Kosteusvaurioiden vakavuus kuntien rakennuksissa

Petri Annila, Jukka Lahdensivu, Jommi Suonketo, Matti Pentti, Anssi Laukkarinen ja Juha Vinha
Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikka

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuntien hallinnoimien rakennusten kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten raporttien avulla eri rakenteista mitattuja kosteuspitoisuuksia ja tämän perusteella arvioida kosteusvaurioiden vakavuutta eri rakenteissa. Tutkimusaineistoa oli 291 rakennuksesta ja kosteusmittauksia kaikkiaan 3113 kappaletta. Tutkimuksen perusteella pääosa kosteusmittauksista kohdistetaan maanvastaisiin alapohjiin, maanvastaisiin seiniin sekä ryömintätilallisiin alapohjiin. Näistä rakenteista mitataan myös eniten korkeita kosteuspitoisuuksia (suhteellinen kosteus yli 80 %). Tarkastelun perusteella kaiken ikäisistä rakennuksista ja kaikista rakenteista on mitattu kyseisen raja-arvon ylittäviä kosteuspitoisuuksia. Tuloksista ei voida selkeästi nähdä rakennuksen iän tai rakennetyypin muuttumisesta seuranneita kehityssuuntia. Tarkastelun perusteella rakenteiden kastuminen on ulkopuolisesta kosteusrasituksesta riippuvaista.

1. Johdanto

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisun [1] mukaisesti merkittäviä kosteus-ja homevaurioita esiintyy arviolta 2,5–26 % rakennuksista riippuen rakennuksen käyttötarkoituksesta. Kuntien hallinnoimissa palvelurakennuksissa korjaustarve on arvioitu suurimmaksi. Kosteus- ja mikrobivaurioiden ja muiden sisäilmaongelmien korjaamisessa keskeisessä roolissa ovat ongelmien laajuuden selvittämiseksi tehtävät kuntotutkimukset, joita koskevaa ohjeistusta on päivitetty *Ympäristöopas 2016 – Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* – oppaassa [2]. Oppaan päivityksen myötä myös kuntotutkimuksien ohjeistus on päivittynyt sille tasolle, millä tutkimuksia on käytännössä suoritettu jo useiden vuosien ajan Suomessa.

Aiemmat tutkimukset [3-5] ovat osoittaneet, että kosteus- ja mikrobivaurioiden syntymisestä korjausprojektin päättymistä seuraavan olosuhteiden tasaantumisjakson loppuun kuluva ajanjakso on huomattavan pitkä – usein vuosia. Lisäksi käynnissä olevan COMBI-tutkimushankkeen yhteydessä on havaittu, että kuntarakennukset ovat keskimääräisesti moniongelmaisia siinä vaiheessa, kun niiden korjaamisen valmistelu aloitetaan kuntotutkimuksen suorittamisella [6]. Nämä seikat alleviivaavat tarvetta kehittää aiempaa tehokkaampia toimintatapoja, menetelmiä ja malleja kosteus- ja mikrobivaurioiden varhaisempaan tunnistamiseen.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten raporttien avulla kosteusvaurioiden vakavuutta eri rakenneosissa.

2. Kirjallisuusselvitys

2.1 Kosteusmittaukset ja mikrobinäytteet

Kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa otetaan useita erilaisia näytteitä ja tehdään erilaisia mittauksia useista syistä, näitä on käsitelty mm. Ympäristöopas 2016 julkaisussa [2]. Yksittäisten näytteenottojen ja mittausten syitä ovat ainakin:

- vaurion vakavuuden selvittäminen oletusta vakavimmin vaurioituneesta kohdasta
- vertailuarvon määrittäminen oletetusta vaurioitumattomasta rakenteesta
- vaurion laajuuden tai kosteusjakauman määrittäminen
- satunnaisotanta tai riskin tutkiminen vaurioitumisen selvittämiseksi.

Kuntotutkimusraporteissa raportoidaan pääsääntöisesti vain mittaustulokset sekä tutkittu rakenne ja materiaali. Mittauksen syytä ei pääsääntöisesti kerrota raporteissa, ei edes vertailunäytteiden osalta, eikä tätä voida jälkikäteen päätellä raporteista.

