COMBI

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF
NEARLY ZERO-ENERGY
MUNICIPAL SERVICE BUILDINGS

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Aalto-yliopisto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

BUSINESS FINLAND

Euroopan unioni

Vipuvoimaa EU:lta 2014–2020

SISÄILMAN LÄMPÖTILA- JA KOSTEUSOLOSUHTEET PALVELURAKENNUKSISSA

COMBI tuloskortin esittely 24.1.2019

Tuomas Raunima, tutkimusapulainen, TkK, Tampereen yliopisto

Sisällys

Sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteet palvelurakennuksissa
COMBI yleisöseminaari 24.1.2019

Tutkitut kohteet

Sisä- ja ulkoilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaaminen

Sisäilman kosteuslisän määritys

Sisäilman lämpötilan sisäilmastoluokitus

Laskennallisen tarkastelun tulokset

Sisäilman kosteuslisän ja lämpötilan graafinen tarkastelu

Johtopäätökset

Tutkitut kohteet – Uudiskohteet

Uudiskohteet	Kaupunki/kunta	Rakennusvuosi
Ruskeasuon päiväkoti	Helsinki	2015
Kulosaaren korttelitalo	Helsinki	2013
Korttelitalo Kanava	Helsinki	2012
Omenapuiston päiväkoti	Helsinki	2013
Kalasataman korttelitalo	Helsinki	2015
Luhtaan päiväkoti	Tampere	2012
Vuores-talo	Tampere	2013
Koukkuniemi, impivaara vanhainkoti	Tampere	2013
Toivion koulu, laajennusosa	Pirkkala	2012
Kuljun koulu, laajennusosa	Lempäälä	2006
Koivurinteen koulu ja päiväkoti	Ruutana/Kangasala	2014
Liuksialan päiväkoti	Kangasala	2012

Tutkitut kohteet – Korjauskohteet

Korjauskohteet	Kaupunki/kunta	Peruskorjausvuosi (rakennusvuosi)
Vartiokylän yläaste	Helsinki	2012 (1962, 1965)
Sakara, päiväkoti	Helsinki	2012 (1971)
Myllypuron ala-aste	Helsinki	2013 (1966)
Keula, päiväkoti	Helsinki	2013 (1981)
Tilhi, päiväkoti	Helsinki	2015 (1976)
Koukkuniemi Jukola, vanhainkoti	Tampere	2011-2013 (1955)
Jussinkylän päiväkoti	Tampere	2014 (1980)
Koulunkadun päiväkoti	Tampere	2013 (1906)
Amurin päiväkoti	Tampere	2015 (1983)
Toivion koulu, vanha osa	Pirkkala	2012
Puropuiston päiväkoti vanha osa	Nokia	2016
Kuljun koulu, vanha osa	Lempäälä	2016 ja 2015 (1950-luku)

Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaaminen

- Sisäilman suhteellista kosteutta ja lämpötilaa mitattiin Comark N2003 RH+T-mittarilla ja Rotronic CL11 RH+T+CO_2-mittarilla.
- Mittausväli oli 1 tunti.
- Mittauspisteitä 24 kohteessa kohteen laajuudesta riippuen 1…8.
- Mittauspisteiden korkeussijainti lattiasta vaihteli 0 ja 2,7 metrin välillä tilasta ja asennuksista riippuen
  - Pääasiassa mittauspisteiden korkeussijainti oli 0,7 ja 1,5 metrin välillä
- Ensimmäiset mittaukset aloitettiin 20.7.2016 ja viimeiset päätettiin 16.8.2018.

Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaaminen

- Comark N2003 (RH+T)
  - Antureita vaihdettiin tutkimuksen aikana tarvittavilta osin
  - Yksi anturi hävisi kohteesta
  - Datassa katkoksia
    - Pattereiden virran loppuminen
    - Vaurioituminen
    - Ohjelmoinnissa tapahtuneet ongelmat

