

Sisäilman kosteuslisä palvelu- ja toimistorakennuksissa

Tuomas Raunima, Anssi Laukkarinen ja Juha Vinha
Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

Tiivistelmä

Palvelurakennuksissa on havaittu aiemmissa tutkimuksissa matalia sisäilman kosteuslisän arvoja, jotka alittavat selvästi ohjeen RIL 107-2012 mukaiset mitoitusarvot. Future Spaces -hankkeen kenttätutkimusten yhteydessä tutkitaan myös rakennusten sisäilman kosteuslisää. Tämä artikkeli on käynnissä olevien jatkuvatoimisten mittausten alustava graafinen tarkastelu. Noin puoli vuotta käynnissä olleet mittaukset osoittavat, että aiemmin havaittu sisäilman matalan kosteuslisän trendi on nähtävissä myös uusissa mittauksissa. Mittauksissa ilmenee myös yksittäisiä poikkeuksia ja näiden syytä tullaan jatkossa selvittämään. Tässä artikkelissa esitellyt tulokset sisältävät kevään ja kesän olosuhteita. Talvikauden olosuhteita saadaan tarkasteluun hankkeen edetessä.

1. Johdanto

Sisäilman kosteuslisä on yksi keskeinen suure rakennusten vaipparakenteiden kosteusteknisen toiminnan mitoituksessa ja ilmanvaihdon voimakkuuden arvioinnissa. Korkeat sisäilman kosteuslisän arvot tarkoittavat yleisesti ottaen suurempaa rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta vesihöyryn diffuusion ja sisäilmasta ulos päin tapahtuvien ilmapuotojen seurauksena. Korkea sisäilman kosteuslisä kertoo myös siitä, että huonetiloissa tapahtuva kosteustuotto on suuri suhteessa ilmanvaihdon määrään.

Tampereen yliopiston tutkimusryhmässä on aiemmin tutkittu rakennusten sisäilman kosteuslisää muun muassa hankkeissa [1–3]. Aiemman COMBI-hankkeen kenttämittauksissa tutkittiin yhteensä 24 palvelurakennusta Pirkanmaalla ja Helsingissä ja tuolloin havaittiin, että hankkeessa mukana olleiden päiväkotien, koulujen ja vanhainkoteina toimivien palvelurakennusten sisäilman kosteuslisä oli lähellä nollaa ja alitti selvästi niille julkaisussa RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet [4] määritetyn kosteusluokan raja-arvot kesä- ja talvikaudella. Kosteuslisä ei noussut rakennusten sisäilmassa merkittäväksi tekijäksi ja ilmanvaihdon kannalta kriittisempi tarkasteltava suure oli esimerkiksi sisäilman hiilidioksidipitoisuus.

Syksyllä 2020 alkaneessa kaksivuotisessa Future Spaces -hankkeessa tutkitaan sisäilman hallintaa ilmanvaihdon toiminnan kautta. Tutkimuksessa selvitetään muun muassa ilmanvaihdon toimintatavan muutoksen vaikutusta sisäilman laatuun mittausten ja käyttäjäkyselyiden avulla.

Tämän artikkelin tarkoituksena on esitellä 12 päiväkotien ja koulurakennuksen sekä kahden toimistorakennuksen (yhteensä 14 rakennusta) kosteuslisän arvoja kenttäkohteissa tehtyjen mittausten perusteella ja tehdä näistä alustavia havaintoja. Lisäksi rakennusten sisäilman kosteutta tarkastellaan mitattujen suhteellisen kosteuden arvojen perusteella. Tuloksia verrataan COMBI-hankkeen tuloksiin sen arvioimiseksi, olisiko mittausten kohteena olleiden koulujen ja päiväkotien mukaisissa tapauksissa perusteltua käyttää nykyisen RIL 107-2012 kosteusluokkaa 2 alemmaa sisäilman kosteuslisän mitoitusarvoa.

2. Menetelmät

2.1 Mittaukset

Sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta mitattiin jatkuvatoimisesti Rotronic CL11 -dataloggereilla. Mittareiden tarkkuus on lämpötilan osalta $\pm 0,3$ °C (5–40 °C) ja suhteellisen kosteuden osalta ± 3 % RH (10–95 %, 25°C). Samaa mittalaitetta käytettiin myös COMBI-hankkeessa.

