TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tekes

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

Alustavat paine-eromittaukset Helsingin päiväkodeissa ja kouluissa

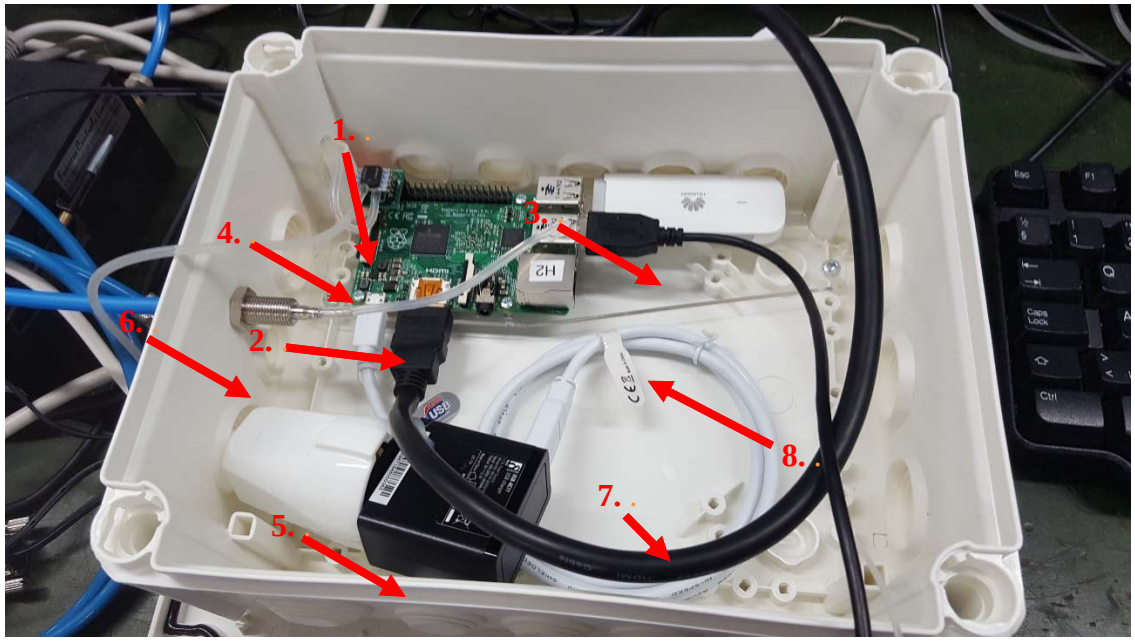
Mihkel Kiviste
Joni Pirhonen

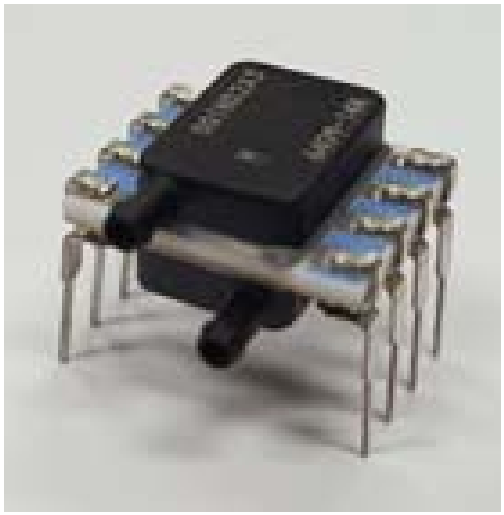
COMBI yleisöseminaari 26.1.2016

COMBI tavoite – Kokonaisuuden tarkastelu

- WP3 Rakenneratkasujen lämpö- ja kosteustekninen toiminta ja sisäilman olosuhteet.
  - T3.4 Paine-erot ja sisäilman olosuhteet palvelurakennuksissa

