

Jaakko Huhta-Koivisto

Energiatehokkuuden parantaminen asuinkerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
21.5.2012

Tekijä Otsikko	Jaakko Huhta-Koivisto Energiatehokkuuden parantaminen asuinkerrostalossa
Sivumäärä Aika	38 sivua + 6 liitettä 21.5.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaaja	lehtori Seppo Innanen
<p>Metropolia Ammattikorkeakoulu on mukana Euroopan unionin rahoittamassa HEA- hankkeessa (Hyvinvointia- ja energiatehokkuutta asumiseen), jossa Helsingin Loppukiri toimii yhtenä pilottikohteena. Työ johdettiin kyseisestä hankkeesta saaduista tuloksista. Insinöörityön tarkoituksena oli mittauksen avulla kartoittaa rakennuksen energiankulutuksen ja kauma eri LVI-järjestelmien välillä ja saatujen tulosten perusteella tehdä ehdotuksia energiatehokkuuden ja asuinmukavuuden parantamiseksi. HEA-hankkeen työnjaosta johtuen työssä käsiteltiin käytetyt mittausmenetelmät, tulokset ja niistä johdetut parannusehdotukset sekä jatkotoimenpiteet. Energialaskelmia ja parannusehdotusten investointilaskelmia ei tässä työssä suoranaisesti käsitellä.</p> <p>As Oy Helsingin Loppukiri on vuonna 2006 valmistunut, osittain seitsemänkerroksinen senioritalo. Rakennuksessa on 58 asuntoa. Rakennuksessa on kaukolämpö ja tilat lämmitetään vesikiertoisella patterilämmityksellä. Ilmanvaihtokoneita on yhteensä neljä kappaletta: Asunnoille, ensimmäiselle kerrokselle ja yleisille tiloille, saunatilalle, liikuntatilalle.</p> <p>Energiakartoituksessa tutkittiin sisälämpötiloja, vesipisteiden virtaamia, ilmavirtoja ja rakennuksen tiiviyttä.</p> <p>Suurimmat yksittäiset säästöt on mahdollista saavuttaa ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen muuttamisella. Yötuuletusta ja kesäaikaista lämmöntalteenottoa olisi syytä hyödyntää rakennuksen jäähdyttämisessä. Kaikkiin sisäpihan ja rakennuksen itäpäädyn asuntoihin tulisi lisätä auringonsuojaus ikkunoihin.</p>	
Avainsanat	LVI-mittaukset, energiakartoitus, auringonsuojaus

Author(s) Title	Jaakko Huhta-Koivisto Improving the energy efficiency of residential blocks of flats
Number of Pages Date	38 pages + 6 appendices 21 May 2012
Degree	Bachelor of engineering
Degree Programme	Building Service Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructor(s)	Seppo Innanen, Senior Lecturer
<p>The purpose of the final year project was to establish the current energy consumption of a building, and make suggestions to improve the energy efficiency, as well as the living conditions in the building. The final year project was a subproject of a larger project, and used data gathered for the larger project. Because of the distribution of work in the sub-projects, this Bachelor's thesis covered the measuring methods used, results obtained, improvement plan suggested, and future needs observed, but not the energy and investment calculations.</p> <p>The building studied was completed in 2006. It is a partly seven-floor building with 58 apartments. It was heated with district heating and hydronic underfloor heating. There were also four air conditioning machines. The energy survey covered indoor temperatures, flow rate of taps, airflows, and the air tightness of the building.</p> <p>The biggest single saving was found to be the adjustment of the operating times of the air conditioning machines. For cooling, both night time air flows, and summer time settings of the heat recovery should be used. All flats facing either the courtyard or the eastern gable should be equipped with a sunshade in the windows.</p>	
Keywords	HVAC- measuring, energy charting, solar cover

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Helsingin Loppukiri	2
2.1	Rakennus	2
2.2	LVI-järjestelmät	3
2.2.1	Ilmanvaihtojärjestelmät	3
2.2.2	Lämmitysjärjestelmä	4
2.2.3	Käyttövesi	4
3	Kenttämittaukset	4
3.1	Mittausten suunnittelu ja valmistelu	5
3.2	Lämpötilamittaukset	6
3.2.1	Seurantamittaukset	6
3.2.2	Lämpötilan kerrostuma	11
3.2.3	Operatiivinen lämpötila	12
3.3	Vesivirtamittaukset	14
3.4	Ilmavirtamittaukset	16
3.4.1	Ilmavirtamittauksissa tulleet virheet	20
3.5	Tiiviysmittaus	23
4	Parannusehdotukset	23
4.1	Energiatehokkuus	23
4.1.1	Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat	24
4.1.2	Asuntojen sisälämpötilan laskeminen.	26
4.2	Asuinmukavuus	28
4.2.1	Lämmöntalteenoton kesäaikainen käyttö	28
4.2.2	Yötuuletus	29
4.2.3	Auringonsuojaus	29
4.2.4	Liesituulettiminen ilmavirtojen tasapainotus	33
5	Jatkotoimenpiteet	34
6	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Konekortit

Liite 2. Asukastiedote

Liite 3. Mittaussuunnitelma

Liite 4. Seurantamittausten tulokset

Liite 5. Excel-pohjaiset mittaustulokset

Liite 6. Tiiviysmittausraportti

1 Johdanto

Insinööriä tehtiin Helsingin Arabianrannassa sijaitsevasta As Oy Helsingin Loppukiri senioritalosta. Työn tarkoituksena oli mittausten avulla kartoittaa rakennuksen todellinen energiankulutus. Mittaustulosten perusteella tehtiin ehdotuksia säästöjen saavuttamiseksi, sekä asuinmukavuuden parantamiseksi. Kartoituksessa käytetyt menetelmät olivat lämpötilamittaukset, ilmavirtamittaukset, vesipisteiden virtaamamittaukset ja tiiviysmittaukset.

Metropolia Ammattikorkeakoulu on osallisena Euroopan unionin rahoittamassa HEA-hankkeessa (Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen), jossa Helsingin loppukiri toimii yhtenä pilottikohteena. Opinnäytetyö on johdettu HEA-hankkeesta saaduista tuloksista.

HEA-hanke on 30 kuukauden mittainen projekti, joka päättyy 28.2.2014. Päätötyö käsittelee hyvinvointia ja energiatehokkuutta ainoastaan LVI-tekniikan näkökulmasta. Projektiin on kiinnitetty omat työryhmät muista koulutuslinjoista, joita ovat mm. sähkö- ja rakennusautomaatio. Saaduista tuloksista tehdään yhteinen raportti muiden koulutusalojen opiskelijoiden kanssa. Rakennukseen tullaan asentamaan tarvittavaa ”kiinteää” mittarointia, jolla pystytään seuraamaan energiankulutuksen ja asuinolosuhteiden muutoksia tulevaisuudessa.

HEA-hankkeen Loppukiri-pilottikohteessa työskentelivät myös Sanna Mattila ja Teemu Alatalo. Projektin työnjako oli jaettu siten, että minun vastuualueeni oli kenttämittausten valmistelu, suorittaminen sekä säästötoimenpiteiden ja asuinmukavuuden parantamiseen liittyvien asioiden ideointi. Teemun tehtävänä oli investointi- ja takaisinmaksuaikojen laskeminen esitettyihin säästötoimenpiteisiin. Sannan tehtävänä oli suorittaa energialaskelmat aluksi suunnitelluilla ja kartoituksen jälkeen mittaustulosten mukaisilla arvoilla. Tämän vuoksi työssä ei juuri käsitellä energiankulutuslaskelmia eikä parannusehdotusten kustannuksia.

2 Helsingin Loppukiri

Loppukirin asumisessa korostuu vahva yhteisöllisyys. Asukkaat pyrkivät yhdessä hoitamaan päivittäiset rutiininsa, heillä on yhteistä toimintaa, tilojen siisteydestä pidetään itse huolta ja arkipäivisin on tarjolla yhteinen ruokailu. Rakennuksen asunnot ovat omistusasuntoja.

2.1 Rakennus

As Oy Helsingin Loppukiri on vuonna 2006 valmistunut, osin seitsemänkerroksinen asuinkerrostalo (kuva 1). Rakennuksessa on yhteensä 58 asuntoa, jotka jakautuvat A- ja B-rappuihin. Läpikulku rappujen välillä on mahdollista ensimmäisessä kerroksessa. Rakennuksen tilat jakautuvat kerroksittain seuraavalla tavalla:

- Ensimmäisessä kerroksessa on yhteistilat sekä varastot, mm. kirjasto, keittiö, ruokala, pesula ja toimisto.
- Kerrokset kahdesta kuuteen käsittävät rakennuksen asunnot.
- Ylin eli seitsemäs kerros on ainoastaan A-rapussa. Seitsemännessä kerroksessa on saunatilat, vierashuone, liikuntatila ja ilmastointikonehuone.



Kuva 1. Loppukirin julkisivu.

2.2 LVI-järjestelmät

2.2.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Rakennuksessa on koneellinen, keskitetty ilmanvaihto. Keskitetty ilmanvaihto tarkoittaa sitä, että tietyn tilan ilmanvaihto toteutetaan keskitetysti yhdestä paikasta. Useimmiten paikkana toimii tarkoitusta varten rakennettu IV-konehuone. Keskitetystä ilmanvaihdosta johtuen asuntokohtaista ilmajvirtojen säätömahdollisuutta ei ole (pois lukien liesituuletin tehostusilmavirta).

Loppukirin konehuoneessa on yhteensä neljä ilmanvaihtokonetta:

- TK1/PK1, palvelee asuntoja. Ohjaus taajuusmuuttajapuhaltimilla. Lämmöntalteenotto tapahtuu levylämmönsiirtimellä.
- TK/PK2, palvelee ensimmäistä kerrosta ja yleisiä tiloja. Ohjaus taajuusmuuttajilla. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto.
- TK/PK3, palvelee saunaosastoa. Pyörivä lämmöntalteenotto.
- TK/PK4, palvelee liikuntatilaa. Pyörivä lämmöntalteenotto.

Lisäksi kiinteistössä on poistoilmakoneet (huippuimurit) keittiön huuville, jätehuoneelle, alapohjalle, pesulalle, lämmönjakuhuoneelle ja apuvälinevarastolle. Pesuhuoneen tuloilma otetaan suoraan ulkoa ja lämmitetään erikseen MUH-1000-lämmittimillä (4 kpl). Tulo/poistoilmanvaihtokoneiden konekortit, sekä MUH-1000-lämmittimen tiedot ovat liitteessä 1.

2.2.2 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksessa on kaukolämmitys. Lämmitysjärjestelmänä toimii vesikiertoinen patterilämmitys. Lisäksi asuntojen pesuhuoneissa on asukkaiden vapaasti säädettävissä oleva sähköinen lattialämmitys, jonka tarkoituksena on kuivata kylpyhuonetta ja tuottaa mukavuuslämpöä. Patteriverkostoon on lisätty Spirovent-mikrokuplanpoistin, joten järjestelmään ei pääse kertymään ilmaa.

2.2.3 Käyttövesi

Kiinteistössä ei ole asuntokohtaisia vesimittareita. Keittiöön on lisätty oma erillinen vesimittari siltä varalta, että tilat mahdollisesti vuokrataan myöhemmin ulkopuoliselle yrittäjälle. Lämpimälle käyttövedelle ei ole omaa mittaria, joten energialaskennoissa lämpimän käyttöveden kulutusta tullaan arvioimaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan.

3 Kenttämittaukset

Kenttämittauksilla pyrittiin selvittämään rakennuksen energiankäytön jakaumaa eri järjestelmien välillä. Mittaukset suoritettiin maaliskuussa 2012. Tätä ennen Loppukirin asukkaille jaettiin asukastiedote (liite 2), jossa kysyttiin asukkaiden halukkuutta osallistua tutkimuksiin. 58 asunnosta 27:ltä saatiin tutkimuslupa, joten vastausprosentiksi muodostui 47 %. Tutkittavaksi valittiin 20 asuntoa (poikkeuksena tiiveysmittaus, jossa tutkittiin ainoastaan kymmentä asuntoa). Tähän määrään päädyttiin, koska

- 20 asunnolla saatiin riittävän selkeä kuva koko rakennuksen toiminnasta.

- käytettävissä olevalla mittauskalustolla pystyi tehokkaasti yhden–kahden päivän aikana mittaamaan kaikki asunnot (mikäli mittaukset olisivat venyneet kerralla liian pitkiksi, ulkoilman olosuhteet olisivat saattaneet muuttua liian paljon, tällöin tulokset eivät olisi olleet enää vertailukelpoisia keskenään).
- reserviin jäi riittävä määrä asuntoja, jolloin mittaukset kyettiin suorittamaan, vaikka joku asukkaista olisi jättäytynyt yhtäkkiä pois mittauksista.

3.1 Mittausten suunnittelu ja valmistelu

Mittausten aikataulu pyrittiin tekemään riittävän väljäksi, tätä kautta saatiin pelivaraa omalle toiminnalle. Asukkaille tiedotettiin jo edellisen mittauksen yhteydessä alustavasti seuraavan mittauksen aikataulu, joka vielä varmistettiin tekstiviestillä tai puhelulla noin kolme päivää ennen mittauksia.

Ennen mittausten suorittamista perehdyttiin viranomais määräyksiin; standardeihin, valmistajien ohjeisiin, muihin vaadittaviin dokumentteihin sekä aihetta käsitteleviin päättötöihin. Näiden pohjalta laadittiin mittaussuunnitelma (liite 3), jonka kaikki mittauksissa mukana olleet henkilöt kävivät lävitse ennen mittausten suorittamista. Suunnitelmassa käytiin läpi mm. mittaustavat, -välineet sekä vaadittavat ulkoilman olosuhteet.

Toiminta pyrittiin tekemään selkeäksi ja organisoiduksi, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia. Tulosten tulisi vastata mahdollisimman hyvin rakennuksen todellista tilaa.

Suunnitelman lisäksi Microsoft Excel -ohjelmalla tehtiin valmiit taulukot mittaustulosten raportoinnille. Taulukkoihin kirjattiin tulosten lisäksi mm. päivämäärä, asunnon numero, mitattava huone, mitattava laite, koko sekä mittauskerta (taulukko 1).

Taulukko 1. Esimerkki taulukosta mittaustulosten kirjaamiseen.

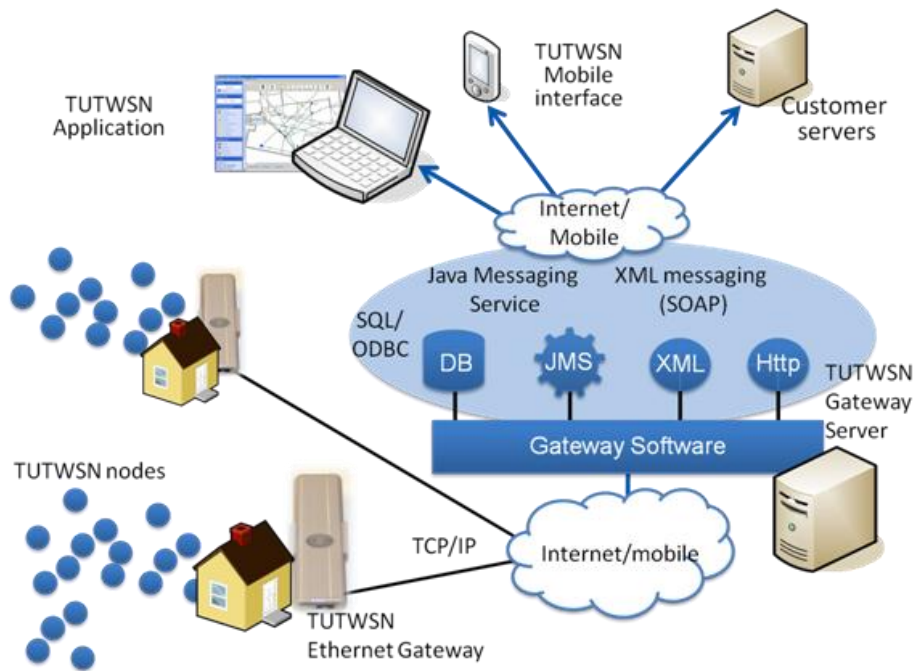
Tuloilmavirta			Mittauspäivä:				Mittauskerta: 1	
Asunto	Elin	Koko	Sijainti	T, tuloil. °C	Pa	Avauma	Mitattu (Suunniteltu) l/s	poikkeama Huonekoht. %
A 3	Sth	125	OH	22,7	10	8	18,3 (20)	
A 3	Sth	125	MH	-	11	5,5	12,8 (15)	
A 3	Sth	100	Keittiö	-	9	6,5	8,6 (12)	-16,6%

3.2 Lämpötilamittaukset

Lämpötila tulisi mitata mistä tahansa oleskeluvyöhykeeltä 1,1 metrin korkeudelta (yleensä pyritään mittaamaan huoneen keskeltä). Oleskeluvyöhykeeksi luetaan tila, jonka alareuna rajoittuu lattiaan, yläreuna 1,8 metrin korkeuteen ja etäisyys seinästä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista on vähintään 0,6 metriä. [1, s. 14.] Mittausten tulokset ovat liitteissä siten, että Wirepas-antureiden tulokset ovat liitteessä 4 ja kaikki excel-pohjaiset mittaustulokset liitteessä 5.

3.2.1 Seurantamittaukset

Seurantamittauksissa käytettiin suomalaisen Wirepas Oy:n valmistamia langattomia mittaasantureita. Wirepas Oy on vuonna 2010 perustettu suomalainen yritys. Yrityksen teknologia on kehitetty Tampereen teknillisessä yliopistossa vuosina 2002–2010. Laitteisto toimii siten, että anturit muodostavat langattoman verkon, joka kommunikoi yhteysnoodin kautta verkkopalvelimelle. Mittalaitteet muodostavat käynnistyttyään automaattisesti verkon ja alkavat lähettää mittaustuloksia palvelimelle. Palvelimelle on mahdollista kirjautua Java-sovelluksen avulla, joten mittaustuloksia voi tutkia reaaliajassa tietokoneelta tai matkapuhelimesta. Tuloksia voidaan halutessa tarkastella usean kuu-kauden ajalta. Tarvittaessa tulokset voi ladata omalle koneelle taulukkomuodossa. Anturit ovat yhteydessä keskenään siten, että yhteydenpito yhteysnoodille tapahtuu muiden antureiden välityksellä, tällä tavoin verkon kantamaa voidaan teoriassa lisätä lähes rajattomasti. [2, s. 11; 3, s. 2.] Kuvassa 2 havainnollistetaan Wirepas-verkon toimintaa.



Kuva 2. Wirepas-verkon toiminta [6].

Laitteistolla on mahdollista mitata seuraavia suureita [4, s. 2]:

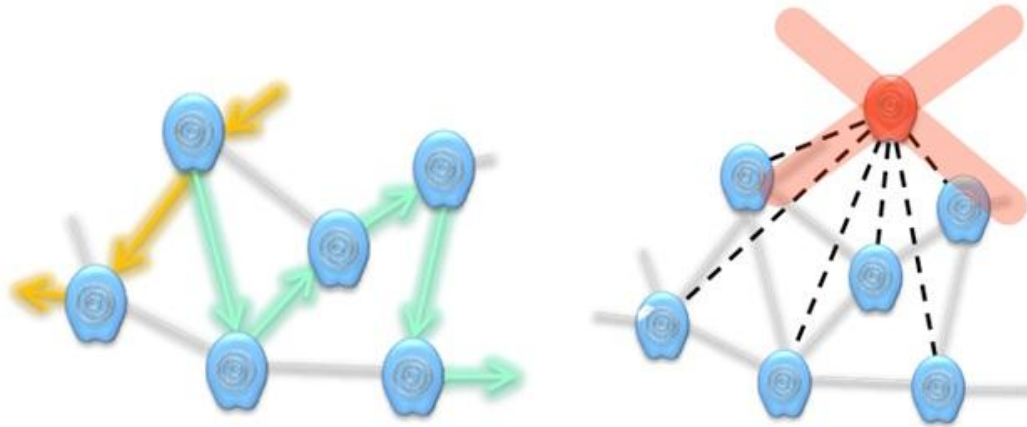
- lämpötila
- ilmankosteus
- valoisuus
- ilmanpaine-ero
- hiilidioksidi.

Loppukirin mittauksissa tärkeimmät mitattavat suureet olivat lämpötila ja hiilidioksidi. Hiilidioksidia seurattiin lähinnä ilmanvaihdon riittävyttä tutkittaessa, esimerkiksi liikuntasalissa seurattiin, miten hiilidioksiditaso nousee käyttötilanteessa.

Mittausverkon toimintakuntoon saattaminen ja verkon ylläpito vaatii etukäteissuunnittelua ja jatkuvaa seuranta. Valmistaja lupaa laitteiden kantomatoksi 10–15 metriä, käytännössä huomattiin, että luvattuihin kantomatkoihin ei ylletty. Osasyynä tähän voidaan pitää laitteiston korkeaa toimintataajuutta (2,4–2,4835 Ghz) yhdistettynä rakennuksen paksuihin seiniin. Korkea taajuus läpäisee matalaa huonommin paksuja rakenteita. [5, s. 1.]

Mittausverkon pystyttämässä täytyy pyrkiä siihen, että kukin anturi yltyä olemaan yhteydessä useamman kuin yhden anturin kanssa. Tällöin ei aiheudu niin suurta hait-

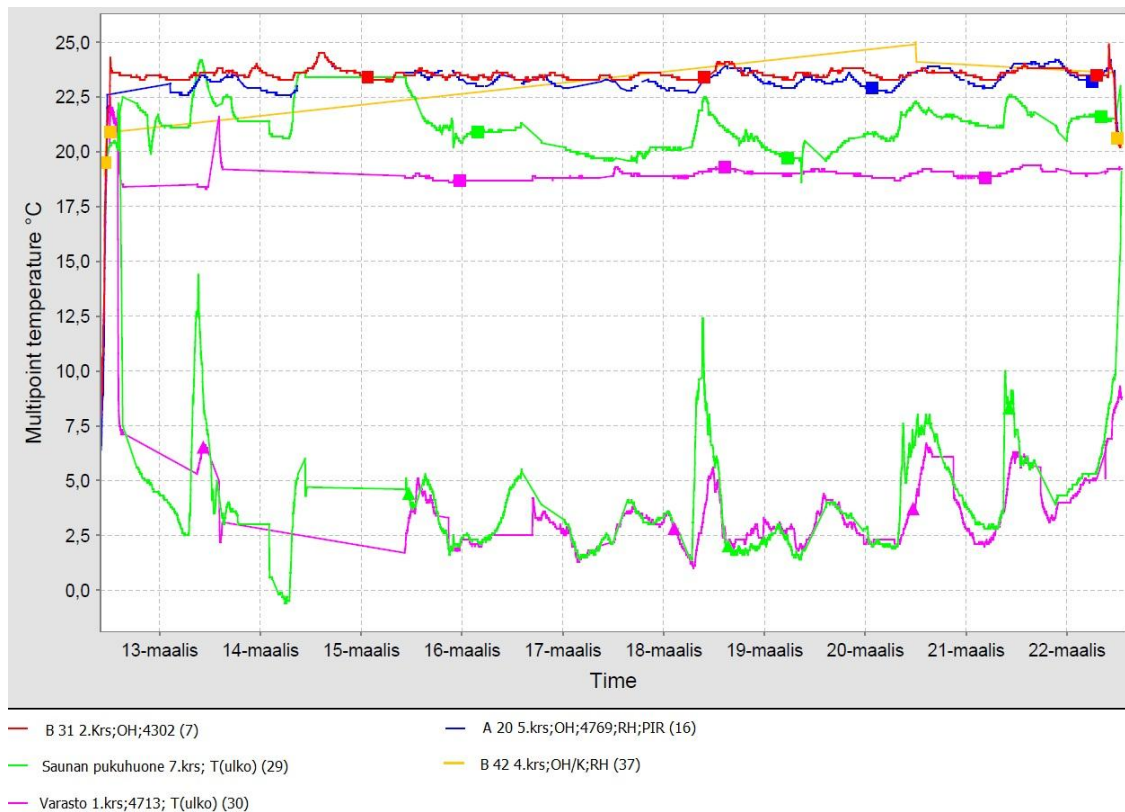
taa, mikäli yksi anturi yllättäen sammuu (kuva 3). Loppukiri on niin suuri ja paksuseinäinen rakennus, että verkkoa täytyi käydä kohentamassa useaan otteeseen huolimatta siitä, että käytössä oli 40 mittaria.



