D5, 1985, 5).

TUULEN NOPEUDELLA tarkoitetaan yleensä 10 minuutin mittausjakson aikana vallitsevan tuulen keskinopeutta. Puuskissa tuulen nopeus voi olla

mitattua keskinopeutta huomattavasti suurempi. Tuulen nopeus ilmoitetaan tavallisesti metreinä sekunnissa (m/s). Se voidaan myös ilmoittaa solmuina tai kilometreinä tunnissa (km/h). Kansainvälisen suosituksen mukaan tuulimittari asennetaan avoimeen ja tasaiseen maastoon 10 metrin korkeudelle maan pinnasta. (RT 05-10390 1989, 2)

TUULEN VOIMAKKUUTTA kuvaavana yksikkönä käytetään boforia. Tuuli on saanut erilaisia nimityksiä alunperin juuri voimakkuuden perusteella. (RT 05-10390 1989, 2)

TUULI on lähellä maanpintaa tai vapaassa ilmakehässä tapahtuvaa ilman liikettä. Se on aina osittain pyörteistä. Tuulen suunnalla tarkoitetaan sitä suuntaa, josta tuuli puhaltaa. Tuulen suunta ilmoitetaan joko ilmansuuntana tai asteina. Säähavaintojen yhteydessä tuulen suunta mitataan kymmenen asteen tarkkuudella. Tilastoissa tuulen suunnan jakautuminen voidaan siten tarvittaessa esittää kymmenen asteen välein. (RT 05-10390 1989, 2)

TUULIKUORMALLA tarkoitetaan rakennuksen runkoon ja pintoihin kohdistuvaa lyhytaikaista muuttuvaa tuulivoimaa, joka lasketaan säätieteellisesti havaittujen tuulen enimmäisnopeuksien perusteella lasketun tuulenpaineen ja rakennuksen muodosta sekä tuulen suunnasta riippuvien kertoimien avulla. (RT 05-10390 1989, 2)

VESIHÖYRYNPAININE tarkoittaa sitä osaa ilmanpaineesta, jonka vesihöyry siihen aiheuttaa. Vesihöyrynpaine ilmoitetaan SI- järjestelmässä Pascal-yksikköinä (Pa).

Se voidaan ilmoittaa myös elohopeamillimetreinä (Hgmm). Näin ilmoitettu vesihöyrynpaine on lukuarvoltaan käytännöllisesti katsoen sama kuin absoluuttinen kosteus vastaavuuden ollessa tarkoin sama 16,4 °C lämpötilassa. (RT 05-10410 1989, 2)

VIRTAUKSELLA (konvektio) tarkoitetaan lämmön siirtymistä kaasun tai nesteiden virtauksen mukana. (Siikanen 1996, 37)

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Porin Koivulassa sijaitsevan As. Oy Visatie 13 lisälämmöneristyksellä ja levyverhouksella peruskorjatun betonisandwich – ulkoseinärakenteen kosteuskäyttäytymistä ja lämpötiloja. Tutkimuskohteena ollut kerrostalo on rakennettu vuonna 1972 ja ulkoseinien peruskorjaus on valmistunut maaliskuussa 2006. Eteläkoivulan Lämpö Oy ja Ammatti-Isännöitsijät Oy on toivonut selvitystä uuden seinärakenteen toimivuudesta.



Kuva 1.1 Tutkittava julkisivu

Vastaavia seinärakenteita on tutkittu Suomessa vain laboratorio-olosuhteissa. Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena oli saatujen mittaustulosten ja havaintojen avulla vertailla rakenteen toimivuutta käytännön olosuhteissa ja laboratoriossa. Näin pyrittiin selvittämään uuden rakenteen kosteusteknisiä ominaisuuksia.

Mittaukset suoritettiin pitkäaikaismittauksina talon eteläisen päätyseinän kahdesta mittauspisteestä (kuva 5.2). Mittauksissa käytettiin dataloggeriin kytkettyjä Vaisalan kosteusantureita ja lämpösähköpareja. Lisäksi julkisivun vaakavarsaumiin asennetuista kolmesta vedenkeräämistä mitattiin rakenteeseen johtuneet sadevesimäärät.

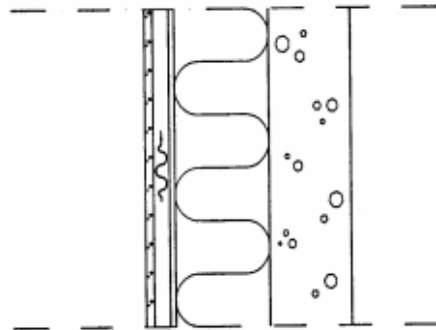
Julkisivukorjaustyömaa lukeutuu yhdeksi suomen suurimmista, sillä se koostui kahdeksan eri taloyhtiön yhteishankinnasta. Yhtiöissä on yhteensä noin 750 asukasta 470 asunnossa. Paikoin pahoin rapautuneen julkisivun (liite 3A) lisäksi yhtiöissä uusittiin ikkunat ja ulko-ovet, pinnoitettiin sokkelit ja katoille rakennettiin räystäät ulkoisin sadevedenpoistotarkaisuneen.

## 2 TEORIATAUSTA

### 2.1 Rakenne

Tutkittavaa rakennetta kutsutaan myös nimellä yhdistelmäjulkisivu (-ulkoseinä). Nimikettä yhdistää rakenne, jonka sisäkuori on betonia ja jonka ulkokuori voi koostua yhdestä tai monista eri ulkokuorimateriaaleista. Yhdistelmäjulkisivun perusrakenne on:

- betoninen sisäkuori
- lämmöneriste
- tuulensuoja
- ilmarako
- ulkokuori (julkisivumateriaali)



Kuva 2.1. Yhdistelmäjulkisivun perusrakenne (RTT. Julkisivu 2000, Yhdistelmäjulkisivut 1998, 7)

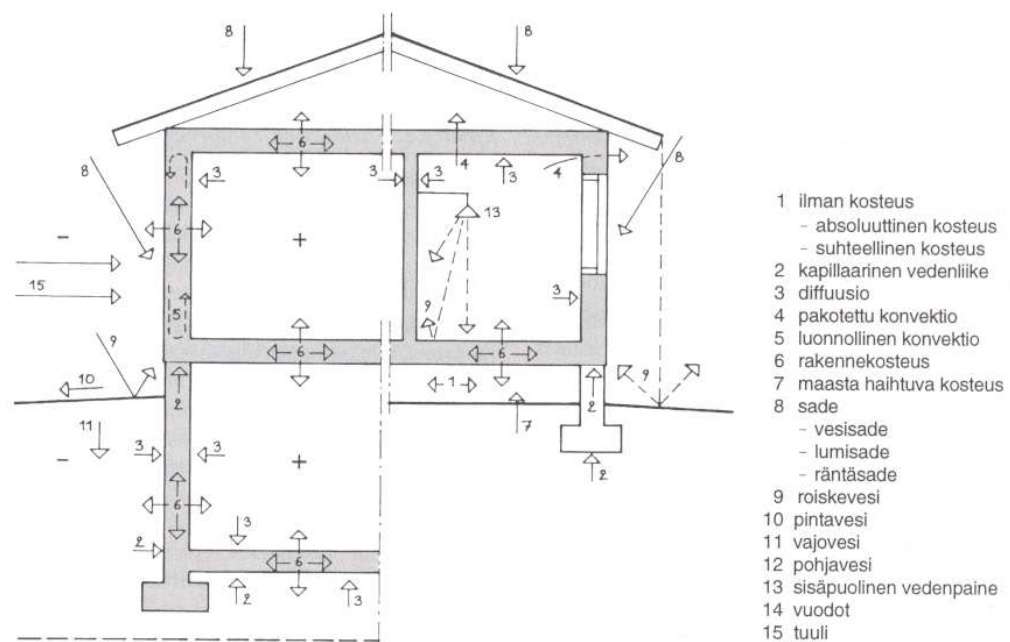
Yleensä ulkokuori sidotaan kiinni sisäkuoreen. Sidonta tehdään joko ruostumattomin sitein tai kiskoilla. Yhdistelmäjulkisivun kosteustekninen toiminta perustuu melko suureen ilmarakoon (>30 mm, vrt. puujulkisivu 15-20 mm). Suuren ilmaraon ansiosta rakenteeseen mahdollisesti pääsevä vesi ei etene sisään, vaan valuu alas tai haihtuu.

Tuuletus parantaa rakenteen kuivumista ja lämmöneristävyttä. Ilmarakoa vastaan tulisi käyttää tuulensuojalevyä, joka estää kosteuden läpipääsyä rakenteeseen jo rakennusvaiheessa. Käytettäviä julkisivumateriaaleja on monenlaisia, kuten metalliohutlevy, metallikasetti, profiililevy, metallilevy, lasi, kuitusementtilevy, keraaminen materiaali, komposiittilevy, luonnonkivi, muuraus ja betonielementti. (Rak-43.240 RARS, Yhdistelmäulkoseinät, 2002, 3-7)

## 2.2 Julkisivurakenteisiin kohdistuvia rasituksia

### Kosteus ja sen lähteet

”Meitä ympäröivä ilma ja kaikki huokoiset materiaalit ja rakenteet sisältävät normaalioloissa jonkin verran kosteutta, jonka määrä riippuu materiaalin ominaisuuksista ja ympäröivän ilman lämpötilasta ja kosteudesta. Rakenteisiin saattaa joutua ylimääräistä kosteutta myös rakentamisen ja käytön yhteydessä.” (Siikanen 1996, 51).



Kuva 2.2 Rakennukseen kohdistuvat kosteusrasitukset. (Siikanen 1996, 51).

### Kapilaarinen vedenliike

Kapilaarinen vedenliike on kosteuden siirtymistä nesteinä rakenteessa. Nesteen liikkeen aiheuttaa rakenteen ja sen kerrosten välinen pyrkimys tasapainokosteuteen. Huokoiset materiaalit kuten puu ja tiili kuljettavat huokosissaan vettä. Tämä kapilaari-imu aiheuttaa veden kulkeutumisen materiaalin huokosista toiseen materiaaliin.

## Diffuusio

Diffuusioilla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä vesihöyrynä rakenteen lävitse. Sen suunta on lämpimästä tilasta kylmempään tilaan päin.

## Kondensoituminen

Kondensoituminen on ilmiö, jossa vesihöyry tiivistyy vedeksi. Se voi tapahtua rakenteen pinnassa tai sen sisällä. Vesihöyryn tiivistyminen tapahtuu aina ympäröivää tilaa kylmemmälle pinnalle, kun vesihöyryn kyllästymiskosteus ylittyy.

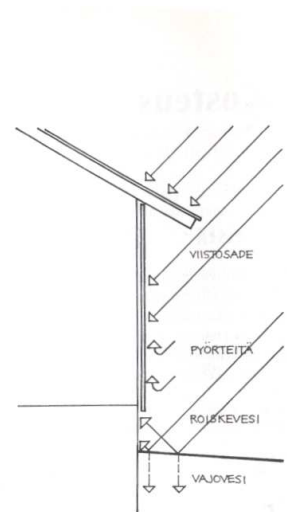
(Siikanen 1996, 52).

## Sade ja saderasitus

Sade esiintyy eri olomuodoissa vetenä, räntänä ja lumena. Röntä on kastelevin sadetyyppi. Yleisintä sadetta Suomessa on pystysade. Se rasittaa eniten vaakasuoria pintoja.

Viistosadetta pidetään suurimpana rasitustekijänä ja kosteusvaurioiden aiheuttajana rakennuksen rakenteille. Viistosade vaatii voimakkaan tuulen, mikä asettaa lisävaatimuksia ulkoverhouksen suunnittelulle. (Siikanen 1996, 52).

Viistosademäärä voi olla paljon suurempi julkisivun reunoilla kuin vapaa viistosade. Oikein suunnitellun julkisivun saderasitus johtuu pelkästään viistosateesta. (RTT. Julkisivu 2000, Yhdistelmäjulkisivut 1998, 59-60).



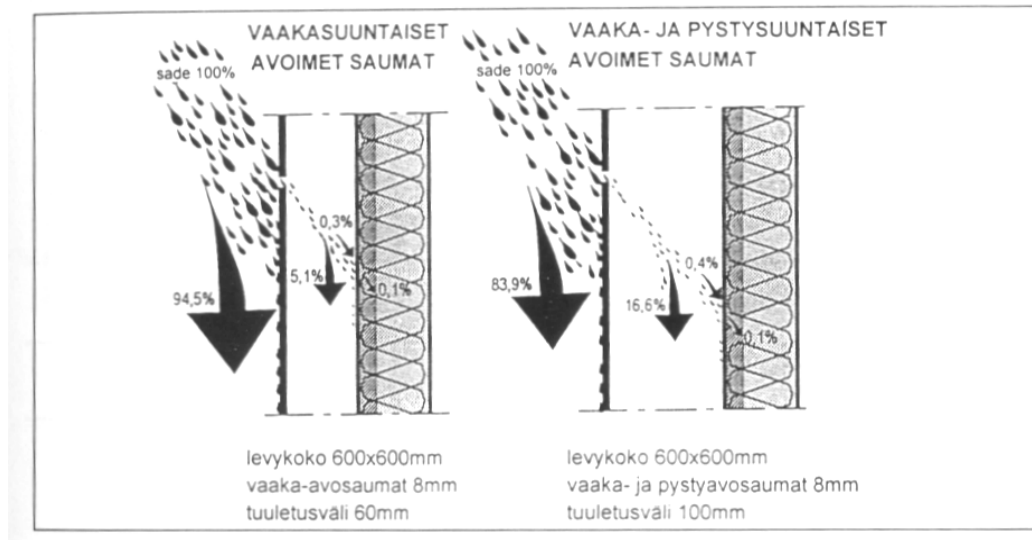
Kuva 2.3. Rakennukseen kohdistuva viistosade. (Siikanen 1996, 52).



Tuulen ansiosta sade voi nousta myös ylöspäin ulkoverhouksen pinnassa. Seiniin aiheutuvia sadehaittoja voidaan vähentää leveillä räystääillä, jolloin sadeveden pääsy rakenteisiin vähenee seinän yläosista.

Ulkoseinien alaosissa ja perustuksissa tulee ottaa huomioon sadeveden roiskumiset ja lammikoitumiset kosteusrasituksena. Sadevedestä osa valuu rakennuksesta pois päin pintavetenä ja osa painuu maahan vajovetenä. (Siikanen 1996, 52).

Avosaumarakenteessa tulisi käyttää mahdollisimman suurta tuuletusrakoa eristekerrokseen pääsevän viistosateen rajoittamiseksi. Kuva 2.4 kuvaa viistosateen pääsyä eristekerrokseen kahdessa eri tapauksessa. (RTT. Julkisivu 2000, Yhdistelmäjäulkisivut 1998, 61)



Kuva 2.4. Viistosateen pääsy avosaumarakenteeseen. Ensimmäisessä kuvassa vaakasaumat (8 mm) ovat avoimia ja tuuletusväli on 60 mm. Toisessa kuvassa sekä vaaka- että pystysaumamat ovat avoimia ja tuuletusväli on 100 mm. Viistosateesta pääsee eristekerroksen pintaan 0,3-0,4 %. (RTT. Julkisivu 2000, Yhdistelmäjäulkisivut 1998, 61)

## Kosteusrasitukset

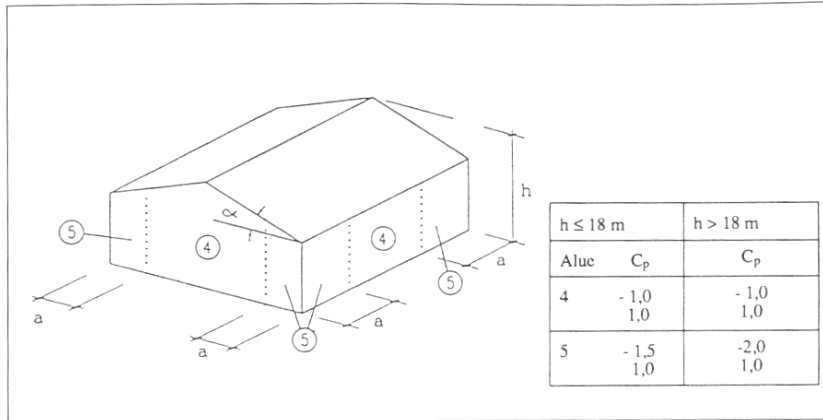
Kosteus on eri muodoissaan yleensä vakavin rasituksen tuottaja. Huomioon otettavat rasituslähteet ovat sade, kosteus ja kondenssi. Viistosade on suurin käytönaikainen kosteuslähde julkisivussa, sen vaikutus on suuri etenkin seinien yläosissa, räystäätömissä ja avoimissa korkeissa seinissä. Sandwich-elementti julkisivuissa ei ollut tuuletusuria ennen 1990-lukua. Silloin elementtien kuivuminen tapahtuu kuoren ulkopinnasta hitaasti.