Kenttäkohdemittaukset käynnistettiin kevään 2021 aikana ja mittauksia tullaan jatkamaan kesään 2022 asti. Mittauskohteina on 12 kpl päiväkotij- ja koulurakennuksia Tampereen ja lähikuntien alueella sekä kaksi toimistorakennusta, joista toinen sijaitsee Helsingissä. Osa mitattavista kohteista on samoja, kuin aikaisemmassa COMBI-hankkeessa. Mittaukset tehtiin päiväkotien ryhmä- ja lepo huoneista sekä koulujen luokahuoneista niiden normaalin käytön mukaisessa tilanteessa. Toimistorakennuksissa mittauksia tehtiin toimistohuoneiden lisäksi toisessa kohteessa myös avokonttorissa, neuvotteluhuoneessa ja ruokalassa.

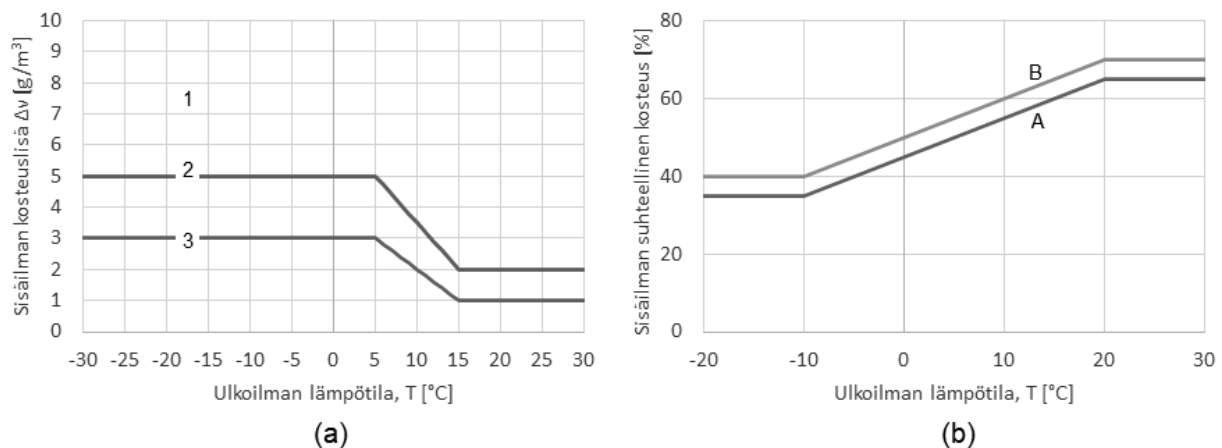
Mittalaitteissa käytetään tilanteen mukaan 5 min tai 10 min mittausväliä. Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden osalta tunnin mittausväli olisi riittävä, mutta lyhyempään mittausväliin päädyttiin, koska sama mittalaite mittaa myös hiilidioksidipitoisuutta. Hiilidioksidipitoisuuden vaihtelu on nopeampaa ja herkemmin tilan käytöstä riippuvaa, joten mittausväli voisi olla tiheämpikin, mutta pääosin 10 minuutin mittausväli on sopiva kompromissi laitteen tallennustila huomioiden. Mittalaitteita on sijoitettu yksi jokaiseen tutkittavaan tilaan, joita on 14 tutkittavassa rakennuksessa yhteensä 52 kpl.

2.2 Kosteuslisä ja -luokka

Sisäilman kosteuslisä Δv (g/m^3) laskettiin sisä- ja ulkoilman vesihöyrypitoisuuksien erotuksena. Sisäilman vesihöyrypitoisuus (g/m^3) laskettiin huonetiloista mitatuista lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvoista. Ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvoina kohteissa käytettiin Ilmatieteen laitoksen lähimmän havaintoaseman arvoja. Tämä menettely oli käytössä myös aiemmassa COMBI-hankkeessa, minkä lisäksi Ilmatieteen laitoksen Avoin data [5] -palvelusta saatavien automaattisten havaintoasemien datojen käyttämisellä pyritään parantamaan tulosten vertailtavuutta laajemminkin. Ilmatieteen laitoksen havaintoaineistossa suhteellinen kosteus ilmoitetaan nestemäisen veden suhteen myös pakkasen puolella olevissa olosuhteissa.

Kosteusluokat on määritelty RIL 107-2012:ssa [4]. Päiväkotij-, koulu- ja toimistorakennukset on sijoitettu kosteusluokkaan 2. Kosteusluokan 2 raja-arvoiksi on annettu talvikaudella ($T \leq 5$ °C) $\Delta v \leq 5$ g/m^3 ja kesäkaudella ($T \geq 15$ °C) $\Delta v \leq 2$ g/m^3 . Kosteusluokkien raja-arvot on esitetty kuvassa 1a.