Paine-erojen mittausyksikkö



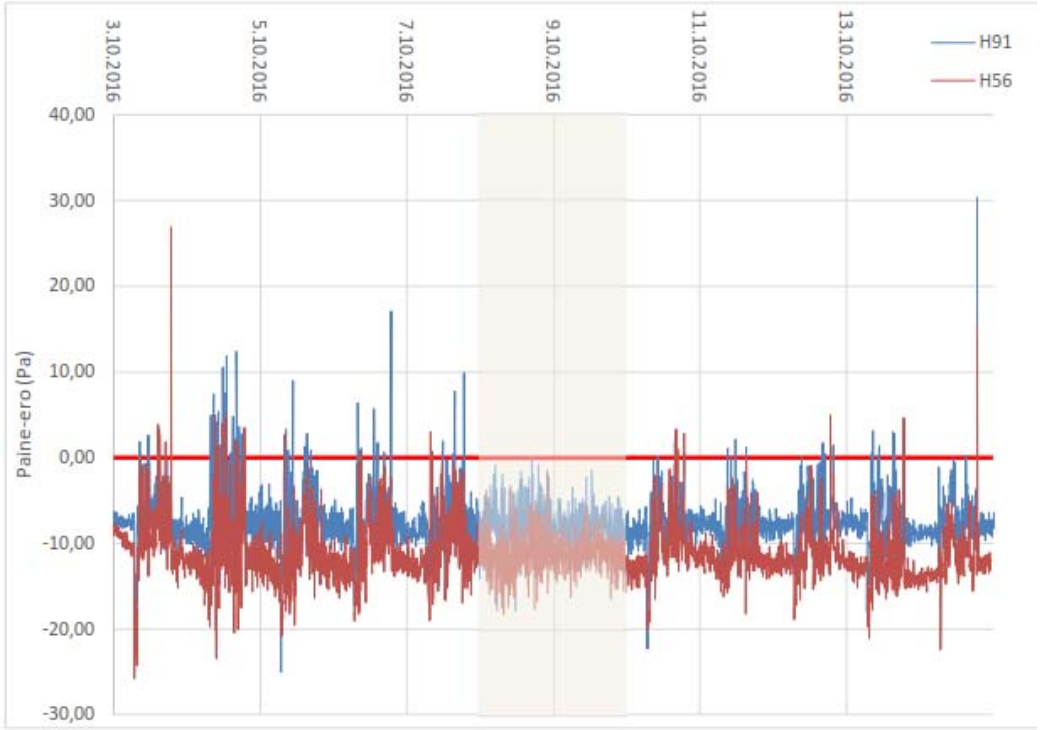


*1. Paine-eroanturi (*digitaalinen (I2C) *Honeywell* TruStability) *ja piirilevy. 2. Raspberry Pi. 3. GSM-modeemi (mokkula). 4. Paine-eroanturin paineletku. 5. Raspberry Pi:n virtalähde. 6. Kierteinen letkun kutistusliitin. 7. Mittausyksikön kotelo. 8. Kiinnityslevy.*

Paine-eromittausten tulokset

- Esitellään kymmenen Helsingin koulun/päiväkodin alustavat (2 kk) paine-eromittaustulokset.
- Jokaisesta kohteesta on esitetty yksi iv-vaikutusalue (yhden huonetilan ylä- ja alareuna).
- Tarkoituksena on havainnollistaa mittausten alkuvaiheessa saatavan datan laajuutta ja tarkkuuttaa sekä käytettävyyttä tulevissa mittauksissa ja analyyseissä.

Kalasataman korttelitalo (HeI, U)



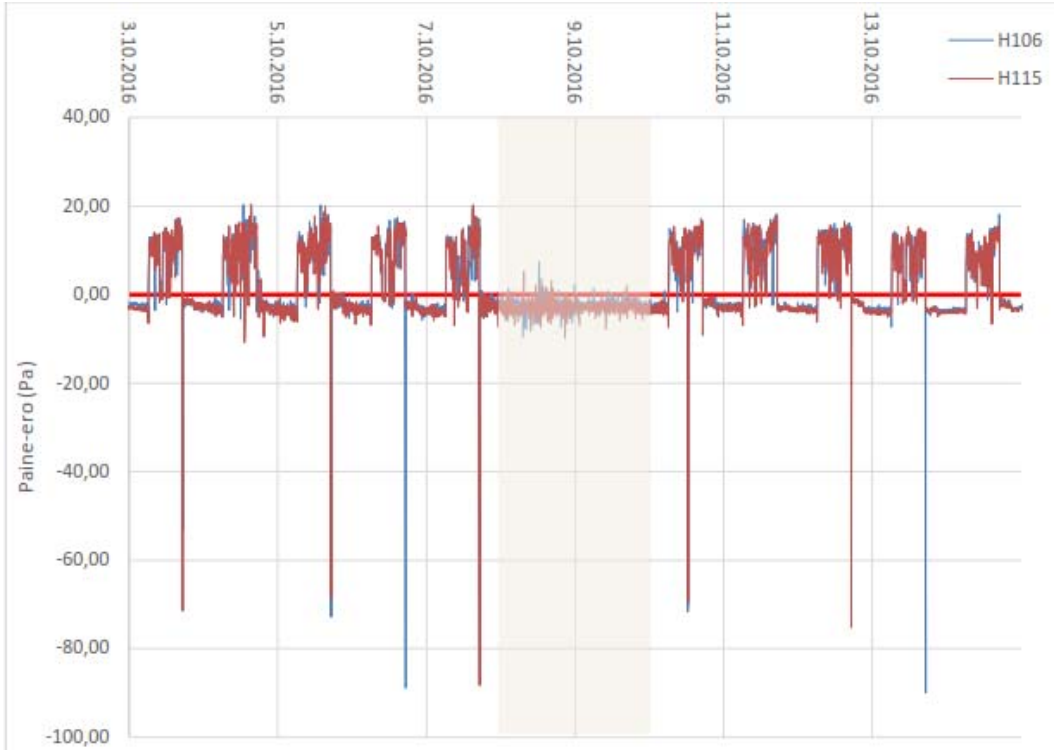
3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Kuvaajasta nähdään, että huone on liian alipaineinen.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -100,43 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 41,06 Pa** **99 % persentiili 3,14 Pa** **1 % persentiili -22,43 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -7,51 Pa** **Mittausjakson mediaani -7,38 Pa**	92,02 % ajasta alipaineinen 7,91 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk).
n = 65510

Korttelitalo Kanava (Hel, U)