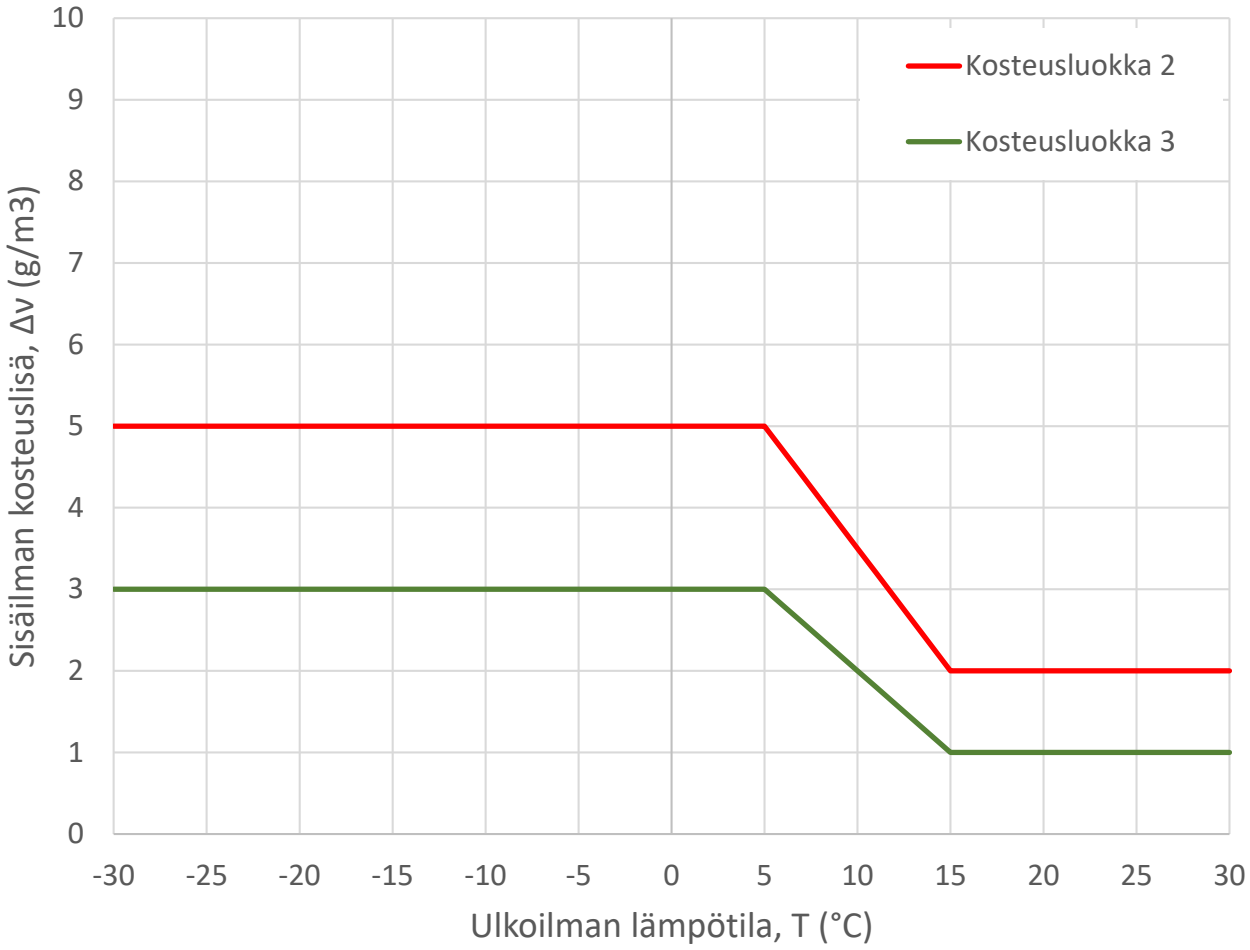
- Rotronic CL11 (RH+T+CO_2)
  - Datoissa muutamia katkoksia
    - Johtuivat katkoksissa virransaannissa
    - Mittausten lopulla osassa laitteita havaittiin mittauksen ennen aikaista loppumista

Ulkoilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaaminen

- Ulkoilman olosuhteita mitattiin Rotronic RH+T-anturilla.
- Datan analysoinnissa kuitenkin selvisi, että auringonvalo lämmitti antureita vääristäen mittausdataa erityisesti lämpimien kausien iltoina.
- Ulkoilmaloggerien mittausdata päätettiin hylätä ja ulkoilman olosuhteina käytettiin Ilmatieteen laitoksen lähimpien sääasemien mittausdataa.

