

*Rakennusterveysasiantuntija- ja
sisäilma-asiantuntijakoulutusten
loppuseminaari 3. – 4.6.2020*

Toimittaneet: Helmi Kokotti, Ulla-Mari Pasala ja Meri Hietala

Opinnäyte- ja näyttötöiden tiivistelmät.
Rakennusterveysasiantuntija
Sisäilma-asiantuntija
RTA, SISA 2019 – 2020
Helsinki 2020



Toimittajat Helmi Kokotti, Ulla-Mari Pasala ja Meri Hietala	Ryhmät RTA 2019 – 2020 SISA 2019 – 2020
Nimi RTA– ja SISA opiskelijaryhmien 2019 – 2020 opinnäyte- ja näyttötöiden tiivistelmät. Rakennusterveysseminaari 3. – 4.6.2020.	Sivu- ja liitesivumäärä 148 sivua
Tämä julkaisu on kooste RATEKOn Rakennusterveysasiantuntija (RTA) - ja Sisäilma-asiantuntija (SISA) -koulutuksissa 2019 – 2020 opiskelleiden asiantuntijoiden opinnäyte- ja näyttötöiden tiivistelmistä. RTA-opinnäytetyön ja SISA-näyttötöiden tarkoituksena on eri osa-alueiden merkityksen ymmärtämisen, kokonaisuuden hallinnan ja käytännön osaamisen osoittaminen. Aiheina on mm. kuntotutkimuksiin, korjauksiin, ilmanvaihdon toimintaan, sisäilmaan ja sen laatuun sekä kuntien tarkastustoimintaan liittyviä tutkimuksia. Lopputyöt esitetään itsenäisenä raporttina, tiivistelmänä tässä seminaarikirjassa, seminaariesitelmänä ja posterina. Koulutuksen ja siihen sisältyvän opinnäyte- tai näyttötöiden hyväksytysti suorittaneet opiskelijat voivat hakea rakennusterveysasiantuntijan tai sisäilma-asiantuntijan sertifikaattia. Rakentamisen sertifikaatin edellytyksinä ovat soveltuva perustutkinto ja riittävä määrä soveltuvaa työkokemusta. Rakennusterveysasiantuntijan ja sisäilma-asiantuntijan pätevyydestä ja koulutusvaatimuksista säädetään terveydensuojelulain muutoksessa (1237/2014) ja asumisterveysasetuksessa (545/2015) sekä Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeissa (2016). Rakennusterveyden asiantuntijoita tarvitaan laatimaan näytteenotto- ja tutkimussuunnitelmia, suorittamaan sisäilma- ja kosteusteknisiä kuntotutkimuksia sekä tulkitsemaan niiden tuloksia, raporttoimaan selvityksistä sekä tilaamaan, suunnittelemaan ja valvomaan korjauksia ja johtamaan sisäilmaongelman selvitysprosessia. Tehtäviin soveltuminen pohjautuu jokaisen henkilökohtaiseen osaamiseen, mm. tutkinnon alaan. Lisätietoa RATEKOn rakennusterveyskoulutuksista: www.rateko.fi/rakennusterveys	
Avainsanat rakennusterveys, asumisterveys, terveyshaitta, kuntotutkimukset, suunnittelu, riskirakenteet, tiiviys, ilmanvaihto, puhtaudenhallinta, korjaukset, sisäilma, ulkopuolinen asiantuntija, koulutus	Luottamuksellisuus julkinen

The Education Program for Building Health Expert, 45 cu. 27.5.2020
 The Education Program for Indoor Air Specialist, 25 cu.

Editors Helmi Kokotti, Ulla-Mari Pasala and Meri Hietala	Courses RTA 2019 – 2020 SISA 2019 – 2020
Title The abstracts of the research reports conducted by the students of education programs for Building Health Expert and Indoor Air Specialist 2019 – 2020. Research reports were presented at the public seminar in 3. – 4.6.2020.	No. of pages and annexes 148 pages
The education programs for Building Health Expert (45 cu in 1.5 years) and Indoor Air Specialist (25 cu in 1.5 years) have been conducted for the fifth time in the Training Centre of the Confederation of Finnish Construction Industries RT (CFCI). The contents of the education programs are guided by the regulations of the Ministry of Social Affairs and Health and by the National Supervisory Authority for Welfare and Health, Valvira. The students can after the education programs apply certification from Eurofins Expert Services Oy. The cross-scientific education program includes the final research thesis consisting of the problem subjects in the field. The research work has to be published as the report accepted by reviewers, as short written and oral presentations and as a poster in the public seminar. This book contains short presentations by the students studied in 2019 – 2020. Their subjects were studies concerning IAQ, moisture damages, investigations, design and repair work of building structures, operating models and health effects.	
Keywords healthy building, health effects, moisture damages, building investigation, construction design, repair, air tightness, ventilation and air conditioning systems, indoor air quality IAQ, education	Confidentiality public

ESIPUHE

RATEKOn kuudennet puolitoistavuotiset Rakennusterveysasiantuntija RTA ja Sisäilma-asiantuntija SISA -koulutukset ovat loppuillaan. Koulutusohjelmiin osallistui 21 opiskelijaa, jotka halusivat syventää osaamistaan rakennus- ja asumisterveyteen liittyvissä kysymyksissä. Olemme koonneet tähän julkaisuun tiivistelmät opinnäyte- ja näyttötöistä, jotka opiskelijat esittelevät 3. – 4.6.2020 järjestettävässä koulutuksien loppuseminaarissa. Tänä vuonna koulutukset päättyvät koronaviruksen aiheuttamissa poikkeusoloissa ja seminaariin on niin lähi- kuin etäosallistumismahdollisuus.

Kiitämme lämpimästi kaikkia koulutuksen toteutuksessa mukana olleita kouluttajia ja yhteistyökumppaneita. Monipuoliset luennot, harjoitus- ja ryhmätyöt, käytännön harjoitukset, demonstraatiot, tentit ja keskustelut ovat kartuttaneet laajasti opiskelijoidemme asiantuntemusta ja osaamista.

Osoitamme suuret kiitokset tässä julkaisussa esiteltävien lopputöiden ohjaajille. Lopputöiden tekeminen on vaatinut opiskelijoilta pitkäjänteisyyttä ja opittujen asioiden soveltamista sekä ohjaajilta asiantuntevaa tukea. Lopputöillä opiskelijat ovat osoittaneet sekä eri osa-alueiden että kokonaisuuksien merkityksen ymmärtämisen rakennus- ja asumisterveyteen liittyvissä kysymyksissä.

Myös työnantajat ansaitsevat kiitoksen opiskelijoidemme mahdollisuudesta panostaa koulutukseen ja osaamisen syventämiseen. Voimme vakuuttaa, että koulutuksen kartuttamat tiedot ja taidot hyödyttävät organisaatiotanne ja asiakkaitanne.

Kiitokset opiskelijoiden perheille ja läheisille, jotka ovat ymmärtäneet opiskelun vievän yhteistä aikaa ja resursseja sekä mahdollistaneet urakan maaliin saattamisen.

Lämmin kiitos opiskelijoillemme antoisista, mielenkiintoisista ja mieleenpainuvista yhteisistä hetkistä! Toivottavasti opiskelun aikana syntyneistä verkostoista on teille tulevaisuudessa hyötyä.

Helsingissä 27.5.2020

Helmi, Ulla-Mari ja Meri

"Kuka tahansa voi tietää. Tarkoitus on ymmärtää".

- Albert Einstein

"Myrskyt, ah! Niiden merkitys lienee siinä, että jälkeinpäin näkee auringonnousun."

- Tove Jansson: Muumipapan urotytöt

Rakennusteollisuuden koulutuskeskus RATEKO

SISÄLLYSLUETTELO

Kuntien tarkastustoiminta asunnoissa, päiväkodeissa ja kouluissa. Kuntotutkimukset ja ilmanvaihdon toiminta.

<i>Asunnontarkastusprosessin yhtenäistäminen Pirkanmaalla</i> Eeva Hentilä	1
<i>1970-luvun asuinkerrostalon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Sanna Helttunen	7
<i>Päiväkotien terveydelliset olosuhteet ja sisäilma-asioiden hoitaminen Päijät-Hämeessä</i> Mira Ikonen	13
<i>1978 valmistuneen ja 1988- ja 2000- luvuilla laajennetun päiväkotirakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Sanna Snell	19
<i>Tunkkaisuuden kokemus kouluissa - väsyttääkö luokassa? Selvitys Tampereen kaupungin perusopetuksen kouluilla koetusta sisäilman laadusta</i> Raija-Liisa Oinonen	25
<i>Ilmanvaihdon jaksottaisen käytön riskikohtien tunnistaminen</i> Laura Pyykkö	31
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 1940-luvun koulurakennus</i> Jussi Salmi	37
<i>Vanhan koulurakennuksen ylläpito ennen peruskorjausta</i> Janne Ala-Krekola	43
 <i>Mikrobiologisten ja kemiallisten näytteiden merkitys rakennuksen kunnon arvioinnissa ja korjauksessa.</i>	
<i>Rakennusmateriaalinäytteiden tulosten tulkinta kuntotutkimus -raporteissa ja sen merkitys terveydensuojeluvalvonnan tekemässä arvioinnissa</i> Helmi Heiska	48
<i>Mineraalivillaeristeiden kiertotalous</i> Janne Ruokonen	54
<i>2-etyyli-1-heksanolia emittoivan lattian korjaus – sisäilmakorjausten palveluketjussa</i> Taru Säteri	60
<i>Öljyhiilivetyemissioiden rajoittaminen epoksipinnoitteella</i> Kennet Mod	66

Kuntotutkimukset eri aikakausien rakennuksissa.

Tutkimusmenetelmät ja korjaustarve.

<i>Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävän betonirakenteen vaikutus rakennuksen terveellisyteen ja rakennushankkeeseen</i> Olli Suursalmi	72
<i>Viiltomittaukset kuntotutkimuksissa</i> Simo Kinnunen	78
<i>Rakennusten lämpökuvaus miehittämättömällä ilma-aluksilla (UAV)</i> Sauli Paloniitty	84
<i>Rakenteiden kosteusteknisen vikasietoisuuden huomioon ottaminen rakennesuunnittelussa</i> Liisi Hiltunen	90
<i>Homepölypuhdistus koulurakennuksessa</i> Seppo Järvinen	96
<i>Hallirakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Taija Haukkamäki	102
<i>Pornaisten kirkon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Henri Pietarinen	107
<i>1950-luvulla rakennetun koulurakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Ville Nurkkala	113
<i>1950-luvun koulu, laajennettu ja peruskorjattu 1994. Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Kari Ovaskainen	119
<i>Kirkonkylän alakoulun kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jukka Räisänen	125
<i>Seurakuntakeskuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Pekka Salin	131
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Elloksen kiinteistö</i> Teemu Väänänen	137
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus: Terveysaseman korjaustarve</i> Arto Pennanen	143

Kuntien tarkastustoiminta asunnoissa, päiväkodeissa ja kouluissa. Kuntotutkimukset ja ilmanvaihdon toiminta.

<i>Asunnontarkastusprosessin yhtenäistäminen Pirkanmaalla</i> Eeva Hentilä	1
<i>1970-luvun asuinkerrostalon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Sanna Helttunen	7
<i>Päiväkotien terveydelliset olosuhteet ja sisäilma-asioiden hoitaminen Päijät-Hämeessä</i> Mira Ikonen	13
<i>1978 valmistuneen ja 1988- ja 2000- luvuilla laajennetun päiväkotirakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Sanna Snell	19
<i>Tunkkaisuuden kokemus kouluissa - väsyttääkö luokassa? Selvitys Tampereen kaupungin perusopetuksen kouluilla koetusta sisäilman laadusta</i> Raija-Liisa Oinonen	25
<i>Ilmanvaihdon jaksottaisen käytön riskikohtien tunnistaminen</i> Laura Pyykkö	31
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 1940-luvun koulurakennus</i> Jussi Salmi	37
<i>Vanhan koulurakennuksen ylläpito ennen peruskorjausta</i> Janne Ala-Krekola	43

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin Pirkanmaan ympäristöterveydenhuollon valvontayksiköiden asunnontarkastusten valvontakäytäntöjen erot ja yhteneväisyydet, käytössä olevat resurssit ja niiden riittävyys. Tavoitteena oli myös löytää ratkaisuja asunnontarkastusprosessin ja valvonnan tehostamiseksi. Lisäksi kartoitettiin asunnontarkastusprosessin kipukohtia ja ratkaisuja niihin. Pirkanmaalla haluttiin selvittää, kuinka käytännön valvontatyöt asumisterveysasioiden hoitamisessa eroavat toisistaan. Tampereen, Pirkkalan ja Sotesin ympäristöterveysyksiköt ovat tehneet yhteistyösopimuksen, joka mahdollistaa viranhaltijoiden toimimisen tarvittaessa ja pyynnöstä toisen yksikön valvonta-alueella.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda pohja asunnontarkastusprosessin yhtenäisille käytännöille. Tavoite on yhteneväinen ympäristöterveyden valtakunnallisen valvontaohjelmakauden 2020-2024 teeman kanssa, joka on yhdenmukainen valvonta ja yhteistyön edistäminen (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto s.a.).

2. KÄYTETTY MENETELMÄT

Pirkanmaan ympäristöterveyden esimiehille ja asunnontarkastuksia tekeville tarkastajille tehtiin marraskuussa 2018 verkkokysely ZEF-työkalulla. Kyselyssä selvitettiin valvontayksiköiden kokoeroa, käytössä olevia resursseja ja niiden koettua riittävyttä sekä asunnontarkastusprosessia kokonaisuudessaan sisältäen valvontakäytännöt ja käytössä olevat työvälineet. Kyselyssä selvitettiin, miten asunnontarkastusprosessin tehokkuutta voisi seurata. Lisäksi selvitettiin asunnontarkastusten henkistä kuormittavuutta. Kyselyyn vastattiin valitsemalla valmiista vastausvaihtoehdoista sopivin sekä tiettyihin kysymyksiin antamalla sanallinen vastaus avoimiin tekstikenttiin. Esimiehille suunnatut kysymykset keskittyivät enemmän hallinnollisiin, muun muassa resursseihin ja koulutustaustaa koskeviin asioihin. Tarkastajille puolestaan kohdistettiin kysymykset, jotka koskivat enemmän käytännön valvontatyötä.

Viranhaltijoille toteutetun kyselyn tulosten pohjalta pidettiin työpaja. Työpajan tarkoituksena oli syventyä kyselyn tiettyihin aihealueisiin syvemmin ja saada näin vertailukelpoista aineistoa valvontayksiköistä sekä kehittää muun muassa asunnontarkastusten laadun ja tehokkuuden mittareita eteenpäin. Työpajan aiheena oli myös työn kuormittavuuden hallinta. Työpajassa käytettiin niin sanottua benchmarkkaus-menetelmää. Työpajaan kutsuttiin kaikki 11 asunnontarkastuksia tekevää viranhaltijaa, joista työpajaan osallistui 9 viranhaltijaa. Työpajaan osallistujista 4 oli Tampereelta, 4 oli Pirtevesta ja 1 oli Sotesista. Työpajassa verrattiin asunnontarkastusten määriä yksiköittäin ja keskusteltiin tarkastuskohteiden painopisteistä. Valvontakäytäntöjen yhteneväisyyttä selvitettiin muun muassa vertaamalla tarkastusjonojen pituuksia, käytössä olevia mittalaitteita, tarkastusten sisältöä, sertifioitujen asiantuntijoiden käytön velvoittamista, tarkastuspöytäkirjan lähettämisen aikataulua, määräaikojen seurannan tapoja, hallinnollisten pakkokeinojen käytön yleisyyttä sekä annetaanko lausuntoja terveyshaitasta vain tarkastusten pohjalta.

Yhteisen keskusteluosuuden jälkeen työpajaan osallistujat jaettiin kolmeen ryhmään siten, että eri yksiköistä oli mahdollisuuksien mukaan tasainen edustus kussakin ryhmässä. Ryhmätöiden aluksi osallistujille esiteltiin ja jaettiin tukimateriaalia siihen, kuinka aiheita voi lähestyä valittujen työpajamenetelmien keinoin. Työpajaan oli valittu menetelmiksi Miksix5 -metodi sekä arvostava haastattelu -metodi. Metodeja oli mahdollista hyödyntää halutessaan. Ryhmätyöskentelyyn annettiin pääaiheiksi asunnontarkastusprosessin sujuvoittaminen ja tehostaminen sekä asunnontarkastusten kuormittavuus. Sujuvoittamisesta ja tehostamisesta haluttiin mietittävän käytäntöjä ja tapoja työn sujuvoittamiseen sekä onko tehokkuuden seuranta asunnontarkastusten osa-alueella mahdollista vai ei. Kuormittavuudesta haluttiin keskustelua siitä, mitkä tekijät kuormittavat asunnontarkastusten osa-alueella ja mitkä tekijät vähentävät kuormitusta.

3. TULOKSET

3.1. Kyselyn tulokset

Eri valvontayksiköt vastasivat kyselyyn vaihtelevalla aktiivisuudella. Esimiesten vastausprosentti oli 50 % ja asunnontarkastajien vastausprosentti oli 83 %. Kyselyn kokonaisvastausprosentti oli 75 %. Vaikka vastausprosentti oli tarkastajien osalta hyvä, kaikki vastaajat eivät kuitenkaan olleet vastanneet kaikkiin kysymyksiin. Näin ollen kyselyn vastauksista ei saanut niin kattavaa kuvaa, kuin pelkän vastausprosentin perusteella voisi ajatella.

Vastaajista noin 63 % ilmoitti, että asiakasyhteydenottoihin vastaamiseen on määritetty tavoiteaika. Tavoiteaika vaihteli kahdesta päivästä kahteen viikkoon. Ympäristöterveyteen tulevista yhteydenotoista kirjataan lähes kaikki lukuun ottamatta yleisluontoista ohjausta ja neuvontaa sekä neuvontaa, jota ei voi yhdistää mihinkään tiettyyn kohteeseen. Asunnontarkastuksia tehdään pääosin yksin, mutta 50 % vastaajista ilmoitti, että tarvittaessa tarkastus voidaan tehdä parin kanssa. Vastaajista 37 % kertoi, että eivät ota näytteitä koskaan. Vastaajista 63 % ilmoitti ottavansa näytteitä harvoin noin muutaman kerran vuodessa. Pidempiaikaisia selvityksiä melutai lämpötilamittauksin ilmoitti tekevänsä harvoin 71 % vastaajista ja 29 % vastaajista ei tee pidempiaikaisia selvityksiä koskaan. Tarkastuksen johdosta edellytetyille toimenpiteille antaa määräajat 78 % vastaajista. Sertifioituja asiantuntijoita velvoitti käyttämään lisätutkimusten tekemisessä kaikki yhdeksän kysymykseen vastannutta.

Kaikki vastaajista ilmoittivat antavansa kehotuksen tarkastuspöytäkirjalla. Vastaajista 89 % piti määräystä tyypillisimpänä pakkokeinona. Vastaajista 50 % vastasi käyttävänsä uhkasakkoa määräyksen tehosteena. Teettämisuhkaa ei ollut käyttänyt kukaan vastaajista. Avoimissa vastauksissa oli vaihtelua kehotuksen antamisen kohdalla. Osa vastaajista antoi kehotuksen heti tarkastuspöytäkirjassa, kun asunnossa oli todettu selvitettäviä tai korjattavia epäkohtia. Osa vastaajista antoi kehotuksen vasta sitten, jos tarkastuspöytäkirjaan kirjattuja toimenpiteitä määräaikoineen ei oltu noudatettu. Osa vastaajista ei anna kehotuksia omakotitalojen omistajille lainkaan. Pakkokeinoja käytetään, jos kehotusta määräaikoineen ei ole noudatettu. Vastaajista 44 % ilmoitti päättävänsä vireillä olevat asiat kirjallisesti ja yksi (11 %) vastaaja päättää asiat suullisesti. Vastaajista 44 % ilmoitti päättävänsä asian jollakin muulla tavoin. Muita tapoja oli esimerkiksi tilanteet, joissa asiaan oli saatu tarvittavat dokumentit.

Vastaajista 89 % oli sitä mieltä, että asunnontarkastusprosessin tehokkuutta ei voi arvioida, koska tapaukset ovat niin erilaisia ja vievät aikaa hyvin eri määriä. Tehokkuuden arviointia pidettiin yleisesti hyvin haastavana. Vastaajien mukaan asunnontarkastusprosessia voisi sujuvoittaa ja tehostaa tehokkaalla määräaikojen seurannalla, ensimmäisen asunnontarkastuksen tekemisellä mahdollisimman nopeasti, tarkastuslomakepohjan kehittäminen siten, että se olisi nopeasti täytettävissä, asioiden pitkittyessä määräyksiä annettaisiin aikaisemmin, resurssien lisäämisellä sekä asunnontarkastuspyyntöjen kiireellisyyden arvioinnin kehittämisellä. Osa vastaajista piti nykyistä asunnontarkastusprosessia sujuvana sellaisenaan. Asunnontarkastustapaukset kuormittivat 44 % vastaajista usein. Todella usein kuormittavuutta koki 22 % vastaajista. Hen-

kistä kuormittavuutta koki harvoin 11 % eli yksi vastaaja. Yksi vastaaja (11 %) ilmoitti kuormittuvansa silloin tällöin ja yksi vastaaja (11 %) ei kokenut asunnontarkastuksia koskaan kuormittavina.

3.2. Lisäkyselyn tulokset

Esimiehille tehtiin sähköpostitse lisäkysely kevennetyin kysymyksin, jonka vastausprosentti oli 100 %. Jokainen ympäristöterveysyksikön esimies katsoi, että asunnontarkastusten henkilömäärä on nykyisellään riittävä. Tampereella asunnontarkastuksiin on varattu 4 henkilötövuotta, Pirtevässä vajaa 1 henkilötövuosi ja Sotesilla 0,4 henkilötövuotta. Muissa yksiköissä asunnontarkastajat tekevät myös suunnitelmallista valvontaa, mutta Tampereella kaksi tarkastajaa tekee vain asunnontarkastuksia ja kaksi asunnontarkastusten lisäksi myös muuta terveysdensuojelulain mukaista valvontaa.

Missään ympäristöterveyden valvontayksikössä ei ole käytössä päivystystä virka-ajan ulkopuolella lukuun ottamatta lakisääteistä eläinlääkäreiden päivystysvelvoitetta. Nykyisessä asunnontarkastusprosessissa nähtiin hyvänä Pirtevan valvontayksikössä olemassa oleva ohjeistus ja yhtenäiset toimintatavat (ilmeisesti yksikön sisällä). Sotesin valvontayksikössä koettiin hyvänä tarkastusjonon lyhyys ja Tampereen valvontayksikössä koettiin asunnontarkastajien koulustaustan olevan hyvä ja normaalitilanteessa resurssien olevan riittävät. Pirtevan valvontayksikössä koettiin loma-aikojen ja muiden pitkien poissaolojen viivästyttävän käsittelyä. Tampereen valvontayksikössä nykyisessä asunnontarkastusprosessissa nähtiin kehitettävää yhteistyössä eri sidosryhmien kuten sosiaalitoimen kanssa. Myös käsittelyaikojen pituutta haluttiin lyhyemmäksi. Sotesin valvontayksikkö ei vastannut asunnontarkastusprosessin kehittämistä koskevaan kysymykseen.

3.3. Työpajan tulokset

Pirtevan ja Sotesin valvontayksiköiden alueella vireille tulevien asunnontarkastuspyyntöjen määrät ovat olleet laskusuunnassa. Tampereen valvontayksikön alueella kyseistä suuntausta ei ole ollut havaittavissa. Tarkastuskohteiden laatu vaihteli sen mukaan, kuinka suuresta ja millaisesta kunnasta oli kyse. Kaupunkiympäristössä tarkastettiin enemmän taloyhtiöitä, mutta myös omakotitaloja tarkastetaan. Tarkastettavat asunnot ovat sekä omistus- että vuokra-asuntoja. Maaseutumaisissa kunnissa korostuivat vuokralla olevat omakotitalot. Valvontakäytäntöjen yhteneväisyys erosi eniten tarkastusjonon pituudella. Tampereen valvonta-alueella tarkastusjonon pituus on ollut yhdestä kahteen kuukauteen (syksyllä 2019 jonon pituus on kasvanut jopa 4 kuukauteen). Pirtevan alueella tarkastusjonon pituus on kuukausi ja Sotesissa viikko.

Kaikilta yksiköiltä löytyi perustyövälineet kuten lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittarit, pintakosteustunnistin sekä häkä- ja hiilidioksidimittarit. Pirtevan ja Tampereen valvontayksiköissä on käytössä myös LUX- ja äänitasomittarit. Tampereella käytetään myös paine-eromitaria. Tarkastusten sisällössä ei tullut esille merkittäviä eroja. Jokaisessa valvontayksikössä veloitetaan käyttämään sertifioitua asiantuntijaa tehtävissä jatkotutkimuksissa. Asiantuntijoiden

laatimien raporttien pohjalta annetaan lausunto terveyshaitasta silloin, kun on tehty myös asunnontarkastus kyseiseen kohteeseen. Tarkastuspöytäkirjojen lähettämisaika tarkastusten jälkeen vaihteli hieman ollen enimmillään 2 – 4 viikkoa. Jokaisessa valvontayksikössä käytetään ja seurataan määräaikoja vaadittaville toimenpiteille. Vain Tampereen yksikössä tarkastuspöytäkirjoihin kirjataan tarkastuksella tehtyihin mittauksiin liittyvä epävarmuustarkastelu. Hallinnollisista pakkokeinoista on jokaisessa valvontayksikössä käytössä määräys. Pirtevan ja Tampereen valvontayksiköissä käytetään määräyksen tehostamisessa uhkasakkoa. Sotesin valvontayksikössä ei uhkasakkoa ole käytetty. Tampereella on laitettu asuntoja myös käyttökieltoon.

Nykyistä asunnontarkastusprosessia pidettiin toimivana, mutta jälkivalvonta ja terveyshaittasioiden päättäminen koettiin muutosta vaativiksi asioiksi. Myös ympäristöterveydenhuollon valtakunnallisen kohdetietojärjestelmä VATIn osalta koettiin olevan tarvetta kehittää järjestelmää toimivammaksi muun muassa parempien tarkastuspöytäkirjapohjien osalta. Terveyshaittaepäilytapauksiin liittyvät kirjaukset koettiin aikaa vieviksi. Myös yhteistyö eri viranomaisihoiden kanssa koettiin puutteelliseksi. Muutosta estävinä tekijöinä nähtiin ensisijaisesti resurssipula ja kohdetietojärjestelmä VATIn osalta Ruokaviraston resurssien vähyys valtakunnallisen rekisterin ylläpitäjänä ja kehittäjänä. Asunnontarkastusprosessien tehokkuuden seurannassa nähtiin oleelliseksi seurata sitä, poistetaanko todetut terveyshaitat annetuissa määräajoissa. Seurattavana asiana pidettiin myös sitä, että tarkastuspöytäkirjojen laatimiselle ja toimittamiselle asetetaan valvontayksiköissä tavoiteajat ja niitä pyritään noudattamaan.

Kuormittavina tekijöinä koettiin asioiden riittäisyys ja osapuolten väliset ristiriidat sekä osapuolten terveysvalvonnalle osoittamat kohtuuttomat odotukset ja vaatimukset. Kuormittavuutta lisää kiire ja asioiden ruuhkautuminen. Asunnontarkastusten kuormittavuutta vähentää kollegoilta saatu vertaistuki ja esimiehen tuki sekä työparityöskentely. Toimiva työyhteisö koettiin tärkeäksi kuormittavuutta vähentäväksi tekijäksi. Myös lainsäädäntöön saatu kirjaus sertifioitujen asiantuntijoiden käyttämisestä, työkokemus ja riittävä koulutus sekä toimivat tietojärjestelmät nähtiin kuormittavuutta keventäviksi tekijöiksi.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä saatiin kartoitettua melko kattavasti, kuinka Pirkanmaan asunnontarkastusten valvontakäytännöt eroavat toisistaan ja missä käytännöt ovat yhteneväiset. Myös resurssit ja niiden koettu riittävyys esimiesten ja tarkastajien näkökulmista saatiin selville. Asunnontarkastusprosessin tehostamiseksi löydettiin joitakin keinoja, mutta esimerkiksi työtapojen kehittäminen jäi vielä melko alustavaksi kartoitukseksi. Työtapojen kehittämisen eteenpäin viemistä tulee edelleen yksiköittäin sekä yksiköiden välisenä yhteistyönä jatkaa.

Asunnontarkastukset koetaan melko yleisesti kuormittavina. Kuormittaviksi asioiksi koetaan kiire sekä asioiden riittäisyys ja ristiriitatilanteet. Kuormittavuutta vähentää parityöskentely, kollegoiden ja esimiesten tuki sekä riittävät resurssit.

Pirkanmaan valvontayksiköt eroavat toisistaan suuruusluokan suhteen melko paljon. Kun tarkastellaan valvonta-alueiden asukasmääriä ja vuosittaisia yhteydenottomääriä, valvontayksiköiden erot ovat suuruusluokaltaan kolminkertaiset. Kokoerot näkyvät myös asunnontarkastuksiin varatuissa henkilötyövuosissa. Asunnontarkastajien peruskoulutustaso oli melko yhteneväinen. Vain suurimmassa valvontayksikössä oli koulutettu sisäilma-asioiden parissa työskentelevät tarkastajat rakennusterveysasiantuntijoiksi. Näkemykseni on, että rakennusterveysasiantuntijakoulutus antaa sisäilmaepäilytapausten selvittämiseen syventävää ja tarpeellista tietoa arvioimaan ulkopuolisten asiantuntijoiden laatimien raporttien sisältöä. Tarkastajan oma osaaminen on tärkeässä roolissa, koska vain terveydensuojeluviranomainen voi ottaa kantaa siihen, onko asunnossa terveyshaittaa aiheuttava olosuhde. Jotta terveyshaittaa voi luotettavasti ja kokonaisuus huomioiden arvioida, tulee tarkastajan osaaminen olla sisäilma- ja rakennusteknisissä asioissa riittävä. Kokemukseni mukaan rakennusterveysasiantuntijakoulutus vastaa hyvin tähän vaatimukseen. Jokaisessa ympäristöterveysyksikössä olisi tarpeellista olla vähintään yksi rakennusterveysasiantuntijan koulutuksen käynyt tarkastaja.

Valvontakäytännöt olivat työpajan perusteella yhteneväiset tarkastusten sisällön ja yhtenäisten kirjaamiskäytäntöjen osalta. Toimenpiteille käytettiin määräaikoja, jatkotutkimuksiin veloitettiin käyttämään sertifioitua asiantuntijaa ja lausunto terveyshaitasta annettiin vasta tarkastuskäynnin jälkeen. Pidän näitä yhteneväisiä toimintatapoja hyvänä ja merkittävänä asiana etenkin pirkanmaalaisten tasapuolista kohtelua ajatellen. Sen sijaan pirkanmaalaiset ovat eriarvoisessa asemassa tarkastusjonon pituuden suhteen, joka vaihtelee hyvin paljon riippuen siitä, minkä valvontayksikön alueella pirkanmaalainen asukas asuu. Eroja löytyi myös hieman hallinnollisten pakkokeinojen käytössä. Vaikka kaikissa yksiköissä käytettiin tarpeen tullen määräystä, niin pienimmässä valvontayksikössä määräyksen tehosteena ei käytetä uhkasakkoa. Käyttökieltoa on käytetty vain suurimmassa valvontayksikössä. Opinnäytetyön perusteella pidän Pirkanmaan ympäristöterveyden valvontayksiköiden perusvalvontakäytäntöjä melko yhteneväisinä. Yhteneväisyyttä tulisi lisätä pakkokeinojen käytön yhteisillä pelisäännöillä. Pirkanmaalaisten asukkaiden kannalta tärkein yhtenäistämisen kohta olisi saada asunnontarkastusjonot samaan suuruusluokkaan.

5. KIITOKSET

Lämpimät kiitokseni Pirkanmaan ympäristöterveydenhuoltojen kollegoilleni suuresta avusta. Ilman teitä työstäni ei olisi tullut mitään. Kiitän myös työnantajaani Tampereen kaupunkia ja etenkin esimiehiäni Tuula Sillanpäää ja Tarja Hartikaista, jotka mahdollistivat koulutukseen osallistumiseni. Haluan kiittää myös työni ohjaajaa Mari Järvenmäkeä, jolta sain hyviä vinkkejä työn toteuttamiseen.

6. LÄHDELUETTELO

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira s.a. Ympäristöterveydenhuollon yhteinen valtakunnallinen valvontaohjelma. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/ymparistoterveydenhuolto/ymparistoterveydenhuollon-yhteinen-valtakunnallinen-valvontaohjelma> [viitattu 10.11.2019].

1970-LUVUN ASUINKERROSTALON KOSTEUS -JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Sanna Helttunen

Raksystems Insinööritoimisto Oy

TIIVISTELMÄ

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen kohteena oli vuonna 1971 rakennettu 8-kerroksinen asuinkerrostalo, jossa on 91 asuinhuoneistoa ja yksikerroksisen liikehuoneisto. Rakennuksen alapohja on maanvastainen betonilaatta, pääty- ja väliseinät ovat kantavia teräsbetonielementtejä. Ulkoseinä on pitkällä julkisivuilla itsekantava teräsbetonikuorielementti. Vesikatteena on konesaumattu peltikate.

Tavoitteena oli selvittää asuinkerrostalon ja sen yhteydessä olevan liikehuoneiston kosteus- ja sisäilmateknistä kuntoa tulevaa peruskorjausta varten. Lisäksi arvioitiin sisäilman laatua sekä altistumisolosuhteita asuinhuoneistoissa. Rakenteita tutkittiin aistinvaraisesti, rakenneavauksin, kosteusmittauksin ja -kartoituksin sekä materiaalien mikrobinäytteiden avulla. Rakenteiden tiiveyttä tutkittiin merkkiainetutkimuksin. Ilmanvaihdon toimivuutta arvioitiin aistinvaraisin tutkimuksin, merkkisavulla sekä jatkuvatoimisin paine-eromittauksin.

Asuinkerrostalon vesikaton kunnon todettiin olevan välttävä. Yläpohjassa havaittiin useita vuotokohtia, jotka kuormittavat ulkoseinä- ja yläpohjarakenteita. Vuotokohtia oli havaittavissa mm. ylimpien kerrosten sisätiloissa ja parvekkeilla. Koneellinen poistoilmanvaihto yhdistettynä puutteelliseen korvausilman saantiin lähtökohtaisesti alipaineisti tilat. Tämä aiheutti mm. sen, että korvausilmaa tuli rakenteiden läpi mm. osin mikrobivaurioituneiden ulkoseinien elementtirakenteiden ja välipohjaelementtien liitoskohtien ilmapuotoina. Asuinrakennuksessa tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on todennäköinen 34 % ja mahdollinen 12 % tutkituista huoneistoista.

1. JOHDANTO

Kosteus- ja sisäilmateknisellä kuntotutkimuksella selvitetään rakennuksen kuntoa ja korjaustarpeita esim. rakennuksen peruskorjausta varten tai kun tiloissa on koettu oireilua tai rakenteissa epäillään vaurioita, joilla voi olla vaikutusta tilojen käyttäjiin. Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tutkimusseloste ei sovellu korjaussuunnitteluvaiheessa tarvittavaksi korjaustyöselitykseksi tai korjaussuunnitelmaksi. (Ympäristöopas 2016).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää asuinkerrostalon ja sen yhteydessä olevan liikehuoneiston kosteus- ja sisäilmateknistä kuntoa tulevien korjaustarpeiden suunnittelua ja toteutusta varten. Tutkimustulosten perusteella arvioitiin sisäilman laatua sekä tehtiin päätelmiä altistumisolosuhteista asuinhuoneistoissa.

2. KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

Tutkimuksen kohteena on vuonna 1971 rakennettu 8-kerroksinen asuinkerrostalo, jonka päätyyn on liitetty yksikerroksinen liiketila. Rakennuksen kerrosala on 7656 m². Huoneistoja asuinkerrostalossa on 91 kpl. Asuinkerroksessa on osittain maanalaisia yleisiä tiloja väestönsuojineen. Tutkimuskohde on tyypillinen 1970-luvulla rakennettu betonisandwich-rakenteinen elementtikerrostalo. Rakennuksen alapohja on maanvastainen lämmöneristämätön betonilaatta, pääty- ja väliseinät ovat kantavia teräsbetonielementtejä. Ulkoseinä on pitkällä julkisivuilla itse-kantava teräsbetonikuorielementti. Rakennuksen vesikatto on puurunkoinen ja vesikatteenä on konesaumattu peltikate. Ilmanvaihtona on koneellinen poistoilmanvaihto. Rakennuksen märkätilat ovat tehdasvalmisteisia betonisia kylpyhuone-elementtejä. Ulkoseinää on lisälämmöneristetty ulkopuolelta.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Kuntotutkimus käsitti aistinvaraiset havainnot rakennuksen ulko- ja sisäpuolelta. Rakenteita tutkittiin rakenneavauksin, kosteusmittauksin -ja kartoituksin sekä materiaalimikrobinäytteiden avulla. Rakenteiden tiiveyttä tutkittiin merkkiainetutkimuksin. Ilmanvaihdon toimivuutta arvioitiin aistinvaraisin tutkimuksin, merkkisavulla sekä jatkuvatoimisin paine-eromittauksin. Ennen varsinaisten tutkimusten aloittamista tutustuttiin lähtötietoihin. Kohteessa tehtiin alkukatselmus kaikkiin niihin huoneistoihin, joihin oli pääsy (88 huoneistoa). Alkukatselmuksen aikana tarkastettiin ikkunoiden kuntoa, mahdollisia vuotojälkiä (seinät, katto, lattia, keittiön al-laskaappi, kylpyhuone ja WC-tilat), mitattiin hetkellisiä paine-eroja sekä porraskäytävään, että ulos. Katselmuksen aikana tehtiin aistinvaraiset arviot parvekkeiden kunnosta pintapuolisesti. Ilmanvaihdon toimintaa tutkittiin aistinvaraisesti ja merkkisavulla. Alkukatselmuksen aikana tehtiin aistinvaraiset havainnot sekä kosteuskartoitukset pintakosteudentunnistimella talon yleisiin tiloihin sekä kiinteistön yhteydessä olevaan liikehuoneistoon.

Varsinaisten tutkimusten aikana rakenneavauksia tehtiin yleisten tilojen alapohjaan ja ulkoseiniin. Materiaalinäytteitä (sis. vertailunäytteet) otettiin yhteensä 35 kpl. Näytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä Metropolilab Oy:ssä ja näytteenotto tapahtui asumisterveysasetuksen (STM 545/2015) mukaisesti. Kosteusmittaukset tehtiin porareikämittauksin alapohjaan ja ulkoseiniin, puunkosteusmittarilla ulkoseinää vasten oleviin puurakenteisiin. Kosteusmittauspaukat valittiin pintakosteuskartoituksen ja aistinvaraisten arvioiden perusteella. Porareikämittauksia tehtiin seitsemästä eri mittauspisteestä ja jokaisella mittauspisteellä kosteutta mitattiin kahdesta eri syvyydestä, 30 ja 70 mm. Kohteessa tehtiin merkkiainekokeita RT14-11197 - Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein - ohjeiden mukaisesti, mutta sen hetkessä, tavanomaisessa paine-erossa. Merkkiainekokeet suoritettiin annostelemalla merkkiainekaasuna käytettyä typpi-vety -kaasuseosta (N₂ 95%, H₂ 5%) tutkittavaan rakenteeseen/korkeamman paineen puolelle ja tutkimalla kaasun kulkeutumista sisäpuolelta/matalamman paineen puolelta merkkiaineanalysaattorin avulla. Jatkuvatoimiset paine-eromittaukset tehtiin vaipan yli ulkoilmaan nähden kuudessa asunnossa kahden viikon ajan Kimo KP 320 -laitteilla.

Kuntotutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen ja tutkimusten perusteella kohteessa tehtiin altistumisolosuhteiden arviointi. Tässä tutkimuksessa altistumisolosuhteiden arviointi perustuu rakenteiden mikrobivaurioiden laajuuden arviointiin, tutkimuskohteen paine-eroihin, ilmayhteyden tutkimiseen epäpuhtauslähteistä sisäilmaan, yleisten tilojen ilman laadun arvioon ja ilmanvaihdon pintapuoliseen tarkasteluun. Sisäilman epäpuhtauksille altistumisen todennäköisyyden arviointi mikrobivaurion yhteydessä tehdään 4-portaisella asteikolla sen perusteella, onko tavanomaisesta poikkeava olosuhde epätodennäköinen, mahdollinen, todennäköinen vai erittäin todennäköinen (Valvira 4/2017).

4. TÄRKEIMMÄT TULOKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

4.1. Alapohja

Kellarin lattian rakennetta tutkittiin neljästä kohdasta läpiporausten avulla ja alapohjan betonin paksuudeksi todettiin n. 200-250 mm. Kosteuden aiheuttamia pinnoitevaurioita havaittiin väestönsuojassa sekä B-portaan kylmäkellarissa. Lattiarakenne on kostea noin metrin alueella ulkoseinästä. Rakennuksen alapohjarakenteet ovat monin paikoin kosteat. Porareikämittaustuloksien perusteella kosteuden voidaan arvioida nousevan rakenteisiin maasta. Kosteusrasitus vaikuttaa pääosin rakennuksen ulkoseinien läheisyydessä, mutta saattaa paikoin ilmetä kohonneina alapohjan rakennekosteuksina myös keskeisellä rakennustalla. On mahdollista, että kellarissa havaittu vesi tulee väestönsuojan seinään asennetun ilmanvaihtoventtiilin kautta tai syöksytorven kautta rakennuksen seinän vierustaa pitkin.

Rakennuksen alla olevan kallioperän vaikutus kosteusrasitukseen on todennäköinen. Kallioperä ei päästä läpi vettä, jolloin vesi kulkeutuu rakennuksen alle. Kapillaarinen täyttömaa nostaa veden alapohjarakenteisiin. Rakennuksen puutteellinen sadevedenohjaus luo lisärasitusta myös alapohjarakenteeseen. Suositeltavat toimenpiteet rakennuksen alapohjarakenteisiin liittyen ovat ulkoseinien kosteusrasituksen vähentäminen salaojilla, vedeneristysten uusimisella sekä maanpinnan kallistuksien parantamisella. Lisäksi sadevedenohjausta tu (mm. liikehuoneiston kattovesien ohjaus) parantamisella sekä yleisien tilojen peruskorjaus.

4.2. Maanvastaiset seinärakenteet

Maanvastaiset seinät ovat paikalla valettuja elementtejä ja/tai rakenteita, joiden kokonaispaksuus vaihtelee n. 75-210 mm välillä. Maanvastaisten seinärakenteiden ulkopinnassa on pääosin kosteuseristys. Rakennuksen maanvastaiset seinärakenteet ovat monin paikoin kosteat. Porareikämittaustuloksien perusteella voidaan arvioida kosteuden nousevan rakenteisiin maaperästä. Ulkoseinärakenteet ovat kosteat noin puolen metrin korkeuteen, paikoin korkeammalle. Rakennuksen alla olevan kallioperän vaikutus kosteusrasitukseen on todennäköinen. Ulkoseinien haurastunut kosteussively päästää sadevettä sekä maakosteutta lävitse. Sadevesi kulkeutuu ulkoseinää ja läpivientejä, kuten väestönsuojan ilmanvaihtoventtiiliä pitkin rakenteisiin ja yleisiin tiloihin. Rakennuksen sadevedenohjaus syöksytorven alapäässä on monin paikoin puutteellinen. Syöksytorvien ulosheittäjät kastelevat rakennuksen seinustaa ja vesi ohjautuu rakennuksen seinustalle puuttuvien sadevesikaivojen vuoksi.

Suosittelvat toimenpiteet rakennuksen maanvastaisiin seinärakenteisiin liittyen ovat ulkoseinien kosteusrasituksen vähentäminen salaojilla, vedeneristyksen uusimisella sekä maanpinnan kallistuksien parantamisella sekä yleisien tilojen peruskorjauksella.

4.3 Kylmäkellarin maanvastaiset ulkoseinärakenteet

Ulkoseiniä vasten olevat kylmäkellarirakenteet luokitellaan pääosin riskirakenteiksi. Kylmäkellaritilat on poistettu käytöstä. Kylmäkellarien rakenteissa havaittiin paikoin kohonneita kosteuslukemia. Seinissä havaittiin paikoin mikrobivaurioita. B-portaan kylmäkellarissa havaittu kosteusvaurion syy on mahdollisesti ulkoseinä- ja lattiarakenteen läpi tulevan veden aiheuttamaa. Kylmäkellarirakenteet on suositeltava kunnostaa peruskorjauksen yhteydessä.

4.4 Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinien rakenneavauksissa tutkittiin sandwich-elementin lämmöneristeen kunto 12 eri tilasta. Rakenneavaukset kohdennettiin olohuoneen ja parvekkeen välisen ulkoseinän nurkkaan, jossa havaittiin toistuvasti vuotojälkiä katselmuskäynnillä. Vertailunäytteet otettiin parvekelinjojen vastaiselta ulkoseinältä sekä rakennuksen päätyseinistä. Mikrobikasvua havaittiin 35 % ulkoseinästä otetuista näytteistä. Useassa huoneistossa havainnot ovat selkeä viite ulkoseinän eristeessä sijaitsevasta kosteusvauriosta. Vesikattotarkastuksessa tehtyjen havaintojen perusteella voidaan päätellä kosteuden olevan lähtöisin pääosin vesikatolta. Vauriot ovat mahdollisesti syntyneet pitkällä aikavälillä. Lisäksi eristerappauksen ja parvekepielien liittymät tulisi tiivistää, sillä ne ovat todennäköisesti edistäneet parvekepielien ja taustaseinien vaurioiden etenemistä. Myös päällekkäisten parvekkeiden elementtisaumat tulisi tiivistää. Korjaustoimenpiteet tulisi ensisijaisesti kohdistaa vesikattoon.

4.5 Kylmäkellarin ulkoseinärakenteet

Yleisien tilojen seinärakenteisiin tehtiin tutkimuksia D-portaan kylmäkellaritiloihin. Kylmäkellarin ulkoseinissä oli havaittavissa kohonneita pintakosteuslukemia. Ulkoseiniä vasten olevat kylmäkellarirakenteet luokitellaan pääosin riskirakenteiksi. Kylmäkellarien rakenteissa havaittiin paikoin kohonneita kosteuslukemia. Seinissä havaittiin paikoin mikrobivaurioita. Kylmäkellarirakenteet on suositeltava kunnostaa peruskorjauksen yhteydessä. D-portaan kylmäkellarin lattiassa havaittiin pinnoitevaurio, jonka vaikutus tilan sisäilmaan on mahdollinen. Kylmäkellarien rakenteiden korjaaminen on suositeltavaa.

4.6 Ikkunat

Ikkunoiden kunto on pääosin heikko ja ne ovat käyttöikänsä päässä. Ikkunoiden alapuitteessa sekä alapuolisessa seinässä on havaittavissa kosteuden aiheuttamia jälkiä. Ikkunoiden uusiminen on suositeltavaa seuraavan viiden vuoden sisällä. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on suositeltavaa asentaa korvausilmaventtiilit ikkunakarmeihin. Ikkunoiden uusimisen yhteydessä on syytä tarkastaa apukarmit mahdollisten mikrobi- ja lahovaurioiden varalta.

4.7 Vesikate ja yläpohja

Asuinkerrostalon sadevedenohjaus pääkatolta tapahtuu vesikouruja pitkin syöksytorviin. Asuinkerrostalon vesikatteiden kunto on arviolta välttävä. Tarkastushetkellä yläpohjassa havaittiin vuotoja mm. hissikuilun seinän ja vesikatteen taitteesta (saumavuoto), kattopollarien läpivienneistä, ulkoseinän ja parveke-elementin välisistä saumoista, katteen alaosaan syntyneistä painaumista, sisäkourun ja vesikatteen saumasta sekä sisäkourun liitoksista. Rakennuksessa ei ole ulkonevia räystäitä, jolloin katteen alareunassa olevat vuodot kuormittavat ulkoseinä- ja yläpohjarakenteita. Vuodot ovat havaittavissa ylimpien kerroksien huoneistojen sisätiloissa sekä parvekkeilla. Rakennuksen yläpohjan puurakenteiden kunto on arviolta kohtalainen.

Rakennuksen vesikatto on vuotanut todennäköisesti pitkäaikaisesti. Vesikaton vuodot ovat aistinvaraisesti havaittavissa ylimmissä kerroksissa, jossa havaittiin kosteusjälkiä ulkoseinien sisä- ja ulkopinnoilla. Vesikate on vuotanut yläpohjaan, josta kosteus on päässyt ulkoseinän eristetilaan sekä yläpohjalaatan ja kevyen kuorielementin liitokseen syntyneistä halkeamista sisätiloihin. Ylimmässä kerroksessa ulkoseinäeristeen vauriot ovat todennäköiset koko rakennuksen pitkällä sivuilla.

Liiketilän huopakaton painumat aiheuttavat veden lammikoitumista katteen päälle. Kiinteistön historiatietojen mukaan vedet ovat tulvineet huopakatolla räystäälle saakka, aiheuttaen mahdollisia vesivahinkoja rakenteisiin. Yksi pääkaton syöksytorvista on ohjattu tasakatolle. Syöksytorven alaosa saattaa kastella päärakennuksen seinustaa kovalla sateella. Liiketilän tasakatolla oli havaittavissa lammikoitumista eikä vesi ohjautu kattokaivoihin.

Välittömästi tehtäviä toimenpiteitä vesikaton ja yläpohjan suhteen ovat: Räystäslinjan sekä hissien konehuoneiden taitesaumojen tiivistäminen sekä kattopollariläpivientien tiiveyden varmistaminen, vesikourun liitoksien tiiveyden varmistaminen, veden pääsyn estäminen ulkoseinärakenteisiin sekä sadevedenohjauksen parantaminen. Lisäksi vesikatto tulee uusida sekä liiketilän että asuinkerrostalon osalta.

4.8 Merkkiainekoe

Kaikissa tutkituissa huoneistoissa havaittiin ilmapuotoja ulkoseinärakenteessa. Vuotoja havaittiin ikkunaliittymissä, ulko- ja väliseinien liitoksissa sekä ulkoseinän ja välipohjan liittymässä. Huoneistojen väliset ilmayhteydet kuljettavat hajuja huoneistojen välillä. Ulkoseinien ilmapuodot aiheuttavat vetoa vaikuttaen asumisviihtyvyyteen sekä kuljettavat mahdollisesti mukanaan myös epäpuhtauksia.

4.9 Paine-suhteet

Betonielementtirakenteisten kerrostalojen ilmatiiviys on parempi kuin vanhan pientalokannan ilmatiiviys, minkä lisäksi ulkovaipan pinta-ala suhteessa rakennuksen tilavuuteen ja mitoitusilmavirtoihin on pienempi. Tämän seurauksena koneellinen poistoilmavaihto tuottaa rakennukseen liian suuren alipaineen, jos korvausilmaventtiileitä ei ole riittävästi tai ne on suljettu (Björkroth & Eskola 2019). Tämä aiheuttaa mm. sen, että korvausilma tulee rakenteiden läpi tuoden samalla epäpuhtauksia sisäilmaan. Toimenpide-ehdotukset: ilmanvaihtokanaviston

nuohous, poistoilmanvaihtoventtiilien puhdistus ja säätö sekä rikkoutuneiden venttiileiden uusiminen, korvausilmaventtiileiden lisäys huoneistoihin, esimerkiksi olohuoneisiin, makuuhuoneisiin ja kylpyhuoneisiin sekä poistoilmanvaihdon mitoittaminen (säätö).

4.10. Altistumisolosuhteiden arviointi

Kuntotutkimuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen ja tutkimusten perusteella ulkoseinärakenteista on ilmayhteys sisätiloihin läpivientien, rakenneliitosten sekä ikkunarakenteiden kautta. Ulkoseinärakenteissa todettiin paikoin merkittäviä kosteus- ja mikrobivaurioita. Yleisien tilojen sisäilmanlaatu on välttävä. Yleisistä tiloista on ilmayhteys yläpuolisiin huoneistoihin elementtiliitosten halkeamien kautta, mikä aiheuttaa mahdollisen altistumisolosuhteen huoneistojen käyttäjille.

Tutkimustulosten perusteella rakennuksen oleskelutiloissa tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on todennäköinen n. 34 % ja mahdollinen 12 % tutkituista huoneistoista. Julkisivussa on vaurioita, jotka ulottuvat ylhäältä alimpiin kerroksiin saakka ja siten vaikutukset on todettu kaikissa kerroksissa. Valtaosassa (54 %) huoneistoja poikkeava altistumisolosuhde on kuitenkin epätodennäköinen.

Toimenpiteiden kiireellisyyden arviointiin vaikuttavat mm. altistumisolosuhteiden sekä altistumisen keston ja toistuvuuden arviointi. Terveysuojeluviranomainen määrittelee tarvittaessa toimenpiteiden aikataulun terveyshaitan perusteella siten, että se on terveyshaitan poistamisen kannalta mahdollinen ja eri asianosaisten näkökulmasta oikeudenmukainen.

5. KIITOKSET

Lämpimät kiitokset työnantajalleni Raksystems Insinööritoimisto Oy:lle työpaikasta sekä asiakkaallemme lopputyöaiheesta RTA-opintojeni aikana. Kiitokset lopputyön ohjaajilleni Timo Turuselle ja Olavi Vaittiselle kaikesta avusta projektin kanssa. Helmi Kokotille erityiskiitos lopputyön pariin ”hätyyttelemisestä” topakan ystävälliseen tyyliin. Lämpimät kiitokset Ratekon koulutuksen organisaattoreille jämäptistä ohjeistuksesta ja aina niin positiivisesta ja hymyilevästä läsnäolosta. Ja kiitos menee myös ihanille kurssitovereille!

Erityinen kiitos miehelleni Juhalle, joka on väsymättä jaksanut kaitsea kolmikkoamme ja pitää ohjat käsissä kotona opintojeni aikana. Lämmin kiitos tuesta.

6. LÄHDELUETTELO

Björkroth, M. & Eskola, L. 2019. Rakennusten paine-erojen mittausohje- projektin loppuraportti. A-Insinöörit Oy. 43 s.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysasetus. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Helsinki 2016. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet. Osa I-V. Valvira 2016.

PÄIVÄKOTIEN TERVEYDELLISET OLOSUHTEET JA SISÄILMA-ASIOIDEN HOITAMINEN PÄIJÄT-HÄMEESSÄ

Mira Ikonen

Päijät-Hämeen hyvinvointikuntayhtymä

TIIVISTELMÄ

Työssä tutkittiin julkisten ja yksityisten päiväkotien terveydellisiä olosuhteita ja päiväkotikiinteistöjen kuntoa Päijät-Hämeessä. Lisäksi työssä pyrittiin löytämään eroavaisuuksia julkisten ja yksityisten päiväkotirakennusten terveydellisistä olosuhteista ja sisäilma-asioiden hoitamiskäytännöistä. Aineisto koottiin pääosin terveydensuojeluviranomaisen päiväkoteihin tekemien säännöllisen valvonnan tarkastusten tarkastuskertomuksista. Terveydellisissä olosuhteissa eroavaisuuksia löytyi, mutta näiden merkitsevyys todellisena terveyshaittaa aiheuttavana olosuhteena jäi vähäiseksi. Päijät-Hämeen päiväkotien tilanne näyttää hyvältä säännöllisen valvonnan tarkastusten perusteella. Havaitut epäkohdat eivät ole vakavia ja niiden terveydellinen haitta ei ole suuri.

1. JOHDANTO

Päiväkotien, koulujen ja monen julkisen rakennuksen sisäilmaongelmat tai kärjistetyt homeongelmat on edelleen päivän polttava aihe ja koskettaa useita henkilöitä. Viimeisten vuosien aikana 2000-luvun puolella on kuitenkin tietoa ja osaamista jokaisella sektorilla enemmän käytettävissä kuin vielä viime vuosi tuhannen lopulla.

Päiväkotien terveydellisiä olosuhteita valvotaan ja tarkastetaan terveydensuojeluviranomaisen tekemillä suunnitelmallisilla säännöllisen valvonnan tarkastuksilla sekä terveydensuojeluviranomaiselle esitettyjen epäilyjen ja valitusten perusteella tehtävillä ennalta suunnittelemmattomilla tarkastuksilla. Päiväkotien toiminnanharjoittajat ja rakennusten omistajat teettävät yksityisillä palveluntarjoajilla kiinteistöjen kuntotutkimuksia ja selvityksiä, joiden perusteella terveydensuojeluviranomainen voi arvioida terveydellisiä olosuhteita ja terveyshaittaa. Tässä työssä tarkastellaan terveydensuojeluviranomaisen suorittamia valvontaohjelman mukaisia suunnitelmallisia säännöllisen valvonnan tarkastuksia ja niistä laadittuja tarkastuskertomuksia.

Terveydensuojeluviranomainen valvoo päiväkotirakennuksia terveydensuojelulain (763/1994) ja sen muutoksien (1237/2014 ja 942/2016) mukaan. Terveydensuojeluviranomainen valvoo terveydensuojelulain noudattamista ja tarkastaa tiloja tilojen käyttäjien kannalta. Terveydensuojelulain tarkoitus on väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Terveydensuojeluviranomaisen tehtävä on tunnistaa ja arvioida terveyshaittaa aiheuttava olosuhde tai tekijä ja sen vaikutus käyttäjiin. Terveydensuojeluviranomaisen suorittama valvonta ja ulkopuolisten asiantuntijoiden tekemien selvitysten perusteella tehty

terveydensuojeluviranomaisen terveyshaitan arviointi ovat oleellisessa asemassa päiväkotirakennuksissa esiintyvien haittojen ehkäisyssä ja havaittujen haittojen poistamisessa.

Terveydensuojeluun on laadittu valvontaohjelma, jolla ohjataan mm. terveydensuojelun suunnitelmallista valvontaa valvontayksiköissä. Valvira on julkaissut 2010 terveydensuojelun valvontaohjeiston, jonka tarkastusohjeessa 5 (TO 5) on ohjeistettu koulujen, päiväkotien ja vanhainkotien terveydensuojelulain 13 §:n mukaisen ilmoituksen käsittelyyn liittyvä tarkastus, valvontasuunnitelman mukainen tarkastus ja valituksen johdosta tehtävä tarkastus. Valviran tarkastusohjeen (TO 5: Koulut, päiväkodit ja vanhainkodit) mukaan tarkastuksella tulisi selvittää perusolosuhteita aistinvaraisella arvioinnilla ja alustavilla mittauksilla. Perusolosuhteita ovat sisäilman aistinvarainen laatu, erilaiset epämiellyttävät hajut ja niiden lähteet, ilmanvaihdon toiminta, tilan valoisuus, sisäilman lämpötila, vetoisuus, meluisuus, sisäilman kosteus, siisteys, rakenteiden kunto, mahdolliset kosteusvaurion merkit ja jätehuolto. Aistinvaraisten havaintojen lisäksi tarkastuksella havainnoidaan mittalaitteella suuntaa-antavasti huoneilman lämpötilaa ja kosteuspitoisuutta, hiilidioksidipitoisuutta ja valaistusvoimakkuuksia. Olosuhteiden lisäksi tarkastetaan huoneistosta tehdyn terveydensuojelulain mukaisen ilmoituksen yhdenmukaisuus tämän hetken toimintaan ja tiloihin sekä tehty ja suunnitellut muutokset toiminnassa tai tiloissa. Tarkastuksen jälkeen arvioidaan käytettävissä olevien päiväkodin asiakirjojen, tarkastuksella käytyjen keskustelujen ja tarkastuskierroksen pohjalta jatkotutkimuksien tarpeesta ja mahdollisten korjaavien toimenpiteiden velvoittamisesta. Tehdyn tarkastuksen ja käytettävissä olevien tutkimusraporttien perusteella terveydensuojelu arvio terveyshaitan mahdollisuutta.

2. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET, AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksessa tarkasteltiin päiväkotien terveydellisiä olosuhteita ja sisäilma-asioiden hoitamistapoja kymmenen vuoden ajalta vuosilta 2008-2018. Tutkimuksen tavoitteena oli muodostaa kokonaiskäsitys päiväkotikiinteistöjen terveydellisistä olosuhteista ja kunnosta sekä löytää eroavaisuuksia julkisten ja yksityisten päiväkotirakennusten terveydellisistä olosuhteista ja sisäilma-asioiden hoitamiskäytännöistä sekä tarkastella säännöllisen valvonnan tarkastusten toimivuutta todellisten terveyshaittojen löytymiseen tarkastettavissa kohteissa.

Tutkimuksessa mukana ovat Päijät-Hämeen maakunnan kaupungit Lahti, Heinola, Orimattila ja kunnat Asikkala, Hartola, Hollola, Kärkölä, Padasjoki ja Sysmä. Väestöä alueella on noin 202 000. Tutkimuksessa on mukana 119 päiväkotia, joista julkisia on 89 ja yksityisiä 30. Näistä toiminnassa olevia julkisia päiväkoteja on 75 ja yksityisiä 28. Alueen yksityiset päiväkodit ovat keskittyneet väestöllisesti suurimpiin kaupunkeihin ja kuntiin. Pienillä paikkakunnilla on yleensä vain yksi julkinen päiväkotikoti. Päivähoitoikäisiä (1-6 v) koko väestöstä on noin 12 200 lasta. Näistä lapsista n. 6500 lapsen hoito järjestetään tutkimuksessa mukana olevissa päiväkodeissa.