Julkisivuihin ja parvekkeisiin kohdistuu voimakas sääolosuhteiden synnyttämä kosteusrasitus. Ulkoseiniin voi kohdistua myöskin sisätilasta aiheutuvaa kosteusrasitusta, esimerkiksi märkätilojen kosteusvirta ulospäin voi olla merkittävä. Betonin kosteusmittauksissa on huomioitava, että säärasitukselle joutuvan betonirakenteen kosteus vaihtelee huomattavasti vuodenajan mukaan. Esimerkiksi pintakerrosten suhteellinen kosteus (RH) voi olla kesän loppupuolella 60 % ja kevään alussa 100 %. (Suomen betoniyhdistys 2002, 17-18, 34, 118)

Tuulensuojauksessa on otettava huomioon julkisivun saumarakenne. Avosaumarakenteessa on käytettävä säänkestävää tuulensuojamateriaalia. Julkisivun avosaumarakenteen läpi kulkeutuvan vesimäärän määrä eristekerrokseen on riippuvainen tuuletusraon leveydestä. (RTT, Uudet betonijulkisivurakenteet, 1998, 44)

## Tuulikuorma

Tuulen aiheuttamat julkisivuvauriot esiintyvät usein rakennuksen nurkka-alueilla. Kuvassa 2.5 on esitetty seinien painekertoimet ja nurkka-alueiden korotetut painekertoimet.



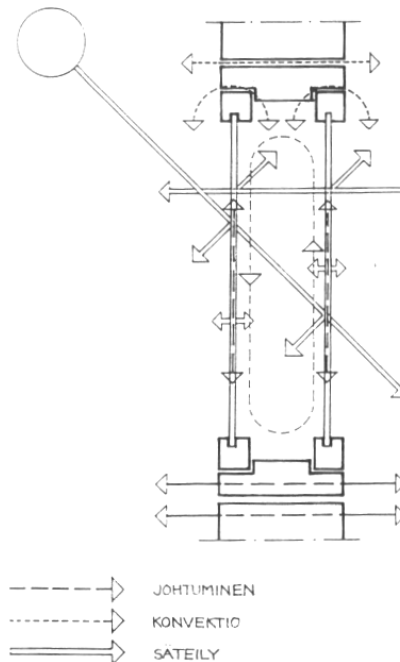
Kuva 2.5. Rakennuksen seiniin kohdistuvat painekertoimet  $c_p$  (RTT, Yhdistelmäjulkisivut, 1998, 56).

### Lumikuorma

Lumi kuormittaa julkisivurakenteita lähinnä erilaisten ulokkeiden ja räystääiden kohdalla. Julkisivurakenteet on suunniteltava niin ettei niihin muodostu lunta kerääviä alueita. Avosaumarakenteissa on huomioitava myös tuulen kuljettaman lumen kulkeutuminen rakenteeseen. (RTT, Yhdistelmäjulkisivut, 1998, 56-57)

### Lämpö

”Lämpö siirtyy rakenteessa kolmella eri tavalla: johtumalla, säteilemällä ja konvektion avulla (ilmavirtauksen mukana). (Siikanen 1996, 37).



Kuva 2.6. Lämmön siirtyminen ikkunassa. (Siikanen 1996, 37).

## Kylmäsilta

Lämpöä virtaa kylmäsilan kautta ulos enemmän, kuin sen ympärillä olevan rakennusosan kautta. Kylmäsiltoja aiheuttavat yleensä julkisivuverhousten kiinnitysjärjestelmät. (RTT, Yhdistelmäjulkisivut, 1998, 125)

Rakenteeseen kerääntyvä kosteus voi lisääntyä kylmäsiltojen kautta, koska kastepisteen esiintyminen eristekerroksen läpi menevän kiinnikkeen pinnalla on yleistä (RTT, Uudet betonijulkisivurakenteet, 1998, 45).

### 2.3 Rakenteen tuuletus

#### Lämmöneristeen tuulensuoja ja tuuletusrako

Tuulen ja auringon aiheuttama savupiippuvaikutus vaikuttaa ilmanvaihtuvuuteen tuuletusraossa. Tuulisella ilmalla paine-erot pyrkivät tasaantumaan. Lämmöneristeestä ja tuulensuojauksesta riippuen paine-erot (ilmavirtauksessa) aiheuttavat konvektiota eristekerrokseen heikentäen lämmöneristävyttä.

Rakenteessa esiintyy kahta virtaustyyppiä: rakennevirtaus ja läpivirtaus. Ilman läpäisevyys on suoraan verrannollinen materiaalin ilmanläpäisevyyteen.

Tuulensuojamateriaalilla suojataan lämmöneriste virtauksia vastaan. Yhdistelmäjulkisivuissa on suositeltavaa käyttää tuuletusrakoon ulottuvaa tuulensuojaa. Jälkiasennettaessa mineraalivillaeristettä on suositeltavaa käyttää pehmeää villaa sisäkuorta vasten. Nämä on syytä verhoilla jäykällä tuulensuojaeristeellä. (RTT, Uudet betonijulkisivurakenteet, 1998, 44)

Tuuletusraon kautta johdetaan ulos myös vesihöyry joka on kulkeutunut rakennuksen sisäosista.

Tuuletusraon ilmavirtaus tapahtuu paine-erojen vaikutuksesta, jonka toimintaan vaikuttavat seuraavat tekijät:

- ulkoverhouksen saumat
- tuuletusraon avoimuus vaakasuunnassa
- sisältä tuleva lämpövirta
- ulkopuolinen lämpösäteily
- paine-erot
- tuuli

(RTT, Yhdistelmäjulkisivut, 1998, 121-122)

### Tuuletusväli ja rakenteen kuivuminen

Yleensä tuuletusvälillä tarkoitetaan rakenteessa olevaa rakenneosaa jonka kautta ilmavirtaus kulkee. Tuuletusväli on ilmavirran suuntaa vastaan kohtisuorassa verrattuna rakenteen paksuuteen tai korkeuteen.

Tuuletusvälissä on yleensä erilliset virtausaukot ilman sisääntulolle ja poistumiselle. Tuuletusvälin tuulettumisen oletetaan poistavan kosteutta  $1 \text{ kg/m}^2/\text{pv}$  suotuisissa olosuhteissa. Rakenteen tuuletuskyky on kuitenkin riippuvainen tuulensuojan vesihöyrynläpäisevyydestä materiaalin toimintaoloissa.

Seinien ulkoverhouksen ilmantiiveys sekä kosteustekniset ominaisuudet vaikuttavat tuuletusvälin tarpeellisuuteen koko rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Rakenteen kuivumiseen tarvitaan ainakin toinen seuraavista mekanismeista: kosteudenpoisto ulkoverhouksen takaa tuulettumalla tai vesihöyryn diffuusio ulkoverhouksen läpi.

Mitä suurempi lämmönvastus tuuletusvälin ja ulkoilman välillä on, sitä parempi on luonnollinen kuivumispotentiaali. Luonnollisen kuivumispotentiaalın parantamiseen käytetään auringon säteilyn hyödyntämistä, tämä johtuu lämpöisen ilman kyvystä sisältää enemmän kosteutta kuin kylmä ilma.

Tuuletusvälin tuulettavuuteen vaikuttavat virtaukset jotka synnyttävät potentiaalit ja virtausta vastustavat kitka- ja kertahäviöt. Virtauksen voimia synnyttävät ulkoilman ja tuuletusvälin aiheuttama noste ja tuulesta aiheutuvat painevaihtelut.

Ohutlevyverhoilulle pätee samat tuulettavuuden periaatteet kuin muillekin materiaaleille. Lisäksi on otettava huomioon taivaan vastasäteilyn aiheuttama kosteuden tiivistyminen. Verhoilun alle voi vastasäteily jäähdyttää ulkoilman lämpötilan. Pinnan jäähtyminen aiheuttaa ilman kosteuden tiivistymistä tuuletusvälin ohutlevyverhouksen pinnalle.

Tuulettomina öinä jolloin tuuletusvälin tuulettuminen on heikkoa, vastasäteilyn aiheuttama ulkopinnan jäähtyminen ja veden tiivistyminen on voimakkainta. Tuulettamalla voidaan pienentää aikaa, jona pinnalla on vettä vaikka vastasäteilyn aiheuttamaa tiivistymistä ei voida kokonaan poistaa. (Rakentajain kalenteri 2000, 37-38).

## 3 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TEHTÄVÄ

### 3.1 Vaaka-avosaumaisen julkisivurakenteen tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää avosaumaratkaisulla toteutuneen julkisivun kosteus- ja lämpötilakäyttäytyminen. Suomessa avosaumalla toteutetut julkisivut ovat vielä harvinaisia ja niiden todellisesta käyttäytymisestä on vielä vähän tietoa.

Tavoitteena oli tutkia seinärakenteen toimivuutta luonnonoloissa. Tutkimuksessa selvitetään kosteuden kulkeutumista lämmöneristeisiin ja sen vaikutusta lisälämmöneristeen eristävyyteen, sekä veden kulkeutumista avosaumojen kautta vaippaan.

Koska tiedetään sadeveden pääsevän avosaumoista rakenteen sisälle, on tärkeää tutkia poistuuko kosteus riittävän hyvin rakenteesta ja pääseekö kosteus kulkeutumaan rakenteen sisälle. Lämpötekniisesti seinästä tutkittiin erityisesti ulointen rakennekerrosten lämpötiloja ja mahdollisesti seinän sisään jäävän kastepisteen esiintymistä.

Tutkimuksessa käytettiin apuna kosteus- ja lämpötilamittauksia kahdessa eri pisteessä pitkäaikaismittauksina. Eteläiseen julkisivuun kiinnitettiin kolmeen eri korkeuteen vedenkeräimet, jotka keräsivät avosaumojen läpi pääsevää sadevettä.

Yhdistelmäjulkisivuista on tehty tutkimuksia uudisrakentamisen puolella, mutta korjausrakentamisessa kyseisestä rakenneratkaisusta ei ole riittävästi tietoa. Rakenne poikkeaa uudisrakenteesta vanhan kuoren osalta, sillä alkuperäinen betonisandwich-elementti on jätetty rakenteen pohjalla. Myös julkisivun saumojen avoimeksi (vaakasaumat) jättäminen on Suomen sääolosuhteissa harvinaista.

### 3.2 Työn tarkoitus

Työn tarkoitus oli selvittää työn tilaajille, Eteläkoivulan Lämpö Oy:lle ja Ammatti-Isännöitsijät Oy:lle, avosaumaverhotun kerrostalon seinärakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta. Avosaumaista verhousrakennetta on tutkittu laboratorio-olosuhteissa, mutta luonnonoloissa rakenteen toimivuutta ei ollut vielä tutkittu.

Tarkoituksena on antaa tietoa myös suunnittelijoille, jotka suunnittelevat avosaumaisen verhousrakenteen soveltuvuutta korjausrakentamiskohteissa.

### 3.3 TTY:n tutkimusselostuksen nro 1307 havainnot avosaumaisesta julkisivusta

Tampereen teknillisen yliopiston talonrakennustekniikan laboratorion tekemässä tutkimuksessa on käynyt ilmi, että avosaumaisten koeseinien tuulensuojamateriaalin pinta kastuu huomattavissa määrin sadetuskokeenaikana.

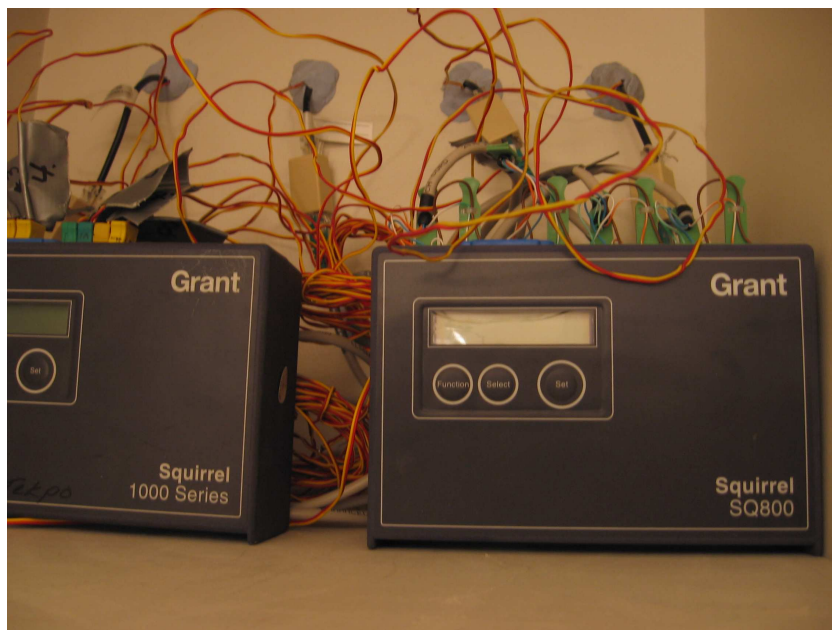
Kosteuskertymää ei kuitenkaan synny tuulensuojamateriaalin takana oleviin lämmöneristekerroksiin. Tutkimuksen sadetusaika oli yhteensä 8 päivää, tutkimusselosteessa ei käy ilmi miten ilmaraon tuuletus on järjestetty laboratorio- olosuhteissa. Koeseinässä oli käytetty 35 mm:n tuuletusväliä.



## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Dataloggeri

Kosteuksien ja lämpötilojen mittausdatan tallennukseen käytettiin Grantin 1000-sarjan Squirrel dataloggeria ja Grantin Squirrel SQ800 dataloggeria. Ilman suhteellisen kosteuden mittaamiseen käytettiin kapasitiivista kosteusanturia, jolla saadaan tulokset prosentteina. Kosteusanturin mittausalue on 0-100 % RH. Lämpötila-antureina käytettiin lämpösähköpareja. Mittauksissa käytettiin kolmea eri dataloggeria. Ensimmäisen mittauspisteen dataloggerilla pystyttiin tallentamaan sekä kosteutta että lämpötiloja. Toiseen mittauspisteeseen asennettiin kaksi dataloggeria. Toinen loggereista tallensi tietoja lämpötiloista ja toinen kosteuksista.



Kuva 4.1. Grant Squirrel dataloggerit. Vasemmalla puolella olevaan 1000 series dataloggeriin liitettyjen lämpösähköparien avulla tallentui lämpötilalukemat ja oikealla puolella olevalla SQ800 dataloggeriin tallentui kosteustureista ilman suhteellinen kosteus.

## Dataloggerin kalibrointi

Ennen mittauksia dataloggerien mittapääät kalibroitiin. Lämpösähköparit kalibroitiin Satakunnan ammattikorkeakoulun fysiikan laboratoriossa Systemteknikin valmistamalla kalibraattorilla. Kalibraattorina käytettiin S2541 Thermolyzer, jonka resistanssi 0°C:ssa on 100Ω, platinavastusanturin tyyppi Pt 100.

Kosteusmittapääät kalibroitiin Vaisalan HMK15 kosteuskalibraattorilla. Vaisalan kalibraattorin toiminta perustuu siihen, että tietyt suolaliuokset kehittävät yläpuolellaan olevaan ilmaan niille ominaisen suhteellisen kosteuden (M210185fi-B, HMK15 kosteuskalibraattori käyttöohje, Syyskuu 2002 1).

Kalibroinnissa käytettiin Vaisalasta tilattuja valmiita suola-annospakkauksia sekä ionivaihdettua vettä (johtokyky <0,25 μS/cm). Suoloina käytettiin litiumkloridia LiCl (11 % RH9) sekä kaliumsulfaattia K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (97 % RH). Kalibroitaessa mittapäää työnnettiin kylläistä suolaliuosta sisältävään mittauskammioon ja näyttämä säädettiin kosteuteen, jonka käyttämä suola kehitti kyseisessä lämpötilassa. Kalibrointi suoritettiin HMK15 kosteuskalibraattorin käyttöohjeen mukaisesti.



Kuva 4.2. Dataloggerin kalibrointi Vaisalan HMK15 kosteuskalibraattorilla



Kuva 4.3. Lämpösähköparit kalibroitiin Satakunnan ammattikorkeakoulun fysiikan laboratoriossa Porissa.

## Dataloggerin ja mittapäiden asennus

Lämpötilojen ja kosteuden kaksi mittauspistettä sijoitettiin rakennuksen sisäpuolelle, samalle julkisivulle mihin vedenkeräimet on asennettu. Ensimmäinen mittauspiste sijaitsi kuudennen kerroksen ja toinen toisen kerroksen korkeudella. Asennustyö aloitettiin poraamalla seinään 18 mm:n timanttiporalla neljä reikää eri syvyyksiin (kuva 4.5). Reikiin asennettiin muoviputket, että kosteus- ja lämpötila-anturit saataisiin mahdollisimman tiiviisti asennettua haluttuun mittaussyvyyteen.



Kuva 4.3. Keittiökaapistoon porattuihin 18 mm:n reikiin asennetut muoviset sähköputket asennusvalmiina mitta-antureita varten.

Kosteusanturit työnnettiin varovaisesti putken perälle. Jokaiseen putkeen laitettiin kosteusanturin lisäksi lämpösähköpari, jonka avulla saatiin lämpötilalukemat. Lämpösähköparit ja Vaisalan kosteusanturit asennettiin neljään eri syvyyteen; tuulensuojavillaan, lisälämmöneristeeseen, vanhaan ulkokuoreen ja vanhaan lämmöneristeeseen.

Lopuksi putket tiivistettiin vaahtomuovilla ja putkien suuaukot sinetöitiin. Toimenpiteellä varmistettiin, ettei sisäilman lämpötila ja kosteus vaikuttaisi merkittävästi testaustuloksiin.