3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

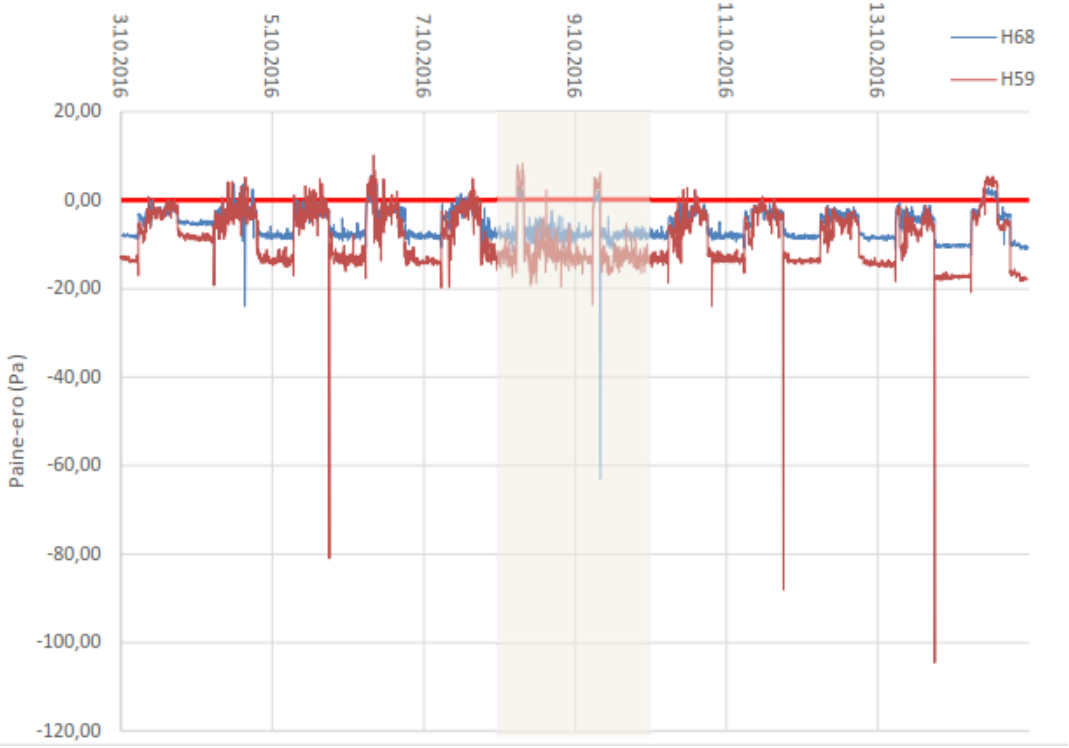
Suuret alipainepiikit ajoittuvat ajalle noin 17:13. Viikonloppuna on selkeästi huomattavissa ilmanvaihdon määrän aleneminen vuorokautisen käytön vähentyessä.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -101,95 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 121,36 Pa** **99 % persentiili 16,00 Pa** **1 % persentiili -13,67 Pa** **Mittausjakson keskiarvo 0,48 Pa** **Mittausjakson mediaani -2,18 Pa**	65,36 % ajasta alipaineinen 34,43 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **66793**.

Rakennus on hyvin alipaineinen pitkiä aikoja uudisrakennukseksi. Kuitenkin koko mittausjakson keskiarvo on ylipaineen puolella, mikä ei ole tavanomaista.

Kulosaaren korttelitalo (Hel, U)



3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

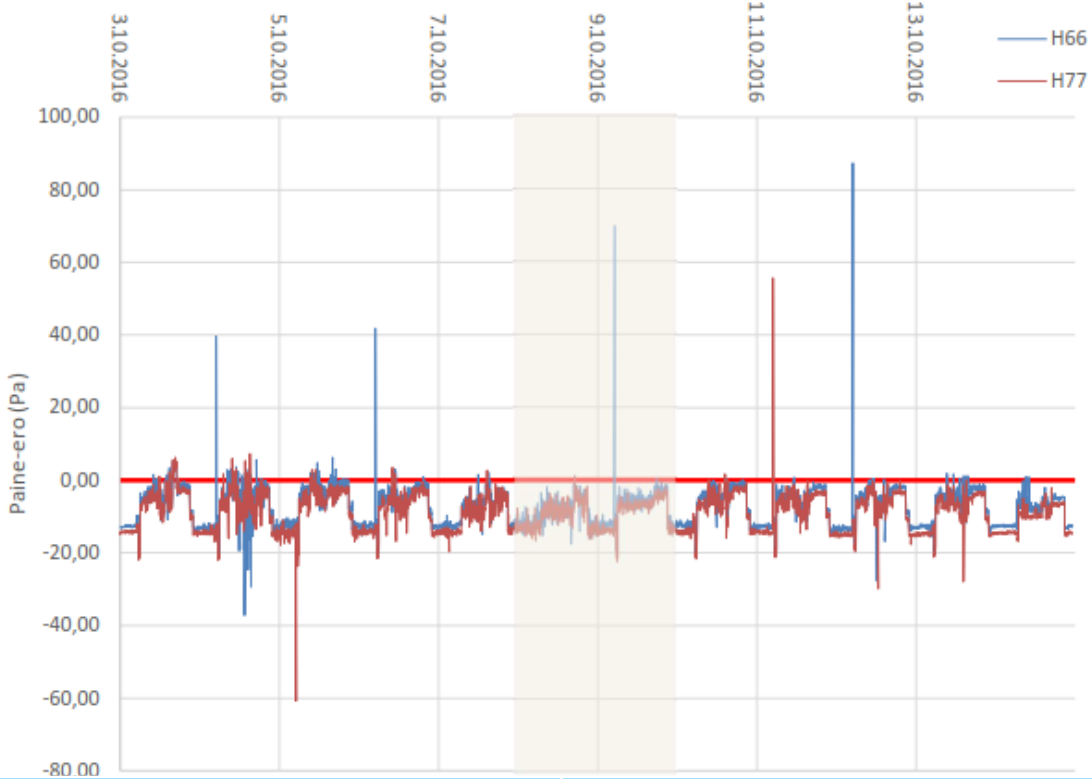
Suuret alipainepiikit tapahtuvat kello 18:00.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -150,37 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 62,34 Pa** **99 % persentiili 3,78 Pa** **1 % persentiili -24,24 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -7,36 Pa** **Mittausjakson mediaani -6,32 Pa**	93,66 % ajasta alipaineinen 6,34 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **66598**.