Tutkimuksessa tarkasteltiin terveydellisiä olosuhteita perustuen pääasiassa terveydensuojeluviranomaisen päiväkoteihin tekemiin säännöllisen valvonnan suunnitelmallisiin tarkastuksiin ja tarkastuskertomuksiin. Aineistoon koottiin mukaan muitakin terveydensuojeluviranomaisen tekemiä huomioita sekä päiväkotien henkilöstön esille tuomia epäkohtia tai huomioita. Sisäilma-

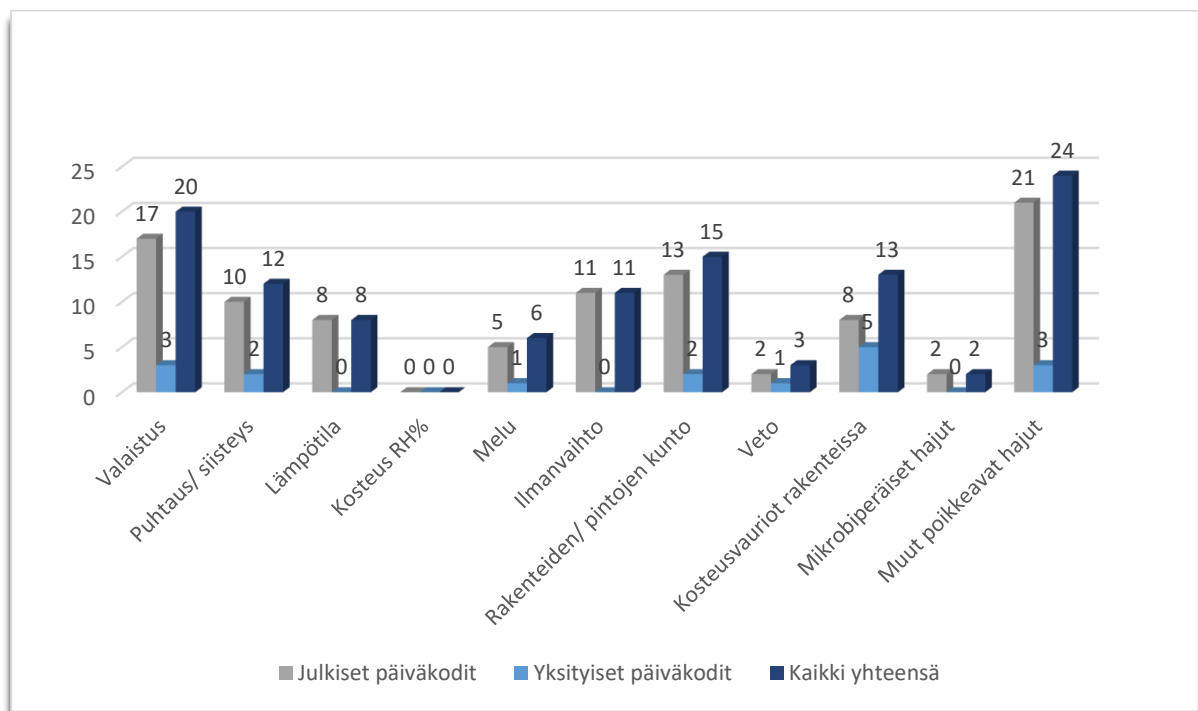
asioiden hoitaminen –aineisto koottiin haastatteluin päiväkotien terveydensuojelun vastuuvallvoijilta, toimijoilta, kiinteistön omistajien edustajilta, kiinteistöhuollosta vastaavilta sekä kuntien sisäilmatyöryhmiltä. Sisäilmatyöryhmä työskentelyä arvioitiin pääasiassa terveydensuojelun asiantuntijajäseniä haastatteleamalla.

Tässä tutkimuksessa julkisella päiväkodilla tarkoitetaan kunnan varhaiskasvatuksen järjestämää ja ylläpitämää päiväkotia ja yksityisellä päiväkodilla yksityisen yrityksen, yhteisön tai yhdistyksen ylläpitämää päiväkotia.

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

3.1. Päiväkotien terveydelliset olosuhteet

Päijät-Hämeen alueella terveydensuojeluviranomaisten säännöllisen valvonnan tarkastuksilla tekemien havaintojen perusteella päiväkotien epäkohdat terveydellisissä olosuhteissa olivat vähäisiä eikä sellaisia vakavia terveydellisiä haittoja havaittu, joihin kiinteistön omistaja ei olisi jo reagoinut ja aloittanut toimenpiteet. Tarkastuskertomusten mukaan päiväkodeissa oli havaittu yksittäisiä epäkohtia. Tarkastuskertomuksista huomioitiin ne epäkohdat, jotka oli kirjattu toimenpiteet osioon, jolloin epäkohdan selvittämiseksi ja poistamiseksi oli annettu kehoitus tai ainakin neuvontaa ja ohjausta. Kuvassa 1 nähdään terveydensuojelun tarkastuksilla havaittujen epäkohtien yleisyys kappaleina (kpl) tutkimuksen päiväkodeissa (N=119 kpl).



Kuva 1. Terveydensuojelun tarkastuksilla havaittujen epäkohtien yleisyys kappaleina (kpl) tutkimuksen päiväkodeissa (N=119 kpl). Omistussuhteen mukaiset päiväkodit: $n_{julkiset}=89$ kpl ja $n_{yksityiset}=30$ kpl.

Fysikaalisten tekijöiden (valaistus, sisäympäristön lämpötila, kosteuspitoisuus ja melu) on selkeä, koska tekijöitä voidaan mitata ja tuloksille on annettu toimenpidearvoja. Valaistus nousi määrällisesti isoksi epäkohdaksi, mutta valaistuksen merkitys terveydellisenä epäkohtana on kuitenkin melko vähäinen. Sisäympäristön kosteuspitoisuus ei nouse epäkohdaksi yhdessäkään päiväkodissa. Lämpötilasta ja melusta valitetaan henkilökunnan toimesta eniten. Käyttäjien itse aiheuttamaa melua ei katsota terveyshaittaa aiheuttavaksi lukuun ottamatta tapauksia, joissa ääni voi aiheuttaa käyttäjille kuulovaurion. Kaikkia näitä epäkohtia oli enemmän julkisissa päiväkodeissa kuin yksityisissä.

Päiväkodeissa havaitut ilmanvaihtoon liittyvät epäkohdat olivat 11:ssä julkisissa päiväkodeissa. Yksityisissä päiväkodeissa ei ollut havaittu ilmanvaihtoon liittyviä epäkohtia. Ilmanvaihdon arviointi tarkastuksilla tehdään pääsääntöisesti aistinvaraisesti arvioimalla. Ilmanvaihdon riittävyyden ja vetoisuuden ja niiden aiheuttamien haittojen löytyminen säännöllisen valvonnan tarkastuksella on hankalaa. Arviointia tehdään käyttäjien kertomaan perustuen.

Tilojen siisteydellä on suuri merkitys sisäilman laatuun. Siisteyteen liittyviä epäkohtia oli 10 julkisissa päiväkodeissa ja 2 yksityisissä päiväkodeissa. Mikrobiperäiset hajut ja muut poikkeavat hajut tilastoitiin erillisinä tarkastuskertomuksista. Mikrobiperäisellä hajulla viitataan homeen hajuun tai maakellarimaiseen hajuun. Muut poikkeavat hajut olivat mm. tunkkaisuus, viemärin hajut ja materiaalipäästöihin viittaavat hajut. Julkisissa päiväkodeissa kahdessa havaittiin mikrobiperäistä hajua ja yksityisissä ei lainkaan. Muita poikkeavia hajuja oli havaittu 21 päiväkodissa julkisella puolella ja 3 päiväkodissa yksityisellä puolella. Poikkeavat hajut oli eniten havaittu epäkohta kaikista epäkohdista. Julkisissa päiväkodeissa noin joka neljännessä oli havaittu poikkeavaa hajua. Yksityisellä puolella poikkeavat hajut olivat toiseksi eniten havaittu epäkohta.

Päiväkotien rakenteiden ja pintojen kuntoa arvioidaan tarkastuksilla aistinvaraisesti. Julkisissa päiväkodeissa 13 ja yksityisissä 2 päiväkodissa oli havaittu epäkohta. Epäkohta oli näissä kaikissa pintamateriaalien kuluneisuus. Lisäksi kahdessa päiväkodissa oli epäily, että suojaamattomista akustiikkalevyjen reunoista irtoaa kuituja sisäilmaan. Kosteusvauriot nousivat määrällisesti isoimmaksi epäkohdaksi yksityisissä päiväkodeissa. Viidessä yksityisessä päiväkodissa oli havaittu kosteusvaurioihin liittyvä epäkohta ja vastaavasti 8 julkisessa oli tehty näitä havaintoja. Kosteusvaurioepäkohtien poiminta tarkastuskertomuksista oli haastavaa, koska tarkastajat käyttävät keskenään erilaisia ilmaisuja vaurioista tai niiden vakavuudesta ja siten niiden niputtaminen tilastollisesti yhdeksi epäkohdaksi ei ehkä anna oikeaa kuvaa kohteen kosteusvaurion aiheuttamasta terveydellisestä olosuhteesta. Rakenteiden ja pintojen kunto ja kosteusvauriot ovat vaikeita arvioida säännöllisen valvonnan tarkastuksella pintoja rikkomattomin keinoin ja aistinvaraisesti arvioiden.

3.2. Sisäilma-asioiden hoitaminen päiväkodeissa

Päiväkotien sisäilmaan ja terveydellisiin olosuhteisiin liittyvät epäilyt lähtevät liikkeelle pääsääntöisesti henkilökunnan kokemien oireiden ja heidän tekemien havaintojen perusteella. Lasten vanhemmat ilmoittavat epäilyistään pääsääntöisesti päiväkodin henkilökunnalle ja joskus suoraan terveydensuojeluviranomaiselle. Säännöllisen valvonnan tarkastuksilla keskustellaan päiväkodin sisäilma-asioista ja arvioidaan epäilyjen syitä, laajuutta ja haitan vaikutuksia käytäjiin. Osa isommistakin sisäilmahaittaselvityksistä lähtee käyntiin säännöllisen valvonnan tarkastuksella.

Tutkimusjakson (2008-2018) aikaan kaikissa kunnissa oli perustettu sisäilmatyöryhmät, jotka käsittelevät kunnan omia julkisia kohteita. Sisäilmatyöryhmät ovat laatineet omia sisäilmaongelman ratkaisun toimintamalleja. Toimintamalli yhdenmukaistaa ja helpottaa tapausten käsittelyä ja se antaa lisätukea hankalissa tilanteissa. Osassa kuntia kiinteistön omistajat aloittavat selvitykset ja ryhtyvät tarvittaviin korjauksiin ilman sisäilmatyöryhmän esitystä tai viranomaisen määräystä.

Yksityisissä päiväkodeissa ei ole nimettyjä sisäilmatyöryhmiä. Yksityisten päiväkotien sisäilmaongelmat ovat selvitetty ja korjattu kokonaan itsenäisesti, terveydensuojelun neuvonnalla ja ohjauksella tai terveydensuojelun kehoituksin.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Päijät-Hämeen päiväkotien tilanne näyttää hyvältä säännöllisen valvonnan tarkastusten perusteella. Havaitut epäkohdat eivät ole vakavia ja niiden terveydellinen haitta ei ole suuri. Todelisuudessa tilanne ei ehkä ole ihan näin hyvä, koska säännöllisen valvonnan tarkastuksella ei välttämättä löydetä mahdollisia epäkohtia tai ei luoteta omaan aistinvaraiseen arvioon.

Aineiston käsitteleminen oli haastavaa, koska tarkastuskertomukset olivat hyvin erilaisia riippuen laatimisajankohdasta tai laatijasta. Useammassa kertomuksessa ei ollut juuri mitään sisältöä, ei havaintoja kohteesta, ei neuvontaa eikä toimenpide-ehdotuksia. Tarkastuskertomusten sisältö parani tutkimusjakson aikana. Syy laadun paranemiseen on varmaan Valviran julkaisema terveydensuojelun valvontaohjeiston työohjeen TO 5 koulut, päiväkodit ja vanhainkodit ansiota. Työohjeessa ohjeistetaan valvontasuunnitelman mukaisen säännöllisen valvonnan tarkastuksella tarkastettavat asiat. Uuden Vati-tarkastuslomakkeen käytön myötä tarkastukset ja tarkastuskertomukset yhtenäistyvät ja sisältö paranee. Tarkastettavat asiat tulevat paremmin tarkastetuksi, koska lomaketta täytettäessä asiaa ei voi sivuuttaa entiseen malliin.

Päiväkotirakennusten sisäilmaongelmien ehkäisemisessä on oleellista hyvä ja suunnitelmallinen rakennuksien huolto ja ylläpito. Tällöin rakennuksissa havaitut viat korjataan ajoissa normaalina rakennuksen kunnossapitona. Laajempien ongelmatilanteiden selvittämiseen ja ratkaisemiseen tulisi käyttää asiantuntijayrityksiä.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää työnantajaani ja esimiestäni mahdollisuudesta osallistua RTA-koulutukseen. Kiitokset opinnäytetyönohjaajalle Vesa Pekkolalle ja Helmi Kokotille. Lisäksi erityiskiitokset annan kurssikaverilleni Niinalle, Mikalle ja Samille yhteistyöstä, avunannosta, sparrauksesta ja kaikesta.

6. LÄHDELUETTELO

Terveydensuojelulaki 1994. (763/ 1994)

Valvira, Ohje 12/2018: Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen

Valvira, terveydensuojelun valvontaohjeisto 23.9.2010, TO5: Koulut, päiväkodit ja vanhainkodit

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysasetus. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Valvira, Ohje 8/2016: Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa I-V. Valvira 2016. <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Tähtinen K., Lappalainen S., Palomäki E., Rautio-Laine S., Reiman M., Helsingin kaupunki, Senaatti-kiinteistöt, Sipoon kunta, Suomen sisäilmakeskus Oy, Vahanen Oy, Tilaaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Työterveyslaitos 2012.

Ympäristöopas 2016. Pitkäranta, M. (toim.). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kunto-tutkimus. Ympäristöministeriö. Helsinki 2016. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

1978 VALMISTUNEEN JA 1988- ja 2000- LUVUILLA LAAJENNETUN PÄIVÄKOTIRAKENNUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Sanna Snell

TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena oli selvittää kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen avulla rakenteiden toteutustapaa ja kuntoa sekä arvioida sisäilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä rakennuksen peruskorjauksen hankesuunnittelua varten.

Kohteena oli vuonna 1978 valmistunut, vuosina 1988 ja 2000 -laajennettu päiväkotirakennus. Rakennukseen on suoritettu pintarakenteiden uusimista sekä piha-alueiden, vesikaton ja ilmanvaihtojärjestelmän uusimista. Muutoin rakennus on pääosin alkuperäisessä kunnossa.

Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Tutkimuksissa havaittiin rakennuksen kuntoon ja sisäilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä. Merkittävimpiä ongelmakohtia ovat ulkoseinien ja väliseinien alaosien paikalliset kosteusvauriot, ulkoseinien ja väliseinien alapohjan rakenneliittymien ilmatiiviyspuutteet, perustusten ja alapohjien kosteusrasitus sekä paikalliset päällyste- ja pinnoitevauriot, yläpohjien tiiviyspuutteet sekä sisäilman mineraalikuitulähteet. Ongelmat korostuvat ilmanvaihtojärjestelmien toiminta-ajoista johtuvasta ajoittaisesta sisäilman lievistä alipaineisuudesta.

Sisäilmaolosuhteita voidaan parantaa nopean aikataulun korjausten avulla. Tällaisia ovat lattiapinnoitteiden kosteusvauriokorjaukset, ulkoseinien ja alapohjien tiivistyskorjaukset, kuitulähteiden poistaminen ja ilmanvaihdon vuotokohtien tiivistäminen. Peruskorjausvaiheessa korjaustoimenpiteet kohdistuvat alapohja-, ulkoseinä-, väliseinä- ja yläpohjarakenteisiin, ikkunoihin ja ulko-oviin, sisätilojen pintarakenteisiin, ja piha-alueisiin.

1. KOHDE

Kohteena oli vuonna 1978 valmistunut, vuosina 1988 ja 2000 -laajennettu päiväkotirakennus. Rakennukseen on suoritettu pintarakenteiden uusimista sekä piha-alueiden, vesikaton ja ilmanvaihtojärjestelmän uusimista. Muutoin rakennus on pääosin alkuperäisessä kunnossa.

Päiväkotirakennuksen alapohja on maanvarainen ja solumuovilämmöneristeinen betonilaatta. Ulkoseinät ovat julkisivuiltaan lautaverhoiltuja, puurunkoisia ja mineraalivillaeristeisiä seiniä. Väliseinät ovat puurunkoisia ja levyverhoiltuja seiniä. Sisätiloihin on jäänyt vanhoja ulkoseiniä, jotka nykyisellään ovat väliseiniä, kun rakennusta on laajennettu ja tilojen käyttötarkoituksia muutettu. Yläpohja- ja vesikattorakenteet ovat puurakenteisia, vesikatteena on bitumikermi. Yläpohjan lämmöneristeinä on mineraalivillaeriste ja höyrynsulkurakenteena toimii höyrynsulkumuovi. Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Päiväkotirakennuskohteessa oli ilmennyt jonkin verran puutteita sisäilman laadussa alkuperäisen osan tiloissa ja tiloissa oli myös tehty sisäilmaongelmaan liittyvää selvitystä. Käyttäjillä on ollut mahdollisesti sisäilmaongelmaan viittaavaa oireilua.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Rakennusten kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten tavoitteena oli selvittää ja arvioida kohderakennusten kuntoa rakennusteknisten selvitysten avulla.

Tutkimusmenetelminä käytettiin rakenteita rikkomatonta aistinvaraista havainnointia sekä pintakosteuskartoitusta ja viiltomittauksia, rakenneavauksia sekä materiaalinäytteenottoja mikrobi- ja VOC-analyysihin. Sisäilman olosuhteita ja epäpuhtauksia tutkittiin paine-eroseurantojen, lämpötila-, kosteus- ja hiilidioksidiseurantojen, kuitunäytteiden sekä VOC-ilmanäytteiden avulla. Rakenneavausten yhteydessä otettiin materiaalinäytteitä asbesti- ja PAH-analyysihin.

Tutkimukset suoritettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tutustuttiin käytettävissä oleviin lähtötietoihin, ja tehtiin esiselvityskäynti kohteella yhdessä tilaajan kanssa. Sen yhteydessä haastateltiin tilaajan edustajia sekä huoltohenkilöstöä. Lähtötietojen tarkastelun ja esiselvityskäynnin perusteella laadittiin tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa esitettiin alustava arvio tehtävistä rakenneavauksista, mittauksista, näytteenotoista ja muista selvityksistä sekä määritettiin niiden alustavat sijainnit. Tutkimussuunnitelmassa esitettiin myös tutkimusaikataulu sekä arvio tutkimusten valmistumisesta.

Toisessa vaiheessa tehtiin laaditun tutkimussuunnitelman mukaiset tutkimukset. Rakenteisiin tehtiin yhteensä 11 rakenneavausta, joista tutkittiin rakenteiden kunto ja toteutustapa sekä otettiin materiaalinäytteitä laboratorioanalyysihin. Materiaalinäytteet tutkittiin suoraviljelymenetelmällä. Rakenneavausten ulkoseinien puurakenteista tehtiin puurakenteiden kosteusmittauksia. Lattiapäällysteiden alapuolisia kosteuspitoisuuksia tutkittiin viiltomittausmenetelmällä viidestä eri mittauspisteestä. Lattiamatoista otettiin materiaalinäytteitä VOC-analyysiin. Sisäilman VOC-näytteiden avulla tutkittiin sisäilmassa olevien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden esiintymistä.

Paine-eroa ja sisäilmanolosuhteita seurattiin kahden viikon ajan tallentavalla mittalaitteistolla. Samalla tiloista kerättiin pölylaskeumanäytteitä kuitupitoisuuksien tutkimiseksi. Toimistotilan ilmanvaihdon toimivuutta tutkittiin savukokein. Lisäksi eri puolilla rakennusta suoritettiin pistokoeluontoisia tulo- ja poistoilmamäärien mittauksia.

3. MERKITTÄVIMMÄT TUTKIMUSTULOKSET, JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

3.1. Piha-alueet

Piha-alueet ovat pääosin nurmi- ja hiekkapintaisia ja osittain etupihan puolella kivettyjä. Sadeveden poisto on toteutettu sadevesikourujen ja syöksytorvien kautta. Kohteeseen on rakennettu salaojajärjestelmät. Piha-aluetta on kunnostettu vuonna 2014. Maanpinta rakennuksen ympärillä on melko tasaista, jolloin sade- ja sulamisvesiä voi paikoin kerääntyä rakennuksen vierustalle. Rakennuksen itäpäädyssä maanpinta on korkeammalla kuin perusmuurilevyn yläreuna, jolloin sokkelirakenteisiin kohdistuu paikallista kosteusrasitusta. Ulkopuolinen kosteusrasitustaso on alentunut merkittävästi piha-alueilla tehtyjen korjausten ansiosta.

Ulkopuolisen maanpinnatason alentamista suositellaan niillä kohdilla, joilla perusmuurilevy on jäänyt maanpinnan alapuolelle. Lisäksi sadevesikaivot tulee tarkastaa ja tarvittaessa puhdistaa vähintään kaksi kertaa vuodessa.

3.2. Alapohjat

Rakennuksen alapohjarakenteena on maanvarainen ja solumuovilämmöneristeinen betonilaatta, joka on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Maatäytöt alapohjan alapuolella on toteutettu hienoainespitoisella maa-aineksella, joka ei todennäköisesti toimi kapillaarikatkokerroksena alapohjan alla. Maatäytön ja alapohjalaatan välinen solumuovieriste muodostaa alapohjaan diffuusiota hidastavan kerroksen sekä osittaisen kapillaarikatkokerroksen, mutta kosteuden kapillaarinen siirtyminen alapohjaan on mahdollista perustusrakenteiden kautta.

Lattiamatot ovat paikallisesti vaurioituneet kosteuden vaikutuksesta. Alapohjalaattojen liittymissä ulko- ja väliseiniin on laatan kuivumiskutistumisesta aiheutuneita rakoja ja alapohjien alapuolisista maatäytöistä on ilmayhteyksiä sisäilmaan niiden kautta.

Peruskorjausvaiheessa lämmöneristettyjen alapohjien korjaustarpeet kohdistuvat erityisesti kosteusvaurioituneiden pintamateriaalien korjauksiin. Alapohjan epätiivelyskohdat, mm. ulko- ja väliseinäliittymät tulee tiivistää, jotta alapohjarakenteiden maatäytöistä ei kulkeutuisi epäpuhtauksia sisäilmaan. Vaurioituneet alapohjien päällystemateriaalit kiinnitysliimoineen ja lattiatasoitteineen tulee uusia tulevan peruskorjauksen yhteydessä. Ennen pinnoitteiden uusimista on suositeltavaa suorittaa alapohjien kosteusrasitettuihin osiin VOC-emissioiden poistokäsittely. Alapohjien päällystemateriaaleina on tarvittavin osin suositeltavaa käyttää kosteutta kestäviä sekä vesihöyryä läpäiseviä pinnoitteita. Nopean aikataulun käyttöä turvaavina toimenpiteinä suositellaan ulko- ja väliseinäliittymien tiivistämistä sekä kosteusvaurioituneiden lattiapinnoitteiden uusimista.

3.3. Julkisivut, ulkoseinät, ikkunat ja ovet

Rakennuksen ulkoseinät ovat julkisivuiltaan puuverhoiltuja, puurunkoisia ja mineraalivillaeristeisiä seiniä. Ulkoseinärakenne koostuu sisäpuolisesta levyverhouksesta, höyrynsulkumuovista, mineraalivillaeristeisestä puurunkorakenteesta sekä julkisivuverhouksesta ja betonisokkelista.

Ulkoseinärakenne on kosteusvaurioille riskialtis. Ulkoseinän puurunkoinen ja mineraalivillaeristeinen osuus sijoittuu korkeusasemaltaan lattiapinnan alapuolelle sekä lähelle ulkopuolista maanpinnantasa. Ulkoseinärakenteiden kosteusvaurioriski on tehtyjen havaintojen perusteella osittain toteutunut. Aistinvaraisten havaintojen ja materiaalinäytteiden mikrobianalyysien perusteella ulkoseinärakenteissa on kosteus- ja mikrobivaurioita. Seinärakenteen alaosassa puukoolausrakenteet on asennettu suoraan vasten betonisokkeleita, jolloin kosteuden siirtyminen betonisokkeleista ulkoseinärakenteisiin on mahdollista.

Ulkoseinien höyrynsulkumuoveissa havaittiin epätiivelyskohtia, joiden kautta ulkoseinien vaurioituneista materiaaleista peräisin olevat epäpuhtaudet voivat kulkeutua sisäilmaan. Myös paikallisesti alaosistaan vaurioituneet seinien sisäverhouslevyt lisäävät sisäilman epäpuhtauksien määrää. Alapohjan betonilaatta on valettu päin sisäverhouslevyjä, jolloin levyjen alareunat ovat kosteusvaurioituneet jo rakennusvaiheessa.

Ulkoseiniin on olemassa kaksi laajuudeltaan eroavaa toimenpide-ehdotusta. Ulkoseinät voidaan korjata kevyemmällä sisäpuolisella tiivistyskorjauksella tai perusteellisemmalla rakenteita uusivalla korjauksella.

Alkuperäisen rakennusosan ikkunat ovat kolmipuitteisia ja kolmelasisia puuikkunoita. Muut ikkunat ovat kaksipuitteisia kaksi- tai kolmelasisia puuikkunoita. Ikkunoiden pintarakenteet ovat paikoin huonossa kunnossa varsinkin rasiitetuimpiin ilmansuuntiin nähden. Ikkunapeltien kallistukset ovat paikoin puutteellisia, mikä osaltaan lisää ikkunarakenteisiin ja niiden ulkoseinäliittymiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Ikkunoiden käyttöikä on mahdollista jatkaa arviolta noin 5-15 vuodella, tiivistys- ja kunnostuskorjauksen avulla. Vaihtoehtoisesti ikkunat pellityksineen voidaan myös uusida, joka osaltaan parantaa energiatehokkuutta. Lisäksi ikkunapeltien tiivistyskittaukset tulee uusida. Ulko-ovet ovat teräsrakenteisia, lasiaukollisia ovia sekä osittain puurakenteisia, lämmöneristettyjä ovia. Ulko-ovien maalipinnat olivat pääasiassa kunnossa eikä ovien toiminnassa havaittu puutteita.

3.4. Väliseinät ja pintarakenteet

Päiväkodin väliseinät ovat puurunkoisia ja lämmöneristettyjä rakenteita sekä osin betoni- tai tiilimuurattuja rakenteita. Osa puurakenteisista väliseinistä on perustettu lattiapinnan alapuolelle betonianturoiden varaan ja ne luokitellaan nykyisin kosteusteknisiksi riskirakenteiksi. Lisäksi sisätiloissa on väliseiniä, jotka ovat aiemmin olleet ulkoseiniä, jolloin niihin on kohdistunut voimakkaampaa kosteusrasitusta.

Alaosistaan lattiapinnan alapuolella sijoittuvissa puurakenteisissa väliseinissä on paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Väliseinien alaosien kosteusvaurioiden todennäköisiä aiheuttajia

ovat pesuvedet, maakosteus, märkätilojen vesivuodot, putkivuodot sekä laiterikot. Väliseinärakenteet eivät ole ilmatiiviitä, joten seinärakenteiden sisällä sijaitsevista vaurioituneista materiaaleista voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Levyverhouksissa havaitut kosteus- ja mikrobivauriot lisäävät sisäilman epäpuhtauksien määrää. Väliseinien ja alapohjalaattojen liitoksessa havaittiin betonin kuivumiskutistumisesta aiheutunut rako. Epätiiviiden liitosten kautta maaperästä ja vaurioituneista materiaaleista voi ilmavirtojen kautta kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

Väliseinien levyverhoukset poistetaan. Lattiapinnan alapuolelta alkavien kantavien väliseinien alaosien puurakenteet uusitaan puurungon alaosasta kevytsorabetoniharkoin. Kevytsorabetoniharkon ja betonianturan väliin asennetaan bitumikermikaista. Jäljelle jäävä puurunko katselmoidaan kosteus- ja mikrobivaurioiden varalta ja mahdolliset ylempänä puurakenteissa sijaitsevat vaurioalueet poistetaan puurunkorakenteista mekaanisesti. Korjauksen yhteydessä tulee kiinnittää huomiota erityisesti väliseinien ja niiden liittymärakenteiden ilmatiiviyteen.

Pintarakenteita on uusittu 2000-luvulla, mutta osa pintamateriaaleista on alkuperäisiä. Pintarakenteiden kunto on tyydyttävä tai hyvä. Kuivien tilojen sekä märkätilojen pintarakenteet on suositeltavaa saneerata kokonaisuudessaan seuraavan laajemman peruskorjauksen yhteydessä.

3.5. Yläpohjat

Rakennuksen yläpohja- ja vesikattorakenteet ovat puurakenteisia. Yläpohjan lämmöneristeenä on mineraalivillaeriste ja höyrynsulkurakenteena toimii höyrynsulkumuovi. Yläpohjatilojen tuuletus on toteutettu räystäänalusrakojen avulla ja on havaintojen perusteella toimiva. Vesikatteenä on bitumikermikate, joka on varustettu umpilaudoituksella.

Vesikaton kantavat puurakenteet, kuten puuristikoiden alapaarre, tulee katselmoida kosteus- ja lahovaurioiden varalta. Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä paikallisesti vaurioituneet ja mahdollisesti kantavuudeltaan heikentyneet puuosat tulee uusia.

Yläpohjan höyrynsulku ei ole tiivis. Höyrynsulkurakenteessa on useita epätiiviitä läpivientejä, joiden kautta todettiin olevan ilmayhteyksiä sisäilmaan. Yläpohjan ja sisätilojen liitokset tulee tiivistää mahdollisuuksien mukaan nopealla aikataululla, jotta yläpohjasta ei ole haitallisia ilmavirtauksia sisätiloihin päin. Yläpohjien puurakenteiden ja lämmöneristeiden kunto on suositeltavaa tarkastaa yksityiskohtaisemmin ennen seuraavaa peruskorjausta.

3.6. Sisäilman olosuhteet ja epäpuhtaudet

Tilojen ilmamäärien havaittiin pistokoeluontoisella mittauksella olevan pääosin suunnitelmia vastaavia, osin suurempia.

Tilat ovat pääsääntöisesti alipaineisia. Alipaineisessa tilanteessa tiloihin virtaa korvausilmaa hallitsemattomia ilmavuotoreittejä pitkin ulkoseinärakenteista tai toisista tiloista. Rakenteissa havaittujen ilmavuotoreittien kautta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan painesuhteiden

vaikutuksesta. Ilmanvaihtojärjestelmien käyntiajat on suositeltavaa muuttaa siten, että painesuhteiden vuorokausivaihteluita ei esiintyisi. Tilojen sisäilman käytönaikaiset lämpötilat ja suhteelliset kosteuspitoisuudet olivat tarkastelujaksolla hyvällä tasolla vuodenaika ja ulkolämpötila huomioiden.

Teolliset mineraalikuidut voivat heikentää sisäilmanlaatua. Rakennuksessa havaittiin teollisten mineraalikuitujen lähteitä ja kaikkien tilojen laskeumanäytteen kuitupitoisuus olivat poikkeavia. Käyttöä turvaavana toimenpiteenä kuitulähteen tulee kartoittaa kokonaisuudessaan rakenteiden ja ilmanvaihdon osalta ja havaitut kuitulähteet joko poistaa tai kapseloida.

Sisäilman VOC-näytteiden tulokset olivat tavanomaisia. Näytteiden haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) sekä yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet alittivat Asumisterveysasetuksen (545/2015) toimenpiderajat.

5. KIITOKSET

Opinnäytetyön ohjaajille Timo Turuselle ja Maija Ojalalle osoitan kiitokset työn ohjauksesta ja saadusta palautteesta eri vaiheiden aikana. Lopuksi haluan kiittää erityisesti Maija Ojalaa, Jani Mikkolaa ja Joni Nivalaa tutkimusten kenttätöväihteessä avustamisesta.

6. LÄHDELUETTELO

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira, 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osat I, II, III ja IV. Helsinki: Valvira.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Weijo I., Lahdensivu J., Turunen T., Ahola S., Sistonen E., Vornanen-Winqvist C, Annila P. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Helsinki 2019.

Ympäristöopas 2016, Pitkäranta, M. (toim.), 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Helsinki: Ympäristöministeriö.

TUNKKAISUUDEN KOKEMUS KOULUISSA - VÄSYTTÄÄKÖ LUOKASSA? SELVITYS TAMPEREEN KAUPUNGIN PERUSOPETUKSEN KOULUILLA KOETUSTA SISÄILMAN LAADUSTA

Raija-Liisa Oinonen

Tampereen kaupunki

TIIVISTELMÄ

Tampereen kaupungilla tehdään kouluille kolmen vuoden välein monialaiset terveellisyys- ja turvallisuuden tarkastukset. Tarkastukset perustuvat lainsäädäntöön terveysviranomaisilla, työterveyshuollolla ja kouluterveydenhuollolla. Tarkastuksilla on noussut esille opetustilojen tunkkaisuus, jota on pyritty selvittämään pidempi aikaisilla olosuhdemittauksilla (lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidi) sekä ilmamäärien mittauksilla.

Työssä tarkastellaan työterveyden ennen monialaista tarkastusta tekemien esiselvitysten, tarkastuksella saatujen tietojen ja kierroksella tehtyjen huomioiden sekä mittauksen tuloksia. Tarkastelun piiriin kuuluu 28 koulua, joihin on tehty tarkastus vuosina 2018-2019. Lisäksi tarkempana tarkasteluun on otettu muutama koulu, joista on pyydetty Tampereen tilapalvelut Oy:ltä olosuhdeseurantoja, ilmamäärien mittauspöytäkirjoja ja muita jo aikaisemmin tehtyjä selvityksiä.

Selvitysten perusteella kouluilla henkilökunta kokee usein, että lämpötila ei ole sopiva ja ilmanvaihto on riittämätöntä. Lisäksi kouluilla koetaan sisäilmaan liittyvää oireilua.

1. JOHDANTO

Ympäristöterveydenhuolto toimii terveydensuojelulain (1994) mukaisen viranomaisena, jota säätelee tiukasti lainsäädäntö, sosiaali- ja terveysministeriön antamat asetukset ja Valviran antama ohjeistus. Terveydensuojelulain tarkoituksena on terveyshaittoja aiheuttavien tekijöiden ennaltaehkäisy, vähentäminen tai poistaminen ja samalla ylläpitää väestön ja yksilön terveyttä. Asumisterveysasetuksessa (STM, 545/2015) on taas aikaisemmin asumisterveysohjeessa (STM, 2003) olleet toimenpiderajat muutettu asetustasoisiksi ja näin sitovimmiksi. Ilmanvaihtoa koskevat määräykset ja ohjeet olivat myös aikaisemmin Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2 (YM, 2012) ja ovat nyt muutettu asetustasoisiksi (YM asetus 1009/2017).

Terveet tilat 2028 -ohjelman kautta on tehty useita selvityksiä, joissa vertaillaan Suomen tilannetta muiden pohjoismaiden tilanteeseen. Valtioneuvoston julkaisussa (Salmela ym., 2019:59) todettiin, että Suomessa yleisimmät syyt sisäilmaongelmiin ovat ilmanvaihdon ongelmat, tunkkaisuus (CO₂) ja painesuhteet (tekniset ongelmat). Terveiden- ja hyvinvointilaitoksen viimeaikaisissa tutkimuksissa on mm. verrattu Suomessa ja muissa pohjoismaissa tehtyjä tutkimuksia. Erityisen mielenkiintoinen oli koonti pohjoismaiden kansallisista sisäympäristön altisteiden

raja-arvoista. Ruotsissa, Norjassa ja Tanskassa on hiilidioksidin CO₂-pitoisuus raja-arvona 1000 ppm. (Haverinen-Shaughnessy ym. 2020).

Työn tarkoituksena on selvittää, löytyykö joku yhteys tunkkaisilla ja huonon ilman laadun omaavilla tiloilla sekä olosuhdemittauksilla, ilmanvaihdon selvityksillä, arvioinneilla siivottavuudesta ja tilojen käytöstä. Lisäksi tarkoitusta on saada suunnitelmallisille tarkastuksille työkaluja tunkkaisuuden aiheuttajan selvittämiseksi ja mahdollisesti työkaluja Tampereen Tilapalvelut Oy:lle esiselvitykseen, kun tiloista tulee valituksia erityisesti ilmanlaatuun liittyen.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tampereen kaupungin alueella on perusopetuksen kouluja yhteensä 58, joista yksityisiä on viisi koulua. Työtä rajattiin siten, että tarkastelun piiriin otettiin Tampereen kaupungin koulut, joihin on tehty monialainen tarkastus vuonna 2018-2019 (44 koulua). Näistä rajattiin vielä pois uudet koulut, joihin oli tehty aloitustarkastus, erityiskoulut, väistötilakoulut sekä yksityiset perusopetuksen koulut. Tämän jälkeen kouluja jäi jäljelle 28.

Työssä käytettiin työterveyshuollon opetushenkilöstölle tehtävää esiselvityksen osaa, jossa kysytään koulun tilojen olosuhteista, kuten valaistuksesta, melusta, kaikumisesta, lämpötiloista, ilmanvaihdesta, kosteusvauriohavainnoista, sisäilman aiheuttamasta oireilusta, siivottavuudesta ja siisteydestä. Valaistusta, melua ja kaikumista koskevia osioita ei otettu tarkastelun piiriin.

Monialaisista tarkastuksista on tehty yhteinen tarkastusraportti. Terveysturvallisuus, työterveys ja kouluterveys tekevät lisäksi omat raporttinsa. Yhteiseen raporttiin on kirjattu perustiedot ja toimenpiteitä, jotka sihteerin laittaa heti vikailmoituksina eteenpäin. Terveysturvallisuus kirjaa taas tarkastuskertomukseen omat havaintonsa sekä toimenpidekehotukset- ja suositukset. Työssä on käytetty sekä yhteisen raportin että terveysturvallisuuden tarkastuskertomuksen tietoja ja mittaustuloksia.

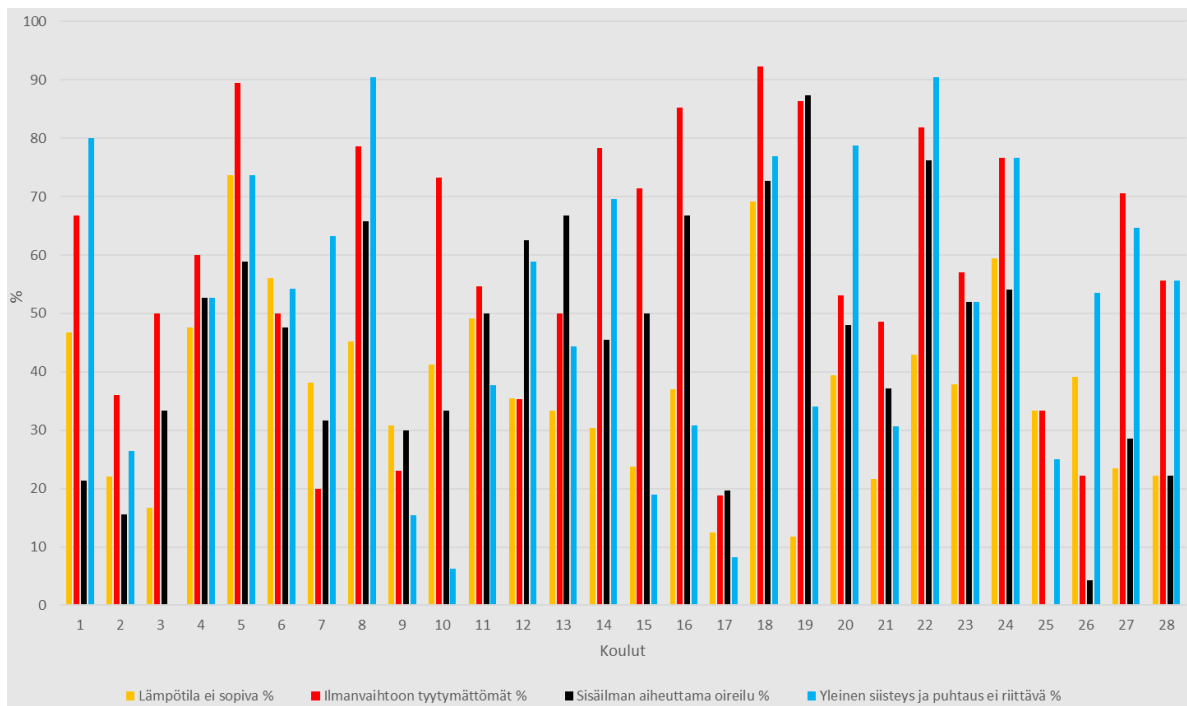
Tampereen tilapalveluilta on saatu pidempi aikaisia olosuhdeseurantoja, ilmanvaihdon mittauspöytäkirjoja, siivottavuuden arviointeja ja muita sisäilman olosuhteista tehtyjä raportteja.

Kerätyistä tiedoista on koottu taulukoita, joiden avulla on pyritty tekemään johtopäätöksiä tunkkaisuuden kokemuksesta ilmanvaihdon, olosuhdemittauksista saatujen tulosten, siivottavuuden ja siisteystason välillä.

3. TULOSTEN KÄSITTELY

3.1. Työterveyshuollon kyselyn tulokset

Tehdyn kyselyn vastausprosentit vaihtelivat 33 %:sta 83 %:iin keskiarvon ollessa 60 %. Keskimäärin 37 % kyselyihin vastanneista ei kokenut lämpötilaa sopivaksi. Ilmanvaihtoon tyytymättömiä oli keskimäärin 58 %:a ja oireilua koki 44% vastaajista. Vain yhdessä koulussa kukaan ei kokenut oireilua. Kosteusvauriohavaintoja oli vähän, vain alle 11 %, oli havainnut niitä. Seitsemässä koulussa ei ilmoitettu yhdestäkään kosteusvauriosta ja osassa ilmoitettu kosteusvaurio oli vanha jälki jossain tilassa. Yli puolet vastaajista koki, että koululla siisteyden taso ei ole riittävä.

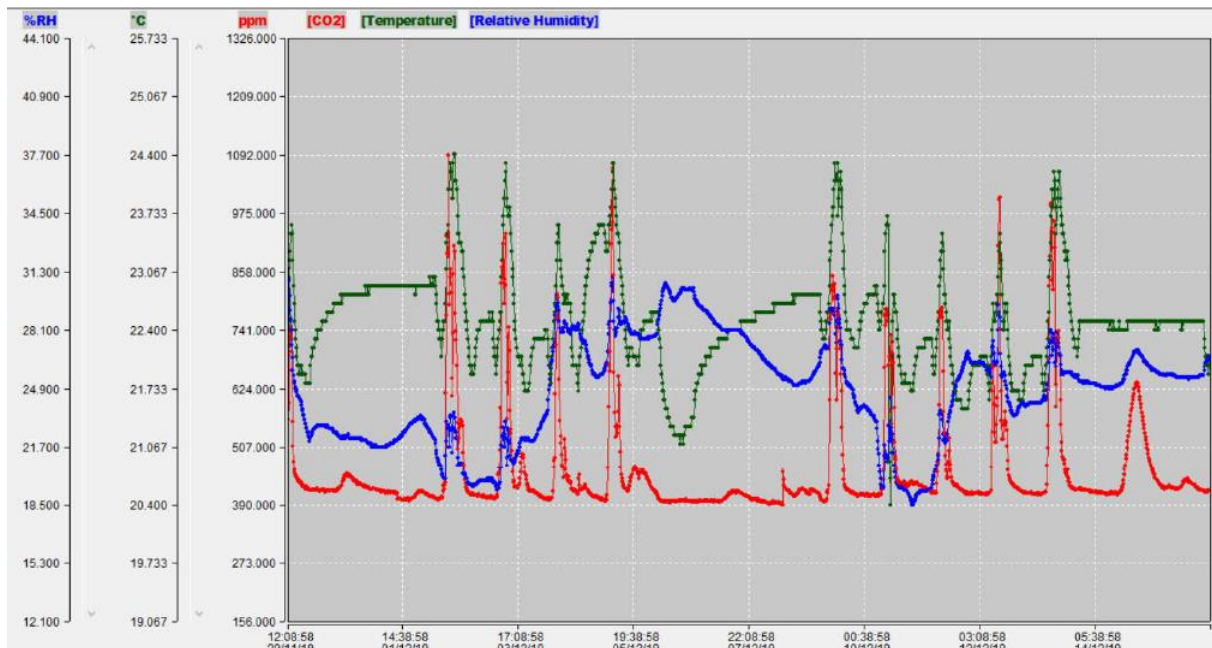


Kuva 1. Työterveyshuollon kyselyn tulokset

3.1. Monialaisen tarkastusten tulokset

Yhteiseen raporttiin on rastitettu, onko kyseinen asia kunnossa kouluilla. Korjattavaa lämpöolosuhteissa raporttoitiin 96,4% kohteista ja korjattavaa ilmanvaihdossa 92,9% kohteista sekä siisteydessä 71,4% kouluista (taulukko 1.).

Terveystensuojelun tarkastuskertomukseen kirjattiin lämpötilojen mittauksia 22 koulusta. Kahdessa koulussa oli lämpötilat alle 20 °C, suurimmassa osassa kouluja lämpötilat olivat 20-23 asteen välillä ja yli 23 °C:en lämpötiloja mitattiin kuudesta koulusta. Korkeimmat lämpötilat mitattiin syyskuussa ja toukokuussa tehdyissä tarkastuksissa. Hiilidioksidi-pitoisuuden mitauksien kirjauksia oli tehty 21 koulusta, näistä 14:sta koulun CO₂-pitoisuus jäi alle 1000 ppm. Kuudessa koulussa CO₂-pitoisuus oli 1000-1550 ppm välillä ja yhdessä koulussa ylitettiin toimenpideraja. Mitatut ja kirjatut suhteellisen kosteuden RH%-arvot noudattelivat vuodenaikoja.



Kuva 2. Yhden koulun yhden opetustilan olosuhdemittaus, josta näkyy tilojen käytön aikainen hiilidioksidin ja lämpötilan nousu.

Tarkastuksilla kehoitettiin tai pyydettiin tekemään pidempiaikaisia olosuhdeseurantoja 13 koululle, ilmamäärien mittauspöytäkirjat tuli toimittaa ympäristöterveysteen kahdeksasta koulusta ja kahdelle koululle kehoitettiin tekemään lämpökuvaus kylmäsillan havaitsemiseksi. Kuvassa 2 näkyy kahden viikon mittainen Tampereen tilapalvelujen tekemä olosuhdeseuranta. Kuvasta näkee hyvin, miten käytön aikana hiilidioksidipitoisuus ja lämpötila nousevat verrattuna siihen, kun tiloissa ei ole ihmisiä.

Lähes kaikilla kouluilla huomautettiin siivottavuudesta ja yläpölyjen poistosta. Yhdelle koululle tehtiin kaksi uusintatarkastusta ennen kuin siivoustaso saatiin riittäväksi. Kyselyssä esiin nousseet kosteusvauriojäljet olivat usein vanhoja maalipinnassa näkyviä kupruiluja, joista oli jo tieto isännöitsijöillä.

Tampereen tilapalvelut Oy tekee kouluille olosuhdeseurannat tarkastusten jälkeen. Tilapalveluilta saadusta seurannoista katsottiin neljän koulun tuloksia tarkemmin. Taulukossa 2 on mitausjaksolla saatujen pidempiaikaisten olosuhdeseurantojen minimi ja maksimilukemia.

Koulun 4 tilan 1 korkea lämpötila oli hetkellinen ja se tapahtui talviloman aikana. Ilmeisesti tilassa on tehty kunnostustöitä, joka on aiheuttanut puolen tunnin ajan yli 26 °C ylittävät lämpötilat, tällöin hiilidioksidipitoisuudet eivät nousseet. Samoin CO₂:n maksimi, joka ylittää asuimisterveysasetuksen toimenpiderajan, oli yksittäinen piikki, jota ennen ja jälkeen pitoisuudet olivat ylimmillään 1263 ppm. Mittauspisteiden väli oli 10 minuuttia.

Taulukko 1. Tarkastusryhmän yhteisen raportin kunnossa/korjattavaa kohdat eri kouluilla.

Koulu	Sisäilmasto		Lämpöolosuhteet		Ilmanvaihto		Kosteusvauriot		Siivottavuus		Siisteys	
	Kunnossa	Korjattavaa	Kunnossa	Korjattavaa	Kunnossa	Korjattavaa	Kunnossa	Korjattavaa	Kunnossa	Korjattavaa	Kunnossa	Korjattavaa
1	x			x		x		x	x			x
2	x			x		x	x		x		x	
3	x		x		x			x	x		x	
4		x		x		x	x			x		x
5		x		x		x		x	x			x
6		x		x		x	x		x			x
7		x		x		x	x			x		x
8		x		x		x		x				x
9	x			x		x		x	x		x	
10		x		x		x		x		x	x	
11		x		x		x		x	x		x	
12				x		x	x			x	x	
13		x		x		x		x		x		x
14		x		x		x		x		x		x
15		x		x		x	x		x			x
16		x		x		x		x		x		x
17	x			x		x	x			x		x
18		x		x		x	x		x			x
19		x		x		x		x				
20		x		x		x		x		x		x
21		x		x				x	x		x	
22		x		x		x		x		x		x
23		x		x		x		x	x			x
24		x		x		x		x	x			x
25	x			x		x		x	x			x
26	x			x	x			x		x	x	
27		x		x		x	x		x			x
28	x			x		x		x		x		x

Taulukko 2. Tampereen tilapalvelun tekemien olosuhdeseurantojen tuloksista minimi ja maksimi arvot lämpötilasta, suhteellisesta kosteudesta ja hiilidioksidipitoisuudessa luokkatiloissa.

Koulu	Mittaus		Tila nro	Lämpötila °C		Suhteellinen kosteus, RH%		CO ₂ -pitoisuus, ppm	
	Ajankohta	kesto/vrk		min	max	min	max	min	max
1	Marras-joulukuu 2019	11	1	19,6	22	18,4	35,4	386	1378
			2	20,4	24,4	18,5	37,7	390	1092
			3	21	25,2	16,8	35,2	389	986
			4	19,5	22,3	17,8	33,2	396	760
2	Maaliskuu 2018	6	1	19,5	23,4	11,7	30,6	366	1102
			2	20,7	22,6	12,5	18,9	352	698
			3	19,4	22,1	12,5	30,2	462	1144
			4	20,6	22,3	12,4	29,9	388	893
3	Huhtikuu 2018	11	1	16,6	21,9	13,9	37,9	397	1374
			2	19,3	23,5	9,7	34,3	394	783
		8	3	19	23,2	12,3	34,7	401	998
4	Helmi-maaliskuu 2019	16	1	17,2	33,6	6,3	31,9	400	1663
			2	16,7	21,3	8,1	37,2	388	1062

4. TULOSTEN TULKINTA

Monialaisilla tarkastuksilla työterveyden tekemät kyselyt henkilökunnalta ohjaavat paikan päällä tehtävää tarkastusta. Terveysnsuojelu tekee mittauksia luokkatiloihin, joista on tullut kyselyssä tai alkupalaverissa tietoa muulta kuin opetushenkilöstöltä tai oppilailta. Mittauksia voidaan pitää suuntaa-antavina ja hetkellisinä. Lämpötilamittaukset kertovat usein, että koettu lämpötila ei ole sama kaikilla. Hiilidioksidimittaukset taas ohjaavat helposti pyytämään pidempiaikaista seuranta. Suhteellinen kosteus taas noudattaa ulkoilma sääolosuhteita.

Tunkkaisuuden arvioiminen pelkkien mittausten pohjalta oli vaikeaa. Kaikki Tilapalveluilta saadut olosuhdemittaustulokset eivät olleet suoraan niistä tiloista mitkä tarkastuksella arvioitiin tunkkaisiksi. Kokemukseen huonosta ilman laadusta ja/tai tunkkaisuudesta kouluilla vaikuttaa lämpötilan lisäksi ilmanvaihdon riittämättömyys ja/tai epätasapaino sekä ihmisistä itsestään ja mahdollisesti rakenteista sekä kalusteista aiheutuvat emissiot. Talvella kuiva ilma voi korostaa tunkkaisuuden kokemusta. Lisäksi siivottavuus ja siivouksen laatu vaikuttavat erityisesti esi- ja alkuopetuksen tiloissa.

5. KIITOKSET

Kiitokset työnantajalleni mahdollisuudesta osallistua RTA-koulutukseen ja Tampereen tilapalvelut Oy:lle tutkimusaineiston saamisesta käyttöni. Kiitos myös ohjaajilleni Markku Hyvärinselle ja Tarja Hartikaiselle sekä Helmi Kokotille ja Ulla-Mari Pasalalle, jotka jaksoivat kannustaa, kun epätoivo iski.

6. LÄHDELUETTELO

Haverinen-Shaughnessy U, Leppänen H, Salmela A, Hyvärinen A. *Altistuminen sisäympäristössä – yleisyys Suomessa ja Pohjoismaissa*. Terveys ja hyvinvoinnin laitos (THL). Työpa-
peri 20/2020. Helsinki. ISBN 978-952-343-402-8 (verkkojulkaisu)

Salmela A, Tähtinen K, Hartikainen T, Pekkanen J, Lampi J, Jalkanen K, Niemi J, Lappalainen S, Lahtinen M, Sainio M, Manninen T, Wallenius K, Salmi K, Reijula K, Lindqvist H, Hyvärinen A. *Sisäilma ja terveys: kehitys, nykytilanne, seuranta ja vertailu eri maiden sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2019:59.

Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Asumisterveysohje. Oy Edita Ab. Helsinki

Sosiaali- ja terveysministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, 545/2015. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki 2011.

Terveysnsuojelulaki 1994. (763/ 1994)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Helsinki 2017.

ILMANVAIHDON JAKSOTTAISEN KÄYTÖN RISKIKOHTIEN TUNNISTAMINEN

Laura Pyykkö

Tampereen Tilapalvelut Oy

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin jaksottaisen ilmanvaihdon riskitekijöitä sekä näiden riskien toteutumista. Riskejä selvitettiin haastattelemalla eri asiaankuuluvien alojen asiantuntijoita sekä listamalla tilojen käyttäjiltä esiin tulleita riskikohtia. Asiantuntijoiden mielestä riskit liittyvät siihen ammattitaitoon, millä päätöksiä ilmanvaihdon käytöstä tehdään, rakennusten painesuhteisiin eri tilanteissa sekä kokonaisuuden hallintaan. Käyttäjien mielestä riskit liittyvät kosteuden tiivistymiseen rakenteisiin tai pölyn sekä muiden epäpuhtauksien laskeutumiseen pinnoille ilmanvaihdon pysäytystilanteissa ja toisaalta epäpuhtauksien pöllähtäminen käynnistystilanteissa.

Kirjallisuustarkastelujen sekä mittausdatan perusteella todettiin alipaineisuuden voivan olla riski rakennuksen ilmanvaihdon käytön kannalta, mikäli käytössä olevasta järjestelmästä tai sen toiminnasta ei ole riittäviä tietoja. Tampereen kaupungilla käytössä olevien olosuhdemittausten perusteella tiloissa olevat epäpuhtaudet ehtivät huuhtoutua sen kahden tunnin aikana, jonka ilmanvaihto on päällä ennen tilojen käyttöä sekä sen jälkeen. Tutkimuksessani tehdyn CASE-tutkimuksen perusteella pystyttiin määrittelemään Tampereen Tilapalveluille keskeiset ilmanvaihdosta tarkastettavat tekijät, jotka tulee tietää ennen kuin tehdään päätös ilmanvaihdon käynnistämisen pidentämisestä tai lyhentämisestä. Nämä asiat kannattaisi tarkistaa myös olemassa olevista kohteista, joissa ei ole ilmoitettu mahdollisista sisäilmaongelmista.

1. JOHDANTO

Tampereen jaksottaisessa mallissa ilmanvaihto käynnistetään kaksi tuntia ennen käyttöä ja pysäytetään kaksi tuntia käytön päättymisen jälkeen. Kuntien sisäilmaverkosto antoi yleisohjeen ilmanvaihdon käytöstä vuoden 2019 alkupuolella ja se on muuten vastaava kuin Tampereen kaupungin malli, mutta siinä on huuhtelujakso iltaisin ja viikonloppuisin

Tampereen kaupungin ilmanvaihtomallissa ilmanvaihto käynnistetään 2h ennen käytön alkamista ja sammutetaan 2 h käytön loppumisen jälkeen. Tässä työssä tarkoituksena oli selvittää, mitä riskejä jaksottaiseen ilmanvaihdon käyttöön liittyy ja toteutuvatko nämä riskit. Tavoitteena oli myös luoda Tampereen Tilapalvelut Oy:lle ilmanvaihdonkatsastusmalli. Katsastusmallin avulla saadaan riittävät tiedot ilmanvaihdosta ja sen toiminnasta ennen käyntiaikojen päättämistä tai sisäilmasto-ongelman esiselvitysvaiheessa.

Riskit on tunnistettu haastatteleamalla neljää eri alan asiantuntijaa ja tilojen käyttäjiltä esiin tulleiden huolenaiheiden perusteella. Riskien toteutumista tarkasteltiin kirjallisuudesta sekä tekemällä CASE-selvitys yhden päiväkodin ilmanvaihdosta. Johtopäätöksiä tehtiin myös Tampereen kaupungin palvelurakennuksissa käytössä olevista jatkuvatoimisista antureista saatavasta tiedosta.

2. ILMANVAIHTO JULKISISSA PALVELURAKENNUKSISSA

Julkisissa palvelurakennuksissa ilmanvaihtoa käytetään poistamaan toiminnasta syntyviä epäpuhtauksia kuten esimerkiksi hiilidioksidia sekä kosteutta. Julkisissa palvelurakennuksissa ilmanvaihto on yleensä koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Joissakin vanhemmissa rakennuksissa on edelleen käytössä koneellinen poistoilmanvaihto ja yksittäisissä myös painovoimainen ilmanvaihto.

Kuntien sisäilmaverkoston laatimassa ilmanvaihdon käyntimallissa ilmanvaihto käynnistetään kaksi tuntia ennen käytön aloitusta ja sammutetaan kaksi tuntia käytön lopettamisen jälkeen. Illoiksi ja viikonlopuiksi laaditaan tunnin huuhtelujakso. Osapoistot pysäytetään alipaineisuuden välttämiseksi. Tampereen kaupungin palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön malli poikkeaa kuntien sisäilmaverkoston laatimasta ohjeesta siinä, että Tampereen kaupungin palvelurakennuksissa ei ole lähtökohtaisesti selvitetty rakennuksen paine-erotilannetta ennen päätöstä käyttää ilmanvaihtoa jaksottaisesti. Tampereen rakennuksissa ei ole yleensä myöskään määriteltä huuhtelujaksoa viikonlopulle. Lisäksi erillispoistot jäävät useimmiten päälle, vaikka yleisilmanvaihto sammutetaan. (Tuomainen ym., 2019)

3. ILMANVAIHTO LAINSÄÄDÄNNÖSSÄ

Suomen lainsäädäntö on aiemmin ohjannut rakennusten ilmanvaihdon suunnittelua ja käyttöä aiemmin voimassa olleissa rakentamismääräyskokoelmissa. Voimassa olevassa lainsäädännössä maankäyttö- ja rakennuslaissa, ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, ns. asumisterveysasetuksessa ja kosteusasetuksessa on otettu kantaa ilmanvaihtoon, sen käyttöön ja suunnitteluun. Ympäristöministeriö on erilaisten asetusten lisäksi laatinut asiantuntijoiden toimesta ohjeen kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaamiseen. Myös tässä ohjeessa on huomioitu ilmanvaihto osana onnistunutta korjaushanketta. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999), (YMa 1009/2017), (STMa 545/2015), (YMa 782/2017), (Ympäristöministeriö, 2019:18) (RakMK, D2 ja D3)

4. RISKIEN TUNNISTAMINEN JA TUNNISTETUT RISKIT

Tampereen kaupungin palvelurakennusten mallin mukaiseen ilmanvaihdon käyttöön liittyviä riskejä on arvioitu tai tunnistettu kahdella tavalla eli haastatteleamalla asiantuntijoita ja empiiriseltä kokemuspohjalta. Haastateltavat olivat: Marianna Tuomainen (johtava asiantuntija, Helsingin kaupunki), Juha Vinha (rakennusfysiikan professori, Tampereen Yliopisto), Pekka Väisälä (korjausrakentamisen ja talonrakennustekniikan lehtori, TAMK) ja Toni Lammi (RI, RTA,

Vahanan Rakennusfysiikka Oy). Lisäksi tietoja on poimittu tilojen käyttäjiltä tulleiden palautteiden, puheluiden ja muiden kommenttien perusteella. Käyttäjien riskit perustuvat opinnäytetyöntekijän empiiriseen kokemukseen.