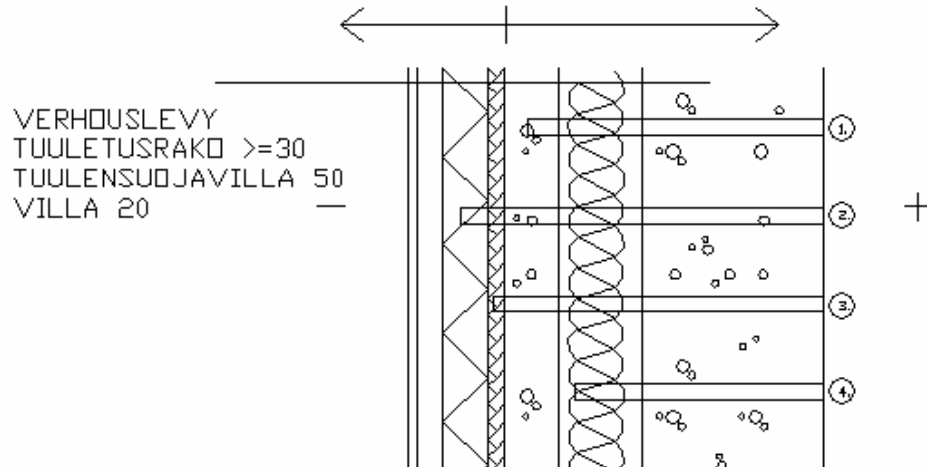
Kuva 4.4 Dataloggeri tallentamassa tietoja.

Kun mittapää oli asennettu paikoilleen, säädettiin tietokoneella dataloggerin asetukset halutuille tasoille. Ensimmäisellä mittauskerralla kosteus- ja lämpötilalukemia kerättiin puolen minuutin välein kolmen viikon ajanjaksolta. Lukemia tuli runsaasti ja seuraavilla mittauskerroilla päädyttiin pidentämään mittausväliä viiteen minuuttiin. Ajanjakso pidettiin samana eli tietoja kerättiin kolmen viikon ajanjaksolta.

HUONEISTO 27

YLHÄÄLTÄ

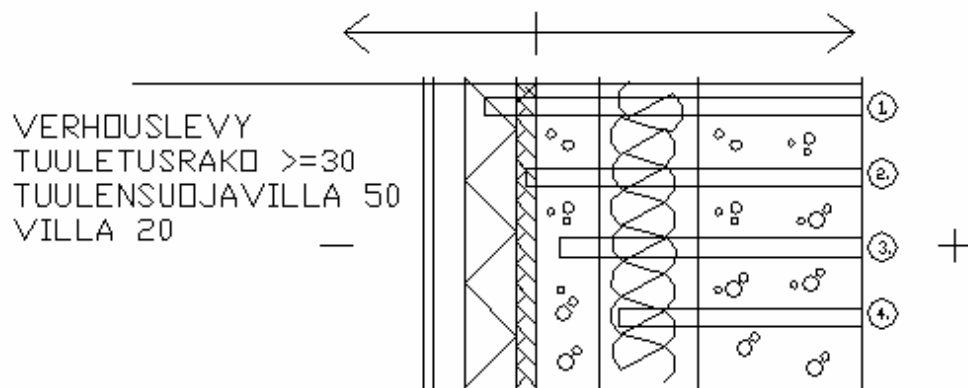
UUSI SEINÄRAKENNE VANHA SEINÄRAKENNE



HUONEISTO 39

YLHÄÄLTÄ

UUSI SEINÄRAKENNE VANHA SEINÄRAKENNE



18MM MUOVIPUTKI, VAAKATASOSSA  
MUOVIPUTKET KK-100MM

Kuva 4.5. Mittapäiden asennuskaavio.



## 4.2. Vedenkeräin

Vedenkeräinten avulla seurattiin viistosateen rakenteeseen aiheuttamaa kosteusrasitusta. Keräimet valmistettiin halkaisijaltaan 32 mm:n halkaistusta muoviputkesta, jonka molemmat päät tulpattiin umpeen. Putken toiseen päähän tehtiin 20 mm:n reikä, jonka alapuolelle kuumaliiman ja rautalangon avulla kiinnitettiin suppilo. Vedenkeräimen suppiloon kiinnitettiin muoviletku kiristimen avulla. Vedenkeräin asennettiin tuuletusväliin, pituuden (600 mm) keräimelle rajasi alumiinikiskojen väli.

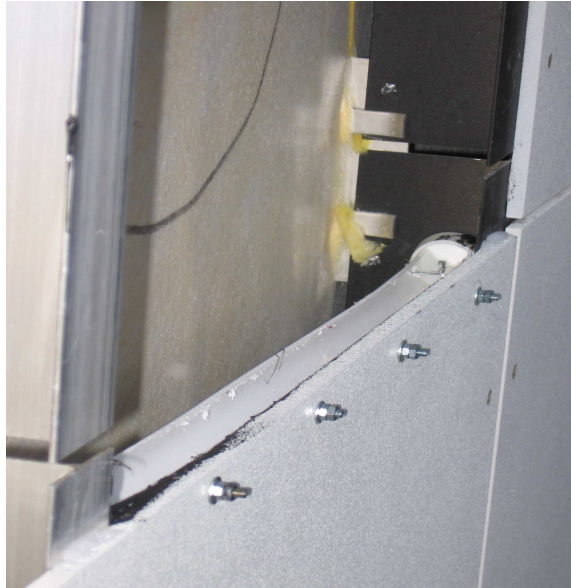


Kuva 4.5. Vedenkeräin

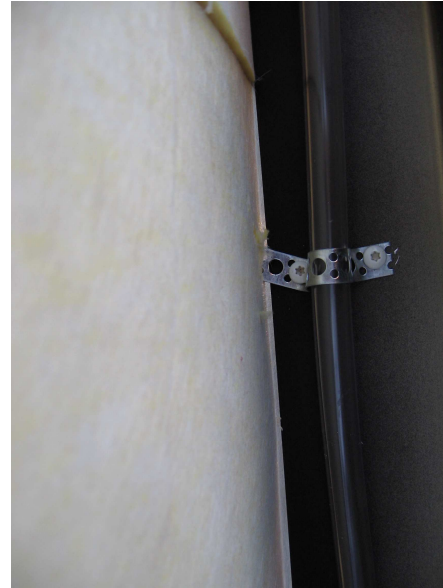
Vedenkeräimiä valmistettiin kolme kappaletta. Kaikki keräimet asennettiin samalle seinälle, joka arvioitiin kunniltaan huonoimmaksi. Asennuspaikat valittiin eri puolilta julkisivua, sekä eri korkeuksilta. (kuva 5.2.)

Asennustyö aloitettiin poraamalla neljä reikää vedenkeräimen uloimpaan reunaan ja levyn yläreunaan tasaisin välimatkoin. Putken reuna siveltiin huolellisesti runsaalla tiivistysmassalla. Keräin kiinnitettiin neljällä mutterilla tukevasti levyyn, jonka jälkeen siveltiin tiivistysmassaa koko putken matkan viistosti putkeen päin. Lopuksi varmistettiin, ettei sivuilta pääse mahdollinen viistosateen tuoma vesi valumaan ohi, vaan kerääntyisi putkeen.

Vedenkeräimen suppilosta alaspäin roikkuva muoviletku kiinnitettiin useista kohdista ruuveilla alumiinikiskoihin kiinni. Alhaalla muoviletku tulpattiin vedenpitäväksi.



Kuva 4.6. Vedenkeräin asennettuna julkisivulevyyn.



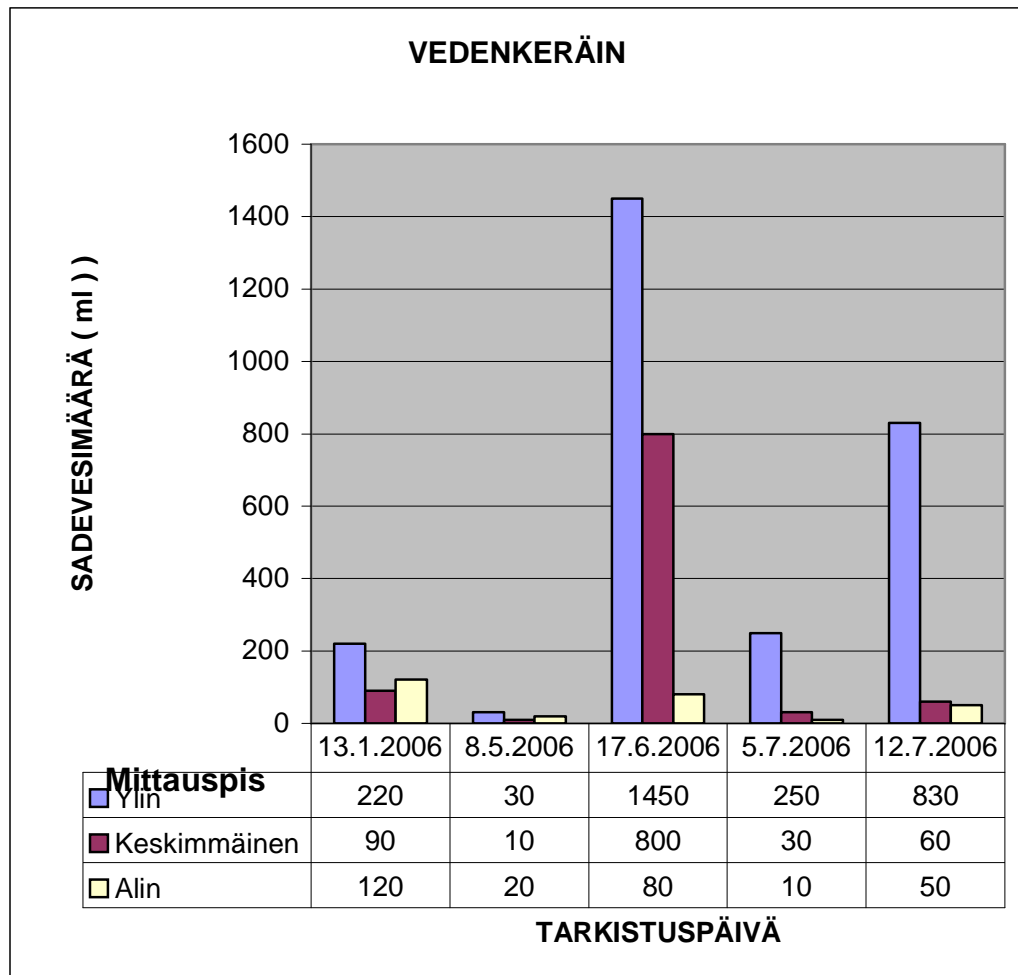
Kuva 4.7. Muoviletkun kiinnitystapa alumiinikiskoihin



## 5 MITTAUSTULOKSET JA HAVAINNOT

### 5.1 Vedenkeräinten mittaustulokset

Kaavio 5.1. Vedenkeräinten mittaustulosten yhteenveto.

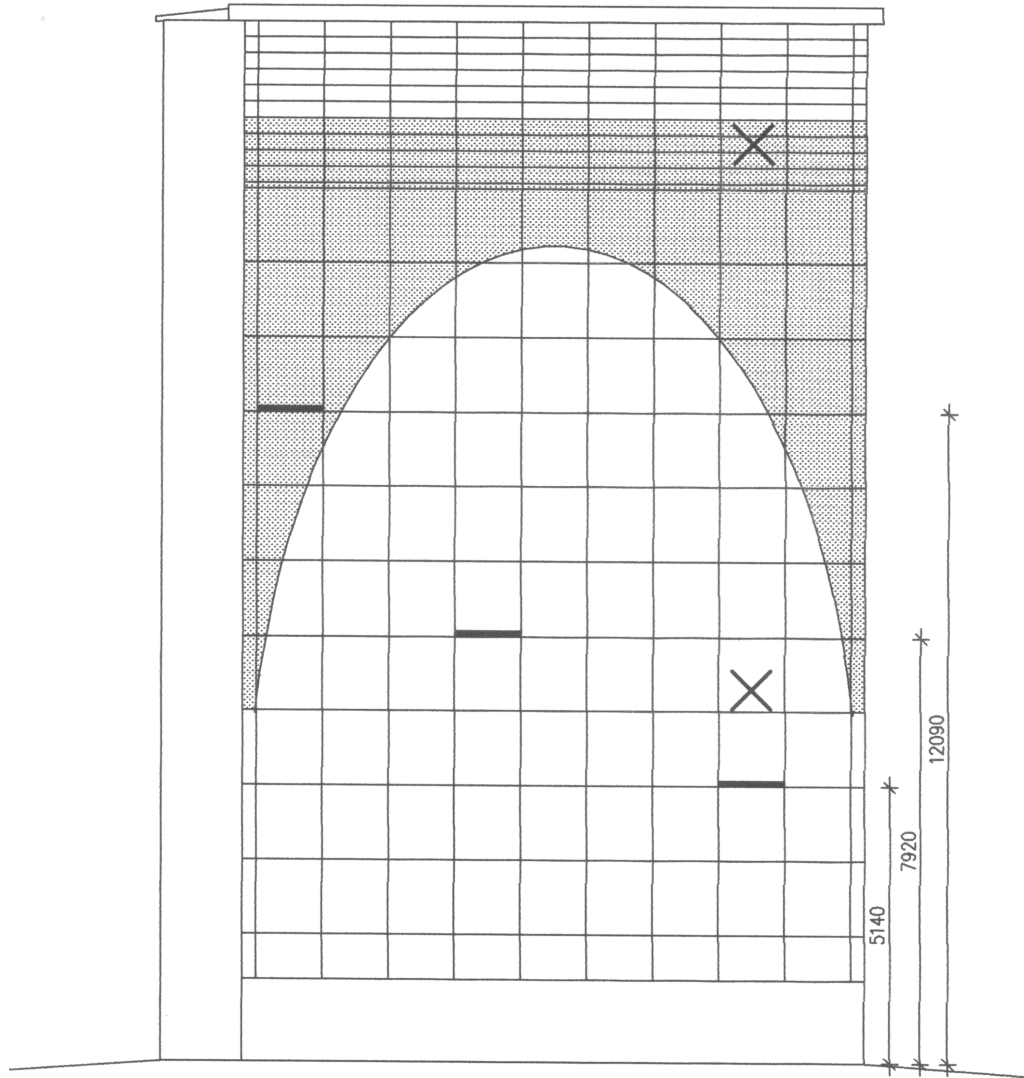


Vedenkeräimet asennettiin samaan aikaan kuin julkisivuasennus. Kyseisellä hetkellä seinän lisälämmöneristeet olivat kuivia. Ennen keräyksen aloittamista tarkastettiin, että vedenkeräimet olivat oikein kiinnitetty julkisivulevyyn ja että ohivuotoa ei pääsisi tapahtumaan. Keräinten tarkastuspäivinä lämmöneristeet olivat tarkastuspisteiden kohdilta silmämääräisesti kuivia. Mittausajanjaksona oli 1.1- 12.7.2006.

RASTEROITU ALUE OSOITTA ENITEN SEINÄLLE KOHDISTUVAA VIISTOSATEEN ALUETTA

✕ KOSTEUS- JA LÄMPÖANTUREIDEN ASENNUSPAIKKA

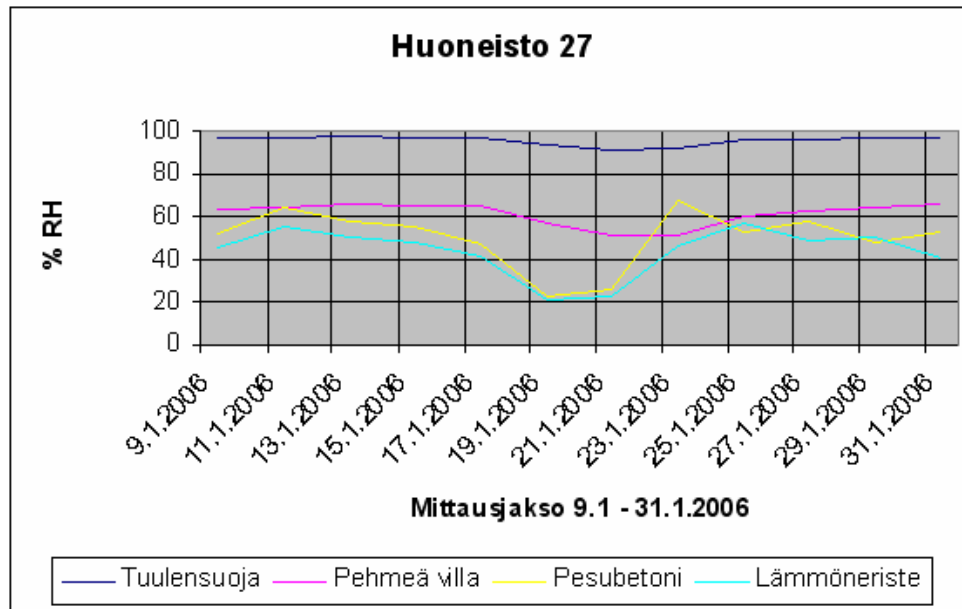
— VEDENKERÄIMEN ASENNUSPAIKKA



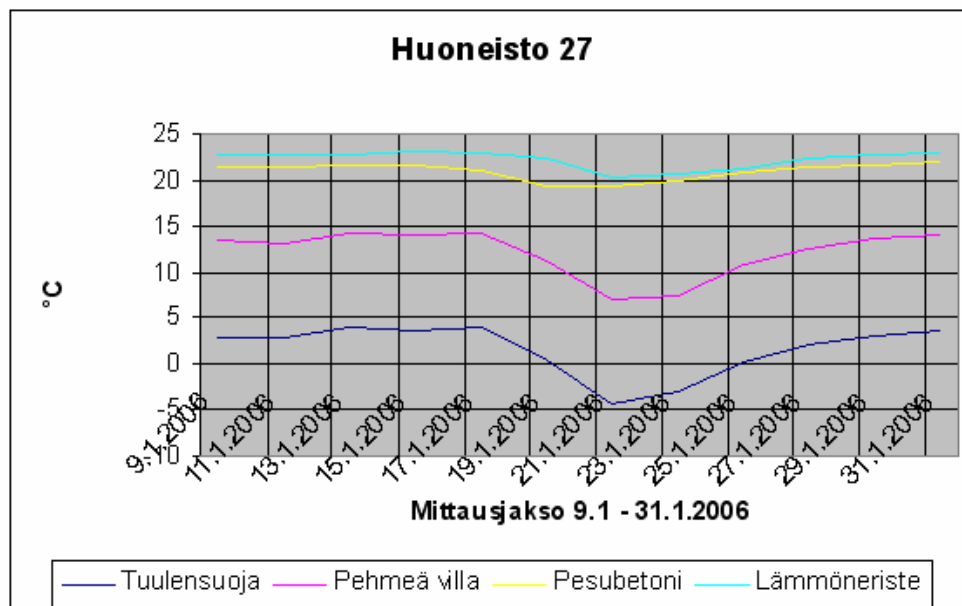
Kuva 5.2. Mittapäiden asennuspaikat.