1 % persentiilistä nähdään, että kohde on liian alipaineinen liian pitkiä aikoja.

Lpk Omenapuisto (Hel, U)



Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -83,68 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 87,31 Pa** **99 % persentiili 3,87 Pa** **1 % persentiili -17,25 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -6,65 Pa** **Mittausjakson mediaani -6,35 Pa**	91,75 % ajasta alipaineinen 8,25 % ajasta ylipaineinen

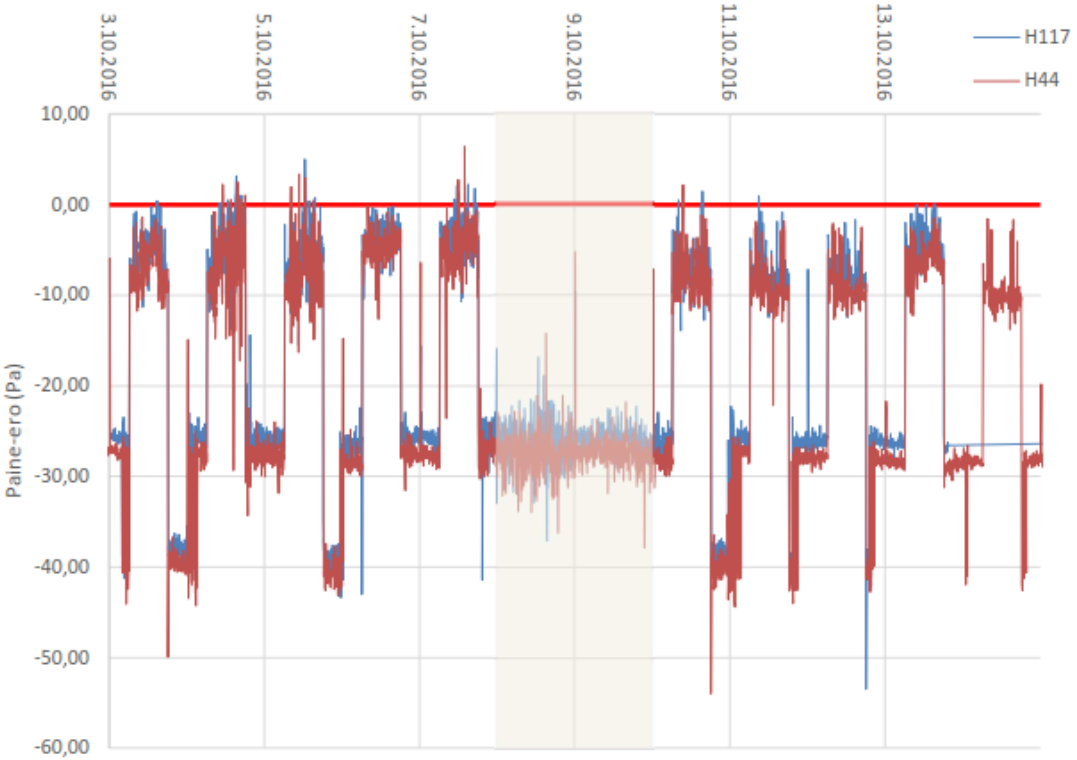
3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Suuret ylipainepiikit tapahtuvat noin kello 4:50.

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **66598**.

1 % persentiilistä nähdään, että kohde on liian alipaineinen liian pitkiä aikoja.