Kuva 3. Mittausantureiden sijoittelu [7].

Mittausanturit olivat paristokäyttöisiä, poislukien hiilidioksidianturit, jotka toimivat verkkovirralla. Myös yhteysnoodit tarvitsivat toimiakseen ulkoisen virtalähteen (ja verkkoyhteyden). [2, s. 12.]

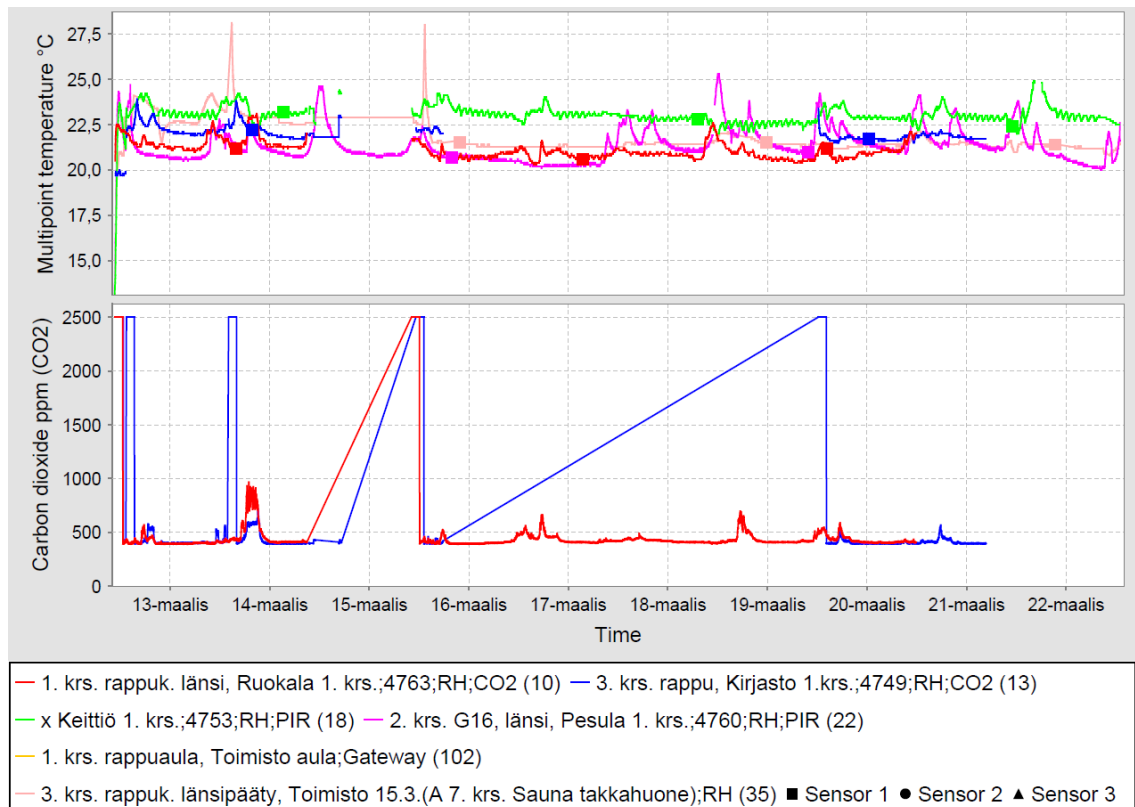
Seurantamittaukset suoritettiin 12.3.–22.3.2012. Alunperin seurantamittausten oli tarkoitus kestää ainoastaan yhden (1) viikon ajan, mutta koska seurantaverkko kaatui useamman kerran, päätettiin mittausaikaa pidentää riittävän datamäärän varmistamiseksi.



Kuva 4. Seurantamittausten tuloksia.

Kuvassa 4 on esimerkkitaulukko seurantamittausten tuloksista. Taulukosta näkee, että huonelämpötilat nousevat usein iltaisin. Nousu johtuu pääasiassa asukkaiden omasta toiminnasta, iltaisin aktiivisuustaso on yleensä korkeimmillaan.

Taulukossa näkyvät suorat viivat merkitsevät sitä, että kyseisellä hetkellä mittausanturin yhteys on ollut poikki. Esimerkiksi asunnon B42 mittaria (taulukossa keltainen väri) ei saatu verkkoon korjausyrityksistä huolimatta. Kyseinen mittari käytiin siirtämässä ulko-oven viereen 20.3.2012, jolloin matka viereiselle anturille lyheni, mutta tämäkään ei auttanut (anturin siirtäminen näkyy taulukossa piikkinä). Taulukossa näkyvät suuremmat piikit merkitsevät sitä, että aurinko on paistanut kyseisellä hetkellä suoraan anturiin (katso ulkolämpötila).



Kuva 5. Yleisten tilojen anturien tulokset.

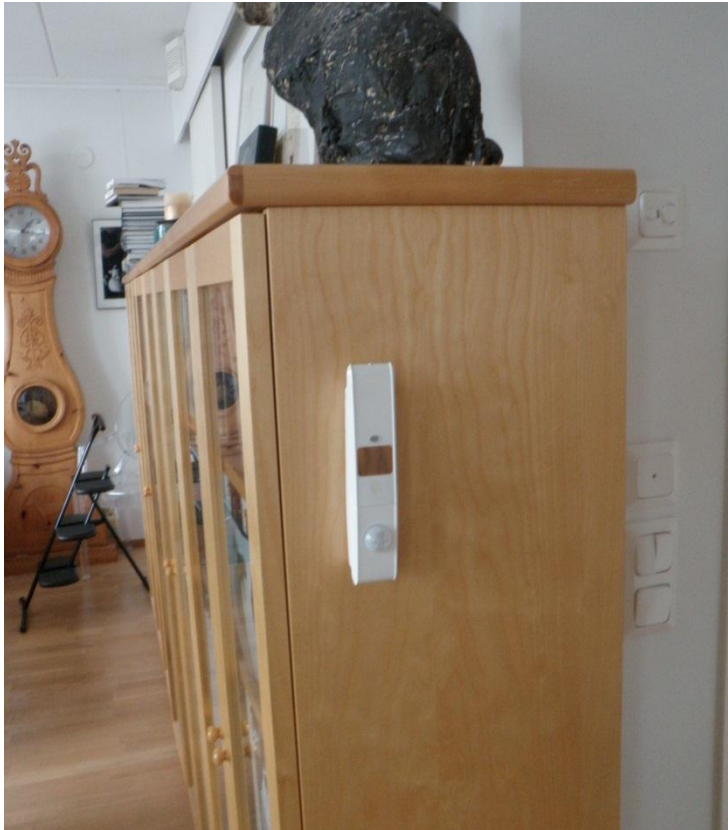
Kuvassa 5 näkyy lämpötilan lisäksi myös hiilidioksidilukemia. Hiilidioksidiantureiden yhteys mittaverkkoon on ollut katkonaista, mutta siitä huolimatta taulukosta nähdään selkeä kuva järjestelmän tilasta ja yleisten tilojen käytöstä. Esimerkiksi ruokala on iltaisin ahkerassa käytössä, tämän huomaa sekä lämpötilan että hiilidioksiditason noususta. Noususta huolimatta hiilidioksiditasot pysyvät normaalikäytössä kuitenkin vaadittujen rajojen alapuolella. Tyydyttävänä arvona sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle voidaan pitää korkeintaan arvoa 1 200 ppm. [1, s. 67.]

Pesulaa käytetään ahkerasti päivisin. Tilassa olevat laitteet tuottavat käydessään paljon lämpöä ja tämä näkyy taulukossa huomattavina lämpötilapiikkeinä.

Toimistossa olevat lämpötilapiikit johtuvat siitä, että mittausanturi sijaitsee varsin lähellä toimiston laitteita, (mm. tietokone), joten kyseisen tilan lämpöpiikit eivät kuvasta koko huoneen lämpötilaa.

3.2.2 Lämpötilan kerrostuma

Lämpötilan kerrostuma mitattiin seurantaverkon pystyttämisen yhteydessä 12.3.2012. Tarkoituksena oli varmistua lämpötilan oikeanlaisesta kerrostumisesta ja jakautumisesta asunnossa, sillä wirepas järjestelmä mittasi lämpötilaa ainoastaan yhdeltä korkeudelta. Koska Wirepas piti kiinnittää joko seinään, hyllyyn tms. jäi anturi usein myös oleskeluyöhykkeen ulkopuolelle (kuva 6).



Kuva 6. Wirepas-seurantamittari asennettuna.

Lämpötilan kerrostumamittauksissa käytettiin TSI VelociCalc Plus 8386-M -mittaria, joka on kalibroitu 25.8.2005.

Huonelämpötilat asettuivat pääosin noin 23 °C:n tuntumaan. Lämpötila jakautui huoneen sisällä tasaisesti ja vaihteluväli oli korkeintaan +/- 0,2 celsiusastetta. Sen sijaan vaihteluväli asuntojen välillä oli suurempi, parhaimmillaan yli 2 °C (22,3–24,8 °C). Osa mitatuista lämpötilan kerrostumatuloksista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Ote huonelämpötilojen kerrostumisesta asunnoissa.

Lämpötila, kerrostuma			Mittauspäivä: 12.3.2012	Mittauskerta: 1		
Asunto	Huone	Mittauspaikat (+kellonaika)	Ihm. Lkm	0,1m (t/Rh)	1,1m (t/Rh)	1,7m (t/Rh)
A 4	mh	Klo 10.45	1	23,6	23,6	23,6
	oh	Klo 10.45	3	23,6	23,5	23,5
A 12	oh	Klo 10.55	3	23,6	23,6	23,6
	mh	Klo 10.55	1	23,8	23,8	23,6
A 16	oh	Klo 11.30, Ainoastaan OH patteri päällä	3	23,1	23,0	23,0
	mh	Klo 11.30 Patterit mh ja oh eivät päällä	1	22,9	22,9	22,8
A 20	mh	Klo 11.45	3	23,5	23,5	23,6
	oh	Klo 11.45	3	23,7	23,8	23,8
A 23	oh	Klo 12.00	3	22,8	22,8	22,8
	mh	Klo 12.00	2	22,6	22,6	22,6
A 28	oh	Klo 12.35	3	23,6	23,6	23,7
	mh	Klo12.35	3	23,5	23,4	23,4
Pesula	Aula	Klo 14.20	2	22,7	22,7	22,7
B 31	mh	Klo 12.10	3	22,2	22,3	22,4
	oh	Klo 12.10	3	24,1	24,2	24,2
B 57	oh	Klo 13.50 (osa patt. Pois päältä)	3	24,8	24,8	24,8
	mh	Klo 13.50	1	24,7	24,7	24,6
B 58	oh	Klo 13.45	4	23,7	23,7	23,7
	mh	Klo 13.45	1	24,7	24,7	24,7

Taulukossa 2 mittaushetkellä olleiden ihmisten lukumäärissä on otettu huomioon myös mittajaajat.

Asunnossa B31 mitattiin makuuhuoneen ja olohuoneen välillä lähes kahden asteen lämpötilaero. Huoneiston sisällä olevan suuren lämpötilavaihtelun voi selittää esimerkiksi auringonpaiste tai hiljattain päällä olleet kodinkoneet (esimerkiksi liesi). Tässä tapauksessa suurimpana vaikutteena on ollut auringonpaiste. Lämmityskaudellakin auringonpaiste saattaa paikallisesti vaikuttaa jopa yllättävän paljon huonelämpötiloihin.

3.2.3 Operatiivinen lämpötila

Operatiivisella lämpötilalla tarkoitetaan huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen säteilylämpötilojen keskiarvoa. Se kuvastaa huoneilman lämpötilasta poikkeavien pintalämpötilojen vaikutusta ihmisen lämmöntunteeseen. Operatiivinen lämpötila voi poiketa huomattavasti sisäilman lämpötilasta tiloissa, joissa on suuria kylmiä pintoja (esimerkiksi ikkunoita). [1, s. 14.]



Kuva 7. TCAK-1100-mittari.

Operatiivista lämpötilaa mitattiin TCAK 1100 -kuutiolämpömittarilla (kuva 7). Mittaus suoritettiin 0,6 ja 1,1 metrin korkeuksilta. Koska tulokset olivat erittäin lähellä toisiaan, kirjattiin ainoastaan 1,1 metrin korkeudelta saadut arvot muistiin (taulukko 3).

Taulukko 3. Operatiivinen lämpötila.

Operatiivinen lämpötila		Päivämäärä: 19.–20.3.2012	Mittauskerta: 1
Asunto	Huone	Tulokset	Huomioita
A 3	MH	23,45	
A 4	OH	19,56	
A 12	OH	23,45	
A 16	OH	23,65	
A 17	MH	1: 23,7 2: 23,85 3:23,65 4:23,7 5:23,85 6:23,9	
A 20	OH/MH	22,6	
A 21	OH	23,45	
A 23	OH	23,3	
A 24	MH	MH:23,8 OH:23,8	Asukas kääntänyt term. kiinni
A 25	OH	23,60 lämpötilaksi mitattiin 23,7	(asunnossa ei T seurantaa)
A 28	MH	23,8	
B 31	OH	22,7	
B 37	OH	22,5	
B 41	OH	23,4	
B 42	OH/ET	24,3	
B 47	MH	24,5	Toinen patteri kiinni
B 53	MH	23,95	
B 56	OH/ET	23,95	
B 57	OH/ET	23,85	OH iso patteri kiinni
B 58	OH	24,22	
Liikuntatila		20,04	
Sauna	Taukotilan keskeltä	22,5	

Operatiivinen lämpötila asunnoissa vaihtelee pääosin noin välillä 22–23 °C. Liikuntatila poikkeaa tästä, sillä huonelämpötila on valmiiksi alhaisempi ja siinä on isot ikkunapinta-alat, tämän vuoksi operatiivinen lämpötila jää +20 °C:seen. Asunnon A4 matalan lämpötilan täytyy johtua mittausvirheestä.

3.3 Vesivirtamittaukset

Vesivirtamittauksissa käytettiin Oraksen virtaamamittaria (kuva 8). Mittari asetettiin vesipisteen alle, minkä jälkeen hana avattiin täysin auki. Mittarin kyljessä on taulukko, josta voi lukea vesivirran määrän. Hanaa pidettiin auki noin minuutin ajan ja silmämääräinen keskiarvo kirjattiin ylös. Vesivirtamittaukset tehtiin kaikissa asunnoissa ja suurimmassa osassa yleisistä tiloista. Keittiötä ei kyetty mittaamaan, sillä keittiön ovet olivat lukittuina, kun mittausta suoritettiin.



Kuva 8. Oraksen virtaamamittari.

Tuloksista näkee, että hanojen virtaamat on säädetty noin 10 litraan minuutissa, pois lukien suihkun laskuhana, jossa virtaama oli niin korkea, että sitä ei pystynyt Oraksen mittarilla mittaamaan (taulukko 4). Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 määräysten mukaan mitoitusvirtaama keittiön laskuhanalle ja suihkulle on 12 litraa minuutissa, tavallisen pesualtaan mitoitusvirtaama on 6 litraa minuutissa. [12, s. 35.] Suihkujen laskuhanojen virtaamaa olisi suositeltavaa pienentää. On kuitenkin huomiotava, että muutoksella saavutettavat säästöt vedenkulutuksessa jäisivät melko pieniksi, sillä hanoja käytetään verrattaen vähän (hanoja tuskin kovin usein avataan täysin auki, sillä tällöin virtaama muodostuu niin suureksi, että hanaa on epämiellyttävä käyttää).

Taulukko 4. Hanoista mitatut virtaamat.

Vesivirtamittaus, tulokset			Mittauspäivä: 12.3	Mittauskerta: 1	
Asunto	qv (l/min), Keittiö	qv (l/min), Suihku	qv (l/min), wc PA	qv (l/min), muut	Mikä?/ muita huom.
A 4	10,0	Mittari ei riittänyt	13,0		
A 12	10,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
A 16	11,0	Mittari ei riittänyt	9,0		
A 17	10,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
A 20	11,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
A 21	11,0	Mittari ei riittänyt	9-10,0		
A 23	10,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
A 24	9,0	Mittari ei riittänyt	9,0		
A 28	11,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
B 31	12,0	Mittari ei riittänyt	14,0		
B 42	11,0	Mittari ei riittänyt	11,0		
B 47	12,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
B 53	11,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
B 56	10,0	Mittari ei riittänyt	10,0		
B 57	6,0 ok erik. hana	Mittari ei riittänyt	10,0		Oras ventura liiketun.
B 58	10,0	Mittari ei riittänyt	6,0		
Pesula				14-15,0	Laskuallas
wc m alak.			10,0	13,0	Laskuallas
allas alak. wc väli			10,0		
varasto/jätetila				11,0	Laskuallas
Sauna (A-prh)			10,0		

3.4 Ilmavirtamittaukset

Ilmamäärämittaukset päätelaiteilta ja liesituulettimilta mitattiin pääasiassa samalla TSI VelociCalc Plus 8386-M -yleismittarilla, jota käytettiin lämpötilan kerrostumamittauksissa. Ensimmäisen kerroksen ilmamäärät mitattiin EDM 2500 Airflow -mittarilla, sillä TSI-mittarit olivat mittauspäivänä opetuskäytössä, laitteella ei pystynyt mittaamaan tuloilman lämpötilaa.

Päätelaitteilta mitattiin paine-ero, josta valmistajan käyrästä ja avauman avulla pystyttiin laskemaan ilmamäärät (kuva 9). Ilmamäärän lisäksi tutkittiin tulo- ja poistoilman lämpötiloja.



Kuva 9. Ilmamäärän mittaus TAK-liitäntälaatikosta.

Päätelaitteiden suuren määrän vuoksi mittaukset jouduttiin suorittamaan useammassa vaiheessa:

- 19–20.3.2012 Mitattiin asuntojen ja liikuntatilan ilmavirrat.
- 29.3.2012 Mitattiin ilmanvaihtokoneilta lähtevät ilmamäärät ja lämpötilat.
- 11.4.2012 Mitattiin yleisien tilojen ja saunan ilmavirrat.
- Näiden jälkeen suoritettiin vielä muutamia tarkistusmittauksia.

Asuntojen ilmamäärämittauksissa törmättiin muutamassa asunnossa asukkaiden päätelaitteiden ympärille lisäämiin "laitteisiin" (kuva 10). Koska rakennuksen asukkaat ovat vanhempaa väkeä, he ovat monesti herkkiä vedolle, lisäksi erilaiset uskomukset saattavat olla juurtuneena varsin syväälle. Tämän vuoksi asukkaiden käytönopastus olisi tärkeää. Jos ilmavirtoja päädytään tasapainottamaan, on tuloilmavirtojen suuntaamisessa oltava tarkkana (esimerkiksi suunnataan tuloilmavirta pois päin asukkaan sängystä).



Kuva 10. Järjestys vasemmalta: STH-tuloilmalaite, STH:n päälle rakennettu pelti, tuloilmakanaavaan asennettu vaimennin.

Mittaukset joista saatiin kelvolliset tulokset olivat asuntojen tuloilma, liesituulettimien poistoilmavirrat sekä ilmanvaihtokoneiden virtaamat, poislukien tulo/poistoilmakone 1. Saadut tulokset esitetään kokonaisuudessaan liitteessä 5, mukana on myös epäonnistuneiden mittausten arvot, joista ilmamäärät on jätetty pois. Epäonnistuneet tulokset esitetään, koska laitteista mitatut esisäätoarvot pitävät paikkaansa ja niitä voidaan käyttää myöhemmin apuna, mikäli jatkotutkimuksia tehdään.

Asuntojen tuloilmavirrat ovat suhteellisen hyvin suunnitelluissa arvoissa ja yhtä asuntoa lukuunottamatta täyttivät standardissa SFS 5512 Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaustilastoissa [13, s. 2.] esitetyt vaatimukset huonekohtaisten ilmavirtojen sallituista poikkeamista suunnitteluarvoista ($\pm 20\%$), esimerkkituloksia on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Esimerkkituloksia asuntojen tuloilmavirroista.

Tuloilmavirta			Mittauspäivä: 19.3.2012				Mittauskerta: 1		
Asunto	Elin	Koko	Sijainti	T, tuloil. °C	Pa	Avauma	Mitattu (Suunniteltu) l/s	Huonekoht. poikkeama %	
A 3	Sth	125	OH	22,7	10	8	18,3 (20)		
A 3	Sth	125	MH	-	11	5,5	12,8 (15)		
A 3	Sth	100	Keittiö	-	9	6,5	8,6 (12)	-16,6%	
A 4	Sth	125	MH	-	24	3	10,3 (15)		
A 4	Sth	125	ET/OH	23,2	17	9	26,4 (20)	+4,9%	
A 12	Sth	125	OH	-	8	6,5	13,2 (15)		
A 12	Sth	125	MH	21,5	9	9	19,2 (15)	+8,0%	
A 16	Sth	125	OH	23,2	8	9	18,1 (20)		
A 16	Sth	125	MH	-	9	6,5	14 (15)	-8,3%	

Suurimmassa osassa asunnoista liesikupujen teho jäi huomattavasti suunniteltua pienemmäksi. Ainoastaan yhdessä asunnossa ilmamäärät ylittivät suunnitteluarvon (taulukko 6). Liesituulettimia mitattaessa tutkittiin ainoastaan perusilmanvaihdon tilannetta, tehostusilmanvaihto jätettiin huomioimatta. Tehostusilmanvaihto saadaan päälle kääntämällä ajastinta liesikuvussa olevasta katkaisijasta.

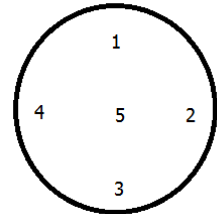
Taulukko 6. Liesituulettimista mitattuja ilmavirtoja.

Poistoilmavirta			Mittauspäivä: 20.3.2012		Mittauskerta: 1			
Asunto	Elin	Koko	Sijainti	Avauma	Pa	Mitattu, Suunniteltu (norm./tehostus)l/s	Poikkeama %	
B 31	KT LAV			10	8	≤5, (15/25)	-66,7%	
B 31	KSO	125	Suihku	+8	22	(20)		
B 37	KT LAV			10	20	8, (15/25)	-46,7%	
B 37	KSO	125	WC	+10	21	(20)		
B 41	KT LAV			10	50	12, (20/30)	-40,0	
B 41	KSO	125	Suihku	-2	58	(15)		
B 41	KSO	125	WC	-2	65	(15)		
B 42	KT LAV			10	71	14, (15/25)	-6,7%	
B 42	KSO	125	Suihku	-3	102	(20)		
B 47	KT LAV			10	42	≤11, (20,30)	-45,0%	
B 47	KSO	100	VH	-4,5	43	(10)		
B 47	KSO	125	WC	-3,5	52	(15)		
B 47	KSO	125	Suihku	-4	42	(15)		

Tulo/poistoilmakoneiden 2, 3 ja 4:n kokonaisilmavirrat olivat suhteellisen lähellä suunniteltuja arvoja (TK/PK 2, 4 kävivät mittauhetkellä puoliteholla). TK/PK 3- koneelta mitatut ilmavirrat ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. Esimerkki, TK/PK 3, mitatut ilmavirrat.