Sisäilman kosteuslisän käyttämisen ohella toinen mahdollinen tapa sisäilman kosteustason määrittämiseen on määrittää suoraan sisäilman suhteellisen kosteuden mitoitustasot ulkoilman lämpötilan funktiona. Menetelmä on esitetty standardeissa SFS-EN ISO 13788 [6] ja SFS-EN ISO 15026 [7] ja etuna tässä lähestymistavassa on se, että suhteellisen kosteuden määrittäminen suoraan edellyttää vähemmän laskelmia mitoitusarvojen käyttövaiheessa, kun vain samalla myös lämpötilatasot on kiinnitetty. Standardien mukaiset sisäilman suhteellisen kosteuden mitoitusarvot on esitetty kuvassa 1b.

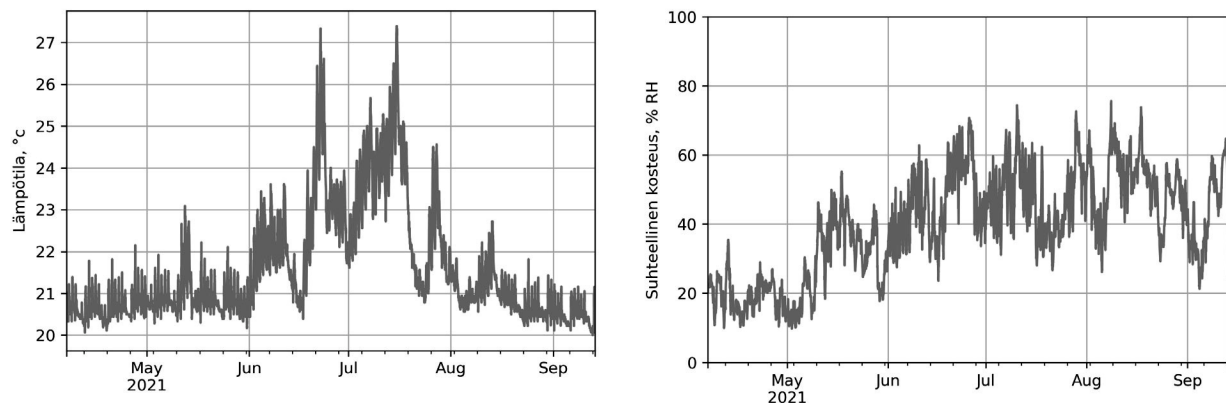


Kuva 1. Lähteessä [4] annetut kosteusluokkien 1–3 raja-arvot ulkoilman lämpötilan funktiona (vasen kuva, a). Lähteissä [6, 7] annetut sisäilman suhteellisen kosteuden mitoitusarvot ulkoilman lämpötilan funktiona (oikea kuva, b).

Tutkimuksessa mukana olevat kohteet kuuluivat kosteusluokkaan 2 [4] ja mitoituskäyrälle A [6, 7]. Sisäilman kosteuslisästä laskettiin useita liukuvia keskiarvoja eri aikaikkunan leveyksillä ja tällä oli vaikutusta tulokuvaajissa esiintyvään hajontaan. Tässä artikkelissa on esitetty kuvaajia edeltävän yhden tunnin ja yhden viikon liukuvilla aikakeskiarvoilla. Tulokset kuvaavat olosuhteita rakennusten normaalilla käytöllä.

3. Tulokset

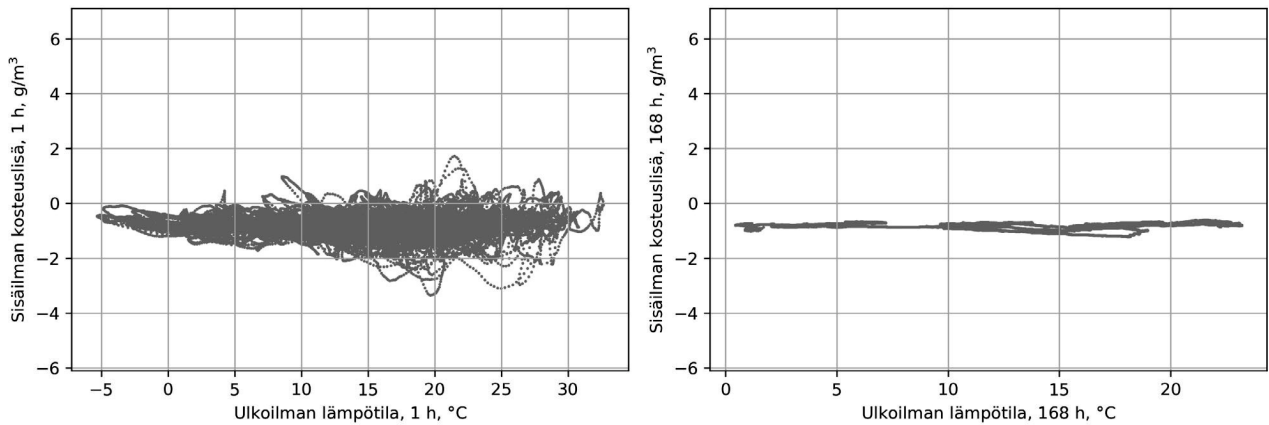
Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen tilanne lämpötilan ja suhteellisen kosteuden käyttäytymisestä mittauspisteissä.