## 5.2 Dataloggerien mittaustulokset

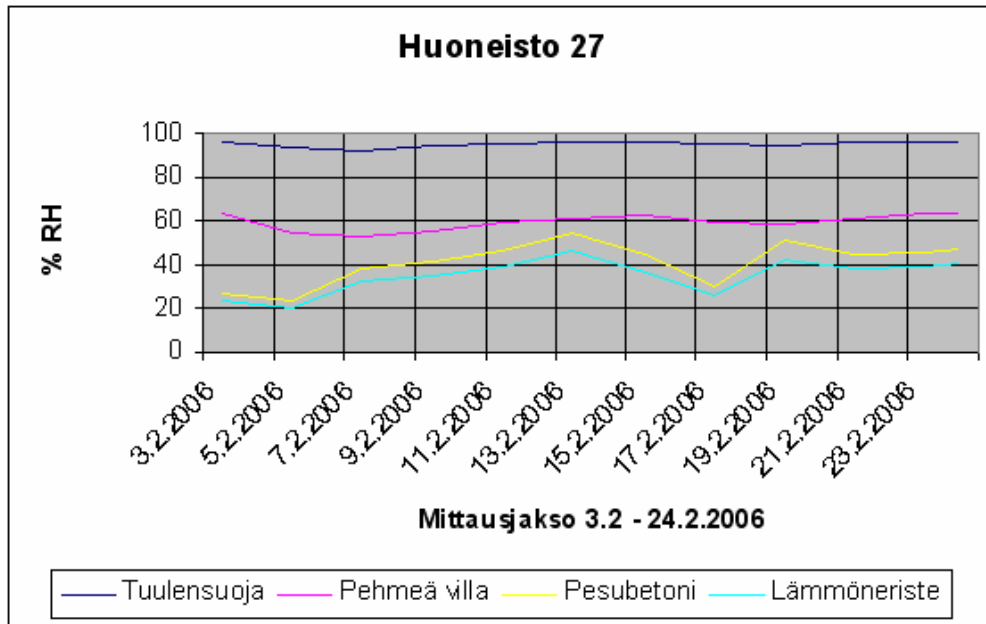
### Huoneisto 27



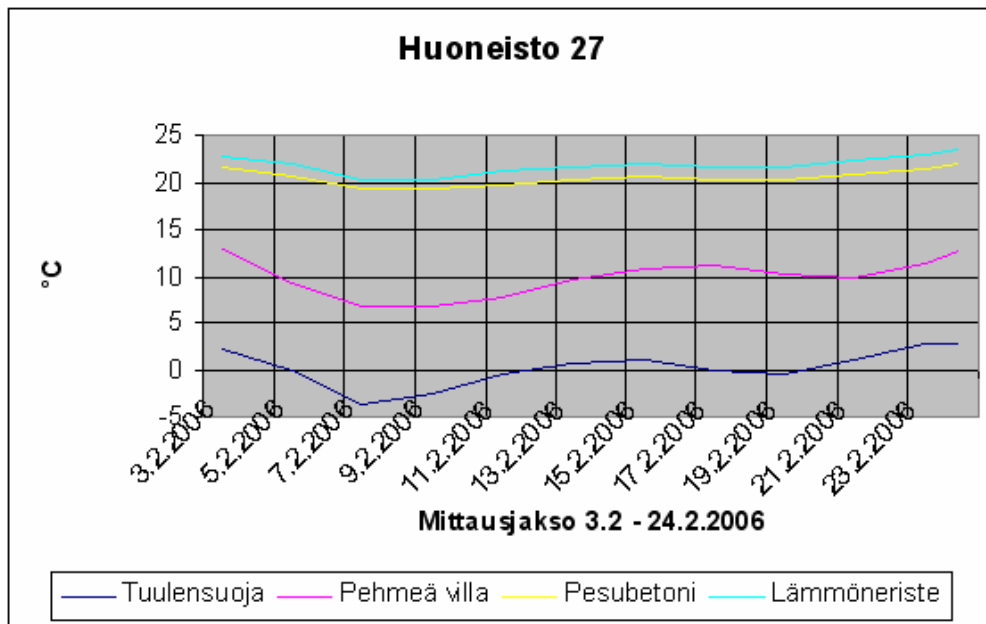
Kuva 5.3. Huoneiston 27 kosteusprosentit 9.1- 31.1.2006.



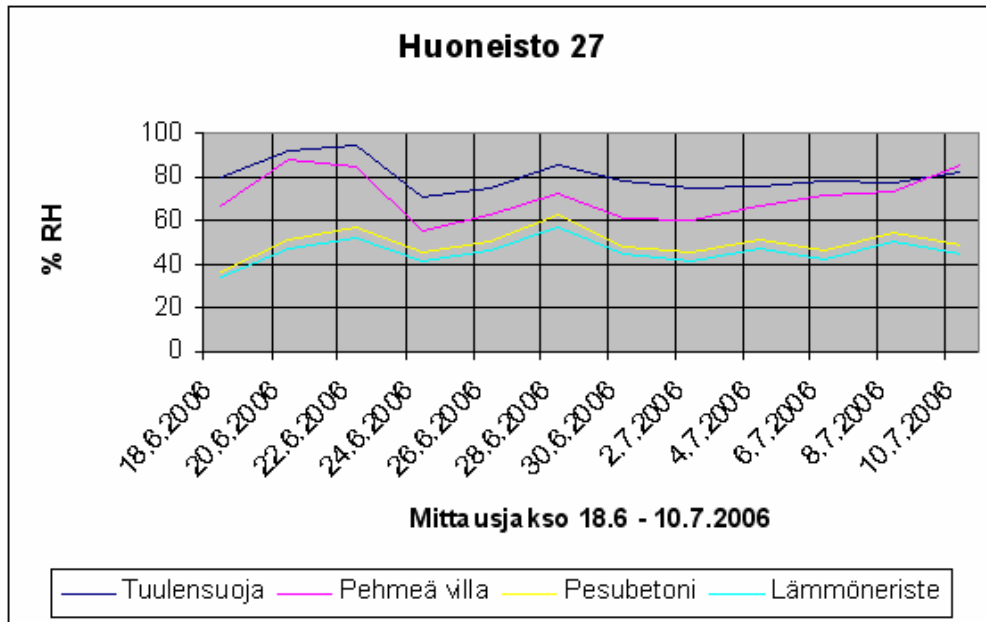
Kuva 5.4. Huoneiston 27 lämpötilalukemat 9.1- 31.1.2006.



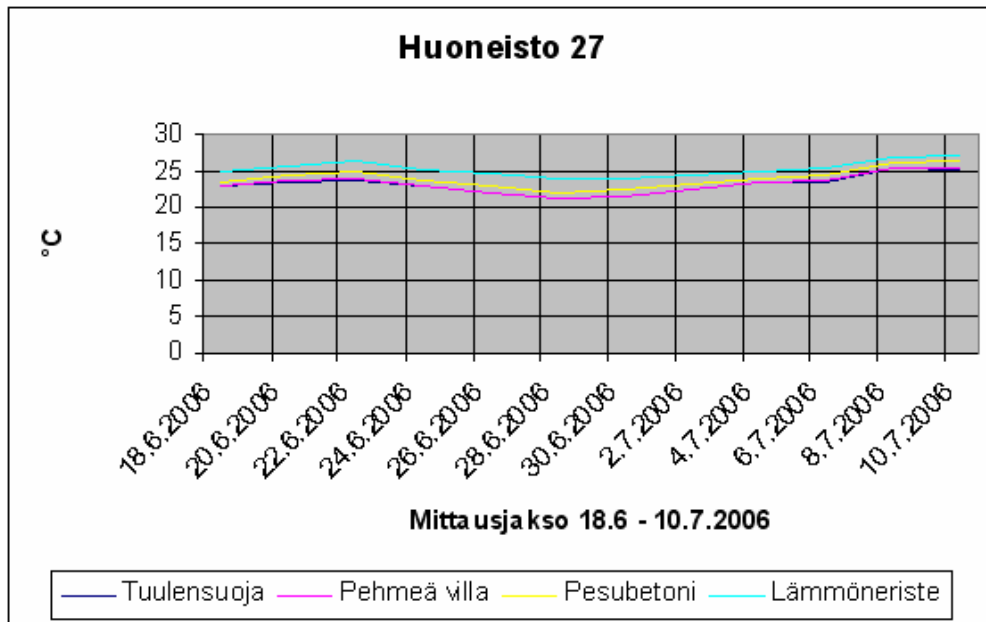
Kuva 5.5. Huoneiston 27 kosteusprosentit 3.2 - 24.2.2006



Kuva 5.6. Huoneiston 27 lämpötilalukemat 3.2 - 24.2.2006

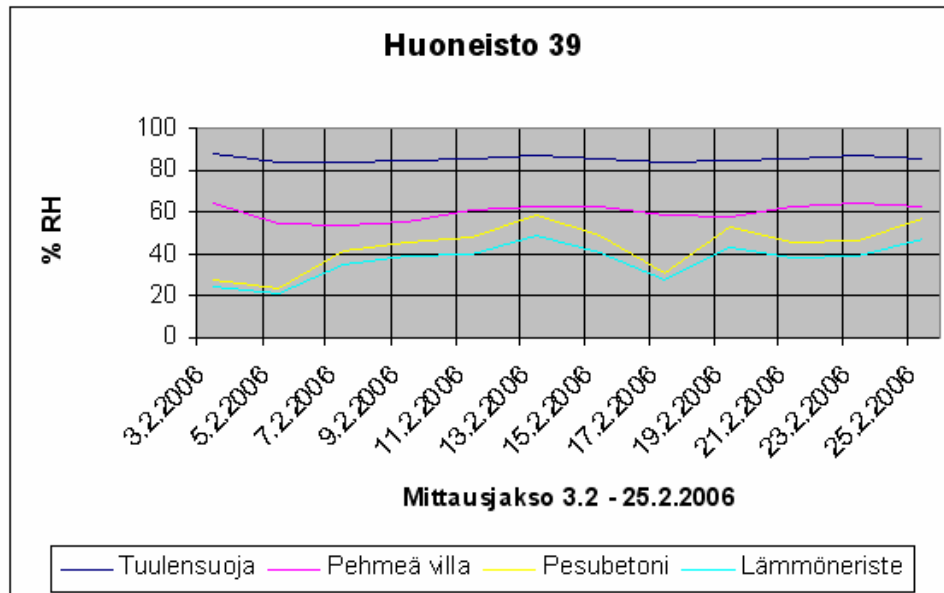


Kuva 5.7. Huoneiston 27 kosteusprosentit 18.6 - 10.7.2006

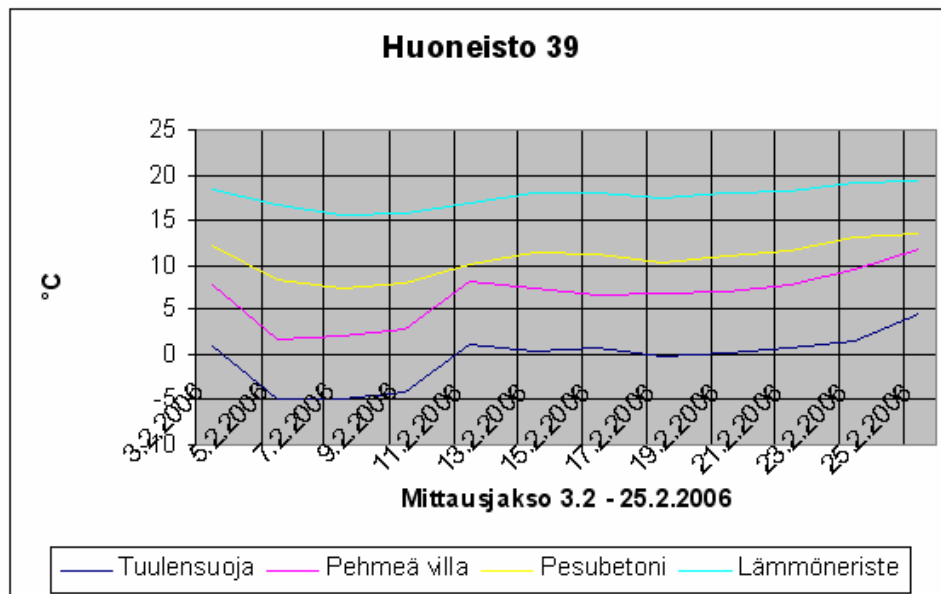


Kuva 5.8. Huoneiston 27 lämpötilalukemat 18.6 - 10.7.2006

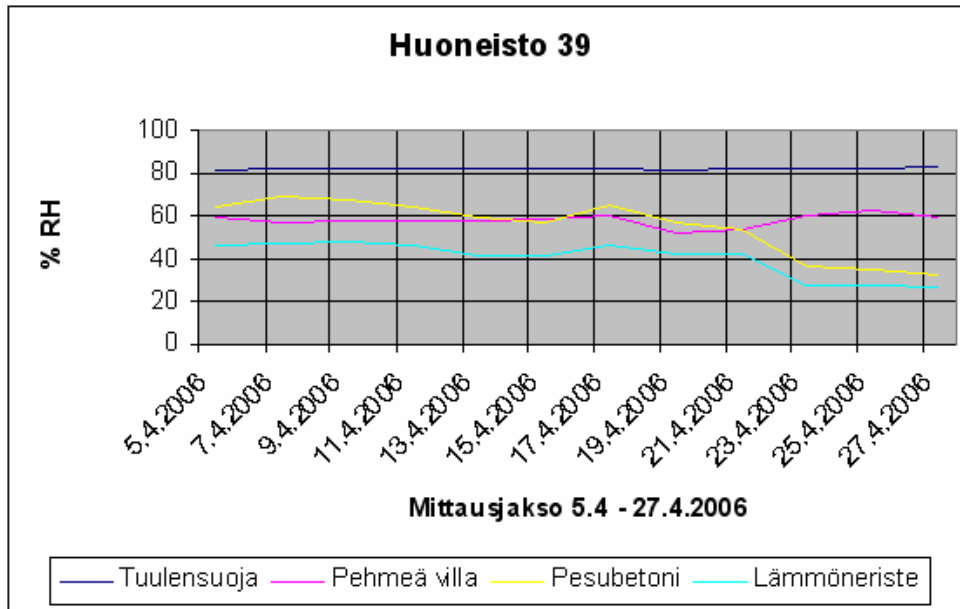
# Huoneisto 39



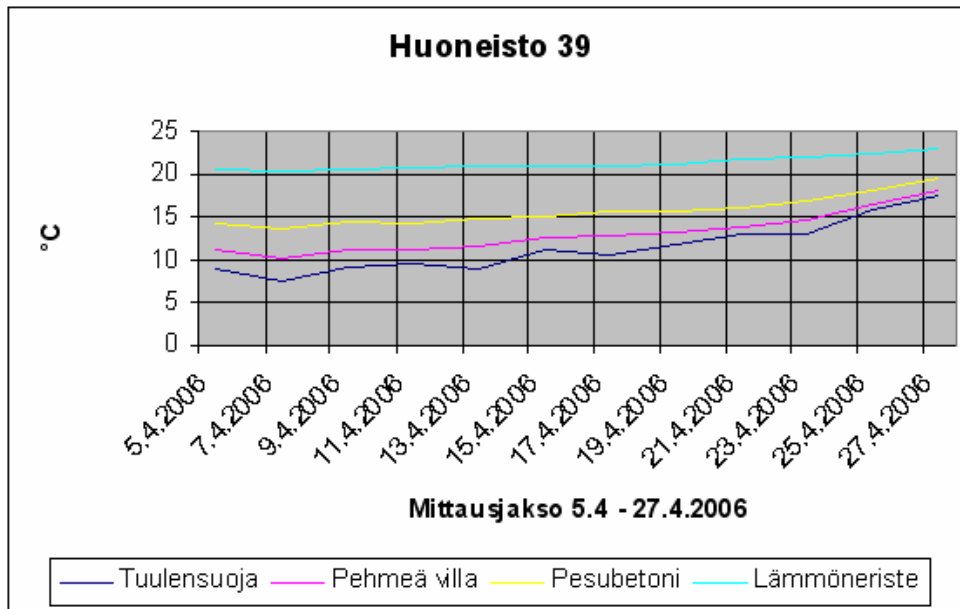
Kuva 5.9. Huoneiston 39 kosteusprosentit 3.2 – 25.2.2006



Kuva 5.10. Huoneiston 39 lämpötilalukemat 3.2 – 25.2.2006.