Tuoreissa tutkimuksissa [7, 8] on vertailu eri rakenteista otettujen mikrobinäytteiden home- ja bakteeripitoisuuksia. Keskimääräiset homepitoisuudet ja bakteerien kokonaispitoisuudet olivat korkeimmat alapohjarakenteissa. Lajikohtaisesti tarkastellen indikaattorimikrobien esiintymisessä oli merkittäviä eroja rakenteittain. [7] Molemmissa julkaisuissa todetaan aihepiirin vaativan lisätutkimusta.

3. Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä

Tutkimusaineistona oli käytössä 291 palvelurakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raportti. Näistä kohteista 168 oli tehdyn tulkinnan mukaan tutkittu kuntotutkimuksissa perusteellisesti nykyistä Ympäristöopas 2016 mukaillen. Loppujen kohdalla (123 rakennusta) tutkimus oli osittainen, eli se oli rajattu koskemaan esimerkiksi vain kellarikerroksen tiloja. Aineiston tutkimuksia on suoritettu ympäri Suomen, mutta suuret kaupungit Helsinki, Tampere ja Turku ovat selkeästi edustettuina aineistossa. Lisäksi kohteita on edellä lueteltuja pienemmistä kunnista maantieteellisesti laajalta alueelta Etelä- ja Keski-Suomen kunnista. Aineistossa on tutkimusraportteja kattavasti kuntotutkimustoimintaa harjoittavista yrityksistä. Aineiston voidaan katsoa edustavan kattavasti kuntotutkimustoimintaa Suomessa ja tutkimuksen kohteena olevien kuntien rakennusten kuntoa.

Tutkimusta varten kuntotutkimusraporteista syötettiin rakennusten perustiedot sekä kosteus- ja mikrobivaurioihin liittyvät tiedot TTY:n kosteus- ja mikrobivaurioita käsittelevään tietokantaan. Tässä tutkimuksessa tietokannasta on hyödynnetty rakenteen sisältä tehtyjen kosteusmittausten porareikämittausten, viiltomittausten sekä rakenteen sisällä olevan ilmatilan tai eristetilan mittausten) tulokset. Ulkoilman tai maaperän olosuhteita koskevat mittaukset on jätetty huomiotta, esimerkiksi alapohjalaatan alta, ryömintätilasta sekä ulkoseinän tuuletusvälistä.

4. Tulokset

4.1 Kosteusmittausten lukumäärä

Tutkimusaineistona käytössä olleissa rakennuksissa oli suoritettu yhteensä 3113 kosteusmittausta, jotka ovat jakautuneet rakenteisiin taulukon 1 mukaisesti. Mittauksista 58 % koski maanvastaisia alapohjarakenteita, 12 % maanvastaisia ulkoseiniä, 10 % ulkoseiniä, 9 % ryömintätilallisia alapohjia, 7 % välipohjia, 4 % väliseiniä ja 1 % yläpohjia.

Taulukko 1. Kosteusmittausten yleisyys perusteellisesti tutkituissa rakennuksissa.

	Ennen 1950	**1950–1959**	**1960–1969**	**1970–1979**	**1980–1989**	**Jälkeen 1990**
maanvastainen alapohja	192	286	409	471	307	149
maanvastainen seinä	56	63	124	57	58	0
ulkoseinä	16	28	40	119	66	47
ryömintätilallinen alapohja	26	24	53	11	18	147
välipohja	41	39	40	13	45	28
väliseinä	15	32	10	45	14	2
yläpohja	5	5	0	7	3	2

Kun tarkastellaan vain niitä 168 rakennusta, joissa suoritettu kuntotutkimus on raportin perusteella arvioitu kattavaksi (Ympäristöopas 2016 sisältöä mukailevaksi), on mittausten lukumäärä yhteensä 1436. Näistä mittauksista 54 % on alapohjista, 16 % maanvastaisista seinistä, 9 % ulkoseinistä ja välipohjista, 5 % ryömintätilallisista alapohjista sekä väliseinistä ja 1 % yläpohjista. Ero näiden kahden jakauman välillä on siten korkeintaan 4 prosenttiyksikön suuruinen.