Asiantuntijoiden mielestä Tampereen kaupungin palvelurakennusten mallin mukaisessa ilmanvaihdon käytössä voivat muodostaa seuraavat asiat:

1. Ei ole ohjetta tai käyttäjillä ei ole tietoa kuka ilmoittaa ja kenelle tavanomaisesta poikkeavasta tilojen käytöstä, jotta ilmanvaihdon käyntiajat voidaan tarvittaessa muuttaa tai ilmanvaihto käynnistetään liian myöhään ennen käytön aloittamista tai tilojen käytön tulkinnaassa on epäselvyyttä
2. Liian kuivasta sisäilmasta johtuvat ongelmat
3. Ilmanvaihdon epätasapaino ja suunniteltujen ilmavirtojen toteutumattomuus tai yleisilmanvaihto sammutettaessa kohdepoistot muodostavat alipaineen, joka saattaa tuoda mukanaan epäpuhtauksia, joita yleisilmanvaihto ei taas käynnistyessään huuhtelee
4. Tiedetäänkö rakennusten kunto riittävän hyvin ennen päätöksen tekemistä ilmanvaihdon käytön suhteen.
5. Onko kunnilla riittävän pätevä sisäilma-asiantuntija tekemään päätöksiä ilmanvaihdon käyttöön liittyen – kohteita ei tarkastella kokonaisuutena
6. Pinnoilta tai ilmanvaihtokanavistosta pöllähtää jotain - 2-nopeuskoneilla, jotka ei lähde asteittain käyntiin, vaan tulee paineisku, kanavassa oleva pöly lähtee liikkeelle ja tilassa

Tilojen käyttäjien mielestä riskejä voivat olla seuraavat ilmiöt:

7. Sisäilmassa oleva kosteus tiivistyy ilmanvaihdon ollessa pois päältä rakenteisiin ja aiheuttaa kosteusvaurioita
8. Sisäilmassa tai ilmanvaihtokanavassa olevassa ilmassa oleva kosteus tiivistyy ilmanvaihdon ollessa pois päältä ilmanvaihtokanavaan ja siellä mahdollisesti olevaan pölyyn tulee mikrobikasvun vaara
9. Ilmanvaihdon sammuttamisen jälkeen pöly ja muut epäpuhtaudet laskeutuvat pinnoille tai IV-kanavistoon ja pöllähtävät siitä ilmaan, kun ilmanvaihto taas käynnistetään
10. Epäpuhtauksien määrä sisäilmassa maanantaiaamuna on korkea, kun ilmanvaihto on ollut viikonlopun pois päältä ja vain pari tuntia ennen toiminnan alkamista päällä – ilma ei ehdi vaihtua

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kuntien sisäilmaverkoston ja Tampereen kaupungin palvelurakennusten ilmanvaihdon käyttömallissa ilmanvaihto käynnistetään kaksi tuntia ennen tilojen käytön aloittamista ja sammutetaan kaksi tuntia käytön lopettamisen jälkeen eli ilmanvaihtoa käytetään jaksottaisesti. Suomen lainsäädännössä ei ole yhtäkään asetusta tai säädöstä, joka estäisi tämänkaltaisen ilmanvaihdon käytön. Ilmanvaihto tulee olla riittävää tilojen käyttäjiin nähden ja sisäilman epäpuhtauspitoisuudet eivät saa kohota liian suuriksi.

Tässä työssä tehdyn kirjallisuusselvityksen ja käytettävissä olevan aineiston perusteella sisäilman kosteus ei ole riski silloin, kun tiloissa ei ole käyttöä. Yleisesti kosteuslisä rakennuksissa

tulee tilojen käyttäjistä ja heidän kosteuteen tai kosteuden tuottamiseen liittyvästä toiminnastaan. Julkisissa palvelurakennuksissa tällaista ei ole silloin, kun tilat eivät ole käytössä, vaan tiloissa kosteuslisä voi olla jopa negatiivinen. Myös riski kosteuden tiivistymisestä rakenteisiin tai ilmanvaihtokanavistoon tai ilmanvaihtokanavistoon syntyvän mikrobivaurion riski on pieni ilmanvaihdon ollessa sammutettuna. Epäsuotuisat paine-erot voivat olla todellinen riski julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon käyttötavalla, mikäli ilmanvaihdossa ei ole huomioitu ilmataseita eli sitä, että sekä tulo- ja poistoilmamäärät ovat tasapainossa kaikilla ilmanvaihdon käyttötaivoilla. Lisäksi pitäisi tarkastella ilman jakautumista tiloissa eri ilmanvaihdon käyttötaivoilla, koska riskinä voi olla, että osateholla ilma ei riitä kanaviston loppuosan tiloihin. (Rau-nima, 2019)

Asiantuntemuksen osalta nykyinen Asumisterveysasetus 545/2015 antaa viranomaisille ja kunnan päättäjille hyvät työkalut oikeiden asiantuntijoiden tunnistamiseksi ja hyödyntämiseksi. (STMa 545/2015)

Kahden tunnin huuhtelu-aika ennen käyttäjien tulemistä tiloihin näyttäisi kirjallisuusselvityksen sekä tässä työssä Tampereen kaupungin palvelurakennuksista saatavilla olevan tiedon perusteella riittävä huuhtomaan tilasta mahdolliset materiaaliemissiöt ja muut taustapitoisuudet ennen käytön aloittamista. Olennaista onkin se, että ilmanvaihdon käyntiajoista päättävillä tahoilla on oikea tieto rakennuksen käytöstä ja käyttöajoista. Tähän tulisi luoda kunkin kunnan oma hyvä menetelmä, jolla varmistettaisiin oikeiden käyttöaikojen tiedon välittyminen kiinteistön ylläpitäjille. (Alanko ym. 2018)

Tätä työtä varten tehtyä CASE-tutkimusta hyödynnettiin ilmanvaihdon katsastusmallia Tampereen tilapalvelut Oy:lle. Katsastusmalliin kuuluu kohteen käyttöaikojen tarkastelu, ilmanvaihdon vaikutusalueiden selvitys, konekohtaisten ilmataseiden laskeminen, tallentavat jatkuvatoimiset olosuhde- ja paine-eromittaukset sekä ilmanvaihtolaitteiston aistinvarainen kuntotutkimus.

Ilmanvaihtokanavistosta tuleva pölyhdys ei näytä olevan todellinen ilmanvaihdon jaksottaiseen käyttöön liittyvä riski. Asiantuntijoiden mielestä tämä ilmiö toteutuessaankaan ei ole varsinainen riski, koska ilmanvaihto oikea-aikaisesti ja oikein toimiessaan vie poistoilmanvaihdon mukana nämäkin mahdollisesti pölyhdysilmiön epäpuhtaudet pois sisäilmasta ennen käyttäjien tulemistä tiloihin. Tosin jatkotutkimustarpeeksi tunnistettiin pölyhdysilmiön tutkiminen eli pölyhdysilmiö ilmanvaihdosta tai pinnoilta jotain ilmanvaihtoa käynnistettäessä ja onko siitä haittaa sisäilman laadulle.

Ilmanvaihdon jaksottaisella käytöllä voidaan välttää turhaa energiankulutusta ja turhien kasvi-huonepäästöjen syntymistä. Säästötoimenpiteet eivät kuitenkaan saa olla eikä niiden tule olla este harkitun ja tutkittuun tietoon perustuvan päätöksen tekemiseen ilmanvaihdon jatkuvasta käytöstä tilanteessa, jossa sillä ehkäistään esimerkiksi epäpuhdasta ilmapvirtausta rakenteiden kautta sisäilmaan päin. (Elonen. 2016) (Motiva, 2019)

Ilmanvaihto suunnitellaan yleensä esimerkiksi normaalissa koulurakennuksessa tilan käyttäjiä varten eikä rakennusta varten. Normaalissa tilanteessa ilmanvaihdolla ei rakennuksen kannalta ole tarvetta olla päällä silloin kun tilassa ei ole käyttäjiä. Ilmanvaihto huolehtii käyttäjien tuottamien epäpuhtauksien kuten hiilidioksidin ja kosteuden poistamisen rakennuksen sisäilmasta ja mikäli ilmanvaihto käynnistetään ennen käytön aloittamista, tilat ehtivät huuhtoutua ennen käyttäjien tulemistä tiloihin.

5. KIITOKSET

Kiitos työnantajalleni Tampereen Tilapalveluille tämän koulutuksen mahdollistamisesta. Kiitos myös opinnäytetyön ohjaajille isosta panoksesta tämän työn tekemisessä. Ja iso kiitos haastatteluun suostuneille asiantuntijoille. Kiitos myös perheelle.

6. LÄHDELUETTELO

Alanko A., Kesikuru T. ja Pasanen P. Ilmanvaihdon käyttötapojen ja käyttötasojen vaikutus sisäilmaan koulurakennuksissa. Opinnäytetyö. UEF Aducate. Kuopio 2018.

Elonen A. Energiasäästötoimien vaikutus sisäilmaan. Tampereen tilakeskus. Sisäilmapaja 8-esitys. Tampere 2016. https://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/3302/22060/version/1/file/Sipaja8+5_2+Elonen+ja+Tikka.pdf (viitattu 23.4.2020)

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Helsinki 1999.

Motiva. CO₂-päästökertoimet. 2019. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet (viitattu 23.4.2020)

Raunima T. Sisäilman kosteuslisä ja lämpötilan sisäilmastoluokka kouluissa ja päiväkodeissa. COMBI-hanke. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Tampere 2019. https://research.tuni.fi/uploads/2019/02/5d47b2bb-combi_tk_3_13-sisailman-lamplotila-ja-kosteuslisa.pdf (viitattu 23.4.2020)

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Helsinki 2015.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki 2011.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki 2011.

Tuomainen M., Aitio A., Alanko A., Andelin O-P., Arola J., Harju R., Hartikainen P-M., Hyvärinen A., Järvi K., Lignell U., Melender M., Ojanen T., Rantanen M., Saari M., Saira J., Stenlund L., Väkelä P.: Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön yleisohje ja Julkisten palvelurakennusten ilmanvaihdon käytön yleisohjeen perustelumuiotio. Kuntien sisäilma-verkoston julkaisu. Helsinki 2019.

Ympäristöministeriö. Perustelumuistio. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Helsinki 2017.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Helsinki 2017. Helsinki 2017.

Weijo I., Lahdensivu J., Turunen T., Ahola S., Sistonen E., Vornanen-Winqvist C., Annala P. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriö 2019.

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS – 1940-LUVUN KOULURAKENNUS

Jussi Salmi

RAK Suomi Oy

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen kohteena on Pirkanmaalla sijaitseva koulurakennus. Kohde on valmistunut vuonna 1947 ja sen huoneistoala on 3830 m². Rakennuksen kellarikerroksen on sokkelirakenne kantavien seinien osalta pääosin betonirakenteinen, tiilisisäverhouksella, ja ei-kantavien rakenteiden osalta massiivitiilirakenteinen. Alapohjana on eristämätön maanvarainen kaksoislaattarakenne, bitumisivellyllä. Tähän tekee poikkeuksen vuoden 1993 vuosikorjauksen yhteydessä saneeratut tilat, joissa 70mm betonilaatan alle on työselostuksen mukaan asennettu 50mm EPS-eriste. Välipohjat ovat käytävien osalla kaksoislaattapalkistoja, luokkatilojen osalta välipohjat ovat alalaattapalkistoja puupermannoin. Rakennuksen kellari ja 1. kerros on varustettu koneellisella poistoilmanvaihtojärjestelmä. 2. ja 3. kerroksen ilmanvaihtojärjestelmä on uusittu v. 2016 koneelliseksi tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmäksi, joka on varustettu lämmöntalteenotolla.

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella tutkinta-alueella esiintyy sisäilman laatuun liittyviä häiritseviä tekijöitä, jotka vaativat merkittäviä rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä. Toiminnan luonne ja tehtävät korjaustoimenpiteet huomioiden, tulee erikseen arvioida mm. tilojen käytön mahdollisuus ja väistötilojen tarve korjaustoimenpiteiden aikana. Tehtyihin tutkimuksiin perustuen rakennukselle laadittiin Työterveyslaitoksen mallin mukainen altistumisolosuhtearvio. Rakennuksessa tavanomaisesta poikkeava olosuhde todettiin erittäin todennäköiseksi, koska useassa rakenneosassa oli laaja-alaiset mikrobivauriot ja vaurioalueelta oli ilmavuotoyhteys sisätiloihin.

1. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus tehtiin ja raportoitiin Ympäristöopas 2016, rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus-oppaan ohjeistuksen mukaisesti.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kattavasti koulurakennuksen sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusten perusteella laaditaan korjaustoimenpidesuosituksia kohteen korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi.

Tutkimuksessa selvitetään koulurakennuksen rakenteiden ja rakennusosien kunto, vaurioituminen, korjaustarve, jatkotoimenpiteet ja teknisesti soveltuvat korjaustavat. Painopiste tutkimuksissa on rakenteiden kosteusteknisessä ja muussa rakennusfysikaalisessa toiminnassa.

Työ sisältää tutkimussuunnitelmassa määriteltyjen rakenteiden ja rakennusosien aistinvaraisentarkastuksen, kosteusmittauksia, olosuhdemittauksia sekä rakenneavauksia. Tilojen painesuhteita ulkoilmaan sekä ryömintätilaan nähden seurattiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla.

Tutkimukset kohteessa suoritettiin syyskuun 2019 – lokakuun 2019 välisenä aikana. Paine-ero-mittaukset suoritettiin joulukuussa 2019.

Rakenneavauksista otettiin materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin. Ilmanvaihtolaitteistoon ja sen toimintaan liittyen tehtiin pistokoeluonteisia tutkimuksia (tilojen ilmamäärät & paine-erot).

2. YHTEENVETO TUTKIMUSTULOKSISTA

2.1. Maanvastaiset rakenteet

Rakennuksen alapohjarakenteissa on rakenteellisia puutteita ja vaurioita, jotka heikentävät oleellisesti sisäilman laatua. Tutkinta-alueella vanhan kaksoislaatta-alapohjan alueella oli kauttaaltaan havaittavissa poikkeavan korkeita kosteuspitoisuuksia.

Kellaritiloissa oli havaittavissa voimakasta mikrobiperäistä hajua. Kellarin lattiapinnoitteena on pääosin muovimatto. Muovimaton alla havaittiin kemiallista hajua ja kosteus muovimatonalla on korkea, jonka takia lattiapinnoitteeseen on syntynyt / syntyy kemiallisia / mikrobiperäisiä vaurioita. Lattiassa käytettyjen muovimattojen voidaan arvioida heikentävän sisäilman laatua.

Kosteusteknisenä puutteena voidaan pitää myös sokkeliosien ulkopuolista kosteuden- ja lämmöneristämättömyyttä, sekä toimimattomia salaoja- ja sadevesijärjestelmiä. Rakennuksen alustäytöt, ja sokkeliosat pysyvät märkinä ulkopuolisen kosteusrasituksen seurauksena (maanpintakaatojen puutteellisuus, ulkopuolisten vedeneristeiden puute sekä puutteellisten sokkelin läpivientien kautta ohjautuva vesi). Maanvastaisten seinärakenteiden vedeneristeinä toiminut betoni- ja tiilirakenteen rajapinnassa toiminut bitumisively on tullut teknisen käyttöikänsä päähän, eikä toimi enää suunnitellulla tavalla, päästäten kosteusrasitusta lävitseen.

Kellarin välinevaraston maanvastaisissa seinissä ja kattoholvissa kantava rakenne verhoiltu puukoolauksilla sekä EPS-eristeillä. Maaperään kosketuksissa oleviin seinärakenteisiin siirtyy maaperästä kosteutta ja tiiviit rakennekerrokset heikentävät rakenteiden kuivumisedellytyksiä, ja siten voivat aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteeseen. EPS-eristeiden puukoolauksissa oli havaittavissa selvää mikrobikasvustoa, sekä tilassa oli hyvin voimakas mikrobiperäinen haju. Holvirakenteiden sisäpuolisena lämmöneristeinä käytetty sementtilastuvillalevy, sekä holvin sisällä olevat vanhat puurakenteiset muottilaudat olivat silmin nähden kosteus- ja mikrobivaurioituneet yläpuolisen, sekä rakennusaikaisen kosteusrasituksen johdosta.

Korvausilmareittien ja kellarikerroksen alipaineisuuden takia mikrobiepäpuhtaudet ja voivat kulkeutua yläpuolisiin huonetiloihin.

2.2. Ulkoseinärakenteet

Julkisivuille suositellaan jatkotutkimuksena perusteellista kuntokartoitusta, sekä rappauksen peruskorjausta seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Ikkunoiden ulkopuolisten puuosien heikon kunnon vuoksi ikkunat suositellaan ensisijaisesti uusittavan samassa yhteydessä.

Tutkinta-alueen ulkoseinärakenteissa on kosteusteknisiä puutteita. Tehtyjen rakenneavaushavaintojen sekä materiaalinäyteanalyysien perusteella ulkoseinien patterisyvennysten, sekä porrashuoneiden ulkoseinien sementtilastuvillaeristeissä esiintyy mahdollisesti mikrobi- ja kosteusvaurioita em. kosteusteknisten puutteitten takia.

2.3. Välipohjarakenteet

Välipohjarakenteet ovat pääasiassa alalaattapalkistoja, joissa on eristeenä purua, kutteria ja rakentamisen aikana syntyntä rakennusjätettä, sekä kaksoislaattapalkistoja, joiden sisään on jätetty rakennusaikaiset muottilaudoitukset. Pinalattiat ovat pääosin puu-/betonirakenteisia.

Tehtyjen tutkimusten mukaan rakenteissa ei havaittu kosteuden aiheuttamia vaurioita, eikä välipohjatäytteistä tehdyissä mikrobianalyyseissa havaittu selvää mikrobivaurioitumista, lukuun ottamatta VP1 rakenteen sisään jääneitä muottilautoja. Kerroksellinen vanhoja täytemateriaaleja sisältävä alalaattapalkistovälipohja on tyypillisesti rakenne, joka saattaa aiheuttaa sisäilma-haitan riskiä. Orgaaniset täyttömateriaalit ovat herkkiä vaurioitumaan kosteudesta ja ne ovat voineet vaurioitua jo rakennusvaiheessakin. Toisaalta luonnosta peräisin olevissa materiaaleissa, kuten turpeessa voi luonnostaankin olla paljon mikrobeja ilman, että kysymyksessä on kosteusvaurio.

Välipohjarakenteissa on käytetty PAH-yhdisteitä sisältävää bitumisivelyä. Tämän ikäiset bitumituotteet ovat usein jo pinnaltaan sulkeutuneet ja niistä ei lepotilassa katsota haihtuvan sisäilmaan haitallisesti PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteet on kuitenkin huomioitava purkutyön yhteydessä. Sisäilmaan haihtuvien PAH-yhdisteiden määrä on kuitenkin suositeltavaa mitata.

2.4. Yläpohja- ja vesikattorakenteet

Rakennuksen vesikatto ja vedenpoistojärjestelmät ovat toimivat ja hyvässä kunnossa, lukuun ottamatta antennin läpivientiä vesikaton läpi, joka vuosi vettä antenniputkea pitkin yläpohjaholville. Vesikatteella voidaan arvioida olevan teknistä käyttöikää jäljellä vielä n. 20 vuotta, eikä katteessa havaittu rakenteellisia puutteita.

Yläpohjista otetuissa materiaalinäytteissä havaittiin selvä mikrobikasvuun viittaava tulos vain vuotavan antenniläpiviennin kohdalla, jossa oli myös havaittavissa selkeä veden aiheuttama kosteusjälki. Vaikka kaikissa materiaalinäytteissä ei havaittu selvää viitettä mikrobivaurioon, on huomioitavaa, että yläpohjien eristeenä oleva orgaaninen puru-, turve- ja sementtilastuvillaeriste voi mikrobivaurioitua helposti, mikäli se pääsee kastumaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen aiheuttaman kondenssiveden johdosta.

2.5. Sisäilmatutkimukset

Jatkuvatoimisten seurantamittausten perusteella kellarikerros on alipaineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -10,9 Pascalia) ja ensimmäisessä kerroksessa sijaitseva opettajain huone on

ali-paineinen ulkoilmaan nähden (24h. ka. -11,5 Pascalia). Kaikki tutkitut tilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineisuus vaihtelee 0 - 12 Pa välillä. Painesuhteiden seurantamittausten tulokset on esitetty tarkemmin liitteessä 9.

Tilojen ollessa selvästi alipaineisia (poistoilmaa poistetaan enemmän kuin tuodaan tuloilmaa) ulkoilmaan nähden, on mahdollista, että korvausilmaa kulkeutuu ulkoseinän eristeiden, sekä ala- ja välipohjatäyttöjen läpi sisäilmaan mm. epätiiviiden rakenneliittymien, sekä 2. ja 3. kerroksen vanhojen, tukkimattomien rakenneaineisten ilmanvaihtokanavien kautta. Korvausilman mukana kulkeutuu sisäilmaan myös rakenteiden sisällä mahdollisesti olevat epäpuhtaudet.

Rakennuksessa suoritettiin lisäksi hetkellisiä paine-eromittauksia 28.2.2020 kellarin lämmönjakohuoneen ja 1. kerroksen sisäänkäyntiaulan / porrashuoneen välillä. Mittaushetkellä kellari oli 6 Pa ylipainein porrashuoneeseen nähden. Kellaritilan ollessa ylipaineinen muuhun tilaan nähden, on mahdollista, että kellarista kulkeutuu epäpuhtauksia muualle rakennukseen hallitsemattomien ilmapuotojen välityksellä.

Tilojen todellisia ilmanvaihdon ilmamääriä mitattiin 1. kerroksen kaikkien tilojen osalta. Mittausten perusteella voidaan todeta, että tilojen hallittu korvausilman saanti on riittämätöntä poistoilmanvirtauksiin nähden. Em. syyn takia tilat ovat voimakkaasti alipaineisia, ja korvausilma tiloihin tulee hallitsemattomasti rakenteiden, sekä niiden epätiiveyskohtien läpi, jolloin on mahdollista, että rakenteissa olevat epäpuhtauden kulkeutuvat sisäilmaan. Osassa tiloja ilmapuotojen havaittiin virtaavan paikoin jopa väärään suuntaan. Poistoilmakanavan toimiessa korvausilmareittinä, on mahdollista, että kanavaan kertyneet epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan.

Tutkimuskohteena olleisiin tiloihin tehtiin yhden viikon mittaiset huone- ja tuloilman lämpötilojen mittaukset. Mittaukset suoritettiin 2 eri tilassa (opettajainhuone & luokka 205). Mittaus-ajankohtana ulkolämpötilat vaihtelivat välillä -3...+5 °C. Huonelämpötilat vaihtelevat mittausten pääasiassa käytön aikana opettajanhuoneessa +20 ...+ 21°C välillä ja luokassa 205 +18,5...+20,0 asteen välillä. Voimassa olevan Asumisterveysasetuksen mukaan lämpötilojen toimenpideraja kouluissa lämmityskauden aikana on +20 °C - + 32°C. Luokan 205 osalta mitatut lämpötila-arvot eivät täytä asumisterveysasetuksen raja-arvoja.

Hiilidioksidimittaukset tehtiin samoissa tiloissa kuin lämpötilamittaukset. Mittauksista voidaan todeta, että sisäilman hiilidioksidipitoisuudet pysyvät mittausajanjakson aikana alle toimenpiderajan 1550 ppm

3. ALTISTUMISEN TODENNÄKÖISYYDEN ARVIOINTI

Altistumisolosuhteen arvioinnin määrittämisessä käytetään TTL:n ohjetta: ”Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017), Ko. ohjeen luvussa 5.1 ” Sisäilmasto-ongelman määrittelemine ja altistumisolosuhteiden arviointi sisäilman epäpuhtauksille” (sivut 30-39) on esitetty ohjeet terveyshaittaa aiheuttavan olosuhteen vakavuuden arviointiin. Vakavuuden arviointi perustuu altistumisolosuhteiden ja altistumisen kokonaisarviointiin, jossa huomioidaan asumisterveysasetuksen 3§:n mukaisesti mm. altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto.

Kosteusvaurioille tai muille sisäilman epäpuhtauksille ei ole olemassa terveystieteellisiä viite- tai raja-arvoja. Altistumista arvioidaan lähinnä rakenteiden vaurioiden tai epäpuhtauslähteiden laajuudella ja kestolla sekä niiden yhteydellä sisäilmaan.

Arvioiden perusteella haitallinen altistuminen on erittäin todennäköistä, jos korvausilman kulkeutuminen maaperästä ja kellaritiloista oleskelutilojen sisäilmaan päin ei saada estettyä. Myös vanhan koneellisen poistoilmanvaihdon piirissä olevien tilojen riittämätön korvausilman saanti, yhdessä tilojen huomattavan alipaineen kanssa saattavat mahdollistaa rakenteiden epäpuhtauksien kulkeutuminen sisäilmaan. Rakennuksen ollessa alipaineinen voidaan altistumisolo-suhdetta pitää erittäin todennäköisenä. Ylipainetilanteessa tai lähellä ns. tasapainotilannetta olleessa haitallinen altistumisolosuhde vähenee, koska ilmapuodot rakenteista poistuvat tai niitä esiintyy yleensä tällöin korkeintaan vain hetkellisesti. Kun rakennuksen paine-erot ovat kunnossa ja tässä raportissa esitetyt lyhyen aikavälin toimenpiteet on suoritettu, sekä otetaan huomioon muut rakennuksessa havaitut sisäilmatekijät huomioon, voidaan altistumisolosuhteen ajatella laskevan erittäin todennäköisestä mahdolliseen.

4. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Koska rakennukseen ei voida tehdä nopealla aikajänteellä tarvittavia laajoja rakenteellisia korjauksia, tulee tehdä niitä toimenpiteitä, jolla kohteen sisäilmariskiä ja altistumisolosuhdetta pienennetään.

Tällaisena ns. lyhyen aikavälin toimenpiteinä suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

- A) Alemman kellaritilan ns. ”homesiivous”, ja kaasutiiviin oven asentaminen, tai pääporraskäytävään johtavan oven poisto.
- B) Alemman kellaritilan maanvastaisen holvin korjauksen loppuun saattaminen.
- C) Kellarin ja 1. kerroksen ilmanvaihdon säätö ja riittävän korvausilman varmistaminen
- D) Alemman kellarin painesuhteiden jatkuva seuranta yläpuolisiin tiloihin nähden etäluettavilla painesuhdemittareilla ja hälytysten rakentaminen automaatioon.
- E) Puukäsityöluokan tuulettuvan lattiarakenteen koneellisen tuuletuksen ja painesuhteen seurannan rakentaminen ja kytkentä rakennuksen automaatiojärjestelmään.
- F) Ulkopuolisten sadevesi, ja sala-ojajärjestelmien rakentaminen / korjaus, rakennuksen sokkelin ulkopuolinen lämmön- ja vedeneristys, sekä pintamaiden muotoilu.
- G) Lämmitysverkoston tasapainotus ja säätö.

4.1. Laajat korjaustoimenpiteet

Alapohjaan liittyvät kosteustekniset korjaukset ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poistaminen. Korjauksessa alapohjarakenne uusitaan koko rakennuksen alalta nyt havaittujen säännöllisten kosteus- ja/tai vauriokohtien (väliseinien vierustat ja lattiat) sekä osin paikallisten kosteiden alueiden takia. Nykyinen alapohjarakenne puretaan maatyttöön asti ja lisäksi vanhaa maatyttöä poistetaan arviolta 200 mm, jotta uuden lämmöneristyskerroksen alle saadaan nyky määräykset täyttävä kapillaarikerros kauttaaltaan. Alapohjarakenteen purkamisen takia

myös kaikki alapohjalaattaan tukeutuvat väliseinärakenteet purkaantuvat. Vaihtoehtoisesti voidaan rakentaa tuulettuva lattiarakenne.

Julkisivujen ja liittyvien ikkunarakenteiden korjaukset suositellaan teetettävän julkisivun kuntotutkimuksen johtopäätösten mukaisesti. Ulkoseinärakenteiden osalta suositellaan tehtäväksi kosteus-/ mikrobivaurioituneiden lastuvillalevyjen poisto patterisyvennyksistä ja vaihto kosteutta sietävään lämmöneristeeseen, erillisen suunnitelman mukaisesti.

Tutkimusajankohtana alalaattapalkisto luokitellaan riskirakenteeksi, jonka vaurioherkkyys on suuri. Siten peruskorjauksen yhteydessä on suositeltava uusia välipohjarakenteiden eristeet. Samassa yhteydessä poistetaan myös rakenteessa olevat muottilaudat. Ennen rakennuksen peruskorjausta välipohjarakenteita voidaan tilakohtaisesti tarvittaessa korjata tiivistämällä.

Vaikka kaikissa yläpohjan materiaalinäytteissä ei havaittu selvää viitettä mikrobivaurioon, on huomioitavaa, että yläpohjien eristeenä oleva orgaaninen puru-, turve- ja sementtilastuvilla-eriste voi mikrobivaurioitua helposti, mikäli se pääsee kastumaan vuotovesien, tai yläpohjarakenteen kylmäsiltojen aiheuttaman kondenssiveden takia. Peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusia yläpohjan lämmöneristeet sekä poistaa rakenteessa mahdollisesti käytetyt muottilaudat ja haitta-ainepitoiset materiaalit.

5. LÄHDELUETTELO

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osat I, II, III & IV, Valvira 8/2016 Haettu osoitteesta: <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. 2012. Ympäristöministeriö Haettu osoitteesta: https://www.finlex.fi/data/normit/37187/D2-2012_Suomi.pdf

Leivo V. ja Rantala J. 2002. Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu

RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki: Rakennustietosäätiö

Sosiaali- ja terveysministeriön asetusasunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015. Haettu osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Työterveyslaitos, Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017. https://ttk.fi/files/4715/Ohje_tyopaikkojen_sisailmasto-ongelmien_selvittamiseen.pdf

Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Toimittaja Pitkäranta, M., Ympäristöministeriö, 2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>

VANHAN KOULURAKENNUKSEN YLLÄPITO ENNEN PERUSKORJAUSTA

Janne Ala-Krekola

Senaatti-kiinteistöt

TIIVISTELMÄ

Kiinteistön omistajan vastuu rakennuksen kunnosta ja sitä kautta sisäympäristöongelmista on kirjattu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää, että rakennus täyttää jatkuvasti terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset (MRL 166 §).

Kosteus ja homevaurioista aiheutuavia ongelmia esiintyy kaiken tyyppisissä vanhemmissa rakennuksissa. Suuri osa näistä ongelmista muuttuu sisäilmaongelmiksi korjausten viivästyessä. Koulun päärakennus on peruskorjattu edellisen kerran 80-luvulla, joten useat sen rakennusosista ovat jo teknisen käyttöikänsä loppupuolella, eikä rakennuksen kunnossapitoa ja hoitoa ole kaikilta osiltaan tehty riittävässä laajuudessa.

Tämän lopputyön tavoite oli selvittää ja dokumentoida ne toimenpiteet, joilla varmistetaan koulurakennuksen käytettävyys peruskorjaukseen saakka. Lopputyössä selvitetään ja arvioidaan mm. seuraavia asioita kiireelliset kunnossapitotoimenpiteet ja niiden dokumentointi, rakennuksen anturointi (lämpötila, VOC, paine-erot), yhteistyö kiinteistönhoidon ja käyttäjien kanssa tuholäistorjunta ja siihen liittyvät toimenpiteet ja käyttäjäpalautteen kerääminen ja niihin reagointi

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että pelkkä kunnossapito ei riitä pitämään rakennusta kunnossa, mikäli peruskorjaus viivästyy. Rakennuksen peruskorjauksen valmistelu ja siihen liittyvä väistöilasuunnittelu pitää aloittaa nopeutetulla aikataululla.

1. JOHDANTO

Kiinteistön omistajan vastuu rakennuksen kunnosta ja sitä kautta sisäympäristöongelmista on kirjattu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää, että rakennus rakennetaan ja se myös täyttää käytön aikana terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset (MRL 117c§ ja 166 §).

Terveellisyys, MRL 117c §

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen.

Rakennuksen kunnossapito MRL 116 §

Rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset ja ei aiheuta ympäristöhaittaa tai ruumenna ympäristöä.

Koulurakennuksen peruskorjauksen valmistelu on aloitettu ja ensimmäisenä konkreettisenä toimenpiteenä kiinteistön omistaja on selvittänyt rakennuksen rakenteet ja niiden kunnon rakenneteknisen kuntotutkimuksen avulla. Kuntotutkimuksen mukaan rakennuksessa on rakenteellisia vaurioita eikä peruskorjauksen aloittamista saa lykätä.

2. TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tämän tutkimuksen tavoite on selvittää ja dokumentoida toimenpiteet, joilla varmistetaan koulurakennuksen käytettävyys peruskorjaukseen saakka. Kohteesta on laadittu vuonna 2017 laaja rakennetekninen kuntotutkimus peruskorjauksen lähtötiedoksi ja kuntotutkimuksen tietoja hyödynnetään jo ennen peruskorjausta.

Lopputyössä selvitetään ja arvioidaan mm. seuraavia asioita:

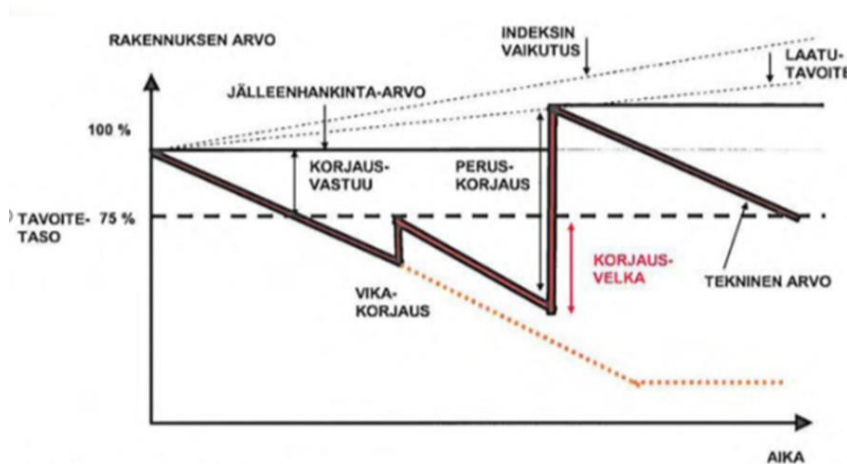
- kiireelliset kunnossapitotoimenpiteet ja niiden dokumentointi
- rakennuksen anturointi (lämpötila, VOC, paine-erot)
- yhteistyö kiinteistönhoidon ja käyttäjien kanssa
- tuholaiсторjunta ja siihen liittyvät toimenpiteet
- käyttäjäpalautteen kerääminen ja niihin reagointi

3. LAINSÄÄDÄNTÖ

Rakennusten terveydellisistä oloista, suunnittelusta ja rakentamisesta on annettu määräyksiä maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 1999/132), terveydensuojelulaissa (TSL 1994/763) ja työturvallisuuslaissa (2002/738) sekä lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja näitä selventävissä ohjeissa. Suojellun rakennuksen korjaus- ja muutostyössä on otettava huomioon myös laki rakennusperinnön suojelemisesta (2010/498).

4. KOHTEEN KUNNOSSAPITO

Kunnossapittoa on kiinteistön ominaisuuksien säilyttäminen joko uusimalla tai korjaamalla vialliset ja kuluneet osat siten, että kohteen suhteellinen laatutaso ei olennaisesti muutu. Koulun rakennusosat ovat ohittaneet teknisen käyttöikänsä moninkertaisesti, joten pelkällä kunnossapidolla ei kohdetta pystytäkään pitämään siinä kunnossa, että laatutaso ei olennaisesti muutu. (KH - kortti KH 90-006575, 2018)



Kuva 1. Korjausvelan määrittely (Siikala ja Oravisjärvi, 2008)

Korjausvelka tarkoittaa kustannuksia, jotka aiheutuvat siitä, että tarpeelliset korjaukset ovat jääneet tekemättä. Korjausvelan muodostumista on esitetty kuvassa 1. Rakennukseen korjausvelka on huomattavasti tavoitetason alapuolella.

4.1 Sisäolosuhteisiin vaikuttavat toimenpiteet

Kellarin alipaineistus

Keittiön alapuolella oleva kellari on kuntotutkimuksen mukaan pahasti kosteusvaurioitunut. Kellariin johtavat portaat ovat valmistuskeittiön yhteydessä. Kellariin toimii koulun varastona sekä arkistona. Kaikki rakenteet tulee uusita peruskorjauksen yhteydessä ja kellarin jatkokäyttö tulee tarkastella peruskorjauksen hankesuunnitteluvaiheessa.

Tilojen käytöstä poistaminen

Kellarin käyttöä on rajoitettu ja kulkeminen kellariin on järjestetty toimenpiteiden jälkeen ulkokautta. Kellari toimii tällä hetkellä ainoastaan koulun arkistona. Kellarin jatkokäyttöä selvitetään peruskorjauksen suunnittelun yhteydessä. Yläkerran sauna- ja peseytymistilat sekä toisen kerroksen majoitustilat on poistettu käytöstä toistaiseksi.

5. ILMANVAIHDON TOIMIVUUDEN TARKASTELU

Ilmanvaihdon toimivuutta on tarkasteltu ja selvitetty useaan otteeseen. Selvityksiä on tehty vuoden 2010 kuntoarvion yhteydessä sekä useaan otteeseen tehdyillä kohdekäynneillä. Selvityksissä ja palaverissa ovat olleet mukana IV- suunnittelija, kiinteistöhoitaja ja muita asiantuntijoita. Selvitysten ja kohdekäyntien perusteella on mm. selvitetty Ilmanvaihtokoneiden palvelualueita ja ohjauksia.

Rakennuksessa ei ole ollenkaan rakennusautomaatiojärjestelmää. Ilmanvaihtokoneita ohjataan käsin tai kello-ohjauksella. Koska automaatiojärjestelmä puuttuu kokonaan ja koneita ohjataan erillisistä käyttökytkimistä, menee vikaantumisen havaitsemiseen aikaa ja pahimmassa tapauksessa vikaantumista ei huomata ollenkaan. Kiinteistökierroksien yhteydessä on havaittu, että kaikkien laitteiden ohjaukset ja palvelualueet eivät ole kiinteistöhoitajan tiedossa. Kierrosten yhteydessä on havaittu, että ainakin kahden huippuimurin vikaantuneen ja vikaa selvittäessä on ollut epätietoisuutta mistä kyseessä olevia huippuimureita ohjataan.

6. KOHTEEN SISÄOLOSUHTEIDEN SEURANTA

Rakennukseen asennettiin maaliskuussa 2019 sisäolosuhteita mittaava ja analysoiva järjestelmä. Järjestelmän asennuksella tavoitellaan sisäolosuhteiden tarkempaa seurantaa. Olosuhdeanturointiin liittyy järjestelmästä saatava kuukausiraportti, joka esittää rakennuksen olosuhteita edellisen kuukauden ajalta.

Järjestelmässä on kolme eri tyyppistä anturia:

- IAQ anturi, joka mittaa lämpötilaa, kosteutta, ilman VOC pitoisuuksia ja hiilidioksidia
- PE anturi, joka mittaa paine-eroa rakenteen yli
- PM anturi, joka mittaa sisäilman pienhiukkaspitoisuuksia

7. KIINTEISTÖHOITO

Kiinteistönhoito tarkoittaa kiinteistön ylläpitoon kuuluvaa säännöllistä toimintaa, jolla pyritään pitämään kiinteistön olosuhteet halutulla tasolla. Kiinteistönhoitoa ovat mm. kiinteistön teknisten järjestelmien hoito, kiinteistönhuolto, siivous, ulkoalueiden hoito sekä kiinteistön jätehuolto. (KH -kortti KH 90-00657, 2018)

Kohteen kiinteistöhoito on toteutettu valtakunnallisella puitesopimus-menettelyllä valitun kumppanin toimesta. Kiinteistönhoitoa ohjataan huoltokirjan avulla. Kiinteistönhoidon palvelukuvaukset ja siihen liittyvät tehtävät on kirjattu huoltokirjaan ja kiinteistönhoitoliike kirjaa tehdyt tehtävät ja toimenpiteet huoltokirjaan. Kohteelle on nimetty vastuussa oleva kiinteistöhoitaja, joka tuntee rakennukset hyvin. Kiinteistöhoito on kuitenkin haastavaa, koska kohde on vanha ja ”hiljaista tietoa” on todella paljon. Edellisellä sopimuskaudella, osa kiinteistöön liittyvistä tehtävistä oli koulun omalla vastuulla.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vanhan ja vaurioituneen rakennuksen ylläpito on haastavaan. Rakennuksessa on monia ongelmallisia rakenteita eikä näitä rakenteita voida kunnossapidon puitteissa korjata. Suoritettujen kunnossapito- ja ylläpitotoimenpiteiden vaikutus sisäilman laatuun ovat marginaaliset. Suoritetuilla toimenpiteillä on kuitenkin parannettu käyttäjien viihtyvyyttä.

Käyttäjän ilmoittama oireilu ei välttämättä kerro kohteen todellista tilannetta. Oireilevat henkilöt eivät välttämättä halua raportoida oireistaan, koska tietävät ettei muitakaan tiloja ole käytettävissä. Käyttäjä on tällä hetkellä tyytyväinen, mutta tilanne voi huonontua nopeasti ja käyttäjien oireilu voi lisääntyä. Väistötilasuunnittelu pitää aloittaa mahdollisimman pikaisesti kiinteistön omistajan päätöksellä.

8.1. Peruskorjaus

Hankesuunnittelussa määritellään kosteus- ja mikrobivaurioiden edellyttämät rakennusosakohtaiset korjaustoimenpiteet ja korjausasteet vertailemalla eri vaihtoehtoja. Tehtäväluettelon HJR18 mukaan hankkeen varsinaiset suunnittelijat eivät ole mukana vielä hankesuunnitteluvaiheessa, vaan heidät valitaan vasta hankesuunnitelman hyväksymisen jälkeen. Hankesuunnitelmaa laadittaessa on kuitenkin hyvin suositeltavaa käyttää kosteus- ja mikrobivauriokorjauksiin erikoistuneita suunnittelijoita ja hyödyntää heidän asiantuntemustaan korjausmenetelmiä valittaessa ja arvioitaessa niihin liittyviä riskejä ja niiden kustannuksia. (Weijo ym. 2019)

Peruskorjauksen hankesuunnittelu aloitetaan nopeutetulla aikataululla, koska rakennuksessa on havaittu paljon rakenteellisia vaurioita, joita ei voida kunnossapidolla korjata. Hankesuunnitteluun otetaan mukaan kuntotutkimuksen laatinut suunnittelija mukaan Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus -oppaan mukaisesti. Hankesuunnittelussa määritellään rakennuksen eri rakenteiden korjaustoimenpiteet sekä korjausasteet suojelunäkökulmat huomioiden.

9. LÄHDELUETTELO

KH -kortti KH 90-00657, Asuinkiinteistön kunnossapitosuunnitelman laatiminen, Rakennustieto 2018

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Weijo I, Lahdensivu J., Turunen T., Ahola S., Sistonen E., Vornanen-Winqvist C., Annala, P. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>

Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1999/132, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>, haettu 2.5.2020

Siikala J. ja Oravisjärvi J. 2008. Kiinteistöjen kunnon ja korjaustarpeen sekä niistä aiheutuvan korjausvelan määrän selvittämistä varten asetetun tilapäisen valiokunnan raportti. Lahden kaupunki. Kv. 14.5.2007 § 100 ja 18.6.2007 § 119. 18 s.

Terveystensuojelulaki, 1994/763, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>, haettu 2.5.2020

Työturvallisuuslaki, 2002/738, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>, haettu 2.5.2020

Laki rakennusperinnön suojelemisesta, 2010/498, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100498>, haettu 2.5.2020

Mikrobiologisten ja kemiallisten näytteiden merkitys rakennuksen kunnon arvioinnissa ja korjauksessa.

Rakennusmateriaalinäytteiden tulosten tulkinta kuntotutkimus -raporteissa ja sen merkitys terveydensuojeluvalvonnan tekemässä arvioinnissa 48

Helmi Heiska

Mineraalivillaeristeiden kiertotalous 54

Janne Ruokonen

2-etyyli-1-heksanolia emittoivan lattian korjaus – sisäilmakorjausten palveluketjussa 60

Taru Säteri

Öljihiilivetyemissioiden rajoittaminen epoksipinnoitteella 66

Kennet Mod

RAKENNUSMATERIAALINÄYTTEIDEN MIKROBITULOSTEN TULKINTA KUNTOTUTKIMUSRAPORTEISSA JA SEN MERKITYS TERVEYDENSUOJELUVALVONNAN TEKEMÄSSÄ ARVIOINNISSA

Helmi Heiska

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, Terveysvalvonta

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää materiaalinäytteiden mikrobitulosten tulkintaa kuntotutkimusraporteissa ja erilaisten tulkintatapojen mahdollista vaikutusta terveydensuojeluvonnan tekemään terveyshaitan arviointiin. Tutkimuksessa selvitettiin myös materiaalinäytteiden suoramikroskopoinnin esittämistä. Työssä analysoitiin 33 kuntotutkimusraporttia ja tehtiin puhelinhaastatteluna toteutettu kysely 10 terveydensuojeluviranomaiselle.

Mikrobinäytteiden tulosten tulkinta oli esitetty 58 %:ssa kuntotutkimusraporteista asteikolla ei viitettä vauriosta – heikko viite vauriosta – viite vauriosta – vahva viite vauriosta. Kahdessa raportissa asteikkona oli ei viitettä vauriosta – heikko viite vauriosta – viite vauriosta. Muut tulokset oli esitetty mikrobikasvua kuvaavalla asteikolla. Tuloksia oli esitetty sekä 3-portaisella että 4-portaisella asteikolla. Käytettyä tulkinta-asteikkoa ei mainittu kaikissa raporteissa. Suoramikroskopoinnin tulosten esittämisessä havaittiin kehitettävää niin kuntotutkimusraporttien kuin kyselynkin perusteella. Suuri osa kyselyyn vastanneista viranomaisista toivoi, että tulokset tulkittaisiin aina samalla asteikolla laboratoriosta tai kuntotutkimuksen tekevästä yrityksestä riippumatta, sillä sen koettiin helpottavan työtä.

Opinnäytetyössä ehdotetaan, että laboratorioiden analyysivastauksissa ja kuntotutkimusraporteissa olisi yhteinen mikrobitulosten tulkintatapa, rakenteiden ilmavuodot esitettäisiin selkeästi ja altistumisolosuhteiden arviointi sisältyisi kuntotutkimusraportteihin.

1. JOHDANTO

Terveydensuojeluviranomaiset arvioivat asuntojen ja oleskelutilojen terveydellisiä olosuhteita valvontatyössään. Usein arviointi tehdään rakennusten kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten raporttien avulla.

Opinnäytetyön kirjallisuusosaan on koottu mikrobitulosten tulkintaan liittyviä pääkohtia lainsäädännöstä, ohjeista ja oppaista. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2015), eli asumisterveysasetus 545/2015, ohjaa rakennusmateriaalinäytteiden tutkimuksia ja antaa toimenpiderajat. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (Valvira, 2016) tarkoitus on selventää terveyshaitan arviointia ja se on tarkoitettu pääasiassa kuntien terveydensuojeluviranomaisille, mutta myös muille asiantuntijoille kuten

tutkimusten tekijöille ja laboratorioille. Laboratorio-oppaassa (Laboratorio-opas, 2018) käsitellään yksityiskohtaisemmin mikrobiologisia menetelmiä ja tulosten tulkintaa ja se onkin tarkoitettu laboratorioille ja tulosten tulkintaa tekeville.

Materiaalinäytteiden tulosten tulkinnan ja johtopäätösten pohjana on huolellisesti toteutettu näytteenotto ja tulosten tarkastelu osana kokonaisuutta. Näytteitä tulee ottaa vain sellaisista paikoista, joiden mikrobilöydökset ovat informatiivisia ja joita kuntotutkija osaa tulkita (Ympäristöopas 2016). Tämä on tärkeää, sillä mikrobianalyysin tulos ja sen tulkinta, joka saadaan laboratoriosta, koskee ainoastaan laboratorioon toimitettua näytettä (Laboratorio-opas, 2018). Rakennusmateriaalinäytteen tuloksen tulkinta asumisterveysasetuksen mukaisilla eri menetelmillä on koottu Laboratorio-oppaassa olevaan taulukkoon, jossa tulkinta esitetään asteikolla ei kasvustoa – löydös voi viitata mikrobikasvustoon – voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa.

Kuntotutkimuksen raportin johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset -osiossa tulee esittää arvio käyttäjien mahdollisesta altistumisesta rakenteesta peräisin oleville epäpuhtauksille (Ympäristöopas 2016). Altistumisolosuhteiden arviointi voidaan tehdä työterveyslaitoksen ohjeen Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017) mukaisesti. Siinä tavanomaisesta poikkeavan olosuhteen todennäköisyyttä arvioidaan asteikolla epätodennäköinen, mahdollinen, todennäköinen ja erittäin todennäköinen. Terveyshaitan olemassaolosta päättää terveydensuojeluviranomainen kaikkien saatujen tutkimustulosten ja kokonaisharkinnan perusteella (Valvira, 2017).

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten materiaalinäytteiden mikrobituloksia tulkitaan kuntotutkimusraporteissa. Tarkoitus oli lisäksi kiinnittää huomio siihen, vaikuttavatko erilaiset tulkinnat ja arviointiasteikot terveydensuojeluvalvonnan tekemään arviointiin, ja miten tulokset olisi hyvä ilmoittaa, jotta viranomaisen olisi selkeä hyödyntää niitä tekemässään terveyshaittarvioinnissa. Tutkimuksessa selvitettiin myös materiaalinäytteiden suoramikroskopointitulosten esittämistä kuntotutkimusraporteissa.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineistona oli Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen alueen (Järvenpää, Kerava, Mäntsälä, Nurmijärvi ja Tuusula) päiväkotij- ja koulurakennusten kuntotutkimusraportteja. Tutkimusaineistoksi valittiin valvontayksikön saamia kuntotutkimusraportteja vuosilta 2018 ja 2019 siten, että ne olivat useiden eri yritysten tekemiä.

Tutkimus sisälsi myös ympäristöterveydenhuollon valvontayksiköissä terveydensuojeluvalvontaa tekeville viranomaisille tehdyn kyselyn mikrobitulosten esittämisestä. Kyselyllä pyrittiin selvittämään, ovatko viranomaisvalvontaa tekevät havainneet eroja tai kehitettävää mikrobianalyysien tulosten esittämisessä, ja voisiko se heidän mielestään vaikuttaa terveydensuojeluvalvonnan tekemään arviointiin. Kyselyn yhteydessä vastaajia pyydettiin lähettämään valvonta-alueensa kuntotutkimusraportteja tutkimuksen aineistoksi.

Tutkimuksessa analysoitiin yhteensä 33 kuntotutkimusraporttia, jotka olivat 12 eri yrityksen tekemiä. Raporteista 25 käsitteli Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen alueen rakennuksia. Muiden valvontayksiköiden raportteja analysoitiin kahdeksan. Raporteista 27 oli koulurakennuksista ja kuusi päiväkodeista.

3. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1. Kuntotutkimukset

Tutkittujen rakennusten rakennusvuodet vaihtelivat 1900-luvun alusta vuoteen 2010. Mikrobianalyysiin otettujen rakennusmateriaalinäytteiden määrän keskiarvo tutkimuksissa oli 26. Tutkimusten mikrobinäytteitä oli analysoitu kahdeksassa eri laboratoriossa, jotka olivat kaikki Ruokaviraston hyväksymiä asumisterveystutkimuksia tekeviä laboratorioita. Myös käytetyt laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmät olivat hyväksytyjä. Materiaalinäytteiden mikrobien tutkimusmenetelmänä oli useimmiten suoraviljelymenetelmä, jota oli käytetty 67 %:ssa kuntotutkimuksista.

Kuntotutkimusraporteissa mikrobinäytteiden tulosten tulkinta oli yleensä esitetty asteikolla ei viitettä vauriosta – heikko viite vauriosta – viite vauriosta – vahva viite vauriosta. Tulokset oli esitetty näin 58 %:ssa raporteista. Kahdessa raportissa asteikkona oli ei viitettä vauriosta – heikko viite vauriosta – viite vauriosta. Lopuissa 36 %:ssa kuntotutkimusraporteista tulokset ilmoitettiin mikrobikasvusta kertovalla luokittelulla, joka oli esimerkiksi ei esiinny elinkykyistä mikrobikasvua – esiintyy elinkykyistä mikrobikasvua; ei tavanomaisesta poikkeavaa mikrobikasvustoa – mikrobikasvustoa materiaalissa tai ei viljelymenetelmällä havaittavaa mikrobikasvustoa – tulokset voivat viitata mikrobikasvustoon – mikrobikasvusto.

Käytetyn tulosten luokitteluasteikon joutui osittain päättämään raporteissa esitettyjen tulosten ja niiden tulkintojen perusteella, sillä ainoastaan osassa raporteista tulosten tulkinta-asteikko oli ilmoitettu. Osasta raporteista ei selvinnyt oliko tulosten tulkinnassa käytetty 3- vai 4-portaista asteikkoa. Myös saman yrityksen raporteissa oli eroavaisuuksia siinä, oliko tulkinta-asteikkoa esitetty – tulkinta-asteikko saattoi olla osassa raporteista, mutta puuttua toisista.

Yllättävänä tuloksena voidaan pitää sitä, että ainoastaan alle puolessa (48 %) tutkimuksista laboratorion analyysivastauksessa ja kuntotutkimusraportissa oli käytetty samaa tulosten tulkinta-asteikkoa. Muissa tutkimuksissa joko tulkinta-asteikkoa oli muutettu laboratoriovastauksen asteikosta tai tulkinta oli tehty ainoastaan kuntotutkimusraportissa. Laboratorioiden analyysivastauksista 37 % ei sisältänyt tulosten tulkintaa. Voi olla, että osa laboratorioiden analyysivastauksista oli pyydetty ilman tulosten tulkintaa, sillä laboratoriot saattavat myydä analyysijä joko tulkinnalla tai ilman. Kolmen laboratorion yhdessäkään analyysivastauksessa ei ollut tulkintaa. Näistä laboratorioista yhden tuloksia oli ainoastaan yksi, mutta kahden muun laboratorion tuloksia oli useita. Suurin osa analyysivastauksista, joissa ei ollut tulkintaa, oli laimennossarjamenetelmällä tutkittujen näytteiden vastauksia. Kun tulokset oli tulkittu ainoastaan kuntotutkimusraporteissa, tulkinta oli tehty 58 %:ssa tutkimuksista materiaalin mikrobikasvua kuvaavalla luokittelulla ja 42 %:ssa tutkimuksista luokittelulla ei viitettä vauriosta – heikko viite

vauriosta – viite vauriosta – vahva viite vauriosta. Kun tulosten tulkinta taas oli vaihdettu laboratorion analyysivastauksen tulkinnasta kuntotutkimusraporttiin, se oli useammin muutettu asteikolle ei viitettä vauriosta – heikko viite vauriosta – viite vauriosta – vahva viite vauriosta tai vastaavalle 3-portaiselle asteikolle (4/5) kuin mikrobikasvua kuvaavalle asteikolle (1/5).

Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittymistä mikrobinäytteiden osalta ei käsitelty ollenkaan 61 %:ssa kuntotutkimusraporteista, vaikka olisi selkeintä, että toimenpiderajan ylittyminen kävisi aina ilmi kuntotutkimusraportista. Terveysturvaviranomainen voi tehdä asianmukaisen raportin perusteella tulkinnan toimenpiderajan ylittymisestä itse, mutta muille raportin lukijoille toimenpiderajan ylittymisestä tulisi kertoa raportin vaikuttavuuden takia. Terveysturvaviraston mukaisen terveyshaitan arviointia raporteissa ei ollut, mikä onkin oikea toimintatapa, sillä terveyshaittaa voi arvioida ainoastaan terveysturvaviranomainen.

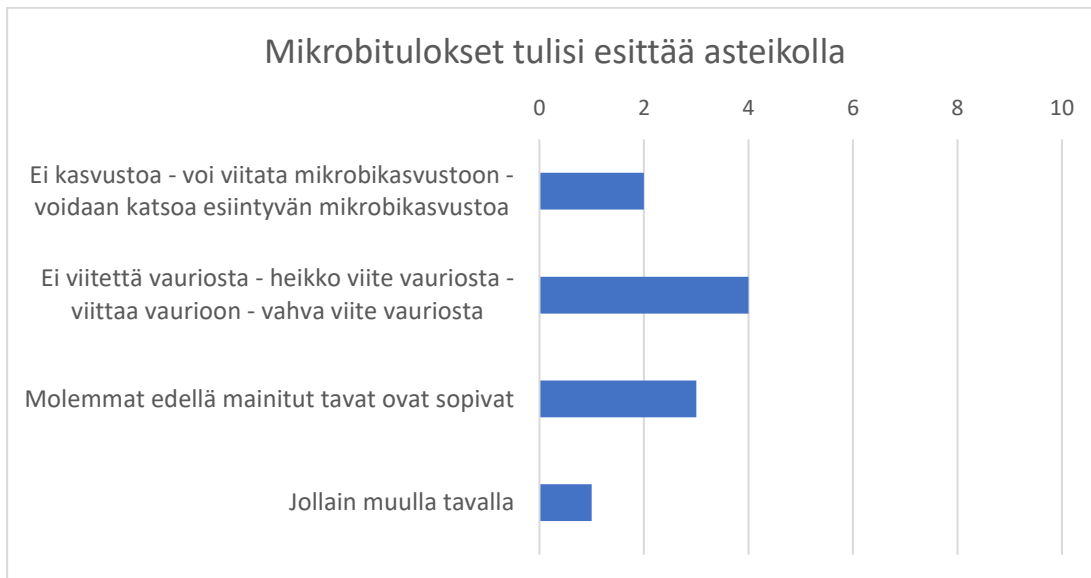
Suoramikroskoopinnin tuloksia oli ainoastaan 24 %:ssa laboratorioden analyysivastauksista. Osittain tätä pientä osuutta selittää se, että suuri osa materiaalinäytteistä oli eristemateriaalia, jolle ei voi tehdä suoramikroskoopiointia. Laboratorioden analyysivastauksissa tulokset oli ilmoitettu esimerkiksi näin: ”mikroskopoimalla tarkasteltuna näytteessä ei havaittu mikrobeja”, ”näytteen suoramikroskoopinnissa havaittiin sienikasvustoon viittaavia rakenteita” ja ”mikroskoopilla tarkasteltuna laboratorio havaitsi mikrobikasvua”. Suoramikroskoopinnin tulokset on tämän tutkimuksen perusteella esitetty tällä hetkellä siten, että niiden tuloksia ei voi tulkita Laboratorio-oppaan (2018) mukaisesti. Osittain tulosten esittämistapaa saattaa selittää se, että Laboratorio-opas (2018) on julkaistu vuoden 2018 lopussa eivätkä sen ohjeet olleet siksi käytössä vielä vuoden 2018 tulosten tulkinnassa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan huomattu muutosta suoramikroskoopinnin tulosten esittämisessä vuosien 2018 ja 2019 välillä. Koska suoramikroskoopiointi kuuluu asumisterveysasetuksen mukaan viljelymenetelmään tietyissä tapauksissa, se tulisi tehdä laboratoriossa aina tilanteen vaatiessa kun käytetään Ruokaviraston hyväksymää asumisterveysasetuksen mukaista menetelmää.

Vaikka vaurioiden sisäilmavaikutuksia tulisi arvioida kaikissa Ympäristöoppaan (2016) mukaan tehdyissä kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa, suuressa osassa kuntotutkimusraportteja tätä arviointia ei ollut. Osittain altistumisolosuhteiden arvioinnin puuttumista saattaa selittää se, että se on raportoitu omana asiakirjanaan tai se, että tilaaja on pyytänyt, ettei sitä sisällytetä raporttiin.

Terveysturvavaltuutuksen tekemää terveyshaitan arviointia varten on erittäin tärkeää, että kuntotutkimusraportissa ilmayhteys on kuvattu selkeästi ja niin, että se selviää jokaisen toimenpiderajan ylittäneen näytteen osalta. Käytännön valvontatyössä on havaittu, että ilmayhteyttä ei ole läheskään aina kuvattu selkeästi. Jotta tiedon ilmayhteydestä saisi helposti kuntotutkimusraportista, voisi se olla esitetty mikrobitulosten yhteydessä esimerkiksi taulukossa tai asiasta voisi tehdä koosteen raportin yhteenvetoon tai tiivistelmään. Näin myös kuntotutkija itse tulisi varmistaneeksi raporttia kirjoittaessaan, että ilmayhteyden olemassaolo on selvitetty jokaisen toimenpiderajan ylittäneen näytteen osalta. Rakenteiden ilmayhteyden esittäminen kuntotutkimusraporteissa olisi mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe.