Sisäilman kosteuslisän määritys

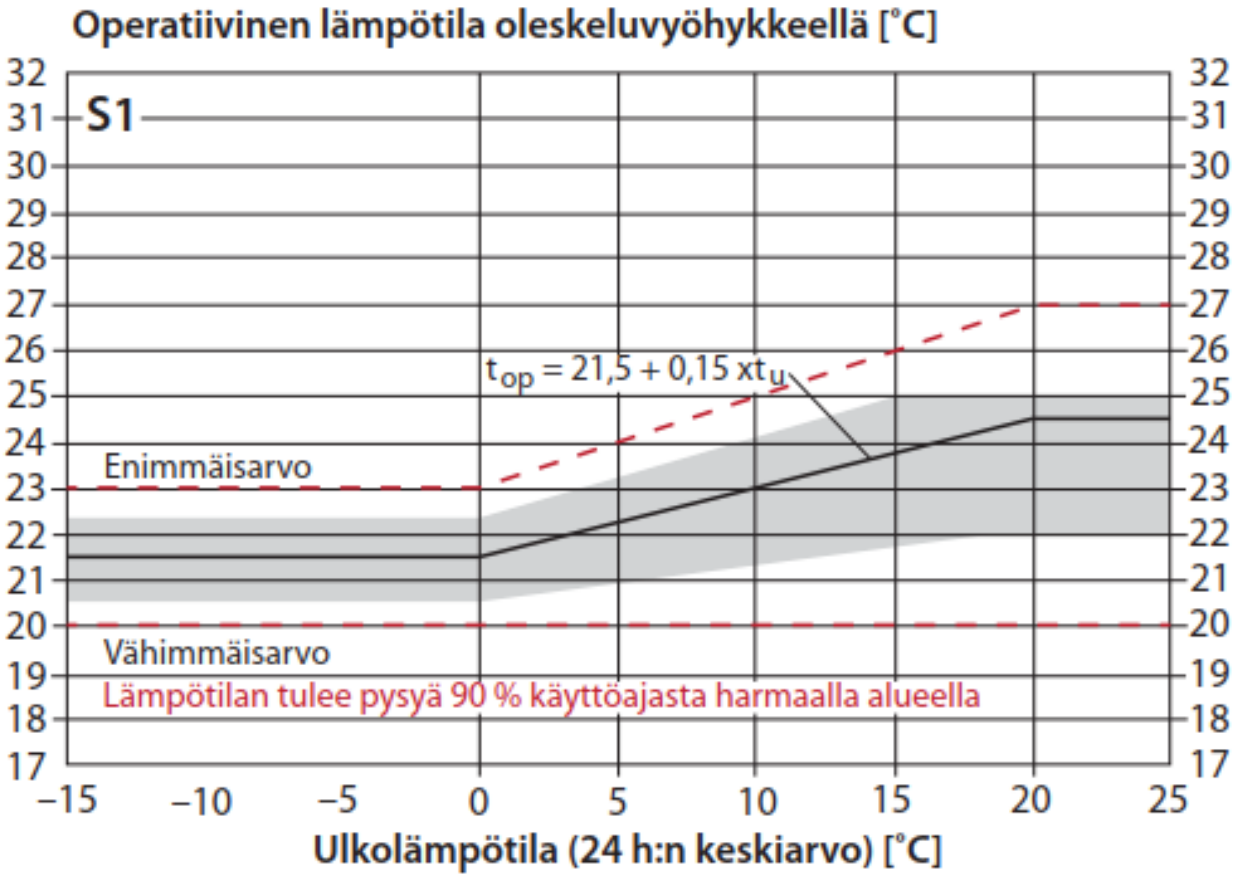
- Sisä- ja ulkoilman välistä vesihöyrypitoisuuseroa kuvaavan kosteuslisän osalta rakennukset jaoteltiin ohjeessa RIL 107-2012 esiteltyihin kosteusluokkiin 1–3, joista kosteusluokka 3 on kuivin.
- Sisäilman vesihöyrypitoisuus lasketaan mitattujen suhteellisen kosteuden ja lämpötilan arvojen perusteella.
- Ulkoilman vesihöyrypitoisuus lasketaan vastaavasti lähimmän sääaseman mittaamien ulkoilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan perusteella.
- Laskettua sisäilman kosteuslisää verrataan ulkolämpötilaan.



RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet

Sisäilman lämpötilan sisäilmastoluokitus

- Sisäilman lämpötilan osalta käytettiin sisäilmastoluokkia S1, S2 ja S3, joista käyttäjätyytyväisyys yltää todennäköisemmin suurimpaan osuuteen sisäilmastoluokassa S1.
- Sisäilmastoluokille on määritetty käytönaikaisen lämpötilan enimmäis- ja vähimmäisarvot.
- Lisäksi sisäilmastoluokille S1 ja S2 on määritetty sallitut vaihteluvälit, joissa lämpötilan on pysyttävä 90 % käyttöajasta.
- Käytönaikaista sisälämpötilaa verrataan ulkolämpötilan 24 tunnin liukuvaan keskiarvoon.



RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus

Laskennallisen tarkastelun tulokset

- Sisäilman kosteuslisä oli ohjearvoihin (RIL 107-2012) verrattuna matala ja kaikki kohteet kuuluivat kosteusluokkaan 3.
- Kaksi uudiskohdetta ylsi sisäilmastoluokkaan S2. Muut kohteet kuuluvat sisäilmastoluokkaan S3.
  - Kohteissa esiintyi käytönaikaisen lämpötilan raja-arvojen ylittymistä ja alittumista, mutta vähimmäisarvon alittuminen oli enimmäisarvon ylittymistä yleisempää.

Uudiskohteet

Kohde	Kosteuslisä			Lämpötilan sisäilmastoluokitus						
	Kosteusluokka	Δv (g/m3)		Sisäilmas-toluokka	Sallittu vaihteluväli			Enimmäis ja vähimmäisarvot		
		Te ≤ 5°C	Te ≥ 15°C		Pysyvyys	Ylitykset	Alitukset	Pysyvyys	Ylitykset	Alitukset
U_1	3	-0,2	-0,2	S3	-	-	-	89 %	2 %	9 %
U_2	3	-0,4	-0,4	S2	95 %	0 %	4 %	100 %	0 %	0 %
U_3	3	0,1	-0,5	S3	-	-	-	82 %	13 %	5 %
U_4	3	0,0	-0,2	S2	91 %	0 %	9 %	98 %	0 %	2 %
U_5	3	-0,1	-0,5	S3	-	-	-	77 %	17 %	5 %
U_6	3	0,4	0,0	S3	-	-	-	75 %	10 %	15 %
U_7	3	0,0	-0,2	S3	-	-	-	85 %	0 %	15 %
U_8	3	0,1	-1,0	S3	-	-	-	85 %	3 %	12 %
U_9	3	0,2	-0,4	S3	-	-	-	67 %	29 %	4 %
U_10	3	-0,1	-0,4	S3	-	-	-	86 %	5 %	9 %
U_11	3	-0,6	-0,7	S3	-	-	-	77 %	0 %	23 %
U_12	3	0,0	-0,7	S3	-	-	-	74 %	0 %	26 %

Laskennallisen tarkastelun tulokset

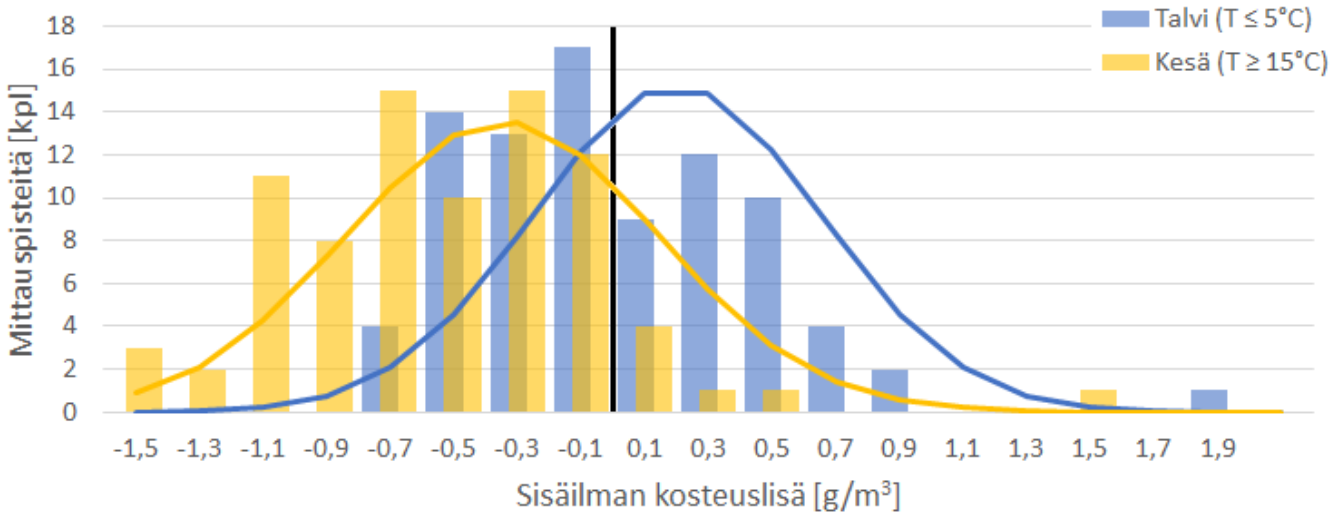
- Sisäilman kosteuslisä oli ohjearvoihin (RIL 107-2012) verrattuna matala ja kaikki kohteet kuuluivat kosteusluokkaan 3.
- Kaksi uudiskohdetta ylsi sisäilmastoluokkaan S2. Muut kohteet kuuluvat sisäilmastoluokkaan S3.
  - Kohteissa esiintyi käytönaikaisen lämpötilan raja-arvojen ylittymistä ja alittumista, mutta vähimmäisarvon alittuminen oli enimmäisarvon ylittymistä yleisempää.