Kone TK/PK 3, käynti 1/2						
Poistoilma	Koko	Mittauspiste	v	q _v (m ³ /s)	--> Mittarina TSI VelociCalc.	
	315					
	315	1	1,27	0,099	$q_v = A * v$ $A = \pi * r^2$	Mittauspisteiden sijainti
	315	2	1,33	0,104		
	315	3	1,29	0,101		
	315	4	1,32	0,103		
	315	5	1,30	0,101		
Σ Poistoilma				0,101		
Tuloilma	315					
	315	1	1,48	0,115		
	315	2	1,36	0,106		
	315	3	1,30	0,101		
	315	4	1,34	0,104		
	315	5	1,36	0,106		
Σ Tuloilma				0,107		
Kone TK/PK 3, käynti 1/1						
Poistoilma	Koko	Mittauspiste	v	q _v (m ³ /s)	--> Mittarina EDM 2500.	
	315					
	315	1	3,00	0,234		
	315	2	3,30	0,257		
	315	3	3,10	0,242		
	315	4	3,50	0,273		
	315	5	3,40	0,265		
Σ Poistoilma				0,254	Suunniteltu 0,32 m ³ /s	
Tuloilma	315					
	315	1	3,90	0,304		
	315	2	3,70	0,288		
	315	3	3,90	0,304		
	315	4	4,00	0,312		
	315	5	3,75	0,292		
Σ Tuloilma				0,300	Suunniteltu 0,29 m ³ /s	



3.4.1 Ilmavirtamittauksissa tulleet virheet

Mittaukset, jotka epäonnistuivat tai joiden tuloksiin jäi suurempia mittausvirheitä, olivat seuraavat:

- tulo/poistoilmakone 1, kokonaisilmavirrat
- poistoilmaventtiileiden virtaamat
- muut kuin asuntojen tuloilmalaitteet.

Asuntojen tulo/poistoilmakoneen kokonaisilmavirtoja ei saatu mitattua. Tuloilmakoneen kokoojalaatikosta lähti yhteensä seitsemän tuloilmakanavaa, joista kuusi saatiin mitattua. Suurinta runkokanavaa ei pystytty mittaamaan, sillä kanava kulkee heti kokoojalaatikon jälkeen seinän lävitse kylmään välikattoon. Poistoilmakanava kulkee käytännössä samalla tavalla. Suurinta kanavaa ei pystytty mittaamaan konehuoneen puolella, ja sekin kulkee konehuoneesta välikattoon. Käytännössä mittaus olisi mahdollista, sillä välikatossa on vaikeakulkuinen ryömintätila. Mittaamista hankaloittaa se, että päärunkokanavissa ei ole säätöpeltiä, josta ilmamäärät olisi helppo mitata. Säätöpellit ovat kuitenkin kaikissa päärunkokanavista kerrokseen lähtevissä putkissa, joista ilma jaetaan asuntoihin. Huonot olosuhteet lopputalvesta ja tiukka aikataulu keväällä olivat syyt siihen, että nämä mittaukset jäivät toteuttamatta.

Tarkoituksena oli tulo- ja poistoilmavirtojen sijaan mitata jäte- ja raitisilmavirrat, sillä ilmamäärältään ne ovat vastaavia (jäteilma = poistoilmavirta, raitisilma = tuloilmavirta). Mittaukset suoritettiin, mutta tulokset eivät olleet luotettavia, koska ilmavirrat olivat erittäin turbulenttisia (eli kanavanopeuksien vaihtelu oli liian suurta). Turbulenttisuus johtui siitä, että mittauspaikat eivät täyttäneet vaadittuja suojaetäisyyksiä.

Kun asuntojen ilmamäärämittaukset olivat valmiit huomattiin, että osaan poistoilmaventtiileistä oli sijoitettu oma, erillinen äänenvaimennin (kuva 11). Äänenvaimennin aiheuttaa painehäviötä järjestelmään, joten säätökäyrä tällaisen ja tavallisen poistoilmaventtiilin välillä on erilainen (kuva 12). Äänenvaimentimia ei huomattu aiemmin, koska

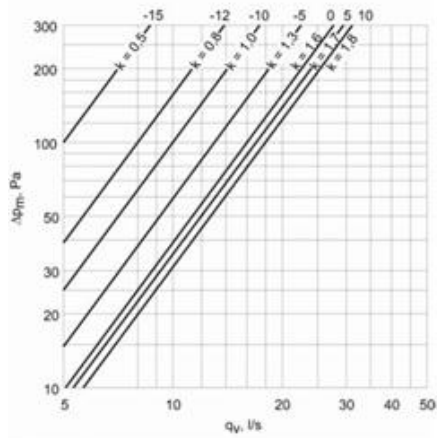
- vanhoissa säätöpöytäkirjoissa kaikki poistoilmaventtiilit on nimetty ainoastaan KSO-venttiileiksi
- ilmanvaihdon luovutuskansiosta puuttuivat äänenvaimentimen tekniset tiedot.



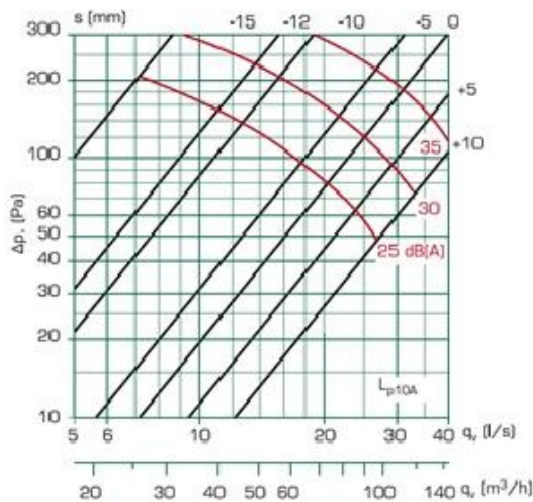
Kuva 11. KSO-poistoilmaventtili ja Parmairin äänenvaimennin.

Asia tarkistettiin LVI-työselostuksesta, jossa mainittiin, että rakennuksen poistoilmaventtiileissä tulee käyttää Parmairin äänenvaimennuspatruunoita. Patruuna oli ainoastaan osassa poistoilmaventtiileistä, joten on mahdollista, että urakoitsija on aikanaan luistanut velvollisuuksistaan. Koska patruunat huomattiin vasta mittausten valmistuttua, ei pystytty enää selvittämään, missä venttiilissä patruuna on ollut ja missä ei. Tämän vuoksi päätelaitteilta mitatut poistoilmamäärät eivät ole luotettavia.

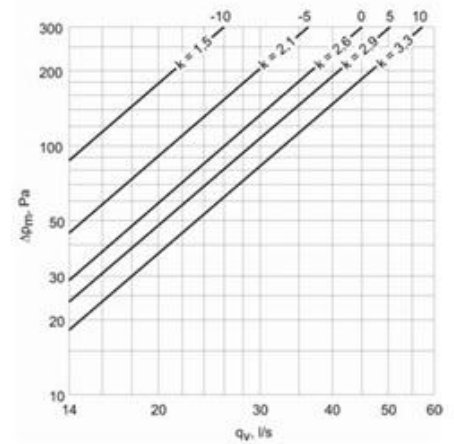
ILMAMÄÄRÄT: SÄÄTÖKÄYRÄ KSO-100 + ÄVP



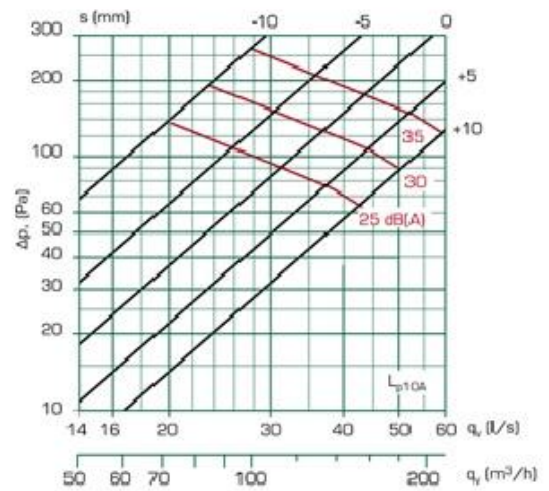
KSO-100



KSO-125 + ÄVP



KSO-125



Kuva 12. Säätökäyrät: ylempänä KSO-venttiili+äänenvaimennuspatruuna, alempana KSO-venttiili.

Kuvasta 12 huomataan, miten suuri ero säätökäyrästä on. Otetaan esimerkiksi KSO-125 poistoilmaventtiili äänenvaimennuspatruunalla ja ilman, esisäätoarvoksi valitaan 0 ja paine-eroksi 80 Pa: Ilman äänenvaimennuspatruunaa virtaamaksi saadaan noin 29 l/s, patruunan kanssa tulos on noin 23 l/s.

Yleisten- ja yhteisten tilojen tuloilmalaitteina oli TAK-liitäntälaatikko varustettuna ROF-kattohajottajalla. Mittaukset suoritettiin, kun ilmanvaihtokoneet kävivät puoliteholla. Tulokset kirjattiin, mutta pienemmällä ilmavirralla paine-erot jäivät niin pieniksi, että taulukosta ei pysty lukemaan ilmavirtauksia.

3.5 Tiiviysmittaus

Tiiviysmittaus suoritettiin 30.3 ja 2.4.2012 siten, että ensimmäisenä päivänä mitattiin A-rapun tilat ja toisena päivänä B-rapun. Mittausten vastuuhenkilönä oli Metropolia ammattikorkeakoulun lehtori Markus Immonen. Kattava raportti tiiviysmittauksesta on liitteessä 7. Tulokset olivat tämän ikäiselle rakennukselle tyypillisiä, eikä yllätyksiä juuri löytynyt. Ikkunoiden ja ovien tiivisteissä oli pieniä ilmavuotoja, tiivisteet kuitenkin kuluivat aina käytössä.

4 Parannusehdotukset

Parannusehdotukset voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: Energiatehokkuuden- ja asuinmukavuuden parantamiseen. Ehdotukset ovat syntyneet niin mittaustuloksien tulkinnasta, kuin paikalla tehdyistä huomioista. Kaikki esitetyt parannusehdotukset käsitellään HEA-hankkeen palaverissa ja ehdotuksista tehdään investointilaskelmat ja arvioidut takaisinmakuajat. Näin pystytään arvioimaan parannusehdotusten kannattavuutta ennen muutosten toteuttamista. (Kyseiset laskelmat eivät sisälly tähän työhön.)

4.1 Energiatehokkuus

As Oy Helsingin Loppukiri on rakennuksena niin uusi (valmistunut 2006) ja nykyaikaisilla vaatimuksilla tehty, että suuria yksittäisiä parannuskohteita energiatehokkuuden lisäämiseksi oli vaikea löytää. Laajojen mittausten tuloksena löydettiin kuitenkin parantamisen varaa useammastakin paikasta.

Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja ja lämpötiloja muuttamalla saadaan useampia parannuksia energiatehokkuuteen. TK/PK1 sekä TK/PK 2 ovat taajuusmuuttajaohjattuja koneita, joten ilmavirrat voidaan säätää halutulle suuruudelle. TK/PK 3 ja 4 ovat pakettikoneita, jotka käyvät joko puolella tai täydellä teholla.

4.1.1 Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat

Ilmanvaihtokoneiden hallinnasta vastaa Arealtec Oy, käyntiajat ja muut ilmanvaihtokoneiden toimintaan, hallintaan liittyvät asiat on tarkistettu heidän järjestelmästä. Tämänhetkiset käyntiajat ovat seuraavat:

Taulukko 8. TK/PK 1 (asuntojen kone).

Kone	Alue jota palvelee	Teholla 1/1	Osateholla	1/1 Estoraja	Estorajan lämp.
TK/PK 1	Asunnot	Aina	ei ollenkaan	Ei ole	Ei ole

Kone käy jatkuvasti täydellä teholla riippumatta ulkolämpötilasta (taulukko 8). Ilmavirroiltaan kyseinen kone on rakennuksen suurin, joten muutokset on syytä hoitaa huolellisesti. Tämänhetkiset käyntiajat eivät ole järkeviä.

Korjaustoimenpiteet:

- Ulkolämpötilasta riippuva tehonrajoitin lisättävä.
- Pienempi käyntiteho yöaikaan on riittävä.

Jotta asukkaat eivät kokisi muutoksia haitallisiksi on ilmavirrat järjestelmässä tasapainotettava suunnitelmia vastaaviksi. Käyntiteho voitaisiin pyrkiä pudottamaan yöksi noin puoleen täydestä tehosta. Ennen muutoksia on varmistuttava siitä, että sisäilman olosuhteet säilyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 esitettyjen vähimmäisvaatimusten mukaisina: sisäilman on vaihdettava vähintään kerran kahdessa tunnissa.[8, s.10.] Koneen ilmavirrat pystytään ohjelmoinnilla saattamaan halutun suuruisiksi, joten mikäli puoliteho ei täytä vaadittuja määräyksiä, niin nostetaan virtauksia sen verran kuin on tarpeen.

Ulkolämpötilasta riippuva koneen tehonrajoitin voisi pudottaa ilmavirrat kireämmällä pakkasella samalle suuruudelle kuin yöaikaan ($q_v \sim 0,5 * q_v \text{ max}$). Lämpötilat rajoittimen toiminnalle täytyy arvioida erikseen, todennäköisesti tullaan asettumaan noin $-10...-15$ °C:n tuntumaan.

Taulukko 9. TK/PK 2 (1. krs, yleiset tilat).

Kone	Alue jota palvelee	Teholla 1/1	Teholla 1/2	1/1 Estoraja	Estorajan lämp.
TK/PK 2	1.Krs ja yleiset tilat	MA-PE, klo 14–21	Muut ajat	Kyllä	-12°C

Koneen TK/PK 2 ohjaus on kokonaisuudessaan melko toimiva: Tilat ovat arkisin ennen klo 14 ainoastaan pienellä käytöllä (taulukko 9). Viikonloput ovat yleensä hiljaisempia, eikä silloin ole tarjoilla asukkaiden yhteistä lounasta.

Korjaustoimenpiteet:

- Ensimmäiseen kerrokseen voitaisiin lisätä tehostuskytkin, jolla ilmanvaihtoa pysytään lisäämään tarpeen tullen (viikonloput, tapahtumat). Mikäli tehostuskytkin laitetaan, se on syytä sijoittaa järkevästi siten, että kaikki asukkaat eivät pääse siihen käsiksi. Esimerkiksi lukulliseen kaappiin, johon ainoastaan talonmiehellä ja huoltomiehellä on avain.

Taulukko 10. TK/PK3 (Saunatilat,vierashuone).

Kone	Alue jota palvelee	Teholla 1/1	Teholla 1/2	1/1 Estoraja	Estorajan lämp.
TK/PK 3	Saunaosasto, vierashuone	PE 14.00–MA 14.00	Muut ajat	Kyllä	−8°C

TK/PK 3 kytkeytyy täydelle teholla tunnin viiveellä kiukaiden päälle laittamisesta, ilmanvaihdon tehostus jatkuu vielä kaksi (2) tuntia kiukaiden sammumisen jälkeen.

Korjaustoimenpiteet:

- Ilmanvaihdon ei tarvitse olla viikonloppuisin täydellä teholla, koska kone joka tapauksessa kytkeytyy 1/1-nopeudelle tunti kiukaiden päällelaiton jälkeen (taulukko 10). Jos tilaa käytetään muihin tarkoituksiin, niin takahuoneen seinässä olevasta tehostuskytkimestä saa säädettyä koneen toimintaa halutulla tavalla.

Taulukko 11. TK/PK 4 (Liikuntatilan kone).

Viikonpäivä	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
Teholla 1/1	20–22	8–10 ja 20–22	20–22	8–10 ja 20–22	8–10 ja 20–22	10–12 ja 20–22	10–12 ja 20–22
Teholla 1/2	8–20 ja 22–24	10–20 ja 22–24	10–20 ja 22–24	10–20 ja 22–24	10–20 ja 22–24	12–20 ja 22–24	12–20 ja 22–24
Pois päältä	24–	24–	8–10 ja 24–	24–	24–	24–	24–

TK/PK 4:ssä on ulkolämpötilasta riippuva täyden tehon estoraja, joka on asetettu +5 °C:seen. Mittauksia suorittaessa huomattiin, että koneen lämmöntalteenotto ei pyörinyt.

Korjaustoimenpiteet:

- Lämmöntalteenottokiekko pitää saada pyörimään. LTO:n käyntiä seurattiin useaan otteeseen ja milloinkaan se ei pyörinyt (kone oli aina tällöin puolella teholla). Ulkolämpötila vaihteli tällöin 0 °C:n molemmin puolin.
- Käyntiä rajoittava ulkolämpötilan estoraja voitaisiin tiputtaa -5 °C:seen.
- Tilan käyttöaste on melko pieni, joten käyntiajat on ehdottomasti syytä tarkistaa (taulukko 11, 12). Nykyisellä ohjauksella kuluu vuoden aikana koneen koon nähden paljon energiaa hukkaan. Huoneen seinässä olevasta tehostuskytkimestä saadaan ilmanvaihtoa lisättyä tarpeen mukaan.

Taulukko 12. Esimerkki TK/PK 4:n uusiksi käyntiajoiksi.

Viikonpäivä	Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai	Lauantai	Sunnuntai
Teholla 1/1	8–10	8–10	8–10	8–10	8–10	9–11	9–11
Teholla 1/2	10–24	10–24	10–24	10–24	10–24	11–24	11–24
Pois päältä	24–	24–	24–	24–	24–	24–	24–

Lämmöntalteenoton toimimattomuudesta pitäisi mennä hälytys eteenpäin huoltoyhtiölle. Tilanne vaatii jatkoselvitystä.

4.1.2 Asuntojen sisälämpötilan laskeminen.

Rakennuksen käyttöaikana ei oleskeluvyöhykkeen lämpötila saa olla korkeampi kuin 25 °C. Hyväksyttävä poikkeama oleskeluvyöhykkeen suunnitellusta arvosta lämmityskaudella on ± 1 °C (mitattava huoneen keskeltä). Oleskeluvyöhykkeen suunnitteluarvoina käytetään yleensä 21 °C:n lämpötilaa, kesäkauden suunnitteluarvona on yleensä 23 °C. [8, s. 6]

Mittaukset on tehty lämmityskauden aikana, joten keskimäärin +23,5 °C:n sisälämpötilat ovat liian korkeita. On kuitenkin muistettava, että kyseessä on senioritalo, jossa asuu vanhuksia, tästä syystä mahdollisten muutosten on oltava maltillisia. Sisälämpötiloja voitaisiin pyrkiä saamaan aluksi esimerkiksi 1 °C alkuperäistä pienemmiksi. Yhden asteen pienentäminen sisälämpötiloissa merkitsee noin 5 %:n säästöjä lämmityskustannuksissa. Ennen kuin asuntojen lämpötiloja aletaan muuttaa, tulee pyrkiä siihen, että kaikissa asunnoissa olisi mahdollisimman yhtäläiset sisäilman olosuhteet.

Asuntojen mitatut tuloilman lämpötilat olivat 22 °C:n molemmin puolin (ulkoilma oli mittaushetkellä noin +3–4 °C). Tämä on ehdottomasti liian paljon. Rakennusta pitäisi pyrkiä lämmittämään ensisijaisesti tarkoitukseen tehdyllä lämmitysjärjestelmällä, ei tuloilmalla. Muutoksen haasteeksi tulee muodostumaan se, että jo nyt useat asukkaat valittivat vedon tuntua päätelaitteiden läheisyydessä. Mikäli tuloilman lämpötilaa pudotettaisiin usealla asteella, valitukset lisääntyisivät huomasti. Tästä syystä olisi kannattavaa ainakin selvittää, olisiko mahdollista vaihtaa asuntojen tuloilman pääte-elimet vähemmän vetoa aiheuttavaan malliin. Tuloilman lämpötilan pudottaminen voidaan tehdä pienentämällä ilmanvaihtokoneen lämmityspatterin virtaamaa (toteutetaan asetusarvoja muuttamalla).

Kuvasta 13 nähdään seurantajakson aikana asunnoista mitattuja huonelämpötiloja. Lämpötilojen hajonta on keskimäärin hieman yli 2 °C, mikäli asunto A23 jätetään huomioimatta (sisälämpötila on selvästi alhaisempi kuin muissa asunnoissa). Mikäli lämpötilat vaihtelevat yli $\pm 1,5$ °C suositellaan rakennukseen tehtäväksi patteriverkoston tasapainotus. [9, s. 16.]

Koska rakennusta on lämmitettävä kylmimmän huonetilan mukaan, muihin tiloihin tulee helposti yllämpöä ja energiaa menee hukkaan. Perussäädöllä siis parannetaan viihtyisyyden lisäksi rakennuksen energiataloutta. Loppukirin asunnoissa melko suuressa osassa lämpötilat ylittivät suositellut raja-arvot. Osa asukkaista oli kääntänyt patterien termostaatit minimiasentoon, tästä huolimatta sisälämpötilat olivat pääosin korkealla.

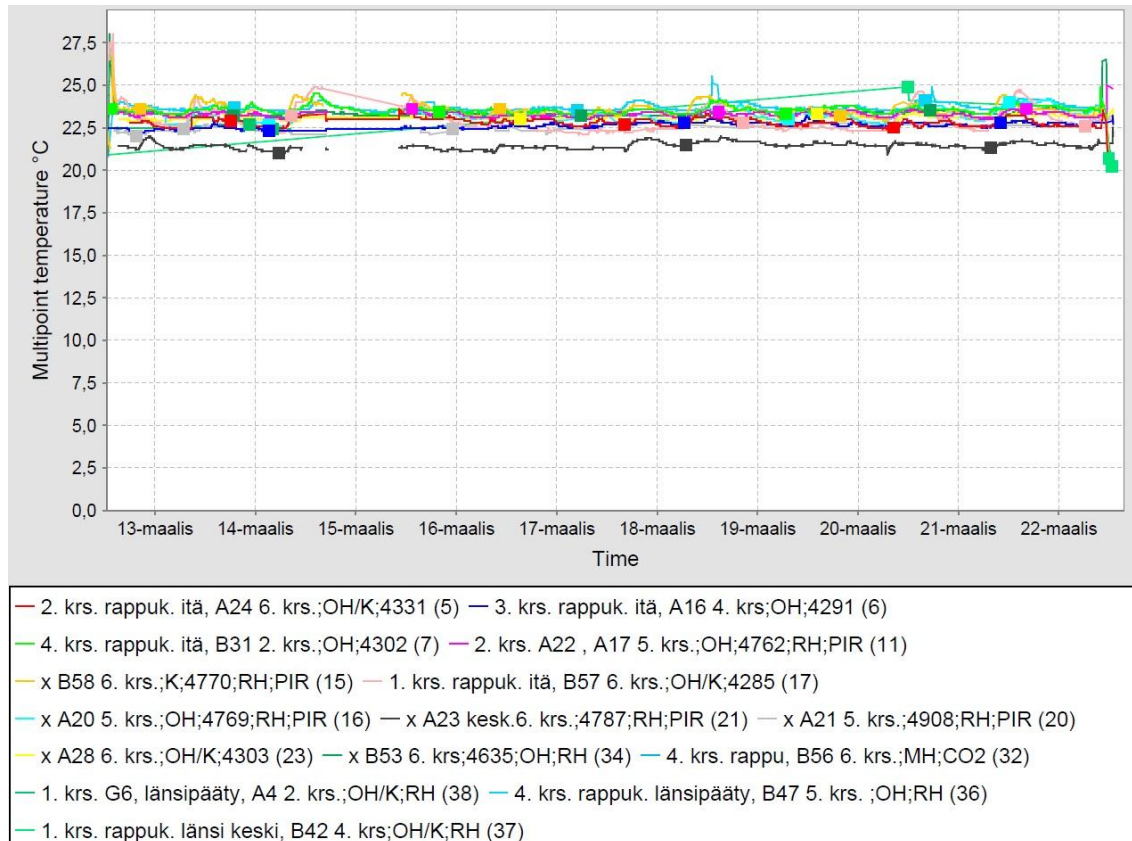
Ehdotetut toimenpiteet:

- Patteriverkoston tasapainotus, jonka yhteydessä myös tuloilman lämpötiloja lasketaan hieman.