3.2. Kysely terveydensuojeluviranomaisille

Kyselyn perusteella näyttäisi siltä, että mikrobitulosten erilaisilla tulkinnoilla ja tulkinta-asteikoilla ei ole vaikutusta terveydensuojeluviranomaisten tekemään terveyshaitan arviointiin, sillä viranomaiset varmistavat tulokset laboratorioiden analyysivastauksista ja tekevät tulkin itse. Viranomaiset eivät suoraan kannattaneet tiettyä tulosten esittämistapaa vaan tulosten esittämisen asteikko jakoi mielipiteitä, kuva 1.



Kuva 1. Viranomaisten vastausten jakauma monivalintakysymykseen, millä asteikolla mikrobitulokset tulisi esittää, jotta viranomaisen olisi hyvä hyödyntää niitä.

Kyselyn avoimista vastauksista selvisi kuitenkin, että suuri osa haastatelluista viranomaisista toivoisi tulosten tulkinnan yhdenmukaistamista. Toivottiin, että tulokset tulkittaisiin aina samalla tavalla laboratoriosta tai kuntotutkimuksen tekävästä yrityksestä riippumatta, sillä sen koettiin helpottavan työtä. Vastaajien mielestä yhteiset tulkinta-asteikot olisivat helpommat myös esimerkiksi lasten vanhemmille ja muille, jotka eivät ole tottuneet tulkitsemaan mikrobituloksia.

Suoramikroskopiointi koettiin kyselyn perusteella vieraammaksi kuin suoraviljely- tai laimennossarjaviljelymenetelmä. Neljä vastaajaa kymmenestä vastasi, että ei osaa sanoa onko suoramikroskopiointin tulokset esitetty laboratorion analyysivastauksessa ja kuntotutkimusraportissa aina kun se tulisi tehdä. Vain kaksi vastaajaa vastasi vaihtoehdon kyllä tai yleensä. Kahden vastaajan mielestä näin ei ole. Yleisesti vastattiin, että suoramikroskopiointin tuloksia esitetään harvoin. Puolet vastaajista oli sitä mieltä, että suoramikroskopiointin tulokset huomioidaan kuntotutkimusraportissa ja terveyshaitan arvioinnissa, mutta toinen puoli vastaajista vastasi harvoin, ei tai ei osaa sanoa.

Suuri osa haastatelluista kertoi huomanneensa kuntotutkimusraporttien tason kehittyneen viime vuosina, vaikka sitä ei kyselyssä kysyttykään. Haastatellut korostivat myös kokonaisuuden huomioimista yksittäisten näytetulosten sijaan.

4. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Kuntotutkimusraporttien sisältöön on viime vuosina kiinnitetty paljon huomiota. Tutkimuksen perusteella nousi esille muutamia asioita, joita kehittämällä kuntotutkimusraporttien mikrobi-analyysien tulokset olisivat nykyistä selkeämmin kaikkien raporttien lukijoiden, myös terveys-suojeluviranomaisten, käytössä.

Toimenpide-ehdotukset:

1. Laboratorioille ja kuntotutkimusraportteihin yhteinen mikrobitulosten tulkintatapa
2. Rakenteiden ilmavuotojen esittäminen kuntotutkimusraporteissa selkeästi
3. Altistumisolosuhteiden arviointi osaksi kuntotutkimusraportteja

Käytetty mikrobitulosten tulkinta-asteikko tulisi esittää selkeästi niin laboratorioden analyysivastauksissa kuin kuntotutkimusraporteissakin. Mielestäni tulosten tulkinta-asteikon tulisi ensisijaisesti olla Laboratorio-oppaan (2018) mukainen 3-portainen asteikko: ei kasvustoa – voi viitata mikrobikasvustoon – (voidaan katsoa esiintyvän) mikrobikasvustoa. Tämä tulkinta-asteikko soveltuu sekä laimennossarja- ja suoraviljelymenetelmien että suoramikroskopoinnin tuloksille.

5. KIITOKSET

Kiitän työnantajaani Tuusulan kuntaa mahdollisuudesta osallistua RTA-koulutukseen ja Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen henkilökuntaa ja kollegoita hyvästä yhteistyöstä. Kiitos opin- näytetyöni ohjaajille Kimmo Iloselle ja Kaisa Jalkaselle arvokkaasta ja oikeaan suuntaan oh- jaavasta palautteesta opinnäytetyöni tekemisen aikana. Kiitos kaikille kyselytutkimuksen haas- tatelluille osallistumisesta ja valvontatyössä kertyneen tiedon ja mielipiteiden jakamisesta.

6. LÄHDELUETTELO

Laboratorio-opas, Mikrobiologisten asumisterveys tutkimusten näytteenotto ja analyysimenetelmät, Toimittajat Pessi, A.-M. ja Jalkanen, K., Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy, 2018.

Sosiaali- ja terveysministeriö, Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelu- tilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, 545/2015. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Työterveyslaitos, Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017. https://ttk.fi/files/4715/Ohje_tyopaikkojen_sisailmasto-ongelmien_selvittamiseen.pdf

Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Asumisterveysasetuksen soveltamis- ohje, osa IV, Asumisterveysasetus § 20, ohje 8/2016. <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>

Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Toimittaja Pit- käranta, M., Ympäristöministeriö, 2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>

MINERAALIVILLAN KIERTOTALOUS

Janne Ruokonen

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitetään mineraalivillan kiertotaloutta, siihen liittyviä ongelmia, tämänhetkistä tilannetta sekä käytettävää lainsäädäntöä. Tutkimukseen sisältyy purettava tutkimuskohde, jonka purettavan mineraalivillan kuntoa ja jatkosijoittelua tai hyötykäyttöä tutkitaan ennen purkutöiden aloittamista.

Tällä hetkellä puretaan rakennuksia, joissa on lämmöneristeenä käytetty mineraalivillaa. Ympäri maailmaa on käynnissä tutkimushankkeita, joilla koetetaan löytää keinoja mineraalivillan jatkokäytölle. Tällä hetkellä hyötykäyttöä ei juurikaan ole, vaan puretut mineraalivillamassat loppusijoitetaan kaatopaikoille rakennusjätteenä.

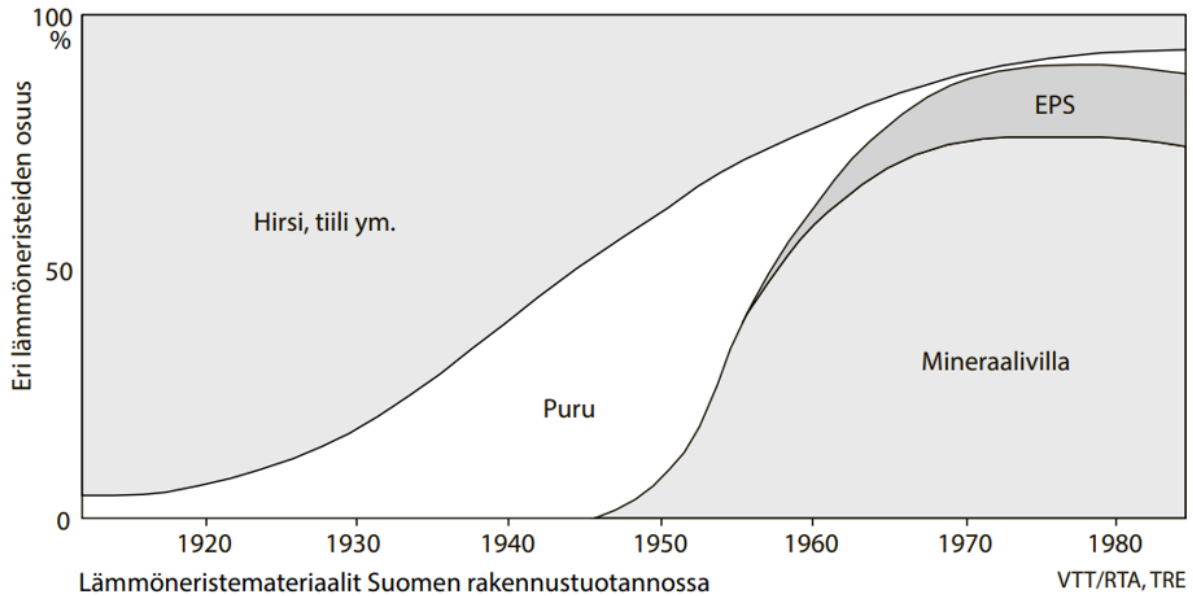
Monesti kiertotaloudessa jäte tai ylijäämämateriaali käsitellään niin, että sitä voidaan hyödyntää jossain muussa käytössä kuin sen alkuperäisessä tarkoituksessa. Tässä työssä käsiteltävä mineraalivillan kierrätys on suunniteltu villan uusiokäyttöön sen alkuperäisessä käyttötarkoituksessa. Jos käytetyn villan voisi prosessoinnin myötä kustannustehokkaasti ottaa uudelleen käyttöön eristeenä, merkitsisi se materiaalitehokkuutta, korostaisi kiertotaloutta ja loisi mahdollisuuksia uuteen liiketoimintaan.

1. JOHDANTO

Mineraalivillaa käytetään ympäri maailmaa rakennusten rakenteiden ja esimerkiksi iv-kanavien eristeenä sekä palokatkoina tai -suojana. Rakentamiseen mineraalivillat ilmestyivät 1940-luvun puolivälin tienoilla ja sitä mukaa niiden suosio rakentamisessa on kestänyt näihin päiviin saakka. Nykyisin on markkinoille tullut uusia tuotteita, jotka ovat osin syrjäyttäneet mineraalivillan käyttöä, mutta silti uusien tuotteiden osuus kokonaiskäytöstä on vielä vähäinen.

1.1. Mineraalivillan käyttö

1940-luvun ja 1950-luvun alkupuolen talojen yleisin runkoratkaisu oli sekarunko, jossa kantavat tiilimuurit talon keskellä korvattiin betonipilareilla. Porrashuonetta lukuun ottamatta kaikki väliseinät olivat kevytrakenteisia, myös huoneistojen välillä. Tiilimuurirungossa ja sekarunkossa luovuttiin ulkoseinissä kahden kiven täystiilimuurista. Se korvattiin joko puolentoista kiven tiilimuurilla, jonka mahdollisti uusi, perinteistä täystiiltä paremmin lämpöä eristävä tiilityyppi, monireikätiili, tai sitten kantavaan tiilimuriin yhdistettiin lämmöneristekerros kevyt-betonista, lastuvillalevystä tai mineraalivillasta. (Neuvonen, 2006)



Kuva 1. Lämmöneristemateriaalit Suomen rakennustuotannossa erivuosina. (Jokinen, 2016)

Sitä mukaa kun muut materiaalit ovat kaikkonneet alapohja-, maanpaineseinä-, ulkoseinä-, välipohja- väliseinä- ja yläpohjarakenteista on mineraalivilla otettu näissä käyttöön sen halpuuden ja helpon asennettavuuden sekä paremman lämmöneristävyyden perusteella.

1.2. Mineraalivillan kierrätys

Rakentamisen ympäristöohjauksen painopiste on siirtymässä käyttövaiheesta rakennuksen koko elinkaaren ympäristökuormien tarkasteluun. Samalla rakennusmateriaalien merkitys sekä ilmastotavoitteiden että kiertotalouden näkökulmasta korostuu. Suomen tavoitteena on päästä rakennus- ja purkujätteissä EU:n jätedirektiivin asettamaan 70 %:n materiaalihyödyntämisteeseen vuoteen (2020) mennessä. (Wahlström ym. 2019)

Rakentamiseen käytetään puolet maailman raaka-aineista. Kestävän kehityksen ja kiertotalouden kannalta on tärkeää parantaa rakentamisen materiaalitehokkuutta. Tähän voidaan päästä käyttämällä uudelleen vanhoja rakennusosia tai kierrättämällä rakennuksen materiaaleja uusiksi tuotteiksi. (Kuittinen, 2019)

Mikäli EU:n jätedirektiivin (EU, 2018/851) asettamaa 70 % materiaalihyödyntämistasetta lähdetään tavoittelemaan, tarkoittaa se rakennusteollisuudessa uusien innovaatioiden tekemistä ja luomista, sillä muutoin tavoitetta on mahdoton saavuttaa. Uusien innovointien kautta on myös mahdollisuus löytää uudenlaisia tapoja rakentaa ja tuottaa rakenteita, jolloin koko rakennusteollisuuden sektori hyötyy kiertotaloudelle luotujen odotusten saavuttamisesta.

Viime kesänä käynnistyi Saint-Gobain Finlandin luotsaama WOOL2LOOP-hanke, jonka tavoitteena on löytää mineraalivillajätteelle uusiokäyttöä geopolymeeri-teknologian avulla. Kemiallisessa prosessissa villajäte muokkautuu takaisin epäorgaaniseksi raaka-aineeksi, jolla voi-

daan korvata muun muassa sementtiä. Samalla vanha lasivilla voi saada uuden elämän esimerkiksi pihalaattoina, koriste- ja ulkoverhoiluelementteinä tai akustiikkalevyinä. Parhaimmillaan tuotteen ”päästöpuodotus” voi olla jopa 80 prosenttia luokkaa. (Rakennuslehti, 2019)

1.3. Mikrobit ja haitta-aineet

Purettavassa mineraalivillassa voi olla mikrobikasvustoja ja haitta-aineita. Mikrobikasvua on voinut syntyä kosteuden päästyä rakenteen eristetilaa. Haitta-aineita on voinut kertyä mineraalivillallaan esimerkiksi liikenteen pölystä sekä rakenteiden sauma-aineista.

Tampereen teknillisen korkeakoulun ja Turun yliopiston Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus -tutkimuksen (Pessi y., 1999) mukaan elementtien eristetilalla on homesienille ja sädesienibakteereille suhteellisen epäsuotuisa kasvupaikka: *”Vain 6,6 % kaikista tutkituista näytteistä (1713 kpl) oli selvästi mikrobivaurioituneita. Tutkimusryhmän taloista 40 % ja tutkituista elementeistä 60 % oli luokiteltavissa mikrobien suhteen puhtaiksi.”*

1.4. Lainsäädäntö

Purkamista ja kierrättämistä ohjataan lainsäädännöllä. Tärkeimmät lait, joita kierotaloudessa noudatetaan ovat:

- Maankäyttö- ja rakennuslainsäädäntö, maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)
- Työturvallisuuslainsäädäntö, työturvallisuuslaki (738/2002)
- Asbestilainsäädäntö, laki eräistä asbestipurkutyötä koskevista vaatimuksista (684/2015)
- Jätelainsäädäntö, jätelaki (646/2011)
- Ympäristölainsäädäntö, ympäristönsuojelulaki (527/2014)
- Muu lainsäädäntö (Terveysturvallisuuslaki (753/1994) ja Laki eräistä naapurussuhteista (26/1920))

Lisäksi noudatetaan erinäisiä ministeriöiden ohjeita sekä RT- ja Ratu-kortteja.

2. TUTKIMUSKOHDDE

2.1. Yleistä

Lopputyön yhtenä osiona toteutetaan teoreettinen tutkimus ja selvitys konkreettisesta purku-kohteesta. Kohteen mineraalivillan laatu ja paksuus ulkoseinärakenteessa selvitettiin kohdekäynnillä ja sen yhteydessä tehtävillä rakenneporauksilla. Rakenneporaukset suoritettiin rakennuksen sisäpuolelta siten, että betonielementin sisäkuoren läpi porattiin halkaisijaltaan 16 mm reikä. Reiän kautta havainnoitiin mahdollisia hajuja ulkoseinärakenteen eristetilasta. Tämän jälkeen metallisella napparilla noukittiin reiän kautta mineraalivillaa tutkittavaksi. Seinärakenteen mineraalivillan koostumusta, pölyävyyttä ja väriä analysoitiin paikan päällä aistinvaraisesti.

2.2. Tutkimusmenetelmät

Tutkimukseen on haastateltu asiantuntijoita eri aloilta ja kerätty heiltä tietoa ja näkemyksiä mineraalivillan kiertotalouden toimivuudesta tai toimimattomuudesta.

Selvitysten ja asiakokonaisuuksien arvioinnissa ja ymmärtämisessä on käytetty apuna kirjallisuuslähteitä, joista on koottu tämän hetkistä tietoa mineraalivillan purkamisesta, mikrobeista, haitta-aineista sekä kierrättämisestä.

Tutkimuskohteen mineraalivillaeristeiden vaurioitumisen arvioinnissa sovelletaan laajaa Tampereen teknillisen korkeakoulun ja Turun yliopiston yhteistyönä laatimaa Betonielementtijulkisivujen mikrobiologinen toimivuus -tutkimusraporttia (Pessi ym., 1999). Raportin ja tutkimuskohteessa tehtyjen aistinvaraisten havaintojen pohjalta arvioidaan tutkimuskohteen ulkoseinien mineraalivillan vaurioitumista ja vaurioituneen mineraalivillan määrää.

2.3. Keskeisimmät tulokset ja havainnot

Purkuyrityksen mukaan tutkimuskohteen mineraalivillat erotellaan muusta purkujätteestä suoraan purkupaikalla ja mätetään omalle kuormalavalle. Purkamisen yhteydessä lavalle joutuu muitakin purkupartikkeleita, joten mineraalivilla ei tältä osin ole täysin homogeenista. Mineraalivilla saattaa myös kastua, sillä purkutyön pölyämisen sitomiseen käytetään vettä. Mineraalivilla voi kastua myös vesisateiden vaikutuksesta, sillä materiaalikontteja ei yleensä suojata säästä vastaan. Purkutyömaalta mineraalivilla kuljetetaan Etelä-Karjalan Jätekeskus Oy:lle jatkokäyttöön.

Etelä-Karjalan Jätekeskus Oy:n laatu- ja ympäristöpäällikkö Heidi Oksman-Takalo toteaa (5.5.2020 sähköposti) mineraalivillan kierrättämisestä Etelä-Karjalan alueella seuraavaa: ”*Lasi- ja kivivillat menevät meillä loppusijoitukseen, koska niille ei ole tällä hetkellä tiedossa hyötykäyttökohdetta. Viime vuonna (2019) villaa sijoitettiin penkkaan n. 3 400 t. Vuonna 2018 määrä oli 1 110 t ja vuonna 2017 puolestaan 640 t. Villaa on etenkin viime vuonna tuotu paljon EKJH:n oman alueen (Etelä-Karjala) ulkopuolelta.*”

Betonielementtijulkisivujen korjaustarvetta ja varsinaista korjaamista on tähän mennessä lähesetty pääasiassa ulkonäön sekä betonisen ulkokuoren kestävyyskannalta. Julkisivujen korjaustarpeen arvioinnissa ei yleisesti ole otettu huomioon mahdollisia terveysvaikutuksia (esimerkiksi mikrobikasvu ja sauma-aineiden PCB-yhdisteet). (Pessi ym. 1999)

Tutkimuskohteessa tehtyjen rakenneporausten kautta saatiin esille eristekerros eristetilan sisäpinnasta aina ulkopintaan saakka. Kohteen lämmöneristeenä on käytetty lasivillaa. Lasivilla oli jokaisessa tutkimuspisteessä hajutonta, kuitumaista ja pölisevää. Joissain tutkimuspisteissä lasivillan ulkokerroksissa oli harmaantumaa.

4. POHDINTA

Purkukohteista tulevalle ja muusta rakennusjätteestä erotellulle mineraalivillalle ei ole tällä hetkellä varteenotettavaa jatkokäyttöä. WOOL2LOOP -hankkeen myötä mineraalivillan jatkokäyttö betonituotteissa sementtiliiman korvaajana voi tulevaisuudessa olla mahdollista. Tällä hetkellä kuitenkin suurin osa mineraalivillasta päätyy kaatopaikoille ja maätäyttöihin.

Ympäristöministeriö on julkaissut oppaita (Lehtonen, 2019; Kuittinen, 2019; Wahlström ym. 2019) niin purkukartoitukseen, purkutöihin kuin kiertotalouteen purkuhankkeissa. Oppaat ovat uusia ja osa niiden neuvoista on suosituksia. Oppaat ovat selkeitä ja prosessit kuvataan niissä hyvin, mutta niiden oppien käyttöönotto tulee viemään aikaa. Tästä hyvänä esimerkkinä on se, että EU:n jätedirektiivin asettamaa 70 %:n materiaalinhyödyntämisastetta vuonna 2020 on epätodennäköistä saavuttaa.

Mineraalivillan kiertotalous ja jatkokäyttö eristeenä on varmasti mahdollista, mutta lopullisen uuden tuotteen edessä on vielä paljon selvitettäviä asioita. Mahdollisten mikrobivaurioiden ja haitta-aineiden poistaminen sekä haluttujen materiaaliominaisuuksien palauttaminen/luominen sisältävät esteitä, jotka on poistettava puretun mineraalivillan prosessoinnilla. Prosessoinnin tapa ja sen tulokset vaativat kuitenkin lisätutkimuksia ja käytännön kokeita, jotta tiedetään voiko purettua mineraalivillaa tulevaisuudessa käyttää jälleen eristeenä ja millaisia toimenpiteitä uudelleenkäyttö edellyttäisi ympäristö- ja kustannuskysymykset huomioiden.

5. KIITOKSET

Lopuksi on kiitosten paikka. Haluan kiittää hyvää ja ammattitaitoista opiskelijaryhmää, jonka kanssa olen saanut perehtyä rakennusterveysasiantuntijan opintoihin vapaassa ja keskusteluvassa ilmapiirissä.

Mielenkiintoiset luennot ja asiantuntevat luennoitsijat ovat tehneet opintokokonaisuudesta laadukkaan. Heidän opintomateriaalejaan ja oppeja olen käyttänyt hyväksi omassa työssäni jo opiskelujen aikana ja näin tulen jatkamaan myös tulevaisuudessa opintojen jälkeen. Tämä on arvokas lisä omaan ”tietopankkiin”.

Haluan esittää kiitokset Vahanen Rakennusfysiikka Oy:lle opiskelun mahdollistamisesta sekä kiittää Vahaslaisia; Laura Hongistoa, Miia Pitkärantaa sekä Jarno Komulaista, joilta sain asiantuntija-apua ja neuvoja opinnäytetyön tekemiseen.

Erityiset kiitokset kuuluvat vielä RATEKO:n väelle; Ulla-Mari Pasalalle, Veera Pétakselle, Meri Hietalalle ja Helmi Kokotille, jotka ovat jaksaneet positiiviselle asenteella ohjata ja ohjeistaa meitä opintojen sekä aikataulujen kanssa painivia.

6. LÄHDELUETTELO

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851, jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttamisesta, annettu 30 päivänä toukokuuta 2018. EU:n jätedirektiivi.

Jokinen J. 2016. Rakentajankalenteri 2016. Nykyaikaisten rakenteiden lämmöneristyskyky.

Kuittinen M. Kiertotalous purkuhankkeissa – opas julkisiin hankintoihin. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:31.

Lehtonen K. 2019. Purkutyöt – opas teettäjälle ja tekijälle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29.

Neuvonen P. Tampere 2006. Kerrostalot 1880-2000, Arkkitehtuuri, rakennustekniikka, korjaaminen s. 88, Rakennustieto Oy.

Oksman-Takalo H. Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy, sähköpostiviesti 5.5.2020.

Pessi A-M., Suonketo J., Pentti M. 1999. Betonielementtijulkisivun mikrobiologinen toimivuus. Rakennustekniikan osasto. Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Wahlström M., Hradil P., Teittinen T., Lehtonen, K. Purkukartoitus – opas laatijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30.

2-ETYYLI-1-HEKSANOLIA EMITTOIVAN LATTIAN KORJAUS – SISÄILMAKORJAUSTEN PALVELUKETJUSSA

Taru Säteri

RTC Vahanen Turku Oy

TIIVISTELMÄ

Tavoitteena oli esittää esimerkkikohteen avulla suunnittelijoille apuväline 2-etyyli-1-heksanolia emittoivien lattioiden korjaussuunnitteluun ja samalla antaa myös kokonaiskuva onnistuneen sisäilmakorjauksen vaiheista. Lattiapäällystekorjauksessa 2-etyyli-1-heksanolia emittoiva lattia korjattiin osana RTC Vahanen Turku Oy:n sisäilmapalveluketjua. Palveluketju toimii sisäilmakorjausten onnistumista varmistavana tekijänä.

Esimerkkikohteenä on uudehko toimitilakiinteistö, jossa koettiin sisäilman laadun puutteisiin viittaavaa oireilua pian käyttöönoton jälkeen. Sisäilmaselvityksissä todettiin sisäilmassa runsaasti 2-etyyli-1-heksanolia. Sisäilmaongelmien aiheuttajaksi paikannettiin lattiapäällystevaurio. Lattioihin ei kohdistunut kosteusrasitusta.

Lattioiden korjaustavaksi valittiin purku, emissioiden poistaminen tuulettamalla ja uuden pintarakenteen asentaminen. Aluksi purkutavaksi valittiin betonialustan hionta, tuuletus ja sisäilman lämpötilan nosto betoniin imeytyneen 2-etyyli-1-heksanolin poistamiseksi. Hiottujen pintojen pintaemissiotulosten perusteella emissiotasot eivät pienentyneet usean kuukauden jälkeen, jolloin lattiapinnat päätettiin jyrsiä ristiin. Jyrsinnällä 2-etyyli-1-heksanolia sisältävä pinta saatiin tehokkaasti poistettua ja betonin tuulettuvaa pinta-alaa lisättyä. Jyrsintä yhdistettynä tehostettuun tuuletukseen pienensi tehokkaasti 2-etyyli-1-heksanolin määrää ja alustalle asetettu pintaemissiotavoite saavutettiin.

Kohteessa alustaan imeytyneiden emissioiden poistuminen oli poikkeuksellisen pitkä prosessi alustan jäännösemissioiden hitaan poistumisen vuoksi. Mallihuonekorjausten ja laadunvarmistusmenetelmien avulla päästiin kuitenkin haluttuun tavoitetasoon.

1. JOHDANTO

Lattiapäällystekorjauksia suunnitellaan ja toteutetaan yhä enemmän, vaikka suunnittelijoilla ei ole käytössä alalla yleisesti hyväksyttyä ohjeistusta. Ohjeistuksen puute johtaa helposti ylikorjaamiseen tai siihen, että kaikkia vaikuttavia tekijöitä ei välttämättä huomioida. Lattiapäällystekorjausten onnistumisen edellytyksenä on riittävien lähtötietojen lisäksi laadukas suunnittelutyö ja koko korjaushankkeen läpi kulkeva yhteistyö eri osapuolten kanssa.

Vaikka suunnittelijoille ei ole vielä olemassa ohjeistusta lattiapäällystekorjauksista, mutta aiheesta löytyy hajanaista tietoa, jota voidaan käyttää tutkimusten suorittamisen lisäksi myös suunnittelun pohjana. Lokakuussa 2019 käynnistettiin työpaja lattiarakenteiden päällystämisen

ja tutkimisen kehitystarpeista. Työpajan järjestäjinä olivat Sisäilmayhdistys, ympäristöministeriö sekä sosiaali- ja terveysministeriö. Työpaja oli osa valtioneuvoston Terveet tilat 2028 ohjelmaa. Työpajan tavoitteena oli kartoittaa jo olemassa olevat hyvät ohjeet ja toimintatavat sekä, millä osa-alueilla olisi vielä kehitettävää. Työpajassa nousi erityisesti esille lattioiden päällystämisen ohjeistuksen päivitystarpeet. Työpajan pohjalta on aloitettu kosteudenmittaamisen RT-ohjekortin päivitys, sekä käyty keskusteluja tilaajan ja rakennuttajien ohjeistuksen laatimisesta ja lattiapäällysteiden tutkimisohjeen päivitystarpeista. Työpajan tuotoksia odotetaan rakennus- alalla jo kovasti, sillä viimeisin tutkimuspuolen aihepiiriä kasaava teos oli Hanna Keinäsen (nyk. Tuovinen) rakennusterveysasiantuntijan opinnäytetyö ”Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointi” vuodelta 2013 (Keinänen, 2013). Keinäsen opinnäytetyössä esitetty konsensus tutkimustavoista. Keinäsen työn jälkeen on tullut paljon uutta tietoa mukaan lukien vuonna 2015 voimaan tullut asumisterveysasetus (545/2015) ja sen soveltamisohjeet (Valvira, 2016). Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjausoppaassa vuodelta 1997 (Ympäristöopas 29) oli osio lattiapäällystekorjauksista, mutta uudistetusta vuoden 2019 kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausoppaassa (Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18) lattiakorjausten osuutta ei enää ole.

Lattiapäällystekorjausten suunnitteluun löytyy tukea yksittäisistä julkaisuista. Helena Järnström, VTT (nyk. Eurofins), suorittamien tutkimusten perusteella yleisohjeena emissioiden poistamiseksi alustasta on tilan lämmitys (30-35 °C) ja tuuletus 2-3 viikkoa. Tuuletusaikana tilassa tulee olla hyvä työmaa-aikainen ilmanvaihto. Riittävä tuuletus ja riittävä yhdisteiden poistuminen alustasta voidaan varmistaa alustan pintaemissioiden mittaamisella FLEC- tekniikalla, jolloin mittaukset tehdään tuuletusjakson alussa ja lopussa. (Järnström, 2005.)

Myös Jokipiin (2014) opinnäytetyö ”Betonilattioiden VOC-korjausmenetelmien vertailu” tuodaan esille, miten tutkimuksissa havaittiin betonipinnan jyrynnän ja rakenteen lämmittämisen tehostavan lattiabetoniin imeytyneiden yhdisteiden haihtumista. Jokipii myös mainitsee, miten hionta yhdistettynä tarpeeksi pitkään tuuletukseen on todennäköisesti riittävä toimenpide yhdisteiden haihduttamiseksi riittävästi. Opinnäytetyöni esimerkkikohteessa hionta ei kuitenkaan ollut riittävä toimenpide.

Vaikka tutkimustavat ovat yhtenäistyneet asumisterveysasetuksen voimaan tulon jälkeen, niin VOC-tulosten tulkinta on edelleen kirjavaa. Myös tutkijoiden määrittelemät korjaustoimenpidevaihtoehdot ja niiden valintaperusteet vaihtelevat. Korjauksia tehdään tällä hetkellä usealla eri tavalla, kuten:

- 1) Purkamalla raskaasti VOC-yhdisteitä sisältävät rakennekerrokset ja tuulettamalla säilytettävää rakenneosaa.
- 2) Purkamalla pintarakenteet ja kapseloimalla VOC-yhdisteitä sisältävä betonialusta.
- 3) Asentamalla pintoja purkamatta olemassa olevan pinnan päälle pintaemissiota sieppaava toiminnallinen kalvo sekä uusi pintarakenne.
- 4) Hetkellisenä menetelmänä ilmanvaihdon tehostus käyttöä turvaavana toimenpiteenä tai tilojen käytön välttäminen korjausten alkamiseen asti.

Edellä esitettyjen korjausvaihtoehtojen kustannukset ja korjausaika eroavat merkittävästi toisistaan. Usein jää tilaajan valittavaksi, millä vaihtoehdoista 1-4 korjaukset toteutetaan.

2. SISÄILMAKORJAUSTEN PALVELUKETJU

RTC Vahanen Turku Oy lanseerasi keväällä 2020 sisäilmakorjausten palveluketjun, jonka tarkoitus on varmistaa sisäilmakorjausten onnistuminen. Palveluketjussa tarjotaan kaikki sisäilmakorjauksen konsulttipalveluiden vaiheet yhdeltä toimijalta. Kun sisäilmakorjausten konsultointi tulee yhdeltä toimijalta, niin korjausten toteuttaminen helpottuu asiakaan näkökulmasta, tieto siirtyy ja säilyy sujuvammin, korjauksiin osallistuvat aina sisäilmahankkeisiin erikoistuneet tekijät ja sama päteväitynyt rakennusterveysasiantuntija toimii mukana läpi koko hankkeen. Palveluketju koostuu seuraavien vaiheiden toimenpiteistä: sisäilmaongelmien aiheuttajien selvitys, kohdekohtainen korjaussuunnittelu, rakennuttaminen, urakan aikainen yleisvalvonta ja laadunvarmistus, käyttöönotto sekä korjausten onnistumisen seuranta. Sisäilmapalveluketjun laadinnassa on huomioitu ympäristöministeriön Ympäristöoppaat vuosilta 2016 ja 2019. (RTC Vahanen Turku, 2020) Seuraavissa luvuissa on kuvattu lyhyesti palveluketjua korjaussuunnitteluvaiheessa.

3. ESIMERKKIKOHTEN KORJAUSSUUNNITTELU SISÄILMAPALVELUKETJUSSA

Tässä esitetään esimerkkikohteen kautta lattiapäällystekorjauksen korjaussuunnitteluosio, jossa 2-etyyli-1-heksanolia emittoiva lattia korjattiin osana RTC Vahanen Turku Oy:n sisäilmapalveluketjua.

3.1. Korjaushankkeen yleistiedot

Rakennuksen tutkituissa ja korjatuissa tiloissa oli paikalla valetut välipohjat, ohut tasoitekerros ja lattiapäällysteenä M1- luokiteltu lattiapäällyste. Matto oli kiinnitetty alustaan materiaalivalmistajan suosittamalla M1-luokitellulla yleisesti käytettävällä liimalla. Rakennuksen mahdolliseen sisäilmaongelmaan viittaavien tekijöiden ja käyttäjien sisäilmaperäiseksi arvioidun oireilun johdosta suoritettiin rakennuksen ylimpiin kerroksiin sisäilmaselvitykset. Selvityksissä todettiin lattian pintarakenteen emittoivan 2-etyyli-1-heksanolia sisäilman laatua heikentäviä pitoisuuksia, minkä vuoksi lattiat päätettiin korjata. Kohteen lattiapäällysteongelma todettiin melko nopeasti käyttöönoton jälkeen, jo puolen vuoden kuluttua tilojen käyttöönotosta. Tyyppillisesti lattiapäällysteongelmille aletaan oireilla vasta noin 1-1,5 vuotta käyttöönotosta silloin, kun lattiapäällysteiden vaurioituminen liittyy alustan kosteusrasitukseen. Tässä kohteessa kosteusrasitusta ei ollut.

3.2. Suunnittelu

Kattavat ja huolelliset kosteus- ja sisäilmatekniset selvitykset antoivat hyvät lähtötiedot suunnittelulle. Korjaussuunnittelijalle oleellisia tutkimuksista saatavia lähtötietoja lattiapäällystekorjausten suunnittelussa ovat:

- rakennetyyppi, rakennepaksuudet ja käytetyt materiaalit
- vaurion vakavuus ja laajuus (korjausalueiden määrittäminen)
- alustan kosteuspitoisuus (alustan kuivatus- ja tuuletustarpeen määrittäminen sekä keston arviointi)
- alustan emissiopitoisuus (purkutavan ja tuuletusjakson pituuden määrittäminen)
- tilojen ja ympäröivien tilojen käyttö korjausten aikana (korjaustavat ja osastointitarve)
- mahdolliset muut tutkimuksissa esitetyt korjaustoimenpide-ehdotukset.

Korjausmenetelmäksi valikoitui raskain korjausvaihtoehto, eli lattiapäällysteen, liiman ja tasoitteen purkaminen, (sis. alustan jyrsintää ja hiontaa) sekä alustan lämmitys ja tehostettu tuuletus. Valittu korjaustapa perustui riskien minimointiin. Riittävä 2-etyyli-1-heksanolin poistuminen varmistettiin tuuletusjakson päätteeksi alustan pintaemissioiden mittaamisella FLEC-tekniikalla (ISO 16 000-10, NT Build 484) sekä bulk-näytepaloin (ISO 16000-9). Sisäilmakorjauksille tyypilliseen tapaan korjauksissa käytettiin M1-luokiteltuja materiaaleja. Korjauksille ei määritetty puhtausluokkaa, mutta loppusiivous tehtiin puhtausluokan P1 ohjeistusta soveltaen ja työmaan pölyn- ja puhtaudenhallintaan kiinnitettiin erityistä huomiota (Sisäilmastoluokitus, 2018). Lisäksi korjaussuunnitelmissa esitettiin laadukkaan lopputuloksen edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet ja korjausten onnistumista varmentavat seurantamittaukset. Korjauksista laadittiin korjaussuunnitelmat, jotka koostuivat korjaustyöselostuksesta sekä tarvittavista piirustuksista.

3.3 Korjaushankkeen luonne ja laajuus

Lattiapäällystekorjaukset aloitettiin koekorjauksella mallihuoneessa. Koekorjauksen avulla täsmennettiin tarkasti toimiva korjaustapa sekä selvitettiin korjauksiin tarvittava aika.

Korjaustyöt sisälsivät seuraavia työvaiheita:

- Alkuperäisten lattiapäällysteiden, mattoliimojen ja tasoitteen poisto sekä betonialustan hionta ja jyrsintä
- Rakenteiden alustan jäännösemissioiden tuuletus
- Laadunvarmistustoimenpiteet
- Uuden pintarakenteen asennus
- Huolellinen loppusiivous korjaustöiden valmistumisen jälkeen.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Esimerkkikohteen 2-etyyli-1-heksanolia emittoivan lattian korjaushankkeessa korostui mallikorjauksen tärkeys. Mallikorjauksen myötä esimerkiksi täsmentyi, että betonipinnan hionta ei ollut tässä kohteessa alustalle riittävä purkutoimenpide. Tuuletusaika pidentyi VTT:n suosittelemasta, ja lattiapäällystekorjauskohteissa yleensä riittävästä 2-3 viikosta noin 16 viikkoon, missä ajassa emissiot eivät vielä poistuneet alustasta. Vasta jysintä kahteen-kolmeen kertaan yhdistettynä 2-3 viikon tehostettuun tuuletusjaksoon poisti emissioita alustasta riittävästi. Syy emissioiden hitaaseen poistumiseen ei ole tiedossa. Mahdollisesti betonin koostumuksella tai alustan kosteudella on tekemistä asian kanssa, mutta aihepiiristä ei ole tutkimuksia.

Alustan emissioiden FLEC-mittausten tavoitetasojen määrittäminen pohjana toimivat VTT:n (nykyinen Eurofins Expert Services), Työterveyslaitoksen ja Rakennustietosäätiön rakennusmateriaalien päästöluokituksen M1-luokan viitearvot. M1-luokituksen viitearvoa ei ole tarkoitettu käytettäväksi korjauksissa ja Työterveyslaitoksen sekä VTT:n aineistot koostuvat rajattuun otantaan, joten viitearvoja tulee käyttää harkiten, eivätkä ne sovellu kaikkiin kohteisiin. Alustan jäännösemissioiden vaikutus sisäilman laatuun riippuu pitkälti uudesta pintarakenteesta sekä kohteen ilmanvaihdosta. Mikäli korjauksissa asennetaan uudeksi lattiapäällysteeksi tai -pinnoitteeksi hyvin tiivis tuote, kuten epoksinpinnoite tai vastaava, alustan jäännösemissoilla ei välttämättä ole sisäilmaan lainkaan vaikutusta.

Yksittäisten yhdisteiden emissioiden tavoitetasojen määrittäminen ei ole tällä hetkellä mahdollista kuin muutamien yhdisteiden osalta. Erilaisiin tilanteisiin soveltuvia tavoitetasoja ei ole kootusti saatavilla ja alalla on paljon kirjaamatonta, käytännön korjauskohteissa hankittua tietoa. Yleisimmin sisäilmasta on tutkittu haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC), formaldehydin ja muiden aldehydien sekä ammoniakkin emissioita, joille on olemassa viitearvoja. Sisäilmitaukset eivät kuitenkaan sovellu korjaustyömaalla käytettäväksi, koska niiden viitearvot on tarkoitettu käytössä oleville tiloille, joiden primääriemissiot ovat tasaantuneet normaalille tasolle.

Tiloihin vapautuu aina joitain yhdisteitä rakennusmateriaalien lisäksi myös irtaimistosta ja tilojen käytöstä, joten nollatasoa ei voida saavuttaa milloinkaan. Tulee myös huomioida, että korjauksissa tiloihin tuodaan uusia materiaaleja, jolloin emissiot voivat hetkellisesti kohota lähtötasoa korkeammaksi ennen uusien materiaalien hajujen laimentumista. Materiaaliemissioiden määrään sisäilmassa vaikuttaa siis oleellisesti ilmanvaihdon toiminta.

Tarvitaan lisää tietoa erilaisista lattiapäällystevaurioiden korjausmenetelmistä, sekä niiden pitkäaikaiskestävyydestä. Tietoa tarvitsevat sekä suunnittelijat että tilaajat päätöksenteon tueksi. Tässä kohteessa korostui myös perustutkimuksen tarve, sillä emissioiden imeytymisestä ja poistumisesta betoni- ja tasoitealustoista ei ole saatavilla tietoa. Lisäksi alustan sallittuja jäännösemissoita tulisi tarkastella tarkemmin.

Tietoa on kyllä saatavilla, mutta hyvin erinäisissä tutkimusraporteissa ja yksittäisillä ammattilaisilla, joten laadukkaan suunnitelman laadinta voi olla todella työlästä. Tilannetta helpottaisi huomattavasti parhaan olemassa olevan tiedon keräävä ohjeistus, minkä avulla mahdollistetaan

laadukkaiden suunnitelmien laadinta ja sitä myötä lattiapäällystevauriokorjausten onnistumisen. Yhtenäisen yleisen ohjeistuksen luominen olisi omiaan edesauttamaan vastaavien korjausten onnistumista tulevaisuudessa.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää ohjaajiani Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n sisäilmaryhmän tiimipäällikköä Katriina Lainetta ja Ramboll Finland Oy:n johtavaa asiantuntijaa Helmi Kokottia arvokkaista kommentteista. Lisäksi kiitän hankkeen projektitiimiä hyvästä yhteistyöstä.

6. LÄHDELUETTELO

Asumisterveysasetus. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa III. Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira 11.4.2016. (Päivitetty 30.11.2016.)

Järnström H. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissioiden sisäilmaongelmatapauksissa. VTT Publications 571. 76 s. 2005

Jokipii M. Betonilattioiden VOC-korjausmenetelmien vertailu. YAMK Opinnäytetyö, rakentamisen koulutusohjelma, 2014.

Keinänen H. Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointi. Opinnäytetyö, rakennusterveys, 2013.

RTC Vahanen Turku Oy. Sisäilmapalveluketju, 2020.

Ympäristöministeriö. Weijo I. ym. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas. Vantaa 2019.

Ympäristöministeriö. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas. Helsinki 1997.

ÖLJYHIILIVETYEMISSIOIDEN RAJOITTAMINEN EPOKSIPINNOITTEELLA

Kennet Mod

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

TIIVISTELMÄ

Öljihiilivetyemissionien rajoittamista epoksilla tutkittiin laboratoriokokein, jossa epoksilla pinnoitetun öljyhiilivedyillä kyllästetyn kuitusementtilevyn emissioita mitattiin FLEC-laitteella kahden, viiden ja yhdentoista viikon ikäisenä.

Laboratoriokokeissa epoksilla pinnoitetun levykoekappaleiden TVOC-emissioiden olivat kahden viikon ikäisenä 320–500 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$, viiden viikon ikäisenä 540–3400 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ ja yhdentoista viikon ikäisenä 660–7100 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. tert-butyylifenoliemissioiden olivat 68–520 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Levyjen öljyhiilivetyemissioiden mittauksen aikana olivat 25–5 143 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Emissioiden ylittivät M1-luokituksen raja-arvon 200 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

Ilmanvaihdon vaikutusta sisäilman öljyhiilivetyepitoisuuteen tarkasteltiin laskennallisesti sekoi-tusyhtälön avulla. Tarkasteltavana huonetilana käytettiin 30 m^3 huonetta, jossa öljyhiilivety-pilaantuneen lattian pinta-ala oli 12 m^2 . Emissiona käytettiin tutkimuksesta saatua öljyhiilivetyemissioita 680 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Ilmanvaihtokertoimen ollessa 0,2 1/h pitoisuus huonetilassa nousi arvoon 1360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ilmanvaihtokertoimen ollessa 0,5 1/h pitoisuus pieneni arvoon 545 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuus ylitti tavanomaisen sisäilman TVOC-pitoisuuden, 100–600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ilmanvaihdolla on rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa sisäilman laatuun ilman, että ilmanvaihtomäärä nousee tarpeettoman suureksi.

1. JOHDANTO

1.1 Tausta

Rakennuksen aikaisemman käyttötarkoituksen takia rakenteisiin on voinut imeytyä orgaanisia yhdisteitä, jotka myöhemmin haihtuessaan heikentävät sisäilman laatua. Rakennuksissa on saatettu käyttää laitteita ja koneita, joiden öljyt ja polttonesteet ovat voineet aiheuttaa kemikaalivahinkoja, minkä seurauksena öljyhiilivetyjä on imeytynyt rakenteisiin. Lisäksi maaperään imeytyneet öljyhiilivedyt voivat päästä sisäilmaan ilmapuotoreittejä pitkin, mikä vaikuttaa sisäilman laatuun heikentävästi. Korkea maaperän öljyhiilivetyepitoisuus voi myös aiheuttaa öljyhiilivetyjen imeytymisen maaperästä huokosiin rakennusmateriaaleihin.

Öljyhiilivetyepilaantuneisuus on aiemmin oletettua laajempi ongelma Suomen rakennuskannassa (Säntti 2014). Erityisesti, kun suunnitellaan vanhojen teollisuusrakennusten muuntamista asuin- tai toimistokäyttöön, on mahdollinen aiemman teollisen käytön aiheuttama tiili- ja betonirakenteiden pilaantuneisuus otettava huomioon purku- ja korjaussuunnittelussa. Myös historiallisesti merkittävien rakennusten suojelunäkökohdat ja nykyiset lämmöneristysvaatimukset

asettavat haasteita korjaussuunnitteluun. Käyttämättömät tilat ovat usein lämmittämättömiä ja rakenteet kylmiä. Asuin- tai toimistokäyttöön muuntamisen jälkeen tilat lämmitetään, mikä lisää öljyhiilivetyjen siirtymistä sisäilmaan.

Rakennusten öljyhiilivetyypilaantuneisuuden yleisin syy on vanha teollinen toiminta, mutta myös aiemmin käytetyistä rakennusmateriaaleista, kuten valuasfalteista, öljyhiilivedyt ovat saattaneet imeytyä viereisiin rakenteisiin. Vain 100–150 mg/kg C₁₀–C₄₀ -öljyhiilivetypitoisuus betonirakenteisessa välipohjassa voi aiheuttaa noin 200 µg/m²h öljyhiilivetyemission sisäilmaan. (Säntti ja Komulainen 2012) Materiaalinäytteiden emissiotutkimusten perusteella jo 28 mg/kg öljyhiilivetypitoisuus >C₁₀-C₂₁ -fraktioita voi vaikuttaa sisäilman laatuun (Komulainen ym. 2020).

Öljyhiilivetypitoisuudelle sisäilmassa ei ole toimenpideraja-arvoja. Työterveyslaitoksen julkaisussa (Lappalainen ym. 2017) on esitetty tavanomaisen toimistotyyppisen sisäilman P90-viitearvot alifaattisille ja aromaattisille yhdisteille. Viitearvot perustuvat vuosina 2013-2015 tehtyihin sisäilmamittauksiin. Viitearvojen vaihteluväli on 1...6 µg/m³. Tavanomainen sisäilman TVOC-pitoisuus useamman eri lähteen perusteella on 100–600 µg/m³ (Tuomi ym. 2012).

A-insinöörien tutkimien tehdasrakennusten kantavissa rakenteissa on todettu suuria öljyhiilivetypitoisuuksia (>1000 mg/kg). Öljyhiilivetyypilaantuneisuus voi ulottua koko välipohjan läpi (Mustajoki ym. 2019). Vanhassa teollisuusrakennuksessa massiivitiilimuurauksessa öljyhiilivedyt voivat olla imeytyneenä 120 mm syvyydelle (Sievola 2019).

Öljyhiilivetyjen läpäisevyydestä on tehty vain vähän. Vuonna 2016 tehdyissä VOC- ja PAH-yhdisteiden läpäisevyyksistä todettiin öljyhiilivetyjen läpäisevän 2-komponenttisen 0,5 mm paksuisen epoksinnoitteen noin kahdessa kuukaudessa. Emission olivat sisäilman laadun kannalta merkittäviä. (Sievola 2019)

Öljyhiilivetyypilaantuneisuuden tutkiminen ohjeistetaan tekemään vaiheittain, missä ensimmäisessä vaiheessa selvitetään mahdollinen pilaantuminen pistokoeluteisesti ja määritellään jatkotutkimustarve. Seuraavassa vaiheessa kohdennetulla näytteenotolla pyritään rajaamaan pilaantunut alue. Näytteenotossa tulee huomioida rakenne ja sen mahdolliset epäjatkuvuuskohdat. (RT 18-11245, 2016)

1.2 Tutkimusongelma

Rakennuksien historiallisten suojeluarvojen vuoksi öljyhiilivetyypilaantuneiden rakenteiden purkamista ei aina voida tehdä, eikä öljyhiilivetyypilaantuneiden rakenteiden kapselointiin soveltuvista tuotteista ole tutkittua tietoa. Nykyiset tutkitusti toimivat korjausratkaisut öljyhiilivetyypilaantuneesta rakenteesta aiheutuvan ongelman hallintaan ovat rakenteen purkaminen tai koneellisesti tuulettuvan rakenteen tekeminen. Koska öljyhiilivedyt voivat olla imeytyneenä kantaviin rakenteisiin, ovat korjaustoimenpiteet usein raskaita ja kalliita. Rakenteeseen imeytyneet öljyhiilivedyt haihtuessaan heikentävät sisäilman laatua. Haihtuvien yhdisteiden siirty-

mistä sisäilmaan voidaan rajoittaa erilaisilla pinnoitteilla, esimerkiksi epoksilla. Osa öljyhiilivedyistä on rakenteeltaan lyhytketjuisia ja poolittomia, jolloin ne läpäisevät helposti kapselointimateriaaleja. Öljyhiilivedyt ovat kemiallinen ryhmä, joka sisältää useita eri yhdisteitä, C₁–C₄₀. PAH-yhdisteiden hallintaan soveltuvat kapselointimateriaalit eivät välttämättä sovellu öljyhiilivetyjen kapselointiin.

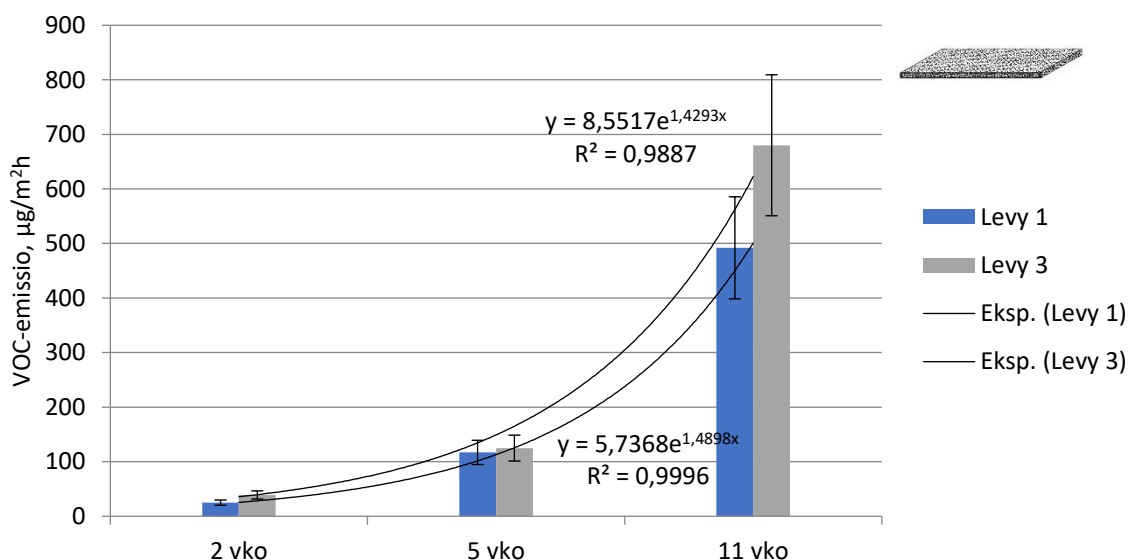
1.3 Tavoite

Työn tavoitteena oli selvittää voidaanko öljyhiilivetyjen siirtymistä rakenteista tai maaperästä sisäilmaan rajoittaa epoksinpinnoitteella. Lisäksi tavoitteena oli arvioida emissioiden ja ilmanvaihdon vaikutusta sisäilman laatuun.

2. ÖLJYHIILIVETYEMISSIOIDEN MITTAAMINEN LABORATORIOKOEIN

Öljyhiilivetyemissioiden rajoittamista epoksilla tutkittiin vuonna 2014 laboratorioskokein, jossa epoksilla pinnoitetun öljyhiilivedyillä kyllästetyn kuitusementtilevyn emissioita mitattiin FLEC-laitteella kahden, viiden ja yhdentoista viikon ikäisenä.

Levykoekappaleiden TVOC-emissiot olivat kahden viikon ikäisenä 320–500 µg/m²h, viiden viikon ikäisenä 540–3400 µg/m²h ja yhdentoista viikon ikäisenä 660–7100 µg/m²h. *tert*-butyyli-fenoliemissiot olivat 68–520 µg/m²h. Levyjen öljyhiilivetyemissiot mittausten aikana olivat 25–680 µg/m²h. Emissiot kasvoivat ajan funktiona jokaisessa mittauksessa. Levyjen öljyhiilivetytiteisyys oli 78 940 mg/kg, kun taas käytännössä rakenteista mitattu maksimipitoisuus oli 55 000 mg/kg. Levyn 2 emissiot poikkesivat merkittävästi muista levyistä, joten kuvassa 1 on esitetty levyjen 1 ja 3 emissiomittausten tulokset.



Kuva 1. Levykoekappaleiden 1 ja 3 öljyhiilivetyemissiot kahden, viiden ja yhdentoista viikon ikäisenä.

3. ÖLJYHIILIVETYEMISSIOIDEN VAIKUTUS SISÄILMAN LAATUUN

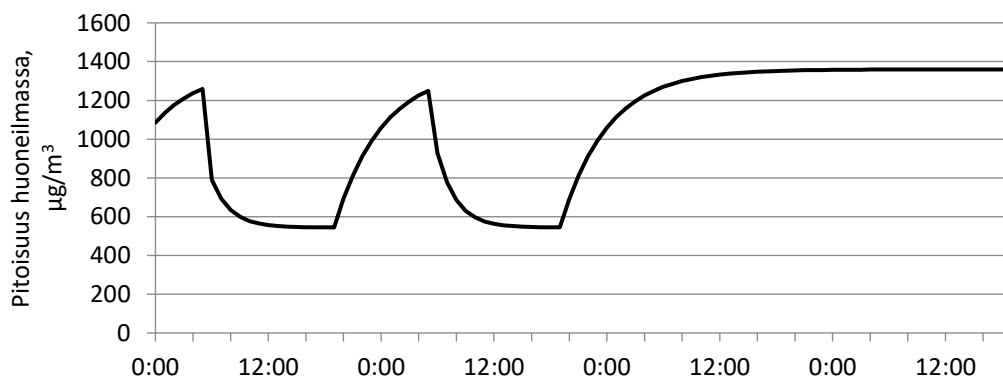
Alle 1 µm halkaisijalta olevien hiukkasten putoamisnopeus oli pienempi 150 µm/s. Hiukkaset voidaan olettaa ilmassa pysyvästi leijaileviksi. (Lipponen 2014) Kaasumolekyylien kokoluokka on huomattavasti pienempi kuin 1 µm. Esimerkiksi *n*-heksaanin koko on noin $8,2 \cdot 10^{-10}$ m (Pan ym. 2006). Kaasumolekyylien liikkeeseen ei vaikuta painovoima vaan ilman liike.

Öljihiilivetyjen liikkeeseen ei vaikuta painovoima, jolloin niiden sisäilmapitoisuus voidaan laskea sekoitusyhtälöllä. Sekoitussyhtälöllä (kaava 1) voidaan laskea sisäilman öljyhiilivetypitoisuus, kun tiedetään materiaalin aiheuttama emissio ja ilmanvaihtokerroin. Tarkastelussa oletettiin ulkoilman öljyhiilivetypitoisuuden olevan nolla.

$$C_s = C_u + \frac{G}{nV} \cdot (1 - e^{-nt}) + (C_{s0} - C_u) \cdot e^{-nt}, \quad (1)$$

missä	C_s	sisäilman konsentraatio [g/m ³]
	C_u	ulkoilman konsentraatio [g/m ³]
	G	öljihiilivetytuotto [g/h]
	n	ilmanvaihtokerroin [1/h]
	V	tarkasteltavan tilan tilavuus [m ³]
	t	aika [h]
	C_{s0}	sisäilman alkukonsentraatio [g/m ³]. (Nevander ym. 2009)

Referenssihuoneen tilavuus oli 30 m³. Öljihiilivetyypilaantuneena alueena käytettiin lattiaa, jonka pinta-ala oli 12 m². Laskennassa käytetyt ilmanvaihtokertoimet olivat 0,2 1/h ja 0,5 1/h. Sekoitussyhtälöllä arvioitiin laskennallisesti teoreettinen öljyhiilivetypitoisuus huoneen sisäilmassa. Laskennassa käytettiin levyn 3 epoksipinnalta yhdentoista viikon ikäisenä mitattua öljyhiilivetyemissiota 680 µg/m²h. Kuvassa 1 on esitetty laskennallisesti saatu teoreettinen öljyhiilivetypitoisuus sisäilmassa. Tarkastelu on tehty siten, että ilmanvaihdon voimakkuus pienennettiin yöajaksi (20:00–06:00). Päivällä ilmanvaihdon ollessa kytkettynä pitoisuus laski arvoon 544 µg/m³, ja yöaikaan ilmanvaihdon ollessa pienemmällä teholla pitoisuus nousi noin arvoon 1 250 µg/m³ ennen ilmanvaihdon kytkemistä tehokkaammalle. Viikonlopun aikana teoreettinen öljyhiilivetypitoisuus tasoittui arvoon 1 360 µg/m³.



Kuva 2. Sekoitussyhtälöllä laskettu teoreettinen öljyhiilivetypitoisuus sisäilmassa, kun öljyhiilivetyemissio oli 680 µg/m²h. Ilmanvaihtokertoimet tarkastelussa olivat 0,2 1/h ja 0,5 1/h.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennuksien öljyhiilivetyypilaantuneisuus on usein seurausta aikaisemmasta teollisesta toiminnasta, jolloin polttonesteitä on päässyt imeytymään rakenteisiin. Rakenteisiin imeytyneiden öljyhiilivetyjen pitoisuus ylittää helposti kaatopaikkakelpoisuusvaatimuksien raja-arvot. Öljyhiilivedyt voivat olla imeytyneenä kantavien välipohjien läpi sekä yli 100 mm syvyydelle massiivitiilimuurauksessa. Kohteista mitatut öljyhiilivetyypitoisuudet myös kantavissa rakenteissa ovat olleet yli 1 000 mg/kg. Jo alle 30 mg/kg öljyhiilivetyypitoisuus >C10–C21 -fraktioita voi vaikuttaa sisäilman laatuun, minkä vuoksi mahdolliset rakenteisiin imeytyneet haitta-aineet on aina syytä tutkia, mikäli rakennuksessa on ollut teollista toimintaa.

Laboratoriokokeissa levykoekappaleiden öljyhiilivetyemissiot kasvoivat ajan funktiona jokaisessa mittauksessa ollen 25–680 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Emissiot ylittivät M1-luokituksen raja-arvon 200 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$. Laboratoriokokeiden perusteella öljyhiilivedyt läpäisivät epoksinnoitteen siinä määrin, ettei se sellaisenaan sovellu kapseloimaan öljyhiilivetyypilaantunutta rakennetta. Myös muissa tämän jälkeen tehdyissä läpäisevyytutkimuksissa öljyhiilivetyjen on todettu läpäisevän epoksinnoitetta. Öljyhiilivetyjen läpäisevyytutkimuksia on tehty vain vähän eikä tutkitusti toimivaa kapselointiratkaisua pilaantuneeseen rakenteeseen ole löytynyt. Öljyhiilivetyypilaantuneissa rakenteissa varmin korjausratkaisu on purku ja vaihtoehtoisesti tuulettuvat rakenteet, mikäli pilaantunutta rakennetta ei voida purkaa.

Öljyhiilivedyt ovat kaasumolekyylejä, jotka ovat noin 1000 kertaa pienempiä kuin pienhiukkaset, minkä takia niiden liikettä ei ohjaa painovoimakenttä hiukkasten tapaan vaan ilman liike. Sekoitussyhtälöllä laskennallisesti arvioituna sisäilman öljyhiilivetyypitoisuus tavanomaisilla ilmanvaihtokertoimilla oli 544–1360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittäen tavanomaisena pidetyn sisäilman TVOC-pitoisuuden. Ilmanvaihdolla on rajalliset mahdolliset vaikuttaa sisäilman laatuun ilman, että ilmanvaihtomäärä nousee tarpeettoman suureksi. Emissioiden rajoittamisella voidaan välttää yli-suuret ilmanvaihtomäärät.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää kaikkia opiskelukavereita ja RATEKOA mahtavasta koulutuksesta. Kiitos työnantajalleni mahdollisuudesta suorittaa RTA-koulutus joustavasti työn ohella.