Kuva 2. Tyypillinen tilanne sisäilman lämpötilan (vasen) ja suhteellisen kosteuden (oikea) käyttäytymisestä mittausjaksolla. Mittausjakso huhti-syyskuu 2021.

Ilman lämpötila talvella oli kuvan 2 mittauspisteessä noin 20,5...21,5 °C ja suhteellinen kosteus 10...25 % RH. Kesällä lämpötilan keskiarvo oli korkeimmillaan noin 24...26 °C ja suhteellinen kosteus 30...70 % RH.

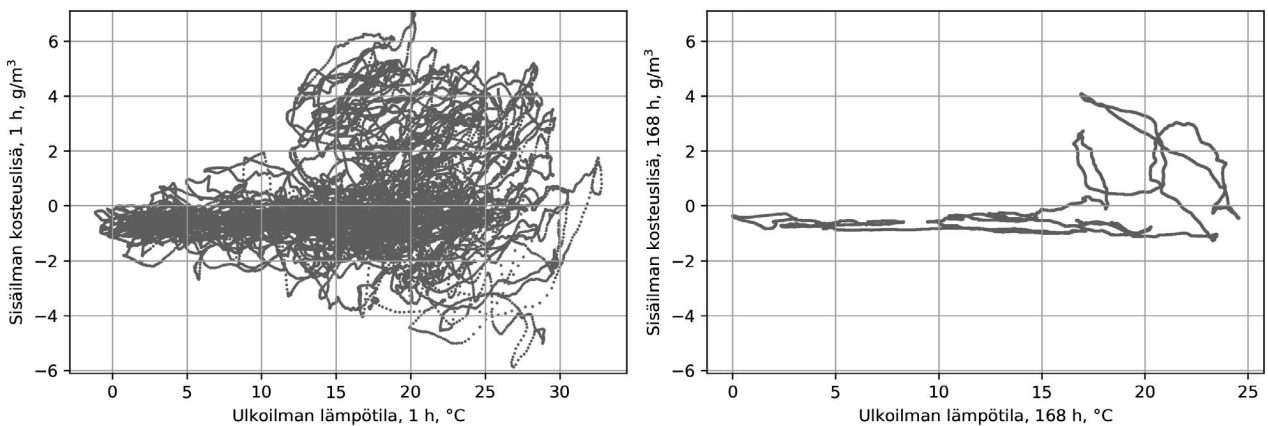
Kuvassa 3 on esimerkki samaan mittauspisteeseen liittyvästä sisäilman kosteuslisästä edeltävän tunnin ja edeltävän viikon liukuvina keskiarvoina laskettuna.



Kuva 3. Tyypillinen esimerkki sisäilman kosteuslisän pistepilvikuvaajasta tunnin (vasemmalla) ja viikon (oikealla) liukuvalla keskiarvolla.

Kuvassa 3 sisäilman kosteuslisä oli jatkuvasti hyvin lähellä nollaa. Lisäksi tässä mittauspisteessä ja useissa muissa kosteuslisän keskiarvo oli jopa hieman negatiivinen, tarkoittaen kosteusvajetta ulkoilmaan nähden. Varmaa syytä tälle runsaalle negatiivisten arvojen esiintymiselle ei tällä hetkellä ole tiedossa, mutta yksi mahdollinen selitys voisi olla tilojen jäähdytyslaitteiden ilmaa kuivattavassa vaikutuksessa. Toisaalta kosteusvajetta esiintyi myös viileämpänä vuodenaikana, jolloin jäähdytystarvetta ei pitäisi juuri esiintyä. Tällöin yksi mahdollinen syy olisi ilmanvaihdon suuri voimakkuus suhteessa tilojen kosteuslähteisiin. Asiaa tullaan selvittämään vielä tarkemmin hankkeen edetessä.