Kuva 5.11. Huoneiston 39 kosteusprosentit 5.4 – 27.4.2006



Kuva 5.12. Huoneiston 39 lämpötilalukemat 5.4 – 27.4.2006.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Vedenkeräimiin kertyneet vesimäärät

Julkisivun vaaka-avosaumojen taakse sijoitettujen vedenkeräinten mitatut vesimäärät olivat pieniä suhteessa mittausajanjaksoon. Ensimmäisen mittausjakson aikana 1.1.2006 - 13.1.2006 vettä oli kertynyt ylimpään (kuva 5.2) vedenkeräimeen 220 ml, keskimmäiseen 90 ml ja alimpaan vedenkeräimeen 120 ml.

Toisena ajanjaksona 14.1 - 8.5.2006 vettä kertyi ylimpään vedenkeräimeen 30 ml, keskimmäiseen 10 ml ja alimpaan 20 ml.

Ajanjaksoina 1.1.2006 - 13.1.2006 ja 14.1 - 8.5.2006 sademäärät kerääntyivät kuvan 5.2 mukaisesti ja tuulikuorma toimi kuvan 2.5 periaatteen mukaisesti. Vesimäärät olivat ajanjaksona 14.1 - 8.5.2006 pieniä.

Kolmannen ajanjakson 9.5 - 17.6.2006 mittaustulokset: ylin 1450 ml, keskimmäinen 800 ml ja alin 80 ml.

Neljännän ajanjakson 18.6- 5.7.2006 mittaustulokset olivat seuraavanlaisia: Ylin 250 ml, keskimmäinen 30 ml ja alin 10 ml.

Viidennen ajanjakson 18.6- 5.7.2006 mittaustulokset: ylin 830 ml, keskimmäinen 60 ml ja alin 50 ml.

Kolmannen, neljännän ja viidennen ajanjakson sademäärät eivät kerääntyneet kuvan 5.2 mukaisesti, mutta tuulikuorma oli isoin reunassa ja näin ollen tuulikuorma toimi osittain kuvan 2.5 periaatteen mukaisesti.

Kyseisen mittaustuloksen selittää se, että tuulensuunta oli keskittynyt kyseiselle reuna-alueelle. Tosin neljännän ja viidennen ajanjakson keskimmäisen ja alimman mittauspisteen erot olivat marginaalisia.



Katon räystäät pienentävät huomattavasti viistosaderasitusta julkisivun yläosissa. Koska julkisivuun kohdistuva saderasitus koostuu käytännössä kokonaan viistosateen määrästä eikä vuotuisesta sademäärästä, on julkisivuun kohdistuva saderasitus täysin riippuvainen julkisivuun kohdistuvasta tuulenpaineesta.

Viistosateen pääsy vaaka-avosaumaiseen julkisivurakenteeseen on esitetty kuvassa 2.4. Kuvan mukaisessa rakenteessa on 60 mm:n tuuletusväli, jolloin eristekerrokseen pääsee 0,3 prosenttia 100 prosentin saderasituksesta. Tutkittavan rakenteen mitattu tuuletusväli on noin 80 – 100 mm (liite 3D). Tämä tarkoittanee käytännössä pienempää eristekerrokseen kohdistuvaa saderasitusta (<0,3 %). Kuvasta 2.4 ilmenee myöskin tuuletusvälin ollessa 60 mm, että 0,1 prosenttia viistosateen määrästä imeytyisi lämmöneristeeseen.

Kuitenkin tutkittavan rakenteen lisälämmöneristeen uloin kerros on tehty tuulensuojavillalla (Isover RKL-50), jonka uloin puoli on pinnoitettu lasihuovalla. Tuulensuojalevyt on asennettu niin että ylöspäin mentäessä levyt limittävät toisensa jolloin mahdollinen valuva vesi ei pääse rakenteen sisään. Tällöin lämmöneristeeseen asti kohdistuvasta viistosademäärästä ei pääse imeytymään vettä rakenteeseen. Lisälämmöneristelevyyden asti pääsevän viistosateen määrä on pienempi kuin 0,1 %, kun tuuletusväli on isompi kuin 60 mm.

## 6.2 Lämpö- ja kosteusmittausten tulokset

Mittapääät oli asennettu kuvan 4.5 mukaisesti. Mittausajanjaksojen aikana uloimman eristekerroksen (tuulensuoja) suhteellinen kosteus ei kertaakaan noussut 100 % (RH). Tämä ilmaisee sen, että rakenne ei mittausten aikana kastunut märäksi. Toisin sanoen vaaka-avosaumojen kautta rakenteeseen päässyt viistosade ei imeytynyt rakenteeseen, eikä kastepistettä syntynyt kerrokseen.

Talvimittausajankohtien aikana mitattujen rakenteen kerrosten lämpötilat pysyivät lämpimän puolella. Lukuun ottamatta ulointa kerrosta (tuulensuojaa), jossa lämpötilat pysyivät nollan molemmilla puolilla. Leudon talven vuoksi mittausajankohtien lämpötilat ovat liiankin lämpöisiä, siksi tulokset eivät ole vertailukelpoisia pitkien pakkasjaksojen vertailuun. Talviajan ulkolämpötilat ja kosteudet ovat esitetty liitteessä 4 satunnaisotantoina.

Mittauksista käy ilmi, että tutkittavan rakenteen uloimman eristekerroksen (tuulensuoja) lämpö- ja kosteusmittausten tulokset mukailevat ilman lämpötiloja ja kosteuspitoisuuksia trendinä.

Mitattujen eri kerrosten lämpötilajakaumat pysyivät mittausten aikana hyvin pitkälti vakioina. Lämmöneristeiden eristyskyky ei muuttunut mittausajankohdan aikana, lämmöneristeisiin päässyt kosteus ei heikentänyt lämmöneristeiden lämmöneristyskykyä.

Lisälämmöneristetyllä tuulettuvalla betonielementtijulkisivulla on alkuperäistä rakenneratkaisua kuivattava vaikutus, koska lisälämmöneristeen ansiosta vanhan rakenteen ja ulkoilman välinen lämpötilaero kasvaa. Tällöin kuivumispotentialiaali ulkoilmaan nähden kasvaa. Parannuskorjauksella on mahdollistettu julkisivun parempi lämpö- ja kosteustekninen toimivuus.

Tutkitun rakenteen betoniset kerrokset ovat näin suojattu pakkaselta ja sateilta, jonka ansiosta betonisten kerrosten säilyvyys paranee. Tämä tarkoittaa betonin käyttöiän pidentymistä, jolloin myös rungon käyttöikä pidentyy.

Tulosten vertailu TTY:n tutkimuselosteeseen nro 1307

Tampereen teknillisen yliopiston talonrakennustekniikan laboratorion tekemässä tutkimuksessa koeseinän ilmaraoksi oli ilmoitettu 35 mm, jolloin sadetuskokeenaikana tuulensuojamateriaalinpinta kastui huomattavissa määrin.

Tämän opinnäytetyön tutkittavassa seinärakenteessa ilmaraon leveydeksi mitattiin kenttäolosuhteissa 80 – 100 millimetriä (liite 3D). Tutkittavan seinärakenteen ilmarako on keskimäärin 2,5 kertaa leveämpi kuin laboratorioolosuhteissa sadetuskokein testatun koeseinän ilmarako.

Kenttämittausten aikana ei huomattu silmämääräisesti tuulensuojalevyn kastumista, eikä kyseisenä aikana kosteusmittarit saavuttaneet / ylittäneet 100 % (RH) suhteellista kosteutta.

TTY:n tutkimuselosteesta käy ilmi että kosteuskertymää ei synny tuulensuojamateriaalin takana oleviin lämmöneristekerroksiin. Kenttämittauksista voidaan todeta, että tuulensuojan takana olevissa kerroksissa on pääsääntöisesti huomattavasti alhaisemmat kosteuspitoisuudet kuin tuulensuojalevyssä.

## Huoneisto 27

Ensimmäinen mittausjakso oli 9.1 -3.2.2006. Tuulensuojaeristeen kosteusprosentti oli mittausajanjaksona noin 85 - 95 % (RH) (kuva 5.3). Lämpötilalukemat olivat -5 – +4 °C (kuva 5.4). Pehmeän villan kosteusprosentti pysyi 45 - 65 % välillä (kuva 5.3) ja lämpötila oli +4 – +7 °C (kuva 5.4). Pesubetonin (betonisandwich-elementin uloin kerros) kosteusprosentti oli 20 - 65 % (kuva 5.3) ja lämpötila oli +19 – +22 °C (kuva 5.4). Lämmöneristeen (betonisandwich-elementin lämmöneriste) kosteusprosentti oli 20 - 60 (kuva 5.3) ja lämpötila oli +21 – +23 °C (kuva 5.4).

Kosteusprosenttien vaihtelu on suoraan verrannollinen viistosateesta. Vanhan rakenteen rakennekosteus ja sisältä huoneistosta tuleva vesihöyrynpaine vaikuttivat tuloksiin. Lämpötilalukemat pienenevät sisältä ulospäin mitattaessa. Rakenteen lämpökäyttäytyminen on normaali.

Toinen mittausjakso oli 3.2 - 3.3.2006. Tuulensuojaeristeen kosteusprosentti oli mittausajanjaksona noin 90 - 97 % (kuva 5.5). Lämpötilalukemat olivat -5 - +3 °C (kuva 5.6). Pehmeän villan kosteusprosentti oli 52 - 62 % (kuva 5.5) ja lämpötila oli +7 – +13 °C (kuva 5.6). Pesubetonin kosteusprosentti oli 22 - 58 % (kuva 5.5) ja lämpötila oli +7 – +4 °C (kuva 5.6). Lämmöneristeen kosteusprosentti oli 20 - 46 % (kuva 5.5) ja lämpötila oli +20 – +23 °C (kuva 5.6).

Mittaustulokset pysyivät tasaisempina kuin ajanjaksona 9.1 – 3.2.2006. Tulokset kuitenkin pysyivät samoilla mittausalueilla.

Kolmas mittausjakso oli 18.6 - 10.7.2006. Tuulensuojaeristeen kosteusprosentti oli mittausajanjaksona noin 62 - 97 % (kuva 5.7). Lämpötilalukemat olivat +21 – +25 °C (kuva 5.8). Pehmeän villan kosteusprosentti oli 55 - 89 % (kuva 5.7) ja lämpötila oli +22 – +26 °C (kuva 5.8). Pesubetonin kosteusprosentti oli 39 – 60 % (kuva 5.7) ja lämpötila oli +20 – +27 °C (kuva 5.8). Lämmöneristeen kosteusprosentti oli 38 – 58 % (kuva 5.7) ja lämpötila oli +24 – +27 °C (kuva 5.8).

Mittausajankohta oli kesä-heinäkuussa, jolloin lämpötilat olivat korkeammat kuin edellisissä tuloksissa. Kosteusprosenttien tulokset olivat korkeampia kuin mittausjaksoissa 3.2 - 3.3.2006. Tämä johtunee vuodenajasta ja vallinneista lämpötiloista.

Huoneiston 27 mittausajanjakson 9.1.-18.6.2006 aikana vanhan kuoren suhteellisen kosteuden arvot tasaantuivat ja olivat mittauksen päättyessä arvoiltaan alempia kuin mittauksen aloitusaikana. Mittauksen aloitus ajan kohta oli juuri silloin kun vanha kuori oli saanut uuden julkisivukerroksen, jolloin vanha kuori oli vielä kosteuksiltaan ulkokuoren mukainen.

Huoneisto 39

Ensimmäinen mittausjakso oli 3.2 - 25.2.2006. Tuulensuojaeristeen kosteusprosentti oli mittausajanjaksona noin 85 – 90 % (kuva 5.9). Lämpötilalukemat olivat -6 – +5 °C (kuva 5.10). Pehmeän villan kosteusprosentti oli 56 - 62 % (kuva 5.9) ja lämpötila oli +2 – +12 °C (kuva 5.10). Pesubetonin kosteusprosentti oli 22 -60 % (kuva5.9) ja lämpötila oli +7 – +14 °C (kuva 5.10). Lämmöneristeen kosteusprosentti oli 20 - 48 % (kuva 5.9) ja lämpötila oli +16 – +19 °C (kuva 5.10).

Kosteusprosentit olivat korkeampia ja lämpötilat alhaisempia kuin huoneiston 27 mittausajanjaksona 3.2 - 3.3.2006. Huoneisto 39 sijaitsee ylempänä kuin huoneisto 27, jolloin tuulenpaine on kovempi ja kosteusrasitus suurempi. Rakenne pysyy kylmempänä.

Toinen mittausjakso oli 5.4 - 2.5.2006. Tuulensuojaeristeen kosteusprosentti oli mittausajanjaksona noin 81 - 83 % (kuva 5.11). Lämpötilalukemat olivat +8 – +17 °C (kuva 5.12). Pehmeän villan kosteusprosentti oli 52 - 70 % (kuva 5.11) ja lämpötila oli +10 – +19 °C (kuva 5.12). Pesubetonin kosteusprosentti oli 22 - 68 % (kuva 5.11) ja lämpötila oli +13 – +20 °C (kuva 5.12). Lämmöneristeen kosteusprosentti oli 18 - 48 % (kuva 5.11) ja lämpötila oli +21 – +23 °C (kuva 5.12).

Kosteusprosentit pysyivät samanlaisina kuin ensimmäisenä mittausjaksona 3.2 - 25.2.2006. Lämpötiloissa tapahtui pientä nousu johtuen vuodenajasta. Vanhan rakenteen suhteellinen kosteus on mittauksen edetessä laskusuuntainen.

### 6.3 Mittausten mahdolliset virhetekijät

#### Vedenkeräin

Vedenkeräimet asennettiin niin, että vesien ohivuodot estettiin. Kuitenkin on mahdollista, että valuva vesi on päässyt vedenkeräinten ohi, koska saneerausta tehnyt julkisivuryhmä teki vielä vedenkeräinten asennusten jälkeen asennus- ja viimeistelytyötä. Asennus- ja viimeistelytyöiden aikana on ollut mahdollista, että vedenkeräimiin on voinut kohdistua pakkovoimia. Riski vedenkeräimen tiiveyden peittämiseen on kuitenkin erittäin pieni.

Vedenkeräimien mittaustuloksiin on voinut vaikuttaa putkiin jäänyt vesi, jota ei mahdollisesti ole pystytty huomioimaan. Vedenkeräimien putkien pituudet vaihtelivat korkeustasojen mukaan. Korkeimmalla olevan putken pituus on 11,5 metriä.

Vedenkeräimien putkiin aiheutuva kondenssi on myös voinut lisätä mittaustulosten määrää. Kuitenkin on todennäköistä, että kondenssista johtuva vedenkeräinten mittaustulosten kasvu on marginaalista. Vedenkeräimet sijaitsivat julkisivun takana, jolloin lämpötilavaihtelut ovat hitaampia.

## Sähkölämpöpärit ja kosteusanturit

Lämpötila- ja kosteusmittausten tuloksiin on mahdollisesti vaikuttanut huoneistojen sisältä tullut lämpö ja kosteus. Tämän on voinut mahdollistaa mittausputkien riittämätön tiivistys tai tiivistyksen peittäminen.

Koska anturit sijoitettiin molemmissa huoneistoissa keittiökalustoon, on mahdollista, että normaalin elämisen yhteydessä loggerit ovat voineet liikahtaa ja anturien tiiveys heikentyä. Mittaustulosten kopioinnin ja laitteiston purkamisen aikana ei ollut silmin havaittavaa tiiveyden menetystä tapahtunut. Myös mittauskohteena olleessa asunnossa mitattavan kohteen sisällä tapahtunut elämä on voinut vaikuttaa mittaustuloksiin. Esimerkiksi sellaisissa huoneistoissa, jossa laitetaan paljon ruokaa, pestään paljon pyykkiä tai kuivatetaan sitä huoneistossa sisällä, voi kosteusmittaus antaa vääristyneen tuloksen. Samainen periaate pätee myös lämpötilanmittaustuloksissa, mitä korkeampi huonelämpötila sitä enemmän lämpöä johtuu rakennuksen kuoreen.

Huoneisto 39		Huoneisto 27	
Kanava	% RH	Kanava	% RH
9	(+) 3,7	1	(+) 2,1
10	(+/-) 2,1	3	(-) 4,2
11	(+/-) 3,9	5	(+) 4,8
12	(+) 2,3	7	(+) 5,2

Kuva 6.1. Kosteusantureiden mittaustarkkuus.

## 6.4 Rakenteen U-arvo

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 määrittelee uudet lämmön-eristysvaatimukset, jotka ovat tulleet voimaan 30.10.2002. Kyseisessä rakentamismääräyskokoelmassa määritetään ulkoseinän U-arvoksi  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  jota ei saa ylittää. Tutkittavan seinärakenteen laskennallinen lämmönläpäisyarvo täyttää nykyiset lämmön-eristysvaatimukset. Lämpövirran ( $\phi$ ) arvo on vallitsevilla kuvan 6.2 arvoilla  $10,8 \text{ W/m}^2$ .