Patteriverkoston tasapainotus olisi suositeltavaa suorittaa ennen sisälämpötilojen pudottamista myös sen vuoksi, että epätasapainossa oleva järjestelmä aiheuttaa asukkaiden tyytymättömyyden lisäksi asuntojen kylpyhuoneissa olevan sähköisen lattialämmityksen käytön lisääntymistä. Tällöin muutoksista saavutetut säästöt menetetään varsin nopeasti, sillä sähkön hinta on huomattavasti kaukolämmön hintaa korkeampi. HEA-

hankkeessa on sähköryhmän kanssa mietittävä, millä tavoin asuntojen sähkönkulutusta tullaan seuraamaan projektin aikana (rakennuksessa on asuntokohtaiset sähkönkulutusmittarit).

Lämpötilojen hienosäätö eli varsinainen perussäätö on tehtävä lämmityskaudella, kun vuorokauden keskilämpötila on alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, jotta saadaan luotettavat mittaustulokset. [10, s. 6.]



Kuva 13. Seurantajakson asuntojen sisälämpötilat.

4.2 Asuinmukavuus

4.2.1 Lämmöntalteenoton kesäaikainen käyttö

Ilmanvaihtokoneet voidaan ohjelmoida siten, että kesäaikaan ulkoilman ollessa poistoilmaa lämpimämpää, voidaan tuloilmaa jäähdyttää viileämmällä poistoilmalla. Lämmöntalteenotolla siirretään ulkoilmasta lämpöä poistoilmaan, eli lämmöntalteenotto toimii tällöin päinvastoin kuin tavallisesti.

4.2.2 Yötuuletus

Kesäisin rakennuksen sisällä oleva ilma saattaa yöaikaan olla ulkoilmaa lämpoisempää. Tämä johtuu päivän aikana rakennukseen varautuneesta lämpöenergiasta (aurion säteilyenergia, laitteet), joka rakenteiden kautta luovuttaa lämpöenergiaa sisäilmaan. Tätä lämmintä huoneilmaa on mahdollista viilentää tehostamalla ilmanvaihtoa öisin, jolloin ulkoilma on viilentynyt. Ilmanvaihtokoneet voidaan ohjelmoida toimimaan siten, että määriteltyjen lämpötilojen täytyessä rakennuksen ilmanvaihto tehostuu automaattisesti.

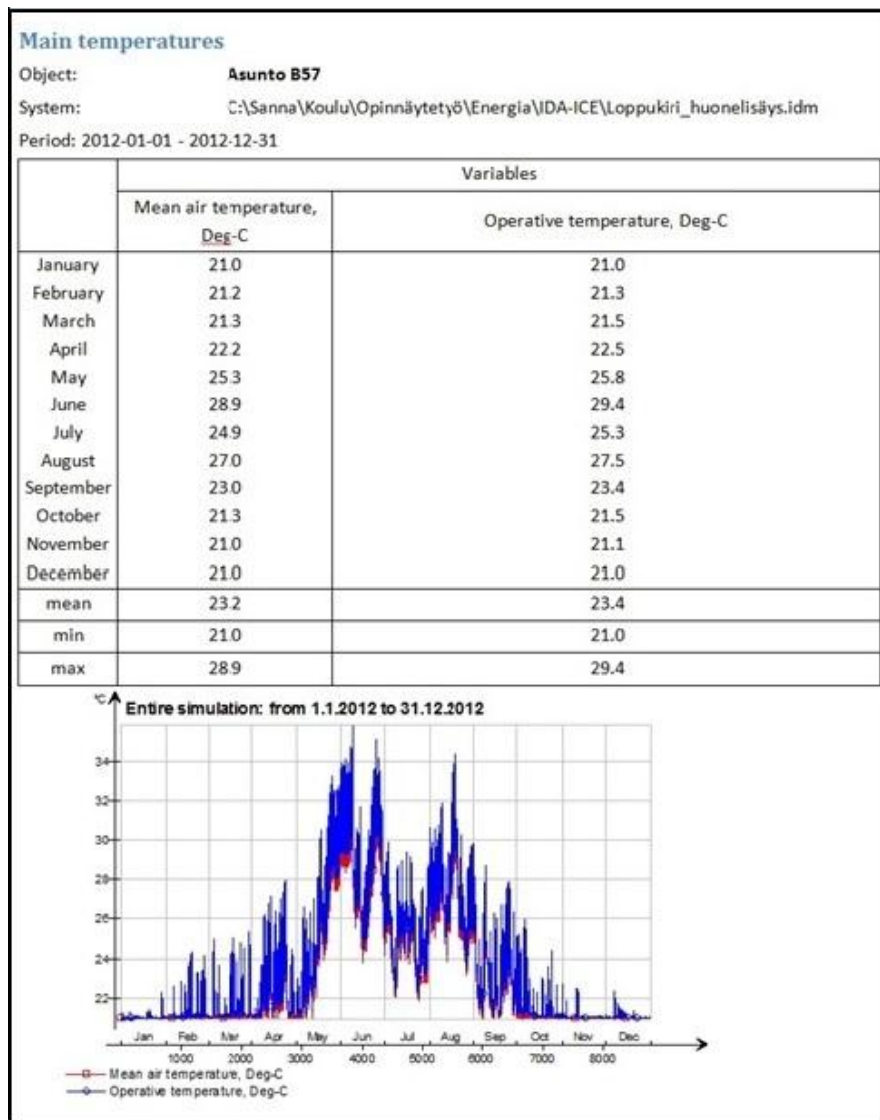
Loppukirissä ainakin asuntojen ilmanvaihtokone, mahdollisesti myös yleisten tilojen kone kannattaa ohjelmoida toimimaan osioissa 4.2.1 ja 4.2.2 kuvatuilla tavoilla. Saunan- ja liikuntatilojen koneisiin ei yötuuletusta, eikä kesäaikaista LTO:ta tarvita.

Yötuuletukset muuttavat koneiden käyntiaikoja ainoastaan silloin kun vaaditut olosuhteet täyttyvät, joten osiossa 4.1.1 esitetyt yöaikaiset pienemmät ilmavirrat toimisivat jatkossakin samalla tavalla pois lukien ne muutamat kesäpäivät, jolloin yötuuletusta kannattaa käyttää.

4.2.3 Auringonsuojaus

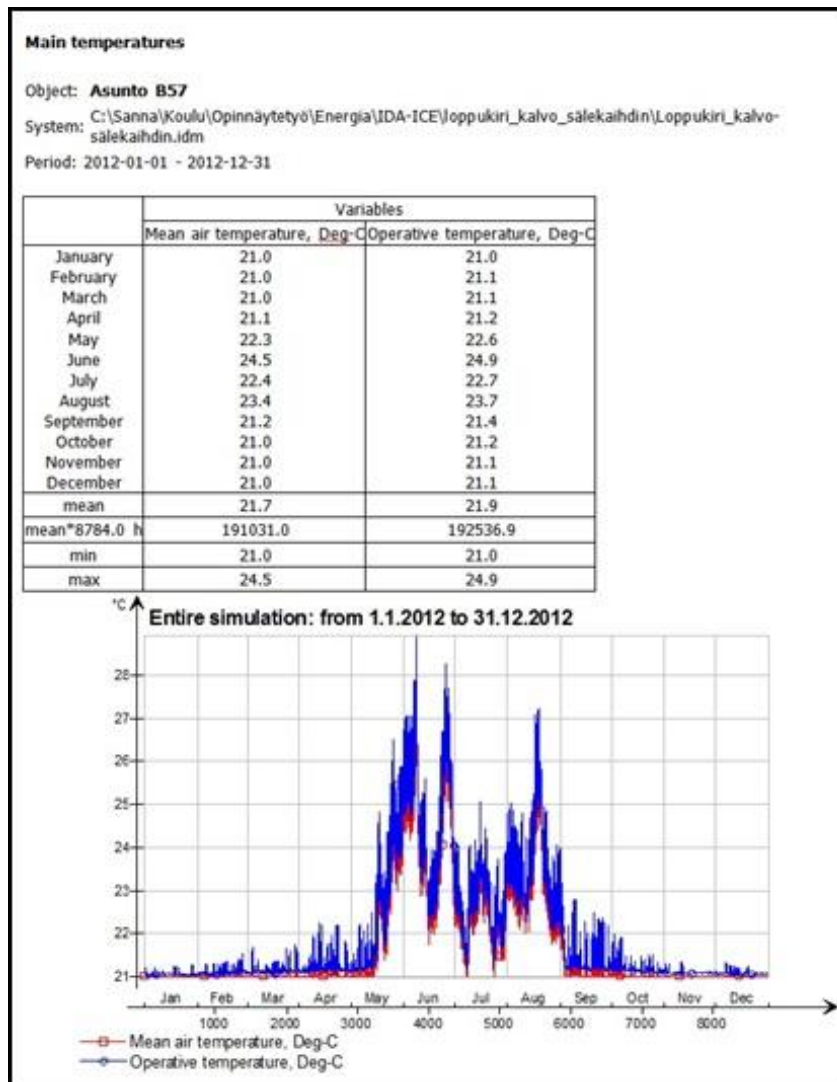
Koska rakennuksen ilmanvaihtokoneissa ei ole jäähdytystä, saattavat asuntojen lämpötilat nousta kesähelteellä tuskallisen korkeiksi. Riskiryhmään kuuluvat erityisesti ne asunnot, joilla on ikkunapinta-alaa etelän suuntaan. Halvin keino hallita sisälämpötilan nousua on tehokas auringonsuojaus. Auringonsuojausta voidaan kutsua passiiviseksi energiansäätelymenetelmäksi, sillä sen käyttö ei vaadi energiaa. Jotta tällaisesta järjestelmästä saataisiin paras mahdollinen hyöty, täytyisi järjestelmän ohjaus varustaa automatiikalla. Järkevällä automatiikalla varustetulla auringonsuojauksella auringosta saatava energia ja valo saadaan hyödynnettyä optimaalisella tavalla.

HEA-hanketta varten mallinnettiin asuntojen huonelämpötiloja IDA Indoor Climate and Energy -ohjelmalla. Esimerkkiasunnoksi on valittu asunto B57, jolle ohjelma antoi tutkittavista huoneista korkeimmat sisälämpötilat. Mallinnukset ovat Sanna Mattilan tekemiä, hän oli HEA-hankkeessa mukana ja vastasi energialaskennoista.



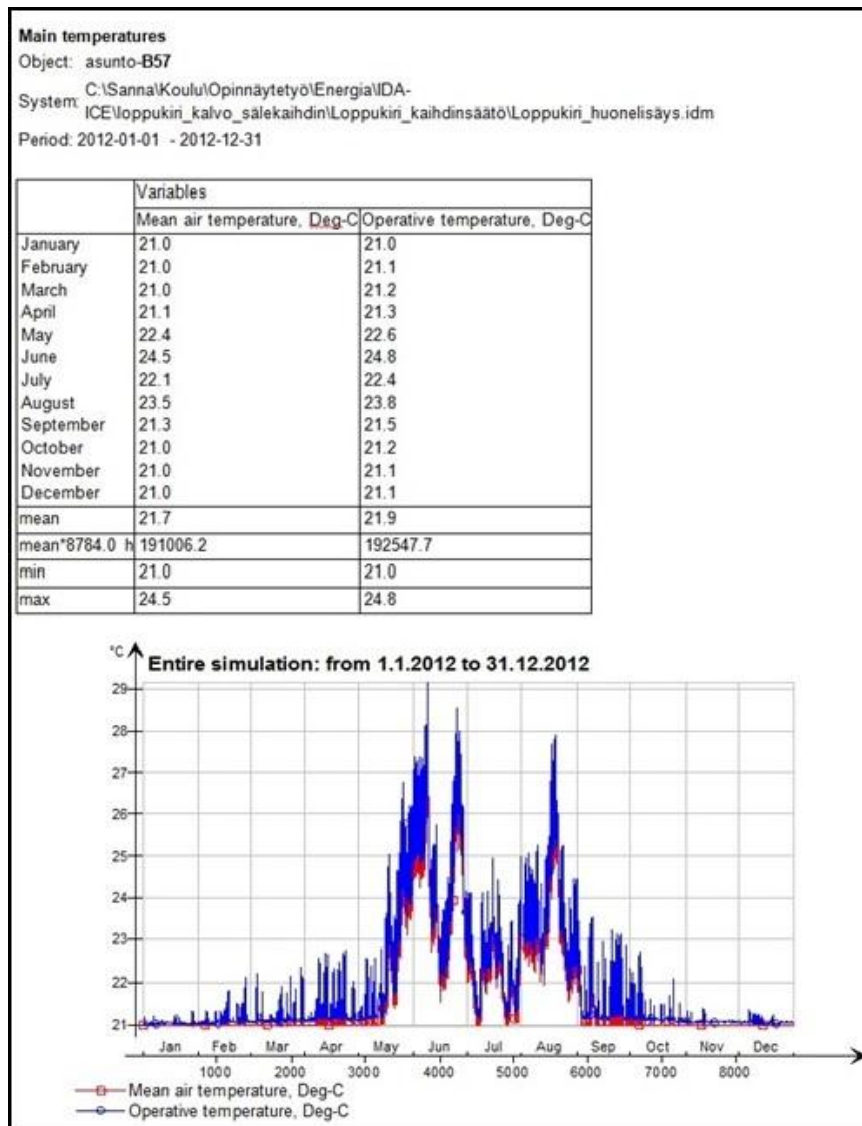
Kuva 14. Asunnon B57:n sisälämpötilat ilman auringonsuojausta.

Huoneistossa on suuret, etelään suuntautuvat ikkunat ja se on ylimmän kerroksen päätyasunto, joten asunnolla on myös paljon ulkoseinä pinta-alaa. Tuloksista nähdään, että ilman minkäänlaista auringonsuojausta sisälämpötila saattaa kesällä nousta tuskallisen kuumaksi (kuva 14).



Kuva 15. Asunnon B57:n sisälämpötila, kun ikkunoissa on kalvo ja sälekaihdin.

Kun vertaillaan kuvien 14 ja 15 tuloksia, huomataan, että kalvo ja sälekaihdin tiputtavat sisäilman lämpötilaa parhaimmillaan jopa 4,5 °C, keskimäärin koko vuoden sisälämpötila alenee noin 1,5 °C. Tällainen ratkaisu parantaisi huomattavasti asuinmukavuutta.



Kuva 16. Asunto B57:n sisälämpötila, kun ikkunoissa markiisi automaattisella säädöllä.

Mikäli ikkunoihin asennettaisiin ohjauksella (automaatiikka) varustettu markiisi, päästäisiin sisälämpötiloissa suurinpiirtein samaan kuin kalvolla ja sälekaihtimella päästäisiin (kuva 16).

Huonelämpötilojen kannalta ei ole väliä sillä, onko auringonsuojausmenetelmänä ohjauksella varustettu markiisi vai kalvo sälekaihtimella. Markiisin ohjaus toimii siten, että se sulkeutuu ainoastaan silloin, kun tiloihin tulee liian paljon lämpösäteilyä. Tällöin auringosta tuleva ilmaislämpö saadaan hyödynnettyä parhaalla mahdollisella tavalla. Esimerkiksi keväisin ja syksyisin auringosta tuleva lämpösäteily ei yleensä nosta huonelämpötiloja liian korkeaksi, joten ohjaus päästää auringonsäteet sisälle. Tällöin säteilylämpö saadaan käytettyä hyväksi rakennuksen lämmityksessä. Kalvo ikkunassa estää

ylimääräisen lämpösäteilyn pääsyä sisätiloihin läpi vuoden, joten tällainen ratkaisu hieman lisää lämmityksen tarvetta.

Yksittäisistä keinoista sisälämpötilojen hallitsemiseksi auringonsuojaus on paras. Siitä ei juuri koidu käyttökustannuksia ja investointinakin (tuotteet ja asennus, ylläpito) se on edullinen verrattaessa muihin jäähdytysmuotoihin.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määrätään seuraavaa:

Auringon rakennukseen aiheuttama lämpökuorma estetään pääosin rakenteellisin keinoin, kuten lipoin, markiisein, kaihtimin ja sopivin auringonsuojalasein sekä välttämällä auringon säteilylle alttiita suuria ikkunapintoja. Huonelämpötilan koohamisen estämiseen ja vuorokautisen vaihtelun tasaamiseen käytetään mahdollisuuksien mukaan rakenteiden lämmönvarauskykyä ja yöllä tehostettua ilmanvaihtoa. [11, s.9.]

On huomioitava, että kaikki rakennuksen asunnot eivät ole yhtä kuumia kuin esimerkiksi asunto B57. Mittauksia suoritettaessa useat asukkaat mainitsivat, että asunnot ovat kesäisin auringonpaisteella tuskallisen kuumia, valitukset kohdistuivat erityisesti sellaisiin asuntoihin, joissa on etelään suuntautuvia ikkunoita. Tämän vuoksi auringonsuojaus olisi suositeltavaa asentaa sisäpihan sekä rakennuksen itäpäädyn asuntoihin. Julkisivun puoleiset asunnot eivät tarvitse auringonsuojausta.

Asunto B57 ei todellisuudessa ole aivan näin kuuma, sillä asunnon ikkunat on varustettu sälekaihtimin, jotka hieman hillitsevät sisälämpätiloja.

4.2.4 Liesituulettiminen ilmavirtojen tasapainotus

Vaikka asuntojen poistoilmavirtamittaukset osittain epäonnistuivat, liesituulettimien osalta tulokset olivat paikkaansa pitäviä. Liesituulettimien teho ei ole riittävä. Käytännössä tämä tulee ilmi esimerkiksi silloin, kun asukkaat tekevät ruokaa: palohälyttimet menevät herkästi päälle, kun ruoanlaitosta tuleva savu kertyy asuntoon.

5 Jatkotoimenpiteet

Koska HEA-hanke jatkuu, on erityisen tärkeää selvittää, mitä jatkotutkimuksia on tarpeellista suorittaa.

Kun asuntojen ilmanvaihtokoneen ilmamäärien mittaaminen epäonnistui, tarkistettiin Arealtec Oy:n järjestelmästä, mitä tietoja/suureita rakennuksen tekniikasta on mahdollista tällä hetkellä seurata.

Tiedot, jotka olivat saatavilla:

- ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ja tehot eri ulkolämpötiloilla
- huippuimureiden käyntiajat ja tehot eri ulkolämpötiloilla
- asuntojen A27, B32 sisälämpötilojen seuranta.

Tiedot, joita ei ollut saatavilla:

- ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmamäärät
- koneiden sähkötehot.

Tulo/poistoilmakoneiden 1 ja 2 kokonaisilmamäärien mittarointi/seuranta voisi olla hyvä toteuttaa. TK/PK 3 ja 4 ovat 2-nopeuksisia pakettikoneita, joten niihin mittarointia ei tarvita. TK/PK 1:n ja 2:n kokonaisilmavirtojen seurannan pystyy toteuttamaan useammalla tavalla:

- TK/PK 1:een ja 2:een on mahdollista jälkiasentaa analogiset ilmamäärämittarit. Mittarit ovat valmistajan (Recair) tarjoamia lisävarusteita.
- Ilmamäärät pystytään saamaan näkyviin myös valvonta-alakeskuksen (VAK) näyttöpäätteeltä. Tällöin valvonta-alakeskukseen olisi lisättävä moduulit, painelähttimet tulo- ja poistopuolille, kaapelointityöt painelähttimille sekä tarvittavat ohjelmoinnit. Tarkemmat tiedot tarvittavien laitteiden malleista on selvitettävä Arealtec Oy:n edustajan kanssa.

Mikäli ilmavirrat halutaan lukea suoraan VAK:n näyttöpäätteeltä, samalla kannatta mieltä, halutaanko lisätä koneiden sähkötehon seuranta. Sähkötehon seuranta pystyttäisiin todennäköisesti toteuttamaan samalla kaapeloinnilla paineantureiden asentamisen kanssa. Mikäli näihin muutoksiin päädytään, ne on viisainta toteuttaa samalla, kun

koneisiin ohjelmoidaan yöjäähdytys ja kesäaikainen lämmöntalteenotto jäähdytystä varten.

Käytännössä ei ole väliä, kummalla tavalla ilmamäärien seuranta toteutetaan, kokonaiskustannukset ratkaisevat. Hinnoista on oltava yhteydessä Recair Oy:n ja Arealtec Oy:n edustajien kanssa.

Muut lisäselvitystä vaativat asiat:

- Pystyykö lämmöntalteenoton hyötysuhteita seuraamaan?
- TK/PK 4 -lämmöntalteenoton toiminta on selvitettävä, sillä LTO-kiekko ei pyörinyt kertaakaan tarkistuksien yhteydessä.
- Mikäli koneiden lämmöntalteenotot lakkaavat toimimasta tai jotain muuta koneiden toimintaan ja energiankulutukseen vaikuttavia seikkoja tapahtuu, pitäisi tästä mennä hälytys Arealtec Oy:lle. On selvitettävä, miksi TK/PK 4:n lämmöntalteenoton toimimattomuuteen ei ole reagoitu mitenkään. Toimintaviasta ilmoittava merkkivalo konehuoneen aulaan voisi olla järkevä investointi, tällöin myös talonmies pystyy seuraamaan huoltoyhtiön reagointia ongelmatilanteessa.
- Arealtec Oy:llä oli lämpötilan seuranta asunnoissa A27 ja B32. On selvitettävä, tallentuvatko lämpötilojen seurantalukemat jonnekin vai pystyykö niitä seuraamaan ainoastaan reaaliajassa. Pitkän aikavälin seurantalukemista olisi ehdottomasti hyötyä, sillä HEA-hankkeen puitteissa tehdyt mittaukset eivät ajoittuneet todella kylmälle kaudelle.
- On selvitettävä, pystyisikö asuntojen tuloilman STH-päätelaitteet vaihtamaan johonkin toiseen, vähemmän vetoa aiheuttavaan malliin. Tällöin tuloilman lämpötilaa pystyttäisiin pudottamaan tyypillisiin lukemiin. (tuloilman suunnittelu-lämpötilana käytetään usein esimerkiksi noin 17 °C:n lämpötilaa).

Mikäli auringonsuojausta ei haluta heti laittaa kaikkiin aiemmin esitettyihin asuntoihin, kannattaisi valita kaksi hyvin samantyyppistä "koeasuntoa", molempiin asennettaisiin lämpötilanseuranta. Toinen asunto pidetään entisellään ja toiseen asennetaan auringonsuojaus. Tällöin saataisiin arvokasta mittaustietoa auringonsuojauksen todellisesta vaikutuksesta huonelämpötiloihin.

Toimiston tuloilman TAK-tasauslaatikosta todennäköisesti puuttuu säätölaitteet kokonaan. Paikalla on käytävä toteamassa tilanne, ja sen jälkeen on tehtävä tarvittavat toimenpiteet asian kuntoon saattamiseksi.