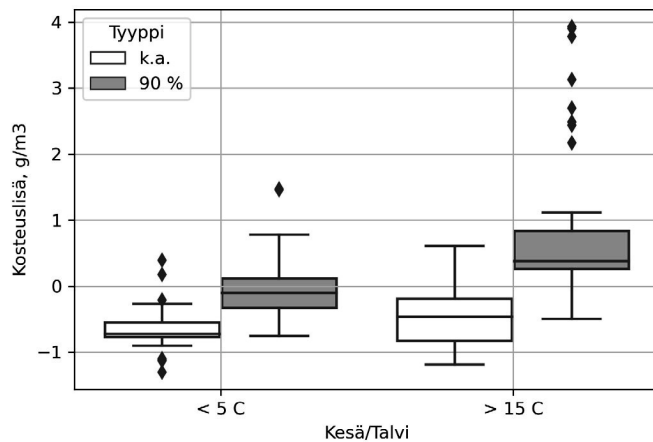
Kuvassa 4 on esitetty sisäilman kosteuslisä kenttäkohteesta, jossa kosteuslisässä esiintyi kesäkaudella RIL 107-2012 kosteusluokan 2 mitoitusarvon ylittäviä arvoja.



Kuva 4. Tyypillisestä tilanteesta poikkeava kohde, jossa sisäilman kosteuslisä kasvoi kesällä.

Kokonaisuutena nyt käynnissä olevan Future Spaces -hankkeen mittaustulokset sisäilman kosteuslisästä vastasivat aiemmassa COMBI-hankkeessa saatuja havaintoja koulujen ja päiväkotien pääosin pienestä sisäilman kosteuslisästä. Kuvan 4 mukaisia kesäolosuhteiltaan poikkeavia havaintoja oli kahdessa rakennuksessa neljästätoista.

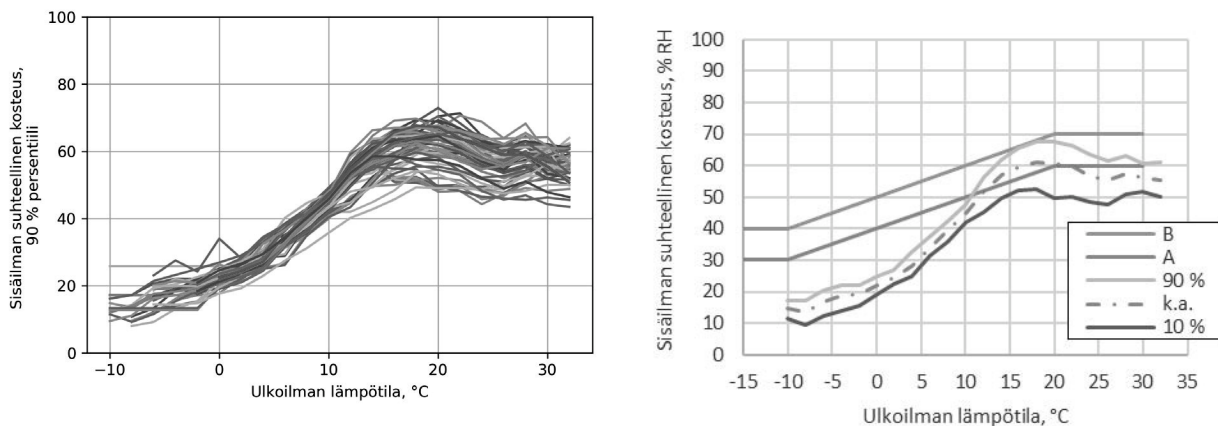
Seuraavassa kuvassa on esitetty sisäilman kosteuslisän keskiarvojen ja 90 % persentiilien arvojen jana-laatikkokuvaajat, kun ulkoilman lämpötila on $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Kuva 5. Sisäilman kosteuslisän keskiarvojen ja 90 % persentiilien jakaumat, kun ulkoilman lämpötila on $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tulosten perusteella mittauspisteissä kosteuslisän keskiarvot (kaikilta ajanhetkiltä) olivat pääosin negatiivisia, eli mittauspisteissä oli keskimäärin kosteusvajetta ulkoilmaan nähden. Jos tarkasteltiin kosteuslisän 90 % kertymäfunktion arvoja, niin tällöin edelleen talvikaudella suuressa osassa kohteista oli kosteusvajetta ulkoilman lämpötilan ollessa $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kesäkaudella ($> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) kosteuslisän 90 % kertymäfunktion arvot olivat 50 % mittauspisteistä välillä noin $0,3 \dots 0,9\text{ g/m}^3$.