6. LÄHDELUETTELO

- Komulainen J., Sekki P., Wuokko P., Leino K., Saarinen A., Torikka-Jalkanen K. 2020. Rakenteisiin imeytyneiden öljyhiilivetyjen vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmayhdistys ry, raportti 38. Sisäilmastoseminaari 2020. 338 s.
- Lappalainen S., Reijula K., Tähtinen K., Latvala J., Hongisto V., Holopainen R., Kurttio P., Lahtinen M., Rautiala S., Tuomi T., Valtanen A. 2017. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Työterveyslaitos. Helsinki 2017. 76 s.
- Lipponen, O. 2014. Mikrobin aineenvaihduntatuotteiden merkitys rakenteiden vaurioalttiudelle. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. Espoo. 102 s.
- Mustajoki S., Ruusala A., Rauhala J. 2019. Vanhojen tehdasrakennusten muuntorakentamiseen liittyvät sisäilma- ja rakennustekniset riskit. Tampereen yliopisto. Rakennustekniikka. Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 6. 602 s.
- Nevander, L.E., Elmarsson, B. 2009. Fukt handbok. 3. painos. AB Svensk Byggtjänst och författarna. Mölnlycke: Elanders Sverige AB. 538 s. ISBN 978-91-7333-156-2.
- Pan, L., Ohlson, D., Ciemnomlonski, L., Heddy, R., Li, J. 2006. Separation of Hydrocarbons with a Microporous Metal–Organic Framework. *Angewandte Chemie*, vol 118. s. 632–635.
- RT 18-11245 Haitta-ainetutkimus. Rakennustuotteet ja rakenteet. 2016. Rakennustieto. 29 s.
- Sievola J. 2019. Rakenteista sisäilmaan haihtuvien haitta-aineiden hallinta. Tampereen yliopisto. Rakennustekniikka. Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 6. 602 s.
- Säntti, J. 2014. Vahanen Oy. Tutkimusselosteita vuosilta 2008–2014. Julkaisemattomia.
- Säntti, J., Komulainen, J. 2012. PAH-yhdistepitoisten rakennusmateriaalien sekä betoniin imeytyneiden öljyhiilivetyjen ja PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmastoseminaari 2012, SIY raportti 30. s. 197–202.
- Tuomi T., Lappalainen L., Laaja T., Hovi H., Svinhufvud J. 2012. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. Työterveyslaitos. Helsinki 2012. 11 s.

Kuntotutkimukset eri aikakausien rakennuksissa.

Tutkimusmenetelmät ja korjaustarve.

<i>Orgaanisia epäpuhtauksia sisältävän betonirakenteen vaikutus rakennuksen terveellisyyteen ja rakennushankkeeseen</i> Olli Suursalmi	72
<i>Viiltomittaukset kuntotutkimuksissa</i> Simo Kinnunen	78
<i>Rakennusten lämpökuvaus miehittämättömällä ilma-aluksilla (UAV)</i> Sauli Paloniitty	84
<i>Rakenteiden kosteusteknisen vikasietoisuuden huomioon ottaminen rakennesuunnittelussa</i> Liisi Hiltunen	90
<i>Homepölypuhdistus koulurakennuksessa</i> Seppo Järvinen	96
<i>Hallirakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Taija Haukkamäki	102
<i>Pornaisten kivikirkon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Henri Pietarinen	107
<i>1950-luvulla rakennetun koulurakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Ville Nurkkala	113
<i>1950-luvun koulu, laajennettu ja peruskorjattu 1994. Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Kari Ovaskainen	119
<i>Kirkonkylän alakoulun kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jukka Räisänen	125
<i>Seurakuntakeskuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Pekka Salin	131
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Elloksen kiinteistö</i> Teemu Väänänen	137
<i>Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus: Terveysaseman korjaustarve</i> Arto Pennanen	143

ORGAANISIA EPÄPUHTAUKSIA SISÄLTÄVÄN BETONIRAKENTEEN VAIKUTUS RAKENNUKSEN TERVEELLISYYTEEN JA RAKENNUSHANKKEESEEN

Olli Suursalmi

TIIVISTELMÄ

Tässä tarkastellaan Lapissa sijaitsevaa, vuokratyöskäyttöön tarkoitettua teollisuusrakennusta, joka rakennettiin vuoden 2019 aikana. Hallin rakennuttajana toimi kiinteistöasakeyhtiö ja pääurakoitsijana rakennusliike. Rakennusliikkeellä on vuosikymmenien kokemus pääkaupunkiseudulla toimimisesta, mutta rakennushanke oli ensimmäinen Pohjois-Suomessa.

Uudessa toimintaympäristössä ja erilaisessa rakentamisen kulttuurissa rakennuttaja sai kohdata aivan uudenlaisia asioita. Betonin seassa olleiden poron papanoiden löytyminen aiheutti koko hankkeen merkittävimmän haasteen ja uhkasi jopa kaataa sen.

Opinnäytetyössäni olen tutkinut otsikon mukaisesti aihetta sekä rakennusterveyden kannalta että siltä kannalta, mitä on tehtävissä silloin, kun jo rakentamisvaiheessa huomataan merkittävä virhe. Tästä syystä käsitelen rakentamismääräysten ja asumisterveysasetuksen ohella myös juridiikkaa rakennusvirheiden osalta, vuokralakia, kiinteistön arvoa, imagoa, aikataulun ja kustannusten hallintaa sekä tapoja, joilla hanke voidaan onnistuneesti saattaa valmiiksi.

1. RAKENNUKSEN PERUSTIEDOT

Kohteen perustiedot:

Osittain kaksikerroksinen teollisuusrakennus Pohjois-Suomessa	Kerrosala hallitilat 572 m ²
Rakennusvuosi 2019	Kerrosala yhteensä 886 m ²
Kerrosala tekninen tila, sosiaalityilat, toimistotilat, 1-2. krs 314 m ²	Rakennuksen tilavuus 4853 m ³
Rakennus on liitetty kunnalliseen vesi- ja jätevesiverkostoon.	
Lämmitysmuoto: maalämpö, vesikiertoinen lattialämmitys.	
Ilmanvaihto: Koneellinen ilmanvaihto pyöriväkennoisella lämmöntalteenotolla. Hallilohkoilla (4 kpl) ja toimisto-osalla omat koneet	



Kuva 1. Valmis teollisuusrakennus.

2. ORGAANISEN AINEKSEN VAIKUTUS RAKENNUSPROSESSIIN

2.1. Lattiavalu

Lattiat valettiin heinäkuussa 2019. Hallin lattian betonimenekki oli 90 m^3 . Lattia pinnoitettiin koneellisen teräshierron yhteydessä massan sekaan siroteltavalla Mastertop 450 -pinnoitteella. Valut, pinnoitus ja jälkihoito onnistuivat suunnitellusti.

Toimistotilojen lattioiden betonin menekki oli 25 m^3 . Lattiat teräshierrettiin koneellisesti. Jälkihoidon päätyttyä aloitettiin lattioiden hionta timanttihiomakoneella.

2.2. Ongelman havaitseminen

Toimistotilojen lattioiden hionnan yhteydessä havaittiin mustia, soikean muotoisia rakkuloita, joiden sisällä oli mustaa, pehmeää ainetta. Aistinvaraisesti pääteltiin betonin joukossa olevan poron papanoita. Betonitoimittaja pyydettiin paikalle tutustumaan tilanteeseen ja syntyi yksimielisyys siitä, että betonin joukkoon on betonitehtaalla päässyt kiviaineksen mukana kulkeutuneita poron papanoita.

2.2.1. Tutkimus- ja näytteenottomenetelmät

Ongelman laajuuden selvittämiseksi päätettiin suorittaa huolelliset tutkimukset ja palkata ulkopuolinen konsultti puolueettomien tulosten kirjaamiseksi. Toimiston lattioihin piirrettiin numeroidut ruudut, joista laskettiin papanoiden määrä ruutua kohti. Kaikki ruudut valokuvattiin ja tuloksista laadittiin pöytäkirja. Mahdolliseen riitatilanteeseen betonitoimittajan kanssa varauduttiin toimittamalla heille edellä mainittu pöytäkirja ja tarjottiin mahdollisuutta tulla tekemään omat laskelmat.

Papanoista otettiin betonitoimittajan läsnä ollessa näytteet, jotka toimitettiin analysoitavaksi Ruokavirastoon Ouluun.



Kuva 2. Poron papana toimiston ensimmäisen kerroksen hiotussa betonilattiassa.

Toimistotilojen välipohjan kantavana rakenteena on ontelolaatta. Ontelolaattojen etukäteen tehdystä saumavalusta huolimatta saumat vuotivat valuvettä, joka tippuessaan alemman kerroksen märälle betonivalulle aiheutti kraaterimaisia koloja, joista osa oli hyvin samankaltaisia kuin papanan aiheuttamat kolot. Lisäksi toisen kerroksen askeläänieristeestä ja maanvaraisen lattian eristeestä oli irronnut joitakin murusia, jotka tulivat hionnan yhteydessä esiin vastaavalla tavalla.

Kaikki sellaiset kolot, joita ei voitu varmuudella osoittaa poron papanan aiheuttamiksi, jätettiin laskennassa huomioimatta. Osa papanoista oli sellaisessa syvyydessä, että pinnassa

näkyi vain 2-3 mm kokoinen reikä ja papana saatiin esiin vasta puukon kärjellä pintaa rikkomalla. Papanoita oli jakaantuneena koko lattiapinnan alueella.

Jakautumista betonilaatan paksuuden osalta tutkittiin poraamalla laatasta timanttiporalla halkaisijaltaan 160 mm betonilieriöitä. Niitä porattiin 4 kappaletta sellaisista paikoista, joista ne voitiin ottaa rikkomatta valussa kulkevia lattialämmitysputkia. Lieriöt murskattiin vasaralla paikan päällä. Lieriöistä löytyi papanoita useilta syvyyksiltä. Tämä osoitti, että valun yhteydessä suoritettu betonin täryttäminen ei ole tuonut kaikkia papanoita valun pintaan.

Seuraavaksi ryhdyttiin tutkimaan myös hallin lattioita. Valun yhteydessä tehdyn pinnoitteen vuoksi ei niitä tarvinnut jälkeinpäin hioa tai muutoin käsitellä. Pinnoitteen lujuus esti papanoiden esilletulon. Lattiaa systemaattisesti tutkittaessa löytyi pieniä, tummia kohtia, jotka näyttivät siltä kuin lattialle olisi imeytynyt vesipisara. Tällaista kohtaa puukon kärjellä painettaessa pinnoite murtui ja sen alta löytyi poron papana. Näitä kohtia löytyi kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin toimiston lattian alueelta. Hallin lattiasta porattiin timanttiporalla 2 kappaletta halkaisijaltaan 160 mm suuruista läpiporattua lieriöitä, jotka murskattiin. Yhtään papanaa ei löydetty.

Poronhoitoalueella tiedetään yleisesti porojen hakeutuvan kesäkuumalla aukeille paikoille, kuten tunturipaljakoille ja soranottopaikkoihin, joissa hyönteisiä on vähemmän. Tässä tapauksessa vallitsi yksimielisyys siitä, että poron papanoita on kulkeutunut betoniin kiviaineksen mukana. Betonin toimittajan henkilökuntaa, betoniasemalla asioivia henkilöitä sekä saman teollisuusalueen toimijoita haastateltiin. Alueen aitaamattomuus ja porojen vapaa liikkuminen betoniasemalla käytiin myös toteamassa.

2.3. Tutkimustulokset

Ruokaviraston tutkimustodistuksen 5.9.2019 lausunnossa todetaan, että *Molemmissa näytteissä todettiin suoramikroskooppisessa tutkimuksessa jauhautunutta kasvimateriaalia, joka voi olla peräisin kasvissyöjäeläimen, esimerkiksi poron, ulosteesta.*

Katselmuspöytäkirja 3.9.2019: *Lieriöporauksilla otetuista näytteistä papanoita löytyi 25 mm ja 50 mm syvyyksistä.*

Katselmuspöytäkirja 9.9.2019: *Toimistolattian, jonka kokonaispinta-ala on yhteensä 300 m², pinnasta löytyi yhteensä 376 kpl poron papanan aiheuttamaa rakkulaa. Keskiarvoksi saatiin 1,25 papanaa/m². Tehdyistä ruuduista 82 esiintyi papanoita vaihteluvälillä 1-10 kpl/ruutu, 2 ruudussa, jotka sijaitisivat eri kerroksissa ei löytynyt yhtään papanaa.*

Kuormakirjojen mukaan toimiston lattioiden betoni oli toimitettu kolmessa erässä, joten papanoiden jakaantumisen perusteella jokaisen niistä on täytynyt sisältää papanoita.

Purkutyön yhteydessä tutkittiin purettujen betonilaattojen sahauskohtia ja niistä löytyi papanoita jopa 80 mm syvyydestä. Papanoita oli jakaantuneena siis koko massan tilavuuteen, ei vain pintaan.

2.4. Juridinen konsultaatio

Betonitoimittaja piti syntynyttä tilannetta paikallisena ominaisuutena sekä heistä johtumattomana syynä. Lisäksi he ollettivat, että ominaispainoltaan kevyempiä papanoita on

vain valun pinnassa ja kyseenalaistivat niiden määrän koko massassa ja sekä merkityksellisyyden rakenteen lujuuden ja mahdollisen terveysvaikutuksen osalta.

Engelman haasteellisuudesta johtuen tilaaja palkkasi nopeasti lakimiehen estämään kiistan kehkeytymisen ja tilanteen jumiutumisen.

Reklamaation tekemiseen suhtauduttiin perusteellisesti. Papanoiden olemassaolo betonissa ja niiden joutuminen betonin joukkoon betonitehtaalla oli kiistatonta. Näyttö papanoiden määrästä ja lausunnot orgaanisten aineiden vaikutuksesta betonin joukossa pyrittiin varmistamaan. Yhtään tutkimusta eläinperäisen ulosteen vaikutuksesta betonirakenteessa ei löytynyt.

2.4.1. Reklamaatio ja sen tulos

Perusteellisesti ja nopeasti tehdyn reklamaation tekeminen tällaisessa tilanteessa on erityisen tärkeää. Työmaata koskevat päätökset on tehtävä viipymättä. Käytännössä rakentaminen jouduttiin keskeyttämään, sillä kaikki sisäpuolen rakentaminen tapahtuisi tehtyjen lattiavalujen päälle. Vaarana oli sovittujen vuokrasopimusten purkautuminen viivästyksestä johtuen tai vuokralaisille mahdollisesti syntyvä epävarmuus rakennuksen turvallisesta käyttämisestä. Lattioiden purkaminen tai korjaaminen ennen sovinnon syntymistä betonitoimittajan kanssa olisi taas tuonut rakennuttajalle kestävämmän taloudellisen riskin.

Betonitoimittajalle esitetty reklamaatio tehtiin haastehakemuksen muodossa, sillä samalla varauduttiin tarvittaessa jättämään haaste käräjäoikeudelle ja samassa yhteydessä tekemään taloudelliset turvaamistoimet.

Nämä toimet epäilemättä vauhdittivatkin neuvotteluja ja lopulta johtivat nopeaan sovintoon. Betonitoimittaja suhtautui syntyneeseen vahinkoon vastuullisesti ja tuloksena oli sovinto, joka kattoi rakennuttajan suorat kustannukset siitä, että toimiston lattiat puretaan ja tehdään uusi valu. Aikatauluviivästys ja välilliset kustannukset jäivät rakennuttajan vahingoksi.

Projektiin saatiin lisärahoitusta pitkälti sillä perusteella, että syntyneestä viivästyksestä huolimatta vuokralaiset sitoutuivat kohtuullisin ehdoin pysymään tehdyissä sopimuksissa.

2.5. Korjaustoimenpiteiden laajuuden määrittely ja perustelut

Toimistotilojen lattioiden uusimisen perusteina rakennuttaja piti sellaisia olemassa olevia riskejä, että lattiarakenteessa oleva orgaaninen aines aiheuttaisi myöhemmin terveydellisiä haittoja, hajuhaittoja, rakennuksen arvon alentumista tai sellaista imagollista riskiä, joka vaikeuttaisi tilojen vuokraustoimintaa. Korjaustoimenpiteeksi päädyttiin purkamaan toimisto-osan tehdyt valut ja valamaan lattiat uudelleen.

Todistelu poron papanoiden merkityksellisyydestä betonin joukossa ei lopulta muodostanut pääperustetta purkutyölle. Pienellä paikkakunnalla vaikutus rakennuksen imagoon ja arvoon muodostivat suuremman merkityksen, vaikka korjaukselle olisikin löytynyt luotettava menetelmä.

Hallin lattian uusimiseen ei ollut mahdollisuutta useastakaan syystä. Perusteet lattian purkamiselle betonitoimittaja kiisti. Asian käsittely oikeusteitse olisi vienyt kohtuuttoman pitkän ajan eikä lopputulosta silti voisi varmuudella ennakoida. Vaikka betonitoimittaja olisikin suostunut korvaamaan lattian uusimisen, ei siihen aikataulullisesti ollut

mahdollisuutta. Koko hallin lattian uusiminen siihen liittyvien rakenteiden ja talotekniikan osalta olisi viivästyttänyt rakentamista useilla kuukausilla ja se puolestaan olisi väistämättä johtanut sovittujen vuokrasopimusten purkautumisiin. Talvirakentaminen Lapin olosuhteissa olisi myös tuonut merkittäviä haasteita.

Ongelma on rakenteellisessa lujuudessa hallin lattian pinnoitteessa, ei rakenteen kantavuudessa. Pienet rakkulamaiset reiät pinnassa keräävät likaa ja saattavat myöhemmin murtua reuna-alueiltaan. Rasituksen myötä voidaan vahinkojen laajuutta arvioida vasta myöhemmin. Pinta voidaan tarvittaessa korjata paikallisesti ja korjaustoimenpiteet voidaan toteuttaa osissa siten, että vuokralaisten toimintaa ei kohtuuttomasti haitata.

Hallin lattioista löytyi tehdyissä tutkimuksissa papanoita vain vähän todennäköisesti erilaisesta kiviaineksesta johtuen. Halli on tarkoitettu ajoneuvokaluston huoltoa ja pesua varten. Suurimmassa osassa hallia ei työskennellä kokopäiväisesti ja työskentelyyn liittyy paljon läpiajettavien hallilohkojen ovien aukomista. Rakenteellista, lattian kantavuuteen vaikuttavaa ongelmaa ei katsottu syntyneen. Terveellisyyden osalta papanoiden merkityksellisyys on vaikeasti toteen näytettävissä, sillä tiloissa säilytettävät ajoneuvot tuovat tullessaan huomattavasti suurempia epäpuhtauksia.

Betonitoimittajaa kohtaan tuntemansa luottamuspuolan takia, rakennuttaja tiedusteli betonia myös muilta toimittajilta. Seuraavaksi lähin betoniasema sijaitsee 156 kilometrin päässä rakennuspaikasta. Periaatteessa toimitus olisi matkasta huolimatta onnistunut, mutta aseman koko tuotantokapasiteetti oli valun ajankohtana myyty toisaalle. Ainoaksi vaihtoehdoksi jäi tilata betoni alkuperäiseltä toimittajalta. Tätä puolsi lisäksi betonitoimittajan kanssa syntynyt sopimus, johon sisältyi betonin toimittaminen uuteen lattiavaluun.

Ainoaksi mahdollisuudeksi jäi siis luottaminen betonitoimittajan vakuuttamiin laadun parannuksiin. Tilauksen yhteydessä keskusteltiin myös betoniaseman henkilökunnan kanssa ja asemalla käytiin silmämääräisesti tutkimassa käytettävää sora-ainesta.

2.6. Purkutyöt ja uudelleenvalu

Lattiat timanttisahattiin ruuduiksi, jotka siirrettiin ulos rakennuksesta. Osana syntynyttä sovintoa betonitoimittaja kuljetti noin 75 tonnia purettua betonia asianmukaiseen jälleen käsittelyyn. Betonilattian purku tarkoitti myös osittaista eristeiden sekä lattialämmitysputkiston uusimista.

Rakennusurakoitsija pystyi kasvattamaan kapasiteettiaan työmaalla ja kahden viikon päästä purkutöiden aloituksesta päästiin tekemään toimiston lattioiden uudelleenvalu. Ennen valutyön aloittamista betonikuormasta otettiin näyte-erä, josta poron papanoita ei löydetty. Seuraavana päivänä ennen valujen peittämistä suoritettiin kevyitä betoniliimojen hiontoja ja varmistettiin, ettei pinnoista löytynyt poron papanoita.

2.7. Yhteydenpito vuokralaisiin

Vuokralaisille asia tiedotettiin heti todellisen tilanteen mukaisesti, mitään salaamatta tai tilannetta vähättelemättä. Aikataulukeskustelut aloitettiin välittömästi tilanteen selvittyä ja kaikkien vuokralaisten kanssa päästiin sopuun alkamisajankohdasta.

2.8. Maineenhallinta

Lapissa viime vuosikymmenten rakentaminen on keskittynyt valtaosaltaan matkailupalveluihin. Teollisuusrakentamista on ollut hyvin vähän. Sisäilmaongelmat vanhassa rakennuskannassa ovat yleisiä ja tulva-alueilla sijaitsevat rakennukset ovat tyypillisesti kärsineet toistuvia kosteusvaurioita. Teollisuusrakennusten ikä ja laatu on näkynyt menneen, poikkeuksellisen lumisen talven aikana mm. useina kattojen sortumisina lumikuormien vuoksi.

Näkyvällä paikalla oleva uusi teollisuushalli on saanut paljon huomiota osakseen. Rakentamisen alkuvaiheessa hankkeesta julkaistiin artikkeli paikallislehdessä. Rakennuttaja korosti siinä, kuten muussakin markkinoinnissaan, hyvän sisäilman ja terveellisen rakentamisen merkitystä. Riski siitä, että rakennus olisi imagoltaan jäänyt poronpapanahalliksi, oli rakennuttajan kannalta kestämaton.

2.9. Aikatauluvaikutukset

Virheellisen betonin toimituksesta seurannut rakennustöiden keskeytyminen ja uudelleenjärjestely aiheutti sopimusten mukaisiin vuokratilojen käyttöönottoihin viivästyksiä, joista pisin oli 1,5 kuukautta ja lyhyin 2 viikkoa. Koko hankkeen valmistuminen viivästyi 2 kuukautta.

3. JOHTOPÄÄTÖKSET

Maankäyttö ja rakennuslaki edellyttää, että rakennus on toteutettava siten, että se on terveellinen ja turvallinen käyttää. Vaikka rakennusaikana löydettyjen poron papanoiden vaikutus sisäilman laatuun jäi tehtyjen tutkimusten perusteella toteen näyttämättä, muodostaa se merkittävin riskin rakennuksen terveellisyyden kannalta. Orgaaninen aines ei kuulu betonin joukkoon ja siitä aiheutuvien ongelmien syntyminen voi kestää vuosia. Rakennuksen terveellisyydelle, turvallisuudelle, arvolle ja imagolle syntyneet riskit muodostivat riittävän perusteen purkaa virheelliset betonirakenteet.

Haja-asutusalueella on tyypillistä, että tietyn palvelun tuottajia on vain yksi, kilpailun puuttuessa tämä määrittelee saatavilla olevan laadun. Poron papanoiden joutuminen betonin joukkoon olisi voitu välttää ottamalla soraa aidatulta soranottoalueelta ja aitaamalla betoniaseman alue. Kun tieto poron papanoista sisältävästä betonista levisi paikkakunnalla, ei se tuntunut olevan niinkään yllättävää. Mielenkiintoa herätti erityisesti Etelä-Suomesta saapuneen rakennuttajan reklamointi, purkutyöt ja uudelleenvalu.

Lakimiehen palkkaaminen budjetoimattomana kuluna oli kannattavaa, kun se tehtiin aikaillematta. Riitatilanteessa seisova työmaa ja sen aiheuttamat sivukulut ylittivät nopeasti juristin kustannukset. Vaihtoehdot kartoitettiin oikeudellisista näkökulmista ja neuvotteluissa päästiin nopeasti sovintoon.

4. LÄHDELUETTELO

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132 ja -asetus 10.9.1999/895. Niiden muutokset.

VIILTOMITTAUKSET KUNTOTUTKIMUKSISSA

Simo Kinnunen

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin viiltomittauksiin vaikuttavia tekijöitä ja arvioitiin viiltomittausten luotettavuutta lattiapäällysteiden vaurioselvityksissä. Tutkimusmenetelminä oli kuntotutkimuksissa tehtyjen kosteusmittausten tulosten tarkastelu sekä laboratoriossa suoritettut kokeet eri mittausvariaatioilla. Viiltomittausten luotettavuutta haluttiin selvittää, sillä tietyissä tapauksissa viiltomittauksilla saadaan jopa yli 10 % RH -yksikköä korkeampia arvoja kuin saman mittapisteen pintaosan porareikä- tai näytepalamittauksilla.

Mittausraporttien perusteella ei havaittu selkeää syytä, joka selittäisi viiltomittausten ja pintaosan rakennekosteusmittausten välistä epäloogisuutta. Todennäköisin selittävä tekijä on kemialliset yhdisteet ja/tai lämpötilaerot. Laboratoriokokeissa eri mittausvariaatioilla saatiin hyvin yhdenmukaisia mittaustuloksia ja tulokset olivat varsin loogisia. Tutkimuksen perusteella 15 minuutin mittausajalla saadaan noin 2,0...2,5 % RH –yksikköä ja 30 minuutin mittausajalla noin 1,0...1,5 % RH –yksikköä todellista matalampia kosteuspitoisuuksia.

Tutkimuksen perusteella Hanna Keinäsen vuonna 2013 valmistuneessa opinnäytetyössä *Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin* esitetty viiltomittauksen menetelmäohje on kenttätöihin varsin hyvin soveltuva.

1. JOHDANTO

Rakennuksissa tehtävissä kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa alustaan liimattujen muovilattiapäällysteiden kuntoa arvioidaan usein lattiapäällysteen ja tasoitekerroksen välisestä liimakerroksesta tehtävin viiltomittauksin. Viiltomittaukset ovat tärkeä osa lattiapäällysteen kunnon arviointia, sillä betonirakenteen kosteudesta vain pintarakenteeseen kontaktissa olevan tasoite- tai betonipinnan kosteudella on merkitystä pintarakenteiden mahdolliseen vaurioitumiseen (Keinänen 2013).

Viiltomittauksia on tehty Suomessa yli 20 vuoden ajan. Viiltomittausten mittaustekniikkaa on kuitenkin tutkittu vähän siihen nähden, kuinka yleisesti käytettävä mittausmenetelmä se nykyisin on. Viiltomittausten luotettavuutta on joskus kritisoitu, sillä tehdyissä kuntotutkimuksissa on havaittu, että tietyissä tapauksissa viiltomittauksilla saadaan jopa yli 10 % RH –yksikköä korkeampia arvoja kuin saman mittapisteen tasoitekerroksen tai betonilaatan pinnan porareikä- tai näytepalamittauksilla.

Nykyisin käytettävät suhteellisen kosteuden mittalaitteet voivat olla toimintaperiaatteiltaan esimerkiksi resistiivisiä, kapasitiivisia tai elektrolyytin sähkönjohtavuuteen perustuvia (Nilsson et

al. 2005). Useimmat suhteellisen kosteuden mittalaitteista ovat kapasitiivisia, missä kahden elektrodin välillä on ohut polymeerikalvo. Vesimolekyylit kiinnittyvät polymeerikalvoon, mikä muuttaa systeemin kapasitanssia. Pintailmiöt voivat olla palautumattomia ja siksi kosteusanturien ominaisuudet voivat muuttua ajan kuluessa (Heinonen 2006).

Kemiallisten yhdisteiden vaikutuksesta mittapäiden näyttämiin on arvioitu, että pienimmät molekyylit voivat päästä herkimmin mittalaitteen sensorille vieden tilaa vesimolekyyleiltä. Tästä syystä nykytietämyksen mukaan kemiallisten yhdisteiden vaikutuksesta voidaan saada pääasiassa todellista alhaisempia mittaustuloksia. Testaustulosten perusteella suurissa pitoisuuksissa ongelmia aiheuttavia kemikaaleja ovat etikkahappo, peretikkahappo, metanoli, etanoli, formaldehydi, asetoni ja styreeni. Useimmat kemiallisista yhdisteistä vaikuttavat mittapäihin verrattain hitaasti, jolloin kemikaalin vaikutus ei tule näkyviin vielä viiltomittauksen tavanomaisessa mittausajassa 15...20 minuutissa. (Stormbom 2020.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli käsitellä ja selvittää viiltomittaustuloksiin vaikuttavia tekijöitä ja siten arvioida viiltomittausten soveltuvuutta lattiapäällysteen kunnon arviointiin. Tutkimuksissa keskityttiin alustaansa liimattuihin yhtenäiseksi hitsattuihin lattiapäällysteisiin.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Viiltomittausten luotettavuutta arvioitiin tutkimusta varten koottujen kuntotutkimusraporttien kosteusmittaustulosten pohjalta sekä laboratoriokokein muovimatoilla päällystetyillä koekappaleilla. Laboratoriossa kokeita tehtiin eri variaatioilla, joilla pyrittiin selvittämään muun muassa kemiallisten yhdisteiden, mittausajan, suoritusyksityiskohtien sekä liimapinnan häirinnän vaikutusta mittaustuloksiin.

2.1. Kuntotutkimusraportit

Vahasen sekä muutaman muun toimijan mittausraportteja vuosilta 2009-2019 tarkasteltiin yhteensä 15 kohteen osalta. Tarkasteltuja mittapisteitä saatiin koottua yhteensä 137 kpl. Yhdellä mittapisteellä tarkoitetaan kohtaa, josta on mitattu viiltomittauksen lisäksi vähintään yhdeltä syvyydeltä alustarakenteen rakennekosteutta porareikä- tai näytepalamittauksella. Tarkasteltavien raporttien joukossa oli raportteja, joiden mittaustulokset olivat lähtöolettan perusteella keskenään linjassaan, sekä raportteja, joissa viiltomittauksen ja pintaosan rakennekosteusmittauksen välillä oli havaittu epäloogisuutta kosteusjakaumassa.

2.1. Laboratoriokokeet

Laboratoriokokeita suoritettiin 4.4.2017 valetuilla koekappaleilla, jotka olivat kooltaan 570 mm x 375 mm x 180 mm. Koekappaleet kuvaavat yhteen suuntaan kuivuvaa 180 mm paksua välipohjarakennetta. Koekappaleiden kosteudet olivat päällystyshetkellä $A = 85,3 \dots 85,8 \text{ \% RH}$ ja $0,4 \times A = 78,4 \dots 82,0 \text{ \% RH}$. Koekappaleet oli valmistettu alun perin erästä toista tutkimusta varten. Koekappaleita oli käytössä yhteensä neljä kappaletta. Koekappaleista otettiin lisäksi yhteensä kaksi kappaletta FLEC- ja kaksi kappaletta bulk-näytteitä.

Kokeessa tehtiin viiltomittauksia yhteensä kahdeksalla eri variaatiolla. Mittausvariaatiota testattiin kolmella rinnakkaisella mittauksella mittausjärjestelyistä johtuvien mittavirheiden minimoimiseksi. Tehtyjä tutkimuksia on esitetty taulukossa 1.

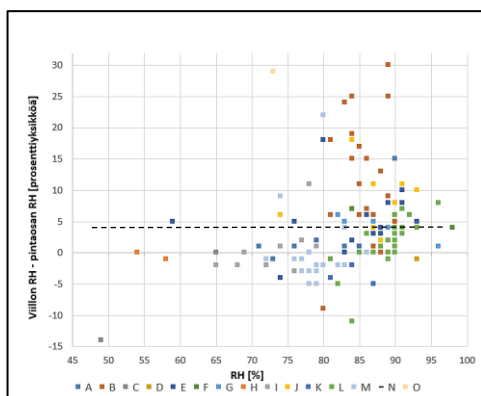
Taulukko 1. Laboratoriossa suoritettut mittaukset.

Nro	Mittaus	Tavoite/mittauksen syy
1	nykyohjeistuksen mukaisesti sekä pitkät mittausajat (15 min...48 h)	kemiallisten yhdisteiden vaikutus kapasitiivisiin antureihin
2	mahdollisimman pienen ilmatilan teko mittapäälle	maton ja alustan välisen ilmatilan koon vaikutus
3	tasoitekerroksen ja liiman pinnan rikkominen	liimasta mahdollisesti vapautuvan kosteuden vaikutus mittaustuloksiin
4	tavallista suuremman avauksen teko mittapään asentamiseksi	liiman kuivuminen avatun mattopalan kohdalta mittapäästä asennettaessa
5	suurehkon ilmatilan teko mittapäälle	maton ja alustan välisen ilmatilan koon vaikutus
6	mittapään asennus ilmatilan perälle kiinni muovimattoon	mittapään asemoinnin vaikutus
7	viillon tiivistys vain mittalaitteen päältä	kittauksen vesihöyrynläpäisevyyden merkitys
8	viivästetty mittaus (tehdyn viillon tiivistys ja mittapään asennus myöhemmin 1h, 4h ja 24 h)	ilmatilan työstössä vapautuvan materiaalikos- teuden huomioon ottaminen kuten pora- reikämittauksissa (tasaantumisaika)

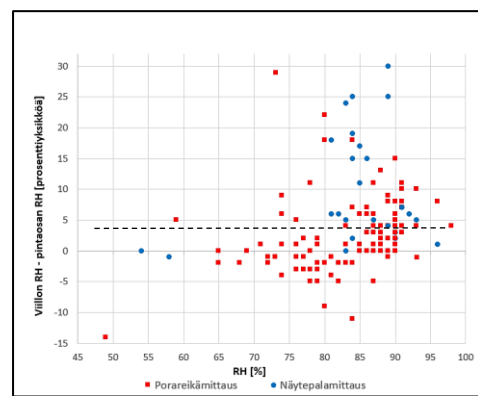
3. TULOSTEN KÄSITTELY

3.1. Kuntotutkimusraportit

Kuntotutkimusraporttien mittaustuloksista on koostettu kuvat 1 ja 2, joissa tulokset on jaoteltu kohteittain sekä mittaustavan perusteella. Kuvissa on esitetty viiltomittaustulokset (x-akseli) sekä viiltomittausten ja pintaosan rakennekosteusmittausten väliset erotukset (y-akseli) % RH –yksiköinä. Nolla-akseli on merkitty kuvaan mustalla katkoviivalla.



Kuva 1. Pisteiden väritys kohteittain jaoteltuna.



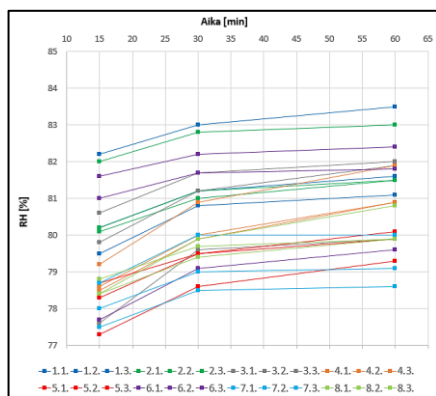
Kuva 2. Pisteiden väritys mittaustavan perusteella jaoteltuna.

Tutkimuksen perusteella viiltomittausten ja pintaosan porareikä- ja näytepalamittausten välinen ero vaikuttaisi painottuvan nolla-akselin yläpuolelle. Tämä tarkoittaa sitä, että viiltomittauks-
loket ovat pääosin olleet pinnan porareikä- ja näytepalamittausten tuloksia korkeampia. Tut-
kimusaineiston pohjalta ei havaittu selkeää syytä, mikä selittäisi viiltomittausten ja pintaosan
rakennekosteusmittausten välistä epäloogisuutta kosteusjakaumassa.

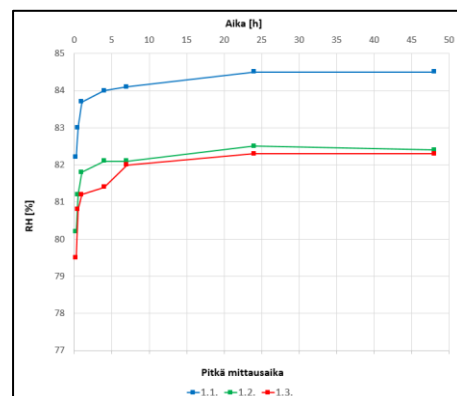
Kaiken kaikkiaan 137:stä mittapistestä hieman alle puolet (62 kpl) sijoittui nolla-akselille ± 3 % RH tarkkuudella. Hieman alle kolme neljäsosaa (98 kpl) sijoittui nolla-akselille ± 6 % RH tarkkuudella. Kuvista 5.2. ja 5.3. voidaan havaita, että viiltomittauks-
tulosten ollessa välillä 50...80 % RH, vain viisi mittapistettä 40:stä ei sijoittunut ± 5 % RH vaihteluvälille nolla-akse-
listä. Kosteuspoikkeamat ovat selvästi suurimpia 80...90 % RH viiltomittauks-
tulosten välillä. Todennäköisesti epäloogiset kosteuspoikkeamat korostuvat viiltomittauks-
tulosten 80...90 % RH välillä, sillä kosteusmittaukset painottuvat määrällisesti lattiapäällysteiden vaurioselvityksissä
tapauksiin, joissa lattiapäällysteen alapuolinen kosteus on lähellä mattoliimojen kriittistä kos-
teuspitoisuutta (noin 85 % RH). Huomionarvoista on, että yli 10 % RH –yksikköä pienempien
näytepalamittausten tuloksista 11/16 mittapistettä on yhdestä tutkimuskohteesta, jolloin yksit-
täisen virhetekijän aiheuttaman mittausvirheen todennäköisyys on niin suuri, ettei kuvan 2 mu-
kaisia tuloksia voida yleistää kaikkia porareikä- ja näytepalamittauksia koskeviksi havain-
noiksi.

3.2. Laboratoriokokeet

Viiltomittausten tulokset on esitetty kootusti kuvissa 3 ja 4. Kuvaan 3 on koottu mittaukset
aikavälillä 15 min...60 min ja kuvaan 4 pitkäkestoiset mittaukset aikavälillä 15 min...48 h.



Kuva 3. Kaikkien viiltomittausten suhteel-
linen kosteus ajanfunktiona 15 min...60
min välillä 77...85 % RH.



Kuva 4. Pitkäkestoisten viiltomittausten suh-
teellinen kosteus ajanfunktiona 15 min...48 h
välillä 77...85 % RH.

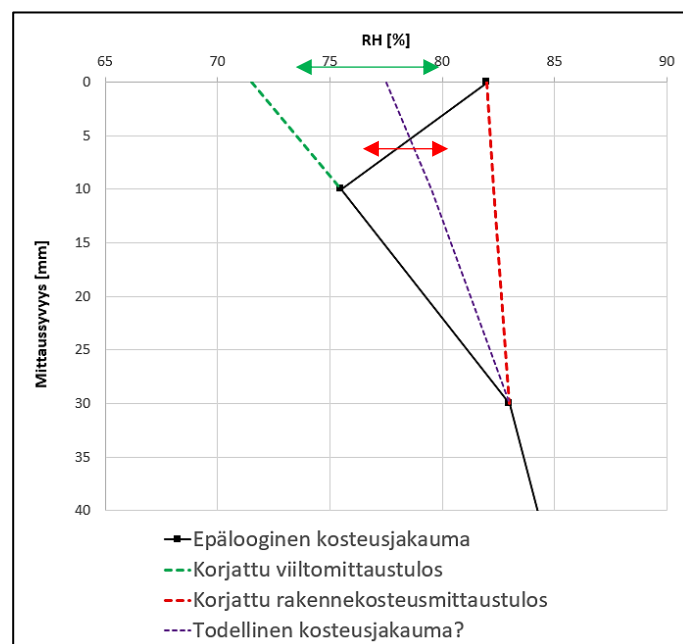
Laboratoriokokeissa eri mittausvariaatioilla saatiin hyvin samansuuntaisia mittaustuloksia. Tu-
loket olivat varsin loogisia ja selkeimmät, joskin varsin pienet, erot havaittiin tehtäessä taval-
lista suurempi (kolmion muotoinen) mattoavaus, rikottaessa tasoitteen ja liimakerroksen pintaa
sekä tehtäessä mittaus epätiivillä kittauksella.

Mikäli tutkimuksessa suoritettujen 48 tunnin mittauksia voidaan pitää absoluuttisen tarkkana liimakerroksen kosteuspitoisuutena, tutkimustulosten perusteella 15 minuutin mittausajalla noin 80 % RH kosteudessa saadaan noin 2,0...2,5 % RH –yksikköä ja 30 minuutin mittausajalla noin 1,0...1,5 % RH –yksikköä todellista matalampia kosteuspitoisuuksia. Lähes vastaava havainto porareikämittauksissa käyttävistä mitta-antureista on esitetty julkaisussa *Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi* (Merikallio 2002).

Suurissa pitoisuuksissa kosteusmittauksissa ongelmia aiheuttavista kemiallisista yhdisteistä bulk-näytteissä havaittiin etanolia, asetonia, styreeniä ja 1-butanolia. Laboratoriokokeissa ei kuitenkaan havaittu kemiallisten yhdisteiden tyypillistä alaspäin ”ryökimistä” aiheuttavaa mit-tavirhettä edes 48 tuntia kestäneissä mittauksissa. Todennäköisesti koekappaleissa kemiallisten yhdisteiden pitoisuudet olivat niin pieniä, ettei niillä ollut vaikutusta mitta-anturien toimintaan.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa ei saatu selvitettyä tarkkaa syytä viiltomittausten ja pintaosan porareikä- tai näytepalamittausten väliselle epäloogisuudelle. Tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella voidaan pitää todennäköisenä, että epäloogisuutta selittävä tekijä on kemialliset yhdisteet ja/tai mittaushetkiset lämpötilaerot. Kemiallisten yhdisteiden kosteuslukemia laskevan vaikutuksen takia korkeiden viiltomittauksien selittäminen mittapään altistumisella kemiallisille yhdisteille vaikuttaa epäloogiselta. Kemiallisten yhdisteiden kosteuslukemia laskevan vaikutuksen takia olisi jopa loogisempaa epäillä, että pintaosan epälooginen kosteusjakauma johtuu viiltomittausten sijaan porareikä- ja näytepalamittausten todellista matalammista mittaustuloksista. Tätä hypoteesia on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Havainnekuva mitatusta kosteusjakaumasta ja sen korjausvaihtoehdoista todelliseksi kosteusjakaumaksi.

Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että Hanna Keinäsen vuonna 2013 valmistuneessa opinnäytetyössä *Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin* esitetty viiltomittauksen menetelmäohje on kenttätöihin varsin hyvin soveltuva. Viiltomittauksen tarkkuutta voidaan pitää varsin hyvänä tekotavasta riippumatta, mikäli rakenteen ja mitta-anturin välillä ei ole juurikaan lämpötilaeroa. Lämpötilaeron vaikutus on merkittävä, sillä 1 °C lämpötilaero sisäilman ja rakenteessa olevan mitta-anturin lämpötilanäyttämän välillä voi aiheuttaa ± 5 % RH –yksikön suuruisen mittavirheen (Betong för sunda golv - Fuktdimensionering, materialval, production 1997, Merikallion 2002 mukaan).

Lähellä kriittistä kosteuspitoisuutta (85 % RH) mittausajan pidentäminen 15...20 minuutista noin 30 minuuttiin on tietyiltä osin perusteltua mittaustarkkuuden parantamiseksi ainakin tutkimuksissa, joiden perusteella tehdään päätöksiä suurista korjauslaajuuksista. Nykyaikaiset mitta-anturit eivät näyttäisi häiriintyvän tai vaurioituvan kemiallisten yhdisteiden vaikutuksesta yhtä helposti kuin vanhemmat mitta-anturit, mikä mahdollistaa tarvittaessa hieman aikaisempaa pidemmät mittausajat. Koska mittauksia on käytetty yli 20 vuotta, on tulosten tulkinta vakiintunutta noin 15 minuutin tasaantumisaajan perusteella. Jos tutkimuksissa käytetään aiempaa pidempiä mittausaikoja, on tulosten tulkintaan kiinnitettävä erityistä huomiota. Mittaustarkkuuden parantamista mittausaika pidentämällä ei tule tehdä mittavirhetarkastelusta tinkimällä.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää opinnäytetyön ohjausryhmään kuuluneita edustajia Vahanen Rakennusfysiikka Oy:stä, Vaisala Oy:stä Skanska Oy:stä, Kiilto Oy:stä, Heikkinen Yhtiöt Oy:stä, Kährs Oy:stä, Ramboll Finland Oy:stä, Helsingin kaupungilta sekä Lattian- ja seinäpäällysteliitosta. Lisäksi haluan kiittää työnantajaani mahdollisuudesta suorittaa RTA-koulutus joustavasti työn ohessa.

6. LÄHDELUETTELO

Betong för sunda golv – Fuktdimensionering, materialval, production, 1997. Betongraport nr 6. Svenska Betongföreningen.

Heinonen, M., 2006. Uncertainty in humidity measurements. J4/2006. Publication of the EUROMET Workshop P758. Espoo, Mittatekniikan keskus.

Keinänen, H., 2013. Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Kuopio, Itä-Suomen yliopisto.

Merikallio, T., 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki, Betonikeskus Ry.

Nilsson, L.-O., Sjöberg, A., Togerö, Å., 2005. Fuktmätning i byggnader. En informationsskrift. Lund, Lund Tekniska Högskola. TVBM-7188.

Stormbom, L., 2020. Tuotepäällikkö. Vaisala Oyj. Henkilökohtainen tiedonanto 26.3.2020.

RAKENNUSTEN LÄMPÖKUVAUS MIEHITTÄMÄTTÖMILLÄ ILMA-ALUKSILLA (UAV)

Sauli Paloniitty

Paloniitty Oy

TIIVISTELMÄ

Ilmalämpökuvaus ns. Drone - lämpökuvaus mahdollistaa rakennusten lämpökuvauksen uudella tavalla. Tutkimustyö jakaantui kahteen osakokonaisuuteen, normaalissa käyttötilanteessa saatavat hyödyt ja rakennuksen alipaineistuksen ja ylipaineistuksen käyttämisen avulla saatavat ilmalämpökuvauksen hyödyt. Työ sisältää 20 erilaisen rakennuksen tai rakennuskokonaisuuden tutkimisen ilmalämpökuvauksella yhdistettynä sisäpuoliseen lämpökuvaukseen. Työssä on myös tutkimuskohteita, joihin on tehty laajat kuntotutkimukset, ilmalämpökuvauksen lisäksi. Tällöin voidaan varmistaa poikkeamien ja löydösten todenperäisyys ja ongelmien laajuus sekä syyt.

Kevään 2019 aikana tutkittiin kymmenen erilaista kohdetta eri puolilla Suomea. Viidessä kohteessa ilmalämpökuvauksella oli merkittävää hyötyä ongelman ratkaisemiseksi ja kuvauksella tehtiin merkittävät löydökset. Kolmessa kohteessa ilmalämpökuvaus antoi lisätietoa ongelmaan ja kahdessa kohteessa ei tehty merkittäviä löydöksiä. Ilmalämpökuvauksella havaittiin kattorakenteiden eristevikoja ja kosteusvaurioita. Ylipaineistamalla rakennus, havaittiin merkittäviä ilmavuotoja ja laatupuutteita myös uusissakin rakennuksissa. Ilmalämpökuvaus on kustannustehokas ja nopea tapa selvittää kattorakenteiden ja julkisivujen kuntoa.

1. JOHDANTO

Rakennuksen ulkopuolista lämpökuvausta ei perinteisesti ole juuri käytetty rakennusten kuvauksissa. Lämpökameroiden resoluutio ja herkkyys eivät ole olleet kovin hyvät, avaruuden taustasäteilyn heijastus haittaa lämpökuvan tulkintaa erityisesti alhaalta kuvattaessa sekä rakennusten tuulettuvat rakenteet hankaloittavat ulkokuvien tulkintaa.

Ilmalämpökuvausta, eli miehittämättömän ilma-aluksen käyttöä (UAV) rakennusten tutkimisessa ei ole vielä systemaattisesti käytetty. Ilmalämpökuvausta on käytetty satunnaisesti kaukolämpölinjojen lämpökuvaamisessa ja muissa vastaavissa projekteissa. Ilmalämpökuvauksesta on tehty myös yksi opinnäytetyö vuonna 2017 jossa tarkastellaan sen mahdollisuuksia erilaisissa pelastustehtävissä ja teollisuuden sovelluksissa (Keränen Henri 2017). UAV ratkaisut ovat kehittyneet viime vuosien aikana merkittävästi ja nykyratkaisujen käytettävyys, turvallisuus ja luotettavuus mahdollistavat laitteistojen hyödyntämisen laajamittaisesti kaikenlaisissa tehtävissä ja ympäristöissä. Perinteisen ilmakuvauksen lisäksi UAV ratkaisut ovat tätä päivää mitä moninaisemmissa ympäristöissä ja käyttötarkoituksille vain mielikuvitus on rajana.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUSKOhteET

Työ keskittyy tutkimaan ilmalämpökuvauksen käyttömahdollisuuksien tutkimista rakennuksissa. Vuoden 2019 alussa käynnistettiin hanke, joka kestää kevääseen 2020. Tutkimustyö jakaantuu kahteen osakokonaisuuteen, normaalissa käyttötilanteessa saatavat hyödyt ja rakennuksen alipaineistuksen ja ylipaineistuksen käyttämisen avulla saatavat ilmalämpökuvauksen hyödyt. Työ sisältää 20 erilaisen rakennuksen tai rakennuskokonaisuuden tutkimisen ilmalämpökuvauksella yhdistettynä sisäpuoliseen lämpökuvaukseen.

Jokaisessa kohteessa tehtiin, lämpökuvauksen lisäksi, olosuhdemittauksia kuten: sisäilman lämpötilojen mittauksia, suhteellinen kosteuden mittauksia, paine-ero mittauksia, ulkoilman lämpötilan mittaukset, pilvisyyden arviointi sekä sään vaihtelut otettiin myös huomioon. Osassa kohteita tutkittiin sisäilman olosuhteita tallentavalla mittalaitteella viikon ajan, tehtiin tiiveysmittauksia, merkkiainekokeita ja muita kuntotutkimuksia.

2.1 UAV Laitteet

Tutkimuksissa käytettiin kolmea eri lämpökuvaukskalustoa. UAV lämpökuvauksessa käytettiin kahden eri laitevalmistajan laitteistoja. Tutkimuslaitteistoilla testattiin niiden toimintaa ja tuloksia vertailtiin keskenään. Tiiviysmittauslaitteistoja käytettiin tutkimusten apuna rakennuksen alipaineistamiseen ja ylipaineistamiseen lämpökuvauksien aikana. Sisäilman olosuhteiden mittaamisessa käytettiin erilaisia mittalaitteita ja tallentavia monitoimiloggereita.

2.1.1 VideoDrone lämpökuvaukskalusto

Pääosa tutkimuksista tehtiin Suomessa valmistetulla VideoDrone® X4S kuvauskopterilla, joka on kehitetty erityisesti ammattikäyttöön.



Kuva 1. Lämpökuvaukko: VideoDrone® X4S varustettuna Workswell WIRIS 640 lämpökameralla.

Kopteri oli varustettu lämpökameralla, jonka resoluutio vastaa kehityksen kärkeä. Lämpökamerana oli BG WIRIS Workswell WIRIS 640 lämpökamera. Lämpökamera on italialainen, jossa on Flirin valmistama detektori. Lämpökameraa hallitaan radio-ohjauksella lennon aikana. Sillä voidaan laukaista kuva tai käynnistää ja sammuttaa video, sekä hallita kameran ominaisuuksia.

2.1.2 Matrice lämpökuvauskalusto

Tutkimuksissa käytettiin vertailuna myös toisen laitevalmistajan kuvauskohteria ja lämpökameraa. Laitteiston tyyppi on: Matrice M210 RTK.



Kuva 2. Lämpökuvauskohteri: Matrice M210 RTK varustettuna lämpökameralla,

Kuvauskohterit olivat hyvin saman tyyppiset käytöltään. Kiinnostavinta oli vertailla lämpökameroiden käyttöä ja niiden antamaan kuvan laatua.

Taulukko 1. Tutkimuksissa käytettyjen lämpökameroiden tekniset ominaisuudet.

Drone lämpökamerat	Wiris 640	Matrice
Resoluutio		
Kuva	640x512	640x512
Video	640x512	336x256
Erottelukyky	0,03C	0,05C
Mittausalue	-40...+550C	-40...+550C
Mittausaallon pituus	?	7.5-13.5µm

2.2 Muut mittalaitteet

- Sisäpuolinen lämpökuvaus tehtiin RT 14-10239 Rakennuksen lämpökuvaus-ohjeen mukaisesti (RT 14-10239 2009). Käyttäen FLIR T540 lämpökameraa. Jonka resoluutio on $464 \times 348 = 161472$ pikseliä ja erottelukyky 0,03 C.
- Rakennuskokonaisuudet paineistettiin vuoroin ylipaineiseksi tai alipaineiseksi Retrotec 6000 sarjan tiiveysmittauslaitteistoilla. Osaan rakennuksista tehtiin myös tiiveysmittaus ilmavuotoluvun määrittämiseksi.
- Sisäilman olosuhdeseuranta tehtiin kotimaisen ENVIC Oy:n valmistaman Multisens-dataloggerin avulla. Dataloggerit mittaavat seuraavia parametreja: paine-eroa, lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta, hiilidioksidipitoisuutta sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrää eli TVOC-pitoisuutta.

3. TULOKSET

Tutkittujen 13 kohteen yleistiedot ja mittaustiedot ovat koottu taulukkoon 2. Taulukkoon 3. on koottu kiinteistön omistajan saama höyty arvosanalla 0...5, sekä oleelliset löydökset.

Jonkin asteisia eristevikoja havaittiin lähes kaikissa tutkituissa kohteissa. Niitä oli julkisivuissa

sekä kattorakenteissa. Eristevikaan liittyi hyvin usein myös ilmavuotoa. Ilmavuodon erottaminen eristeviasta vaatii aina painesuhteiden muuttamisen ja kahteen kertaan tehtävän lämpökuvaamisen. Ilmavuotojen paikantaminen onnistuu tehokkaasti, kun rakennukseen tehdään reilu (+30...+50Pa) ylipaine. Ilmavuotoja havaittiin kaikissa kohteissa.

Kahdessa kohteessa havaittiin kattorakenteiden kosteusvauriot. Toisessa kohteessa yläpohjan papu-tilaan oli jäänyt viemärin tuuletusputki, joka oli kastellut eristeet. Toisessa kohteessa hallin vesikatteessa oli vesivuotoja.

Taulukko 2. Tutkimuskohteiden yleistiedot.

Rakennus- vuosi	Kohde	US / YP rakenne	Peruskorjaus- vuosi	Ilmanvaihto- järjestelmä
1880	Asuinkerrostalo 4 krs	Massiivitiili / Betoni	2010	T-P + LTO
1910	Kaupungintalo	Massiivitiili / Puu	IV 2010	T-P + LTO
1913	Asuinkerrostalo 5krs	Massiivitiili / Betoni		Painovoimainen
1940	Omakotitalo	Hirsi / Puu	1990	Painovoimainen
1960	Asuinkerrostalo	Betonivalu / Betonivalu		Poisto
1970	Rivitalo 4 taloa	Puu / Puu		Seka
1978	Asuinkerrostalo 14krs	Betonielementti/Betoni	IV 2018	T-P + LTO
1979	Asuinkerrostalo 8krs	Betonielementti/Betoni		Poisto
1980	Asuinkerrostalo 8krs	Betonielementti/Betoni		Poisto
1990	Toimistokerrostalo 8krs	Betonielementti/Betoni	2019	T-P + LTO
2010	Uimahalli	Puuelementti/Puu		T-P + LTO
2018	Kauppakeskus 1-2 krs	Peltikasetti/Puu		T-P + LTO
2019	Teollisuushalli	Peltikasetti/Peltikasetti		T-P + LTO

Taulukko 3. a. Tutkimusten hyöty ja b. oleelliset löydökset. Oliko UAV lämpökuvauksesta merkittävää hyötyä kiinteistön omistajalle? Arvosana 0=ei hyötyä, arvosana 5=merkittävä hyöty, jota ei muilla ainetta rikkomattomilla menetelmillä olisi löydetty.

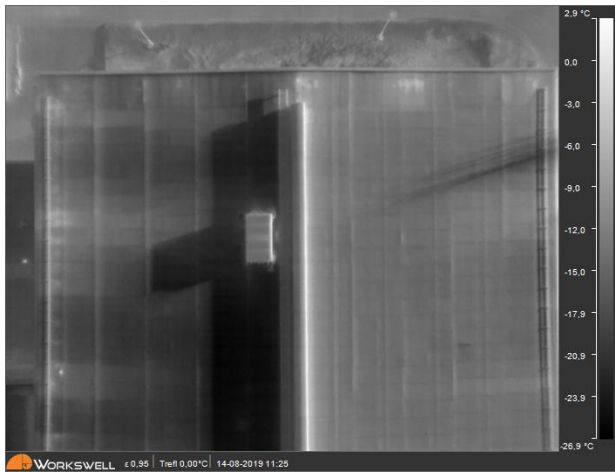
Kohde	Vallitseva Alipaine mittauksen aikana	Vallitseva Ylipaine mittauksen aikana	Sisäpuolinen lämpökuvauk- se	Ilmavuotoluku	Oliko UAV lämpökuvauksesta merkittävää hyötyä kiinteistön omistajalle? 0...5
Asuinkerrostalo 4 krs	-5...-8				5
Kaupungintalo	-50		Kyllä	3,4	4
Asuinkerrostalo 5krs		9	Ullakkokuvaus		4
Omakotitalo	-50	50	Kyllä	4,5	2
Asuinkerrostalo	-20		Kyllä		2
Rivitalo 4 taloa					4
Asuinkerrostalo 14krs	-5...-15		3 asuntoa		3
Asuinkerrostalo 8krs					3,5
Asuinkerrostalo 8krs					2,5
Toimistokerrostalo 8krs			Kyllä	1	2
Uimahalli	-50	50	Kyllä	noin 1,5	5
Kauppakeskus 1-2 krs	-20...-50	50	Kyllä	1...2,5	4,5
Teollisuushalli	-50	50	Kyllä	0,8	4

Taulukko 3. b. Tutkimusten oleelliset löydökset.

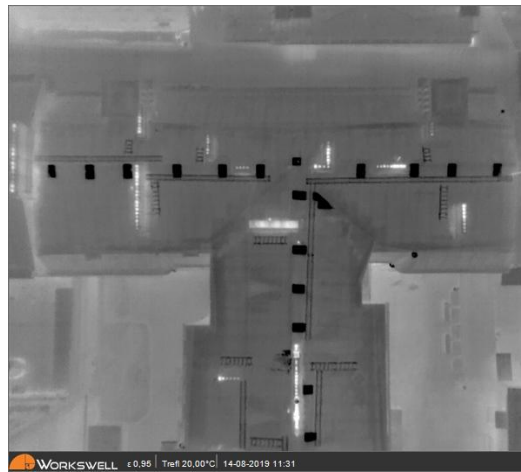
Kohde	Löydökset
Asuinkerrostalo 4 krs	Katon kosteusvaurioiden paikantaminen. Ongelma-alue havaittiin.
Kaupungintalo	Lähtötiedot peruskorjausta varten. Eristevika vesikatolla.
Asuinkerrostalo 5krs	Ullakon lämpövuodot + poistoilman lämpöhäviöt
Omakotitalo	Tiiveys ei muuttunut höyrynsulun purkamisen jälkeen
Asuinkerrostalo	Ikkuna-asennuksen laadunvarmistus. Ei löydöksiä alipaineen takia.
Rivitalo 4 taloa	Yläpohjan eristevirheiden paikantaminen. Räystään lämpövuodot.
Asuinkerrostalo 14krs	Yhdessä elementtisaumassa havaittiin lieviä eristevikoja.
Asuinkerrostalo 8krs	Poistoilmahuippareiden kautta syntyvät lämpövuodot. Rakennuksen päädyissä melko suuria eristevirheitä.
Asuinkerrostalo 8krs	Poistoilmahuippareiden kautta syntyvät lämpövuodot.
Toimistokerrostalo 8krs	Ei merkittäviä löydöksiä. Julkisivussa eristevikoja.
Uimahalli	Merkittäviä eristevikoja yläpohjan ja ulkoseinien elementtisaumoissa sekä ilmavuotoja liitoksissa.
Kauppakeskus 1-2 krs	Merkittäviä eristevikoja yläpohjan elementtisaumoissa sekä ilmavuotoja elementtiliitoksissa.
Teollisuushalli	Vesikaton vuotopaikkojen havainnointi. Vuotopaikat havaittiin.

4. LÄMPÖKUVIEN TULKINTA

Tutkimuksissa vahvistui käsitys, että matalaemissiivisten pintojen lämpökuvaaminen onnistuu vain pilvisellä säällä ja silloin kun kattopinnasta alkaa jäähärmä sulamaan. Tämän tyyppisiä pintoja ovat mm. sinkitty pelti, kiiltävä kupari ja alumiini.



Kuva 3. Esimerkki lämpökuvasta, jossa näkyy auringon säteilyn aiheuttamia lämpöjälkiä sekä ilmavuotojen aiheuttamia jälkiä. Kohteessa on ylipaine +50Pa.