6 Yhteenveto

Metropolia Ammattikorkeakoulu on mukana Euroopan unionin rahoittamassa HEA-hankkeessa (Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen), jossa Helsingin Loppukiri toimii yhtenä pilottikohteena. Työ johdettiin kyseisestä hankkeesta saaduista tuloksista. Tarkoituksena oli mittausten avulla kartoittaa rakennuksen tämänhetkinen energiankulutus ja tehdä ehdotuksia energiatehokkuuden- ja asuinmukavuuden parantamiseksi. HEA-hankkeen työnjaosta johtuen tässä päättötyössä käytiin läpi mittauksissa käytetyt menetelmät, tulokset ja niistä johdetut parannusehdotukset. Energiälaskelmia ja parannusehdotusten investointilaskelmia ei suoranaisesti käsitelty.

As Oy Helsingin Loppukiri on vuonna 2006 valmistunut, osin seitsemänkerroksinen senioritalo. Rakennuksessa on 58 asuntoa. Loppukirissä asutaan yhteisöllisesti ja asukkaat pyrkivät yhdessä hoitamaan päivittäiset rutiininsa. Asukkailla on yhteistä toimintaa, tilojen siisteydestä pidetään itse huolta ja tarjolla on arkipäivisin yhteinen ruokailu.

Rakennuksessa on kaukolämpö, ja tilat lämmitetään vesikiertoisella patterilämmityksellä, lisäksi asuntojen kylpyhuoneissa on säädettävissä oleva sähköinen lattialämmitys. Tulo/poistoilmanvaihtokoneita on yhteensä neljä kappaletta: asuntojen kone, ensimmäisen kerroksen ja yleisten tilojen kone, saunatilan kone, liikuntatilan ilmanvaihtokone.

Rakennuksen 58 asunnosta 27 asunnon asukkaat ilmaisivat halukkuutensa osallistua tutkimuksiin. Mittauskaluston ja mittausryhmän koot huomioon ottaen mitattavien asuntojen määräksi muodostui 20 asuntoa. Energiakartoituksessa tutkittiin seuraavia asioita:

- Sisälämpötiloja: lämpötiloja tutkittiin 10 päivää kestäneillä seurantamittauksilla, jossa lisäksi tutkittiin hiilidioksidipitoisuuksia, lämpötilan kerrostumamittauksilla ja operatiivisen lämpötilan mittauksilla.

- Vesipisteiden virtaamia.
- Ilmavirtoja: Tutkittiin päätelaitteiden virtaamia- ja tuloilman lämpötilaa. Kokonaisilmavirrat mitattiin ilmastointikonehuoneesta koneiden runkokanavista.
- Rakennuksen tiiviyttä: Mitattavaksi valittiin 10 asuntoa, vastuullisena henkilönä toimi Metropolia Ammattikorkeakoulun lehtori Markus Immonen.
- Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja: Käyntiajat tarkistettiin rakennuksen automaatiikasta ja niiden toimivuudesta vastaavan Arealtec Oy:n tiedoista.

Suurimmat yksittäiset säästöt on mahdollista saavuttaa ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen muuttamisella tarkoituksenmukaisiksi, lisäksi koneiden ulkolämpötilasta johtuvia käyntirajoja tulisi muokata. Sisälämpötiloja voisi maltillisesti pudottaa hieman alaspäin.

Ilmanvaihtokoneiden toimintaa tulisi muuttaa siten, että olosuhteiden täytyessä käytetään yötuuletusta ja lämmöntalteenottoa rakennuksen jäähdyttämiseen. Kaikkiin sisäpihan ja rakennuksen itäpäädyn asuntoihin tulisi lisätä auringonsuojaus ikkunoihin.

Kun muutoksia tehdään on syytä muistaa, että kyseessä on vanhempia ihmisiä, jotka saattavat olla erityisen herkkiä vedolle ja kylmyydelle. Tämän vuoksi ennen muutoksia tulee tehdä tarvittavat järjestelmien tasapainotukset siten, että kaikkiin asuntoihin saataisiin mahdollisimman yhtäläiset olosuhteet. Jatkotoimenpiteinä asuntojen ja 1. kerroksen ja yleisten tilojen koneiden ilmamäärien seuranta olisi hyvä toteuttaa. Muille koneille tätä ei ole tarpeen tehdä, sillä ne ovat kaksinopeuskoneita. Samalla kannattaa miettiä, halutaanko lisätä sähkötehon seuranta. Se pystyttäisiin todennäköisesti toteuttamaan samalla kaapeloinnilla paineantureiden asentamisen kanssa. Mitattavia suureita pystyisi seuraamaan myös Loppukirin VAK:n näyttöpäätteeltä. Mikäli näihin muutoksiin päädytään, kannattaa ne toteuttaa samalla, kun koneisiin ohjelmoidaan yöjäähdytys ja kesäaikainen lämmöntalteenotto jäähdytystä varten. Lisäksi on selvitettävä, pystyykö lämmöntalteenoton hyötysuhteita seuraamaan. TK/PK 4:n lämmöntalteenoton toiminta on selvitettävä. Mikäli ilmanvaihtokoneiden toimimassa ilmenee toiminnallisia tai energiankulutukseen vaikuttavia asioita, tulee huoltoyhtiön reagoida asiaan. Toimintavian ilmoittava merkkivalo konehuoneen aulassa voisi olla järkevä investointi.

Lähteet

- 1 Asumisterveysohje: Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Rakennustietosäätiö RTS. Sosiaali- ja terveysministeriö.
- 2 Rantala, Ville. 2010. Langattoman anturiverkon hyödyntäminen sisäolosuhdemittauksissa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 3 Pikaohje – Metropolia salkku. 2012. Wirepas Oy.
- 4 Wirepas Gateway -laitealusta: Käyttö- ja asennusohje. Wirepas Oy.
- 5 Wirepas Simple -laitealusta: Käyttö- ja asennusohje. Wirepas Oy.
- 6 Wirepas. 2012. Verkkodokumentti. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://www.tkt.cs.tut.fi/research/daci/cp_wirepas_overview.html>. Luettu 15.4.2012.
- 7 Wireless sensor network. 2012. Verkkodokumentti. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://www.tkt.cs.tut.fi/research/daci/ra_tutwsn_overview.html>. Luettu 17.4.2012.
- 8 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 Salo, Joni. 2010. Lämmityksen toteutuneiden säätökäyrien vertaaminen suosituskäyriin. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 10 Lämmitysverkoston säätö, LVI 41-10230. 1994. Rakennustieto Oy. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.
- 11 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 12 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 13 SFS 5512. Ilmastointi. 1992. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

Konekortit ja tuloilmalämmittimien tiedot

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPIAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 1

KOJE : TULOILMAKONE
KOJE N:O : VAK11 TF1.1
TOIMINTA-ALUE : ASUNNOT
SIJAINTI : IV-KH VESIKATTO

KONEKOKO : Recair 4C

PUHALLIN : 4C 450 AS:2
TILAVUUSVIRTA : 2,6 M3/s
KOKONAISPAINE : 803 Pa
PYÖRIMISNOPEUS : 1618 r/min
TEHONTARVE : 2,88 kw

LÄMMITYSPATTERI : 4C TV3
LÄMMÖNSIIRRIN LEVY : 4C

MOOTTORI : T-DA112M-4 03051 TERMISTORI
TEHO : 4,0 kw
VIRTA : 8,1 A
JÄNNITE : 400V/3-v/50Hz

SUODATIN : 4C L=700 EU7
SUODATIN VAIHTOS. : 1 erä EU7

TAKUU : 2 vuotta
LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : RECAIR Oy

PUHELIN : 09-2744000

2 kpl

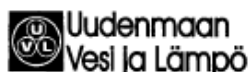
Lisätietoja: LIITE 1 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

PVM :
TOIMENPIDE :
SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvl-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPIAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 2

KOJE : POISTOILMAKONE
KOJE N:O : VAK11 PF1.1
TOIMINTA-ALUE : ASUNNOT
SIJAINTI : IV-KH VESIKATTO

KONEKOKO : Recair 4C

PUHALLIN : 4C 450 AS:2
TILAVUUSVIRTA : 3,0 M3/s
KOKONAISPAINE : 665 Pa
PYÖRIMISNOPEUS : 1576 r/min
TEHONTARVE : 2,84 kw

LÄMMITYSPATTERI :
LÄMMÖNSIIRIN LEVY : 4C

MOOTTORI : T-DA112M-4 03051 TERMISTORI
TEHO : 4,0 kw
VIRTA : 8,1 A
JÄNNITE : 400V/3-v/50Hz

SUODATIN : 4C L=700 EU5
SUODATIN VAIHTOS. : 1 erä EU5

TAKUU : 2 vuotta
LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : RECAIR Oy

PUHELIN : 09-2744000

2 kpl

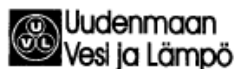
Lisätietoja: LIITE 1 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

PVM :
TOIMENPIDE :
SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvl-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 6

KOJE : TULOILMAKONE
 KOJE N:O : VAK11 TF2.1
 TOIMINTA-ALUE : 1 KRS YLEISET TILAT
 SIJAINTI : IV-KH VESIKATTO

KONEKOKO : Recair 3B

PUHALLIN : 3B 280 AS:2
 TILAVUUSVIRTA : 1,1 M3/s
 KOKONAISPAINE : 635 Pa
 PYÖRIMISNOPEUS : 2462 r/min
 TEHONTARVE : 1,07 kw

LÄMMITYSPATTERI : 3B TV4
 LÄMMÖNSIIRRIN PATTERN: 3B Z=6

MOOTTORI : T-DA90S-2 03007 TERMISTORI
 TEHO : 1,5 kw
 VIRTA : 3,3 A
 JÄNNITE : 400V/3-v/50Hz

SUODATIN : 3B L=700 EU7
 SUODATIN VAIHTOS. : 1 erä EU7

TAKUU : 2 vuotta
 LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
 HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : RECAIR Oy

PUHELIN : 09-2744000

1-färsk 1/2

Lisätietoja: LIITE 1 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

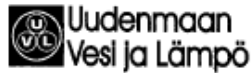
PVM :

TOIMENPIDE :

SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvi-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 7

KOJE : POISTOILMAKONE
KOJE N:O : VAK11 PF2.1
TOIMINTA-ALUE : 1 KRS YLEISET TILAT
SIJAINTI : IV-KH VESIKÄTTO

KONEKOKO : Recair 3B

PUHALLIN : 3B 250 AS:4
TILAVUUSVIRTA : 0,8 M3/s
KOKONAISPAINNE : 526 Pa
PYÖRIMISNOPEUS : 2542 r/min
TEHONTARVE : 0,65 kw

LÄMMITYSPATTERI :
LÄMMÖNSIIRRIN PATTERN: 3B Z=8

MOOTTORI : T-DA80-2B 03006 TERMISTORI
TEHO : 1,1 kw
VIRTA : 2,45 A
JÄNNITE : 400V/3-v/50Hz

SUODATIN : 3B L=700 EU5
SUODATIN VAIHTOS. : 1 erä EU5

1 kpl fanssi 1 kpl 1/2

TAKUU : 2 vuotta
LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : RECAIR Oy

PUHELIN : 09-2744000

Lisätietoja: LIITE 1 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

PVM :

TOIMENPIDE :

SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvl-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPIAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 12

KOJE : TULO/POISTOILMAKONE (PAKETTI)
 KOJE N:O : VAK11 TF3.1/VAK11 PF3.1
 TOIMINTA-ALUE : SAUNAOSASTO
 SIJAINTI : IV-KONEHUONE

KONEKOKO : Enervent RS-12-HV

PUHALLIN :
 TILAVUUSVIRTA : 0,29/0,32 M3/s
 KOKONAISPAINNE : 200 Pa
 PYÖRIMISNOPEUS :

TEHONTARVE : 3*10A, 400VAC, 50Hz

LÄMMITYSPATTERI : HV Vesilämmityspatteri
 LÄMMÖNSIIRRIN PYÖR: : Pyörivä LTO

MOOTTORI :
 TEHO :
 VIRTA :
 JÄNNITE :

SUODATIN TULO : EU5/F5
 SUODATIN POISTO : EU5

TAKUU : 2 vuotta
 LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
 HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : Enervent Oy

PUHELIN : 019-529700

Lisätietoja: LIITE 2 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

PVM :
 TOIMENPIDE :
 SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvl-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

UVL-YHTIÖ OY



AS OY HELSINGIN LOPPUKIRI
BIRGER KAIPIAI 1 00550 HELSINKI

KONEKORTTI

Nro 13

KOJE : ~~TULO/POISTOILMAKONE~~ (PAKETTI)
KOJE N:O : VAK11 TF4.1/VAK11 PF4.1
TOIMINTA-ALUE : LIIKUNTATILA
SIJAINTI : IV-KONEHUONE

KONEKOKO : Enervent RS-6-HV

PUHALLIN :
TILAVUUSVIRTA : 0,15/0,15 M3/s
KOKONAISPAINNE : 180 Pa
PYÖRIMISNOPEUS :

TEHONTARVE : 1*10A,230VAC,50Hz

LÄMMITYSPATTERI : HV Vesilämmityspatteri
LÄMMÖNSIIRRIN PYÖR: : Pyörivä LTO

MOOTTORI :
TEHO :
VIRTA :
JÄNNITE :

SUODATIN TULO : EU5/F5
SUODATIN POISTO : EU5

TAKUU : 2 vuotta
LUOVUTUSPÄIVÄ : 31.03.2006
HANKINTAVUOSI : 2005

VALMISTAJA/MYYJÄ : Enervent Oy

PUHELIN : 019-529700

Lisätietoja: LIITE 3 Toimittajan tekninen määrittely

HUOLTO- JA KORJAUSMERKINNÄT

PVM :
TOIMENPIDE :
SUORITTAJA :

Osoite	Postiosoite	Puhelin	Telefax	Sähköposti	Alv rek.
Vanha Yhdystie 19 04430 JÄRVENPÄÄ	PL 1084 04431 JÄRVENPÄÄ	(09) 279 0450	(09) 287 567	etunimi.sukunimi@uvl-yhtio.fi	UVL-Yhtiö y-tunnus 1831491-3 UVL-Rakennus y-tunnus 0613029-5

MUH TULOILMA- LÄMMITTIMET



Sopii poistoilmanvaihtojärjestelmien korvausilmalaitteeksi

- Toimii pienellä paine-erolla.
- Sisään tulevan ilman lämpötilaa voidaan säätää termostaatista.
- Ulkoilma johdetaan vedottomasti esim. makuuhuoneisiin.
- Tuloilmalämmittimessä on karkeasuodatin, johon suurimmat ulkoilman epäpuhtaudet jäävät.

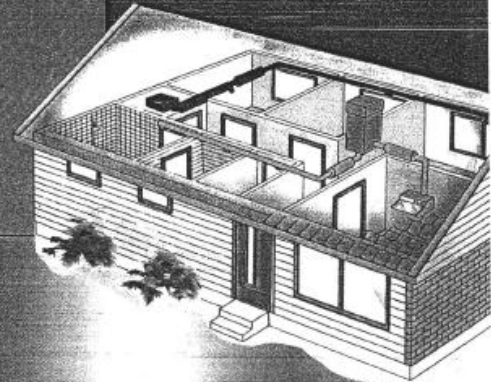
TULOILMALÄMMITIN

Poistoilmajärjestelmän aiheuttaman alipaineen vaikutuksesta ulkoilma ohjautuu asuntoon talon vaipassa olevien aukkojen kautta. Osa ulkoilmasta tulee tällöin asuntoon tuloilmalämmittimen kautta. Sillä on mahdollista lämmittää ulkoilmaa ennen asuntoon johtamista. Mitä tiiviimpi asunto on, sitä suurempi osa ulkoilmasta tulee asuntoon tuloilmalämmittimen kautta.



TULOILMALÄMMITIN KANAVAAN MUH 1000

MUH 1000-lämmitin soveltuu ilman lämmittämiseen esim. MUH-ILMAVAN etulämmittimeksi, vaihtoehtoiseksi tuloilmapuhaltimen pysäyttävälle jäätyminenesto-suojalle. Lämmitin toimii myös pakkasessa.

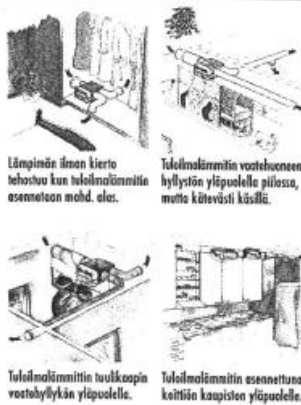


VALLOX

V
VALL
VALLOX

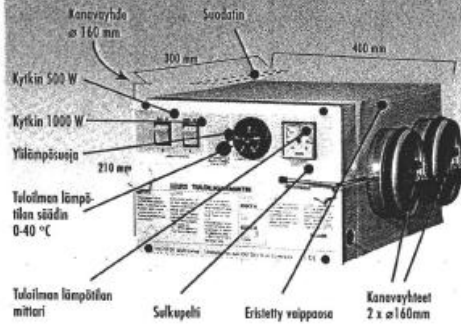
TEKNIikka

SIJOITUS



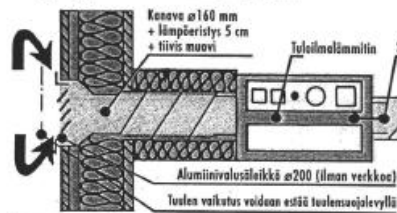
TULOILMALÄMMITIN

- 3 x 500 W sähkövastus
- Teho: 500 + 1000 W = 1500 W
- Paino: noin 10 kg



ASENNUS

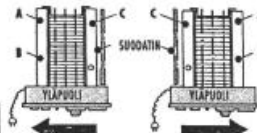
- Tuloilmalämmitin asennetaan asuntoon sisälle (ei kosteisiin tiloihin) paikkaan, jossa sen huolto on vaivatonta. Esim. tuuliikaappi, vaatehuone, varasto, tms.
- Mahdollinen ulkooko tuleva ääni estetään esim. äänenvaimentimella, joka voidaan asentaa joko ennen tai jälkeen lämmitintä.
- Tuloilmalämmitin kiinnitetään vaipan läpi ruuveilla seinään, hyllylle tai kattoon. Huoltotoimenpiteiden esteettömyys on varmistettava asennettaessa. On huomioitava, että valmiin kattopinnan ja lämmitin välin jää tilaa huoltoon varten vähintään 10 mm ja eteen 450 mm.



- 1) Mikäli tuloilmakanavan johdotus talvella kylmetty ilmassa (alle 10 °C), ne on eristettävä väh. 2 cm eristeellä, jonka päälle asennetaan muovi tiivisti.
- 2) Mikäli tuloilmakanava on kovin lyhyt (alle 0,5 m) tai sitä ei asenneta ollenkaan, soveltaa ohjauksella kanavasta tai lähtökävelystä yläpuolelta tarpeen ilman sekoittamisen varmistamiseksi.

KÄTISYYDEN MUUTOS

ILMAVIRRAN SUUNNAN VAIKUTUS ANTURIEN SIJAINTIIN

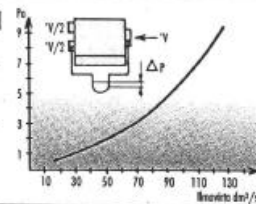


- Kätsisyyttä muutettaessa vaippaosa käännettään.
- Ilma virtaa sisään suodattimen puolelta ø160 mm yhteestä.
- Anturit asennetaan ilmavirran edellyttämiin paikkoihin kuvan mukaan.
- Anturien siirrossä on noudatettava varovaisuutta.

TULOILMALÄMMITTIMEN PAINEHÄVIÖ

TULOILMALÄMMITTIMEN MITOITUS

Käyrästä ilmoittamaan tuloilmalämmitin painehäviön lisätään aina kanaviston painehäviö.



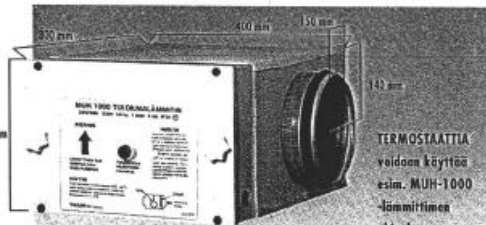
ESIMERKKI

Mikäli kanaviston painehäviöstä ei ole tietoa, sen voidaan olettaa olevan samaa suuruinen kuin tuloilmalämmitin painehäviön. Esim. kun asuntoon halutaan lämmitin kautta ilmaa 50 m³/h, tarvitaan asunnossa 3 Pa + 3 Pa = 6 Pa alipainetta, joka saavutetaan esim. poistilmapuhaltimella.

TULOILMALÄMMITIN KANAAN MUH 1000

KÄYTTÖALUEET JA SUORITUSARVOT

- 1000W, 230 VAC, 50 Hz, 4,5 A, IP 34, FI.
- Voidaan asentaa ulkoilma kanavaan.
- Toimii pakkasessa.
- Karkeasuodatin.
- Pistatulppaliitintä.
- Ilmavirran suunta on vaihdettavissa.
- Voidaan asentaa vain yhteen asentoon.
- HUOM! Ilman lämpötilan ohjaukseen tarvitaan ulkopuolinen termostaatti, esim. MUH-termostaatti.
- Ylikuormitusuoja 90 °C.
- Sähkövastus 1000 W.



TERMOSTAATTIA voidaan käyttää esim. MUH-1000-lämmitin ohjaukseen.

MUH-1000-kanavälämmitin on sisään asennettuna rajoitustermostaatti, joka estää tarpeettoman lämmittämisen esim. ilmavirran lopettua tai kesällä (tehdasasetus 14-17 °C, jalki-asetusmahdollisuus 0-40 °C).



0-40 KANAVALÄMMITIN-TERMOSTAATTI

KÄYTTÖALUEET JA SUORITUSARVOT

- 15 (2,5) A, 250 VAC.
- Säätöalue 0-40 °C, kytkentäero n. 4 °C.
- Vaihtokärjet.
- Johdon läpiviennit.
- Merkkipalo.
- Kapillaarin pituus 1,3 m.
- Mitat 140 x 110 mm, syvyys 90 mm.

©VALLOX • Pidämme oikeuden muutoksiin ilman etukäteisilmoitusta.



Vallox Oy Myllykyläntie 9-11 32200 Lammassa Puhelin (02) 7436 300 Telefax (02) 7631 539

1 02 09 F/5000/P8.DY/MAINOS TUUNTIINEN KY/OPSET HOUSE

Asukastiedote

Hyvä vastaanottaja

As Oy Helsingin Loppukiri on mukana hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen - hankkeessa (HEA). Suoritamme energiatehokkuuteen liittyviä mittauksia kevään 2012 aikana. Tutkimuksen suorittaa Metropolia Ammattikorkeakoulun Talotekniikan opiskelijaryhmä. Tulosten pohjalta teemme parannusehdotuksia ja investointilaskelmia, joiden perusteella taloyhtiö tekee tarpeellisiksi katsomiaan toimenpiteitä asuinmukavuuden ja energiatehokkuuden parantamiseksi. Nyt teillä asukkailla on loistava tilaisuus itse vaikuttaa omiin asuinolosuhteisiinne.