1960-luvun lopun ja 1970-luvun alun betonielementtijulkisivujen U-arvot ovat yleisesti välillä 0,35 – 0,65 W/m<sup>2</sup>K. Tutkittavan rakenteen vanhan kuoren laskennalliseksi lämmönläpäisyarvo on 0,49 W/m<sup>2</sup>K. Lisälämmöneristyksellä kyseisen rakenteen lämmönläpäisyarvo parani 2,1 kertaiseksi. Vanhan rakenteen lämpövirran arvo oli vallitsevilla kuvan 6.2 arvoilla 77,9 W/m<sup>2</sup>.

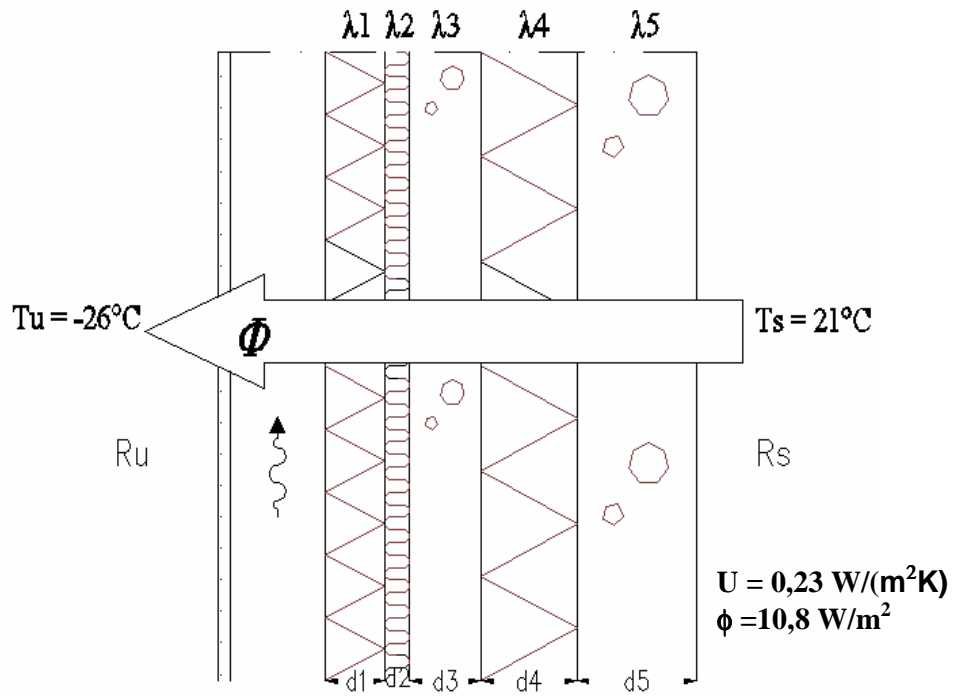
Lämpövirtalaskelmat puoltavat energiataloudelliselta kannalta vaaka-avosaumaisia lisälämmöneristettyjä rakenneratkaisun käyttämistä julkisivukorjauksissa.

#### Rakenne

1. elementtiseinä: - sisäkuori 200 mm:n betoni  
- lämmöneriste 70 mm:n eristevilla  
- ulkokuori 50 mm:n pesubetoni
2. lisälämmöneristys: - pehmeä villa 20 mm (Isover KH 50-90)  
- tuulensuojavilla 50 mm (Isover RKL-50)
3. tuuletusrako: - min. 30mm (mitattu 80 mm - 100 mm)
4. ulkoverhous: - avovaakasaumaverhoiltu julkisivulevytys, julkisivulevyt sementtikuitulevyä jonka ulkopinnassa akryylipinnoite. Valmistaja LTM Company lupaa CemColour® Structure tuotteensa olevan itsepuhdistuva.



	mm		W/mK		$m^2K/W$
d1	50	$\lambda_1$	0,029	$R_u$	0,130
d2	20	$\lambda_2$	0,036	$R_s$	0,040
d3	50	$\lambda_3$	1,700		
d4	70	$\lambda_4$	0,052		
d5	200	$\lambda_5$	1,700		



Kuva 6.2. Rakenteen U-arvo

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Porissa Koivulan alueella sijaitsevan As. Oy Visatie 13 lisälämmöneristyksellä ja levyverhouksella peruskorjatun betonielementti – ulkoseinärakenteen kosteuskäyttäytymistä ja lämpötiloja.

Tutkimuskohteena ollut kerrostalo on rakennettu vuonna 1972 ja ulkoseinien peruskorjaus on valmistunut maaliskuussa 2006. Vastaavia ulkoseinärakenteita on Suomessa vähän, ja joiden kosteus- ja lämpökäyttäytymisestä on vähän tutkimustuloksia. Eteläkoivulan Lämpö Oy ja Ammatti-Isännöitsijät Oy ovat toivoneet selvitystä uuden seinärakenteen toimivuudesta.

Tutkimuksessa selvitettiin seinän kosteus- ja lämpöteknistä toimintaa lämpö- ja kosteusmittauksilla, sekä vedenkeräimien avulla avosaumoista rakenteelle tulevaa vesimäärää.

Mittaukset suoritettiin pitkäaikaismittauksina talvi- ja kesäolosuhteissa, ajanjaksona 9.1.-10.7.2006, talon päätyseinän kahdesta mittauspisteestä. Mittauksissa käytettiin dataloggeriin kytkettyjä Vaisalan kosteusantureita ja lämpösähköpareja. Lisäksi julkisivun vaaka-avosaumoihin asennetuista kolmesta vedenkeräimistä mitattiin rakenteeseen johtuneet sadevesimäärät.

Kenttämittausten tuloksia vertailemalla laboratoriotutkimuksiin voidaan todeta, että riittävällä suurella ilmaraolla ( $>80$  mm) tuuletetun vaaka-avosaumajulkisivun lämpö- ja kosteustekninen toiminta on toimiva ratkaisu. Tällöin viistosateesta aiheutuva saderasitus ei yllä vaaka-avosauman takana olevaan tuulensuojalevyyn asti.

Tutkittavan seinärakenteen laskennallinen lämmönläpäisyarvo täyttää nykyiset lämmöneristysvaatimukset. Lisälämmönerityksellä taloyhtiölle koitunee energian-säästöä, sillä laskennalliset lämmön-läpäisykertoimet ja lämpövirta läpi rakenteen ovat pienentyneet huomattavasti. Lämpövirtalaskelmat puoltavat

energiataloudelliselta kannalta vaaka-avosaumaisia lisälämmöneristettyjä rakenneratkaisun käyttämistä julkisivukorjauksissa.

Puolen vuoden mittausajanjakson aikana rakenteen kosteusmittausten arvot tasaantuivat ja kävivät pienoiseen laskuun.

## LÄHDELUETTELO

RakMK – 20577 D5. (1985). Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskenta.

RakMK – 21217 C4. (2003). Lämmöneristys.

Mäkelä, M. & ym. (1999). Insinöörikoulutuksen fysiikka 1. Tampere. Tammertekniikka.

RT 05-10410. (lokakuu 1989). Ilmasto, kosteus, sade ja lumi. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS 2004, Rakennustieto Oy.

RT 05-10390. (toukokuu 1989). Ilmasto, tuulet. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS 2004, Rakennustieto Oy.

Kiinteistöklubi. [www.kiinteistoklubi.com](http://www.kiinteistoklubi.com). Uutiset. 8.6.2006.

Julkisivuyhdistys ry. [www.julkisivuyhdistys.fi](http://www.julkisivuyhdistys.fi). 22.5.2006.

Siikanen, U (1996). Rakennusfysiikka. Helsinki. Rakennustieto Oy

Rak-43.240 RARS. (2002). Yhdistelmäulkoseinät.

Suomen betoniyhdistys (2002). Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002. Helsinki. Suomen betonitieto Oy.

TTY (2004). Tampere. Tutkimusselostus nro 1307.

Grant 1000-sarjan Squirrel dataloggerin käyttöohjeet.


Rakentajain kalenteri (2000). 84. vuosikerta, osa 1. Rakennustieto Oy.

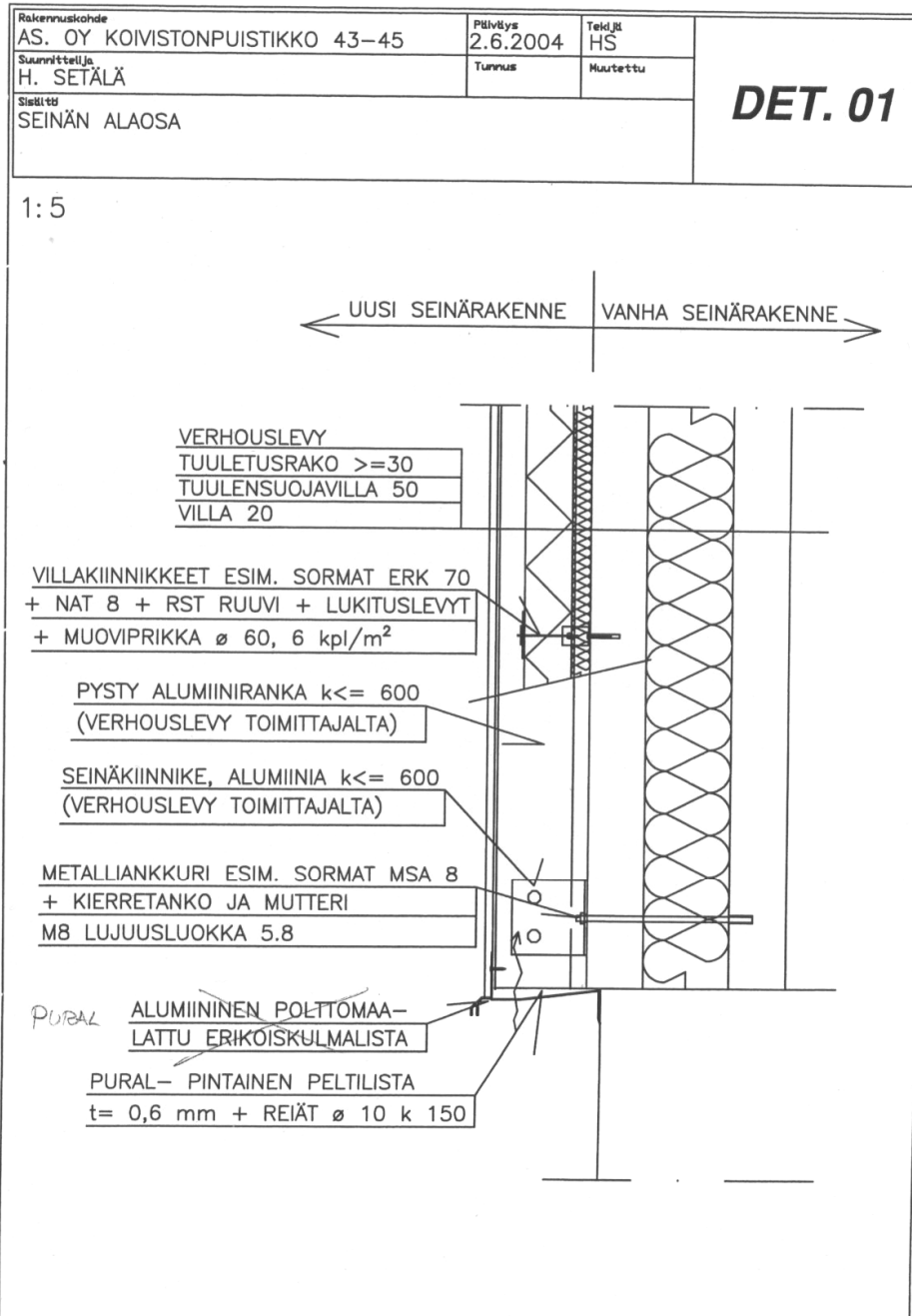
Ilmatieteenlaitos. <http://www.fmi.fi/saa/paikalli.html?kunta=Pori>.

Ulkolämpötila ja kosteuspitoisuus.

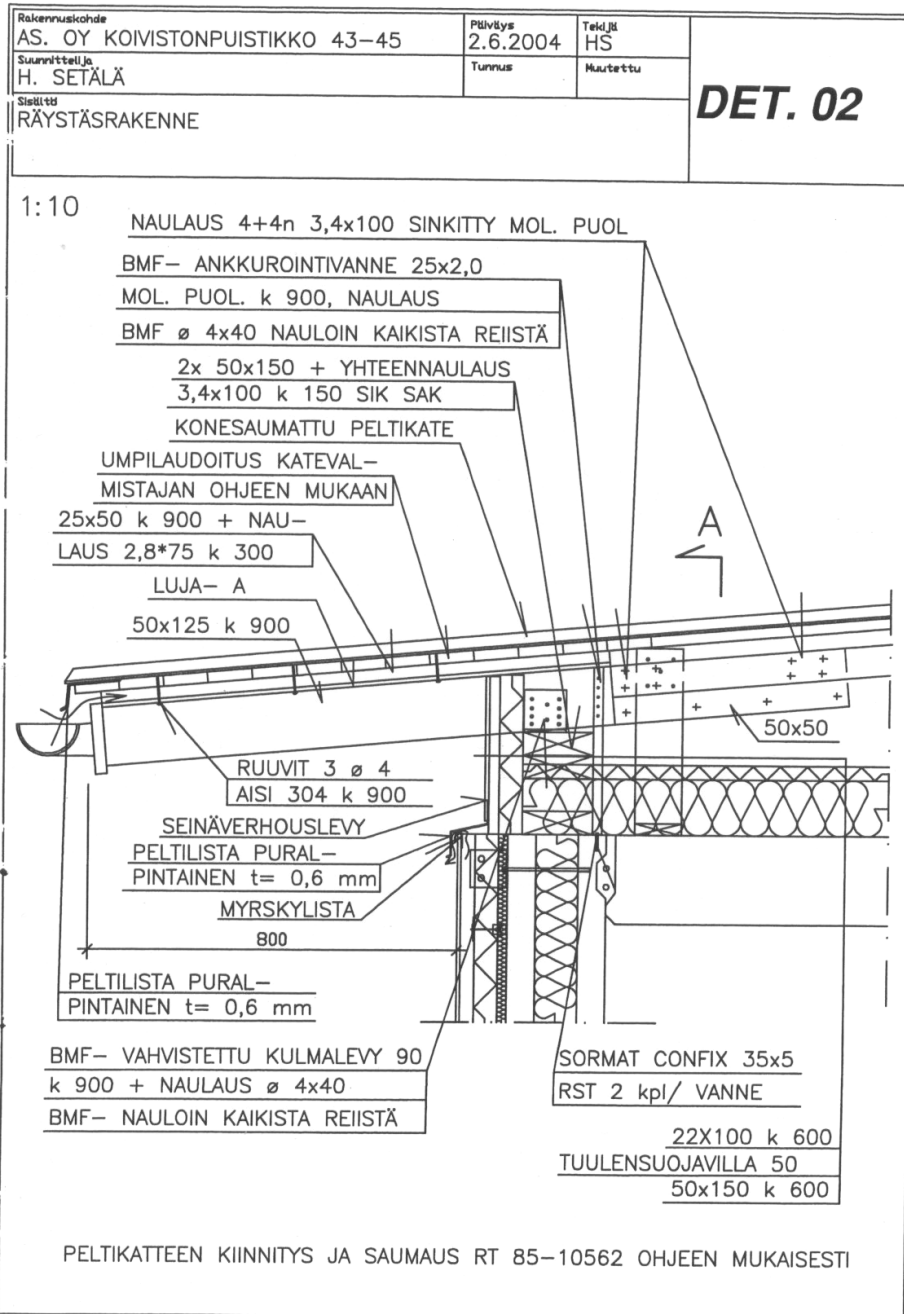
## LIITTEET

- Liite 1 Tutkitun kohteen rakenneleikkauksia.  
Rakentajainpalvelu Hartekat Oy, H. Setälä. 2.6.2004.  
(Ei mittakaavassa).
- Liite 2 Kalibrointipöytäkirja.
- Liite 3 Työvaiheen julkisivukuvia.
- Liite 4 Satunnaisotanta ilman lämpötiloista ja kosteuksista.  
Ilmatieteenlaitos.