Kuva 4. 1880-luvun asuinkerrostalon kattolämpökuva. Mustat alueet ovat katon alipaine-tuulettimia sinkkipelistä tehtynä. Vaaleat kohdat ovat poistoilmahormien

Avaruuden taustasäteilyllä ja auringon säteilyenergialla on suuri merkitys katto- ja julkisivujen pintalämpötilaan ja siten koko rakenteen lämpökäyttäytymiseen. Tämän takia molemmat säteilyilmiöt ovat otettava ammattitaitoisesti huomioon tulosten tulkinnassa.

5. YHTEENVETO

Maasta käsin tehtävällä ulkokuvauksella saadaan kohtalaisen hyvin matalien rakennusten julkisivukuvaukset toteutettua pilvisellä sääolosuhteella. UAV lämpökuvaus mahdollistaa kattojen lämpökuvauksen ja korkeiden rakennusten julkisivukuvaus myös erilaisilla sääolosuhteilla, kunhan sään vaihtelut otetaan kuvauksen tulkinnassa huomioon.

Suurten rakennusten ylipaineistaminen ja UAV lämpökuvaus on tehokas menetelmä kattorakenteiden ilmapuotojen paikantamiseen. Kosteusvaurioituneet kattorakenteet voidaan havaita myös UAV lämpökuvauksella.

Ilmapuotojen paikantaminen lämpökuvauksen avulla edellyttää aina painesuhteiden hallintaa ja tarvittaessa on tehtävä tehostettu paine-ero. Alipaineella havaitaan sisäpuolisella kuvauksella ilmapuodot ja vastaavasti ylipaineistamalla havaitaan ulkopuolisella kuvauksella ilmapuodot. Painero ei välttämättä tarvitse olla kovin suuri jos lämpötila-ero on riittävä ja paine-eron on annettu vaikuttaa riittävän pitkään.

Hyvin tuulettuvien harjakattojen lämpökuvauksella ei yleisesti saada tuloksia aikaiseksi. Hyvin tuulettuvissa yläpohjissa katteen alapuolella oleva ilma seuraa hyvin lähellä ulkoilmaa, ja siten ilmasta lämpökuvattavaan vesikatteen pintaan ei muodostu lämpöjälkiä, vaikka eristeissä tai varsinaisessa katon ilmansulussa olisi puutteita. Hyvin tuulettuvien yläpohjien kosteusteknisessä toiminnassa on myös havaittu haasteita. Tuulettutilan ilma on käytännössä ulkoilmaa, jolloin mikrobikasvun mahdollisuus rakenteiden pinnoilla on olemassa, erityisesti ilmaston muuttuessa lämpimämmäksi ja kosteammaksi. Uusimpien suunnitteluohjeiden mukaan yläpohjan lämmöneristeestä osa tulisikin asentaa vesikatteen suuntaisesti heti sen alle. (Vinha J. ym. 2013)

6. LÄHDELUETTELO

Keränen Henri: Miehittämättömien ilma-alusten käyttö lämpökuvauksessa. Metropolia Ammattikorkeakoulu (AMK) Kone- ja tuotantotekniikka Insinöörityö 30.11.2017.

RT 14-10239 Rakennuksen lämpökuvaus- RT kortti. Rakennusteollisuus 2005.

Vinha J., Laukkanen A., Mäkitalo M., Nurmi S., Huttunen P., Pakkanen T., Kero P., Manelius E., Lahdensivu J., Köliö A., Lähdesmäki K., Piironen J., Kuhno V., Pirinen M., Aaltonen A., Suonketo J., Jokisalo J., Teriö O., Koskenvesa A., Palolahti T. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. 2013. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, Tutkimusraportti 159. 354 s. + 43 liites.

RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNISEN VIKASIIETOISUUDEN HUOMIOON OTTAMINEN RAKENNESUUNNITTELUSSA

Liisi Hiltunen

TIIVISTELMÄ

Rakennusallalla on useita julkaisuja liittyen kosteudenhallintaan sekä kosteusvaurioiden korjaamiseen ja ennaltaehkäisyyn. Opinnäytetyö on tutkimusraportti alan säädöksiön käytännössä toimimisen yhteenveto. Opinnäytetyössä tarkastellaan eri julkaisuista asioita, joissa keskitytään rakenteen kosteuskäyttäytymiseen ja korjaustavan valintaan. Lähteinä on pyritty käyttämään eri aikakausien julkaisuja, joiden pohjalta nykyinen rakennuskanta on suunniteltu ja rakennettu. Rakenteiden osalta ei keskityä eri rakennusmateriaaleihin ja niiden ominaisuuksiin, vaan pyritään keskittymään suunnittelun, mitä asioita tulee ottaa huomioon ko. suunnittelussa.

Vikasietoisuutta tarkastellaan rakennusosittain: maanvastaiset rakenteet, ulkoseinät, yläpohjat ja vesikatot sekä märkätilat. Vikasietoisuuden tarkastelun lähtökohtana ovat suunnittelu, materiaalit, rakennustyö, käyttö ja huolto. Viimeksi mainituista se, että ratkaisujen pitää mahdollistaa pieniä virheitä kaikissa luetelluissa vaiheissa suunnittelusta käyttöön ja huoltoon.

Ilmaston muuttuminen 1900- luvulta nykypäivään vaikuttaa toteutettujen rakenneratkaisujen toimivuuteen ja rakenteiden kosteuskäyttäytymiseen. Tutkimuksessa tarkastellaan rakennuksen säilymisen syitä nykypäivään yleisellä tasolla eikä esimerkkikohteiden pohjalta.

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe keskittyy lähinnä käytännön rakennusfysiikan ja elinkaaren näkökulmasta tutkimaan rakenteita, jotka ovat suunnittelun, toteutuksen, huollon ja käytön näkökulmasta vikasietoisia ja toisaalta pohtimaan ratkaisuja, joista vikasietoisuus puuttuu. Julkaisussa sivutetaan rakenneratkaisun valintaa myös paloteknisten asioiden kannalta sekä rakennuksen huololle asetettavia vaatimuksia, jotta määritelty tekninen käyttöikä saavutetaan.

Rakenteiden osalta otetaan kantaa vanhojen, edelleen käytössä olevien, rakennusten rakenteisiin. Näiden olemassa olevien rakenteiden osalta pohditaan kuinka ilmastomuutos vaikuttaa olevaan rakennuskantaan. Ilmastomuutoksen lisäksi myös ihmisten vaatimustaso vanhoihin rakennuksiin on muuttunut rakennuksen valmistumisvuoden jälkeen. Rakennuksen käyttö- ja huoltotoimenpiteillä voidaan lisätä rakennuksen vikasietoisuutta ilmastokin muuttuessa. Tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa uudisrakennuksiin, jotka rakennetaan voimassa olevien määräysten mukaan. Opinnäytetyön tarkoitus on muistuttaa vanhan rakennuskannan suunnittelu- ja toteutustavoista, jotta rakennusten kuntoa ei heikennettäisi yrittämällä muuttaa ko. rakennuksia vastaaman nykypäivän uudisrakennuksia

2. KATSAUS RAKENTEIDEN VIKASIEETOISUUTEEN LIITTYVIIN OHJEISIIN

2.1. Ympäristöoppaat

Ympäristöopas 28 käsittelee kuntotutkimuksen suunnittelua, kuntotutkimusmenetelmiä, tutkimustulosten analysointia, riskirakentamisen arviointiperusteita sekä vaihtoehtojenkorjaustapojen valintaa. Julkaisussa esitellään yleiseen käyttöön tarkoitettu kuntotutkimusmenettely. Ympäristöopas 29 on julkaisu vuonna 1997 ja se käsittelee kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaamista. Julkaisu 29 täydentää ympäristöpasta 28. Julkaisussa esitellään muutamia ns. riskirakenteita ja niiden korjaamisessa huomioon otettavia asioita.

Oppaan 2016 taustalla on vuoden 1997 julkaistun Ympäristöopas 28 Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus- kirja. Päivitetyssä oppaassa on pyritty kuvaamaan tärkeimmät sisäilman laatua heikentävät tekijät ja niiden tutkimusmenetelmät. YO 2016 ohjeistaa kuntotutkimuksen tekemistä ja tilaamista.

2.2. Ympäristöministeriön julkaisut

Vuonna 2020 keväällä julkaistussa ympäristöministeriön ohjeessa esitetään periaatteellisia ratkaisuja kokemuseräisen tiedon perusteella toimiviksi todettuja ratkaisuja. Ohje ei ole velvoittava kuten asetus. Tässä ohjeessa vikasietoisuudella tarkoitetaan ratkaisua, jossa suunnittelussa, rakentamisessa, rakennusten huollossa ja käytössä ilmenevät vähäisimmät virheet ja puutteet eivät johda rakenteiden haitalliseen vaurioitumiseen.

Ohjeessa esitetään ote rakennuslaista ja tämän jälkeen selostava ohjeteksti. Oppaassa käydään läpi rakennusten kosteusteknisen toimivuuden olennaiset vaatimukset, jotka perustuvat Ympäristöministeriön asetukseen 782/2017 pykälään 3. Ohjeen mukaan kosteusteknisen toimivuuden olennainen vaatimus täyttyy useimmissa tapauksissa, kun noudatetaan ohjeessa esitetyjä toiminnallisia vaatimuksia

2.3. Tampereen yliopiston tutkimukset

Tutkimusraportin 159 keskeisenä tavoitteena oli selvittää ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksia vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa Suomen ilmastossa. Tutkimuksessa on keskitytty tavanomaisten tai riskialttiiksi tiedettyjen rakenteiden toiminnan tarkasteluun. Rakenteiden lujuustarkasteluissa on jo kymmeniä vuosia ollut käytössä mitoitussuunnitelmia, joilla on määritetty rakenteiden kantavuus ja kestävyys myös ääriolosuhteissa, mutta rakennusfysiikan puolella vastaavanlaisia menetelmiä ei ole ollut käytössä. U-arvojen kiristäminen sekä ilmastonmuutos lisäsivät homeen kasvulle suotuisien olosuhteiden määrää ja siten myös heikensivät ylä- ja alapohjarakenteiden kosteusteknistä toimintaa. Ilmastonmuutoksen vaikutus kokonaisuutena oli suurempi kuin rakenteen U-arvon kiristämisen. U-arvon kiristämisen vaikutus oli tuulettuvissa yläpohjissa samaa suuruusluokkaa kuin siirtyminen nykyilmastosta vuoden 2050 ilmastoon.

Tutkimusraportti 141 on ilmestynyt 2009 ja siinä pyritään esittämään ilmanpitävyydeltään hyviä ja toteutettavissa olevia esimerkkiratkaisuja asuinrakennuksissa. Julkaisun esimerkkidetaleissa esitetään yksi esimerkki ko. liitostyyppin, esimerkiksi alapohjan ja ulkoseinän liitos, ilmanpitävään ratkaisuun.

2.4. RIL 107–2012, RIL 107–1989 ja RIL 155

RIL 107–1989 on päivitys julkaisuun RIL 107–1981. RIL on antanut ensimmäiset veden- ja kosteudeneristysohjeet jo vuonna 1948. Vuoden 1989 julkaisussa on 90 sivua kun taas 2012 julkaisussa on 219 sivua. Vuoden 1989 julkaisussa maanvastaisista rakenteista ja rossipohjista annetaan kolme sivua ohjeita, kun taas vuonna 2012 35 sivua. Muutenkin vuoden 2012 julkaisussa pyritään ohjeita avaamaan tarkemmin kuin vuoden 1989 julkaisussa. Vuoden 1989 julkaisun ajankohtana on ollut käytössä RIL 155, joka täydentää julkaisua RIL 107–1989. Julkaisussa RIL 155 on otettu kantaa lämmön- ja kosteuden eristyksen lisäksi myös Suomen ilmastoon.

2.5. Kuivaketju 10

Kuivaketju 10 ohjaa kosteusturvalliseen rakentamiseen. Kuivaketju 10- toimintamallissa otetaan huomioon rakennuksen koko elinkaari. Rakennuksen ylläpitoon kuuluvia toimenpiteitä ovat kiinteistönhoito ja kunnossapito (kunnostava korjaaminen). Kunnossapidolla pyritään säilyttämään rakennuksen alkuperäinen laatutaso.

2.6. Rakentajain kalenterit

Rakentajan kalentereita on julkaistu vuosina 1917–2018. Ensimmäisissä rakentajan kalentereissa on otettu kantaa rakennusmateriaaleihin ja rakenteiden kantavuuteen. Kalenterien loppupuolella on taulukoita eri rakennustarvikkeiden hinnoista.

1992 vuoden rakentajan kalenterissa on sivuilla 872–877 mainittu rakennuksen ja kosteudeneristyksestä. sivun 876 yhteen vedossa mainitaan seuraavaa: *Rakennusten veden- ja kosteudeneristyksen suunnittelusta ja toteutusperiaatteista on Suomessa olemassa suuri määrä käyttökelpoisia ohjeita. Puutteitakin ohjeistossa löytyy. Ohjeet ovat hajallaan ja osa vaikeasti yhdistettävissä veden ja kosteudeneristykseen, vaikka toiminnallinen yhteys on selkeä. Veden- ja kosteudeneristystarvikeryhmittäin tarkasteltuna ovat olemassa olevat ohjeet tarkkuudeltaan eritasoisia ja puuttuvat kokonaan osata tuotteita. Yhdenmukaisten ohjeseosteiden ja käyttöohjeiden puute vaikeuttaa suunnittelijan työtä ja voi siten heikentää suunnittelun laatua ja toisaalta hidastaa muutoin hyvien tuotteiden käyttöönottoa.*

3. RAKENNUKSEN KÄYTTÖIKÄ

Rakennuksen suunnittelun alussa rakennukselle määritetään tavoiteltu käyttöikä. Rakennuksen käyttöiällä tarkoitetaan käyttöönoton eli valmistuksen tai asennuksen jälkeistä ajanjaksoa, jolloin rakenne säilyttää käyttökelpoisuutensa asianmukaisesti huollettuna. Kantavavilla rakenteilla käyttöikä on yleensä 50 tai 100 vuotta, koska ko. rakenteita ei oleteta uusittavan usein. Tekninen käyttöikä on teoreettinen ja perustuu käytössä oleviin tietoihin ja kokemuk-

seen rakenteesta ja rakennusmateriaalista (KH 90–00403). Tekninen käyttöikä on suuntaa antava, huoltavalla toiminnalla teknistä käyttöikää voidaan jatkaa.

4. ILMASTONMUUTOS SUOMESSA

Viimeisen 40 vuoden aikana Suomen vuosikeskilämpötila on noussut 0,2...0,4 astetta vuosikymmenessä. Suomessa ilmastomuutoksen vaikutus lämpötilaan on vielä pienehkö verrattuna lämpötilan luontaiseen vaihteluun. Suomessa ilmastomuutos näkyy siten, että talvet lämpenevät keskimäärin enemmän kuin kesät. Tällöin maan etelä- ja keskiosissa talvista tulee lauhoja ja vähälumisia. Mikäli ilmasto lämpenee nykyisen käsityksen mukaan, sateet lisääntyvät

5. VIKASIIETOISUUS RAKENNEOSITTAIN

5.1. Maanvastaiset rakenteet

Maanvastaiset rakenteet on pääosin rakennettu sementtipohjaisista materiaaleista. Nämä ovat kestäneet kosteusrasitusta, vaikka rakenteen kosteudeneristys on ollut puutteellinen. Maanvastaisten laattojen alapuolelle ei ole aina asennettu lämmöneristelevyjä, vaan lattiat valettiin perusmaan tai hiekkatäytön varaan. Tällöin rakennekerroksessa ei ole kapillaarikatkoa. Mikäli lattiapinnoite läpäisee vesihöyryä, lattiarakenteessa ei havaittane ongelmia. Mikäli pinnoitteena käytetään vesihöyryä läpäisemättömiä pinnoitteita, niin tällöin pinnoite reagoi kosteuden kanssa ja ihmiset voivat oireilla.

Maata vasten olevista rakenteista olevista vikasietoisuus puuttuu lähinnä rakenteista, joissa kapillaarista kosteuden nousua ei ole estetty. Tämän lisäksi rakenteessa tulisi olla karkearakenteisesta maa-aineksesta kuten pestystä sepelistä tehty rakennekerros. Rakenteen vikasietoisuus on voitu poistaa kohteessa tehdyissä muutostöissä.

5.2. Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteen vikasietoisuuteen vaikuttaa rakenteen kosteuden sietokyky sekä rakenteen homogeenisuus. Käytön aikana tulee huolehtia, että tilan sisäilman suhteellinen kosteus ei nouse liikaa. Tällöin rakenne pääsee kuivumaan ulospäin. Ulkoseiniin tehtävien aukkojen läpiviennit tulee tiivistää huolellisesti, jotta läpiviennistä ei tule korvausilmareittiä. Muutostöiden yhteydessä rakennuksen painesuhteet tulee tarkastaa. Mikäli muutoksia suunniteltaessa ei tarkastella ilmanvaihtoa, uusissa tiloissa ei välttämättä ole riittävä ilmanvaihto.

5.3. Yläpohjat

Yläpohja tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että sinne ei tiivisty kosteutta. Eli yläpohjan tuuletuksesta tulee huolehtia. Vanhemmissa rakennuksissa on ollut korkea ullakkotila ja rakenteet on tehty homogeenisista materiaaleista, jotka tasaavat ilmatilan kosteutta. Uusien energia-vaatimusten osalta tulee samoja ”ongelmia” kuin ulkoseinien osalla, kosteus saattaa tiivistyä väärään pintaan.

Talotekniikkamuutosten vuoksi tehtävät uudet yläpohjan läpiviennit tulee tiivistää huolellisesti, jotta vanhaan yläpohjaan ei tule ilmapuoreittejä. Mikäli yläpohjatilassa on korkeahko ullakkotila, ullakkotilaa ei tule muuttaa varastotilaksi, ellei rakenteiden kuormitusta ja palosuojasta tarkasteta vanhoista suunnitelmista.

5.4. Vesikatot

Kirjassa RIL 107–2012 on paljon ohjeita katon kallistuksesta ja kattokaivojen määrästä. Korjaussuunnittelun yhteydessä tulee pyrkiä parantamaan rakennetta uusimpien määräysten ja ohjeiden mukaan vanhan rakenteen ehdoilla. Vaikka ilmastonmuutoksen myötä lumikuormat vähenisivät, tulee vedenpoistosta huolehtia katolta: räystäskourut ja kattokaivot tulee pitää puhtaana. Mikäli kattomuotoa muutetaan, tulee varmistaa, että jäävien rakenteiden kapasiteettia ei ylitetä. Vesikaton läpivientien tiiveys tulisi varmistaa säännöllisesti, jotta ullakkotilaan/ yläpohjan tuuletustilaan ei muodostuisi kosteusvauriota.

5.5. Märkätilat

Märkätiloina tässä kappaleessa käsitellään rakennusten sisällä olevat wc, pesu- ja saunatilat. Erilliset pihasaunat, joissa maanvaraisen betonilaatan päällä puuritilä on jätetty tässä kappaleessa käsittelemättä. Märkätilojen suunnitteluohjeet ovat päivittyneet vuosien aikana, RIL 107–2012 oppaaseen on päivitetty märkätilojen suunnitteluohjeita. Viimeisimpien ohjeiden mukaan, märkätiloissa tulee käyttää vedeneristettä.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa on rakennuslalla jo vuosikymmeniä ollut julkaisuja liittyen rakennusten kosteudenhallintaan. Oppaita on päivitetty lainsäädännön muuttuessa sekä rakennusmateriaalien kehittyessä. Silti rakentamisen laatu ei ole ollut tasalaatuista. Nykyajan rakennusten käyttäjillä on erilaiset vaatimukset rakennuksilla kuin 1900-luvulla, jolloin rakennukset on rakennettu. Kuten 1950-luvulla julkaistussa Jokamies rakentajana julkaisussa todetaan, vaikka kuinka hyvin talon rakennat, seuraavalla sukupolvella on rakennuksesta erilaiset toiveet.

Rakennusten muutostöissä tulisi ottaa huomioon määräykset ja ohjeet rakentamisajankohtana. Mikäli rakennus on suunniteltu, että kellarikerroksessa sisälämpötila on melko sama kesällä ja talvella, tulisi kellarikerrokseen sijoittaa sellaisia tiloja, jotka soveltuvat ko. olosuhteisiin. Jos kellarin sisäolosuhteita muutetaan, tulee tarkastella, että mitä vaikutuksia ko. muutoksella on rakenteille.

Ympäristöopas 2016 ei ota kantaa vanhan rakennuskannan pitkäaikaiskestävyyteen ilmastonmuutoksessa, mutta antaa kiinteistönomistajille vinkkejä ja huomioon otettavia asioita rakennuksen ylläpidossa. Ympäristöopas 28- julkaisussa ei oteta kantaa korjausehdotuksen vikasietoisuudesta, keskitytään alkuperäisen rakenteen ”ongelmakohtien” korjaamiseen.

Ns. varmuuskerrointa tulisi käyttää vaipparakenteiden sekä märkätilojen suunnittelussa. Tämä varmuuskerroin unohtuu suunnittelussa usein. Kriittisten rakenteiden ja pitkän teknisen käyt-

töiän rakenteiden kosteustekninen suunnittelu tulisi tehdä vyöt- ja- henkseli periaatteella, jopa vielä lisäämällä varmuutta ulkopuolista kosteusrasitusta vastaan esim. sadetakkipellillä ulko-verhouksen taakse tuulensuojalevyn päälle. Koska olemme kaikki ihmisiä, syntyy edelleen inhimillisiä virheitä niin suunnittelussa, työmaatoteutuksessa kuin rakennuksen käytössä. Jo suunnittelun alussa kannattaa miettiä niin suunnittelun työmaatoteutuksen osalta kriittisiä vaihteita, joissa voi mahdollisesti tulla virheitä ja puutteita. Jokaiselle kolmelle osa-alueelle tulisi ottaa ns. varmuus, että vaikka kahdella osa-alueella olisi puutteita, niin kolmannella osa-alueella voidaan puutteet paikata, jolloin mahdollinen vaurio jää minimiin. Eli huolellisella ylläpidolla voidaan ennakoida mahdollisia vaurioita ja tehdä oikea-aikaiset korjaukset ennen vahinkoa.

Rakenteiden vikasietoisuus perustuu kosteusrasitusten hallintaan. Toiset rakennusmateriaalit kestävät kosteutta paremmin kuin toiset, mutta kuivaketju 10 riskilistan mukaiset riskit koskevat valtaosaa rakennuksia, myös olevaa rakennuskantaa eikä vain uusia rakennuksia. Ilmaston muutoksen myötä rakennuksen ulkopuolinen kosteusrasitus lisääntyy. Nykyään toiminnot pääosin lisääntyvät sisätiloissa, jolloin myös sisäympäristön merkitys kasvaa.

7. LÄHDELUETTELO

Ilmatieteenlaitos www.ilmatieteenlaitos.fi, viitattu 07.03.2020

Kuivaketju 10. www.kuivaketju10.fi, Viitattu 29.04.2020

Tampereen Teknillinen Yliopisto. Rakennusteniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 141. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. 100 sivua. 2009

Tampereen Teknillinen Yliopisto. Tutkimusraportti 159: Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa

Rakentajain kalenteri 1992. Osa 1. käsikirja. n. 1170 sivua

RIL 155 Lämmön- ja kosteudeneristys. 389 sivua. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y 1984

RIL 107-1989 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 90 sivua. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y 1989

RIL 107-2012 Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 90 sivua. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y 2012

Ympäristöopas 28. Kosteus- ja homevarioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 143 sivua. Ympäristöministeriö 1997

Ympäristöopas 29. Kosteus- ja homevarioituneen rakennuksen korjaus. 79 sivua. Ympäristöministeriö 1997

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 234 sivua. toim. M. Pitkäranta. Ympäristöministeriö 2016

HOMEPÖLYPUHDISTUS KOULURAKENNUKSESSA

Seppo Järvinen

JK Mikrobitekniikka Oy

TIIVISTELMÄ

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjaushankkeessa tärkeä osa on korjatun tilan kaksivaiheisella loppusiivouksella. Tässä opinnäytetyössä tästä käytetään termiä homepölypuhdistus. Opinnäytetyössä kuvataan homepölypuhdistuksen toteutusta koko korjaushankkeeseen liittyen sekä kuvataan työn suorittamistapaa yksityiskohtaisesti. Opinnäytetyössä on kuvattu kahden esimerkkikohteenä olevan koulun homepölypuhdistusta ja myös pohdittu onnistuneeseen homepölypuhdistukseen vaikuttavia asioita sekä työn laaduntarkkailua. Laaduntarkkailuna puhdistetuista tiloista otettiin mikrobinäytteitä pintasivelymenetelmällä.

Homepölypuhdistus voidaan suorittaa onnistuneesti, siten että tila on siivottu pölyttömäksi sekä sisäilman mikrobipitoisuudet ovat siivouksen jälkeen erittäin alhaisia. Tämä vaatii koko korjaushankkeen osalta kaikkien toimijoiden ja osatekijöiden huolellista suunnittelua ja huomioimista. Varsinaisessa puhdistustyössä työn toteutuksen laatu on tärkein osatekijä lopputuloksen kannalta. Tämä koskee kaikkia työvaiheita alkaen osastoinnin ja alipaineistuksen asentamisesta aina puhdistustyöntekijöiden huolelliseen työskentelytapaan.

1. JOHDANTO

Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjauksesta on olemassa jonkin verran ohjeistusta ja tietoa (Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennusten korjaus, Ympäristöministeriö, 2019). Homepölypuhdistus kuuluu myös tähän kokonaisuuteen. Homepölypuhdistuksen suorituksesta, työtavoista ja välineistä on myös jonkin verran ohjeistusta (TTL ohje 2/2016, Kosteus- ja hometalkoot).

Siivoustyön laatua voidaan arvioida mm. INSTA 800 standardeilla. Sisäilman mikrobipitoisuudet ovat suurimpia purkutyön sekä sitä seuranneen rakennusjätteen siivouksen aikana. Mikrobit voivat aiheuttaa ihmisille erilaisia ärsytys- ja yleisoireita, allergisia sairauksia, infektioita tai toksisia vaikutuksia. Mikrobialtistumisen ja terveysvaikutusten tai koettujen oireilujen selvää syy yhteyttä ei aina voida varmasti osoittaa, on kosteusvaurio terveydensuojelulain mukainen terveyshaikka, joka tulee korjata (THL, Terve ihminen terveissä tiloissa, 2018).

Mikrobivaurioituneen rakennuksen sisäilman pölyssä ja pölykertymissä voi olla suuria määriä mikrobeja verrattuna normaaliin huoneilmaan. Myös mikrobilajisto voi olla poikkeava. Rakennuksen homepölypuhdistuksessa puhdistetaan rakennuksen sisäpinnoille kertynyt homepöly tietyin menetelmin. Opinnäytetyön tavoitteena on kuvata homepölypuhdistuksen suoritusta sekä teoreettisesti, että esimerkkikohteiden avulla sekä arvioida työn onnistumiseen ja laaduntarkkailuun vaikuttavia tekijöitä.

2. HOMEPÖLYPUHDISTUS

2.1. Homepölypuhdistusta suorittavan henkilöstön oma suojaus

Homepölypuhdistuksessa suorittavan henkilöstön omaan suojaukseen ja turvallisuuteen on myös kiinnitettävä suurta huomiota. Työntekijän suojaukselle on ohjeistusta mm. TTL:n 2016 oppaassa, jonka mukaan puhdistustyöntekijän varustus voisi olla esimerkiksi kuvan 1 mukainen.



Kuva 1. Homepölypuhdistusta suorittavan henkilöstön oma suojaus Puhallinmoottorilla varustettu kokokasvonsuojain, jonka suojauskerroin on vähintään 40, esim. TH3A2P, tämä suodattaa homeen hajun ja homepölyn. Kemikaalien kestävät viiltosuojakäsineet. Hupullinen kertakäyttöhaalari luokka 5-6. Turvakengät, kengänsuojukset

Suojavaatteet tulee aina riisua sulkutunneliin / tilaan siirryttäessä likaisista tiloista puhtaisiin, jotta lika ei kulkeudu suojavaatteiden mukana puhtaisiin tiloihin. Suojainten tulee olla järjestelmähyväksyttyjä ja CE-merkinnöin varustettuja.

2.2. Työn kuvaus ja työvaiheet

Homepölypuhdistuksen suunnittelu on mukana koko korjaushankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin kaikki korjaushankkeen vaiheet tulee suunnitteluun mukaan. Tällöin myös siivouksen taso ja todentaminen ennen kohteen luovutusta tilaajalle määritetään. Homepölypuhdistus suoritetaan kaksivaiheisen loppusiivouksen toisena vaiheena. Puhdistukseen varataan vähintään kaksi päivää (TTL, 2016).

2.2.1 Osastointi ja alipaineistus

Puhdistettava tila erotetaan muista rakennuksen sisätiloista osastoimalla tila tiiviillä rakenteella, jonka sisäpuolelle luodaan alipaine ympäröiviin tiloihin verrattuna. Osastointi toteutetaan

käyttämällä hyväksi rakennuksen huonejakoa tai tilapäisillä kestävillä ja pölytiiviillä suojaseinillä tai –rakenteilla (rimat ja muovikalvot tai vaneri). Osastoidun alueen ilmanvaihtokoneet on pysäytettävä ja pääte-elimet tukittava sekä ikkunat pidettävä suljettuina. Väliaikainen suojaseinä toteutetaan pingottamalla muovikalvo puurimoilla tai säädettävillä teleskooppivarsilla katto- ja lattiarakenteiden väliin. Reunat tiivistetään teippaamalla ne kiinni rakenteisiin. Pidempiaikaiseen osastointiin suojaseinärakenne toteutetaan puurunkoisena kiinnittämällä runko mekaanisesti olemassa olevien rakenteisiin. Muovikalvo kiinnitetään puurungon ympärille kiertämällä muovikalvonreuna puun ja pysyvän rakenteen väliin. Saumat tiivistetään teippaamalla.

Kulku osastoituun tilaan järjestetään kolmiosaisen sulkuportin kautta, joka voidaan rakentaa samalla tavoin kuin varsinainen osastointi. Sulkutilan tulee olla riittävän suuri esimerkiksi liikaisten työvaatteiden vaihtoa varten (Kokkonen ym. 2013). Osastoinnin toteutuksesta myös Ympäristöministeriön Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausoppaassa ss. 67 - 69.

Osastoitu tila alipaineistetaan vähintään HEPA 13 suodattimilla varustetuilla alipaineistuskoneilla siten, että tilan alipaine on n. 5 – 10 Pa ja tilan ilmanvaihtuvuus 6 – 10 kertaa tunnissa.

2.2.2 Puhdistuksen työvaiheet

Varsinaisessa puhdistustyössä on kuusi vaihetta, jotka ovat seuraavat:

- I puhdistus imuroimalla
- Paineilmapuhdistus
- Pölyn laskeumavaihe (lepoaika)
- II puhdistus imuroimalla
- Nihkeäpyyhintä
- Laadunvarmistus

Imuroinnissa käytetään imureita, jotka ovat SFS-EN 60335-2-69 standardin mukaan H-luokan imureita ja jotka ovat varustettu HEPA 13 suodattimilla. Imurointi työtilassa suoritetaan seuraavassa järjestyksessä:

- Kattopinnat
- Seinäpinnat
- Tasopinnat
- Lattiapinnat

Imuroinnin jälkeen suoritettavan paineilmapuhdistuksen työjärjestys on samanlainen kuin imuroinnissa, paitsi katolta alaspäin tultaessa puhdistetaan paineilmalla myös pienet ja vaikeasti puhdistettavat paikat ja kolot. Näitä ovat mm. valaisimet, pistorasiat, erilaiset ritilät, jalkalistat yms. (TTL, 2016). Paineilmapuhdistuksen jälkeen tilassa on vuorokauden lepoaika (tai yön yli), jolloin ilmassa vielä leijaillevat pölypartikkelit ehtivät laskeutumaan.

Laskeutumisan jälkeen tila imuroidaan uudelleen samalla tavoin kuin ensimmäisellä imuroinnilla. Viimeisenä työvaiheena suoritetaan tiloissa kaikkien pintojen pyyhintä mikrokuitu-

liinoilla, jotka ovat kostutetut nihkeäksi. Työjärjestys on sama kuin imurointivaiheessa, eli pinnat käsitellään ylhäältä alaspäin. Puhdistuksen jälkeen tilassa pidetään tehostettua siivoustasoa 1-2 kuukauden ajan, jolloin korjattujen tilojen puhtaus palautuu normaalien tilojen tasolle. Siivouksen tehostuksessa otetaan huomioon yläpölyjen siivous ja esimerkiksi irtonaisten papereiden ja tavaroiden poistaminen tai siirtäminen suljettavaan kaappiin. Jokainen siivouskerta vähentää rakennusaikaista homepölyn määrää vähitellen (TTL, 2016).

Siivouksen laatua voidaan arvioida pölyn määrän arvioinnilla SFS 800 standardin mukaisesta. Myös mikrobinäytteenottoa voidaan käyttää homepölypuhdistuksen onnistumisen arviointiin.

3. KOULURAKENNUKSEN HOMEPÖLYPUHDISTUS

3.1. Lähtötiedot

Tässä tiivistelmässä kuvataan vain toisen tutkimuskohteen homepölypuhdistuksen suoritus. Tutkimuksen kohteena oli n. 200 oppilaan alakoulu. Koulun liikuntasalissa oli ollut sisäilmaan liittyviä oireiluja ja siitä oli tehty perusteellinen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Liikuntasalin alapohjan puulattian eristevilloista otetuissa näytteissä havaittiin selvää mikrobi-kasvua. Maanvastaisten rakenteiden rakenneliittymissä oli myös ilmatiiveyspuutteita. Liikuntasalin lattia päätettiin uusida kokonaan betonisen pohjalaatan yläpuoliselta osuudelta. Kohteessa tehtiin homepölypuhdistus kahdessa vaiheessa; ensimmäinen purkutöiden jälkeen ja toinen uuden lattian rakentamisen ja tiivistyskorjauksen jälkeen.

3.2 Homepölypuhdistuksen suoritus

Liikuntasaliin rakennettiin osastointi puurimojen, muovikalvon ja teippien avulla, jossa oviaukkojen kohdilla oli suojaus sekä salin näyttämö eristettiin osastoinnin ulkopuolelle. Näyttämötila ja siihen liittyvät kalustetilat puhdistettiin omana osastointina erikseen.

Tila alipainestettiin HEPA (H13) suodattimilla varustetulla Dustcontrol 2000 alipaineekoneella ja Pullman Ermator A1000 alipaineekoneella, jotka sijaitsivat osastoinnin ulkopuolella.

Homepölypuhdistus suoritettiin aiemmin kuvatulla tavalla. Tässä vaiheessa uutta lattiaa ei ollut vielä rakennettu ja lattian betonilaatan ja seinien yhtymäkohdissa oli suuria ilmayhteyksiä alapohjan maaperään, josta on mahdollista päästä epäpuhtauksia sisäilmaan.

Liikuntasalissa mitattiin osastoinnin alipaineeksi n. 1,8 Pa ja ilmanvaihtokertoimeksi laskettiin 1,6 kertaa tunnissa. Nämä lukemat olivat huomattavasti tavoitearvoja pienemmät. Puhdistustyön päätteeksi tilasta otettiin yhteensä neljä mikrobinäytettä seinä- ja kattopinnoilta pintasivelyn menetelmällä. Mikrobinäytteet analysoitiin akkreditoidussa laboratoriossa. Kaikkien näytteiden mikrobipitoisuudet olivat alle laboratorion määrittämissä raja-arvoissa. Kesken näytteenoton liikuntasaliin tuli työmiehiä irrottamaan ovista niissä vielä olevia ovilistoja. Tällöin ovenkarmien välistä avautui rakoja, joissa oli vielä runsaasti pölyä.



Kuva 2. Alipaineistuskoneet sijoitettu osastoinnin ulkopuolelle.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kosteus- ja homevaurioituneen tilan korjaushankkeessa homepölypuhdistuksen avulla voidaan korjattu tila luovuttaa käyttäjälle pölyttömäksi siivottuna, siten ettei tilassa ole enää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Homepölypuhdistuksen onnistunut toteuttaminen vaatii kaikkien korjaushankkeen osapuolien yhteistä suunnittelua aikataulujen ja työvaiheiden oikea-aikaisesta toteutuksesta. Puhdistusvaiheen onnistumisessa myös työskentelytilan osastointi ja alipaineistuksen järjestäminen onnistuneesti on tärkeää mm. tarpeeksi huolellinen osastointialueen tiivistäminen. Esimerkkikohteena olevan koulun liikuntasalin osastoinnin alipaineistuksen toteutuksessa alipaineistuskoneiden teho oli laskettu liian alhaiseksi. Tehon laskussa ei ilmeisesti otettu huomioon liikuntasalin korkeutta.

Huolellinen työskentely ja työstä annettujen ohjeiden noudattaminen on tärkeää mm. sulkutilan käytössä, ettei osastoinnin ulkopuolelle kulkeudu epäpuhtauksia. Laadunvarmistuksessa mikrobipitoisuuden määrittämiseen ei ole yksiselitteistä ohjeistusta. Ilmasta voidaan mitata laskeumanäytteellä mikrobipitoisuuksia, myös tilojen pinnoilta voidaan ottaa pintasivelynäytteitä. Mikrobipitoisuuksien määriä korjatusta tilasta voidaan myös seurata myöhemmin otetuilla seurantanäytteillä. Tässä työssä pintasivelymenetelmällä otetut mikrobipitoisuudet olivat niin pieniä, että voidaan olettaa ilmatilassa vielä mahdollisesti leijailevan ja myöhemmin laskeutuvan hienojakoisen pölyn aiheuttaman mikrobipitoisuuden mahdollisen kasvun olevan niin pientä, että sillä ei ole merkitystä tilan käytön kannalta. Kun tilat otetaan käyttöön, normaaliolosuhteiden mikrobipitoisuudet ovat luultavasti suurempia kuin korjatussa tilassa homepölypuhdistuksen jälkeen.

5. KIITOKSET

Kiitän työni ohjaajia Timo Turusta sekä Helmi Kokottia avusta sekä työnantajani JK Mikrobitekniikka Oy:tä opiskelun mahdollistamisesta.

6. LÄHDELUETTELO

Kokkonen A., Linnainmaa M., Koski H., Kanerva T., Laamanen J., Lappalainen V., Merivirta M-L., Oksa P., Piirainen J., Rautiala S., Säämänen A., Pasanen P. Pölynhallinta korjausrakentamisessa, 2013, Kuopio

SFS-INSTA 800-1:2019, Siivouksen tekninen laatu, osa 1.

SFS-INSTA 800-2:2019, Siivouksen tekninen laatu, osa 2.

SFS-EN 60355-2-69, Erityisvaatimukset laituskäyttöön tarkoitetuille veden- ja pölynimureille.

THL, Terve ihminen terveissä tiloissa, 2018.

Työterveyslaitos TTL, Ohje siivouksen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjauksen jälkeen, 2/2016. Kosteus- ja hometalkoot. <http://www.hometalkoot.fi/file/15862.pdf>

Weijo I., Lahdensivu J., Turunen T., Ahola S., Sistonen E., Vornanen-Winqvist C., Annala P. Mikrobi- ja kosteusvaurioituneen rakennusten korjaus, Ympäristöministeriö, 2019.

HALLIRAKENNUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Taija Haukkamäki

TIIVISTELMÄ

Tutkimuskohteena on 1930-1940 luvuilla rakennettu hallirakennus. Tutkimusten tarkoituksena oli selvittää korjaustarpeen ja korjauslaajuuden arviointia varten tekijät, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun ja rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Tutkimuksessa keskeisiä selvitettäviä asioita olivat: alapohja-, ulkoseinä- ja välipohjarakenteet, niiden kosteustekninen toiminta, sekä rakennuksessa käytettyjen eriste- ja täyttömateriaalien kunto. Lisäksi selvitettiin alapohja-, ulkoseinä- ja välipohjarakenteiden sekä niiden liittymien ilmatiiveyttä merkkiainetekniikalla.

Tehtyjen tutkimusten perusteella merkittävimpiä sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä ovat alapohja- ja välipohjarakenteissa oleva vaurioitunut muottilaudoitus sekä ulkoseinien patterisyyvennysten ja karmirakojen mikrobivaurioituneet eristeet. Vaurioituneista materiaaleista voi kulkeutua sisäilmaan mikrobiperäisiä epäpuhtauksia ilmavirtausten mukana epätiiviiden liittymien, läpivientien ja halkeamien kautta. Yleisesti sisäilman laatua heikentää myös puutteellinen ilmanvaihto.

Kohteeseen on näiden tutkimusten lisäksi tehty yläpohjarakenteiden tutkimukset, asbesti- ja haitta-ainekartoitus, putkistojen kuntotutkimus sekä ilmanvaihdon tutkimukset. Näiden tutkimusten tuloksia ei käsitellä tässä yhteydessä.

1. JOHDANTO

Tutkimusten tarkoituksena oli selvittää korjaustarpeen ja korjauslaajuuden arviointia varten tekijät, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun ja rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen korjaustoimenpiteistä. Tutkimusta voidaan hyödyntää korjaussuunnitelmien ja korjausohjelman laadinnassa.

Työ on luokiteltu salaiseksi, joten kohteen tarkkoja tietoja, rakenteiden tarkempia kuvauksia, materiaali- ja ainekerrosten paksuuksia, mittaustuloksia, tarkempia tietoja näytteistä, analyysivastauksista tai korjaustoimenpide-ehdotuksista ei käsitellä tässä yhteydessä. Tässä käsitellään koostetusti osa tutkimustuloksista.

2. KOHDE JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuskohteena on 1930-1940 luvuilla rakennettu hallirakennus. Rakennuksessa on yksikerroksinen korkea hallitila. Hallitilan eteläpuolella on kaksi ja osin kolme kerrosta käyttötiloja. Rakennuksen alapohjarakenteina on ylälaattapalkistoa ja maanvastaisia teräsbetonilaattoja. Rakennuksen maanvastaiset seinät ovat tiili-/betonirakenteiset. Ulkoseinät ovat pääosin massiivitiilirakenteisia, patterisyvennyksiä ja hallitilan pohjoispuolen seinän yläosaa lukuun ottamatta. Välipohjarakenteina on kaksoislaattapalkisto. Rakennuksessa on useita eri yläpohjarakenteita.

Ennen tutkimusten aloitusta kohteessa tehtiin katselmus ja pintakosteuskartoitus tutkimussuunnitelman lähtötiedoiksi. Tutkimussuunnitelmaa varten käytiin läpi myös vanha suunnitelma- ja tutkimusaineisto.

Tutkimussuunnitelman pohjalta keskeisimmät asiat tutkimuksissa olivat: alapohja-, välipohja- ja ulkoseinärakenteet sekä niiden kosteusteknisen toiminnan selvittäminen ja rakennuksessa käytettyjen eriste- ja täyttömateriaalien kunto (sekä niiden vaikutus sisäilman laatuun). Lisäksi selvitettiin alapohja-, välipohja- ja ulkoseinärakenteiden sekä niiden liittymien ilmatiiveyttä merkkiainetekniikalla. Yläpohjarakenteista on tehty erillinen tutkimussuunnitelma ja tutkimukset, joita ei käsitellä tässä yhteydessä.

Tutkimussuunnitelmassa määriteltiin rakenneavauskohdat, merkkianekokeet tutkittaviin rakenteisiin ja kosteusmittaukset. Rakenneavauksia tehtiin yhteensä 29 kappaletta. Rakenneavausten yhteydessä otettiin 36 materiaalinäytettä mikrobianalyysiin. Lisäksi otettiin aiempaa asbesti- ja haitta-ainekartoitusta täydentäviä materiaalinäytteitä. Kosteusmittaukset tehtiin viilto- ja porareikämenetelmällä. Merkkiainekokeita tehtiin yhteensä 11 kpl.

Tutkimus tehtiin ympäristöopasta *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus* (2016) soveltaen. Tutkimustuloksia verrattiin STM:n asetukseen 545/2015 ja sen soveltamisohjeisiin (Valvira, 2016) sekä työterveyslaitoksen ohjeeseen (2017).

3. YHTEENVETO TULOKSISTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1. Alapohjarakenteet

Ylälaattapalkisto

Ylälaattapalkistollisten alapohjarakenteiden lattian päällysteinä on muovimattoa, vinyylilaattaa, laatoitusta ja laminaattia. Lisäksi osa lattioista on maalattua betonipintaa ja osa maalaamatonta betonipintaa.

Ylälaattapalkistollisen alapohjarakenteen alapuolella todettiin vanhaa vaurioitunutta muottilautaa, tuulettumaton ilmatila, voimakas mikrobiperäinen haju ja ilmavirtaus sisätilaan päin. Alapohjarakenteen alapuolella havaittiin maaperän pinnalla paikoin vettä.

Kosteusmittauksissa ylälaattapalkistollisessa alapohjarakenteessa todettiin kohonneita suhteellisen kosteuden arvoja, osassa tiloja. Kohonneita suhteellisen kosteuden arvoja todettiin erityisesti kantavien väliseinälinjoiden läheisyydessä ja alueilla, joissa alapohjarakenteen alla maaperän pinnalla on vettä.

Kosteus siirtyy maaperästä perustusten kautta alapohjarakenteisiin kantavien seinälinjoiden läheisyydessä. Alapohjan alustatila on myös tuulettumatonta, jolloin ilmatilan suhteellinen kosteus nousee korkeaksi ja tasaantuu alapohjarakenteeseen. Alustatilan maaperän kostuminen johtuu puutteellisesta salaojajärjestelmästä.

Merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja mm. ulkoseinän ja alapohjan liittymistä sekä alapohjan ja kantavien väliseinien liittymistä. Lisäksi havaittiin ilmavuotoja alapohjalaatan halkeamista ja tasoittamattomista kohdista. Ilmavuotokohtien kautta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

Maanvastaiset alapohjarakenteet

Lattiat ovat pääosin maalattua tai maalaamatonta betonipintaa. Maanvastaisten teräsbetonilaattojen alapuolella on hiekkatäyttö kaikissa tutkimuskohdissa. Osassa tiloja alapohjalaatan alapuolinen hiekkatäyttö oli märkää. Maanvastaisissa alapohjarakenteissa osassa on kapillaarikatkona bitumikermi ja osassa ei todettu kapillaarikatkoa.

Kosteusmittauksissa maanvastaisessa alapohjarakenteessa todettiin korkeita suhteellisen kosteuden arvoja alueilla, joissa ei ole bitumikermiä. Näillä alueilla kosteus siirtyy kapillaarisesti alapohjarakenteeseen.

Merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja ulkoseinän ja alapohjan liittymistä ja alapohjalaatan halkeamasta. Ilmavuotokohtien kautta saattaa kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

3.2. Maanvastaiset seinät

Maanvastaisissa seinissä on sisäpuolinen tiilimuuraus, jonka takana on pikisively ja betoni. Seinien sisäpinnoissa on tasoite- ja maalikerros. Maanvastaiset seinät ovat monin paikoin kosteat ja niissä todettiin runsaasti kosteusjälkiä. Tutkimusten perusteella seinässä olevassa pikisivelyssä on puutteita tai se on tullut teknisen käyttöikänsä päähän.

3.3. Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinät ovat pääosin massiivitiilirakenteiset, patterisyvennyksiä ja hallitilan pohjoispuolen seinän yläosaa lukuun ottamatta. Rakennuksen julkisivuissa on rappaus. Rakennuksen julkisivun rappaus on monin paikoin irronnut ja tiilet ovat osittain rapautuneet. Rakennuksessa on sekä uusittuja ikkunoita että vanhoja ikkunoita. Julkisivun pellitysten liittymissä havaittiin puutteita.

Ikkunoiden uusimisten yhteydessä rakenteista ei ole purettu kaikkia vanhoja orgaanisia materiaaleja. Rakenneavauksissa havaittiin mm. vanhoja kosteusvaurioituneita apukarmeja. Uusien ikkunoiden karmirakojen eristeenä on PU-vaaho ja vanhoissa ikkunoissa pellavarive. Karmirakojen uudet ja vanhat eristeet ovat kosteusvaurioituneet. Vauriot johtuvat mm. pellityspuutteista. Lisäksi rakennus sijaitsee aukealla alueella, jolloin ulkoseiniin kohdistuva säärasitus on suurta.

Ulkoseinien patterintaustarakenteena on pääosin sisäpuolella tiilimuuraus ja eristeenä puukuitulevy. Puukuitulevyn takana, edessä tai molemmin puolin todettiin pikisively. Eristekerrosten takana ulkoseinä jatkuu muurattuna. Patterintaustarakenteiden puukuitulevyistä otetuista näytteistä kaikissa todettiin viitteitä mikrobivaurioista. Yksittäisissä patterisyvennyksissä ei todettu puukuitulevyä tai pikisivelyä ja yksittäisessä patterisyvennyksessä ainoastaan pikisively. Puukuitulevyjen vauriot johtuvat todennäköisesti ulkoseinän läpi siirtyvästä kosteudesta mm. rapausvaurioiden ja pellityspuutteiden vaikutuksesta.

Ulkoseinän merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja sisäilmaan patterisyvennyksen ja ulkoseinän liittymistä, sekä ikkunan ja ulkoseinän liittymistä. Ilmavuotokohtien kautta saattaa kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

3.4. Välipohjat

Välipohjarakenteina on kaksoislaattapalkisto. Kotelorakenteen sisällä on vanhaa muottilaudoitusta ja laudoituksen tukirakenteita. Suurimassa osassa tiloja pintalaatan alla on askeläänieristeenä puukuitulevy, joka on erotettu pintalaatasta pikisivelyllä. Osassa tiloja on pintalaatan alla askeläänieristeenä pahviin käärittyä lasivillaa, joka on erotettu betonirakenteista pikisivelyllä ja tervapaperilla. Välipohjarakenteiden lattianpäällysteenä on vinyylilaattaa, linoleumimattoa, laminaattia ja keraamista laattaa.

Kaksoislaattapalkistorakenteisten välipohjien pintakerroksissa ja askeläänieristeissä ei havaittu mikrobivaurioita. Kotelorakenteen sisältä muottilaudoituksesta otetuissa näytteissä ei havaittu viitteitä vauriosta. Kuitenkin kaikissa avauksissa havaittiin mikrobiperäinen haju kotelorakenteen sisältä ja osin oli havaittavissa lahovaurioituneita puurakenteita ja silminnähtävää mikrobikasvua etäämmällä rakenneavauksesta. Koteloiden puutavara on vaurioitunut todennäköisesti jo rakentamisaikana betonirakenteiden kosteuden vaikutuksesta, sillä viitteitä pintakerrosten vaurioista ei todettu. Myös ulkoseinärakenteen läpi siirtyvä kosteus on voinut osaltaan edesauttaa puutavaran vaurioitumista ulkoseinien läheisyydessä. Pikisively ja tervapaperi ovat todennäköisesti suojanneet askeläänieristeitä kosteuden vaikutukselta.

Kaksoislaattapalkistorakenteisten välipohjien merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja sisäilmaan välipohjan ja ulkoseinän liittymistä sekä patterisyvennyksen ja välipohjan liittymistä. Ilmavuotojen kautta saattaa kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

4. YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA

Työ on luokiteltu salaiseksi, joten toimenpide-ehdotukset ovat esitetty osittain ja vain yleisellä tasolla.

Ensisijaisesti suositellaan vaurioituneiden materiaalien poistoa. Vaihtoehtoisesti rakenteen ilmatiiveyden parantamista. Korjaustapaa valittaessa on huomioitava tilojen käyttötarkoitus, sekä teknisen käyttöiän tavoitteet. Käyttöikä ainoastaan ilmatiiveyttä parantamalla on lyhyempi kuin vaurioituneiden materiaalien purkamisella toteutettu korjaus.

Kumpikin korjausvaihtoehto edellyttää ulkopuolisen kosteusrasituksen vaikutuksen vähentämistä mm. korjaamalla julkisivujen rappausvauriot, pellitykset, vedenohjaus, salaojitus, ikkunat ja vaihtamalla osa sisätilojen pintamateriaaleista hyvin vesihöyryä läpäiseviin materiaaleihin, sekä osalla alueesta kapillaarikatkoja.

5. LÄHDELUETTELO

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysasetus. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet. Osa I-V. Valvira 2016. <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Helsinki 2016. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

Työterveyslaitos. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen, Reijula, Tähtinen, Latvala, Hongisto, Holopainen, Kurtio, Lahtinen, Rautiala, Tuomi, Valtanen. 2017. <https://www.julkari.fi/handle/10024/131872>

PORNAISTEN KIVIKIRKON KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Henri Pietarinen

Sanria Oy

TIIVISTELMÄ

Kosteusvaurioiden tutkimuksia on tehty tasaisesti koko Pornaisten kivikirkon elinkaaren ajan aina 1930-luvulta alkaen. Jo kirkon käyttöönoton (2.10.1924) yhteydessä on todettu ulkoseinien sisäpinnoilla kosteusvaurioita ja ymmärretty ulkoseinärakenteesta puuttuvan vedeneristekerroksen puuttuminen. 1930-luvun tutkimuksesta ei ole enää raporttia saatavissa ja tieto perustuu perimätietoon. Tutkimusraportteja on kuitenkin taltioitu vuoden 1966 ja 1990-luvun tutkimuksista, joissa viitteet vastaaviin kosteusvaurioihin kuin tänäkin päivänä on havaittu.

Vuosien saatossa ulkoseinien ulko- ja sisäpinnoille sekä yläpohjaan ja vesikatolle on kohdistettu erilaisia korjaustoimenpiteitä. Ulkoseinärakenteen korjaaminen rakennusfysikaalisesti oikein toimivaksi ulkosuuntaan harvenevaksi on kustannuksiltaan kohteen käyttötarkoitus huomioiden kohtuuttoman arvokas toimenpide. Yhdessä seurakunnan kanssa olemme todenneet, että rakenteessa saavutetaan riittävän hyvät edellytykset pitkäaikaiskestävyyden ja huoltotoimenpiteiden kohtuullisuuden saavuttamiseksi eliminoimalla sadeveden tunkeutuminen saumoista rakenteeseen ja vähentämällä sisäilman suhteellista kosteutta koneellisesti.

Toimenpiteiden tavoitteina on saavuttaa ulkoseinärakenteeseen olosuhteet, jossa graniittikiven sisäpintaan tiivistyvä vesihöyry haihtuu sisäkuoren hengittävien tasoite ja maalikerroksien läpi kirkon sisäilmaan ja sieltä poistoilmana ulkoilmaan.

1. SÄÄDÖKSET KOSKIEN KIRKKORAKENNUKSIA

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL, 132/1999) koskee myös kirkkorakennuksia. Lisäksi erityisesti kirkkorakennuksiin liittyvät kirkkolaki (1054/1993) ja laki rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010).

1.1. MRL Rakennetun ympäristön hoito, 22 luku 166 § Rakennuksen kunnossapito

Rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se jatkuvasti täyttää terveellisuuden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset eikä aiheuta ympäristöhaittaa tai ruumenna ympäristöä. Rakennus ja sen energiahuoltoon kuuluvat järjestelmät on pidettävä sellaisessa kunnossa, että ne rakennuksen rakennustapa huomioon ottaen täyttävät energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset. (13.4.2007/488)

Kaavassa suojelluksi määrätyn tai rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain nojalla suojellun rakennuksen käytössä ja kunnossapitämisessä on lisäksi otettava huomioon rakennussuojelun tarkoitus. (4.6.2010/499)

Jos rakennuksen kunnossapitovelvollisuus laiminlyödään, kunnan rakennusvalvontaviranomaisen voi määrätä rakennuksen korjattavaksi tai sen ympäristön siistittäväksi. Jos rakennuksesta

on ilmeistä vaaraa turvallisuudelle, tulee rakennus määrätä purettavaksi tai kieltää sen käyttäminen.

Ennen korjauskehotuksen antamista rakennusvalvontaviranomainen voi määrätä rakennuksen omistajan esittämään rakennusta koskevan kuntotutkimuksen terveellisyyden tai turvallisuuden johdosta ilmeisen välttämättömien korjaustoimenpiteiden selvittämiseksi.

1.2.Laki rakennusperinnön suojelemisesta (498/2010)

Soveltamisala 2§

Rakennusperinnön suojelemiseen sovelletaan tätä lakia, jollei tässä laissa toisin säädetä.

Rakennusperinnön suojelemisesta asemakaava-alueella sekä alueella, jolla on voimassa rakennuskielto asemakaavan laatimista varten, säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999). Tätä lakia sovelletaan myös silloin kun kohteen säilymistä ja suojelua ei voida turvata maankäyttö- ja rakennuslailla ja sen nojalla annetuilla säännöksillä tai määräyksillä.

Kiinteistä muinaisjäännöksistä säädetään muinaismuistolaissa (295/1963) ja kirkollisista rakennuksista kirkkolaissa (1054/1993) sekä ortodoksisesta kirkosta annetussa laissa (985/2006).

Suojelun kohteet 3 §

Rakennusperinnön säilyttämiseksi voidaan suojella rakennuksia, rakennelmia, rakennusryhmiä tai rakennettuja alueita, joilla on merkitystä rakennushistorian, rakennustaiteen, rakennustekniikan, erityisten ympäristöarvojen tai rakennuksen käytön tai siihen liittyvien tapahtumien kannalta.

Suojelu voi koskea myös rakennuksen osaa, rakennuksen kiinteää sisustusta taikka muuta rakentamalla tai istuttamalla muodostettua aluetta. Kiinteällä sisustuksella tarkoitetaan ovia, ikkunoita, listoja, tulisijoja, pinnoitteita, teknisiä laitteita, kiintokalusteita tai muuta näihin verrattavaa sisustusta sekä rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisia, siihen pysyvästi kiinnitettyjä koneita ja laitteita.

1.1. Kirkkolaki 1054/1993, 14 luku - Kirkko, seurakunnan kiinteistöt ja rakennussuojelu **14 luku, Kirkollisen rakennuksen suojelu 5 § (30.12.2013/895)**

Kirkollisen rakennuksen suojelun tavoitteena on turvata kirkollinen rakennettu kulttuuriympäristö osana kulttuuriperintöä, vaalia sen ominaisluonnetta ja erityispiirteitä sekä edistää sen kulttuurisesti kestävä hoitoa ja käyttöä.

Kirkollinen rakennus, joka on rakennettu ennen vuotta 1917, on suojeltu suoraan lain nojalla. Kirkkohallitus voi määrätä tätä myöhemmin käyttöön otetun kirkollisen rakennuksen suojeltavaksi, jos suojelu on perusteltua rakennushistorian, rakennustaiteen, rakennustekniikan tai erityisten ympäristöarvojen kannalta. Kirkkohallitus päättää suojelusta omasta, seurakunnan, tuomiokapitulin tai Museoviraston aloitteesta.

Rakennuksen suojelu käsittää myös sen kiinteän sisustuksen, siihen liittyvät maalaukset ja taideteokset sekä rakennuksen pihapiirin.

14 luku, Lausunnot 5 a § (30.12.2013/895)

Seurakunnan tai seurakuntayhtymän on ennen päätöksen tekemistä varattava Museovirastolle tilaisuus antaa asiasta lausunto, jos päätös koskee suojellun tai sellaisen kirkollisen rakennuksen, jonka käyttöön ottamisesta on kulunut 50 vuotta, olennaista muuttamista tai purkamista

taikka käyttötarkoituksen muuttamista. Lausunto on pyydettävä jo asiaa koskevasta suunnitelmasta.

Seurakunnan tai seurakuntayhtymän on lisäksi ennen 1 momentissa tarkoitettua päätöksen tekemistä varattava tilaisuus antaa asiasta lausunto Ahvenanmaan maakunnan hallitukselle, jos kirkollinen rakennus sijaitsee Ahvenanmaalla, tai saamelaiskäräjille, jos rakennus sijaitsee saamelaisen kotiseutualueella.

Museovirasto voi antaa ohjeita suojeltua kirkollista rakennusta koskevan päätöksen täytäntöönpanosta.

14 luku, Päätös kirkollisen rakennuksen suojelun lakkaamisesta 5 b § (30.12.2013/895)

Kirkkohallitus voi päättää, ettei kirkollista rakennusta enää ole pidettävä suojeltuna, jos:

1) rakennus on sillä tavoin vahingoittunut, ettei sitä voida saattaa ennalleen;

.....

Kirkkohallituksen päätöksestä tulee viipymättä ilmoittaa asianomaiselle elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle sekä kirkollisen rakennuksen sijaintikunnalle.

14. Luku, Rakennussuojelun kustannukset 7 §

Seurakuntaa, joka ei voi toiminnassaan käyttää omistamaansa suojeltua kirkollista rakennusta tai saada siitä muuten kohtuullista hyötyä, ei voida velvoittaa sellaisiin suojelutoimenpiteisiin, joista aiheutuvat kustannukset ovat ilmeisessä epäsuhteessa siihen, mitä seurakunta voi osoittaa kaikkien kirkollisten rakennustensa hoitoon ja kunnostamiseen.

2. KOHDE

Pornaisten kirkko on Ilmari Launiksen suunnittelema 3-laivainen kivikirkko. Kirkon rakennustyöt on aloitettu vuonna 1919 ja käyttöön Pornaisten kivikirkko on otettu 2.10.1924. Jo kirkon käyttöönoton yhteydessä on todettu ulkoseinien sisäpinnoilla kosteusvaurioita ja ymmärretty ulkoseinärakenteesta puuttuvan vedeneristekerroksen puuttuminen.