Korjauskohteet

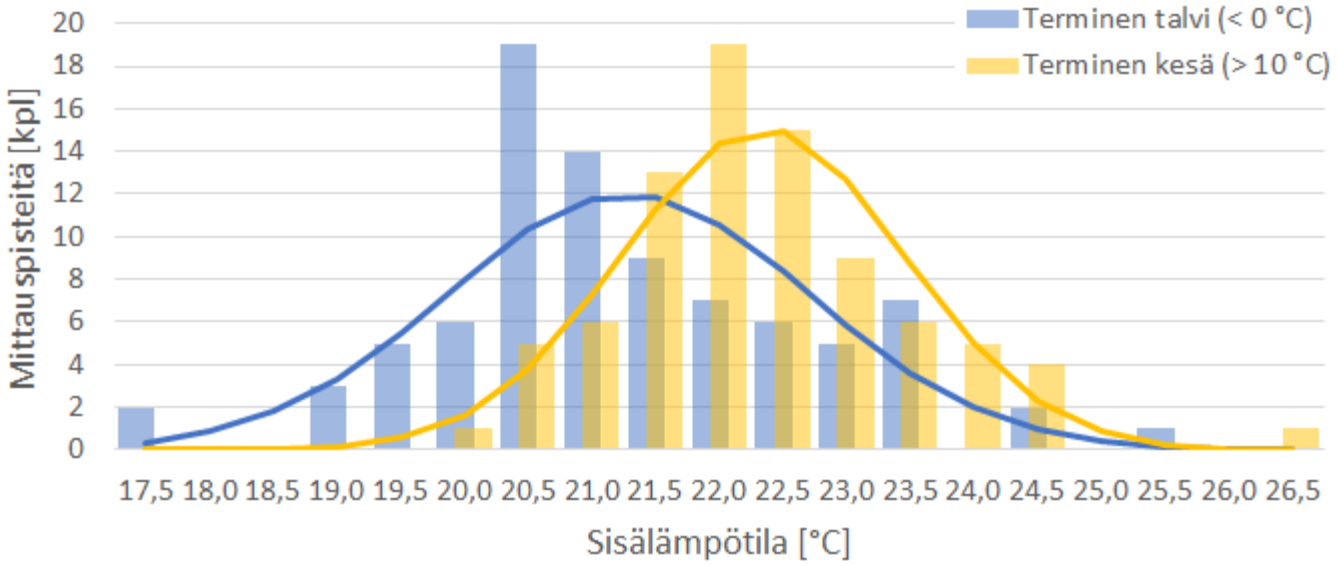
Kohde	Kosteuslisä			Lämpötilan sisäilmastoluokitus						
	Kosteusluokka	Δv (g/m3)		Sisäilmas-toluokka	Sallittu vaihteluväli			Enimmäis ja vähimmäisarvot		
		Te ≤ 5°C	Te ≥ 15°C		Pysyvyys	Ylitykset	Alitukset	Pysyvyys	Ylitykset	Alitukset
K_1	3	0,0	-0,4	S3	-	-	-	87 %	2 %	11 %
K_2	3	0,5	-0,4	S3	-	-	-	83 %	17 %	0 %
K_3	3	0,0	0,0	S3	-	-	-	77 %	16 %	7 %
K_4	3	-0,2	-0,6	S3	-	-	-	81 %	0 %	19 %
K_5	3	0,1	-0,7	S3	-	-	-	78 %	0 %	22 %
K_6	3	-0,1	-1,1	S3	-	-	-	76 %	21 %	4 %
K_7	3	0,1	-1,4	S3	-	-	-	79 %	3 %	18 %
K_8	3	-0,4	-0,8	S3	-	-	-	82 %	7 %	11 %
K_9	3	0,0	-0,7	S3	-	-	-	86 %	2 %	12 %
K_10	3	-0,5	-	S3	-	-	-	28 %	0 %	72 %
K_11	3	-0,2	-0,6	S3	-	-	-	67 %	0 %	33 %
K_12	3	-0,4	-1,2	S3	-	-	-	81 %	16 %	3 %