Lpk Ruskeasuo (Hel, U)



Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -83,68 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 87,31 Pa** **99 % persentiili 3,87 Pa** **1 % persentiili -17,25 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -6,65 Pa** **Mittausjakson mediaani -6,35 Pa**	91,75 % ajasta alipaineinen 8,25 % ajasta ylipaineinen

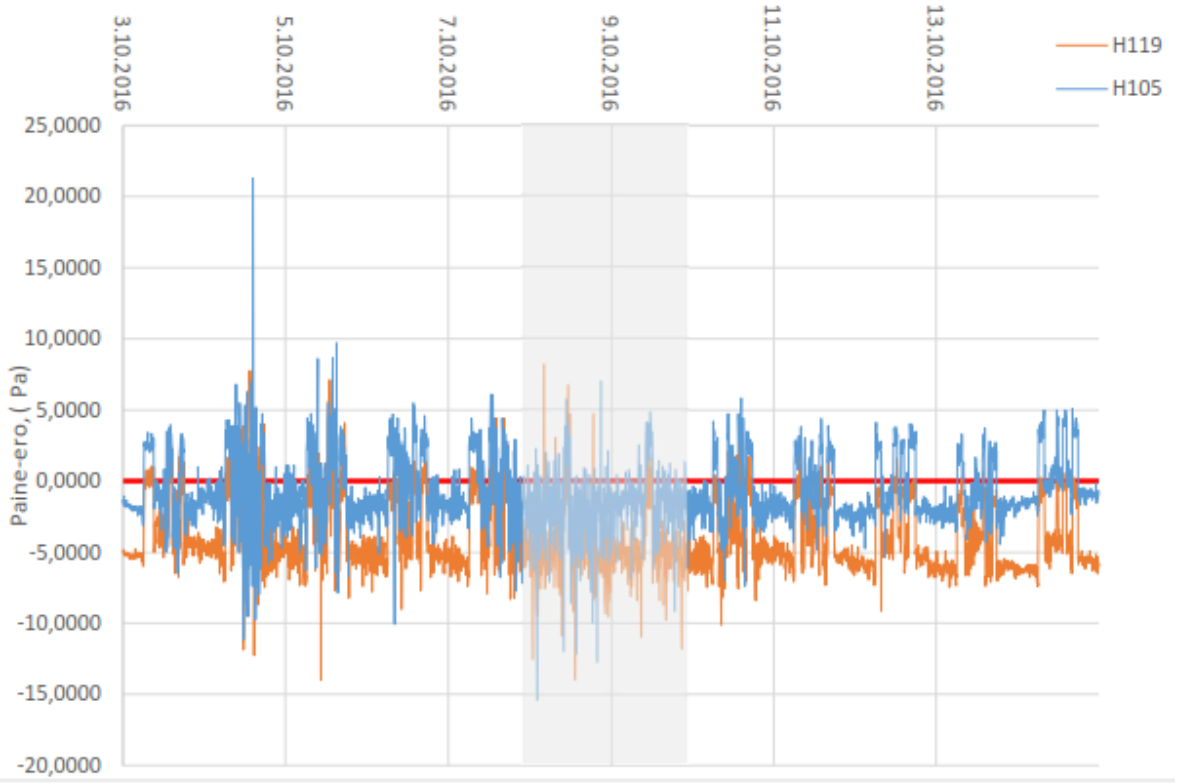
3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Kohteessa painesuhteiden muutokset ovat erittäin suuria arkipäivinä. Tämän lisäksi tila on huomattavan liian alipaineinen.

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **69688**.

Kohde on erittäin liian alipaineinen.

Lpk Keula (Hel, K)



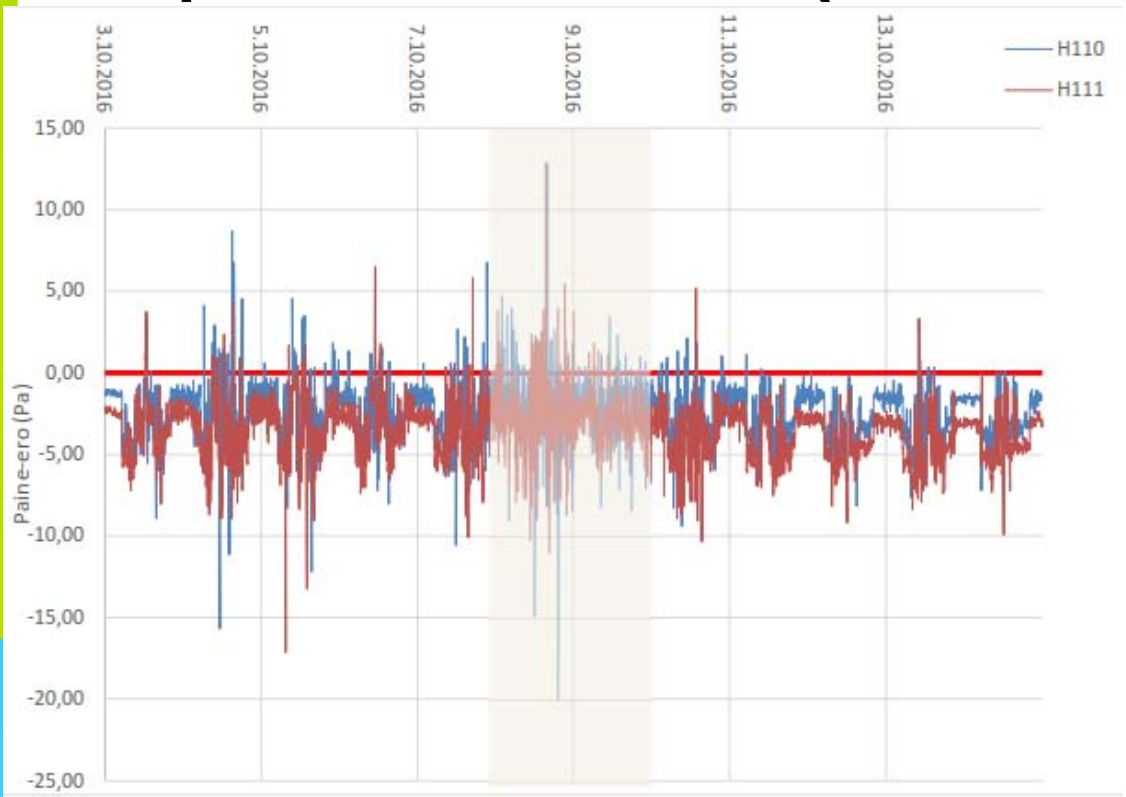
Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -33,84 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 69,83 Pa** **99 % persentiili 5,70 Pa** **1 % persentiili -9,73 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -2,31 Pa** **Mittausjakson mediaani -2,72 Pa**	76,14 % ajasta alipaineinen 23,86 % ajasta ylipaineinen