Kirkko toimii pääasiassa Pornaisten seurakunnan järjestämien tapahtumien kokoontumistilana. Rungon kantavana rakenteena on graniittikivi, jolla pystyrakenteet on toteutettu. Vesikattoja ja yläpohjarakenteita kantavat kaariholvit on toteutettu muuraamalla 130x80x280 punatiilestä. Kyseisestä punatiilestä on myös muurattu sisäkuori, joka on rapattu ja maalattu.

Ilmanvaihtojärjestelmänä on painovoimainen ilmanvaihto. Kiinteistön öljylämmitysjärjestelmä siirretty kaukolämpöön vuonna 2014. Kellariin rakennettuun lämmönjakohuoneeseen ja sisäaltiloihin sekä urkuparvelle on rakennettu painovoimainen ilmanvaihto vuonna 2014.

Kirkon ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin on toteutettu 2000-luvulla eriasteisia korjaustoimenpiteitä 5-10-vuoden taajuudella jatkuvien kosteusvaurioiden vuoksi. Kirkon sisäpintojen laajempi korjaus ja sadevesi- sekä salaojajärjestelmät toteutettu vuonna 2005. Graniittimuurin saumoja on korjailtu uusimalla saumalaastilla ulkopinnalta, on tavoiteltu saumojen tehokkaampaa tuulettumista poraamalla vaakasaumoihin 18mm halkaisijaltaan olevia sähköputkia ja yläpohjan tuuletusta on parannettu sekä yläpohjaan on lisätty lämmöneristettä.

3. TUTKIMUKSET

Kosteusvaurioiden tutkimuksia on tehty tasaisesti koko kirkon elinkaaren ajan aina 1930-luvulta alkaen. 1930-luvun tutkimuksesta ei ole enää raporttia saatavissa ja tieto perustuu perimätietoon. Tutkimusraportteja on kuitenkin taltioitu vuoden 1966 ja 1990-luvun tutkimuksista, joissa viitteet vastaaviin kosteusvaurioihin kuin tänäkin päivänä on havaittu.

Nyt tutkimukset rajattiin ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin sekä alapohjasta ulkosienien viereisten rakenteiden kunnontarkastukseen.

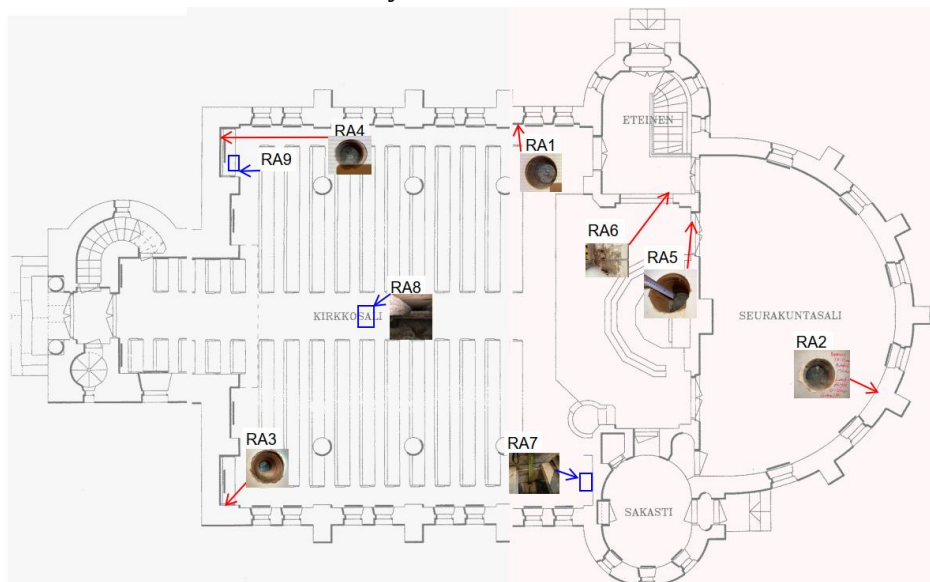
3.1. Sisäilman olosuhdemittaukset

Mittaukset tehtiin vuoden 2019 kesällä ja syksyllä sekä vuonna 2020 talvella ja keväällä.

- Kirkkosalissa on sisäilman jatkuvatoiminen olosuhde- ja paine-eromittausjärjestelmä.
- Olosuhdemittaukset tehdään Miran DLS138 järjestelmällä.

3.2. Rakenneavaukset

Rakenneavauskohdat on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Rakenneavauksien sijaintikaavio

Avauskohdista oli tarkoitus selvittää seuraavat asiat:

- Todeta ulkoseinärakenne ja selvittää mahdollinen rakenteellinen virhe ja arvioida vaurioituneen rakenteen kunto.
- Sisäpuolen rappauskerrokset laastityypeineen.
- Sisäpuolen maalityypit.
- Rakenneavauksien yhteydessä määritetään tarve materiaalinäytteiden otosta mikrobi-analyysia varten.
- Graniittikiven kiinnitystavan tutkiminen.
- Alapohjarakennetyypin määrittäminen.
- Alapohjan täyttömateriaalin tyyppi

3.3. Ulkoseinärakenteen rakennusfysikaalinen tarkastelu

Ulkoseinärakenteen teoreettinen tarkastelu suoritettiin DOF-lämpö 2.2 ohjelmalla. Rakenteiden dimensiot ja varsinainen rakenne todettu rakenneavauksien yhteydessä. Tarkastelussa on käytetty rakenneavauksissa todettua rakennetta.

3.4. Kosteusmittaukset

Porareikämittaukset toteutettiin RT 14-10984 mukaisesti kosteusvaurioituneille alueille; sisäkuoresta kahdelta syvyydeltä ja graniittikiven sauman sisäpinnasta, puolivälistä ja ulkopinnasta.

3.5. Lämpökuvaukset

Lämpökuvaukset on toteutettu lämpö- ja ilmapuotojen sekä kosteusvaurioiden laajuuden selvitystä varten. Lämpökuvaukset toteutettiin syksyn 2019 aikana.

3.6. Laboratorioanalyysit

Graniittikiven betonisauma-aine ja sisäkuoren tiili ja rappausmateriaali:

- Contesta Oy, Akkreditoitu testauslaitos T195 (EN ISO/IEC 17025)

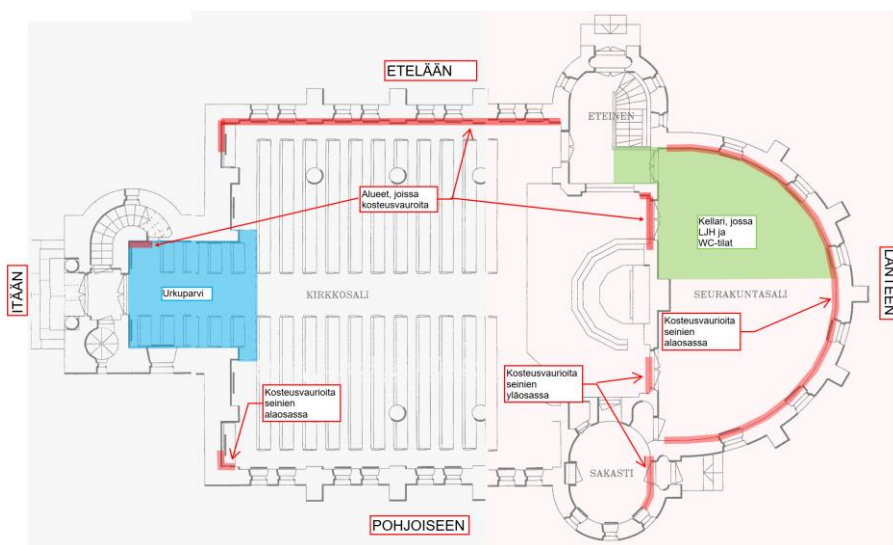
Sisäpuolen maalipinnoitteet:

- Tikkurila Oy

4. TUTKIMUSTULOSTEN YHTEENVETO JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Aistinvaraisissa tutkimuksissa havaittiin holvikaarien ja ulkoseinien välillä halkeamia. Holvikaaret siirtävät vesikaton kuormat ulkoseinille ja pilareille. Holvikaaret ei ole paraabelin muotoisia vaan pyöreitä tasakaarisia.

Etelä- ja länsipuolien ulkoseinillä havaittu useita ja laajoja kosteusvaurioituneita alueita. Kosteusmittaus-, lämpökamera- ja rakenneavaustutkimuksissa todettiin vaurioiden olevan laajuudeltaan suuria sekä ulkoseinärakenteiden sisältävän lukuisia kylmäsiltoja.



Kuva 2. Kosteusvaurioiden paikannuskaavio

Ulkoseinärakenne tiivistyy ulkopinnan suuntaan. Ulkoseinän graniittimuurin osalta vesihöyryä läpäisevänä osana toimii laastisaumat. Graniittikivijulkisivun heikoin kohta on ehdottomasti saumakohta. Laastisaumojen suhteellinen osuus muurin graniittikiven pinta-alaan nähden on 4,2%, jolloin ulospäin suuntautuvaa vesihöyryn kulkua ei käytännössä rakenteen kuivumisen kannalta tapahdu laisinkaan. Graniittimuurin sisälle tunkeutuva pakkanen rapauttaa saumalaastia ja heikentää laastin tartunnan kiven pintaan. Rapautuneesta saumalaastista muodostuu kappilaarista massaa, joka kuljettaa saumaan tunkeutuneen veden sisäpintaan saakka.

Kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen ilmanvaihto, joka toimii kesällä heikosti ulko- ja sisäilman pienten lämpötilaerojen vuoksi. Rakenne luovuttaa sisäilmaan kosteutta, joka rakenteeseen on lämmityskaudella kondensoitunut. Kuivumiskaudella sisäilman korkea kosteuspitoisuus heikentää rakenteesta sisäilmaan diffuusiolla siirtyvää kosteusvirtaa, jolloin rakenteen kosteuspitoisuus ei laske riittävän alhaiselle tasolle. Muuratun sisäkuoren kosteuskapasiteetti täyttyy, joka näkyy sisäpinnoilla tasoitteiden ja maalipintojen irtoamisena ja halkeiluna.

Tärkeimmät toimenpiteet kiireellisyys järjestyksessä

Ulkoseinärakenne

- Julkisivun graniittisaumojen tiivistys vesitiiviiksi siten, että vesihöyry poistuu edelleen sauman kautta. Saumojä puretaan 200 mm:n syvyydelle ja saumaan asennetaan vesitiivis ja rakenteen kuormia kestävä saumamassa.
- Muuratun sisäkuoren hengittävyys parantaminen poistamalla orgaaniset tasoitteet ja tiiviit maalikerrokset. Tasoitemateriaalina käytetään hengittävää tasoitetta, jonka sideaine on epäorgaanista esim. kvartsikivi ja silikaattimaalikerroksia, joiden pigmentit ovat epäorgaanisista raaka-aineista valmistettuja kuten mineraaleista.

Sisäilmasto

Sisäilman korkean suhteellisen kosteuden madaltaminen koneellisesti ja ilmanvaihdon tehostaminen kuivatuskauden ajaksi esimerkiksi koneellisella poistoilmajärjestelmällä.

Julkisivut

- Ikkunoiden ja pilastereiden vesipellit tulee vaihtaa. Mahdollisuuksien mukaan vesipeltien liitokset upotetaan graniittikivien vaakasaumoihin. Vesipeltien liittymät ulkoseinään tiivistetään elastisella saumamassalla.
- Ikkunoiden liittymät ulkoseiniin lämmöneristetään ja tiivistetään elastisella saumamassalla.

Alapohja

Ryömintätilan kosteudentuotto ja alapohjan kantavien puurakenteiden kunto tulee tutkia.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää talouspäällikköä Rauno Saarniota mahdollisuudesta tehdä tutkimustyö kirkkoon ja osallistumisesta tutkimustyön kustannuksiin. Kiitokset työnohjaajille Timo Turuselle ja Sakari Kaustiselle ohjaavista ja rakentavista palautteista. Helmi Kokotille erityinen kiitos, olit suureksi avuksi kiireisimpinä aikoina.

1950-LUVULLA RAKENNETUN KOULURAKENNUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Ville Nurkkala

A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy

TIIVISTELMÄ

Kuntotutkimuksessa tarkasteltiin 1950-luvulla rakennetun koulurakennuksen kuntoa ja rakenteita sekä arvioitiin sisäilman olosuhteita. Rakenneavauksista otettiin materiaalinäytteitä laboratoriotutkimuksia varten. Tutkimuksessa otettiin yhteensä 25 kpl mikrobinäytteitä, 10 kpl VOC-materiaalinäytteitä, 8 kpl VOC-ilmanäytteitä, 5 kpl mineraalivillakuitujen laskeumanäytteitä ja 2 kpl täyttömaiden rakeisuusnäytteitä. Näytteiden lisäksi rakennuksen olosuhteita tarkasteltiin loggereiden avulla kahden viikon seurantajakson ajan.

Rakennukseen on tehty laajennuksia 1970-luvulla. Alkuperäisellä osalla ulkoseinärakenteena on kevytbetoniharkkoa. Yksikerroksisella osalla ja liikuntasalin osalla ulkoseinät ovat tiili/villa/tiili rakenteiset. Rapatut julkisivupinnat ovat rapautuneet ja julkisivut ovat huonossa kunnossa. Alapohjat ovat maanvastaisia betonilaattoja ja välipohjat alalaattapalkistoja, joiden eristeenä on kutteri.

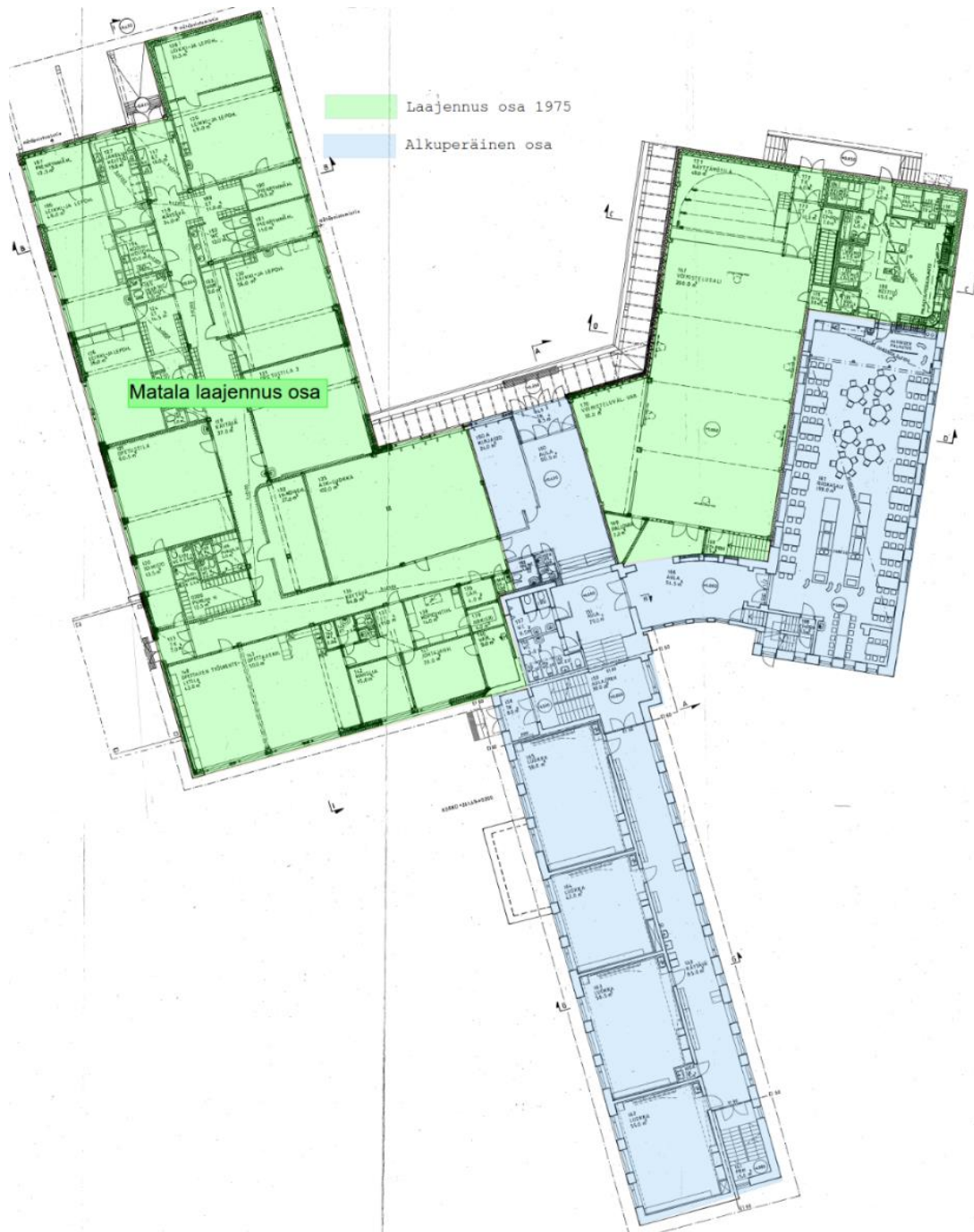
Suurimmat rakennuksen kuntoon ja sisäilmasto-olosuhteisiin heikentävästi vaikuttavat tekijät ovat mikrobivaurioituneet rakennusmateriaalit sekä rakennuksen kellaritilat, jossa on kosteusvaurioita ja poikkeavia hajuja. Rakennuksessa on materiaaleja, joissa on käytetty PAH(16)-yhdisteitä sekä asbestia.

1. JOHDANTO

Tutkimus suoritettiin *Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Ympäristöministeriö-oppaan ohjeistuksen mukaisesti*. Tutkimustuloksia analysoitiin Työterveyslaitoksen antamien vertailuarvojen avulla sekä Asumisterveysasetuksen (545/2015) ja sen soveltamisohjeita I-IV (Valvira, 8/2016, Dnro 2731/06.10.01/2016) noudattaen.

2. KOHDE

Rakennus on alkuperäiseltä osaltaan rakennettu vuonna 1950. Alkuperäisessä rakennusosassa on kolme maanpäällistä kerrosta ja kellarikerros. Rakennukseen on tehty perusparannus ja laajennus vuonna 1975, jolloin on rakennettu matalampi, yksi kerroksinen osa sekä liikuntasali ja väestönsuojatilat kellarikerrokseen. Kuvassa 1 on esillä ensimmäisen kerroksen pohjapiirros, josta näkyy alkuperäinen osa ja laajennusosat.



Kuva 1. Alkuperäinen osa ja laajennusosat

Rakennuksessa on aikakaudelle tyypillisiä riskirakenteiksi luokiteltavia rakenneratkaisuja, jonka lisäksi rakenteissa on käytetty asbestia ja PAH(16)-yhdisteitä sisältäviä rakennusmateriaaleja. Kohteeseen on tehty myös asbesti- ja haitta-aine kartoitus, joka on toimitettu erillisellä raportilla.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää koulurakennuksen rakenteita, taloteknisiä järjestelmiä ja sisäilmaolosuhteita. Tutkimuksesta saatuja tietoja voidaan käyttää rakennuksen peruseronnan suunnitteluun ja olosuhteiden arviointiin.

2.1. Lähtötiedot

Kohteesta oli käytössä alkuperäisiä ARK- ja RAK-piirustuksia sekä rakennus selostuksia. Ennen tutkimuksia kohteeseen tehtiin käyttäjäkysely, jonka perusteella saatiin tietoja kohteessa havaituista ongelmista ja mahdollisista oireiluista. Käyttäjäkyselyn ja asiakirjatarkastelun avulla pystyttiin tekemään alustavaa tutkimussuunnitelmaa, jota täydennettiin kohdekäynnin ja tutkimuksien aikana tehtyjen havaintojen perusteella.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1. Rakenneavaukset

Rakennuksen eri rakenneosien kuntoa ja rakennekerroksia tarkasteltiin rakenneavauksilla. Rakenneavauksien kautta selvitettiin rakenteen toteutusta ja rakennetyyppejä. Avausten kautta tehtiin aistinvaraisia havaintoja ja otettiin näytteitä laboratoriotutkimuksia varten.

3.2. Mikrobit

Mikrobinäytteitä otettiin ulkoseinistä, yläpohjasta, välipohjista ja väliseinästä. Materiaalinäytteet on analysoitu akkreditoidusti Asumisterveysasetuksen mukaisen ohjeistuksen viljelymenetelmällä, jossa materiaalia siirretään suoraan kasvualustalle. Mikrobimäärät ilmoitetaan muodossa pmy(cfu)/malja, joka tarkoittaa pesäkkeen muodostavia yksiköitä maljalla.

3.3. Materiaalinäytteiden VOC-emissiot

VOC-materiaalinäytteitä otettiin lattioiden pinnoitteista. Bulk-emissiotestausta voidaan hyödyntää kartoitettaessa yksittäisiä sisäilman VOC-lähteitä tai materiaaleja tutkittavan tilan sisäilman riskitekijöinä. Tulokset ilmoitetaan yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ (mikrogrammaa tutkittavaa yhdistettä haihtuu grammasta tutkittavaa materiaalia kuutiometriin ilmaan).

3.4. Olosuhdemittaukset

Paine-eroa ulkoilmaan nähden mitattiin kahden viikon tarkastelujaksona (14 vrk). Mittaukset tehtiin Tinytag-loggereiden avulla, jotka sijoitettiin toiseen kerrokseen rakennuksen vastakkaisille seinustoille.

Hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin loggereiden avulla kahden viikon (14 vrk) tarkastelujaksona. Olosuhteita voidaan arvioida Asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen ja sisäilmastoluokituksen 2018 viitearvojen mukaisesti.

Sisäilman mineraalivillakuitujen esiintyvyyttä mitattiin tasopinnoille asetetuilla petrimaljoilla. Keräysaika oli 14 vuorokautta.

3.5.Kosteusmittaukset

Kohteeseen tehtiin kosteusmittauksia ensin pintakosteuden osoittimella, jolla etsittiin mahdollisia poikkeamia rakenteissa. Alapohjiin ja maanvastaisiin seiniin tehtiin suhteellisen kosteuden mittaukset porareikä menetelmällä. Kosteusmittaukset on tehty noudattaen RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittausta – ohjekorttia noudattaen.

4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

4.1. Alapohja

Alapohjarakenteet ovat hiekkatäytön päälle asennettuja betonilaattoja. Betonilaattojen vahvuudet vaihtelivat rakennusvuosien mukaan. Alkuperäisillä osilla betonilaatan alapuolella ei ollut eristeitä. Laajennusosilla on alapohjan betonilaatan alapuolella käytetty EPS-eristettä. Alkuperäisen osan kellaritiloissa on vanhoja tekniikkakanaaleja.

4.2. Ulkoseinät

Alkuperäisellä osalla ulkoseinät ovat tiilimuurattuja seiniä. Paikoittain ulkoseinissä on käytetty korkkieristettä. Korkkieristeessä oli vahva viite mikrobivauriosta. Kellarikerroksen maanvastaisissa ulkoseinissä on käytetty kevytbetoniharkkoa ja betonia. Matalalla laajennusosalla ulkoseinät ovat tiili-villa-tiili rakenteiset. Matalan osan ulkoseinistä otetuissa mineraalivillan materiaalinäytteissä oli viitteitä mikrobivauriosta.

4.3. Välipohjat

Välipohjat ovat alalaattapalkistoja, joissa on kutterieristeet. Käytävillä on pintamateriaalina mosaiikkibetoni ja luokkahuoneissa lattialankku. Kuttereista otetuissa materiaalinäytteissä oli viitteitä mikrobivaurioista.

4.4. Väliseinät

Alkuperäisellä osalla väliseinät ovat joko tiili-, kevytbetoniharkko- ja betonirakenteiset. Pääosin kuitenkin betonirakenteisia. Kellarikerroksen väliseinissä on kosteusvaurioita.

Matalalla laajennusosalla väliseinät ovat tiilimuurattuja ja ne lähtevät oman anturan/vahvenuksen päältä. Rakenneratkaistu vaikuttaa väliseinien ja alapohjalaatan kosteuskäyttäytymiseen.

4.5. Yläpohja, vesikatto ja kuivatusrakenteet

Yläpohjan eristeenä on mineraalivillalevyä. Matalalla laajennusosalla on käytetty lisäeristeenä puhallusvillaa. Yläpohjaan on jätetty rakennusjätettä.

Vesikatteena on bitumihuopa. Bitumihuopa on pääosin hyväkuntoinen, joskin siinä kasvaa paikoittain paljon sammalta.

Sadevesien ohjaus on toteutettu räystäällä olevilta kouruilta ja syöksytorvilta. Kourut ja syöksyt ovat paikoittain korjauksen tarpeessa. Sadevedet ohjautuvat sadevesikaivoihin. Rakennuksen ympärillä on salaojakaivot.

4.6. Piha-alueet

Piha-alueilla on asfalttipintoja, jotka ovat vielä tyydyttävässä kunnossa. Takapihan puolella on uudehkon näköinen asfaltointi, joka on hyvässä kunnossa. Piha-alueen kallistukset ovat sadevesikaivoihin. Päiväkodin pihassa on leikkialue, jonka ympärillä on turva-alusta. Jalkapallokentällä on sora-alue. Takapihan puolella on hoitamattomia nurmialueita sekä puut kasvavat liian lähellä rakennusta.

4.7. LVI-järjestelmät

- Rakennuksen viemärointi on toteutettu valurauta ja muoviviemäreillä. Käyttövesiputket ovat pääosin alkuperäisiä. Muutostöiden yhteydessä putkistoja on uusittu.
- Kiinteistö on liitetty kaukolämpöön. Lämmönsiirtimien laskennallinen käyttöikä ylittyy.
- Ilmanvaihtokoneet ovat pääosin uusia, lukuun ottamatta liikuntasalin iv-konetta, joka on käyttöikänsä lopussa.

4.8. Altistumisolosuhteiden arviointi

Koska rakennuksessa on eri vuosina rakennettuja osia ja kerroksia, niin altistumisolosuhteiden arviointi on jaettu koskemaan matalaa laajennusosaa, alkuperäisen osan kellarikerrosta sekä maanpäällisiä kerroksia. Tutkimuksesta saatujen tulosten ja aistinvaraisten havaintojen perusteella rakennuksen haitallinen olosuhde on seuraavanlainen:

- Kellarikerros lämmönjakuhuoneen alue – Erittäin todennäköinen
- Muut kellaritila – Todennäköinen
- Matala laajennusosa – Mahdollinen
- Maanpäälliset kerrokset – Todennäköinen

5. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

5.1. Rakenteet

Suurimmat korjaustoimenpiteet kohdistuvat rakennuksen kellariin, josta pitää poistaa vanhat kattilat ja alapohjan betoni. Tämän lisäksi joudutaan korjaamaan kosteusvaurioituneet betonipilarit, seinärakenteet ja muut vaurioituneet rakenteet.

Välipohjista poistetaan kutterieristeet peruskorjauksen yhteydessä. Portaikoissa olevat muottilaudat poistetaan.

Julkisivulle tehdään julkisivun kuntotutkimus kopokartoituksineen. Julkisivulle joudutaan todennäköisesti tekemään laajoja korjauksia. Vanhat ikkunat ja ulko-ovet uusitaan.

Matalan laajennusosan ulkoseinille tehdään tiivistyskorjauksia ikkuna-aukkoihin sekä alapohjan ja seinän liittyisiin.

Yläpohjista siivotaan rakennusjätteet pois ja rakennetaan kulkusillat huoltojen helpottamiseksi. Vesikatteen pinnat puhdistetaan sammalkasvustosta ja räystäskourut puhdistetaan ja korjataan.

5.2. LVI-järjestelmät

- Käyttövesi ja viemäriverkostojen osalta joudutaan uusimaan muun muassa vanhimpia vesijohtoputkia, vanhoja valurautaviemäreitä sekä vanhat vesi- ja viemärikalusteet.
- Lämmitysjärjestelmien ja lämpöjohtojen osalta joudutaan uusimaan kaukolämpökeskuksen vanhimpia osia sekä tarkistamaan paisunta-astioiden esipaine.
- Ilmanvaihdon osalta joudutaan uusimaan vanhimmat iv-koneet ja huippuimurit. Vanhimman iv-koneen uusimisen yhteydessä uusitaan myös kanavavarusteet ja iv-kanavat sekä uusitaan raitisilmasäleiköt lumisäleikköihin.

6. LÄHDELUETTELO

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015 ns. asumisterveysasetus. Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osat I-IV. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira. Helsinki 8/2016. <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Kooste epäpuhtaustasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin toimistotyyppisillä työpaikoilla. Työterveyslaitos 2019.

Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen, Sanna; Reijula, Kari; Tähtinen, Katja; Latvala, Jari; Hongisto, Valtteri; Holopainen, Rauno; Kurtio, Päivi; Lahtinen, Marjaana; Rautiala, Sirpa; Tuomi, Tapani; Valtanen, Arja (2017) <https://julkari.fi/handle/10024/131872>

Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen. Valvira 12/2018.

https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Koulu_ja_paivakotiohje.pdf/f334041d-c6f3-fe0a-daa5-78a76ae6a216

RT 14-10984, Rakennustieto Oy 2010. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-10984>

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö 2016. Toim. Pitkäranta M.

1950-LUVUN KOULU, LAAJENNETTU JA PERUSKORJATTU 1994, KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Kari Ovaskainen

Ramboll Finland Oy

TIIVISTELMÄ

Koulun alkuperäinen rakennus (A-osa) on valmistunut vuonna 1954. Vuonna 1994 toteutetun laajennuksen (B- ja C-osa) yhteydessä myös A-osaan on tehty peruskorjaus, jonka yhteydessä osa kellarin vanhasta ryömintätilasta on muutettu sisätiloiksi.

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tulosten perusteella rakenteissa esiintyy kosteus-, laho- ja mikrobivaurioita sekä ilmavuotoja, joiden kautta epäpuhtaudet pääsevät rakennuksen sisäilmaan.

Merkittävimmät sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät A-osalla ovat ryömintä- ja alustatiloista sisäilmaan kulkeutuvat epäpuhtaudet sekä paikalliset mikrobi- ja lahovauriot välipohjissa. B- ja C-osalla merkittävimmät sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät ovat ryömintätilasta kulkeutuvat epäpuhtaudet, mikrobivaurioituneet puulattioiden mineraalivillat, mikrobivaurioituneet alapohjan irrotuskaistat ja mikrobivauriot liikuntasauchoissa.

A- ja B- osilla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on pääosin mahdollinen ja osassa tiloja todennäköinen. C-osalla altistumisolosuhdetaso on aulatilassa mahdollinen, liikuntasalissa todennäköinen ja kuntosalissa erittäin todennäköinen.

Kuntotutkimuksessa havaittujen vaurioiden ja rakenteiden perusteella suuritoisimmat korjaustoimenpiteet ovat mikrobivaurioituneiden materiaalien poistaminen rakenteista ja rakenteiden uudelleen rakentaminen sekä rakenteiden ilmavuotojen tiivistäminen.

Ilmanvaihtojärjestelmät vaativat peruskunnostusta, jotta niissä havaitut puutteet (mm. suodatuspuutteet ja epäpuhtaudet) saadaan poistettua.

1. JOHDANTO

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää ja arvioida tutkimusten kohteena olevan rakennuksen kuntoa. Teknisten selvitysten tueksi tarvitaan usein myös mikrobiologisia analyyseja, joiden avulla saadaan tarkempaa tietoa tilan, rakenteen tai materiaalin vauriosta. Lisäksi selvitetään mahdollisten vaurioiden vaikutusta sisäilman laatuun. Tutkimukset tehdään riittävän yksityiskohtaisesti, jotta niiden tulosten perusteella kohteelle pystytään laatimaan korjaussuunnitelmat

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää asiakirjojen, kohdekäynnin ja tutkimusten pohjalta ne rakenteet, jotka rakennusmateriaalien ikääntymisen, sisäisten ja ulkoisten olosuhteiden vuoksi, tai muiden puutteiden takia voivat aiheuttaa sisäilmahaittaa. Tutkimukset on toteutettu tutkimussuunnitelmassa esitetyssä laajuudessa ja ne suoritettiin *Ympäristöopas 2016 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusoppaan* mukaisesti.

2. TUTKIMUSKOHDDE

Rakennuksen A-osa on valmistunut vuonna 1954 ja sitä on laajennettu B- ja C-osalla vuonna 1994. Rakennuksen tilavuus on 16 643 m³. Rakennuksessa on 1 - 3 maanpäällistä kerrosta ja rakennuksen kerrosluku vaihtelee rakennusosittain.

Rakennuksen ulkoseinärakenteet ovat A-osalla rapattuja massiivitiiliseiniä ja B- ja C-osalla maalattuja betonisandwich-elementtejä. Alapohjia on sekä maanvastaisia että ryömintätilallisia. A-osan välipohjat rakennusajankohdalle tyypillisiä ylälaatta- alalaatta- sekä kotelolaatta-välipohjia. B- ja C-osan välipohjat on tehty ontelolaatoista. Rakennusosissa on tiilipintainen harja/pulpettikatto ulkopuolisin vedenpoistoin. Katosten ja rakennusosien liittymäkohdissa vesikatteena on sinkitty pelti. Vesikaton kantavat rakenteet ovat puuta. Rakennuksessa on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihtojärjestelmä. Lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpö.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus aloitettiin suorittamalla asiakirjojen tarkastelu, jonka perusteella arvioitiin riskirakenteet ja mahdolliset riskipaikat. Asiakirjatar- kastelun ja kohdekäynnin perusteella laadittiin tutkimussuunnitelma, jonka perusteella suori- tettiin varsinaiset tutkimukset.

Tutkimukset sisälsivät rakenneavauksia kaikkiin rakenneosiin yhteensä 72 kpl, joiden yhtey- dessä otettiin materiaalinäytteitä 83 kpl mikrobianalyysiin, 8 kpl asbestianalyysiin sekä 11 kpl PAH-analyysiin. Mikrobinäytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen laboratoriossa. Asbesti- ja PAH-näytteet analysoitiin Labroc Oy:n laboratoriossa. Teollisten mineraalivillakuitujen pitoi- suutta tutkittiin seitsemässä tilassa kahden viikon laskeumanäytteinä kahden eri tuloilmako- neen palvelualueella. Lisäksi tehtiin myös paine-eron, lämpötilan, suhteellisen kosteuden sekä hiilidioksidipitoisuuden seurantamittauksia valituilta alueilta sekä merkkiainekokeita alapoh- jan, välipohjan ja ulkoseinän ilmapuotoreittien selvittämiseksi.

Ilmanvaihdon ja muun talotekniikan kuntotutkimukset eivät kuuluneet tähän tutkimukseen, vaan ne teki toinen toimittaja.

4. KUNTOTUTKIMUKSEN TULOKSET

Merkittävimmät sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät A-osalla ovat ryömintä- ja alustatiloista sisäilmaan kulkeutuvat epäpuhtaudet sekä paikalliset mikrobi- ja lahovauriot välipohjissa. Ryömintä- ja alustatiloissa on mikrobivaurioituneita materiaaleja ja sisätilat ovat alipaineisia ryömintä- ja alustatiloihin nähden, jolloin mikrobiperäisiä epäpuhtauksia kulkeutuu sisätiloihin rakenteiden epätiiviyskohtien kautta. Ulkoseinälinjoilla alalaattapalkistollisissa välipohjissa on mikrobivaurioituneita täyttömateriaaleja ja lahovaurioituneita muottilautoja. Välipohjarakenteiden epätiiviyskohtien kautta kulkeutuu sisätiloihin mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, kun tilat ovat ajoittain voimakkaasti alipaineisia.

Merkittäviä sisäilman laatua paikallisesti heikentäviä tekijöitä ovat myös auditorion katsomon alapuoli-sen tilan alapohjan mikrobivaurioitunut purueriste, auditorion teolliset mineraalikulut sekä näyttämön varaston seinän näkyvä mikrobivaurio. Alapohjan purueriste on mikrobivaurioitunut maaperästä tulevan kosteuden vaikutuksesta. Auditorion katsomon alapuolella olevien iv-kanavien pinnoittamattomista mineraalivillaeristeistä kulkeutuu teollisia mineraalikulut auditorion sisätiloihin.

Yhdessä luokassa on vaurioitunut alapohjan irrotuskaista ja paikallisesti märkä alapohja. Tila sijaitsee osin maanpinnan alapuolella ja alapohjarakenteissa ei ole vanhaa kosteussulkua. Alapohjan vaurioituneesta irrotuskaistasta voi kulkeutua sisätiloihin mikrobiperäisiä epäpuhtauksia. Lisäksi A-osalla sisäilman laatuun vaikuttavat paikalliset seinän korkkieristeiden mikrobivauriot, ilmavaihdon puutteet ja väärät painesuhteet.

B- ja C-osalla merkittävimmät sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät ovat ryömintätilasta kulkeutuvat epäpuhtaudet, mikrobivaurioituneet puulattioiden mineraalivillat, mikrobivaurioituneet alapohjan irrotuskaistat ja mikrobivauriot liikuntasauomoissa. Ryömintätiloissa on vaurioituneita materiaaleja, epätiiviitä läpivientejä sisätiloihin nähden ja puutteita ilmanvaihdoissa.

Alapohjarakenteet ovat paikoin märkiä ja alapohjaliittymissä käytetyt betonivalun irrotuskaisat ovat mikrobivaurioituneita. Puulattioiden alapuolella lämmöneristeenä ja akustisena eristeenä käytetyssä mineraalivillassa on mikrobivaurioita, jotka johtuvat muun muassa rakenteellisista puutteista. Lisäksi ryömintätilan kosteus on edesauttanut kuntosalin lattian huoltolukun mikrobivaurioiden muodostumista. Ajoittain voimakkaastikin alipaineisiin sisätiloihin pääsee kulkeutumaan mikrobiperäisiä epäpuhtauksia vaurioituneista materiaaleista.

Muita merkittäviä sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat paikalliset ulkoseinien kosteus- ja mikrobivauriot ja paikalliset ikkunan karmirakojen PU-vaahdon vauriot.

B-osan kellarikerroksessa ryömintätilasta sisätiloihin todetut epätiiviit läpiviennit kuljettavat epäpuhtauksia sisätiloihin ja vaikeuttavat ilmanvaihdon hallintaa. Metallityöluokassa alapohjan rakenneliittymän irrotuskaistan mikrobikasvustosta kulkeutuu epäpuhtauksia sisätiloihin ilmanvaihdon aiheuttaessa tilaan ajoittain voimakasta alipaineisuutta.

Koko rakennuksessa yläpölyjen suuri määrä heikentää myös sisäilman laatua.

A- ja B- osilla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on pääosin mahdollinen ja osassa tiloja todennäköinen. C-osalla altistumisolosuhdetaso on aulatilassa mahdollinen, liikuntasalissa todennäköinen ja kuntosalissa erittäin todennäköinen.

Ilmanvaihtojärjestelmät vaativat peruskunnostusta, jotta niissä havaitut puutteet (mm. suodatuspuutteet ja epäpuhtaudet) saadaan poistettua.

5. YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA

A-OSA

Alapohjat

- Kuvaamataidon luokan A0.01 seinä-lattialiittymästä mikrobivaurioituneen irrotuskaistan poistaminen ja seinä-lattialiittymän ilmatiiviyn parantaminen.
- Alapohjan paikallisesti märiltä alueilta poistetaan lattianpäällysteet ja hiotaan mattoliima sekä tasoite pois. Rakenteet kuivatetaan. Uudet lattianpäällysteet tai pinnoitteet suositellaan valitsemaan hyvin vesihöyryä läpäisevistä tuotteista.
- Auditorion katsomon alapuolisesta tilasta puretaan puupermanto sekä eristeet. Lattian mahdollinen lisälämmöneristystarve määritellään tilan käyttötarkoituksen mukaan.
- Kirjaston alapuoliseen ryömintätilaan ja rakennuksen ulkopuolella sijaitsevaan ontelotilaan tulisi toteuttaa toimiva ja riittävä alipaineistus, mikä edellyttää suunnittelua.
- Liittolaattarakenteen alapuolella oleviin alustatiloihin suositellaan toteuttamaan koneellinen poistoilmanvaihto. Alustatilan ilmapuodot sisätiloihin suositellaan estämään.

Ulkoseinät

- Ummistettujen patterisyvennysten sekä ummistettujen ulkoseinien aukkojen halkeilleet liittymäkohdat tulee tiivistää ilmatiiviiksi. Tiivistykseen käytetään tarkoitukseen sopivaa tiivistysjärjestelmää.
- Tilan A0.39 kohdalla ulko-oven katoksen vedenohjausta parannetaan ja veden ohjautuminen julkisivupinnalle estetään.
- Räystäskourujen toimivuus tarkastetaan ja niiden puutteet korjataan. Betoniset sadevesikourut puhdistetaan ja kunnostetaan siten, että sadevedet ohjautuvat hallitusti kauemmaksi rakennuksesta.
- Rapatulle julkisivulle suositellaan kuntotutkimusta, jonka avulla selviää rappauksen todellinen kunto, jäljellä oleva käyttöikä sekä peruskorjaustarpeen laajuus. Julkisivututkimuksesta saatavan tiedon perusteella voidaan ennakoida myös sisäpuolisten rakenteiden paikallisia korjaustarpeita. Julkisivututkimuksen yhteydessä suositellaan ottamaan mikrobinäytteitä muun muassa ikkunoiden tilkeraoista, välipohjan kuormantasauspalkkien lämpökatkoista ulkoseinällä sekä sokkeleiden korkkieristeistä.
- Ikkunat kunnostetaan. Mikäli kustannukset ovat lähellä uusien ikkunoiden kustannuksia, niin vaihtoehtoisesti ikkunat uusitaan.

Talotekniikkakuilut

- Talotekniikkakuilujen kerroskatkot kartoitetaan ja tarvittaessa tiivistetään. Kaikki välipohjan lävistävät läpiviennit ja reiät tiivistetään huomioiden palo-osastoinnit.

Välipohjat

- Alalaattavälipohjien korjaustapana voidaan käyttää liittymien- ja läpivientien ilmatiiviyyden parantamista tarkoitukseen soveltuvalla tiivistysjärjestelmällä. Korjauksen käyttökään ja onnistumiseen vaikuttaa oleellisesti käytettävä tiivistysjärjestelmä ja työn huolellinen toteutus. Alalaattavälipohjien korjaukset voidaan tehdä myös purkamalla palkkiväleistä mikrobi- / lahovaurioitunut muottilaudoitus ja täyttömateriaalit.

Väliseinät

- Mikrobivaurioituneista väliseinäeristeistä estetään ilmavirtaukset sisätiloihin. Ilmavirtauksien estäminen voidaan tehdä liittolaatan alapintaan alustatilasta käsin.

Yläpohjat

- Auditorion yläpohjan laatastion epätiiviyskohdat ja halkeamat tiivistetään ilmatiiviiksi. Ilmatiiviyyden parantamiseen käytetään tarkoitukseen sopivaa tiivistysjärjestelmää.
- Muiden alueiden yläpohjan vanhoihin läpivienteihin toteutetaan tiivistys, joka toimii samalla myös höyrynsulkuna läpivientien kohdalla.
- Yksittäiset vesikateläpiviennit korjataan ja rikkoutuneet kattotiilet uusitaan.

B- ja C-osa

Alapohjat

- Puulattioiden eristeiden purkaminen ja alapohjarakenteen toteuttaminen kosteusteknisesti toimivammaksi. Korjaus edellyttää myös ryömintätilojen korjaustoimenpiteitä.
- Vaurioituneiden liitoskohtien tiivistäminen. Tiivistämisellä estetään ilmavirtaukset irrotuskaistasta sisätilaan sekä laatan alapuolisesta ilmatilasta tulevat ilmavirtaukset.
- Tilojen B0.50, B0.51 ja B0.52 lattian linoleum-pinnoitteen uusiminen diffuusioavoimilla päällysteellä, esim. laatoitus tai pinnoite (kellarin käytävällä B0.50 mahdollisesti alustäytön kuivatus/tuuletus ja vedeneristyksen toteuttaminen ryömintätilan puolelta käytävän lattian hiekkakerroksen rajautuvaan betoniseinään)
- B-osan ryömintätila tilan tyhjennys kosteudessa vaurioituvasta irtotavarasta ja kaikkien läpivientien tiivistäminen ilmatiiviiksi. Tämän jälkeen ryömintätilan tuuletuksen toimivuus varmistetaan.
- Ryömintätilan käytävään rajautuvan betoniseinän alaosaan tehdään kapillaarikatko tai vedeneristys sekä ryömintätilaan kulkeutuvalla vedelle toteutetaan salaojitus tai hallittu viemäröinti.
- C-osan ryömintätilan lattialuukun uusiminen ja tiivistäminen. Liikuntasalin ryömintätilasta poistetaan kaikki orgaaninen materiaali ja ryömintätilan ilmanvaihto säädetään alipaineiseksi liikuntasaliin nähden. Ilmanvaihto kytketään ohjautuvaksi tilan kosteuspitoisuuden (RH-%) mukaan.

Ulkoseinät

- Ulkoseinäelementtien saumausten tarkastaminen ja uusiminen tarvittavilta osin.
- Sadevesien poisohjautumisen, räystäskourujen kiinnitysten ja kaatosuuntien tarkastaminen ja korjaaminen.
- Sadevesikaivojen, betonirakenteisten loiskekuppien ja kourujen puhdistamista, ja vesien poisohjaaminen kauemmaksi rakennuksesta.
- Rakennusta ympäröivien maan pinnan kaatosuuntien tarkastaminen, ja tarvittaessa korjaaminen pintavesien ohjaamiseksi pois päin rakennuksesta.

Ikkunat

- Ikkunat kunnostetaan ja karmiraot tiivistetään

Talotekniikkakuilut

- talotekniikkakuilujen kerroskatkot kartoitetaan ja tarvittaessa tiivistetään

Välipohjat

- Väestönsuojan yläpuolisen soratäytön poikkeavan korkean lämpötilan ja kosteuden syyn selvittäminen.

Väliseinät

- B-osan ryömintätilan ja käytävän B0.50 väliseen väliseinään siirtyy kosteutta ala- ja väli-pohjan täyttökerroksesta, joka on märkä. Väliseinä pääsee kuitenkin kuivumaan sisätilaan päin. Väliseinän alaosaan suositellaan ryömintätilan puolella toimenpiteitä, joilla estetään kosteuden siirtymistä ryömintätilasta ala- ja välipohjien täyttökerrokseen.
- Ryömintätilan vastaisen väliseinän läpiviennit tulee korjata paloluokkavaatimukset täyttäväksi.

Yläpohjat

- Yläpohjan putkiläpivientien ja ontelolaattojen vedenpoistoreikien tiivistäminen erillisen suunnitelman mukaan.
- B- ja C osan nivelkohdan jyräjäätösten vaurioittamien mineraalivillaeristeiden vaihtaminen muiden yläpohjan korjaustoimenpiteiden yhteydessä
- ullakkotilojen tuulettuvuuden varmistaminen
- yläpohjan tuuletustilan ja -välin toiminnan tarkastaminen

Liikuntasaumat

- Liikuntasaumojen orgaaninen materiaali poistetaan ja liikuntasaumat tiivistetään erillisen työselityksen mukaan.

6. KIITOKSET

Kiitän työnantajaani Ramboll Finland Oy:tä, ohjaajia, Helmi Kokottia sekä Ratekon mukavaa henkilökuntaa.

7. LÄHDELUETTELO

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet. Osa I-V. Valvira 2016.

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Helsinki 2016. Ympäristöministeriö.

1950-LUVULLA RAKENNETUN KOULURAKENNUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Jukka Räisänen

Kiwa Inspecta

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen kohteena oli 1950-luvulla valmistunut 2. kerroksinen koulurakennus, jossa on myös opetuskäytössä oleva kellarikerros. Rakennus on kantavilta rakenteiltaan kiviaineinen (tiili/betoni) ja rakennuksen ulkoseinät ovat tiiltä. Rakennuksen välipohjien ja yläpohjien kantavat rakenteet ovat betonirakenteisia alalaatta tai ylälaattapalkistoja. Rakennuksen vesikatto- muotona on harjakatto. Kiinteistön ilmanvaihto on toteutettu kolmella tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella.

Rakennukseen on tehty peruskorjaus vuosien 2012 ja 2013 aikana, jolloin alapohjarakenteet on uusittu, kellarin ulkoseinien sisäkuorimuuraukset on poistettu ja maanvastaiset rakenteet on lisäeristetty ulkopuolelta. Välipohjarakenteet on uusittu kerrosten huoneista ja luokkatiloista kantaviin rakenteisiin asti ja rakennuksen ulkoseinät on lisäeristetty ulkopuolelta.

Tutkimusten perusteella sisäilmassa todettiin poikkeavia mikrobipitoisuuksia sekä kuituongelmaa. Merkittävimmät ongelmat liittyvät korjaamattomiin liikuntasalin ja käytävien välipohjiin, yläpohjan rakenteiden tiiveyspuutteisiin, luokkatilojen rakennusaineisien hormien tiiveyspuutteisiin sekä ilmanvaihtojärjestelmiin. Sisäilmaongelmia korostaa tilojen alipaineisuus. Vaurioita on lisäksi kellarin seinä- ja lattiapäällysteissä sekä puutteita seinärakenteiden liitosten tiiveydessä. Altistumisolosuhdearvion perusteella poikkeava altistumisolosuhde on todennäköinen.

Tilojen korjaaminen vaatii laajoja purku- ja korjaustöitä (mm. vanhat välipohjat, hormit, kellarin vaurioituneet pinnat ja vanhat rakenteet), IV:n korjaus-, puhdistus- ja muutostöitä sekä laajoja tiivistysluonteisia korjaustoimenpiteitä. Peruskorjatun kiinteistön osalta tällaisten korjausten toteuttaminen on hyvin haastavaa, mikä tulee huomioida korjaus- ja hankesuunnittelussa.

1. JOHDANTO

Rakennukseen on tehty rakenteiden kuntotutkimus ennen rakennuksen peruskorjausta. Peruskorjauksen jälkeen osassa tiloissa on kuitenkin edelleen esiintynyt sisäilmaongelmiin viittaavaa oireilua ja tiloihin on tehty paikallisia lisäselvityksiä sekä paikallisia korjauksia. Käyttäjien oireilu on lisääntynyt huomattavasti vuoden 2018 kevään aikana. Kaikkein heikoimmaksi tilanne on koettu rakennuksen 1. kerroksessa, mutta oireilua on esiintynyt myös kellari- ja 2. kerroksessa.

Rakenteissa tiedetään olevan kosteusvaurioita aikaisemmin tehtyjen tutkimusten perusteella perusparannuksessa korjaamatta jätetyillä osin liikuntasalin ja käytävien välipohjien eristeissä

sekä yläpohjan puukuitusementtieristeissä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää rakennuksesta aiheutuvien sisäilmaongelmien syyt ja arvioida vaadittavat toimenpiteet ongelmien korjaamiseksi.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimukset toteutettiin pääosin ympäristöoppaan 2016 ohjeistuksen mukaisesti. Ennen tutkimuksia käytiin läpi tilaajan ja tilojen käyttäjien edustajan kanssa tiedossa olevat ongelmat ja tiloissa koetut puutteet sisäilman laadussa. Näiden pohjalta laadittiin toteutettava tutkimussuunnitelma.

Kouluun tehtiin tutkimussuunnitelman mukaan aistinvarainen kattava yleistarkastus, jonka yhteydessä kellarikerrokseen tehtiin pintakosteuskartoitus ja tehtiin lattioiden pinnoitteiden alle viiltokosteusmittauksia. Rakenteiden tiiveyttä tarkasteltiin yleisesti merkkisavuja apuna käyttäen. Aistinvaraisten tutkimusten aikana mitattiin myös hetkellisiä paine-eroja tarkasteluhetken olosuhteiden arvioimiseksi. Lisäksi tiloihin tehtiin kaikkiin kerroksiin loggerimittauksia paine- erojen, lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuksien osalta.

Rakenteista otettiin materiaalinäytteitä riskialtteinimmiksi arvioituilta rakennusosilta. Mikrobin materiaalinäytteet otettiin asumisterveysasetuksessa (545/2015) ja sen soveltamisohjeessa (Valvira, 2016) esitetyin menetelmin. Analyysit tehtiin suoraviljelymenetelmillä.

Tiloista otettiin joululoman loppupuoella sisäilman mikrobinäytteitä. Tilat oli siivottu huolellisesti joululoman aikana, jotta tilojen käytöstä johtuvat taustapitoisuudet olisivat mahdollisimman vähäiset ja tuloksissa nähtäisiin paremmin rakenteista sisäilmaan kulkeutuvia mikrobipitoisuuksia. Myöhemmin sisäilman näytteitä otettiin vielä lisää tilojen käytön aikana, tutkimusten edetessä. Tutkimuksissa otetut sisäilman mikrobinäytteet kerättiin Andersen-keräimellä.

Kellarin lattioiden pinnoitteita tutkittiin VOC-bulk näytteillä. Työterveyslaitos on asettanut osalle materiaaleista viitearvoja asiakas- ja seurantanäytteiden bulk-emissiotulosten perusteella, mutta tulosten perusteella ei voida suoraan tehdä johtopäätöksiä sisäilman laadusta.

Kuituteippinäytteitä otettiin tiloista 2 viikon laskeuma-alustoilta sekä suoraan IV- tulokanavista, mahdollisten kuituongelmien selvittämiseksi.

3. TUTKIMUSTULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1. Alapohjat

Rakennuksen alapohjat ovat maanvaraisia rakenteita ja ne on pääosin viimeisimmässä peruskorjauksessa uusittu. Kellarin alapohjien osalta merkittävimmät riskit sisäilman laadun kannalta ovat porrashuoneiden alustilojen korjaamattomissa alkuperäisissä rakenteissa, jotka tulisi korjata vastaamaan muuta kellarikerrosta. Lisäksi tekstiilityöluokkien osalta lattian

muovimattojen pinnoitteissa esiintyy VOC-vaurioita, jotka mahdollisesti heikentävät tilojen sisäilman laatua. Muilta osin ei alapohjan rakenteissa merkittäviä puutteita todettu.

3.2. Kantavat väliseinät

Kellarin kantavissa betonisissa väliseinissä esiintyy tasoitteissa mikrobivaurioita korjaamattomilla osin, jotka tulisi puhdistaa. Vauriot ovat aiheutuneet vuosikymmenten aikana maaperästä rakenteisiin kapilaarisesti nousseen kosteuden vaikutuksesta.

Käytävien massiivisissa tiiliväliseinissä havaittiin 1. ja 2. toisessa kerroksessa tiivistämättömiä rakennuksen halki meneviä liikuntasauvoja, joiden kautta on riski päästä rakenteista epäpuhtauksia sisäilmaan.

3.3. Ulkoseinät ja ikkunat

Maanpäällisissä kerroksissa ulkoseinät muodostuvat pääosalla rakennusta noin 330 mm vahvuisesta tiilirakenteisesta sisäkuoresta, 75 mm eristevillasta, vanhasta julkisivumuurauksesta ja sen ulkopintaan asennetusta lisäeristyksestä ja rappauksesta. Rakenteet ja rakennuksen ikä huomioiden ulkoseinärakenteiden eristekerroksissa esiintyy todennäköisesti paikallisia mikrobi- vaurioita. Tällöin olennaista sisäilman laadun kannalta on erityisesti ikkunoiden ja seinärakenteiden liitosten tiiveys. Rakenteiden liitoksista ei merkittäviä ilmavuotoja havaittu, mutta koska rakenteisiin tiedetään liittyvän riskejä ja varsinaista tiivistyskorjausta ei ole niihin tehty, on ikkunaliittymien tiivistyskorjausta syytä harkita.

Porrashuoneiden alustiloissa on alkuperäisiä ulkoseinärakenteita, joita ei ole peruskorjauksessa korjattu. Näillä osin seinissä on kivihiihipeä ja mahdollisesti myös mikrobivaurioita. Lisäksi kellarin pukuhuoneessa ulkoseinärakenne poikkeaa muusta kellarista ja näillä osin pukuhuoneessa on korjaustarvetta.

3.4. Välipohjat

Alkuperäiset välipohjat ovat olleet betonirakenteisia ylälaattapalkistoja, joissa kantavan laatan ja pintalaatan välissä on ollut puukuitusementtieriste sekä alalaattapalkistoja, joissa on purueristeet.

Mosaiikkibetonipintaisia käytävätiloja ja liikuntasalia lukuun ottamatta välipohjat on korjattu viimeisimmässä peruskorjauksessa. Korjaamattomissa välipohjissa on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu selkeitä mikrobivaurioita eristekerroksissa ja rakenteet on suositeltu korjattavaksi.

Nyt tehdyn tutkimuksen aikana välipohjien läpivientien ja liikuntasauvojen tiiveydessä havaittiin puutteita, joten vaurioituneista käytävän välipohjista on ilmayhteyksiä sisäilmaan alapuolisiin tiloihin. Lisäksi välipohjissa havaittiin paikoin vanhaa muottitavaraa.

3.5. Yläpohjat

Yläpohjarakenteet ovat betonirakenteisia ylälaattapalkistoja, joissa on alkuperäinen puukuitusementtieriste. Eristeessä tiedetään ennen peruskorjausta tehdyn tutkimuksen perusteella ole- van mikrobivaurioita.

Yläpohjarakenteissa on useita epätiiveyskohtia, joiden kautta sisätiloista on ilmayhteyksiä läpivientien, liikuntasauojen ja hormien kautta yläpohjan eristetilaan. Ullakkotilassa on palo-permannon päällä kuolleita lintuja ja lintujen ulosteita, jotka tulisi puhdistaa. Yläpohjien sisäpinnassa havaittiin paikoin vanhaa muottilautaa.

3.6. Luokkatilojen kiviaineiset hormit

Luokkatiloissa on hormoneja, joista osa on vanhoja tulisijojen hormoneja ja osa vanhoja IV-hormeja. Hormeihin liittyy selkeitä riskitekijöitä sisäilman osalta. Hormeissa on epäpuhtauslähteitä, eivätkä hormien rakenteet ole tiiviit ja hormoneista havaittiin ilmavuotoja luokkatiloihin. Hormien kautta on paikoin ilmayhteyksiä alapohjaan, välipohjiin ja yläpohjaan sekä ullakkotilaan. Hormit voivat toimia siirtoilmakanavina, eikä ilmavuotoja voida hallita, mikäli rakenteet eivät ole tiiviitä.

3.7. Ilmanvaihto

Ilmanvaihto on toteutettu kolmella tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella. Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että 1. ja 2. kerroksen luokka- ja toimistotiloja palveleva ilmanvaihtokone on teknisen käyttöikänsä päässä ja se tulisi uusida. Uudemmat ilmanvaihtokoneet, jotka palvelevat kellarin tiloja sekä liikuntasalia, ovat peräisin 2013 peruskorjauksesta ja niillä on vielä runsaasti käyttöikää jäljellä. Myös kellarin ja liikuntasalin IV-koneista löydettiin puutteita, mitkä vaativat huoltotoimenpiteitä.

Ilmanvaihtojärjestelmässä havaittiin epäpuhtauksia, erityisesti vanhan luokkatiloja palvelevan IV-koneen alueella. Vanhan ilmanvaihtokoneen alueella todettiin kanavistosta otetuissa näyt-teissä erittäin runsaasti mineraalikuituja. Mineraalikuitulähteitä havaittiin IV-järjestelmissä paikoin mm. kellarissa sijaitsevassa tuloilman kanavaäänenvaimentimessa sekä 1. ja 2. kerroksen käytävien tuloilman päätelaitteissa. Havaitut kuitulähteet suositellaan poistettaviksi ja kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmät puhdistettavaksi. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus sekä ilmamäärien mittaaminen ja säätö tulee suorittaa, kun ilmanvaihdon sekä kiinteistön kaikki muut muutos- ja korjaustyöt on saatu valmiiksi.

Kaikkien tutkittujen IV-koneiden raitisilmakammioissa sekä tuloilmasuodattimissa oli lunta. Raitisilmasäleikköjä ei pystytty fyysisesti tutkimaan, mutta lumiongelma kertoo säleikköjen korjaus/muutostarpeesta.

3.8. Olosuhdemittaukset

Tutkimuksissa tehtiin olosuhdemittauksia 14 vrk:n seurantajaksolla. Mittauksien perusteella kohteen paine-erot ulkoilmaan nähden ovat olleet hieman koholla (tilat alipaineisia) ja ilmanvaihtoon kohdistuu säätötarvetta.

Huoneilman hiilidioksidipitoisuus nousi osassa tiloista sisäilmanluokan S3 tasolle. Mitatut tulokset eivät aiheuta toimenpiteitä, mutta mikäli tilat halutaan luokkaan S2, tulee tilojen käyttöä ja ilmanvaihdon riittävyttä tarkastella tarkemmin.

Suoritettujen lämpötilan seurantamittauksien perusteella kiinteistön lämmitysjärjestelmään tulee kohdistumaan jatkotoimenpiteitä. Kiinteistön 1. ja 2. kerroksen tilat eivät lämpötilojen osalta ole kaikilta osin sisäilmaluokituksen vähimmäisvaatimusten mukaiset (tilat ovat viileitä) ja tämän vuoksi lämmitysjärjestelmän säätö sekä säädettävyyden selvittäminen on selvitetävää.