Laskennallisen tarkastelun tulokset

- Talvi- ja kesäjaksojen keskimääräiset kosteuslisät mittauspisteittäin

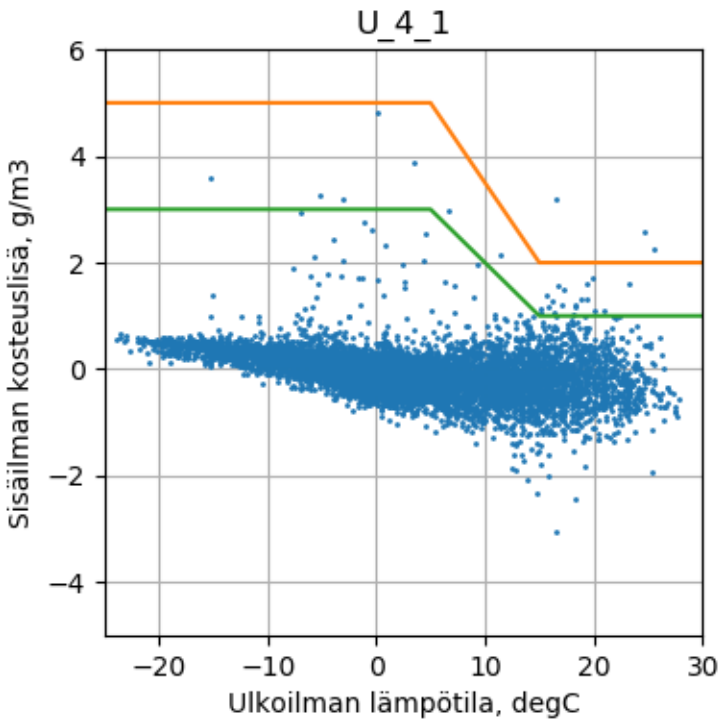


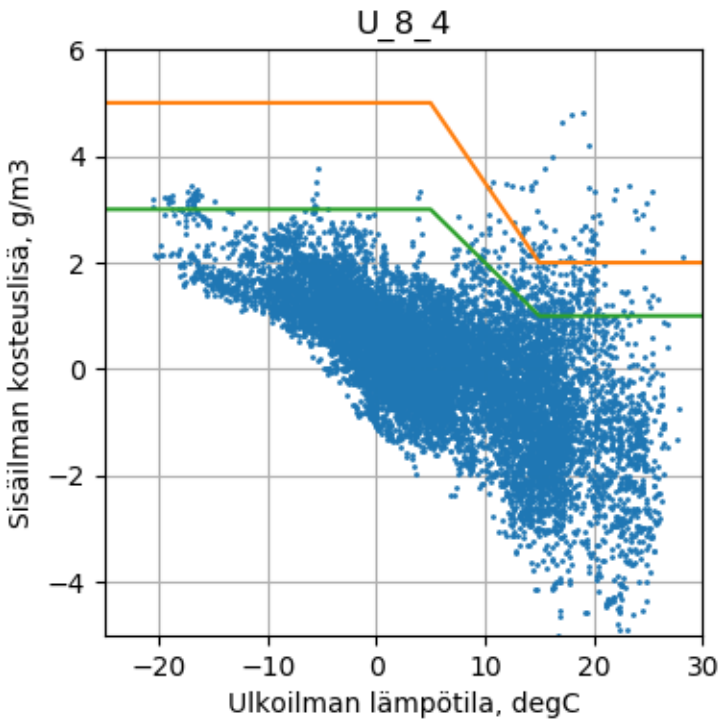
- Talvi- ja kesäjaksojen keskimääräinen sisälämpötila mittauspisteittäin