Alla on lyhyesti kuvattuna mittaukset, joita tulemme suorittamaan:

- Lämpötilamittaukset
- Ilmavirtamittaukset
- Vesivirtamittaukset
- Tiiveysmittaukset
- Tarpeen mukaan myös lämpökamerakuvaukset

Mittauksia tehdään erissä kevään 2012 aikana. käyntejä kohteeseen tulee noin viisi (5) kappaletta, suurin osa käynneistä ajoittuu maaliskuulle. Kukin mittaus kestää arviolta 30-60 minuuttia. Poislukien lämpötilan seurantamittaus, jossa laitamme pienikokoisen mittarin asuntoon viikon ajaksi, tämä mittaa ja tallentaa lämpötilat kyseiseltä ajalta. Mittausmenetelmät ovat harmittomia ja asukkaat pystyvät viettämään normaalia elämää niiden ollessa käynnissä. Ainoana poikkeuksena on tiiveysmittaus (kestää noin 60-90min/asunto), jota tehdessä asukkaiden täytyy olla asunnon ulkopuolella, mutta kuten muissakin mittauksissa voivat halutessaan seurata työtämme sivusta.

Haemme vapaaehtoisia asukkaita, jotka antavat luvan tehdä mittauksia asunnoissaan. Toivomme, että mahdollisimman moni antaisi luvan mittausten tekemiseen. Luvan myöntäneistä valitsemme parhaat mahdolliset referenssihuoneet tutkittavaksi. Kaikkia huoneistoja emme tule mittaamaan. Ennen jokaista mittausta tiedotamme asukkaita vähintään kolme (3) päivää etukäteen. Ensimmäiset mittaukset tullaan alustavasti suorittamaan viikolla 11. Kyselyn voi palauttaa täytettynä kirjastossa olevaan laatikkoon 7.3.2012 klo 14.00 mennessä.

Toivomme mahdollisimman hyvää yhteistyötä molemmin puolin. Lisätietoja voi tiedustella alla olevista yhteystiedoista.

Ystävällisin terveisin

Jaakko Huhta-Koivisto: (jaakkomh@metropolia.fi , puh. 040 910 5062)

Teemu Alatalo

Asunnossamme saa suorittaa mittauksia.

Kyllä	Ei

Mikäli vastasit kyllä, täytähän yhteystietosi alla oleviin sarakkeisiin yhteydenottoamme varten.

Asukkaan nimi	Asunnon numero
Puhelinnumero	Sähköpostiosoite

Asukkaiden ei tarvitse olla huolissaan mittausten suorittamisesta. Myös mittausryhmämme osaa vastata mahdollisiin kysymyksiin, joita asukkaille on herännyt.

Ohjeita asukkaille mittausten ajaksi:

- Lämpötilamittauksen aikana patteritermostaatteja ei saa säätää
- Lämpötilamittausten aikana ei saa tuulettaa, mittaustulosten vääristymisen estämiseksi
- Lämpötila-anturiin ei saa koske, tulosten vääristymisen estämiseksi
- Ilmavirtamittauksia suoritettaessa missään asunnossa ei saisi tukkia ilmanvaihdon pääte-elimä



Kuva1: Lämpötila-anturi, jota tullaan käyttämään mittauksissa, koko on noin 10x5x5cm.

Mittaussuunnitelma

Projektisuunnitelma

1 (10)

21.5.2012

As Oy Helsingin Loppukiri

MITTAUS/PROJEKTISUUNNITELMA

Dokumentin jakelu:

Asko Kippo
Katri Korkalainen
Jukka Yrjölä
Seppo Innanen
Sanna Mattila
Teemu Alatalo

Projektisuunnitelma

2 (10)

21.5.2012

Sisältö

As Oy Helsingin Loppukiri	1
MITTAUS/PROJEKTISUUNNITELMA	1
1 Mittaussyunnitelma	4
1.1 Tausta/tavoitteet	4
1.2 Rajaus	4
2 Projektin ositus	4
2.1 Projektin etapit	4
3 Projektin organisointi ja yhteyshenkilöt	5
4 Mittaus/dokumentointisuunnitelma	6
4.1 Dokumentointi	6
4.2 Suunnitelmat	6
4.3 Lämpötilamittaukset	7
4.4 Ilmavirtamittaus	8
4.5 Vesivirtamittaus	8
4.6 Tiiveys- ja lämpökameramittaus	8
4.7 Äänimittaussyunnitelma	8
5 Riskienhallinta/laadunvalvonta	9
6 Projektinhallinta, raportointi- ja tiedottaminen	10

Projektisuunnitelma

3 (10)

21.5.2012

Versiohistoria

Versio	Päivämäärä	Tekijä	Kommentit/tehdyt muutokset (luka muuttanut)
2	7.3.2012	JH-K	

21.5.2012

1 Mittaussyunnitelma

Alla kuvattuna mittaukset, joita tullaan tekemään (tarkemmat kuvaukset ja vaatimukset esitetään myöhemmin).

- Lämpötilamittaukset
- Ilmavirtamittaukset
- Vesivirtamittaukset
- Tiiveysmittaukset
- Mahdollisesti lämpökamerakuvaus
- Mahdollisesti äänimittaus

1.1 Tausta/tavoitteet

Pyritään parantamaan rakennuksen energiatehokkuutta ja asuinolosuhteita.

1.2 Rajaus

Täsmennetään tarvittaessa.

2 Projektin ositus

2.1 Projektin etapit

Koko mittausryhmä käy suunnitelman läpi ennen mittauksia. Ennen mittauksia tarvittavien mittareiden käyttö kerrataan Metropolia ammattikorkeakoulun laboratorioinsinööri Ari Hokkasen kanssa. Mittaukset suoritetaan alustavasti seuraavassa järjestyksessä:

- Lämpötilan seurantamittaus
- Operatiivinen lämpötila
- Vesivirtamittaus
- Ilmavirtamittaus
- Tiiveysmittaus
- Mahdollisesti osittainen lämpökamerakuvaus
- Mahdollisesti äänimittaus

Ulkolämpötilan kannalta kriittisimpiä mittauksia ovat kaikki lämpötilamittaukset ja lämpökamerakuvaukset.

21.5.2012

3 Projektin organisointi ja yhteyshenkilöt

Yhteystiedot			
Metropolia		Puh.	
Asko Kippo	HEA-hankkeen projektijohtaja	040 848 1761	asko.kippo@metropolia.fi
Katri Korkalainen	HEA-hankkeen projektipäällikkö	040 714 5123	katri.korkalainen@metropolia.fi
Jukka Yrjölä	Yliopettaja, Talotekniikka	044 010 3214	jukka.yrjola@metropolia.fi
Seppo Innanen	Lehtori, Talotekniikka	044 306 0859	seppo.innanen@metropolia.fi
Harri Hahkala	Projekti-insinööri, Talotekniikka	040 0828 636	harri.hahkala@metropolia.fi
Ari Hokkanen	Laboratorioinsinööri, Talotekniikka	040 569 2833	ari.hokkanen@metropolia.fi
Markus Immonen	Laboratorioinsinööri, Rakennustek.	040 186 3848	markus.immonen@metropolia.fi
Teemu Alatalo	Opisk. ins., Talotek.	044 335 7223	teemu.alatalo@metropolia.fi
Jaakko Huhta-Koivisto	Opisk. ins., Talotek. projektipäällikkö	040 910 5062	jaakkomh@metropolia.fi
Sanna Mattila	Opisk. yamk, Talotek.	040 553 4793	sanna.mattila@re-suunnitelu.fi
Helsinki Loppukiri			
Auli Kanninen	Yhteyshenkilö, asukas	040 0585 490	auli.kanninen@gmail.com
Sirkka Minkkinen	Yhteyshenkilö, asukas	040 709 4448	sirkka.minkkinen@arabianranta.com
Antero Saarela	Yhteyshenkilö, asukas (tekniikka)	050 322 9632	anterosaarela@hotmail.com

30.5.2012

4 Mittaus/dokumentointisuunnitelma

4.1 Dokumentointi

Suunnitelmaa täydennetään jatkuvasti. Tarvittaessa lähetän päivitetyn suunnitelman Katrille Korkalaiselle, Seppo Innaselle ja Jukka Yrjölälle.

Tulosten kirjaamiseen käytetään etukäteen tehtyjä excel-pohjia.

4.2 Suunnitelmat

Alla olevat suunnitelmat perustuvat seuraaviin standardeihin:

- LVI 014-10290: LVI-laitosten mittaukset
- SFS 5511: Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset
- SFS 5512: Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa
- SFS 5769: Ilmastointijärjestelmien säädön toiminnalle asetettavat vaatimukset. Mittaukset.

Kaikkien mittauksien lähtövaatimuksena voidaan pitää käyttötarkoitukseen sopivaa ja kalibroitua mittauslaitteistoa (LVI laitosten mittaukset, LVI 014-10290. 1999). Käytettävien mittareiden tiedot löytyvät liitteistä.

Tarpeettomilta mittauksilta vältytään kun varmistetaan, että mittausedellytykset ovat voimassa:

- IV-koneiden käytävä normaalisti
- Ulkolämpötila ei saa olla alle -26 astetta, vuorokauden keskilämpötilan oltava alle +5 C
- Pintalämpötiloja mitattaessa otettava huomioon mahdolliset ulkolämpötilojen vaihtelut
- Ikkunoiden oltava suljettuna tiloissa 4-6 tuntia ennen mittausten alkua ja niiden aikana
- Informoidaan talonmiestä, että lämpötilaseurannan aikana ei saa koskea rakennuksen lämpötilan säätökäyrästä
- Ilmavirtamittauksia suoritettaessa sää on oltava vähätuulinen (alle 10m/s)
- Huonetilan käytön oltava tavanomaista vastaavaa (ei saa tuulettaa)
- Kerrostaloja mitattaessa on päätyhuoneistot ja ylimmät kerrokset aina mitattava
- Jokaisesta kerroksesta ja säätövyöhykkeestä valittava aina vähintään yksi mittauskohde

Kaikissa mittauksissa ovat mukana Jaakko Huhta-Koivisto ja Teemu Alatalo, lisäksi lämpötilan seurantamittaukseen tulee mukaan Harri Haahkala ja tiiveys/lämpökameramittauksiin Markus Immonen.

21.5.2012

4.3 Lämpötilamittaukset

Lämpötilan seurantamittaus

- Suoritetaan siten, että viemme seurantamittarit sovittuna ajankohtana ennalta valittuihin huoneisiin. Pyrimme sijoittamaan mittarin noin 1,1 metrin korkeuteen. Vaatimusten mukaan mittari täytyisi sijoittaa keskelle huonetta, tämä tuskin on mahdollista, joten tarkistamme sopivimman kohdan paikan päällä. Mittareiden sijoitus oleskeluvyöhykkeelle siten, että aamuaurinko ei pääse lämmittämään mittareita (oleskeluvyöhyke=sijoitus vähintään 0,6 m etäisyydelle seinästä), myös pattereiden sijainti on huomioitava mittareita sijoitettaessa. Merkitsemme mittarin numeron ja sijoituskohdan tarkasti ylös seuranta varten.
- Seurantamittarit kerätään pois viikon kuluttua.
- Mittausverkon pystyssäoloa seurataan päivittäin internetin välityksellä, tarvittaessa kohteessa käydään tekemässä korjauksia.

Asukkaita tullaan mittareiden asentamisen yhteydessä muistuttamaan vielä heitä koskevista vaatimuksista:

- Mittareihin ei saa koskea.
- Seurannan aikana ei saa tuulettaa.
- Seurannan aikana patteriventileitä ei saisi säätää.

Ylläolevat rajoitteet on ilmoitettu asukkaille heille jaetuissa tiedotteissa (kerrataan vielä paikanpäällä).

Lämpötilan hetkellinen mittaus

- Seurantamittareita viedessä ja haettaessa pois, mittaamme samalla hetkellisen lämpötilan ja kerrostuman (mittaus 0,1m 1,1m ja 1,7 metrin korkeuksilta)
- Kaikki saadut tulokset merkitään tarkasti ylös. Muistiin merkataan myös tiloissa oleskelevien ihmisten lukumäärä.

Operatiivinen lämpötila

Suoritetaan samalla kun seurantamittarit kerätään pois, mittauskorkeus 0,6m ja 1,1m korkeudelta.

Mittausvirheet

- LVI 014-10290:

21.5.2012

4.4 Ilmavirtamittaus

Ilmavirtamittaukset suoritetaan lämpötilamittausten jälkeen.

Suoritetaan erissä siten, että ensimmäisenä tarkistetaan TK/PK1, eli asuntojen ilmanvaihtokoneen kokonaisilmavirrat ja lämpötilat. Tämän jälkeen siirrytään asuntoihin ja mitataan huoneistokohtaiset ilmavirrat ja lämpötilat tulo/poistoilmalaitteista, sekä liesituulettimista.

Näiden jälkeen mitataan muiden koneiden ilmavirrat samalla tavoin.
Koneita mitattaessa on niiden käyntiajat on muistettava tarkistaa.

4.5 Vesivirtamittaus

Mittaamme vesivirrat mitattavaksi valittujen asuntojen kaikista vesipisteistä sekä yleisistä tiloista. Tämä on erittäin yksinkertainen toteuttaa ja se vaatii ainoastaan selkeän dokumentoinnin, jotta tulokset eivät mene sekaisin.

4.6 Tiiveys- ja lämpökameramittaus

Mittaukset suoritetaan Markus Immosen ohjauksella. Alustava mittaussuunnitelma tulee häneltä.

4.7 Äänimittaussuunnitelma

Tässä vaiheessa keskitytään lämpö- ja ilmavirtamittauksiin, mikäli aikaa jää harkitaan äänimittausten tekemistä. Raporttia täydennetään tältä osin myöhemmin.

30.5.2012

5 Riskienhallinta/laadunvalvonta

Seurantamittareiden yhteys saattaa katketa. Tilannetta on seurattava päivittäin ja viat korjataan tarvittaessa.

Mittaukset on pyrittävä suorittamaan samana päivänä kaikissa asunnoissa. Aikataulut eivät todennäköisesti tule aina sopimaan kaikille asukkaille. Tähän liittyvää riskiä pyritään vähentämään hyvällä etukäteissuunnittelulla ja asukastiedottamisella. Asukkaita on alustavasti tiedotettava viikkoa etukäteen. Käytännössä kun edelliset mittaukset on suoritettu, asukkaille annetaan arvio milloin tulemme seuraavan kerran. Mittauspäivä varmistetaan vielä vähintään kolme päivää etukäteen. Talonmies on pidettävä ajan tasalla, sillä käytännössä hän on meidän yhteyshenkilömme. Etukäteissuunnittelusta huolimatta syntyneet ongelmat on selvitettävä yhdessä asukkaan, mittausryhmän ja tarvittaessa talonmiehen avulla. Pienennämme riskiä valitsemalla mitattavaksi enemmän asuntoja kuin vähimmäismäärä edellyttää, tällöin meille jää pelivaraa.

Ennen mittauksia ryhmän on kerrattava mittausuunnitelma. Tarkistetaan, että lomakkeita tulosten ylöskirjaamiseen on riittävästi, niiden täyttäminen käydään tarvittaessa lävitse. Kirjaamisen on oltava selkeää.

Etenemisjärjestyksen mittauksissa on oltava looginen. Lähdemme liikkeelle lämpötilamittauksista, joissa mukana on Harri Haahkala. Ammattitaitoinen mittaaja vähentää mittauksiin kohdistuvaa riskiä. Hänen kanssa valitsemme yhdessä mitattavat huoneet ja käytännön etenemisjärjestyksen. Harrin kanssa sovimme erikseen, miten seurantamittarit tuodaan paikan päälle.

Liian tiukka aikataulu muodostuu riskiksi. Samalle päivälle ei saa laittaa liian monia mittauksia. Pyritään saamaan kokonaisuuksia valmiiksi yhden mittauspäivän aikana. Mikäli samalle päivälle on suunniteltu useampia mittauksia ja nähdään, että kaikkia ei ehditä suorittaa, niin jätetään muut myöhäisempään ajankohtaan ja suoritetaan varsinaiset ”päämittaukset” laadukkaasti.

Tarvittavat mittauslaitteet on varattava ajoissa ja haettava Ari Hokkaselta viimeistään mittauksia edeltävänä päivänä.

Säätiedotusta on seurattava etukäteen, tuuli, liian korkeat ulkolämpötilat, nopeat vaihtelut ulkolämpötiloissa ovat riskejä, joita säätiedotusta seuraamalla pystyy jossain määrin hallitsemaan.

Tiiveysmittaus ja mahdollinen lämpökamerakuvaus on ajoitettu viikolle 13. Tähän mennessä muut mittaukset pitäisi olla valmiina tai lähes valmiina. Vielä ei tiedetä sopiiko ajankohta Markus Immoselle, häneen ollaan yhteydessä heti kun ensimmäiset lämpötilamittaukset saadaan käyntiin.

30.5.2012

6 Projektinhallinta, raportointi- ja tiedottaminen

Asukastiedotus, jossa asukkailta pyydetään lupaa mittauksien tekemiseen jaettiin 29.2.2012. Tiedotus kerätään pois 7.3.2012. Tämän jälkeen valitaan mitattavat huoneet, joista teen ehdotuksen Harri Haahkalalle. Hänen hyväksynnän jälkeen (Myös Markus Immoselle ilmoitetaan, mitkä huoneet valitaan) asukkaille ilmoitetaan, että seurantamittaus aloitetaan viikon 11 alkupuolella. Viikolla 12 kaikki lämpötilamittaukset on saatu tehtyä, vesivirrat mitataan lämpötilamittausten yhteydessä. Loppuviikko varataan ilmavirtamittauksille. Viikko 13 voidaan alustavasti varata tiiveys- ja mahdollisille lämpökamerakuvauksille. Tiiveysmittausten tarkka ajankohta sovitaan vielä erikseen myöhemmin.

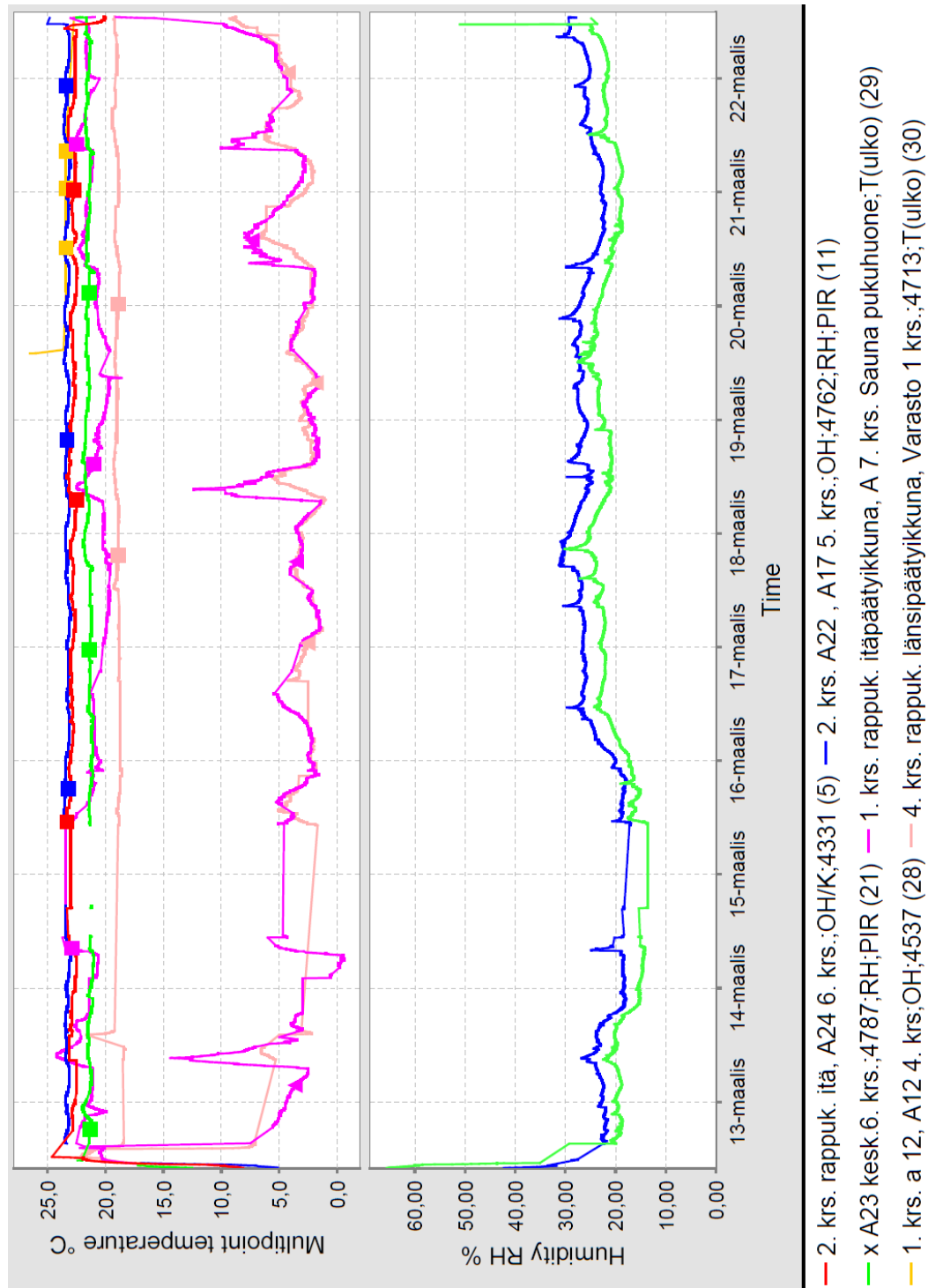
Työssä edetään aikataulun mukaisesti. Projektijohtajaa tiedotetaan sovituunlaisesti noin kolmen viikon välein. Projektipäällikköä hiukan useammin, ohjaavien opettajien kanssa olemme yhteyksissä vähintään joka toinen viikko (ja aina tarvittaessa, ”tekninen tuki”). Käytännössä ilmoitamme aina eteenpäin kun saamme jotain valmiiksi.

Kaikista käynneistä kohteeseen ilmoitetaan Katri Korkalaiselle.