Kaikkien kosteusmittausten jakaumasta eri rakenteisiin havaitaan selkeästi, että kosteusmittauksia kohdistetaan erityisesti maanvastaisiin alapohjaan, maanvastaisiin seiniin sekä ryömintätilallisiin alapohjiin, sillä 79 % kaikista mittauksista on näistä rakenteista.

Tarkasteltaessa kosteusmittausten lukumäärää perusteellisesti tutkituissa 168 rakennuksessa voidaan tehdä yllättävänä pidettävä havainto: rakennuksen ikäryhmästä riippuen 21–44 % kohteista ei ole tehty lainkaan kosteusmittauksia. Tätä selittää osaltaan muut kuntotutkimuksissa käytössä olevat tutkimusmenetelmät joiden avulla voidaan luotettavasti määrittää rakenteen korjaustarve myös ilman kosteusmittausta. Niissä rakennuksissa joissa on maanvastainen alapohjarakenne, on kosteusmittauksia tehty 47–77 % kohteista. Yläpohjarakenteinen kohdalla mittauksia on tehty vähiten 0-12 % kohteista. Muiden rakenteiden mittaustiheys sijoittuu näiden kahden väliin taulukon 2 mukaisesti. Taulukkoon on kerätty kosteusmittausten yleisyys eri rakenteista ja ikäryhmistä. Prosentteja laskiessa on huomioitu vain ne rakennukset, joissa on ollut kyseinen rakenneosa.

Taulukko 2. Kosteusmittausten yleisyys perusteellisesti tutkituissa rakennuksissa.

	Ennen 1950	**1950–1959**	**1960–1969**	**1970–1979**	**1980–1989**	**Jälkeen 1990**
rakennuksessa ei ole tehty kosteusmittauksia	44 %	21 %	31 %	39 %	26 %	25 %
maanvastainen alapohja	53 %	72 %	68 %	47 %	77 %	75 %
maanvastainen seinä	6 %	34 %	41 %	33 %	47 %	0 %
ulkoseinä	11 %	18 %	14 %	36 %	14 %	13 %
ryömintätilallinen alapohja	27 %	43 %	20 %	25 %	40 %	0 %
välipohja	19 %	29 %	26 %	19 %	31 %	40 %
väliseinä	4 %	18 %	10 %	17 %	6 %	0 %
yläpohja	4 %	12 %	0 %	6 %	3 %	0 %

4.2 Kosteusvaurion vakavuus

Eri-ikäisten rakennusten ja niissä olevien rakenteiden kosteusvaurioiden vakavuutta selvitettiin tilastollisin tarkasteluin. Keskeisessä roolissa tässä tarkastelussa oli selvittää, kuinka suuressa osuudessa mittauksista saadaan korkea suhteellinen kosteus mittaustulokseksi. Mittauksista 5-45 %, rakenteesta riippuen, suhteellinen kosteus oli yli 80 %. Yli 90 % suhteellinen kosteus saatiin 5-30 % mittaustuloksista. Kunkin rakenteen korkeiden kosteuspitoisuuksien mittaustulosten osuus rakenteen kaikista mittauksista on esitetty taulukossa 3. Todennäköisimmin raja-arvot ylittävä korkea kosteuspitoisuus mitataan maanvastaisista alapohjista, ryömintätilallisista alapohjista, maanvastaisista seinistä sekä väliseinistä.

Taulukko 3. Korkeiden kosteuspitoisuuksien osoittaneiden mittausten osuus kaikista mittauksista.

	> 80 % RH	**> 85 % RH**	**> 90 % RH**
maanvastainen alapohja	45 %	35 %	25 %
maanvastainen seinä	37 %	31 %	21 %
ulkoseinä	18 %	15 %	11 %
ryömintätilallinen alapohja	41 %	27 %	11 %
välipohja	26 %	23 %	19 %
väliseinä	36 %	35 %	30 %
yläpohja	5 %	5 %	5 %

Vertailemalla taulukoita 1-3 voidaan havaita, että mittauksista suurin osa kohdistetaan rakenteisiin, joissa myös todennäköisesti mitataan korkeita kosteuspitoisuuksia.