Sisäilman kosteuslisän graafinen tarkastelu

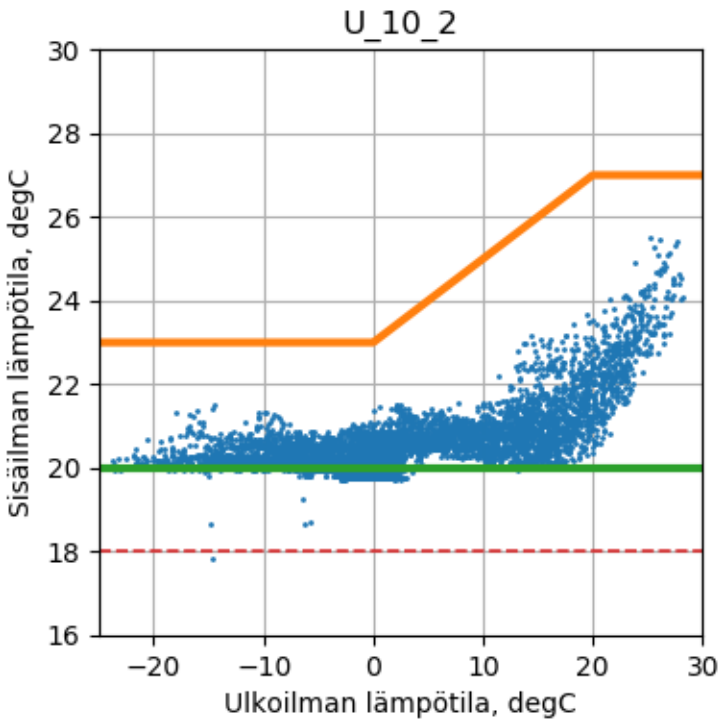
- Kohteiden kosteuslisät olivat keskimäärin lähellä nollaa, mutta kosteuslisän kuvaajan pistepilven muoto vaihteli.
- Pistepilvi monesti myös laski kosteuslisän puolelta kosteusvajeeksi edettäessä akselilla talvesta kesään.
- Korjauskohteissa sisäilma oli talvella kuivempaa (kosteuslisä pienempi) uudiskohteisiin verrattuna.
- Selittäviä tekijöitä voivat olla erot ilmanvaihtojärjestelmien toiminnassa, rakennusten käytössä ja mittauslaitteiden sijoittelussa.