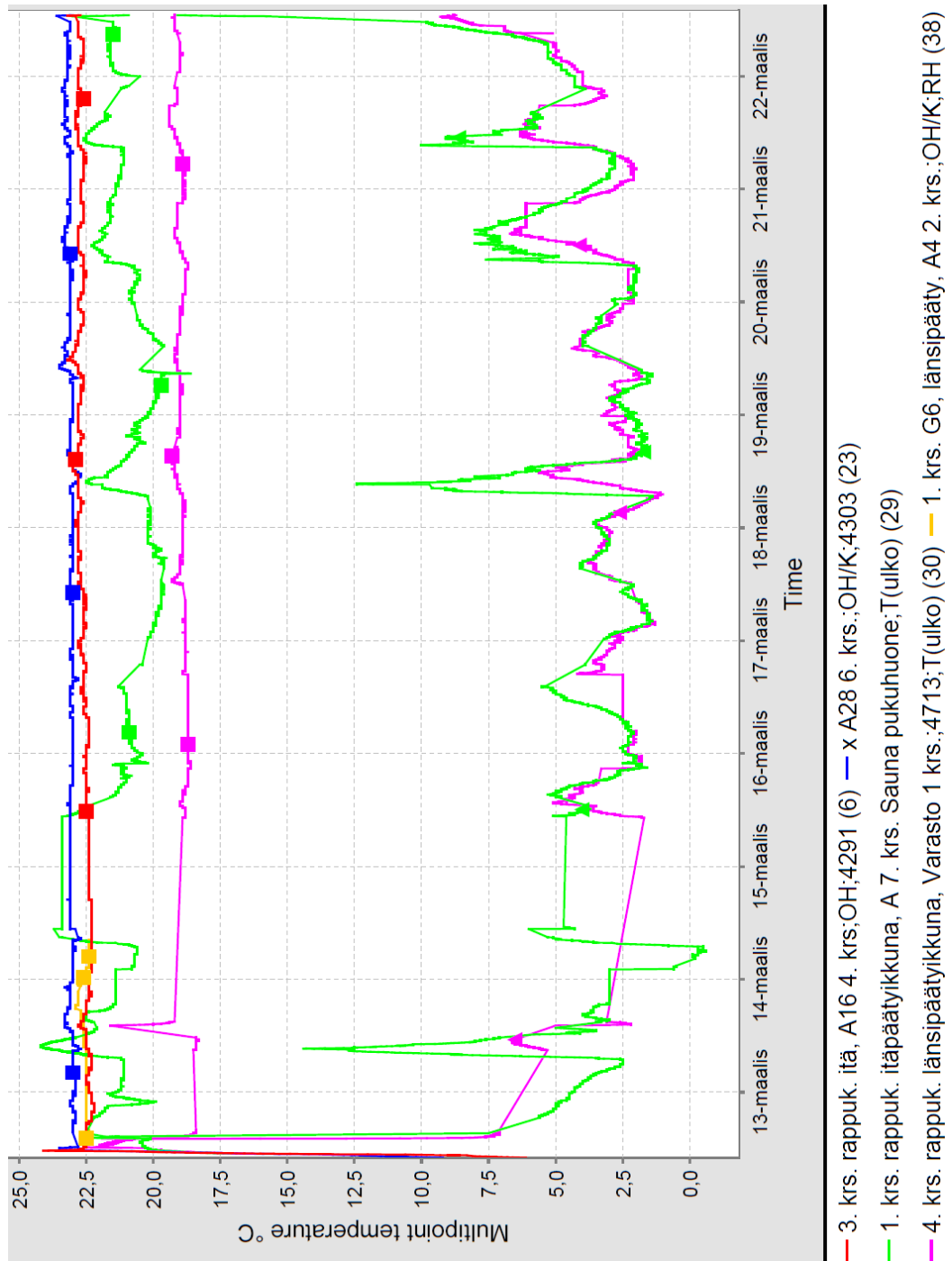
Asukkaat ovat varmasti kiinnostuneita tuloksista, joten kun teemme valmiita raportteja/ osaraportteja, niin voimme viedä niitä näyttille Loppukirille. Projektin päätyttyä voimme mahdollisuuksien mukaan pitää pienen tiedotustilaisuuden, jossa kokonaisuus käydään läpi erikseen sovitussa laajuudessa.

Jaakko Huhta-Koivisto vastaa tiedottamisesta ja raportoinnista mittausten osalta, Teemu Alatalo vastaa investointilaskelmista ja niiden raportoinnista, Sanna Mattila suorittaa energialaskelmat.

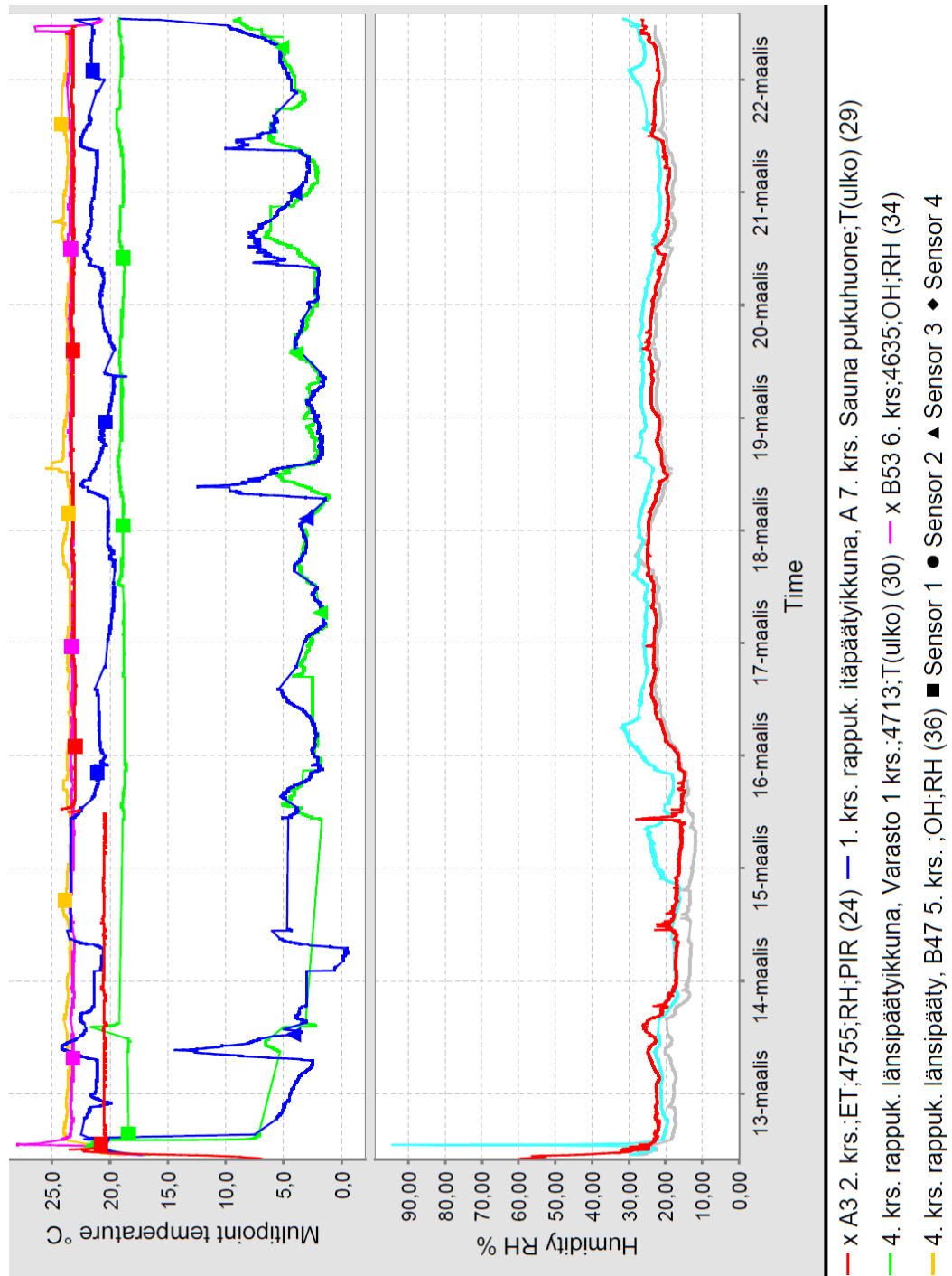
Seurantamittausten tulokset



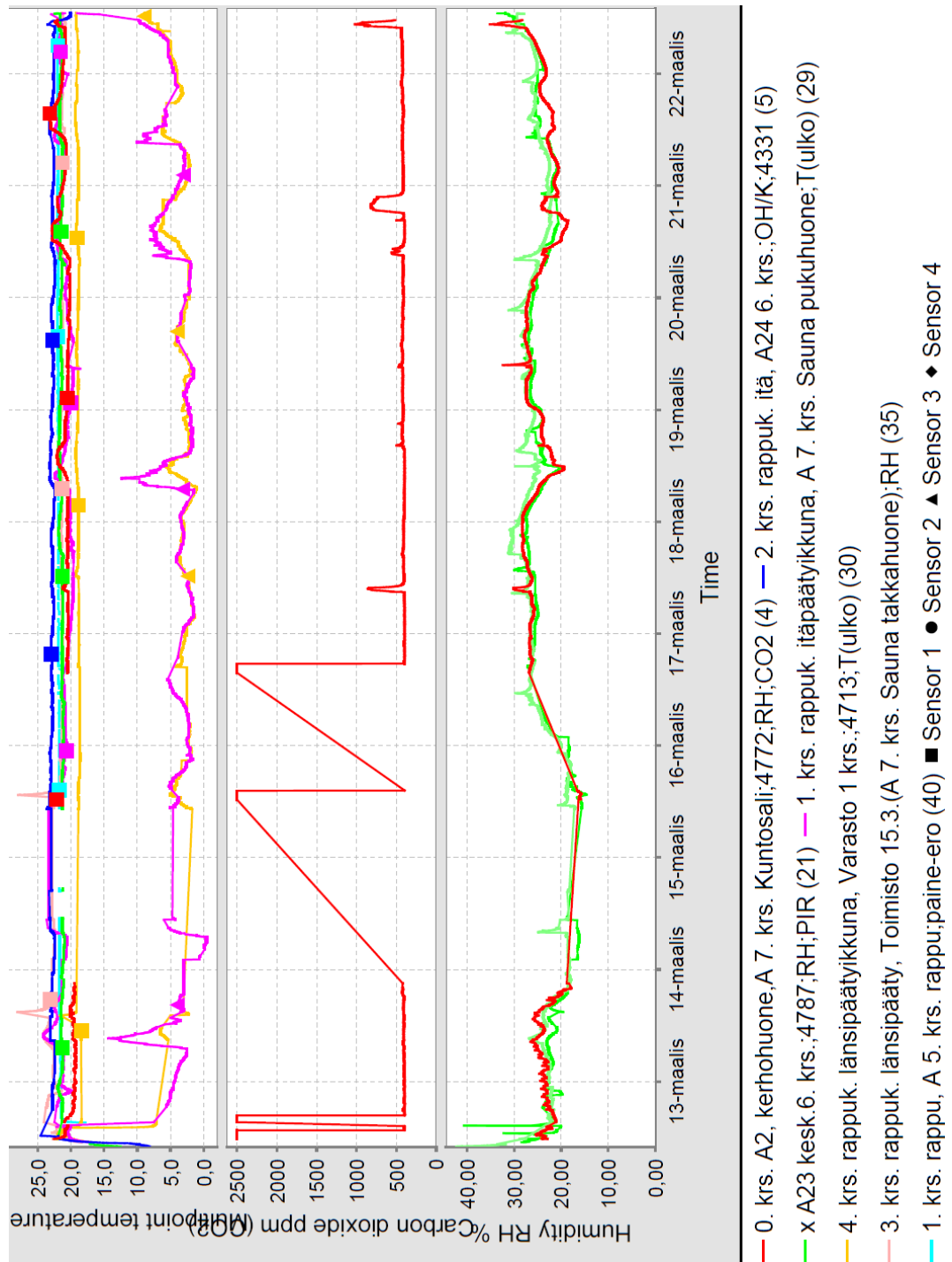
Asuntojen A24, A17, A23, A12 sekä ulkolämpötila-antureiden tulokset



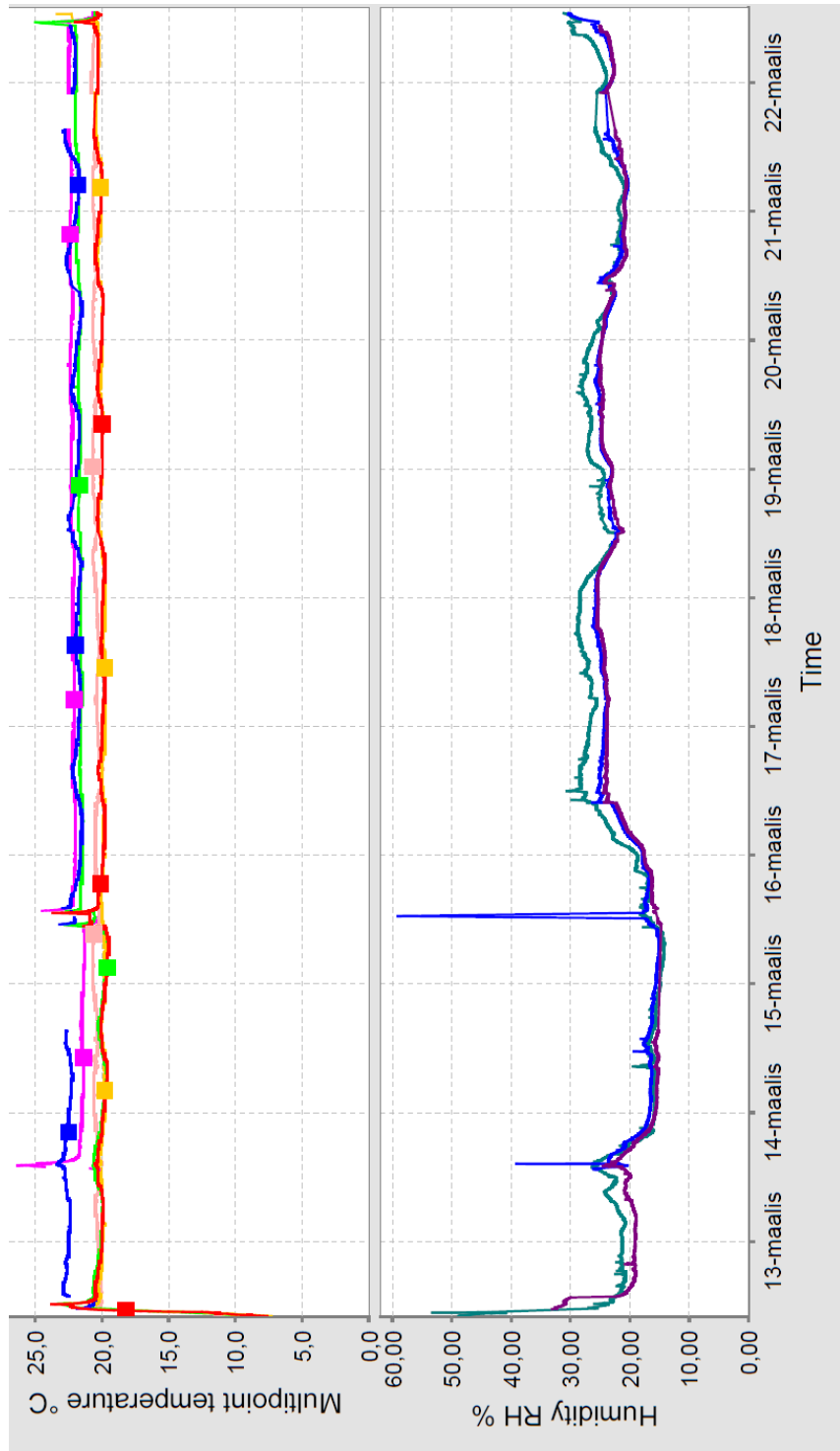
Asuntojen A16, A28, A4 sekä ulkolämpötila-antureiden tulokset.



Asuntojen A3, B53, B47 sekä ulkolämpötila-antureiden mittaustulokset.



Kuntosalin hiilidioksidi- ja lämpötila sekä kosteus. Asunto A23 lämpötila ja kosteus. Asunto A24, toimisto, A-rappukäytävä 5 krs. lämpötilat. Ulkolämpötilat.



B-rappukäytävän lämpötila- ja kosteusmittaustulokset.

Excel-pohjaiset mittaustulokset

Lämpötila, kerrostuma			Mittauspäivä: 12.3.2012	Mittauskerta: 1		
Asunto	Huone	Mittauspaikat (+kellonaika)	Ihm. Lkm	0,1m (t/Rh)	1,1m (t/Rh)	1,7m (t/Rh)
A 4	mh	Klo 10.45	1	23,6	23,6	23,6
	oh	Klo 10.45	3	23,6	23,5	23,5
A 12	oh	Klo 10.55	3	23,6	23,6	23,6
	mh	Klo 10.55	1	23,8	23,8	23,6
A 16	oh	Klo 11.30, Ainoastaan OH patteri päällä	3	23,1	23,0	23,0
	mh	Klo 11.30 Patterit mh ja oh eivät päällä	1	22,9	22,9	22,8
A 17	mh	Klo 11.15	1	23,1	23,1	23,2
	oh	Klo 11.15	3	23,5	23,5	23,6
A 17	et	Klo 11.15	3	23,7	23,7	23,7
A 20	mh	Klo 11.45	3	23,5	23,5	23,6
	oh	Klo 11.45	3	23,7	23,8	23,8
A 21	oh	Klo 11.55	3	23,2	23,2	23,2
	mh	Klo 11.55	3	23,2	23,2	23,2
A 23	oh	Klo 12.00	3	22,8	22,8	22,8
	mh	Klo 12.00	2	22,6	22,6	22,6
A 24	oh	Klo 12.30	4	23,6	23,6	23,6
		Klo 12.30				
A 28	oh	Klo 12.35	3	23,6	23,6	23,7
	mh	Klo 12.35	3	23,5	23,4	23,4
Pesula	Aula	Klo 14.20	2	22,7	22,7	22,7

Lämpötila, kerrostuma			Mittauspäivä: 12.3.2012	Mittauskerta: 1		
Asunto	Huone	Mittauspaikat (+kellonaika)	Ihm. Lkm	0,1m (t/Rh)	1,1m (t/Rh)	1,7m (t/Rh)
B 31	mh	Klo 12.10	3	22,2	22,3	22,4
	oh	Klo 12.10	3	24,1	24,2	24,2
B 42	oh	Klo 12.55 (huoneiston keskus)	4	23,1	23,2	23,2
B 47	oh	Klo 13.05	3	24,6	24,6	24,6
	mh	Klo 13.05	1	24,2	24,2	24,2
B53	oh	Klo 13.30	2	23,6	23,6	23,6
	mh	Klo 13.30	2	23,6	23,6	23,6
B 56	oh	Klo 13.25	2	22,4	22,5	22,5
B 57	oh	Klo 13.50 (iso patteri pois päältä sohvan takaa)	3	24,8	24,8	24,8
	mh	Klo 13.50	1	24,7	24,7	24,6
B 58	oh	Klo 13.45	4	23,7	23,7	23,7
	mh	Klo 13.45	1	24,7	24,7	24,7

Tuloilmavirta			Mittauspäivä: 19.3.2012				Mittauskerta: 1		
Asunto/Tila	Elin	Koko	Sijainti	T, tuloil. °C	Pa	Avauma	Mitattu (Suunniteltu) l/s	poikkeama Huonekoht. %, huomioita	
A 3	Sth	125	OH	22,7	10	8	18,3 (20)		
A 3	Sth	125	MH	-	11	5,5	12,8 (15)		
A 3	Sth	100	Keittiö	-	9	6,5	8,6 (12)	-16,6%	
A 4	Sth	125	MH	-	24	3	10,3 (15)		
A 4	Sth	125	ET/OH	23,2	17	9	26,4 (20)	+4,9%	
A 12	Sth	125	OH	-	8	6,5	13,2 (15)		
A 12	Sth	125	MH	21,5	9	9	19,2 (15)	+8,0%	
A 16	Sth	125	OH	23,2	8	9	18,1 (20)		
A 16	Sth	125	MH	-	9	6,5	14 (15)	-8,3%	
A 17	Sth	125	OH	22,1	10	9	20,2 (20)		
A 17	Sth	125	MH	-	8	6,5	13,2 (15)	-4,6%, Säleikön edessä pelti	
A 20	Sth	125	OH	-	9	9	19,2 (20)		
A 20	Sth	100	MH	-	7	8	9 (12)	-11,9%	
A 21	Sth	125	OH	21,8	12	9	22,2 (20)		
A 21	Sth	125	MH	-	16	5	14 (15)		
A 21	Sth	100	Keittiö	-	16	5	8,8 (12)	+4,4%	
A 23	Sth	125	OH	21,8	9	9	19,2 (20)		
A 23	Sth	125	MH	-	10	6,5	14,7 (15)	+3,1%	
A 24	Sth	125	OH 1	-	11	6,5	15,4 (15)		
A 24	Sth	125	OH 2	21,7	9	6,5	14 (15)		
A 24	Sth	125	MH	-	11	6,5	15,4 (15)	0,4%	
A 25	Sth	125	OH	21,8	16	5	14 (10, suunn 100mm)		
A 25	Sth	100	MH	-	14	5	8,2 (10)		
A 25	Sth	100	Keittiö	-	14	5	8,2 (15, suun 125)	-13,1%	
A 28	Sth	125	OH	22,1	8	9	18,1 (20)		
A 28	Sth	125	MH	-	7	9	17 (15)	+0,3%	

Tuloilmavirta			Mittauspäivä: 20.3.2012				Mittauskerta: 1		
Asunto/Tila	Elin	Koko	Sijainti	T, tuloil. °C	Pa	Avauma	Mitattu (Suunniteltu) l/s	poikkeama Huonekoht. %, huomioita	
B 31	Sth	125	OH	23,4	8	5	9,9 (15)		
B 31	Sth	125	MH	-	14	5	13,1 (15)	-23,3%	
B37	Sth	125	OH	22,8	8	6,5	13,2 (15)		
B37	Sth	125	MH	-	14	6,5	17,4 (15)	+2,0%	
B 41	Sth	125	OH	22,2	9	9	19,2 (20)		
B 41	Sth	100	MH	-	15	7,5	12,6 (12)	kanavassa kuristin jolloin Pa = 8, A=7,5	
B 41	Sth	125	MH 2	Ei saatu mitattua. ->Tuloelimen päälle teetetty pelti, jota ei saatu irti. (suunniteltu +15 l/s)					
B 42	Sth	100	OH	-	10	7,5	10,3 (10)		
B 42	Sth	100	OH/Keittiö	-	9	7,5	9,8 (10)		
B 42	Sth	100	MH	22,4	10	9	12 (12)	+0,3%	
B 47	Sth	100	Keittiö	21,5	15	7	12 (12)		
B 47	Sth	125	OH	-	9	9	19,2 (20)		
B 47	Sth	125	MH	-	14	5,5	14,4 (15)	-3,0%	
B 53	Sth	100	OH 1	-	8	8	9,6 (12)		
B 53	Sth	100	OH 2	21,5	9	5,5	7,2 (12)	"Suodatin kanavassa"*	
B 53	Sth	100	MH	-	10	5,5	7,6 (12)	"Suodatin kanavassa"*	
B 53	Sth	100	TH	-			(12)	Mittaus epäonnistui	
B 56	Sth	125	OH/Keittiö	21,3	12	6,5	16,1 (15)		
B 56	Sth	125	MH	-	12	6,5	16,1 (15)	+7,3%	
B 57	Sth	125	OH	21,4	19	5,5	16,8 (15)		
B 57	Sth	125	OH kauimainen	-	14	5,5	14,4 (15)		
B 57	Sth	100	MH	-	13	9	13,7 (12)	+6,9%	
B 58	Sth	100	Keittiö	21,8	5	7,5	7,3 (10)		
B 58	Sth	100	OH 1	-	7	9	10,1 (ei merkitty)		
B 58	Sth	100	OH 2	-	8	9	10,7 (ei merkitty)		
B 58	Sth	100	MH	-	9	9	11,4 (12)		

Poistoilmavirta			Mittauspäivä: 19.3.2012			Mittauskerta: 1	
Asunto/Tila	Elin	Koko	Sijainti	Avauma	Pa	Mitattu , Suunniteltu (norm./tehostus)l/s	Poikkeama %
A 3	KTLAV	-		10	35	10 , (20/30)	-50,0%
A 3	KSO	125	Suihku	+3	35	(15)	
A 3	KSO	125	WC	+2	40	(15)	
A 4	KTLAV	-		10	112	17,5 , (20/30)	-12,5%
A 4	KSO	125	WC	-2	99	(15), kuvissa KSO 100	
A 4	KSO	100	VH	-14	72	(5)	
A 12	KSO	125	Suihku	-3	91	(15)	
A 12	KSO	125	WC	-4,5	101	(15)	
A 12	KTLAV			10	85	15,5 (20/30)	-22,5%
A 16	KTLAV			10	97	16,5 , (20/30)	-17,5%
A 16	KSO	125	Suihku	-3	124	(15), kuvissa KSO 100	
A 16	KSO	100	VH	-14	126	(5)	
A 17	KTLAV			10	55	12,5 , (20/30)	-37,5%
A 17	KSO	125	WC	+3	46	(15), kuvissa KSO 100	
A 17	KSO	100	VH	-13,5	70	(5)	
A 20	KTLAV			10	83	15,5 , (15/25)	+3,3%
A 20	KSO	125	WC	-4	111,5	(20)	
A 21	KTLAV			10	45	11 , (20/30)	-45,0%
A 21	KSO	125	WC	+1	55	(15)	
A 21	KSO	125	Suihku	+1	48	(15)	
A 23	KTLAV			10	60	13 , (20/30)	-35,0%
A 23	KSO	125	Suihku	+4	60	(15), kuvissa KSO 100	
A 23	KSO	100	VH	-11	64	(5)	
A 24	KTLAV			10	86	15,5 , (20/30)	-22,5%
A 24	KSO	125	WC	-4	98	(15)	
A 24	KSO	125	Suihku	-4	98	(15)	
A 25	KTLAV			10	41	≤11 , (20,30)	-45,0%
A 25	KSO	125	WC	+6,5	50	(20)	
A 28	KTLAV			10	55	12,5 , (20/30)	-37,5%
A 28	KSO	125	WC	-1	44	(15), kuvissa KSO 100	
A 28	KSO	100	VH	0	51	(5)	