K.osa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rn:o	Viranomaisten arkistointimerkintöjä varten	
Rakennustoimenpide JULKISIVUN LISÄLÄMMÖNERISTÄMINEN			Piirustusaji RAKENNEPIIRUSTUS	Juoks.n:o
Rakennuskohteen nimi ja osoite AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45 KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45 28130 PORI			Piirustuksen sisältö RAKENNELEIKKAUKSIA	Mittakaavat 1:5 1:10 1:20
Suunnittelijan nimi, päivitys ja allekirjoitus  Rakentajainpalvelu Hartekat Oy Pohjoispuisto 3 28100 PORI <i>Harri Setälä</i>			Suunnitteluala, työn n:o piirustuksen n:o RAK 01	Muutos
02.06.2004 p./ fax 02- 6325 141 H.SETÄLÄ			harri.setala@hartekat.inet.fi	

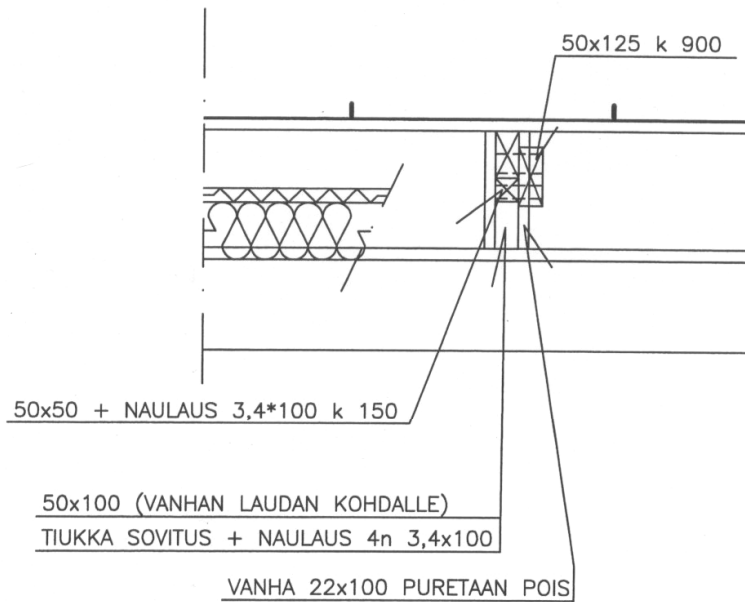






Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUISTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 02</b> <b>A - A</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö RÄYSTÄSRAKENNE			

1:10

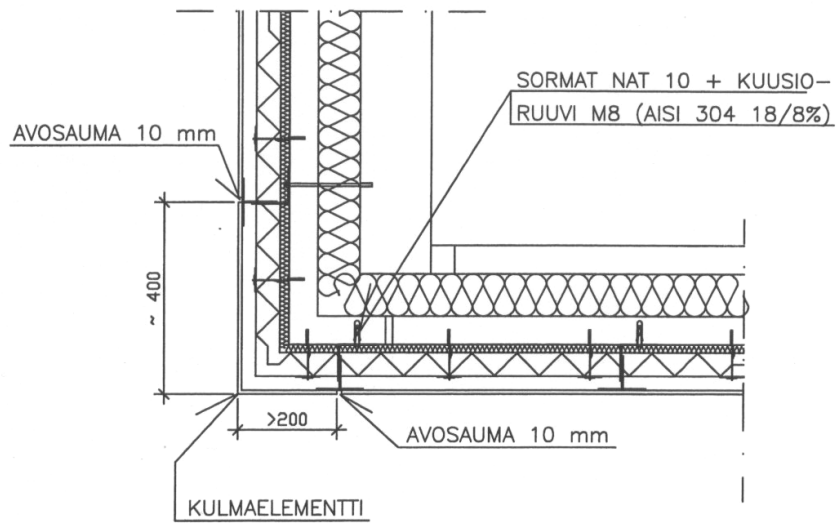


PELTIKATTEEN KIINNITYS JA SAUMAUUS RT 85-10562 OHJEEN MUKAISESTI

Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Teijä HS
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu
Sisältö ULKONURKKA		

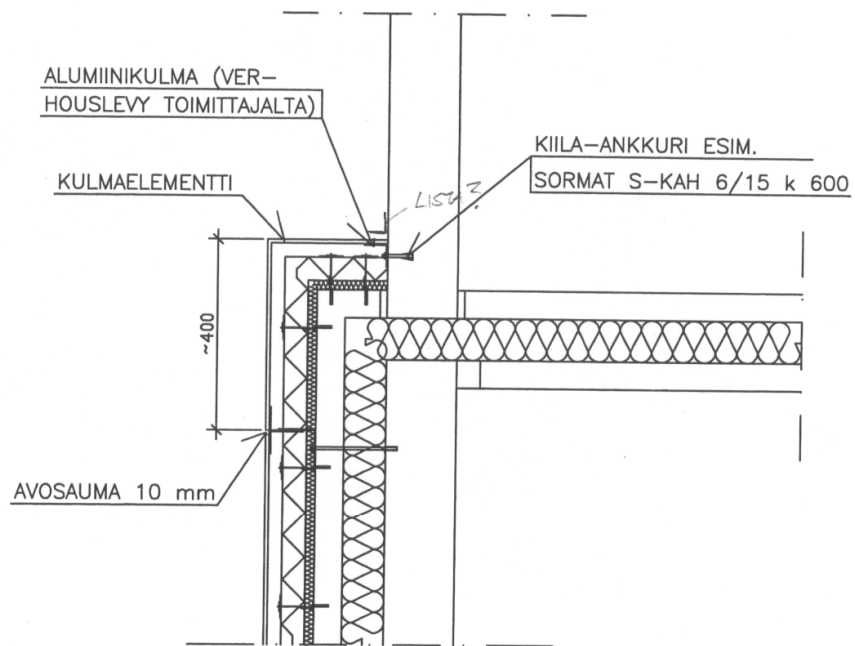
**DET. 03**

1:10



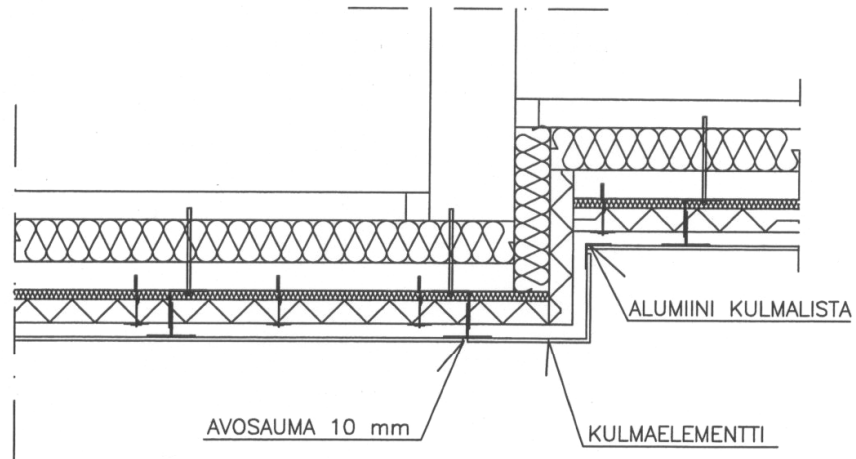
Rakennuskohte	AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys	2.6.2004	Tekijä	HS
Suunnittelija	H. SETÄLÄ	Tunnus		Muutettu	
Sisältö	ULKONURKKA/ PARVEKEPIELI				<b>DET. 04</b>

1:10



Rakennuskohte AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päivitys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 05</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö SISÄÄNKÄYNNIN PIELI			

1:10

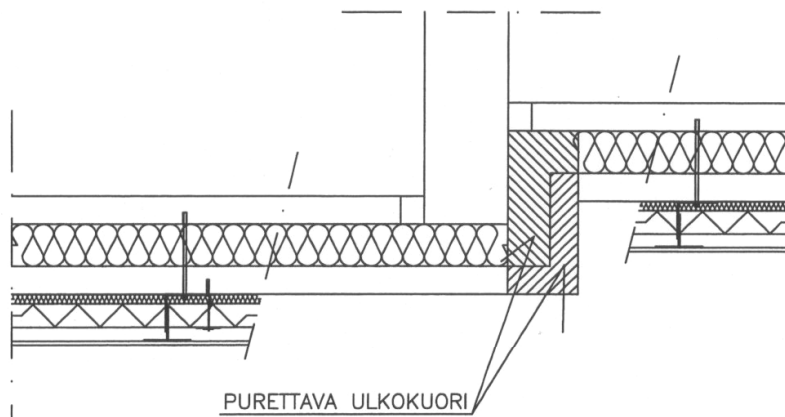


VANHA ULKOKUORI PURETAAN POIS PII-  
RUSTUKSESSA ESITETYSSÄ LAAJUUDESSA

Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Huutettu
Sisältö SISÄÄNKÄYNNIN PIELI		

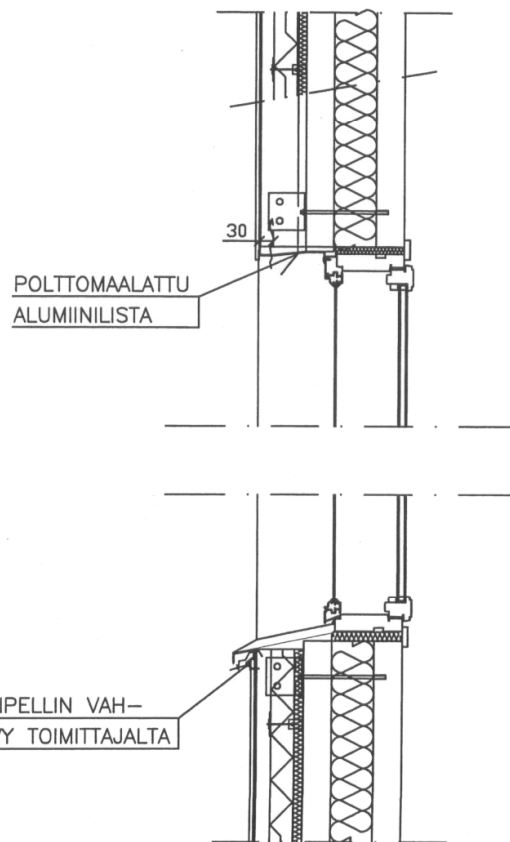
**DET. 05.1**

1:10



Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 06</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Nuortettu	
Sisältö IKKUNALIITTYMÄ, PYSTYLEIKKAUS			

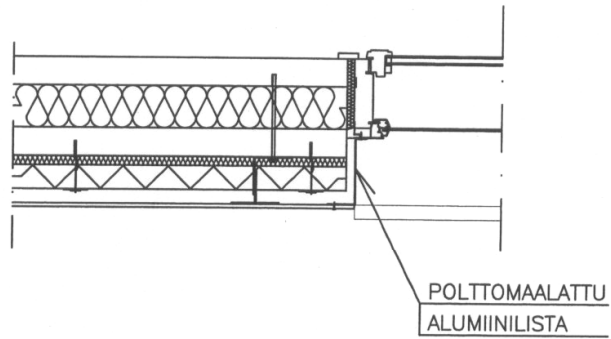
1:10



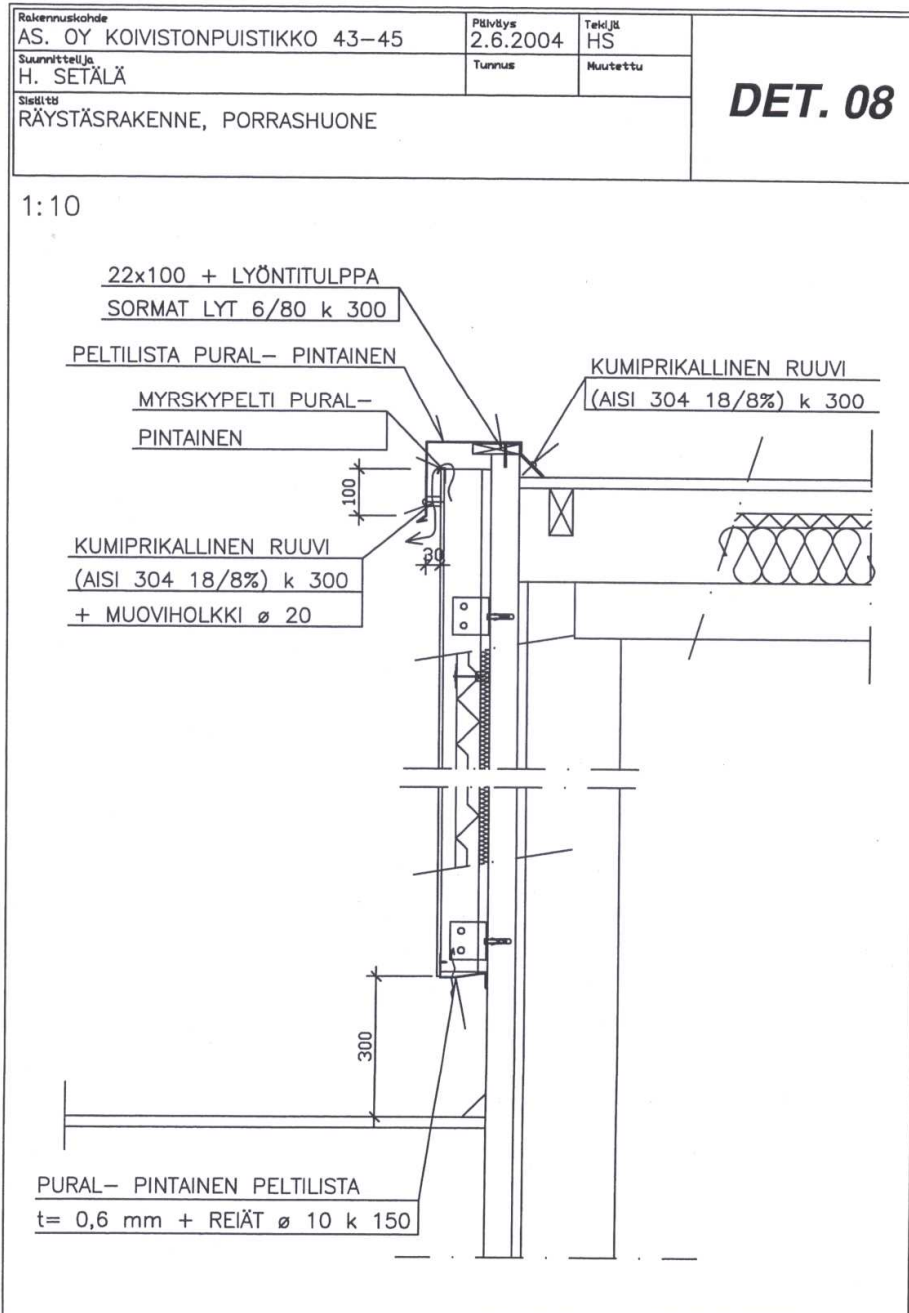
Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu
Sisältö IKKUNALIITTYMÄ, VAAKALEIKKAUS		

**DET. 07**

1:10

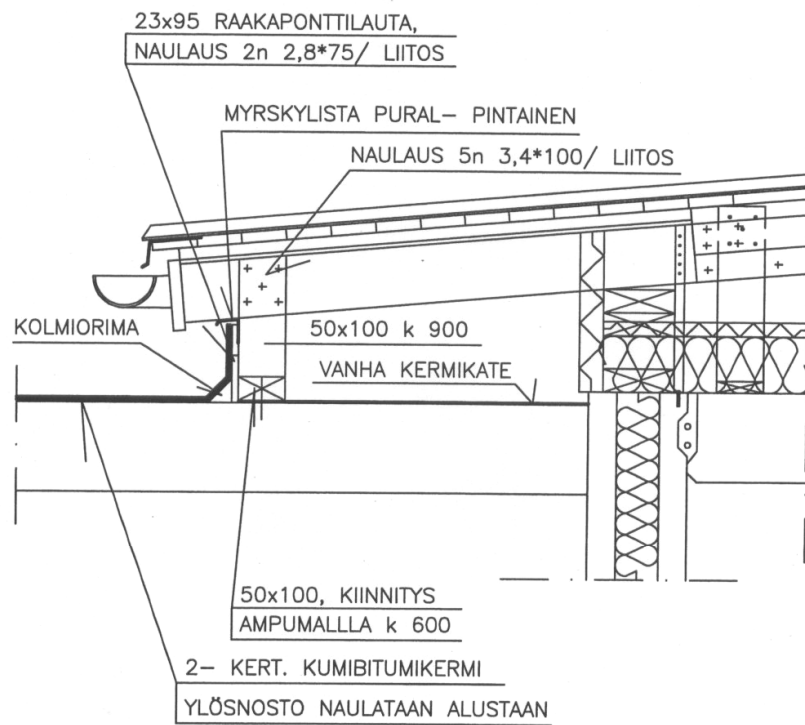






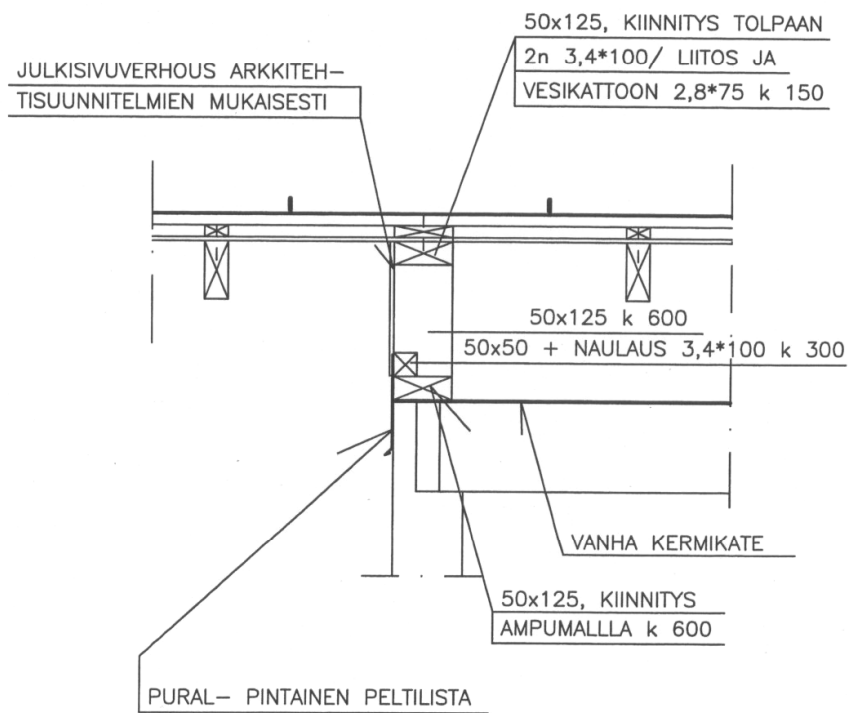
Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 09</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö RÄYSTÄSRAKENNE PARVEKKEEN KOHDALLA			