3.9. Sisäilman epäpuhtausmittaukset

Sisäilmasta otetuissa mikrobi-ilmanäytteissä todettiin selkeitä viitteitä vaurioista ja mikrobien todettiin myös pääsevän rakenteista sisäilmaan. Näytetuloksissa havaittiin myös selkeää vaihtelua eri päivinä otettujen näytetulosten välillä, mikä viittaa ilmanlaadun vaihteluun tiloissa.

Tilojen sisäilmassa todettiin olevan kaikissa kerroksissa paikoin Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (545/2015) toimenpideraja-arvon ylittäviä pitoisuuksia mineraalivillakuituja. Tutkimusten perusteella kuitujen pääasiallinen lähde on ilmanvaihtojärjestelmät.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennuksen sisäilmassa esiintyy epäpuhtauksia, jotka selittävät tiloissa koettuja oireita. Epäpuhtaudet ovat peräisin rakenteista ja ilmanvaihtojärjestelmistä. Tutkimustulosten perusteella kohteessa poikkeava altistumisolosuhte on todennäköinen ja tarvittaviin korjauksiin on suositeltavaa ryhtyä nopealla aikataululla.

Kertaalleen peruskorjatun vanhan koulurakennuksen korjaukset tiedetään alalla hyvin haastaviksi. Tutkimuksissa puutteita havaittiin paikoin jo kertaalleen korjatuissa rakenteissa, mikä vaikeuttaa tarvittavien korjausten rajaamista. Tällaisessa kohteessa korostuu erityisesti tehtyjen tutkimusten riittävä laajuus, huolellinen korjaussuunnittelu sekä töiden huolellinen ja valvottu toteutus. Lisäksi on erityisen tärkeää huolehtia korjausten onnistumisen todentamisesta mm. merkkiainekokein ja laatia seurantasuunnitelma korjausten jälkeiselle ajalle.

Nyt tehtyjen tutkimusten jälkeen rakennukseen jäi edelleen paikallista tutkimustarvetta rakenteiden ja ilmanvaihdon osalta.

5. MERKITTÄVIMMÄT SUOSITELLUT TOIMENPITEET

Alapohja ja kantavat seinät

- Porrashuoneiden varastojen ja alustilojen alapohjarakenteiden ja vanhojen seinärakenteiden korjaus
- Vaurioituneiden kellarin lattiapinnoitteiden uusiminen sisäilmariskien minimoimiseksi.
- Kantavien väliseinien alaosien tasoitteiden puhdistus ja uusiminen korjaamattomilta osin.
- Pukuhuoneen ulkoseinän korjaaminen kosteusteknisesti toimivaksi.
- Ikkunoiden tiivistyskorjauksia koko kiinteistöön.
- Läpivientien tiivistäminen (kaikki rakenneosat)

Välipohjat ja yläpohja

- Välipohjien vaurioituneiden rakenteiden uusimien puhdistetulle betonipinnalla uusimattomien käytävien, porrashuoneiden ja liikuntasalin osalta.
- Liikuntasauvojen puhdistus ja tiivistys (kaikki rakenneosat).
- Yläpohjan alaslaskukattojen purkamien. Yläpohjan riskipaikkojen kartoittaminen (muottilaudat, läpiviennit, mahdolliset muuta epätiiveyskohdat). Orgaanisten materiaalien poistaminen sisäpuolen rakenteista ja yläpohjan epätiiveyskohtien tiivistyskorjaukset tarvittavassa laajuudessa.
- Palopermannon siivous.

Kiviaineiset hormit

- Luokkatilojen kiviaineiset hormit tulisi käydä tapauskohtaisesti läpi ja rakenteita aukaista/purkaa. Rakenteiden orgaaniset materiaalit poistaa, rakenteet tulisi puhdistaa ja tiivistää.

Ilmanvaihto

- Vanhan ilmanvaihtokoneen uusiminen
- Kuitulähteiden poisto, kanavistojen puhdistu sekä ilmanvaihdon säätö korjausten jälkeen.

6. LÄHDELUETTELO

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Pitkäranta Miia (toim.). Ympäristö ministeriö. Rakennustieto Oy. 2016.

Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT 07-11299

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (545/2015).

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Valvira. 8/2016. Osat I-V.

SEURAKUNTAKESKUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Pekka Salin

Inspector Sec Oy

TIIVISTELMÄ

Seurakuntakeskus on rakennettu alun perin vuonna 1961 liike- ja huoneistokäyttöön, mutta myöhemmin käyttötarkoitus on muutettu toimistorakennukseksi. Perustukset ja runkorakenteet ovat paikalla valettua teräsbetonia, samoin välipohjalaatat ja -palkit. Ulkoseinän sisäkuori on betonia tai Kahi-tiiltä ja julkisivu on verhoiltu kuitusementtilevyllä (Minerit). Kohteessa on maanvastaisia seinärakenteita sisäpuolisella sementtilastuvillaeristeellä. Salaojitusta ei ole. Ilmanvaihtojärjestelynä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Kohteeseen tehtiin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus ympäristöopas 2016 mukaisesti. Tutkimus käynnistettiin henkilöstön kokemien sisäilmahaittojen vuoksi, mutta tutkimusten edetessä peruskorjauksen tarve kävi ilmeiseksi. Tutkimusmenetelminä olivat rakenneavaukset, mikrobinäytteet, porareikämittaukset, ilmamäärämittaukset ja IV-tarkastukset, olosuhde- ja paine-eromittaukset sekä tiiviysmittaukset merkkiainekokeilla.

Kohteessa oli useita rakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä, joiden tekninen käyttöikä on ylittynyt. Varsinaisen sisäilmaongelman aiheutti julkisivun laajamittainen mikrobivaurioituminen. Sitä pahensi osittain vanhentunut ilmanvaihtojärjestelmä, joka aiheutti rakennukseen alipaineisuutta. Kohteesta tunnistettiin myös muita riskirakenteita, joiden korjaaminen kannattaa käynnistää ennen uusien sisäilmaongelmien realisoitumista.

Korjausmenetelminä suositeltiin julkisivun peruskorjausta, maanvastaisten seinien korjausta, salaojajärjestelmän asentamista ja ilmanvaihtojärjestelmän päivittämistä.

1. JOHDANTO

Johdannossa käsitellään riskirakenteita, jotka liittyvät tutkittuun kohteeseen. Näitä ovat olivat tuuletusraolliset seinät, joissa on erillinen ulkoverhous, maanvastaisten sisäpuolelta eristetyt seinät sekä salaojituksen puuttuminen. RIL 255-1-2014 sisältää rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan esimerkkejä.

1.1 Tuuletusraolliset seinät, joissa on erillinen ulkoverhous

Tässä seinärakenteessa on tyypillisesti tiilisisäkuori, johon liittyy tuuletusvälillä varustettu lautaverhoiltu seinä. Rakenteen sisäkuori voi olla myös betonia ja julkisivumateriaalina julkisivulevy.

Rakenteen tyypillinen ongelma on puutteita tuuletusvälin toteuttamisessa. Erityisesti vanhemmissa rakennuksissa tuuletusvälit ovat kapeita, eivätkä ne välttämättä ole avoimia alhaalta ja

ylhäältä. Ongelmana voi myös olla se, että rakenteeseen ohjautuu vettä saumojen, läpivientien ja liittymien kautta. Erityisen vaurioherkkiä ovat ulkoseinän alaosan puurakenteet ja ikkunarakenteisiin liittyvät puurakenteet.

Korjausopas (Ympäristöministeriö, 2019) antaa rakenteelle kolme erilaista korjausvaihtoehtoa: kokonaan uusimisen, rakenteen uusimisen ulkopuolelta ja seinärakenteen ilmatiiviyn parantamisen. Rakenne voidaan uusida kokonaan, mutta se vaatii laajamittaisia purkutoimenpiteitä. Jos korjauksen syynä on kosteus- ja mikrobivaurioituminen, todennäköisempi korjaustapa on rakenteen uusiminen ulkopuolelta ja tarvittaessa rakenteen ilmatiiviyn parantaminen.

1.2 Maanvastaiset seinärakenteet sisäpuolisella lämmöneristyksellä

Maanvastaiset seinärakenteet ovat tunnettuja riskirakenteita. Niille on julkaistu sekä tutkimisettä korjausohjeet ympäristöministeriön toimesta. Periaatteena on, että maanvastaisissa seinissä lämmöneristystä ei tule sijoittaa seinän sisäpuolelle, mutta vanhemmissa rakennuksissa tämä on tyypillinen ratkaisu. Maanvastaisia seinäratkaisuja on useantyyppisiä, esimerkiksi sisäpuolelta tiilivuorattu lämmöneristeellinen kellarinseinä.

Maanvastainen seinärakenne on ongelmallinen sen vuoksi, että sisäpuolinen lämmöneriste mikrobivaurioituu maaperäkosteuden vaikutuksesta. Kosteus voi nousta kapillaarisesti kiviaineista rakennetta pitkin tai siirtyä diffuusion seurauksena. Maanvastaisten rakenteiden sisäpintamateriaalien tulisi olla kosteutta kestäviä ja vesihöyryn läpäiseviä.

Olosuhdemuutokset ovat tyypillisesti hitaita maaperässä ja kosteusrasitus vaihtelee esimerkiksi vuodenaikojen mukaan. Vuosittaiset sademäärät ja vallitsevat lämpötilat vaikuttavat rakenteiden lämpö- ja kosteusoloihin.

1.3 Salaojitus

Rakennus salaojitetaan veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjaveden pinnan pitämiseksi riittävän etäällä maanvastaisista rakenteista. Salaojituksen tehtävänä on myös johtaa maahan imeytyvät hulevedet kauemmaksi rakennuksesta. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, jos perusmaan vedenläpäisykyky todetaan riittäväksi ja voidaan olla varmoja, että pohjaveden vaihteleva korkeus ei muodosta riskiä.

Vanhemmissa rakennuksissa salaojitus on usein puutteellinen, esimerkiksi vierustäyttöjä ei ole tehty salaojittavilla kerroksilla tai salaojitus puuttuu kokonaan.¹ Tämä johtaa herkästi maanvastaisten rakenteiden kastumiseen.

Salaojituskerrokset putkineen sijoitetaan yleensä rakennuksen ympärille, joissakin tapauksissa myös rakennuksen sisälle. Salaojaputken tulee olla maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella, lisäksi niin syvällä tai lämmöneristettynä, ettei se pääse jäätymään.

1.4 Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimuksen ensisijaisena tavoitteena oli tunnistaa sisäilmahaittaa aiheuttavat rakenteet ja olosuhteet. Toissijaisena tavoitteena oli selvittää vaurioiden mittakaava, syy ja suuntaa antavat korjaustavat.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuskohteena oli seurakuntakeskus, joka on rakennettu alun perin vuonna 1961 liike- ja huoneistokäyttöön. Rakennus sijaitsee loivassa itä-länsisuuntaisessa hiekkarinteessä noin 600 metrin päässä merenrannasta. Se on siten alttiina kovalle säärasitukselle. Kohdetta ei ole suojeltu rakennusperintölain nojalla.

Kohteessa on kolme maanpäällistä kerrosta ja pohjakerros. Kohteen rakennustilavuus on 4300 m³. Asemakaavassa bruttoalaksi on merkitty 1060 m². Perustukset ja runkorakenteet ovat paikalla valettua teräsbetonia. Ulkoseinän sisäkuori on betonia tai Kahi-tiiltä ja julkisivu on verhoiltu kuitusementtilevyllä. Ulkoseinän lämmöneristeenä on käytetty sementtilastuvillalevyä, korkkia ja mineraalivillaa. Kohteessa on maanvastaisia seinärakenteita sisäpuolisella sementtilastuvillaeristeellä. Salaojitusta ei ole. Ilmanvaihtojärjestelynä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Vanhin IV-kone on asennettu 1979, uudemmat 1998 ja 2006.

Tärkeimmät lähtötiedot olivat seuraavia:

- pääpiirustukset vuodelta 1961
- Muutostyöpiirrokset 1979, 1983, 2008, 2009 ja 2013
- IV-suunnitelma 2009
- Maaperäkartta, GTK
- Testausseloste radonpurkkimittauksista, 3/2019

Kohteeseen tehtiin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Tutkimusmenetelmät olivat seuraavat:

- rakenneavaukset maanvastaisiin seiniin, julkisivuun, välipohjiin ja yläpohjaan
- mikrobinäytteet, pääasiassa julkisivun lämmöneristeistä
- porareikämittaukset alapohjarakenteisiin ja maanvastaisiin seiniin
- ilmamäärämittaukset balometrilla, IV-tarkastukset
- olosuhde- ja paine-eromittaukset tallentavalla mittarilla 2 viikon ajan. Mittauspisteitä oli kolme kappaletta. Olosuhdemittauksiin kuuluivat lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja suhteellinen ilmakeuhkus.
- sisäilmamittaukset: teolliset mineraalikuidut tasopinnoilta, VOC-materiaalinäyte vanhasta lattiapäällysteestä.
- tiiviysmittaukset merkkiainekokeilla.

3. TULOSTEN KÄSITTELY

3.1. Alapohjarakenteet ja maanvastaiset seinät

Maakosteus rasittaa alapohjarakenteita erityisesti niissä tiloissa, joiden alapohja on muita tiloja alempana (korkeusasema 90 cm alempana). Maakosteuden syynä on hiekkaiseen maaperään vajoava vesi ja salaojien puuttuminen. Useimpien tilojen alapohjan kosteussulkuna on bitumisively, mikä hillitsee kosteuden nousua. Kosteutta pääsee kuitenkin nousemaan kiviaineisten väliseinien alaosiin.

Maanvastaisen seinän sisäpuolisessa lämmöneristeessä on laajamittaisia mikrobivaurioita. Kyselytutkimuksen mukaan pohjakerroksessa ei ollut havaintoja homeenhajusta. Tämä johtunee siitä, että lastuvillalevyn päällä on paksu rappaus, mikä osaltaan estää mikrobiperäisen hajun leviämistä.

3.2. Ulkoseinät

Ulkoseinistä ja ikkunaeristeistä otettiin 14 materiaalinäytettä, joista 9 näytteessä oli merkittävä vaurioviite ja yhdessä heikko viite. Ulkoseinien eristeitä voi pitää laajamittaisesti vaurioituneina. Ulkoseinän tuulettuvuus on heikko ja lisäksi rakenteilla on ikää 40-60 vuotta.

Pohjoissivun ulkoseinässä on lämmöneristeinä sementtilastuvillalevyä ja korkkia, jotka vaurioituvat herkästi kastuessaan. Merkkiainekokeet osoittivat, että pohjoissivun ulkoseinärakenne on melko tiivis ja ilmavuotoja oli ainoastaan ikkunakarmien ja pilarien liittymissä. Ilmavuodot olivat vähäisiä tai pistemäisiä.

Eteläisen ulkoseinän lämmöneristeet pysyvät märkinä toisen kerroksen kohdalla, jossa sadevesi kulkeutuu rakenteeseen, eikä ilma ei kierrä rakenteessa riittävästi (levytyksen alaosassa ei ole ilmarakoa). Merkkiainekokeet osoittivat, että eteläinen ulkoseinärakenne oli monin paikoin epätiivis. Eteläisen ulkoseinien mikrobivauriot selittävät todennäköisesti suurimman osan rakennuksessa koetuista sisäilmahaitoista.

3.3. Yläpohja

Seurakuntakeskus on profiililtaan porrastettu siten, että yläpohjia on kolmessa tasossa: toisen ja kolmannen kerroksen yläpohjat sekä katolla olevan IV-konehuoneen yläpohja.

Sadevesi lammikoituu toisen kerroksen itäpäädyn leveälle katto-osuudelle. Tämä johtuu riittämättömästä kallistuksesta ja aiheuttaa kosteusvaurioitumisriskin. Toisen kerroksen alaslaskuissa on vanhoja pölyäviä akustiikkalevyjä sekä suojaamatonta mineraalivillaa. Ne voivat toimia sisäilman kuitulähteenä. Kolmannen kerroksen tuulettuvan vesikaton puurakenteet olivat hyväkuntoisia ja huopakatteessa ei havaittu vaurioita. Vesikattorakenne tuulettuu hyvin.

3.4. Piha-alue

Piha-alue on osittain asfaltoitu ja osittain peitetty betonilaatalla. Katolta tuleva sadevesi johdetaan ulkopuolisiin sadevesikouruihin ja syöksytorvien kautta loiskekouruihin. Hulevesien havaittiin lammikoituvan eteläsivun betonilaatoille pääsisäänkäynnin läheisyyteen. Tarkastuksen aikaan kaikki sadevesikourujen sulana pitokaapelit eivät toimineet. Tämä todennettiin yleismitarilla. Syöksytorviin jäänyt vesi voi vaurioittaa syöksytorvia.

Rakennuksen edustalle lammikoituva vesi voi painua vajovetenä hiekkaiseen maaperään rakennuksen ympärille ja pahentaa alapohjan kosteuskuormitusta.

3.5. Ilmanvaihto

Rakennukseen on asennettu neljä tulo- ja poistoilmanvaihtokonetta. Koneet on asennettu 1979, 1998 ja 2006. Kaikki koneet toimivat aikaohjauksella.

TK01 on tekniikaltaan ja suorituskyvyltään vanhentunut. Äänihaitan vuoksi se on asetettu puolelle teholle. Tästä seuraa se, että tuloilman määrä on liian vähäinen osassa toiminta-aluetta ja rakennus on selvästi liian alipaineinen. TK01 toiminta-alueella on tiloja, joihin ei ole järjestetty tuloilmaa (tilat 203 ja 222). Tila 203 on pysyvässä käytössä ja 222 on suunniteltu väliaikaiseksi työpisteeksi vierailijoille.

TK04-kone oli pölyinen, samoin siihen liittyvä IV-tuloilmakanava. Myös TK01 tuloilmakanavat olivat puhdistuksen tarpeessa. Muissa koneissa, niiden huolloissa tai IV-kanavien puhtaudessa ei ollut poikkeamia.

3.5. Olosuhde-, paine-ero- ja sisäilmamittaukset

Mittausaikana hiilidioksidipitoisuus säilyi matalana, maksimissaan noin 980 ppm. Toimistohuoneiden lämpötilat täyttivät mittausaikana S1-luokituksen vaatimukset.

Painesuhteita tutkittiin pitkäaikaisesti tallentavilla mittauksilla. Päiväaikaan alipainetta oli keskimäärin -8...-10 Pa ulkoilmaan nähden. Painesuhde vaihtelee vallitsevan tuulen mukaan ja oli mittausajalla maksimissaan -25 Pa. Painesuhde yöaikaan oli keskimäärin -3 Pa ulkoilmaan nähden. Yöaikaan alipaineisuus vähenee, koska TK01 on pois päältä. TK01 tuloilmakapasiteetti oli heikko, mutta poistotehokkuus suuri.

Teollisten mineraalikulitujen pitoisuutta tutkittiin geeliteippinäytteiden avulla tasopinnoilla. Kaikkien näytteiden tutkimustulos alitti viitearvon 0,2 kuitua/cm². Vanhan muovimaton VOC-materiaaliemissiot eivät ylittäneet viitearvoja.

3.5. Altistumisolosuhteiden arviointi

Altistuminen mikrobiperäisille epäpuhtauksille arvioitiin, soveltamalla TTL:n ohjetta (2017), erittäin todennäköiseksi eteläsivun toimistohuoneissa. Julkisivun mikrobivauriot olivat laajamittaisia, ilmavuotoja oli runsaasti ja rakennus oli alipaineinen käyttöaikana tyypillisesti n. -8 Pa.

Pohjoissivun toimistohuoneissa altistuminen arvioitiin todennäköiseksi. Ulkoseinärakenteet olivat merkkiaineella tutkittuna melko tiiviitä ja ilmavuodot olivat vähäisiä tai pistemäisiä. Ulkoseinän mikrobivauriot olivat kuitenkin laajamittaisia ja rakennus on alipaineinen.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa löydettiin useita syitä henkilöstön kokemille sisäilmahaitoille. Varsinaisen sisäilmaongelman aiheutti julkisivun laajamittainen mikrobivaurioituminen. Sitä pahensi osittain vanhentunut ilmanvaihtojärjestelmä, joka aiheutti rakennukseen alipaineisuutta.

Edellisten lisäksi tunnistettiin myös muita riskirakenteita, joiden korjaaminen kannattaa käynnistää ennen uusien sisäilmaongelmien realisoitumista. Tärkeimpinä riskeinä oli maanvastaisten rakenteiden kosteuskuormitus ja salaojien puuttuminen. Riskirakenteet ja niiden tyypilliset ongelmat oli selitetty erityisen hyvin ympäristöministeriön korjausoppaassa ja rakennusfysiikan perusteoksissa.

Korjausmenetelminä suositeltiin julkisivun peruskorjausta, maanvastaisten seinien korjausta, salaojajärjestelmän asentamista ja ilmanvaihtojärjestelmän päivittämistä.

5. KIITOKSET

Erityiskiitokset ohjaajille loputtomasta kärsivällisyydestä aikarajojen venyessä. Kiitokset myös kohteen edustajille erittäin toimivasta yhteistyöstä.

6. LÄHDELUETTELO

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18. Weijo I. ym. Ympäristöministeriö 2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8>

RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka 1. Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki 2014.

Työterveyslaitos. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen, Reijula, Tähtinen, Latvala, Hongisto, Holopainen, Kurtio, Lahtinen, Rautiala, Tuomi, Valtanen. 2017. <https://www.julkari.fi/handle/10024/131872>

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Helsinki 2016. Ympäristöministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

PÄIVÄKOTIKÄYTTÖSSÄ OLEVAN TOIMISTOKIIHTEISTÖN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Teemu Väänänen

Raksystems Insinööritoimisto Oy

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, joka kohdistui vuonna 1988 valmistuneeseen toimistokiinteistöön. Kiinteistöllä toimi tutkimushetkellä päiväkotiryhmiä. Tilaaja halusi varmistaa tilojen sisäilman laatua sekä rakenteiden kuntoa tulevaa peruskorjausta varten. kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen lisäksi tiloihin tehtiin myös ilmanvaihdon kuntotutkimus, viemäreiden ja salaojien kuntotutkimus ja asbesti ja haitta-ainekartoitus. Nämä tutkimukset on raportoitu omina kokonaisuuksinaan.

Tutkimuksessa havaittiin kosteutta ja mikrobivaurioitumista rakennuksen kellarissa alapohjalla, alueilla, joilla alapohjalla oli pinnoitettu heikosti kosteutta läpäisevillä materiaaleilla. Lisäksi kellarissa havaittiin kastunut maanvastainen ulkoseinän alue. Tällä alueella havaittiin salaojatutkimuksessa salaojan olevan alueella tukossa. Ulkoseinissä havaittiin ikkunaliittymissä epätavallista kosteutta ja mikrobikasvua. Tilat olivat myös hyvin alipaineiset ja ilmanvaihtojärjestelmä oli erillisen tutkimuksen perustella lähellä käyttöikänsä loppua. Rakennuksen vesikaton tarkastuksen perusteella myös rakennuksen vesikatteet ovat käyttöikänsä loppussa. Sisäilmassa havaittiin myös arviolta ilmanvaihdesta ja tilojen laskettujen kattojen mineraalivillaa sisältävistä paneeleista sisäilmaan päätyneitä mineraalikuituja.

Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella saatiin selville merkittävimmät sisäilmaan ja rakenteisiin vaikuttavat haittatekijät, puutteet ja korjaustarpeet.

1. JOHDANTO

1.1. Tutkimustulosten tulkinta ja altistumisolosuhteiden arviointi

Kosteus- ja sisäilmateknisen tutkimuksen tutkimustulosten tulkinta ja niiden merkityksen arviointi perustuvat muun muassa sosiaali- ja terveysministeriön asetukseen asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta (ns. asumisterveysasetus 545/2015), Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeeseen (Valvira, 2016), Sisäilmastoluokitukseen 2018 (RT-07-11299) ja Työterveyslaitoksen viitearvoihin (<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>, päivitetty 19.3.2019).

Tutkimuksen yhteydessä tehty altistumisolosuhteiden arviointi on toteutettu Työterveyslaitoksen ohjeen ”Ohje työpaikkojen sisäilmasto- ongelmien selvittämiseen” (2. painos, 2017) mukaisesti. Tutkimukset ja raportointi perustuvat Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus –oppaaseen (Ympäristöministeriö, 2016) soveltuvin osin.

Asumisterveysasetuksen säädöksiä sovelletaan terveydensuojeluviranomaisten päätöksissä terveyshaitan ehkäisemiseksi, selvittämiseksi, rajoittamiseksi tai poistamiseksi sen mukaan, mitä terveydensuojelulain (763/1994) 27 tai 51 §:ssä säädetään. Asetuksen säädöksiä sovelletaan asuntojen ja muiden oleskelutilojen terveydellisten olosuhteiden arvioinnissa. Asunnolla tarkoitetaan maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 113 §:ssä asuinkäyttöön hyväksytyssä rakennuksessa olevaa asuntoa, joka on päätarkoituksen mukaisesti tarkoitettu asumiseen. Muuna oleskelutilana pidetään lähtökohtaisesti terveydensuojelulain 13 §:n 1 momentin 2 tai 5 kohdan mukaisia ilmoitusvelvolliseen toimintaan tarkoitettuja tiloja tai joita muutoin käytetään julkisina kokoontumistiloina tai pitkäaikaiseen oleskeluun. Tällaisia tiloja ovat muun muassa koulut, päiväkodit, palveluasunnot tai muut vastaavat tilat, jotka on tarkoitettu muiden kuin pelkäämään työntekijöiden oleskeluun.

1.3. Työn tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää kiinteistön rakenteiden kunto ja rakenteissa mahdollisesti esiintyvien puutteiden tai vaurioisen vaikutus sisäilmanlaatuun. Tavoitteena on myös saada selvä kuva peruskorjauksen yhteydessä tarpeellisista korjauksista.

2. KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN KUVAUS

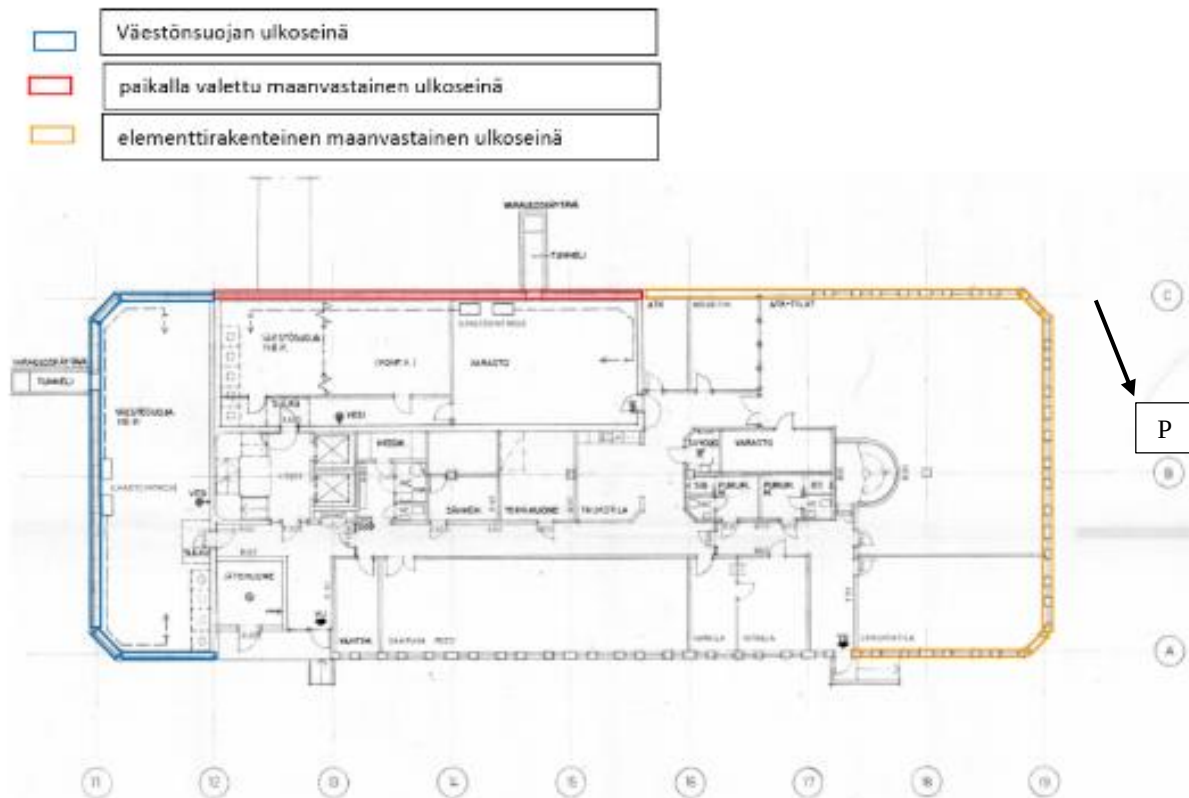
Tutkimuksen kohteena on v. 1988 valmistunut, pääosin kellari + 3-kerroksinen rakennus, jossa toimii päiväkotiryhmiä. Rakennus on betonirunkoinen ja tasakattoinen, ulkoseinät ovat betonisä sisäkuorielementtejä ulkokuorien ollessa muurattua tiiltä ja täydentävästi peltikasetteja. Tutkimuksessa tehtiin tiloihin kattava pintakosteuskartoitus lattiapintoihin ja ulkoseiniin. Pintakosteuskartoituksen perusteella tehtiin lattiapinnoitteiden alapuolelta viiltomittauksia ja betonirakenteista porareikämittauksia. Tutkimuksessa tehtiin myös rakenneavauksia suunnitelmien tarkastelun perusteella ja ulkoseinien eristemateriaalien kuntoa selvitettiin kosteusmittausten ja materiaalinäytteiden mikrobianalyysien avulla.

Tiloissa suoritettiin sisäilman olosuhdemittauksia oleskelutiloissa sekä paine-eromittauksia oleskelutilojen ja ulkoilman sekä kellarin ja oleskelutilojen välillä. Lisäksi selvitettiin teollisten mineraalivillakuitujen määriä 14 vrk laskeumanäytteistä sekä sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) pitoisuuksia. Lisäksi ulkoseinien eristetilojen ja sisäilman välisiä ilmayhteyksiä selvitettiin merkkiainekokeella.

3. RAKENNETEKNISET TUTKIMUKSET

3.1. Maanvastaiset seinärakenteet

Rakennuksen eteläsivu ja molempien päädyt ovat kokonaan tai osittain maanvastaisia seiniä. Pohjoissivun ulkoseinä on maanpäällä. Rakenne on osittain paikallavalettu ja osittain elementtirakenteinen. Ulkoseinärakenteiden sijainnit on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Kellarin ulkoseinärakenteiden paikannuspiirustus.

Kellarikerroksen maanvastaisissa seinissä todettiin kohonnutta kosteutta eteläsivun keskialueella noin 50 cm korkeudelle lattiatasosta. Ulkoseiniin tehtiin rakenneavauksia ulkoseinän eristetilaan asti. Eristetilasta mitattiin hetkelliset kosteusolosuhteet ja kerättiin materiaalinäytteitä ja tehtiin aistinvaraisia havaintoja ilmavirtauksista ja hajuista. Rakenneavauksia tehtiin sekä alueelle, jolla havaittiin epätavallisia pintakosteudentunnistimen arvoja, että alueille, joilla pintakosteudentunnistimen lukemat olivat tavanomaisia.

Maanvastaisten ulkosienien osalta ei havaittu yleisesti epätavallisia arvoja pintakosteudentunnistimella ja ei myöskään toistuvaa epätavallista kosteutta ulkoseinien alaosissa. Tutkimustulosten perusteella kyse on paikallisesta kosteusvauriosta. Rakennuksen salaoja- ja sadevesijärjestelmän kuntotutkimukset tehtiin vuoden 2019 kesällä ja salaojien kuntotutkimuksessa selvisi, että eteläsivun salaojaa ei päästy tarkastamaan kuin kaakkoiskulman SOK1 kaivolta 8 m vastavirtaan pitkin eteläsivua. Kuvaus jouduttiin lopettamaan muodonmuutokseen. Eteläsivun salaoja on siis tukossa ja tämä todennäköisesti aiheuttaa kohonnutta kosteusrasitusta eteläisivulla.

3.2. Alapohja

Alapohjarakenne on kantava teräsbetoninen paalulaatta, jonka alapuolella on lämmöneriste. Pintakosteudentunnistimella havaittiin kohonneita pintakosteuden arvoja muutamilla alueilla, etenkin kohdissa, joissa lattian pintamateriaalina oli muovimatto tai muu heikosti kosteutta läpäisevä materiaali.

Alapohjan porareikämittausten tulosten ja pintakosteuskartoituksen perusteella rakennuksen eteläsivulla on myös noin 10 metrin matkalla oleva märkä alue sekä rakennuksen alapohjassa että ulkoseinän alaosassa. Kosteutta on alapohjalaatassa ja ulkoseinärakenteessa huomattavan paljon. Alue rajoittuu havaintojen mukaan noin 50 cm päähän ulkoseinästä, joten vaikuttaa siltä, että kosteus kohdistuu rakenteisiin ulkoa päin.

Tutkimustulosten perusteella alapohjarakenteen läpi kulkeutuu kosteutta, joka tavanomaisessa maalatussa betonipinnassa pääsee tasaantumaan sisäilmaan aiheuttamatta pinnoitevaurioita. Kellaria käytetään pääasiassa varastotilana ja tässä käyttötarkoituksessa maalipinta toimii hyvin. Muovimattopinnat ja vinyylilaatat eivät päästä alapuolista kosteusrasitusta siirtymään sisäilmaan ja kosteus kertyy pinnoitteiden alapuolelle. Muovimatoissa ja vinyylilaatoissa havaittiin aistinvaraisesti ja mittaamalla kosteutta ja kemiallista turmeltumista.

3.3. Ulkoseinät

Ulkoseinät ovat betonisia, lämmöneristeellä varustettuja sisäkuorielementtejä. Elementtien ulkopinnat ovat muurattua tiiltä ja täydentävästi pinnoittamatonta betonia. Tiilimuuraukset on tehty otsapalkkien päälle. Yläpohjan alueella rakennusta kiertää valkoinen peltikasetti. Aistinvaraisesti pinnoitevaurioita havaittiin paikoin ylemmissä kerroksissa ikkunoiden alapuolella ulkoseinäelementtien maalipinnoitteissa. Pinnoitevauriot johtuivat havaintojen perusteella ikkunaliittymien vuodoista, jotka johtuivat ikkunoiden vesipeltien heikoista kaadoista ja lumen kertymisestä ikkunoiden vesipelleille. Tutkimuksen aikana oli hyvin luminen talvi ja vesipeltien päällä oli jopa 30 cm lumikerroksia.

3. kerroksen ikkunan pieliä tilkeraoissa kerätyissä eristevilloissa havaittiin epätavallista mikrobikasvua. 2. ja 3. kerroksen ikkunoiden alapuolisista pinnoitevaurioituneista maalipinnoitteista kerätyissä näytteissä esiintyi myös epätavallista mikrobikasvua. Vauriojälkiä havaittiin yhteensä n. 20 ikkunan kohdalla, pintakosteudentunnistimella kohonnuttua kosteutta ei näissä kohdissa todettu.

3.4. Yläpohja ja vesikatto

Vesikatto on tasakattainen bitumikermikate, jonka vedenpoisto tapahtuu rakennuksen sisäpuolisena vedenpoistona. Katolla ei ole singelikerrosta. Vesikatoilla havaittiin terassialueen vieressä noin 1m² höyrypusi. Bitumikermien pinta on monin paikoin halkeillut säärasituksen vaikutuksesta. Vesikaton peltien pinnoitteissa havaittiin irtoilua. Vesikaton kate on lähellä käyttöikänsä loppua ja arviolta katteen uusiminen on järkevää tulevien 5 vuoden aikana.

3.5. Merkkiainekokeet

Rakennuksessa suoritettiin merkkiainekaasukokeita ulkoseinien ja sisäilman välisten ilmavirtausten havaitsemiseksi. Merkkiainekaasukokeet tehtiin kaikkien rakenteiden osalta tavanomaisessa paine-erossa, joka oli tutkimuksen aikana noin -30 Pascalia. Paine-ero on huomattavasti

korkeampi kuin mitä RT-kortin ohjeissa annettu -10 Pascalia on. Arviolta tämä voimistaa ilmapuotoja. Arviolta nyt saatavat havainnot ovat korostuneita suhteessa ilmanvaihdon tasapinotuksen jälkeen tehtäviin havaintoihin. Kaikkien tutkittujen seinien osalta havaittiin merkittäviä puotoja ikkunaliittymistä ja elementtiliittymistä.

4. SISÄILMAN OLOSUHDE- JA EPÄPUHTAUSTUTKIMUKSET

4.1. Olosuhdemittaukset

Tilojen sisäilman fysikaalisia olosuhteita tutkittiin tallentavien olosuhdemittausten avulla 16 huonetilasta. Tutkittujen tilojen hiilidioksidipitoisuudet olivat pääasiassa koko ajan 1550 ppm:n alapuolella. Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet nousevat 1500-1600 ppm pitoisuuteen hetkellisesti 2. kerroksen nukkumahuoneessa ja 3. kerroksen neuvotteluhuoneessa. Muualla hiilidioksidipitoisuudet pysyvät alle toimenpiderajojen ja ovat pääasiassa melko matalia. Ilmanvaihdon kuntotutkimuksen perusteella nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä on lähellä käyttöikänsä loppua, ja kiinteistön ilmanvaihto kaipaa huoltoa myös epätavallisen korkeiden paine-erojen vuoksi. Suositellaan peruskorjauksen yhteydessä pyrkimään sisäilmastoluokituksen S2 tasoon ja ennen peruskorjausta rakentamismääräyksissä annettuun tasoon, joka on 800 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus, ollen noin 1150-1200 ppm.

4.2. Paine-eromittaukset

Kiinteistön paine-eroja mitattiin 16 jatkuvatoimisella tallentavalla paine-eromittauksella noin kahden viikon mittajaksolla. Paine-erot ovat koko rakennuksessa erittäin korkeita ollen ilmanvaihtokoneiden ollessa toiminnassa luokkaa -30...-50 Pascalia. Korkea alipaineisuus voi aiheuttaa ilmapuotoja rakenteiden läpi ja rakenteissa olevien epäpuhtauksien päätymistä sisäilmaan. Ilmapuodot voivat kylmällä säällä aiheuttaa sisäpintojen lämpötilan laskua ja aiheuttaa riskin kosteuden tiivistymiselle. Korkea alipaineisuus voi aiheuttaa myös vedon tunnetta voimakasten ilmapuotojen takia ja ongelmia esim. pohjakerroksen ovien avaamisessa. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan, mikäli rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pa, niin alipaineisuuden syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa.

4.3. Teolliset mineraalikuidut

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuutta tasopinnoilla tutkittiin geeliteippinäytteiden avulla 16 mittauspisteestä. Pinnoille laskeutuneiden mineraalikuitujen pitoisuus ylitti asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ja Työterveyslaitoksen viitearvon $<0,2$ kuitua/cm² viidessä näytteessä. Tiloissa mahdollisia mineraalikuitulähteitä on melko runsaasti. Lähes kaikkien oleskelutilojen laskettujen kattojen pintoina on mineraalivillalevyt, joiden reunat ovat pinnoittamattomia. Tilat ovat myös hyvin alipaineisia ja on mahdollista, että sisäilmaan päätyy mineraalikuituja ilmapuotojen mukana ikkunaliittymistä tai julkisivun elementtiliittymistä. Ilmanvaihdon kuntotutkimuksen yhteydessä havaittiin epätavallisen suuria määriä mineraalikuituja kahdessa viidestä kerätystä näytteestä. Kuidut olivat arviolta peräisin kanaviston äänenvaimentimista, koska ilmanvaihtokoneiden yhteydessä ei kuitulähteitä havaittu.

5. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Alla on lueteltu merkittävimmät toimenpide-ehdotukset tärkeys- ja kiireellisyysjärjestyksessä:

KIIREELLISET TOIMENPITEET

- Rakennuksen paine-erojen tasapainottaminen ja paine-erojen varmistaminen mittauksella, huomioiden ilmanvaihdon kuntotutkimuksessa tehdyt havainnot. Säättöiden yhteydessä mahdollisuuksien mukaan parannetaan nukkumahuoneiden ja neuvotteluhuoneiden ilmanvaihdon määrää.
- Alaslaskettujen kattojen levyjen uusiminen, tilojen siivous huomioiden erityisesti tavallisen siivouksen piiriin kuulumattomat alueet ja mineraalikuitujen uusintamittaus, jotta varmistetaan sisäilman mineraalikuitumäärien olevan toimenpiderajojen sisällä.

PERUSKORJAUKSEN YHTEYDESSÄ TEHTÄVÄT TOIMENPITEET

- Kellarikerroksen muovimatto- ja vinyylilaattapinnoitteiden poistaminen ja korvaaminen uusilla erillisen korjaustyösuunnitelman mukaisesti.
- Kellarikerroksen kosteusvaurioituneen alueen korjaaminen salaojakorjausten jälkeen. Ete-läsivun salaoja on tukkeutunut ja aiheuttaa kohonnutta kosteusrasitusta rakenteille.
- Ikkunoiden uusiminen, ikkunoiden tilkerakojen puhdistaminen ja tilkkeiden uusiminen ja ikkunoiden vesipeltien uusiminen jyrkemmiksi peruskorjauksen yhteydessä.
- Vesikatteen uusimistarpeeseen varautuminen teknisen käyttöiän perusteella noin 5 vuoden kuluttua.

6. KIITOKSET

Kiitos opinnäytetyön ohjaajille, Timo Turuselle ja Elina Saukolle sekä aina kärsivälliselle Helmi Kokotille. Suuri kiitos myös tutkimuksen tilaajalle opinnäytetyön mahdollistamisesta.

7. LÄHDELUETTELO

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuh-teista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysase-tus. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

Työterveyslaitos. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen, Rei-jula, Tähtinen, Latvala, Hongisto, Holopainen, Kurtio, Lahtinen, Rautiala, Tuomi, Valtanen. 2017. <https://www.julkari.fi/handle/10024/131872>

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet, Osa 1-21. Valvira 2016. <https://www.valvira.fi/-/asumisterveysasetuksen-soveltamisoh-1>
Sisäilmastoluokitus 2018, RT-kortti RT 07-11299

Työterveyslaitoksen sisäympäristön viitearvot päivitetty. 19.3.2019 [https://www.ttl.fi/wp-con-tent/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf)

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Helsinki 2016. Ympäristöministeriö.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS: TERVEYSASEMAN KORJAUSTARVE

Arto Pennanen

Ramboll Finland Oy

TIIVISTELMÄ

Rakennuksen korjaustarpeen selvittämiseksi tehtiin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus ympäristöministeriön ohjeen mukaisesti. Tavoitteena oli selvittää rakennusosien rakenteet ja niiden kunto sekä mahdollisten vaurioiden laajuus, vauriomekanismi ja sisäilmavaikutukset. Lisäksi selvitettiin materiaalien kemikaalipäästöjä, kuitujen esiintymistä sekä koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja toimivuus.

Menetelminä käytettiin aistinvaraisia havaintoja, kosteusmittauksia, rakenteiden avauksia, olosuhdemittauksia, ilmapuotoreittien havainnointia sekä materiaali- ja kuitunäytteiden ottoa. Kuntotutkimuksen kohteena oli vuonna 1995 valmistunut 2-kerroksinen rakennus, jossa on maanvarainen alapohja, ulkoseinät betonielementtejä sekä väli- ja yläpohjat ontelolaatastoa. Vesikatto on tiilikatteinen pulpettikatto.

Rakennus on kokonaisuudessaan ikäisekseen normaalissa kunnossa. Väestönsuojan ala- ja välipohjan pinnoitteessa todettiin korjaustarve kohonneiden VOC-pitoisuuksien takia. Ulkoseinissä oli vain paikallisia mikrobivaurioita ja vähäisiä epätiiviyyksiä rakenneliittymissä. Pistokokein mitatuissa poistoilmamäärissä havaittiin eroja suunnitteluarvojen ja mittaustulosten välillä. Tilojen painesuhteet olivat lievästi ylipaineiset ilmanvaihtokoneiden päiväkäytöllä. Tiloissa tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on mahdollinen. Tutkimuksen perusteella laadittiin toimenpidesuosituksia.

1. JOHDANTO

Terveydensuojelulain mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtaus, lämpötila, kosteus, ilmanvaihto ja muut olosuhteet eivät saa aiheuttaa terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 763/1994). Tutkimuksen kohde on julkinen terveysasema, jota koskevat asumisterveysasetuksessa säädetyt toimenpiderajat (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015).

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tekoa ohjaa ympäristöministeriön ohje (Ympäristöopas 2016). Peruskorjauksen lähtötiedoksi tehtävässä kuntotutkimuksessa selvitetään rakenneavauksin, mittauksin ja näytteenotoin mahdollisesti jätettäviksi aiottujen rakenteiden toteutus, rakennusfysikaalinen toiminta ja kunto (Ympäristöministeriö asetus 216/2015).

Kohteessa on tehty aiempi rajattu tutkimus vuonna 2015, jossa todettiin alapohjassa paikallisia kosteuspoikkeamia ja pintamateriaalin vaurioitumista sekä ulkoseinän mineraalivillaeristeessä paikallisia vaurioita. Väestönsuojan yläpuolisessa välipohjassa todettiin poikkeavaa

kosteutta ja lattiapinnoitteen vaurio. Terveysaseman työntekijöillä oli esiintynyt sisäilmaan liitettyä oireilua useissa eri tiloissa. (Oy Insinööri Studio 2015)

Tutkimuksen tavoite on selvittää rakennuksen korjaustarve kosteus- ja sisäilmateknisenä kuntotutkimuksena. Lisäksi tarkastellaan ilmanvaihtojärjestelmän puhtautta ja toimivuutta.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1. Tutkimuskohde

Rakennuksessa toimii sosiaali- ja terveysasema sekä sivukirjasto. Kohde on rakennettu alun perin terveysasemaksi vuonna 1995, sen bruttopinta-ala on 2160 m² ja rakennuksessa on kaksi kerrosta. Ilmanvaihdon konehuone on lisäksi 3. kerroksessa.

Rakennus on perustettu pääosin teräsbetonipaaluille ja pilarianturoille. Kantavat rakenteet ovat teräsbetonipilareita ja -palkkeja. Alapohja on maanvarainen. Ulkoseinät ja sokkelit ovat teräsbetonielementtejä. Väli- ja yläpohjan kantava rakenne on ontelolaatastoa. Kattomuoto on pääosin tiilikatteinen pulpettikatto ja osin bitumikermikatteinen tasakatto. Rakennuksessa on lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä.

Vuonna 2015 osa 1. kerroksen tiloista on muutettu kirjaston tiloiksi. IV-järjestelmään on tehty toimintaa vastaavat muutokset. Toisessa kerroksessa väestönsuojan yläpuolisen välipohjan lattiapinnoitteet on uusittu ja IV-konehuoneen ulkoilmakammio on uusittu.

2.1. Tutkimusmenetelmät

Kosteuskartoitus tehtiin pintakosteusilmaisimella (Gann Hydrotest LG1) ja viiltomittauksilla (Vaisala HM42Probe) rakennekosteusmittausten kohdentamiseksi. Kosteusmittaukset tehtiin RT-kortissa kuvatulla porareikämittauksilla (RT 14-10984). Mittausvyvytydet olivat alapohjalaatassa 1/3 ja 2/3 laatan paksuudesta. Porareikien annettiin tasaantua tasapainokosteuteen vähintään 3 vuorokautta ja mittapäiden (Vaisala HMP40S) 1 h ajan ennen mittausta.

Rakenneavauksia tehtiin yhteensä 27 kpl. Avauksien tarkoituksena oli varmistua käytetyistä materiaaleista ja niiden mitoista, selvittää liitosten toteutusratkaisut ja tehdä arvio rakenteen kunnosta. Tutkimusten yhteydessä otettiin yhteensä 33 kpl materiaalinäytteitä mikrobianalyyysiin asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osan 4 (Valvira 2016) ohjeistuksen mukaisesti. Näytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä Työterveyslaitoksen (TTL) laboratoriossa.

Lisäksi otettiin 8 kpl materiaalinäytteitä muovimatoista ja lattiatasoitteista haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) analysoimiseksi. Näytteitä otettiin kohdista, joissa rakenteen suhteellinen kosteus oli korkea tai muiden havaintojen perusteella epäiltiin poikkeamaa.

Rakenneosien välistä ilmatiiviyyttä tutkittiin merkkiaineanalysaattorilla (Inficon 9012 XRS) RT-kortin mukaisesti (RT 14-11197) rakennuksen ollessa normaalissa käyttötilanteessa.

Merkkiainekokeessa laskettiin kaasua (5% H₂ + 95%N₂) rakenteeseen ja analysaattorilla paikallistettiin rakenteista vuotokohdat.

Rakennuksen painesuhdetta vaipan yli ulkoilmaan nähden sekä hiilidioksidipitoisuuksia, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin viikon ajan tallentavana seurantana 10 tilasta. Sisäilman kuitunäytteet kerättiin 2 viikon laskeumanäytteillä kuudesta tilasta.

Ilmanvaihtojärjestelmän kuntoa ja puhtautta tarkasteltiin pääasiassa visuaalisesti. Ilmamääriä mitattiin havaintojen perusteella ja satunnaisotannalla valituista 18 eri tilasta. Mittaus tehtiin sekä tulo- että poistoilmapäätelaitteesta kuumalanka-anemometrillä (Swema air flow hood).

3. TULOKSET

3.1. Rakennetekniset tutkimukset

Maanpinnan muotoilut ja vedenohjauskourut syöksytorvien alla ohjaavat puutteellisesti sade- ja sulamisvesiä pois rakennuksen vierustoilta. Salaojajärjestelmästä havaittiin vain yksi tarkastuskaivo, joka oli toimiva.

Alapohjan rakenteet ovat suunnitelmien mukaisia. Kosteusmittausten perusteella alapohjalaa- tan kosteus oli kohonnut väestönsuojan pukuhuoneessa ja pienellä alalla käytävällä. Pukuhuoneessa lattiapäällysteen VOC-emissiotulos oli poikkeavan korkea. Merkkiainekokeessa havaittiin merkittävää vuotoa ulkoseinäliittymästä ja pistemäisiä vuotoja pilarin liittymästä.

Ulkoseinärakenteet ovat suunnitelmien mukaisia lievästi tuulettuvia eristettyjä betonielementtejä. Ulkoseinä- tai sokkelielementtien ulkopinnassa ei ole perusmuurilevyä tai vettä ohjaavaa rakennekerrosta. Ulkoseinissä ei havaittu poikkeavaa kosteutta. Otetuissa 27:ssä lämmöneristeen materiaalinäytteessä vain viidessä oli viite vauriosta. Merkkiainekokeessa havaittiin vähäisiä vuotoja ikkuna- ja rakenneliittymistä.

Ikkunat ja ovet ovat tavanomaisessa kunnossa ikäisekseen. Osa ikkunoiden vesipellityksistä ei ole tiiviitä, jolloin sadevedet aiheuttavat kosteusrasitusta rakenteille. Ovien puutteelliset tiivisteet aiheuttavat lämpövuotoa.

Välipohjan rakenne yleisesti on ontelolaatasto, jonka päällä on pintavalu, tasoite ja lattiapinnoite. Väestönsuojan yläpuolisessa välipohjassa ei ole havaintojen mukaan täyttö- tai eristerrosta. Muovimatosta ja tasoitteesta otettujen näytteiden TVOC-emissiopitoisuudet sekä tasoitteen 2-etyyli-1-heksanolin emissio olivat yli TTL:n aineiston viitearvon.

Väliseinissä ei havaittu näkyviä viitteitä vauriosta. Yläaulan väliseinän eristeessä oli paikallinen heikko viite vauriosta, josta ei kuitenkaan todennäköisesti aiheudu sisäilmahaittaa.

Katon kantavana rakenteena on ontelolaatasto, jonka päällä on lämmöneriste ja puukoolaukset, aluskate sekä tiilikate. Yläpohjatilaa ei ole. Pulpettikaton ja portaikon tasakaton liittymä-

kohdassa on aiemmin ollut vesivuoto. Pellityksen ja tiilikatteen liittymässä olevat korotusrimat ja aluslaudat ovat suurelta osin lahovaurioituneet ja niissä on kosteusjälkiä.

3.2. Ilmanvaihtojärjestelmän tutkimukset

Rakennuksessa on 2 tulo-poistoilmakonetta ja 4 erillispuhallinta. Ilmanvaihtokoneiden äänenvaimentimissa on käytetty pinnoitettua vaimennusmateriaalia. Ilmanvaihtokanavat on tehty sinkitystä pellistä valmistetuista kantti- ja kierresaumakanavista. Ilmamäärien mittaustuloksien perusteella 12 tilan (18 mitattu) tulo- tai poistoilmavirta poikkeaa yli 20 % suunnitteluarvosta. Ilmanvaihtokoneet olivat kauttaaltaan roskaiset ja likaiset. Poistoilmakoneiden suodatimet on asennettu virheellisesti. Tarkastetut tuloilmakanavat olivat puhtaat, mutta poistokanaviin oli paikoitellen kertynyt runsasta pölykerrostumaa.

3.3. Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

Seurantamittausten perusteella rakennus on ilmanvaihtokoneiden päiväohjelmalla pitkiä jaksoja ylipaineinen ja yöohjelmalla alipaineinen. Tilojen lämpötila ja sisäilman kosteus pysyivät koko mittausjakson ajan asetuksen mukaisissa rajoissa, ja hiilidioksidipitoisuuksien perusteella ilmanvaihto on riittävä tilojen mittausajan käyttäjämäärille. Laskeumanäytteiden mineraalikuitukertymissä ei ollut merkittäviä poikkeamia.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

4.1. Johtopäätökset

Alapohjarakenteen (AP1) kosteusteknisessä toiminnassa ei yleisesti ole puutteita. Ulkoseinäliittymästä on merkkiainekokeen perusteella rakennustavasta johtuvia ilmavuotoreittejä maaperästä sisäilmaan. Väestönsuojan alapohjalaatan kosteus on kohonnut muovimatoilla päällystetyissä tiloissa. VOC-emissiotulos viittaa siihen, että lattiapinnoitteen komponentit ovat vaurioituneet ja niistä voi vapautua VOC-yhdisteitä sisäilmaan.

Ulkoseinät ovat pääosin hyväkuntoiset eikä niiden kosteusteknisessä toiminnassa havaittu puutteita. Ulkoseinän lämmöneristeessä todettiin paikallisesti joitakin heikkoja viitteitä mikrobivauriosta. Vaurioviitteet on todennäköisimmin aiheuttanut paikallinen ulkopuolinen kosteusrasitus ja ulkoilman epäpuhtauksia rakenteeseen kuljettaneet ilmavuodot. Merkkiainekokeissa havaittiin yleisesti vähäisiä ilmavuotoja ikkunaliittymistä ja ulkoseinä-alapohjaliittymistä. Väestönsuojan ulkoseinän kuorielementit ovat kaareutuneet ohuen ulko-kuoren, puutteellisen tuennan ja lämpölaajenemisen yhteisvaikutuksesta.

Välipohjarakenteen kosteusteknisessä toiminnassa ei yleisesti havaittu puutteita. Väestönsuojan yläpuolella lattiapinnoitteen poikkeava VOC-emissio saattaa viitata siihen, että lattiapinnoitteen komponentit ovat vaurioituneet. Käytävien alas laskettujen kattojen yläpuolella on yleisesti pinnoittamattomia mineraalivillaeristeitä, joista voi irrota mineraalivillakuituja sisäilmaan. Tämän tutkimuksen yhteydessä tästä ei kuitenkaan havaittu selkeitä viitteitä.

Yläpohjan aluskate ja ruoteet ovat kokonaisuudessaan hyväkuntoiset ja yläpohja tuulettuu ainakin jossakin määrin. Betonitiilikatteen kunto on pääosin vielä hyvä. Pulpettikaton ja tasakaton liittymäkohdassa aiemmin todetun vesivuodon on todennäköisimmin aiheuttanut peltikouruun muodostunut jääpato.

Ilmanvaihtokoneet ovat teknisesti toimivia, mutta niiden tekninen käyttöikä alkaa olla lopussa. Mitatuissa poistoilmamäärissä havaittiin eroja suunnitteluarvojen ja mittaustulosten välillä, ja tilojen painesuhteet olivat lievästi ylipaineiset ilmanvaihtokoneiden ollessa päiväkäytöllä.

4.2. Altistumisolosuhteiden arviointi

Työterveyslaitoksen ohjetta (Työterveyslaitos 2016) soveltaen tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde on **mahdollinen**, koska ulkoseinissä oli paikallisia viitteitä mikrobivauriosta ja vähäisiä ilmapuotoja sekä maaperästä ilmayhteys sisäilmaan alapohjan ja ulkoseinän liittymässä. Lisäksi väestönsuojan alapohjan ja välipohjan lattiapinnoitteista saattaa vapautua sisäilmaan VOC-yhdisteitä, sisätilat ovat päiväsaikaan ylipaineiset ja yöaikaan alipaineiset sekä mitattujen ilmamäärien havaittiin olevan suunnitteluarvoja suurempia useissa tiloissa.

4.3. Toimenpidesuositukset

4.3.1. Käyttöä turvaavia toimenpidesuosituksia

Alapohjille suositeltuja toimenpiteitä ovat muovimattopinnoitteiden vaihto paremmin vesihöyryä läpäisevään lattiamateriaaliin väestönsuojassa ja käytävillä sekä alapohjarakenteen liittymien ja läpivientien tiivistäminen. Väestönsuojan yläpuolisen välipohjan osalta suositellaan lattiapinnoitteiden ja tasoitteiden poistamista ja uusimista.

Ulkoseinille suositellaan ikkunoiden vesipeltien kiinnityksen tarkistusta ja tiivistämistä ulkoseinärakenteeseen, sokkeli- ja ulkoseinäelementtien saumojen uusimista maanpinnan läheisyydessä ja alapuolella, sekä etupihan ulkoportaan kohdalle kosteudelta suojaavan rakenteen tekemistä. Ulko-oville suositellaan huoltomaalausta ja tiivisteiden korjausta sekä ikkunoiden ja ovien ulkoseinäliittymien ulkopuolisten saumamassojen uusimista.

Vesikatto- ja yläpohjarakenteiden toiminnan turvaamiseksi suositellaan paikallisia tiilikatteen ja vedenohjauksen korjauksia. Lisäksi pulpettikaton ja tasakaton liittymäkohdassa peltikouruun asennetaan sulana pitokaapeli sekä kosteusvaurioituneet puuosat ja eristeet uusitaan.

Tuloilmakoneiden raitisilmapeltien peltimoottoreiden toiminta tulee tarkastaa ja tarvittaessa korjata. Konehuoneessa tuloilmakanavien äänenvaimennettuihin kammioihin- ja kanavaosiin pitää lisätä tarkistusluukut. Ilmanvaihtojärjestelmä tulisi puhdistaa kokonaisuudessaan ja ilmamäärät tulee säätää suunnitteluarvoja vastaaviksi. Ilmanvaihtokoneiden puhaltimien muut-

taminen suoravetoisiksi kammiopuhaltimiksi tehostaisi koneiden ohjattavuutta. Ilmanvaihtokoneisiin vaihdetaan oikeanlaiset suodattimet tai vaihtoehtoisesti suodatinkiskot.

4.3.2. Peruskorjauksen yhteydessä suositeltuja toimenpiteitä

Peruskorjauksen yhteydessä suositellaan seuraavia toimenpiteitä: betoni- ja julkisivujen kuntotutkimus, perusmuurilevyn asentaminen rakennuksen sokkeli- ja ulkoseinäelementteihin, ulkoseinärakenteiden liittymien tiivistäminen, ulkopuolisten pintavesien ohjauksen parantaminen maan pintaa muotoilemalla, salaojajärjestelmän tarkastuskaivojen esiin kaivaminen, linjojen huuhtelu ja kuvaus sekä ilmanvaihtojärjestelmän päätelaitteiden ja säätölaitteiden uusiminen.

5. KIITOKSET

Kiitän työhön osallistuneita Pirjo Karjalaista, Toni Lankista ja Maiju Gröndahlia asiantuntijavastausta ja hyvää yhteistyötä. Suuret kiitokset työn ohjaajalle, osastopäällikkö Karoliina Viitamäelle. Kiitos myös tilaajan edustajalle tutkimusraporttia parantaneista kommentteista.

6. LÄHDELUETTELO

Oy Insinööri Studio. Kuntotutkimusraportti, 26.3.2015.

RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Rakennustieto Oy, Helsinki 2010.

RT 14-11197. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein. Rakennustieto Oy, Helsinki 2015.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Asumisterveysasetus. <https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus>.

Terveydensuojelulaki. Sosiaali- ja terveysministeriö 763/1994.

Työterveyslaitos. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Lappalainen S., Reijula K., Tähtinen K., Latvala J., Hongisto V., Holopainen R. ym. Työterveyslaitos, Helsinki 2016. <http://urn.fi/URN:ISBN%20978-952-261-722-4>.

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet. Osa I-V. Ohje 8/2016, Valvira 2016. <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>.

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Ympäristöministeriö, asetus 216/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2015/20150216>.

Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta. Ympäristöministeriö, Helsinki 2016. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>.