3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Kuvaajasta nähdään selkeästi, että huoneen alareuna on selkeästi alipaineinen yläreunaan nähden. Tällainen tulos on rakennuksiin muodostuvien painesuhteiden osalta ennakkokäsitysten mukainen.

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **51445**.

Lpk Sakara (Hel, K)



3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

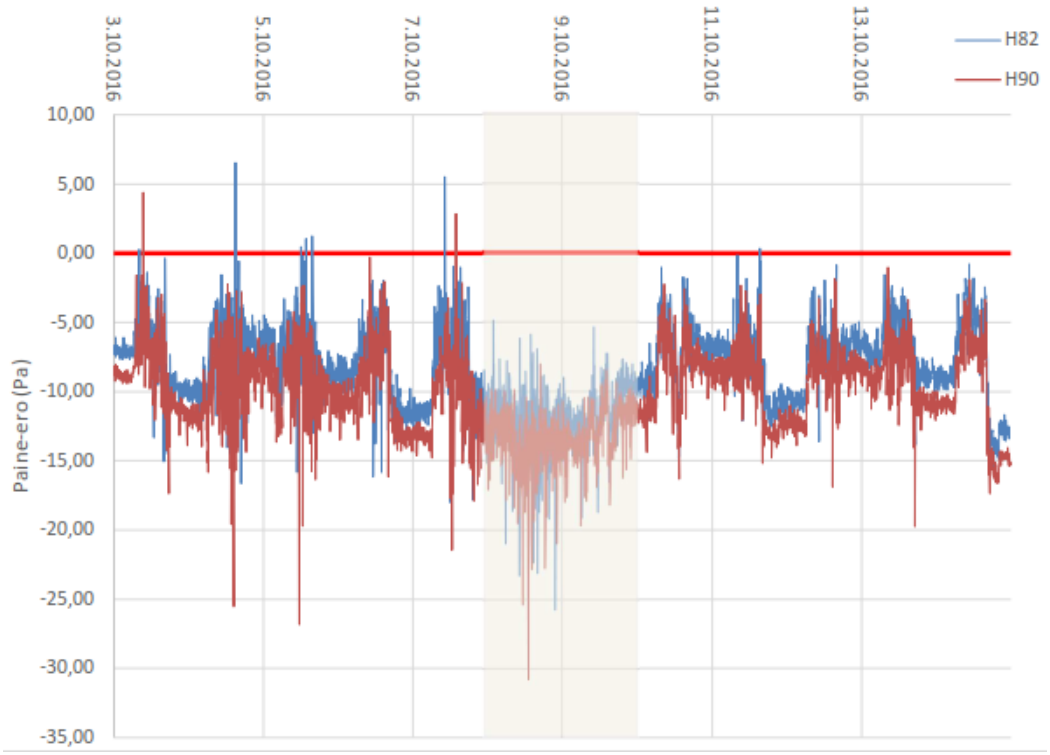
Huoneen ylä- ja alareunan painesuhteet toteuttavat ennakkokäsitysten mukaisesti keskinäisten suhteiden vaihtelua.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -41,10 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 33,56 Pa** **99 % persentiili 1,66 Pa** **1 % persentiili -10,09 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -3,37 Pa** **Mittausjakson mediaani -3,20 Pa**	96,32 % ajasta alipaineinen 3,68 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **53467**.

Kohde on lähes kokonaan alipaineinen, mikä vastaa nykyisiä ilmanvaihdon suunnitteluparametreja.