Kuvassa 6 on esitetty sisäilman suhteellisen kosteuden kohdekohtaiset 90 % persentiilit sekä kaikkien mittauspisteiden jakaumiin liittyvät 10 % ja 90 % persentiilit sekä keskiarvot. Tulokset on laskettu käyttämällä ulkoilman lämpötilalle $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ askelia.



Kuva 6. Sisäilman suhteellisen kosteuden 90 % persentiilit kaikista mittauspisteistä (vasen) ja näistä lasketut 10 % ja 90 % persentiilit sekä keskiarvot (oikea).

Kuvan 6 perusteella sisäilman suhteellisella kosteudella oli selvä korrelaatio ulkoilman lämpötilaan. Toteutuneiden käyrien muoto poikkesi standardissa SFS-EN ISO 13788 esitetystä, mutta mitoituksen kannalta etuna olisi, että suhteellisen kosteuden 90 % persentiilien hajonta oli verrattain pieni.

4. Yhteenveto

Tässä artikkelissa esiteltiin lyhyesti 14 rakennuksen (52 mittauspistettä) sisäilman olosuhteiden mittaustuloksia kosteuslisän ja suhteellisen kosteuden kannalta. Mittaukset on tehty osana Tampereen yliopiston rakennusfysiikan tutkimusryhmän koordinoimaa Future Spaces -hanketta. Nyt käsitellyt mittaukset sisältävät mittausdataa keväältä ja kesältä 2021, mutta mittauksia tullaan jatkamaan kesään 2022 myös talvikauden olosuhteiden selvittämiseksi. Osa mitatuista kohteista on samoja aiemman COMBI-hankkeen kanssa.

Tulosten perusteella sisäilman kosteuslisä erityisesti keväällä oli suuren osan ajasta hyvin pieni ja kaiken kaikkiaan kohteissa esiintyi runsaasti jopa kosteusvajeen olosuhteita. Kahdessa rakennuksessa neljästätoista kosteuslisä kasvoi kesäkaudella ylittäen nykyiset RIL 107-2012 kosteusluokan 2 kosteuslisän mitoitusarvon.

Tällä hetkellä koulut ja päiväkodit kuuluvat RIL 107-2012 kosteusluokkaan 2, mutta aiempien COMBI-hankkeen tulosten ja nyt saatujen tulosten perusteella kyseiset rakennukset olisi mahdollista siirtää kosteusluokkaan 3. Tällöin sisäilman kosteuslisän mitoitusarvo talvella ($T \leq 5^\circ\text{C}$) laskisi näiden rakennusten osalta arvosta 5 g/m^3 , arvoon 3 g/m^3 .

Sisäilman kosteustason mitoitusarvot on mahdollista määritellä kosteuslisän sijaan myös muilla tavoin, joista tässä tarkasteltiin sisäilman suhteellisen kosteuden arvojen asettamista suoraan. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja ulkoilman lämpötilan välillä esiintyi selvä korrelaatio siten, että sisäilman suhteellinen kosteus oli pääosin enintään 10...20 % RH lämpötilan ollessa hieman nollan alapuolella ja pääosin alle 50...70 % RH, kun ulkoilman lämpötila oli noin 15...20 °C.

Lähdeluettelo

- [1] Vinha J. et al. 2019. Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings (COMBI). Tutkimushankkeen johdanto- ja yhteenvetoraportti. Tutkimusraportti 168. 45 s. + 111 liites. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4306-7>
- [2] Vinha J. et al. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tutkimusraportti 140. 148 s. + 19 liites. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2011122914971>
- [3] Vinha J. et al. 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tutkimusraportti 131. 102 s. + 10 liites. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2011041510587>
- [4] RIL107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 211 s.
- [5] Ilmatieteen laitoksen Avoin data. Ilmatieteen laitos. 2021. Saatavilla (viitattu 7.10.2021): <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data>
- [6] SFS-EN 13788 2001. 2001. Hygrothermal performance of building components and building elements. Assessment of moisture transfer by numerical simulation. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [7] SFS-EN 15026 2007. 2007. Hygrothermal performance of building components and building elements. Assessment of moisture transfer by numerical simulation. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.