Taulukkoon 4 on koottu rakenteiden kosteusmittausten keskiarvo ja keskihajonta. Luonnollisesti korkein keskimääräinen kosteuspitoisuus saavutetaan niissä rakenteissa, joissa korkeiden mittaustulosten osuus on korkea (vrt. taulukko 3). Taulukkoa tulkittaessa on tärkeä muistaa, ettei mittausten syitä tunneta, jolloin ei voida tehdä oletuksia rakenteen keskimääräisestä kosteustasosta.

Taulukko 4. Kosteusmittausten keskiarvo ja keskihajonta.

	keskiarvo	**keskihajonta**
maanvastainen alapohja	74 % RH	19 % RH
maanvastainen seinä	68 % RH	21 % RH
ulkoseinä	57 % RH	21 % RH
ryömintätilallinen alapohja	71 % RH	17 % RH
välipohja	59 % RH	24 % RH
väliseinä	65 % RH	25 % RH
yläpohja	42 % RH	19 % RH

Tarkastelu suoritettiin myös siten, että tarkasteltiin kutakin rakenneosaa kuuteen taulukon 1 mukaiseen ikäryhmään jaettuna. Tämän tarkastelun tunnusluvuista ei havaittu selkeitä johdonmukaisuuksia, mitä ainakin osin selittää se, että välipohjissa, väliseinissä ja yläpohjissa otoskoko pienenee ja yksittäisen mittaustulokset merkitys kasvaa. Tarkastelun perusteella ei voida todeta kosteuspitoisuuden olevan korkeampi vanhemmassa rakennuskannassa tai selkeästi erottaa rakenteiden kehitysten aiheuttamia muutoksia kosteuspitoisuudessa. Tarkastelun perusteella rakenteen kastuminen riippuu ulkoisista tekijöistä, jolloin kaikkiin tarkastelun alla oleviin rakenteisiin voi muodostua olosuhteet, joissa huokosilman suhteellinen kosteus on yli 80 %.

5. Keskustelu

Jälkikäteen ei voida todentaa kosteusmittauksen alkuperäistä syytä, eikä siten arvioida millaista tulosta kuntotutkija on kosteusmittauksesta olettanut. Tämän johdosta mittauksia ei voida jakaa niiden alkuperäisen syyn mukaisiin ryhmiin, mikä mahdollistaisi tarkemmat tarkastelut. Mittaustekniikan tai kosteusmittaukseen käytettyjen mittalaitteiden vanhentuneen kalibroinnin mahdollisia mittavirheitä ei myöskään voida arvioida kaikista raporteista. Edelleen kosteusmittauksia on tehty samankin rakenneryhmän sisällä erilaisista rakenteista, erilaiselta syvyydeltä ja erilaisissa kosteusolosuhteissa. Nämä muuttujat heikentävät yksityiskohtaisen tarkastelun luotettavuutta.

Tarkastelun tuloksista voidaan kuitenkin selkeästi havaita, että kaiken ikäisistä rakennuksista ja kaikista rakenteista on mitattu korkeita kosteuspitoisuuksia. Tämä viittaa siihen, että ulkopuolinen kosteusrasitus ja sen suuruus on merkittävä tekijä mietittäessä rakenteiden kosteusvaurioitumista tai sen estämistä rakenteiden kosteusturvallisella suunnittelulla.

Esimerkiksi voidaan ottaa 80-luvun välipohjat, jotka 168 rakennuksen aineistossa olivat 88 % betonisia. Sisäolosuhteissa oleva massiivinen tai elementtirakenteiden betonivälipohja tuskin pääsee kastumaan heikon rakennusfysikaalisen toiminnan johdosta rakenteen läpi tapahtuvan kosteusvirran seurauksena. Kun rakennukset on tutkittu 2000-luvulla, voidaan sulkea pois myös rakentamista seuranneen korkean kosteuspitoisuuden mahdollisuus. Tämän rakennetyypin kohdalla 22 % kosteusmittauksista kuitenkin ylitti 80 % suhteellisen kosteuden. Ulkoisista tekijöistä johtuen tähänkin rakennetyyppiin syntyi olosuhteet, joissa mikrobikasvu on mahdollista, jos rakenteessa tai sitä vasten on kosteudelle herkkiä materiaaleja, kuten puupohjaisia rakennustuotteita tai orgaanisia pinnoitteita.