Lpk Tilhi (Hel, K)



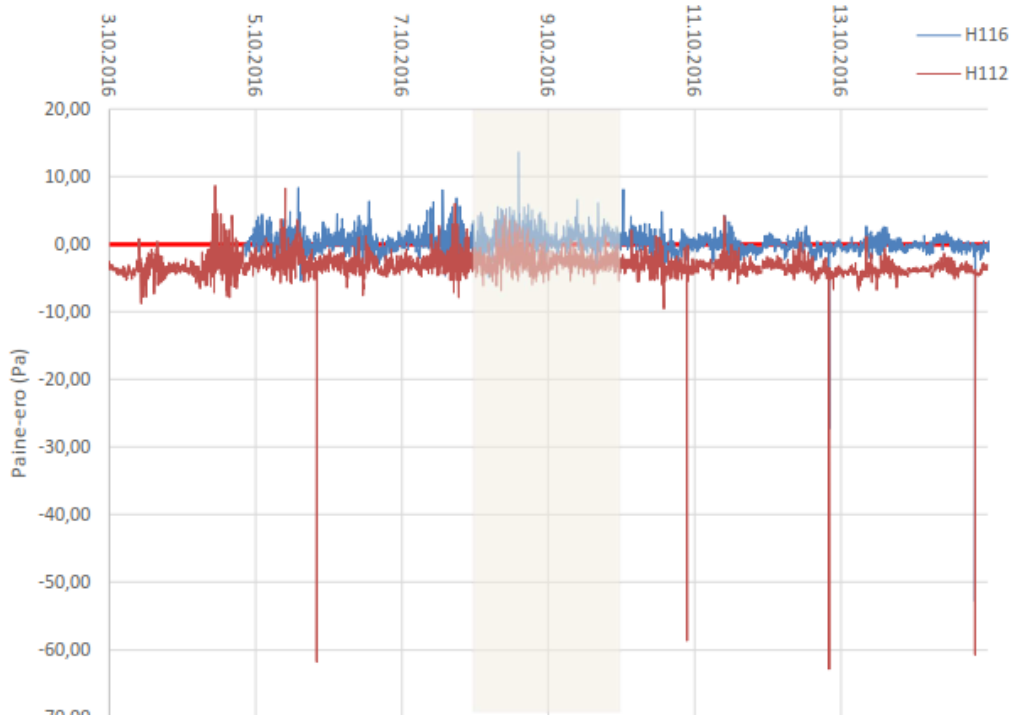
3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -40,96 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 73,91 Pa** **99 % persentiili 0,08 Pa** **1 % persentiili -22,03 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -9,27 Pa** **Mittausjakson mediaani -8,85 Pa**	98,97 % ajasta alipaineinen 1,03 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **63941**.

Kohde on huomattavasti liian alipaineinen.

Myllypuron ala-aste (Hel, K)



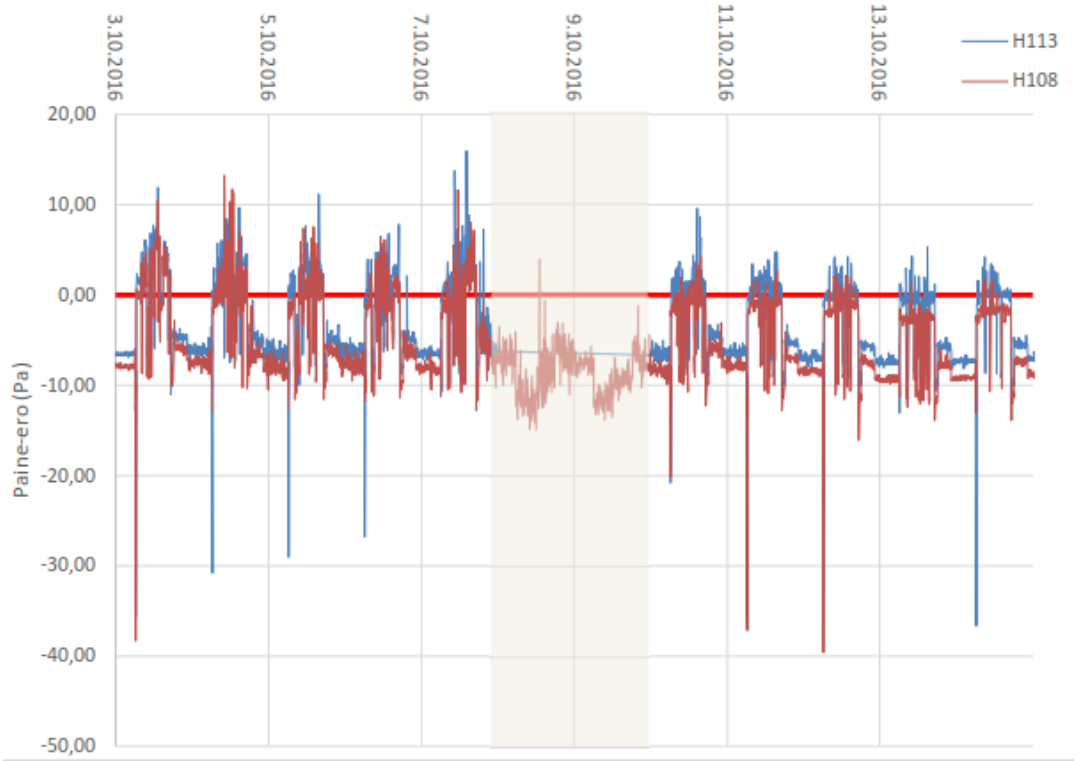
3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Kuvaajan mukaan huoneeseen muodostuu äkillisiä, huomattavia alipainepiikkejä. Piikkien kellonaika on joka piikin kohdalla noin 20:00. Kuvaajakäyrien vaihteluherkkyys on toisaalta hyvin tasainen.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -68,59 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 42,26 Pa** **99 % persentiili 4,34 Pa** **1 % persentiili -8,28 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -2,37 Pa** **Mittausjakson mediaani -2,72 Pa**	81,83 % ajasta alipaineinen 18,12 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **48121**.