Poistoilmavirta			Mittauspäivä: 20.3.2012			Mittauskerta: 1	
Asunto/Tila	Elin	Koko	Sijainti	Avauma	Pa	Mitattu , Suunniteltu (norm./tehostus)l/s	Poikkeama %
B 31	KT LAV			10	8	≤5 , (15/25)	-66,7%
B 31	KSO	125	Suihku	+8	22	(20)	
B 37	KT LAV			10	20	8 , (15/25)	-46,7%
B 37	KSO	125	WC	+10	21	(20)	
B 41	KT LAV			10	50	12 , (20/30)	-40,0
B 41	KSO	125	Suihku	-2	58	(15)	
B 41	KSO	125	WC	-2	65	(15)	
B 42	KT LAV			10	71	14 , (15/25)	-6,7%
B 42	KSO	125	Suihku	-3	102	(20)	
B 47	KT LAV			10	42	≤11 , (20,30)	-45,0%
B 47	KSO	100	VH	-4,5	43	(10)	
B 47	KSO	125	WC	-3,5	52	(15)	
B 47	KSO	125	Suihku	-4	42	(15)	
B 53	KT LAV			10	55	12,5 , (20/30)	-16,7%
B 53	KSO	125	Suihku	+7,5	50	(20)	
B 56	KT LAV			10	62	13 , (15/25)	-13,3%
B 56	KSO	125	Suihku	-2	82	(20)	
B 57	KT LAV			10	42	11 , (15/25)	-26,7%
B 57	KSO	100	Suihku	+1	48	(15)	
B 57	KSO	100	WC	+1	50	(15)	
B 58	KT LAV			10	44	11 , (20/30)	-45,0%
B 58	KSO	100	Suihku	+4,5	28	(15)	
B 58	KSO	100	WC	+6,5	39	(15)	

Kone TK/PK 2				
Tulo/poistoilma	koko	Mittauspaikka	Mitatut	
			P _{kok}	P _{st}
Tuloilma	400	1	72	61
""	""	2	65	60
""	""	3	69	60
""	""	4	69	61
""	""	5	67	60
keskiarvo	400	Σ	68,4	60,4
Tuloilma	315	1	75	71
""	""	2	77	71
""	""	3	75	71
""	""	4	77	71
""	""	5	76	71
keskiarvo	315	Σ	76	71
Poistoilma	250	1	51	48
""	""	2	52	49
""	""	3	52	48
""	""	4	54	47
""	""	5	53	47
keskiarvo	250	Σ	52,4	47,8
Poistoilma	315	1	42	37
""	""	2	43	41
""	""	3	40	37
""	""	4	45	36
""	""	5	43	40
keskiarvo	315	Σ	42,6	38,2
Poistoilma	315	1	51	47
""	""	2	49	47
""	""	3	50	48
""	""	4	49	47
""	""	5	50	45
keskiarvo	315	Σ	49,8	46,8

$P_{kok} = P_{st} + P_d = P_{st} + 1/2\rho v^2$ (3)
 missä
 P_{kok} = kokonaispaine (Pa)
 P_{st} = staattinen paine (Pa)
 P_d = dynaaminen paine (Pa)
 v = virtausnopeus (m/s)
 ρ = virtaavan aineen tiheys (kgm⁻³)

Ratkaisemalla nopeus yhtälöstä saadaan kaava 4.

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (4)$$

ja käytännön sovelluksissa kaava 5

$$v = K \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (5)$$

jossa K on yksilöllinen anturin konstruktiosista ja virtausolosuhteista riippuva kerroin

$q_v = A * v$
 $A = \pi r^2$

Kone TK/PK 2, käynti 1/2						
	Koko	$\Delta P (P_{kok}-P_{st})$	ρ	k	v	$q_v (m^3/s)$
Tuloilma	400	8,0	1,293	1,0	3,52	0,44
Tuloilma	315	5,0	1,293	1,0	2,78	0,22
Σ Tuloilma						0,66
Poistoilma	250	4,6	1,293	1,0	2,67	0,13
Poistoilma	315	4,4	1,293	1,0	2,61	0,20
Poistoilma	315	3,0	1,293	1,0	2,15	0,17
Σ Poistoilma						0,50

TK/PK 4 Liikuntatilan IV-Kone

Mittausaika n. 9.30-10

	Lämpötila °C
Raitisilma	2,9
Tuloilma LTO:n jälkeen(mitattu)	7,5
Tuloilma mittari	7
Jäteilma	15,5
Poistoilma	19,5

Tuloilmalla säätöpelti Halton PRA 250, ES vähän alle 1

Paine-ero 55 Pa

K 10,5

$q_v = k * \text{neliöjuuri } 55 \text{ Pa}$

Taulukosta: 77 l/s

(laskemalla kaavasta 77,8 l/s)

Huom. Kiekko ei pyörinyt, lämmityspatteri ei lämmitä (meno 12°C, paluu 10°C) Tehostus ei mennyt päälle, koska ulkot. alle +5°C

Tiivysmittausraportti



Metropolia amk Oy

SIVU 1/11
TIIVIYSMITTAUSRAPORTTI
Raportointipäivämäärä 25.4.2012

TIIVIYSMITTAUSRAPORTTI

*Loppukiri
Arabiankatu 19
Helsinki*

Valokuva kohteesta



TIIVIYSMITTAUSLUOKITUS		n50-LUKU
Alle 0,6	A	
0,7-1,0	B	
1,1-1,5	C	
1,6-2,0	D	1,7
2,1-3,0	E	
3,1-4,0	F	
Yli 4,1	G	

Tutkija

Markus Immonen, ins amk

Rakennusten tiivysmittaajan henkilösertifikaatti
Nro. VTT -C-6494-25-11

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO.....	
1. KOHTEEN YLEISTIEDOT.....	
1.1 Rakennuksen tunniste- ja laajuustiedot.....	
1.2 Tutkimuksen tilaaja.....	
1.3 Tutkimuksen tavoite.....	
1.4 Tutkimuksen tekijä.....	
2. LÄHTÖARVOT.....	
2.1 Ulkoilman ja sisäilman olosuhteet.....	
2.2 Tiivysmittauksen kattavuus.....	
2.3 Käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt.....	
3. TULOKSET.....	
3.1 Mittaustulokset.....	
3.2 Tulos ja sen arviointi.....	

LIITTEET

Pohjapiirustus
Vuotokäyrästä

YHTEENVETO

KOHTEEN YLEISTIEDOT

Rakennuksen tunnistetiedot ja laajuustiedot

Tutkittava rakennus on Helsingissä sijaitseva vuonna 2006 valmistunut 6-kerroksinen 2-portainen kerrostalo. Rakennuksessa on 58 huoneistoa. Kiinteistön osoite on Arabiankatu 19, 00560 Helsinki.

Ulkoseinien pääasiallinen materiaali on runkona betoni, eristeenä mineraalivilla ja julkisivuna tiiliverhoukset. Yläpohjan runkomateriaalina on betoniontelolaatta ja eristeenä mineraalivilla. Alapohjarakenteena on pääasiassa tuulettuva alapohja, runkona ontelolaatta. Rakennuksen kerrosala on 3700 m² ja –tilavuus 15000 m³.

Tutkimuksen tilaaja

Kiinteistö kuuluu hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen (HEA) –hankkeeseen. Hankkeessa kehitetään erityisesti ikäihmisten hyvinvointia, toimintakykyä sekä energiatehokasta asumista lisääviä sosiaalisia ja teknisiä ratkaisuja. Kehittämistoiminta perustuu monialaiseen tekniikan ja sosiaali- ja terveysalojen yhteiseen toimintaan ja osaamisen jakamiseen. Metropolia ammattikorkeakoulun rakennus- ja kiinteistöala suorittaa hankkeessa mm. teknisiä mittauksia.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on löytää rakennuksen mahdolliset ilmapuotokohdat, parantaa asumisviihtyvyyttä, parantaa rakennuksen fysikaalista toimintaa ja lämpöaloutta.

Tutkimuksen tekijä

Tutkimuksen suorittaja on Markus Immonen (040-1863848), insinööri AMK, Metropolia ammattikorkeakoulu, rakennetekniikan laboratorio. Tutkimus suoritettiin 30.3.-2.4.2012.

LÄHTÖARVOT

Ulko- ja sisäilman olosuhteet

Tutkimus suoritettiin kahtena päivänä. Ensimmäisenä päivänä mitattiin A-portaan huoneistot. A-portaan tutkimusta suoritettaessa ulkoilman lämpötila oli 3,0 °C ja sisäilman lämpötila 23 °C. Tuulen nopeus pohjoisesta 2 m/s ja ilman paine 99430 Pa.

Toisena mittauspäivänä B-portaan huoneistoja mitattaessa ulkoilman lämpötila oli 1,0 °C ja sisäilman lämpötila 23 °C. Tuulen nopeus etelästä 4 m/s ja ilman paine 98170 Pa.

Lämpötilat ja tuulen nopeus on mitattu Veloci Calc Plus 8386A monitoimimittarilla.

Ilman paine on saatu ilmatieteenlaitoksen internetpalvelusta.

Tiiviysmittauksen kattavuus

Mittaukset ovat tehty huoneistokohtaisesti. Mitattuja huoneistoja on kymmenen, jotka sijaitset rakennuksen kolmannessa eri kerroksessa. Molemmista sekä A- että B-portaasta on mitattu viisi huoneistoa. Mitattujen huoneistojen tunnuksset ovat A12, A17, A23, A24, A28, B47, B53, B56, B57 ja B58. Koko rakennuksessa on 58 huoneistoa. Mittauksen kattavuus on 18% huoneistojen lukumäärästä.

Käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt

Tiiviysmittaus suoritettiin Minneapolis Blower Door model 4 painekoelaitteistolla (kalibroitu 15.7.2009), jossa on blower door puhallin ja dg 700 painemittari. Lämpötilamittauksissa sekä tuulen nopeuden määrittämisessä käytettiin Veloci Calc Plus 8386A (kalibroitu 27.9.2010) monitoimimittaria.

Tiiviysmittaus suoritettiin alipaineisena SFS-EN 13829 standardin mukaan menetelmällä B. Ilmastointikanavat ja savuhormit oli tukittu ja tarvittaessa teipattu. Kaikki ovet ja ikkunat olivat suljettuina kokeen aikana. Mittauslaitteisto sijoitettiin huoneiston parvekkeen oveen.

TULOKSET

Mittaustulokset

Tiivysmittaus suoritettiin alipaineisena 55, 50, 45, 40 ja 35 Pa paine-eroilla vaipan yli. Vuotokäyrästä erillisenä liitteenä. Alla olevassa taulukossa esitetty tulokset -50 Pa paine-erossa.

Huoneisto	krs	Vuotoilma m ³ /h	Tilavuus m ³	Vaipanala m ²	n50	q50
A12	4	287	157	216	1,83	1,33
A17	5	266	116	177	2,29	1,50
A23	6	242	130	187	1,86	1,29
A24	6	253	157	216	1,61	1,17
A28	6	145	112	170	1,29	0,85
B47	6	178	175	247	1,02	0,72
B53	6	335	193	264	1,74	1,27
B56	6	110	108	154	1,02	0,71
B57	6	340	149	201	2,28	1,69
B58	6	306	188	247	1,63	1,24
ka					1,7	1,2
min					1,02	0,71
max					2,29	1,69

Sisälämpötila oli kokeen aikana keskimäärin 23 °C , ulkolämpötila 4 °C ja ilmanpaine 101330 Pa.

Huoneistokohtaisista tuloksista laskettu keskiarvo antaa rakennuksen n50 luvuksi 1,7 l/h.

Vaipan ilmapuotoluku n50 on 1,7 l/h.

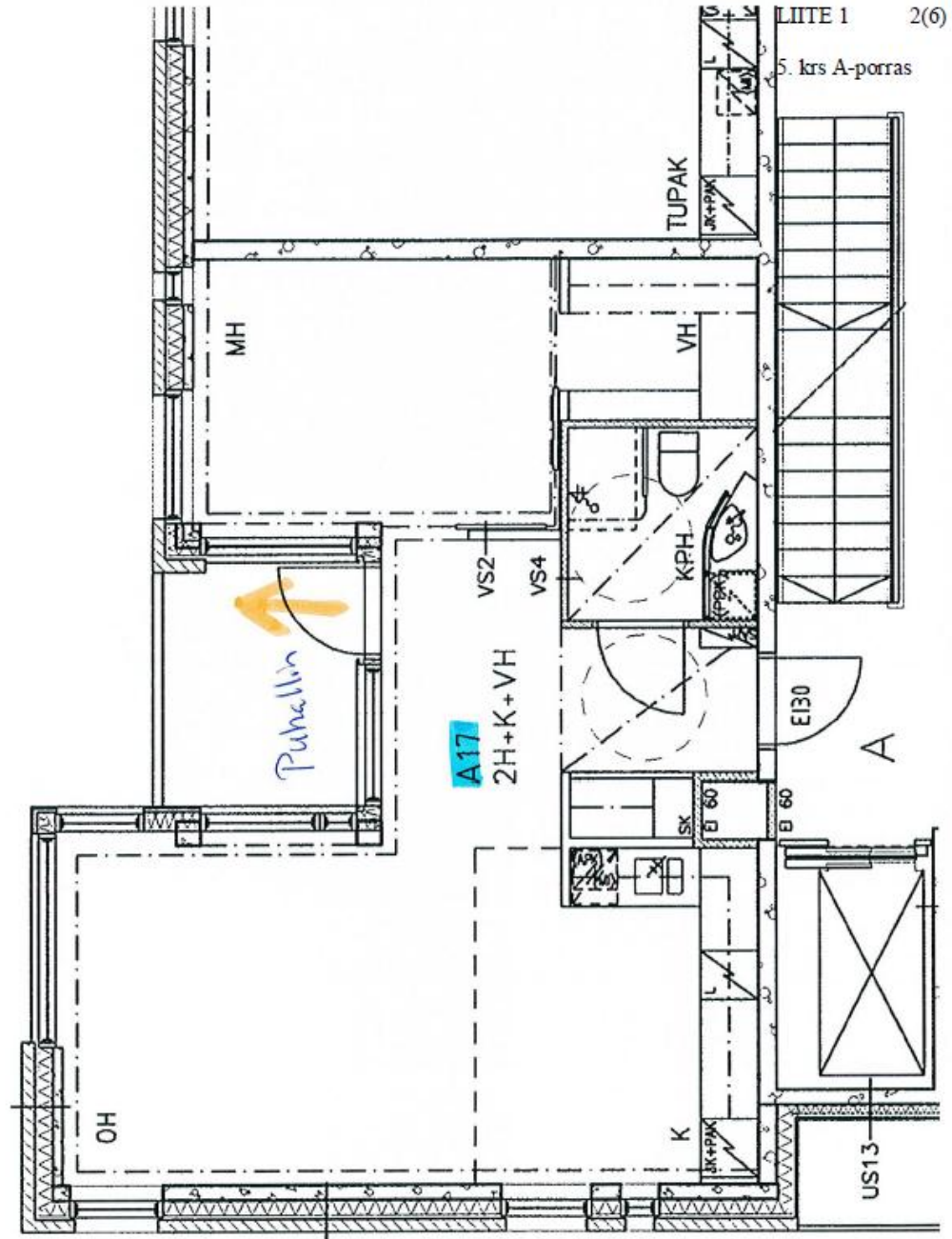
Tulos ja sen arviointi

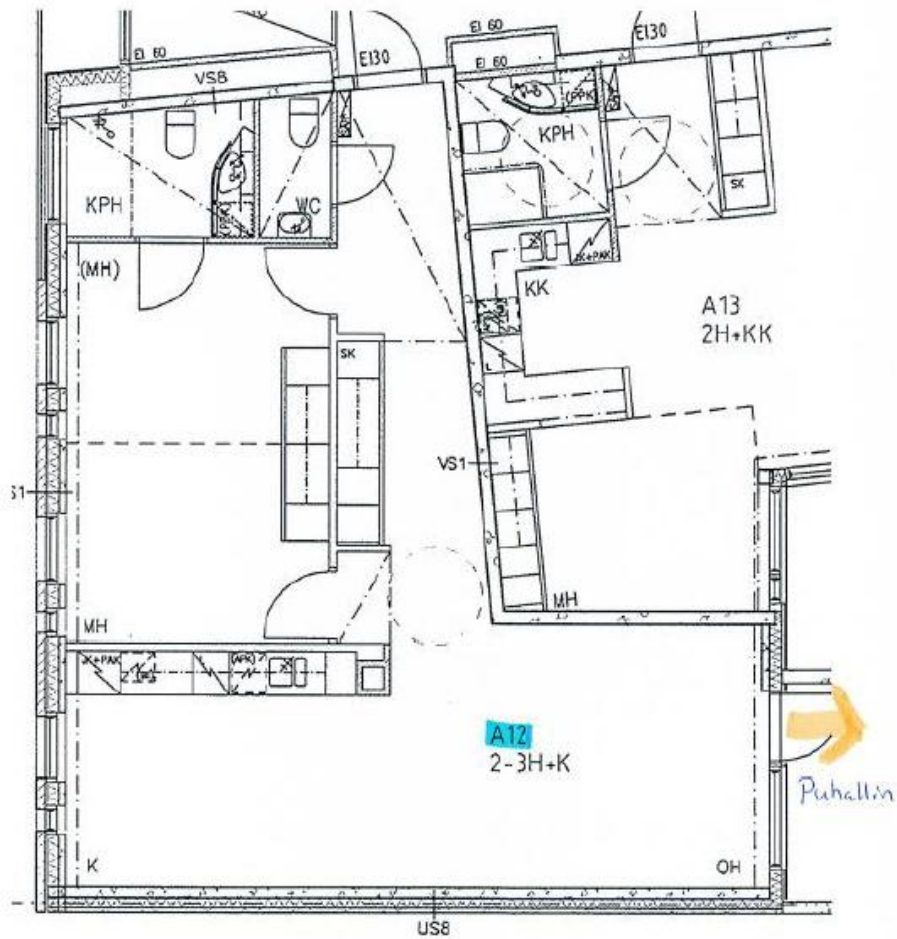
Tiivysmittausluokitukseltaan rakennus on energialuokassa D. RT 80-10974 kortin luokituksen mukaan rakennus on ilmatiiviydeltään normaali.

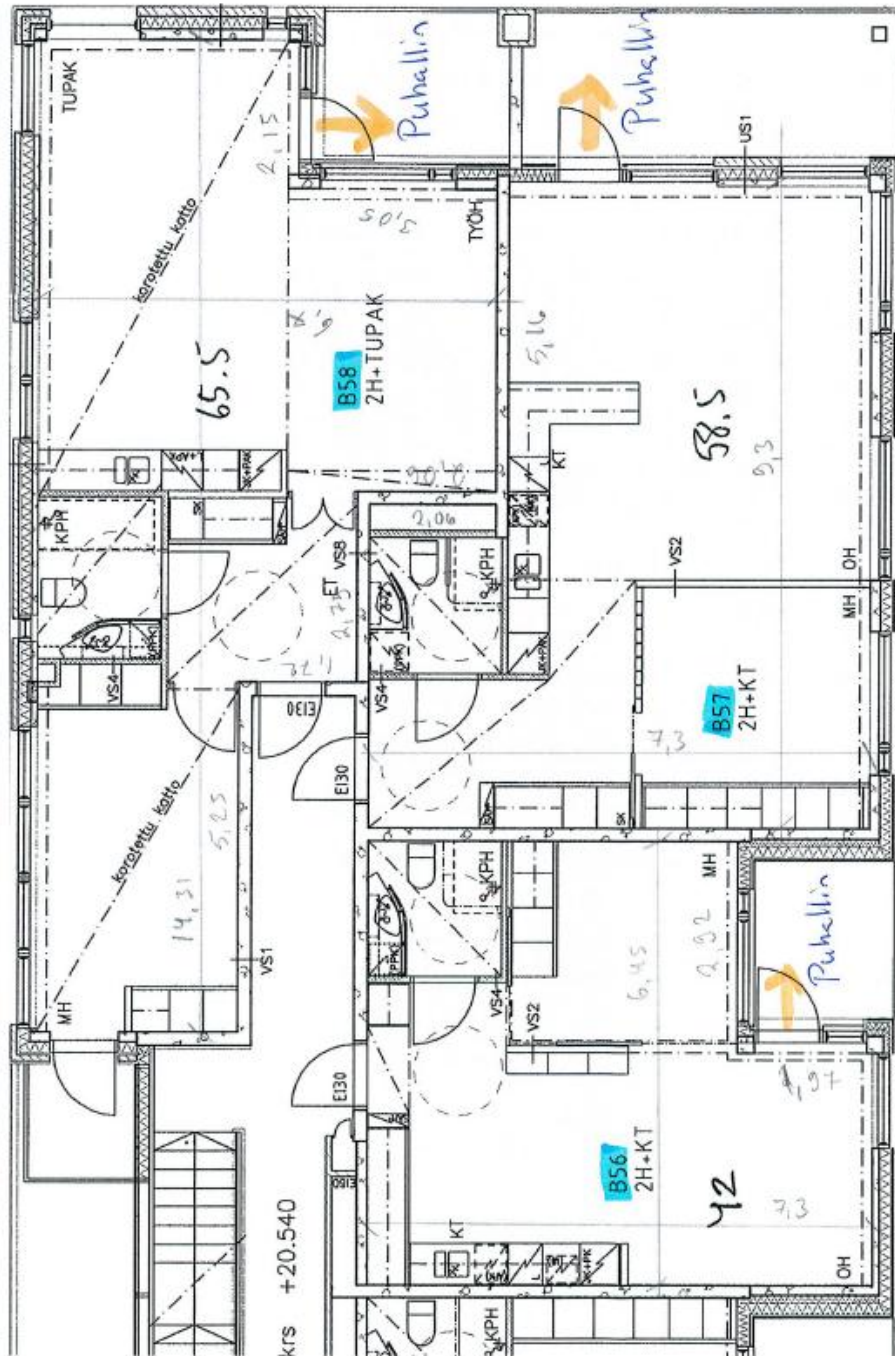
Tulos on melko tavanomainen verrattuna muihin samanikäisiin rakennuksiin.

Lämpökameralla tehdyn ilmapuotopaikannuksen perusteella ikkunoiden ja ovien tiivisteissä on havaittavissa pääasiassa vähäisiä ilmapuotokohtia.

Mittaus on suoritettu asuntokohtaisena mittauksena, jolloin asuntojen- ja asunnon ja porrashuoneen välisten seinien mahdolliset ilmapuotokohdat vaikuttavat mittaustulokseen.







6 krs B-porras