Kosteusturvallisuutta tarkastellaan usein vain vaipparakenteiden osalta. Rakenteiden suunnittelussa painoarvoa pitäisi antaa myös mahdollisille tavanomaisuudesta poikkeaville kosteusrasituksille, sekä miettiä miten mahdollinen poikkeava kosteusrasitus voidaan havaita ja miten rakennetta voidaan tämän jälkeen korjata. Rakenteiden kosteusturvallisuutta ja vikasietoisuutta parantamalla voitaisiin todennäköisesti vaikuttaa kosteusvaurioiden määrään

tulevaisuudessa. Ketjun tosin pitää jatkua suunnittelijan pöydältä, työmaan kautta kiinteistön ylläpitoon, huoltoon ja käyttöön koko sen elinkaareksi.

6. Yhteenveto

Tehdyn tarkastelun perusteella suurin osa kosteusmittauksista kohdistetaan maanvastaisiin rakenteisiin sekä alapohjiin, kaikista mittauksista 79 % on tehty näistä rakenteista. Samalla näiden rakenteiden kaikkien mittausten keskimääräinen suhteellinen kosteus on myös korkein: 68,4–74,0 % RH. Tuloksista voidaan havaita, että kaikista rakenneosista on mitattu korkeita kosteuspitoisuuksia: rakenteesta riippuen mittauksista 5-45 % on saatu mittaustuloksena yli 80 % suhteellinen kosteus. Suoritetun tarkastelun perusteella kaikkiin rakenteisiin voi siis muodostua olosuhteet, joissa mikrobikasvu on mahdollista.

Lähdeluettelo

[1] Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E. ja Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. 1. painos. Espoo. 178 s. + 27 liites. ISBN 978-951-53-3455-8.

[2] Pitkäranta, M. (toim.) 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto. 202 s. + 32 liites. ISBN 978-952-11-4626-8.

[3] Annila, P. J., Lahdensivu, J., Suonketo, J. ja Pentti, M. 2015. Practical Experiences from Several Moisture Performance Assessments. Building Pathology and Rehabilitation. Volume 5. Recent Developments in Building Diagnosis Techniques. Joã0 M.P.Q. Delgado (editor). pp. 1-20. ISBN 978-981-10-0466-7.

[4] Asikainen V. 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Osa 1 Kiinteistön omistajan opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnon tutkimiseen ja korjaushankkeisiin. Opetushallitus, 43 s.

[5] Haverinen-Shaughnessy, U., Hyvärinen, A., Putus, T. ja Nevalainen, A. 2008. Monitoring success of remediation: seven case studies of moisture and mould damaged buildings. Science of the Total Environment 399 (2008): 19-27.

[6] Annila, P., Lahdensivu, J., Suonketo, J., Pentti, M., Laukkarinen, A. ja Vinha, J. 2017 Eri ikäisten kuntarakennusten korjaustarve. Sisäilmastoseminaari 2017. Sisäilmayhdistys ry. Aalto yliopisto, Energiatekniikan laitos. SIY Raportti 35. Säteri, J. ja Ahola, M. (toim.). ss. 39-44. ISBN 978-952-5236-45-3.

[7] Meklin, T., Rintala, H. ja Hänninen, M. 2017a. Mikrobit eri rakenteista otetuissa materiaaleissa. Sisäilmastoseminaari 2017. Sisäilmayhdistys ry. Aalto yliopisto, Energiatekniikan laitos. SIY Raportti 35. Toimittajat Säteri, J. ja Ahola, M. ss. 221-226. ISBN 978-952-5236-45-3.

[8] Meklin, T., Rintala, H., Hänninen, M. ja Rintala, T. 2017. Microbial growth on different types of building materials – survey of indicator microbes. Healthy Buildings 2017 Europe. July 2-5, 2017, Lublin, Poland. ISBN: 978-83-7947-232-1.