Vartiokylän yläaste (Hel, K)



3.10.16 0:00 – 14.10.16 23:59 (kaksi arkiviikkoa ja yksi viikonloppu)

Ilmanvaihdossa on paljon äkillisiä muutoksia aamuaikaan noin 6:15. Tämä viittaa ilmanvaihdon lisäyksen alkamiseen rakennuksen vuorokausittaisen käyttöajan alkaessa.

Keskiarvo, persentiili ja vaihteluväli	Yli- ja alipaineen suhteelliset osuudet
Mittausjakson suurin alipaine -56,58 Pa **Mittausjakson suurin ylipaine 41,41 Pa** **99 % persentiili 5,56 Pa** **1 % persentiili -18,80 Pa** **Mittausjakson keskiarvo -7,15 Pa** **Mittausjakson mediaani -7,36 Pa**	92,90 % ajasta alipaineinen 7,10 % ajasta ylipaineinen

1.10.16 0:00 – 29.11.16 12:00 (2 kk). n = **52868**.

1 % persentiilistä voidaan nähdä, että rakennus on liian alipaineinen liian suuria aikoja.

Mittaustulosten yhteenveto

- Tulosten mukaan kohteiden suurimmat alipainearvot vaihtelivat välillä -150,37 Pa…-33,84 Pa ja ylipainearvot välillä 121,36 Pa…33,56 Pa.
- Yhden prosentin persentiili vaihteli välillä -40,85 Pa…-8,28 Pa ja 99 % persentiili välillä 16,00 Pa…0,08 Pa.
- Paine-eroarvojen keskiarvot vaihtelivat välillä 0,48 Pa…-20,45 Pa mediaanien vaihdellessa välillä -2,18 Pa…-25,80 Pa.

Johtopäätökset paine-ero mittauksista

- Kohteissa muodostuu hetkellisiä, erittäin suuria ali- ja ylipaineita. Näiden paine-eropiikkien syiden selvittäminen on tärkeää, sillä yli sadan pascalin ali-/ylipainepiikitkin voivat olla erittäin haitallisia sisäilman laadun kannalta irrottaen epäpuhtauksia huoneilmaan rakenteista ja alapohjan maa-aineksista.
- Yksittäisiä paine-eropiikkejä parempaa tietoa antavien persentiilien mukaan tulkintatavasta riippuen ainakin viidessä kohteessa kymmenestä muodostuu liian suuria alipaineita pidemmillä aikaväleillä. Ylipaineiden osalta samanlaista ilmiötä ei ole havaittavissa.
- Paine-erojen keskiarvojen mukaan myös viidessä kohteesta kymmenestä on kokonaisuudessa liian suuri alipaine.
- Arkiviikkojen ja niiden välissä olevien viikonloppujen osalta voidaan huomata, että ilmanvaihdoissa tapahtuu muutoksia viikonloppuaikaan, jolloin rakennuksien käyttöaste on huomattavasti pienempi. Paine-erokäyrien muutokset viikonloppujen osalta eivät ole toisiinsa nähden samankaltaisia ja näin ollen selkeää, systemaattista ilmanvaihtolaitteiden säätömekanismia ei voida todentaa.

Kenttämittaukset ja niiden valmistelu

- Kartoitetaan/etsitään sopivat kenttämittauskohteet (vastaavuus kriteereille, kaupunkien/kuntien ehdotukset, muut COMBI tutkimusosapuolet)
- Kehitettään mittausmenetelmät (paine-erot)
- Hankitaan/testataan/kalibroidaan mittauslaiteet (laboratoriossa)
- Vertailutesti-/kalibrointidatan analysointi
- Mittareiden (paine-ero, radon-purkit, CO2+T+RH) asennus koekohteisiin.
- Datakeruun seuranta
- Kenttämittausdatan analysointi
- Mittausten raportointi

Aikataulu

- Kehitettään mittausmenetelmät/mittauslaitteet (paine-ero) → 9.2015 – 12.2015.
- Etsitään / varmennetaan sopivat kenttämittauskohteet → 9.2015 – 6.2016.
- Hankitaan/testataan/kalibroidaan mittauslaiteet (laboratoriossa)
  - T+RH loggerit → 9.2015-11.2015.
  - Paine-ero lähettimet/mittarit → 9.2015- 5.2016
  - Hiilidioksidimittarit → 7.2016.
- Mittareiden asennus koekohteisiin – 7.2016 ja 9-11.2016.
- Mittausdatan seuranta →12.2015 (testi); 7.2016 - 12.2017.
- Kenttämittausdatan analysointi. Raportointi → 12.2016-12.2017.

Kiitos!

Mihkel Kiviste
Projektipäällikkö (FT Rak. tekn.)
Tampereen Teknillinen Yliopisto
Rakennusteknikkan laitos
Rakennusfysiikka
http://www.tut.fi/fi/tietoa-yliopistosta/laitokset/rakennustekniikka/tutkimus/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/index.htm
P.L. 600, FI-33101 Tampere
Matkapuh. +358 40 373 2514
mihkel.kiviste@tut.fi