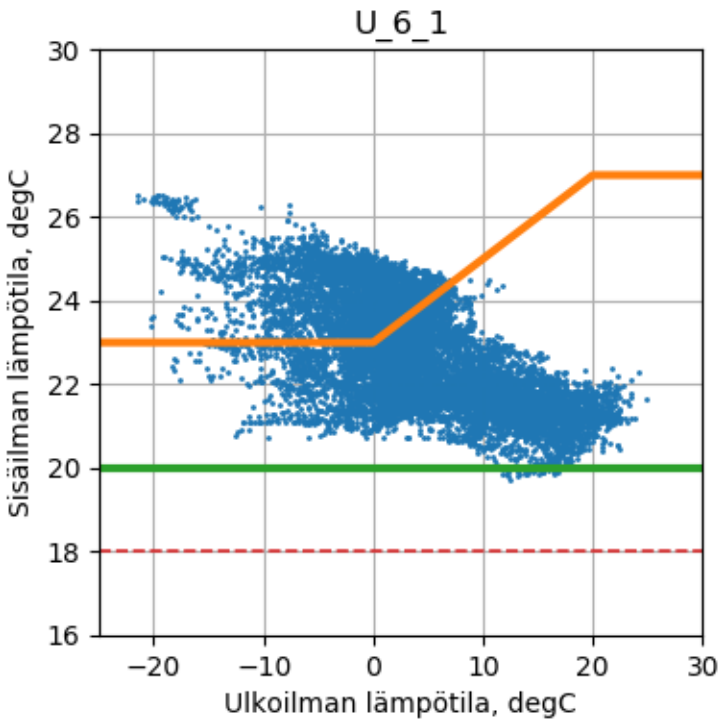




Sisäilman lämpötilan graafinen tarkastelu

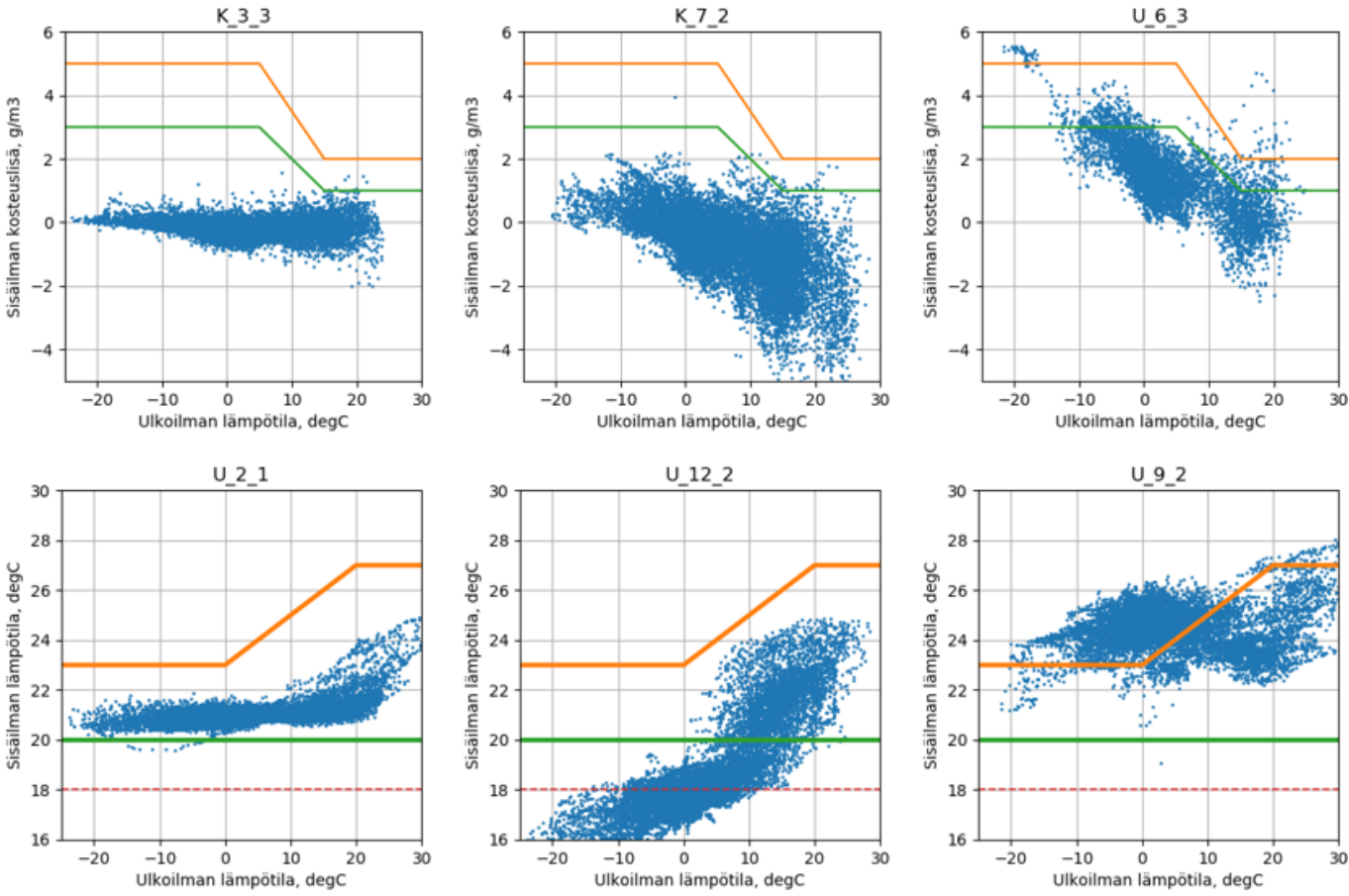
- Kenttämittauskohteiden joukossa oli sekä jäähdytettyjä että jäähdyttämättömiä rakennuksia.
- Dataa tarkasteltaessa kuvaajana osassa mittauspisteistä pistepilvi pysyi hyvin suositusarvojen sisällä, mutta osassa paljastui selkeitä kehityskohtia.
- Kuvaajasta voi tehdä tulkintoja lämmityksen ja jäähdytyksen säädöstä ja havaita puutteita. Esiintyneitä ilmiöitä mm.:
  - talvella sisäilma oli lämpimämpää kuin kesällä
  - osassa mittauspisteistä esiintyi äärilämpötiloja.





Johtopäätökset

- Sisäilman kosteuslisä oli keskimäärin pieni, mutta yksittäisten kohteiden kosteuslisän arvot ja sen käyttäytyminen vaihtelivat. Sisäilman kosteuslisän määrä on suositeltavaa edelleen määrittää tarvittaessa erikseen mittauksin.
- Sisäilman lämpötilojen käyttäytymistä suositusarvojen sisällä tulee seurata rakennuksen ja sen järjestelmien toimivuuden arvioimiseksi ja parantamiseksi.
- Sisäilman lämpötila- ja kosteusolosuhteita on suositeltavaa tarkastella numeeristen arvojen lisäksi kuvaajina, jolloin huolto- ja ylläpitohenkilöstön on helpompi havaita mahdollisia kehityskohteita.



Kiitos!

Lisätietoja esityksen sisällöstä

Tuomas Raunima Tampereen yliopisto tuomas.raunima@tuni.fi

COMBI-tuloskortti: Sisäilman kosteuslisä ja lämpötilan sisäilmastoluokka kouluissa ja päiväkodeissa
Uusien ja korjattujen palvelurakennusten kenttämittaukset COMBI-tutkimushankkeessa. [julkaistaan 2019]

Lisätietoja COMBI-hankkeesta

Juha Vinha Tampereen yliopisto juha.vinha@tuni.fi 040 849 0296

https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/tutkimusprojektit/combi

Tämän teoksen suhteen noudatetaan lisenssiä Creative Commons Nimeä-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen.
Lisenssiin voit tutustua osoitteessa https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fi