1:10



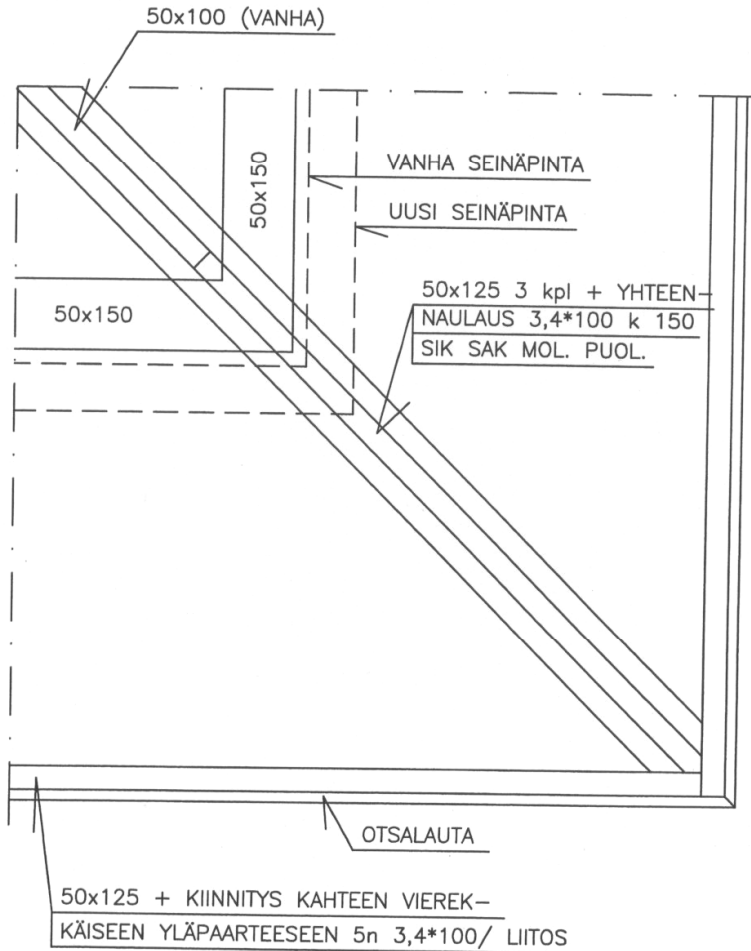
Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 10</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö RÄYSTÄSRAKENNE PARVEKKEEN KOHDALLA			

1:10



Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 11</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö RÄYSTÄSRAKENNE ( VESIKATON ULKONURKKA )			

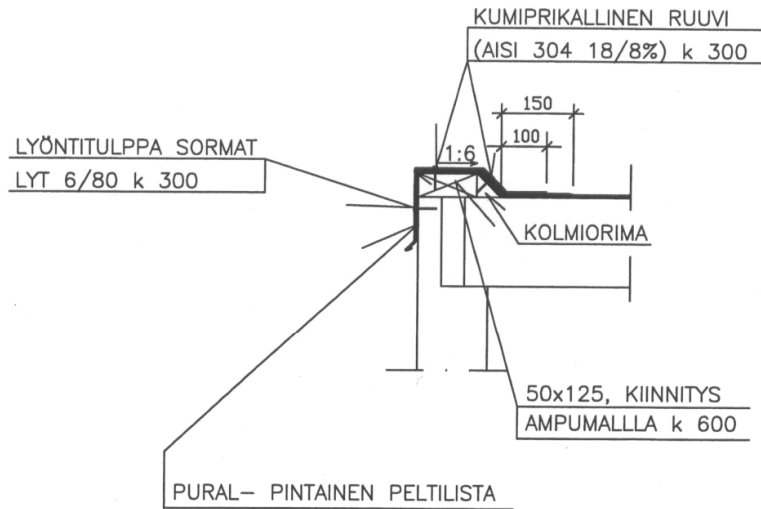
1:10



LIITE 10

Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 12</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö PARVEKATON PÄÄTYRÄYSTÄSRAKENNE			

1:10

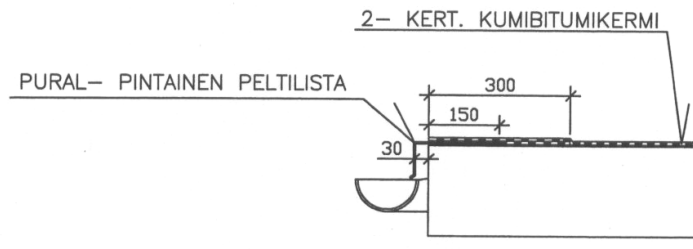


LIITE 1P

Rakennuskohte AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu
Sieltä PARVEKATON SIVURÄYSTÄSRAKENNE		

**DET. 13**

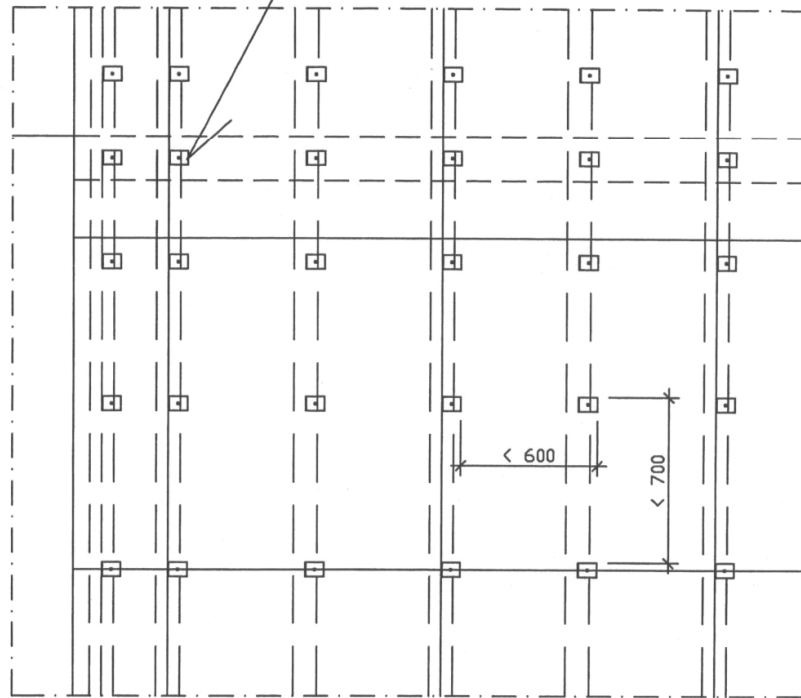
1:10



Rakennuskohde AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Tekijä HS	<b>DET. 14</b>
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu	
Sisältö SEINÄKIINNIKKEET			

1:20

## SEINÄKIINNIKKEET SISÄKUOREEN HOLVIN KOHDALLA

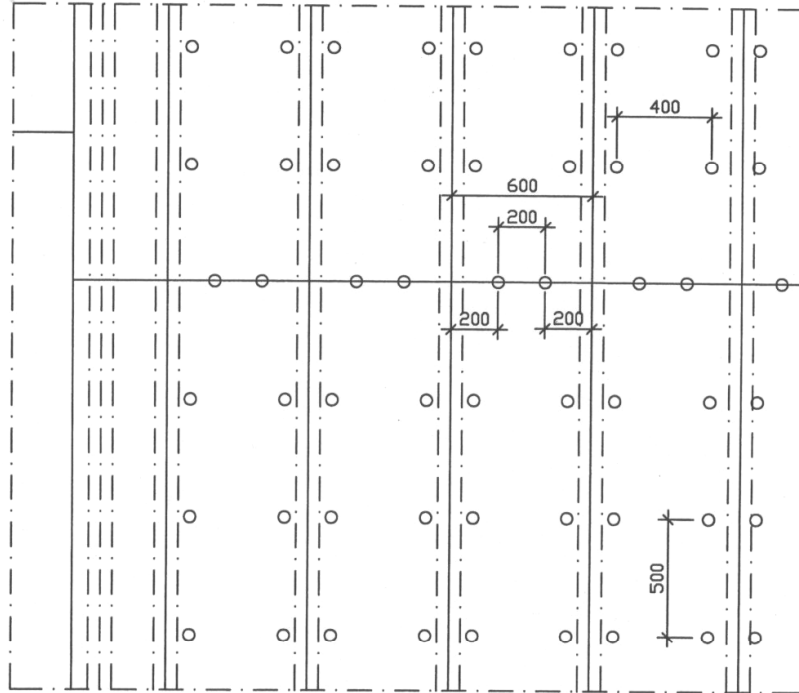


- ETELÄPÄÄDYISSÄ JA -SIVUISSA KAIKKI KIINNIKKEET SISÄKUOREEN
- KP. 41 MYÖS LÄNSIPÄÄDYN KAIKKI KIINNIKKEET SISÄKUOREEN
- MUILLA SIVUILLA HOLVIN KORKEUDELLA OLEVAT KIINNIKKEET SISÄKUOREEN
- IKKUNAN PIELIIN TULEVAT KIINNIKKEET SISÄKUOREEN

Rakennuskohde AS. OY KOMISTONPUUSTIKKO 43-45	Päiväys 2.6.2004	Teijä HS
Suunnittelija H. SETÄLÄ	Tunnus	Muutettu
Sisältö VILLOITUKSEN KIINNITYS		

**DET. 15**

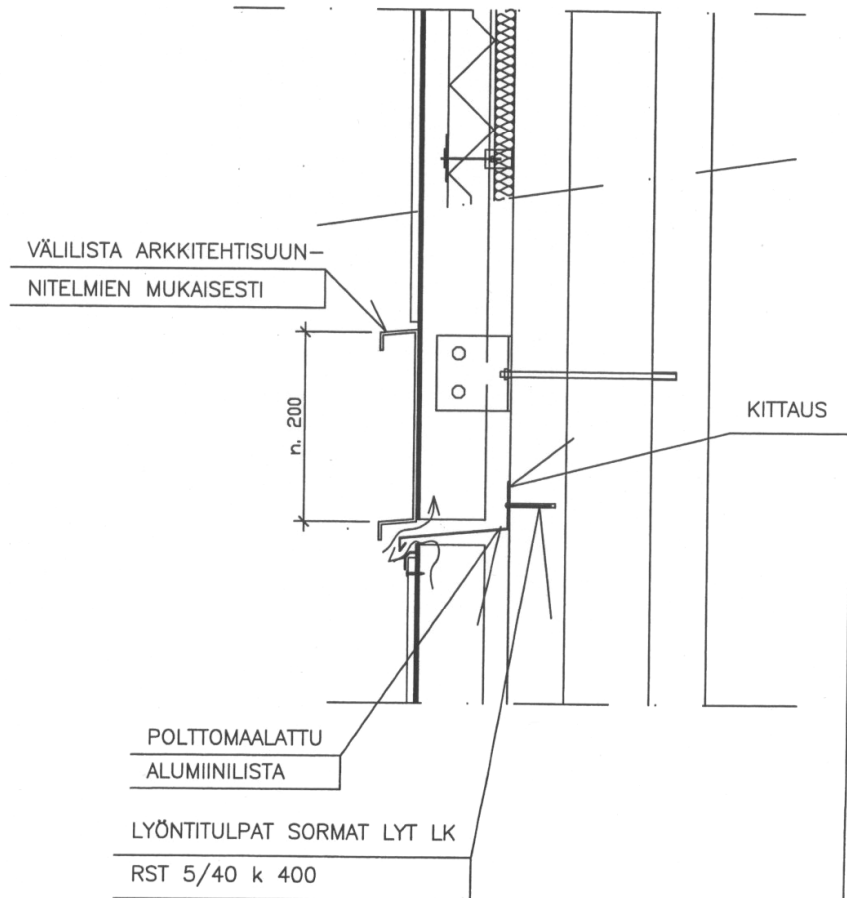
1:20





Rakennuskohde	AS. OY KOIVISTONPUUSTIKKO 43-45	Päivitys	2.6.2004	Tekijä	HS
Suunnittelija	H. SETÄLÄ	Tunnus		Muutettu	
Sisältö	JULKISIVUN VÄLILISTA				<b>DET. 16</b>

1:5



LIITE 2

						15.3.2006																																		
	<p><b>Grant 1000 Squirrel dataloggerin kosteusmittapaiden kalibrointipäytäkirja.</b></p>	<p>Suolajen vertailuarvot LiCl (11,3 % RH) ja K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (97,6 % RH), kun t = 20,0 °C.</p>	<p>Mittauksen alkaessa huonelämpötila oli 20,2°C ja mittausten päätyttyä 20,3°C.</p>	<p>Huoneistossa 39 olleen dataloggerin mittaustulokset.</p>	<p>Huoneistossa 27 olleen dataloggerin mittaustulokset.</p>																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kanava</th> <th>LiCl (%RH)</th> <th><math>\frac{1}{2}</math>SO<sub>4</sub> (%RH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>9</td><td>15,1</td><td>high</td></tr> <tr><td>10</td><td>13,3</td><td>97,1</td></tr> <tr><td>11</td><td>9,6</td><td>90,5</td></tr> <tr><td>12</td><td>14,9</td><td>98,7</td></tr> </tbody> </table>	Kanava	LiCl (%RH)	$\frac{1}{2}$ SO <sub>4</sub> (%RH)	9	15,1	high	10	13,3	97,1	11	9,6	90,5	12	14,9	98,7				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kanava</th> <th>LiCl (%RH)</th> <th><math>\frac{1}{2}</math>SO<sub>4</sub> (%RH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>14,1</td><td>98,0</td></tr> <tr><td>3</td><td>9,7</td><td>90,7</td></tr> <tr><td>5</td><td>15,1</td><td>high</td></tr> <tr><td>7</td><td>15,9</td><td>high</td></tr> </tbody> </table>	Kanava	LiCl (%RH)	$\frac{1}{2}$ SO <sub>4</sub> (%RH)	1	14,1	98,0	3	9,7	90,7	5	15,1	high	7	15,9	high					
Kanava	LiCl (%RH)	$\frac{1}{2}$ SO <sub>4</sub> (%RH)																																						
9	15,1	high																																						
10	13,3	97,1																																						
11	9,6	90,5																																						
12	14,9	98,7																																						
Kanava	LiCl (%RH)	$\frac{1}{2}$ SO <sub>4</sub> (%RH)																																						
1	14,1	98,0																																						
3	9,7	90,7																																						
5	15,1	high																																						
7	15,9	high																																						





14.11.2005

13 B



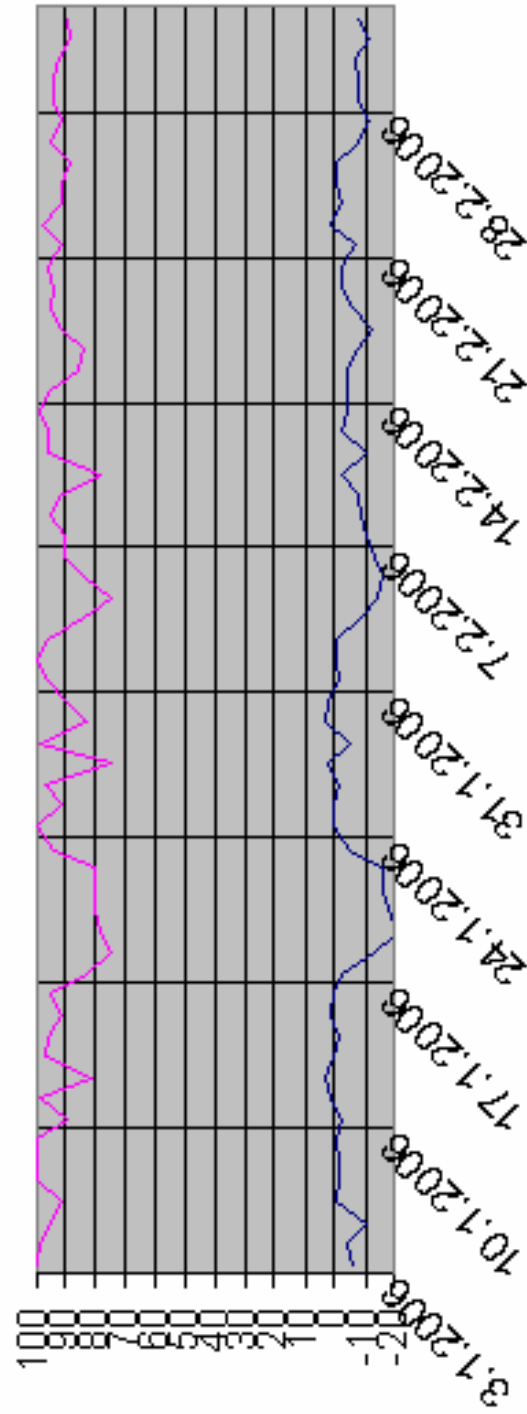


14.11.2005

LIITE 3D



## Satunnaisotanta ilman lämpötiloista ja kosteuksista



<http://www.fi.fi/saa/paika/lii.htm? kunta=Pori>

— Ilman lämpötila (°C) — Ilma suhteellinen kosteus % (RH)